



UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE
OPERACIONES EN LA PYME
COSTARRICENSE INNOLÁSER PARA
MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DURANTE
LOS MESES DE ENERO A JULIO DEL 2022.

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR
POR EL BACHILLERATO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL

ESTUDIANTE: TIFFANY PAOLA ANGULO HERNÁNDEZ

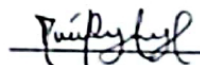
TUTOR: ING. ESTEBAN BEITA NAVARRO

HEREDIA, AGOSTO, 2022.

Declaración jurada

DECLARACIÓN JURADA

Yo Tiffany Paola Angulo Hernández, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 116810710 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 bachillerato, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE OPERACIONES EN LA PYME COSTARRICENSE INNOLÁSER PARA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DURANTE LOS MESES DE ENERO A JULIO DEL 2022. 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 06 días del mes de agosto del año dos mil veintidós.

 Tiffany Angulo Hernández.

Firma del estudiante

Cédula 116810710

Carta del tutor

CARTA DEL TUTOR

San José, 06 de agosto de 2022

Destinatario
Carrera Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Tiffany Paola Angulo Hernández, cédula de identidad número 116810710, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado *Diseño De Un Plan De Gestión De Operaciones En La Pyme Costarricense Innoláser Para Mejora De La Productividad Durante Los Meses De Enero A Julio Del 2022*. el cual ha elaborado para optar por el grado académico de bachillerato.

En mi calidad de tutor, he 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)	ORIGINAL 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 INVESTIGACION	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEÓRICO	20%	20%
	TOTAL		100%

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

Atentamente,

ANTHONY ESTEBAN
BEITA NAVARRO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
ANTHONY ESTEBAN BEITA
NAVARRO (FIRMA)
Fecha: 2022.08.07 07:49:12 -06'00'

Nombre Ing. Esteban Beita Navarro
Cédula identidad: 110690046
Carné Colegio Profesional IPI-27501

Carta del lector

CARTA DE LECTOR

Universidad Hispanoamericana
Sede Heredia
Facultad de Ingeniería Industrial

Estimados señores (as)

El estudiante Tiffany Paola Angülo Hernández, cédula de identidad: 116810710, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el Proyecto de Graduación denominado “ *DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE OPERACIONES EN LA PYME COSTARRICENSE INNOLÁSER PARA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DURANTE LOS MESES DE ENERO A JULIO DEL 2022*”, el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato 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; así mismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado ante un filólogo.

Atte.

Firma: FREDDY MONGE CALVO (FIRMA)
Digitally signed by FREDDY MONGE CALVO (FIRMA)
Date: 2022.09.23 00:38:52 -06'00'

Nombre: Ing. Freddy Monge Calvo. MBA

Cédula: 303260154

Carta de autorización para consulta

**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, 23 de setiembre del 2022

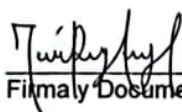
Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Tiffany Paola Angulo Hernández con número de identificación 116810710 autor (a) del trabajo de graduación titulado DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE OPERACIONES EN LA PYME COSTARRICENSE INNOLÁSER PARA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DURANTE LOS MESES DE ENERO A JULIO DEL 2022 presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar por el título de Bachiller en Ingeniería Industrial; Si 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,


116810710
Firma y Documento de Identidad

Carta de aprobación de la institución



María Hernández Meneses
Corte y Grabado Innoláser

Celular: 8317-6175
Correo: jcdeydiseños@gmail.com / corteysgrabadoinnolaser@gmail.com
Dirección: Alajuela, Costa Rica



15 de noviembre 2021

CARTA DE APROBACIÓN

Estimados señores:

Por este medio, Yo María Virginia Hernández cedula 1-0890-0838, dueña de la empresa Corte y grabado Innolaser SA, hago de su conocimiento la apertura y disposición para permitir que Tiffany Angulo Hernández, cédula 116810710, estudiante de ingeniería de la Universidad Hispanoamericana realice su proyecto de graduación en mi empresa considerando las necesidades de la misma, agradezco el aporte que pueda hacerme. Manifiesto mi disposición para que pueda tener acceso a información de manera fidedigna durante el tiempo de estudio.

Se extiende la presente constancia a los 15 días del mes de noviembre del año dos mil veintiuno.

Cordialmente,

MARIA
VIRGINIA
HERNANDEZ
MENESES

Firmado digitalmente
por MARIA VIRGINIA
HERNANDEZ
MENESES
Fecha: 2021.11.15
10:59:19 -06'00'

Maria Virginia Hernandez

INNOLASER CORTE Y GRABADO

Dedicatoria

Quiero dedicar este pasito más en mi vida a mi familia, a cada uno de los que amo con todas mis fuerzas y son mi razón de ser para mejorar en todos los ámbitos, a ellos que han permanecido a mi lado de forma incondicional. ¡Qué alegría saber que los tengo junto a mí para disfrutar este peldaño!

A Dios, por su presencia diaria en mi vida, por su cuidado hacia mí, por llevarme hasta este momento y seguir demostrándome lo asombroso que es.

A Luis Andrey y tío Juan, porque son los pilares para la realización de este proyecto. Sé que estarían muy orgullosos y felices de ver todo lo que se ha logrado, espero algún día ser tan carga como ustedes lo fueron.

Agradecimientos

A mis padres, por enseñarme desde niña a valorar el aprendizaje y motivarme a ser una mejor versión de mí misma para expandirlo a las personas que me rodean y aplicarlo en todo cuanto desempeñe. Aprecio que me formaran para vivir en mejora continua.

A mi hermana, Tita, a mis tías, tíos y primos por ser mi gran soporte, por alentarme y creer en mí en todo momento, incluso, cuando yo no lo hacía.

A mis ángeles en el cielo, por ser guía en mi camino y haber dejado la semilla en un proyecto de vida que aún continúa y ahora más, me apasiona.

A Erick, por su paciencia y ayudarme en todo lo que necesité, incluso cuando eso implicó sacrificios de su parte.

A mi tutor por sus consejos y dedicación a lo largo de esta experiencia.

A mí, por no rendirme, por seguirlo intentando.

Y principalmente a Dios y a la vida, por los altibajos presentados porque me han permitido sembrar con mucha fe y a aprender a disfrutar de un día a la vez, un proceso a la vez.

Epígrafes

“La búsqueda de la excelencia, con pasión desenfrenada, puede conducir al logro de maravillas con una alegría sin igual.”

Aberjhani

Índice

Acrónimos y siglas	17
Resumen ejecutivo	19
Capítulo I	21
INTRODUCCIÓN	21
1.1 Descripción general del proyecto´	22
1.2 Identificación de la empresa o institución	23
1.2.1 Antecedentes del contexto de la empresa	24
1.2.2 Misión	28
1.2.3 Visión	28
1.2.4 Valores	29
1.2.5 Ubicación	29
1.2.6 Líneas de productos	29
1.2.7 Mercados y principales clientes	31
1.3 Planteamiento del problema	33
1.3.1 Idea del problema	33
1.3.2 Definición del problema	35
1.3.3 Justificación	36
1.4 Objetivos del proyecto	37
1.4.1 Objetivo general	37
1.4.2 Objetivos específicos	37
1.5 Alcances y limitaciones	38
1.5.1 Alcances	38
1.5.2 Limitaciones	38
Capítulo II	40
MARCO TEÓRICO	40
2.1 Marco conceptual relativo a la carrera	41
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	66
2.2.1 Metodología de mejora Lean Seis Sigma	66
2.2.2 DMAIC	69

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto	71
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	72
Capítulo III.....	76
MARCO METODOLÓGICO	76
3.1 Metodología para la definición del problema	77
3.1.1 Definir.....	77
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto.....	78
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio	79
3.4 Metodología para la implementación del proyecto.....	80
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	81
Capítulo IV.....	82
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	82
4.1 Descripción del proceso.....	83
4.2 Diagnóstico de la situación actual en las operaciones de Innoláser	89
4.2.1 Diagnóstico del diseño de la organización	89
4.2.3 Diagnóstico del diseño de trabajo	106
4.2.4 Diagnóstico de la gestión de inventarios	111
4.2.5 Diagnóstico de la gestión de la calidad	114
4.2.6 Diagnóstico de la logística de entrega.....	117
4.2.7 Diagnóstico de la gestión de mantenimiento.....	121
4.2.8 Diagnóstico del diseño de producto y de inversión de equipos.....	122
4.3 Análisis de la situación actual	123
4.4 Desperdicios identificados a través de las mediciones y observaciones	125
4.5 Resumen sobre la definición y medición de la problemática actual	128
CAPÍTULO V	136
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	136
5.1 Fase de análisis de propuestas de mejora	137
5.2 Fase de implementación de la mejora implantada.....	139
5.2.1 Diseño de la organización	139
5.2.3 Diseño de trabajo	145
5.2.3 Gestión de inventarios	150

5.3 Análisis económico del proyecto	197
Capítulo VI.....	205
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	205
Conclusiones	206
Recomendaciones	209
Bibliografía.....	214
Apéndice.....	219
Glosario	232
Anexos.....	233

Índice de Figuras

Figura 1. Logo comercial del emprendimiento bajo denominación JC Dey Diseños	24
Figura 2. Diagrama de flujo de proceso de elaboración de piezas con método manual.	26
Figura 3. Máquina de láser con la que se produce en Innoláser.	27
Figura 4. Logotipo de la PYME Innoláser registrado como marca.	28
Figura 5. Listado de algunos productos fabricados en Innoláser.	30
Figura 6. Listado de materiales con los que se trabaja en Innoláser.	31
Figura 7. Organigrama de la pyme Innoláser.	32
Figura 8. Funciones de la Ingeniería Industrial.	42
Figura 9. Sistema de administración de operaciones.	44
Figura 10. Simbología estándar para la realización de diagramas de flujo.	49
Figura 11. Símbolos para la ejecución de un cursograma analítico.	50
Figura 12. Fórmulas utilizadas para el cálculo del OEE.	54
Figura 13. Modelos y metodologías para implementar Six Sigma y LSS en PYMES	73
Figura 14. Diagrama Gantt para implementación de plan de mejora operativa en Innoláser	81
Figura 15. Diagrama SIPOC en la empresa Innoláser	86
Figura 16. Diagrama de flujo de procesos en la empresa Innoláser	88
Figura 17. Distribución del taller inicial de Innoláser	90
Figura 18. Diagrama de recorrido según distribución del taller inicial	91
Figura 19. Cursograma analítico de proceso de corte inicial.	93
Figura 20. Gráfico resumen de rendimiento, disponibilidad y calidad de los códigos PA-003, PA-006 y PA-023.	103
Figura 21. Gráfico resumen de OEE de los códigos PA-003, PA-006 y PA-023.	104
Figura 22. Plantilla para toma de pedidos actual en Innoláser	106
Figura 23. Guía de análisis de puesto de trabajo en Innoláser	108
Figura 24. Gráfico de distribución de tiempo invertido por etapa de proceso.	110
Figura 25. Evaluación de las condiciones de trabajo según método de los perfiles de puestos Renault.	111
Figura 26. Listado de materiales en bodega para producción.	112
Figura 27. Almacenamiento de láminas de materia prima y soporte con peso en cama de trabajo.	114
Figura 28. Cantidad de producción por línea de producto defectuosa.	115
Figura 29. Reclamo de clientes por piezas defectuosas	116
Figura 30. Correlación entre la cantidad de artículos solicitados por cliente y el plazo de entrega.	121
Figura 31. Aplicación de diagrama de Ishikawa en la empresa Innoláser	124
Figura 32. Diagrama de Pareto sobre los principales errores que generan desperdicios en la gestión operativa de Innoláser.	128
Figura 33. Distribución del taller de Innoláser en fase 1 de remodelación	142

Figura 34. Diagrama de recorrido con taller en fase 1 de remodelación	143
Figura 35. Distribución proyectada del espacio de trabajo de Innoláser	144
Figura 36. Guía de compra de MDF según características	153
Figura 37. Checklist para calificación de proveedores de MDF.....	155
Figura 38. Gráfico sobre el porcentaje de cumplimiento de los pedidos realizados por clientes a Innoláser	166
Figura 39. Pérdidas minimizadas con la aplicación de TPM	178
Figura 40. Plan de mantenimiento para máquinas láser parte 1.	184
Figura 41. . Plan de mantenimiento para máquinas láser parte 2.	185
Figura 42. Plan de mantenimiento para máquinas láser parte 3	186
Figura 43. Lista de verificación de mantenimientos diarios para las máquinas láser	188
Figura 44. Señalización y prendas de protección individual al manipular máquinas láser clase 4.	192
Figura 45. Evaluación de las condiciones de trabajo según método de los perfiles de puestos Renault tras implementación de 5s y TPM	193
Figura 46. Resultados de OEE tras implementación de mejoras	194
Figura 47. Disminución de recurrencia en errores operativos tras implementación de mejoras.	196
Figura 48. Diagrama de Pareto para análisis de presentación de incidencias en corte y grabado tras la implementación de mejoras.	197
Figura 49. Comparativa de ingresos y egresos en Innoláser durante enero a julio del 202	200
Figura 50. Flujo de caja acumulado en Innoláser durante enero a julio del 2022	201
Figura 51. Flujo de caja proyectado por 10 años para Innoláser.....	204
Figura 52. Visualización general de las funcionalidades en la aplicación Click Up.	
Fuente: Click Up.com.	
.....	212

Índice de Tablas.

Tabla 1. Análisis cualitativos de los resultados de la OEE.	55
Tabla 2. Etapas, objetivos y herramientas de la metodología Seis Sigma.	69
Tabla 3. Áreas de operación contempladas en el Plan de Operativo.....	87
Tabla 4. Toma de tiempos promedios en ensamble de portarretratos	94
Tabla 5. Tamaño de muestra en estudio para determinar gestión productiva por maquinaria láser.....	96
Tabla 6. Resultado del muestreo en artículo bajo código PA-003.....	97
Tabla 7. Resultado del muestreo en artículo bajo código PA-006.....	98
Tabla 8. Resultado del muestreo en artículo bajo código PA-023.....	99
Tabla 9. Cálculo de disponibilidad en OEE para la muestra del artículo PA-003	101
Tabla 10. Cálculo de rendimiento en OEE para la muestra del artículo PA-003 .	102
Tabla 11. Cálculo de calidad en OEE para la muestra del artículo PA-003	102
Tabla 12. Cálculo total de OEE para la muestra del artículo PA-003	103
Tabla 13. Verificación de errores en la toma de pedidos	105
Tabla 14. Distribución de horas en cada etapa de proceso durante 4 semanas de trabajo	109
Tabla 15. Piezas defectuosas y su costo asociado en producción de minutos máquina y material	116
Tabla 16.Registro de envíos según modalidad del 1 al 17 de junio del 2022.....	117
Tabla 17. Registro de plazos de entrega para venta a 27 clientes.....	119
Tabla 18. Mantenimientos periódicos realizados en Innoláser.....	121
Tabla 19. Mudras identificadas en el proceso de medición por área operativa. ...	125
Tabla 20. Frecuencia de defectos en la producción de artículos por temporada del día del padre.	126
Tabla 21. Distribución porcentual y frecuencia acumulada en la producción de artículos por temporada del día del padre.....	127
Tabla 22. Propuestas de métodos ejecutables del plan operativo para mejorar la problemática encontrada en Innoláser.	137
Tabla 23. Comparativo de gestión operacional para corte y grabado bajo tres perspectivas.	145
Tabla 24. Cálculo de la economía de diagrama de recorridos en gestión operacional para corte y grabado con planificación diario del trabajo.	147
Tabla 25. Comparativo de calidades de MDF de distribuidores en Costa Rica y su efecto al procesarlo con láser.....	156
Tabla 26. Plantilla para registro de compras de materias primas en Innoláser. ...	159
Tabla 27. Plantilla para la toma de pedidos en Innoláser parte 1.....	162
Tabla 28. Plantilla para la toma de pedidos en Innoláser parte 2.....	162
Tabla 29. Control de abonos realizados por clientes debido a compra de productos	163
Tabla 30. Tabla dinámica que conglojera información de abonos por cliente ...	163
Tabla 31. Plantilla para registro de datos de producción en Innoláser.	164

Tabla 32. Tabla dinámica que resume los movimientos de inventario en Innoláser.	168
Tabla 33. Plantilla para registro de movimientos de inventario en la empresa Innoláser	169
Tabla 34. Costo del centímetro cuadrado de láminas disponibles para la producción	170
Tabla 35. Plantilla para el cálculo del costo asociado a la materia prima para producción de un artículo	170
Tabla 36. Cálculo del costo de insumos adicionales para la fabricación de un artículo	171
Tabla 37. Cálculo de mano de obra directa para la elaboración de un artículo... ..	171
Tabla 38. Cálculo de costo por tiempo de corte láser para la confección de un artículo.	172
Tabla 39. Plantilla para el cálculo del precio de venta de un artículo.	172
Tabla 40. Análisis de precio de venta de productos fabricados para el Día de la Madre sin sistema de costeo.....	173
Tabla 41. Costeo de productos para Día de la madre tras modificación de precio sugerido basado en análisis previo.	176
Tabla 42. Propuesta de aplicación de 5s en la empresa Innoláser	178
Tabla 43. Bitácora para el control de mantenimientos correctivos	187
Tabla 44. Propuesta de compra de repuestos de uso constante para stock de seguridad.....	190
Tabla 45. Datos sobre producción mensual promedio de piezas en MDF	198
Tabla 46. Beneficios obtenidos en Innoláser tras mejoras implantadas.....	198
Tabla 47. Listado de gastos incurridos en Innoláser durante la implementación de mejoras.	199
Tabla 48. Beneficio económico por gestión de medición y protocolo para implementar mejoras según herramientas ingenieriles	199
Tabla 49. Montos de inversión para la adquisición de nueva maquinaria	200
Tabla 50. Proyección de flujo de caja acumulado de Innoláser para los próximos 10 años.	203
Tabla 51. Evaluación de indicadores por área operativa en Innoláser.....	210

Acrónimos y siglas

6M: Manpower, machinery, materials, methods, measurement, and mother-nature. Traducción: Mano de obra, maquinaria, métodos, medición, materia prima y medio ambiente.

AENOR: Asociación Española de Normalización.

ANSI: American National Standards Institute. Instituto Americano de Normas.

CCD: Charge-Coupled device. Dispositivo de carga acoplada.

CE: European Commission. Comisión Europea.

CNC: Computer Numerical control. Control Numérico computarizado.

DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve, Control. Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.

EN: Normas Europeas.

EPP: Personal Protective Equipment. Equipo de protección personal.

FSC: Forest Stewardship Council. Consejo de Administración Forestal.

GAM: Gran Área Metropolitana.

IEC: International Electrotechnical Commission. Comisión Electrotécnica Internacional.

ISO: International Organization for Standardization. Organización Internacional de Normalización.

IQL: Industrial Quality Engineer. Ingeniería de calidad industrial.

IVA: Impuesto al valor agregado.

JIS Z: Japanese Industrial Standard. Estándar industrial japonés.

KPI: Performance Indicator. Indicadores de desempeño.

MDF: Medium-density fiberboard. Tablero de fibra de densidad media.

MiPYME: Micro, Pequeñas y Medianas empresas.

MTBF: Mean Time Between Failures. Tiempo Medio Entre Fallas.

MTTR: Medium Time to Repair. Tiempo medio para reparar.

OEE: Overall equipment effectiveness. Eficiencia global de los equipos.

OHSAS: Occupational Health and Safety Assessment Series. Serie Ocupacional y de Valoración de Salud y Seguridad.

PEFC: Programme for the Endorsement of Forest Certification. Programa de Aval de Certificación Forestal.

PRI: Periodo de retorno de la inversión.

SCS: Scientific Certification Systems. Sistemas de Certificación Científica.

TPM: Total Productive Maintenance. Mantenimiento productivo total.

TSCA: Toxic Substance Control Act. Ley de Control de Sustancias Tóxicas.

WIP: Work in progress. Trabajo en proceso.

Resumen ejecutivo

Angulo H, Tiffany P. (agosto, 2022). *Diseño de un plan de gestión de operaciones en la Pyme costarricense Innoláser para mejora de la productividad durante los meses de enero a julio del 2022*. Universidad Hispanoamericana. Trabajo Final de Graduación, Bachillerato en Ingeniería Industrial. Tutor: Ing. Esteban Beita Navarro.

La realización de este proyecto tuvo lugar en la empresa Innoláser, la cual es una PYME costarricense localizada en Alajuela. Desde el 2012 se ha desempeñado en la realización de artículos de distinta índole por medio del diseño gráfico y el uso de la tecnología CNC, principalmente en materiales como MDF y acrílico.

En el 2021 la empresa participó en un concurso de Banca para el Desarrollo para la obtención de fondos no reembolsables que impulsara la adquisición de maquinaria. Afortunadamente fue galardonada con dicha oportunidad, sin embargo, esto marcó el inicio de un proceso de reestructuración interna en búsqueda de problemáticas en sus operaciones que pudieran ser solventadas a través de acciones que mejorasen la productividad e impactaran positivamente la rentabilidad.

El principal desafío resultó estar en que no se tenían bases de datos o historial contundente para analizar la información y con ello, poder identificar con mayor rapidez las pautas a seguir en búsqueda del alcance de los objetivos. Es por esta razón que se procedió a implementar la metodología DMAIC para conocer la causa raíz por medio del uso de diferentes técnicas ingenieriles en áreas operativas, subdivididas en procesos productivos, la gestión de inventarios, los planes de mantenimiento existentes, la organización del espacio físico, el diseño de los puestos de trabajo, el control de la calidad y la logística de entrega.

Se logró determinar que cada ámbito de operación evaluado sufría de desperdicios de diversa índole, pero los más recurrentes y que se presentaron en cada una de las evaluaciones, correspondían a los defectos y el sobre procesamiento. A su vez, por medio de un diagrama de Pareto, se descubrió que un 82% de las mudas se debían a cuatro situaciones ligadas a reprocesos por uso de material que no cumplía técnicamente con las características idóneas para el corte con láser, calibraciones de equipos inadecuadas, utilización de madera

pandeada por almacenamiento inoportuno y parámetros de corte que no eran óptimos para el trabajo deseado.

Las inconsistencias en las áreas operativas tenían injerencia alta en la productividad global de la empresa, donde incluso, se llegó a determinar que la eficiencia global de los equipos estaba en un rango considerado como inaceptable según las definiciones teóricas, lo cual significaba la pérdida de dinero y recursos.

Es importante mencionar que la PYME tenía un presupuesto inferior a los 500 000 colones destinados a implantar un plan de gestión operativa como línea base a la solución de principal problema que era la inexistencia de él, por lo que se idean pautas de bajo costo, pero de gran alcance, demostrando que es posible lograr muy buenos resultados usando metodologías básicas de Lean Six Sigma, solamente con disposición, paciencia y esfuerzo.

Se menciona lo anterior porque las mejoras se dirigieron principalmente a empezar con el uso de un sistema básico de inventarios, incursionar con un proceso de mantenimiento basado en la teoría de TPM y 5s, así como la transformación en la gestión operativa de los procesos mediante la distribución del espacio, la organización de asignaciones por medio de órdenes de trabajo, asentar las bases para el costeo oportuno y la visualización por medio de tarjetas Kanban. Todo esto, significó un cambio de mentalidad, empoderar con conocimiento y proyección de un exitoso futuro del negocio basado en acciones de mejora continua en el presente.

Como podrá notarse en el capítulo 5, en un 100% de las áreas operativas evaluadas se logró el progreso de uno o más indicadores que repercutían en la rentabilidad y productividad. En términos generales, el beneficio anual de costos minimizados por medio de las mejoras inducidas es de $\phi 5\,495\,202$ con una inversión a lo largo del proyecto de sólo $\phi 348\,152$.

Más allá de los rendimientos medidos, los frutos se pudieron constatar en cada etapa del proyecto, siendo esto de gran motivación para Innoláser, pues es el primer eslabón de una reestructuración con miras a expandirse a nuevas líneas productivas y consigo, hacer crecer los recursos y capacidad actuales.

Capítulo I
INTRODUCCIÓN

El primer capítulo de este proyecto de graduación enfatizará en los aspectos generales de la empresa en la cual se llevará a cabo la propuesta de plan de gestión.

Se introducirá al lector en antecedentes propios de la operación de la PYME Innoláser S.A., su trayectoria y descripción del principal ente de su actividad económica. También se ahondará en explicar los antecedentes al problema existente, para definir el planteamiento de objetivos que sean una guía para lograr soluciones, así como los alcances y limitaciones presentes en la investigación.

1.1 Descripción general del proyecto´

La estrategia y planificación son elementos fundamentales en el liderazgo de cualquier empresa, por ello es necesario conocer de técnicas y herramientas destinadas a mejorar los flujos financieros, de materiales, operativos y de datos por medio de la gestión industrial.

En este ámbito, los planes de gestión permiten obtener una mayor dinámica productiva, contar con un norte definido con un enfoque en la identificación de los principales inconvenientes y la implementación de mejoras, a partir de información bien estructurada y confiable. De esta manera, se logra la reducción de desperdicios, trayendo como resultado la eficiencia en los flujos de fabricación, sin incurrir en gastos innecesarios.

Particularmente, las micro, pequeñas y medianas empresas enfrentan grandes retos para llevar a cabo la correcta dirección, así como la adecuada administración del negocio, en ocasiones porque no se cuentan con suficientes recursos, conocimientos técnicos o porque en la mayoría de los casos, la actividad productiva se interpreta como medio de generación de fuente de ingresos adicional, más no se perpetua la idea de crecimiento organizacional y se descuidan etapas que promuevan la competitividad.

El presente proyecto está enfocado en aportar un plan de gestión operacional en Innoláser S.A, quien es una pyme costarricense dedicada a la fabricación de artículos a través de cortes y grabados con láser. Se pretende accionar en áreas

operativas claves de la empresa y conseguir un impacto positivo en la rentabilidad y productividad a través de las propuestas.

A lo largo de los presentes capítulos, se incita al lector a conocer la empresa, sus antecedentes y descripción detallada de su problemática, para respaldar con fundamentos teóricos y metodológicos la implementación de una mejora. Con el oportuno recabado de datos, la utilización de herramientas ingenieriles bajo el marco de la metodología DMAIC y el análisis exhaustivo, se pretende ofrecer recomendaciones pertinentes, accesibles y que se mantengan en el tiempo.

La línea de investigación está guiada en los conceptos de la administración industrial y la optimización de operaciones industriales.

1.2 Identificación de la empresa o institución

Innoláser S.A. es una empresa con origen en Costa Rica dedicada a la fabricación de productos en varios materiales, como lo son la madera, el acrílico, los plásticos tipo PET-PETG, el bambú, cartón prensado y cartulinas, esto mediante el uso del diseño gráfico y las tecnologías de CNC, principalmente el corte y grabado con láser diodo y CO₂.

Esta empresa tiene como valores imperativos la calidad, responsabilidad, excelencia, innovación, servicio y soluciones creativas. Dichas características cimentan la obtención de los objetivos empresariales, entre los que se encuentran:

- Ser una empresa innovadora, eficiente y con un estilo único en el mercado.
- Ofrecer a los clientes un servicio de calidad mediante la creación de artículos personalizados que les generen satisfacción en el momento de adquirirlos.
- Promover el empoderamiento femenino a través del trabajo en arte y la elaboración de artesanías que reflejen la idiosincrasia costarricense.

Innoláser es liderada por una mujer costarricense, María Hernández, quien tiene un trabajo multifuncional en la operación, pues ella se encarga de efectuar todas las actividades primordiales de diseño, venta, producción, servicio al cliente, reparto y

administración. Las labores se extienden de lunes a sábado con horario de 8 am a 5 pm, sin embargo, esto es variable según la necesidad, pues se prolongan las horas de trabajo para cumplir con los pedidos que se tengan. Miembros de su familia también participan como voluntarios en ensamble o dar apoyo en temas de finanzas, logística de entrega y producción, no obstante, el fuerte de las actividades las realiza su fundadora.

Las siguientes secciones detallarán información relevante de esta PYME, con la finalidad de entender de forma más profunda sus líneas de producción, antecedentes, ubicación y datos generales que darán una noción sobre el marco de trabajo que se sugiere mejorar con este proyecto.

1.2.1 Antecedentes del contexto de la empresa

Innoláser nace como un emprendimiento en el año 2012 bajo el nombre comercial JC Dey Diseños en honor a miembros de la familia de la propietaria quienes impulsaron la idea del negocio, pero fallecieron años después. La Figura 1 muestra el primer logo con el cual se apertura la empresa como ente comercial.

Figura 1. Logo comercial del emprendimiento bajo denominación JC Dey Diseños



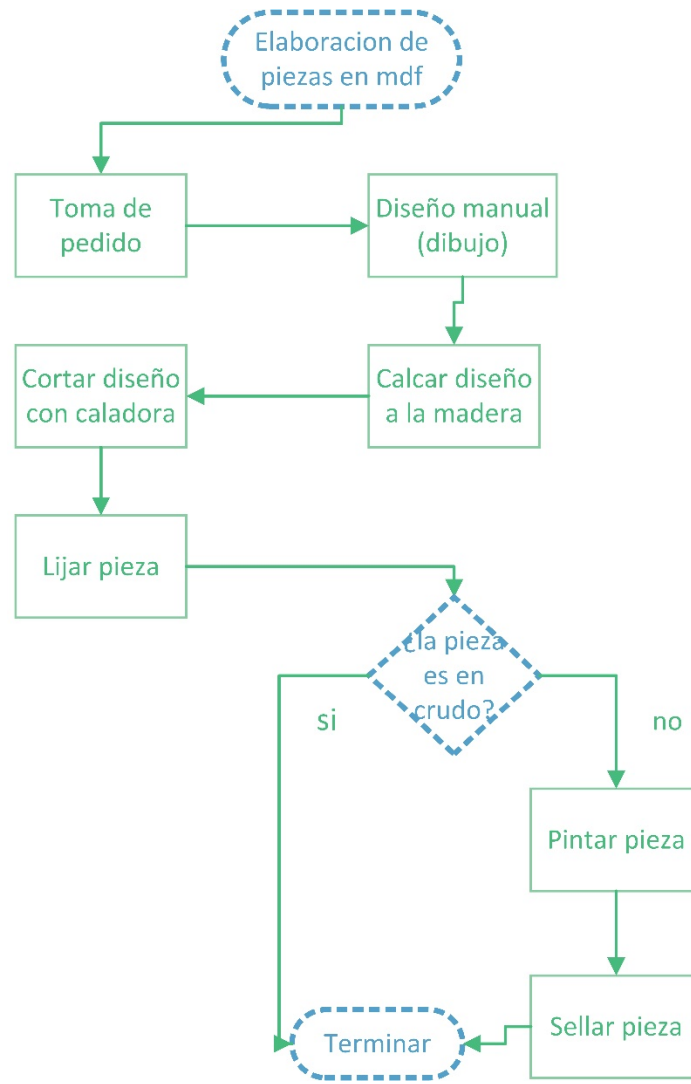
Nota. Se muestra el primer logotipo que tuvo la empresa. Fuente: Proporcionado por Innoláser.

Surge como muchas de las empresas en Costa Rica, por necesidad de generar mayores ingresos en el núcleo de vivienda, no obstante, el principal motivante fue el hijo de la señora Hernández, quien sufría de una discapacidad y requería del cuidado de sus padres a tiempo completo. Esta mujer se vio en el requerimiento de renunciar a su trabajo en una trasnacional e ingeniar cómo cuidar a sus hijos pequeños desde casa y continuar generando aporte económico.

Fue bajo esa línea que María decide incursionar en el mundo de las manualidades, contaba con destreza para la pintura y mucha creatividad, esto la impulsó a comprar una caladora de banco, calcar a través de papel carbón sobre madera sus dibujos e ir a diferentes pasamanerías y locales a ofrecer sus piezas cortadas manualmente.

El proceso productivo inicial era bastante rudimentario y tomaba de horas extenuantes de trabajo para lograr una baja producción. La Figura 2 muestra el diagrama de flujo de proceso generalizado para obtener las piezas bajo esta metodología implementada.

Figura 2. Diagrama de flujo de proceso de elaboración de piezas con método manual.



Nota. El diagrama representa un proceso generalizado para un único producto. Fuente: elaboración personal.

Posteriormente, debido a la necesidad del negocio, resultaba imperante un equipo que facilitara la producción y mejorara la calidad, es por ello que la empresa incursiona con la adquisición de una cortadora láser diodo con área de 60x40 cm y una potencia de 80W. Su proceso de fabricación se modificó drásticamente, este cambio permitió producir mayor cantidad de productos y trabajar en más materiales, pero también implicó capacitarse en nuevas tecnologías, programas y diseño gráfico digital. Con esta variación, la empresa se tornó más competitiva y sus mercados de venta se ampliaron.

Con el crecimiento adquirido, se adquiere un nuevo equipo láser gracias a la venta de la primera máquina, pero ahora con mayor capacidad, siendo el área de trabajo de 90x60 cm y potencia de 100W, este equipo es el que utilizan en la actualidad y es representado en la Figura 3.

Figura 3. Máquina de láser con la que se produce en Innoláser.



Nota. Esta es la maquinaria principal para la producción. Fuente: elaboración personal.

Por otro lado, se comienzan a incorporar otras técnicas como sublimación, se formaliza como una PYME en el año 2018 y recibe apoyo de diferentes entes gubernamentales como el INA, INAMU, MEIC e IMAS para continuar la actividad de producción.

El crecimiento en el tiempo obliga a la empresa a mejorar su fiabilidad, motivando el cambio de su nombre y logo a una marca debidamente incorporada ante el Registro Público de Costa Rica, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Logotipo de la PYME Innoláser registrado como marca.



Fuente: Proporcionado por Innoláser, 2022.

Desde el 2021, se constituyó la sociedad anónima de Innoláser, por lo que la operación dejó de ser a título personal de su fundadora como siempre fue desde el inicio. Esta iniciativa nace con el deseo de formalizar aún más la PYME y tener opciones de ventas más grandes, industrializadas y menos artesanales que permitan la expansión a nuevos nichos en respuesta al proceso de transformación que está viviendo la empresa.

1.2.2 Misión

Ser una empresa industrial con identidad costarricense, destacada por su innovación, calidad humana, creatividad, dinamismo y conciencia ambiental en el diseño y confección de artículos en diversos materiales a través del corte y grabado con láser.

1.2.3 Visión

Ofrecer a los clientes una experiencia creativa en la elaboración de artículos cortados y grabados con láser, convirtiéndonos en un socio estratégico, capaz de

hacer artículos nacidos desde la imaginación, preservando los valores empresariales y salvaguardando la identidad del ser costarricense.

1.2.4 Valores

Los valores que rigen la base de Innoláser son:

- Honestidad
- Calidad
- Respeto
- Justicia
- Trabajo en equipo
- Confiabilidad
- Cumplimiento
- Innovación

1.2.5 Ubicación

Innoláser S.A. se ubica en la provincia de Alajuela, cantón Central, distrito San José, específicamente en barrio la Plywood, Urbanización Lisboa. El taller se localiza en uno de los aposentos de la casa de su fundadora, espacio que se adaptó para la actividad productiva, sus dimensiones son de 5.43 m x 3.15 m.

1.2.6 Líneas de productos

Algunas de las líneas de productos que se fabrican y comercializan en Innoláser son los siguientes:

- Miniaturas
- Fotografías grabadas con láser
- Rótulos y letras
- Placas conmemorativas, medallas y reconocimientos

- Regalos empresariales
- Cajas y ensamblados
- Material promocional
- Bisutería
- Regalos personalizados
- Plantillas y esténciles
- Arte para manualidades
- Sublimado y bordado
- Juegos didácticos
- Reglas de costura y quilting

Figura 5. Listado de algunos productos fabricados en InnoLáser.



Fuente: Proporcionado por InnoLáser, 2022.

Con respecto a los materiales que se trabajan, se enlistan los siguientes demostrables en la Figura 6, según se puedan cortar o únicamente grabar.

Figura 6. Listado de materiales con los que se trabaja en Innoláser.



Fuente: Proporcionado por Innoláser, 2022.

1.2.7 Mercados y principales clientes

Al ser la producción de Innoláser tan variada, sus clientes resultan ser bastante diversos. La empresa no cuenta con producciones fijas, pues sus pedidos son solicitados por ocasión y gran parte de las ventas fluctúan de acuerdo con la temporada, no obstante, cuenta con mercados donde colocan productos de manera periódica, siendo estos:

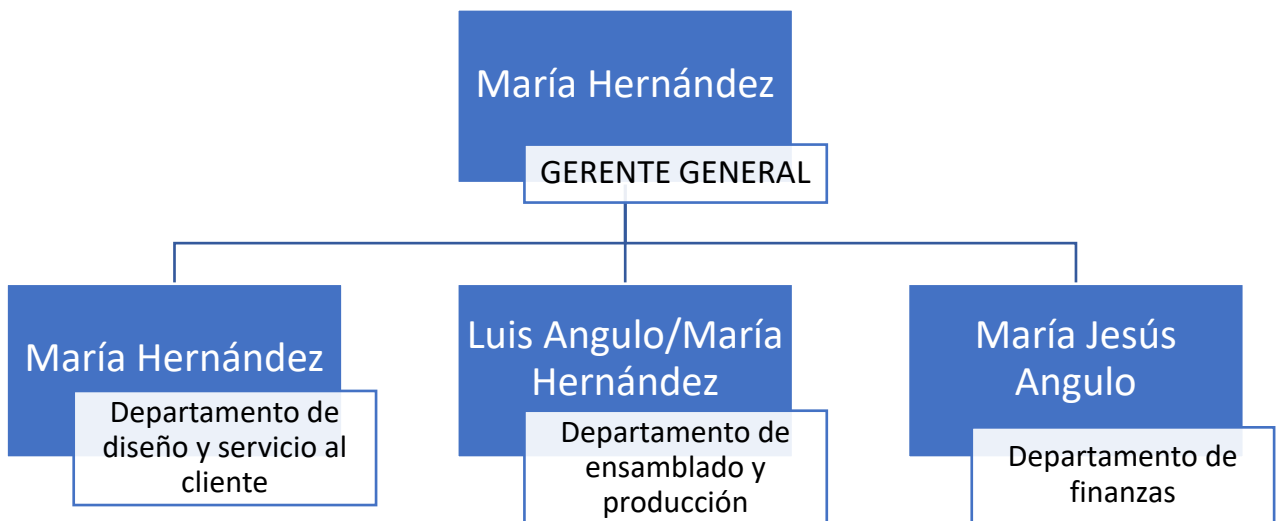
- Pasamanerías
- Cliente directo que busca personalización
- Escuelas y colegios
- Comités cantonales y de recreación
- Otras pymes y emprendimientos
- Empresas de regalos
- Empresas privadas
- Escuelas de costura y manualidades
- Ferias

- Asociaciones solidaristas
- Puestos de centros comerciales

1.2.8 Estructura organizativa

Relacionado a la organización por departamento, la empresa distribuye sus funciones en miembros de la familia que apoyan a la producción y administración financiera de forma ocasional, sin embargo, la mayoría de las tareas son realizadas por la propietaria, quien funge en todos los ámbitos organizacionales como lo representa la Figura 7.

Figura 7. Organigrama de la pyme Innoláser.



Fuente. Innoláser S.A.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Idea del problema

La gestión industrial es un factor determinante en los resultados de una empresa y es la clave del éxito para el óptimo funcionamiento operativo. Es un reto hacer entender a negocios emergentes que la manera en la que estos se administren, la forma en cómo se produce, los tiempos de entrega y los métodos que implementen ocasionan diferencias sustanciales en la posición competitiva. Se verán obligados a innovar en sus productos o servicios, procesos, además de esforzarse por contar con un nivel tecnológico superior y poseer un plan estratégico de desarrollo.

En conversaciones preliminares y por medio de trabajo de observación directa con la propietaria de Innoláser, se puede evidenciar que existe una problemática en torno al tema de gestión industrial y establecimiento de procesos operativos oportunos que han afectado todos los departamentos: finanzas, distribución, producción, inventarios, salud ocupacional, entre otros.

A nivel de equilibrio financiero, las ventas mensuales de Innoláser se estiman en promedio ser de 835 000 colones durante el 2021, sin embargo, en meses de flujo laboral menor como enero y octubre, no se llega al punto de equilibrio porque las ventas son de 189 000 colones aproximadamente.

Relacionado a los lead time, se recurre a conversar con el cliente para que sean 3 días hábiles para la entrega, incluso muchos artículos se elaboran de un día para otro sin tomar en consideración la cantidad de la orden, si existe stock, la cola de trabajo anterior, disponibilidad de materiales, características de diseño ni el tipo de producto, lo que ocasiona se deba recurrir a pedir en promedio 2 días más para dar abasto o atrasar pedidos que estaban antes, incluso más tiempo en órdenes superiores.

Otro aspecto relevante es que la empresa no tiene definido indicadores, por ejemplo, no conocen cuál es su capacidad productiva, pues tienen diversificación en producción, realizan objetos que son personalizados y tampoco se han levantado

bases de datos que permitan analizar sobre la operación. Solamente se cuentan con algunos registros de ventas, dificultando la trazabilidad de órdenes de trabajo, toma de tiempos, desperdicios y otros datos significativos.

Han estado experimentando un crecimiento de las ventas en los últimos 4 meses, realizaron una proyección donde indican que estiman un crecimiento de un 47% en ventas a lo largo del año 2022 al incorporar un equipo de impresión UV, por lo que es importante replantear la gestión de la empresa para el alcance de estos objetivos y que caso contrario, al no efectuarlo, conlleve a un detrimento del negocio.

La propietaria desconoce cómo conocer la efectividad de su empresa, este puede ser un indicador importante de definir para implementar mejora continua y conocer más de la rentabilidad del negocio, por último, el progreso de proyectos es un indicador inexistente, ya que no se cuenta con metodologías de gestión de proyectos actualmente y esto perjudica que Innoláser puede acceder a fondos no reembolsables o programas de financiamiento para inversión, pues no se tiene claro, numéricamente, el panorama real de la PYME.

También, se debe de tomar en cuenta que la propietaria es quien efectúa todas las labores de la empresa, expresando que no da abasto para culminar pedidos a través de la producción y poder hacer un plan de administración, por lo que, en algunas ocasiones, tiene una sensación de sobrecarga y pérdida del rumbo del negocio.

Como punto de gran importancia, la empresa se sometió a un proceso para la obtención de un premio económico por parte de instituciones gubernamentales con el fin de adquirir un equipo de impresión UV que vincule la innovación, para lo cual, Innoláser debe realizar mejoras en su operación para poder incorporarlo, tener trazabilidad de sus operaciones, realizar proyecciones de ventas, factibilidad, impacto con esta maquinaria puesta en marcha; para demostrar que el proyecto fue viable, sin embargo, por un tema de presupuesto no han podido contratar un consultor que les ayude en esta área. Estos puntos son importantes de evaluar para identificar que la incorporación del equipo trae beneficios y para obtener el

verdadero provecho del mismo, es necesario hacer modificaciones administrativas y operativas.

1.3.2 Definición del problema

El problema se vincula a que no existe un plan de gestión empresarial ni operacional, esto afecta la totalidad de las funciones de la empresa. Tratar esta situación generaría nuevas oportunidades, mejor organización, replantear el esquema de trabajo actual y esto tiene incidencia en el nicho de mercado en el cual se desee incursionar, así como en los ingresos percibidos.

El inconveniente expuesto con anterioridad produce múltiples consecuencias, entre ellos se puede citar que el precio final de los productos no se fija bajo la consideración de costos reales de producción, pues se determinan tarifas al azar, también, no se maneja inventarios y hay productos en stock desde hace varios años sin salida.

Además, las solicitudes de pedido se manejan a memoria y esto ha ocasionado que se olviden órdenes, posteriormente los clientes se molestan y el hilo de producción se desregula.

Al querer incorporar una nueva máquina, hay un tema a considerar que es la distribución de espacio en el taller, pues es un área pequeña y que debe evaluarse como parte del plan de gestión para su reacomodo.

Adicional, la propietaria comenta que no ha podido establecer un adecuado registro de datos (es prácticamente inexistente, solo se registran algunas ventas), y hasta noviembre del 2021 las finanzas personales se separaron del negocio, por lo que tener claro cuál ha sido el crecimiento económico en los últimos años, así como el flujo de caja percibido es un completo desafío. Se plantea la necesidad de hacer una producción más sostenible y dar un valor agregado a la operación.

La principal afectada es la propietaria, pues es un tema que también ha ido perjudicando la parte emocional de la misma con sobrecargo, sensación de estancamiento e impotencia. Y a nivel empresarial también impacta negativamente,

porque la industria y el mercado se vuelve cada vez más competitivo, lo que hace difícil mantener una PYME a flote sin el adecuado direccionamiento empresarial.

1.3.3 Justificación

Contar con un plan de gestión industrial no solo es importante para un tema de disminución de costos de producción, que al final podría verse reflejado en la rentabilidad de la empresa, sino que es imprescindible para dar un valor diferenciador a las actividades productivas que se practican. Esta será la base en la cual se forjará el futuro de la compañía, su capacidad de surgimiento ante factores externos de la organización, dirigir la toma de decisiones, establecer prioridades y hacer estrategias de posicionamiento.

Para que una PYME pueda permanecer en el mercado, cuya voracidad es cada vez más evidente debido a la era de industria 4.0, debe contar con ventajas competitivas. Es primordial recordar que los factores que promueven el crecimiento de una empresa están relacionados a controles continuos a nivel productivo administrativo, de recurso humano, financieros y mercadológicos.

Aportar a Innoláser para mejorar sus operaciones y gestión empresarial es un desafío, pero también una gran oportunidad para poner en práctica múltiples herramientas que generarán un impacto positivo en ella.

En diversos momentos, las pequeñas empresas tienen grandes brechas y dificultades para proyectar su crecimiento o hacer evaluaciones de cómo están funcionando, por lo que, con este proyecto de graduación, se repercute positivamente a una familia, pero también tiene impacto en la reactivación económica del país, porque el fortalecimiento de empresas nacionales contribuye a la producción interna, al apoyo de empresas lideradas por mujeres e incluso al encadenamiento de otras pymes. La mejora que se implante será un capital semilla para que la empresa pueda redirigir su misión y afianzar su visión. Así mismo, se estaría mejorando la productividad y rentabilidad del negocio.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un plan de gestión de operaciones bajo la metodología Lean Six Sigma, cuyo impacto permita la eliminación de desperdicios y potencien la productividad de la PYME Innoláser durante los meses de enero a julio del año 2022.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la gestión industrial y el desarrollo de operaciones actual de la empresa Innoláser.
- Identificar la presencia de desperdicios y factores que afectan la adecuada gestión en las áreas operativas de la empresa.
- Cuantificar datos referenciales que brinden un panorama actual de la problemática y cuyo impacto repercuta directamente con la productividad general.
- Analizar las mediciones para la propuesta de herramientas ingenieriles que posibiliten oportunidades de mejora continua sostenibles y de bajo costo de implementación.
- Desarrollar un plan de operaciones que contemple el control, seguimiento y evaluación progresiva de la productividad y rentabilidad.
- Dotar de bases que propicien la óptima replicación de metodologías propias de la Ingeniería Industrial en nuevas inversiones y líneas productivas del negocio.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

El proyecto busca desarrollarse en el área operativa de Innoláser para proponer una mejora de la gestión industrial y con ello optimizar las operaciones.

Por medio del trabajo en cuestión, se desarrolla un diagnóstico de la empresa para trazar una ruta personalizada de acción con el deseo de fortalecer las capacidades operacionales y con ello descubrir nuevas oportunidades de negocio, mejorar los procesos de producción, creación de nuevos modelos para obtener crecimiento enfocado en las necesidades e intereses de los segmentos de mercado de la PYME.

Se busca impactar primordialmente factores de productividad y rentabilidad del negocio, mediante la identificación de aspectos en su operación que puedan ser mejorados a través de la creación y ejecución de un plan de gestión operativo.

Cabe resaltar que las diferentes etapas del proyecto se desarrollan siguiendo la metodología DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), siendo una estrategia que permite el uso de gran amplitud de herramientas ingenieriles en cada etapa y promueve la mejora continua de manera sostenida.

1.5.2 Limitaciones

Entre las principales limitantes del proyecto se pueden citar que la pyme cuenta con muy pocos recursos económicos para invertir en mejoras. Adicionalmente, no se cuenta con datos históricos en general, por ejemplo, en cuanto a ventas, se tienen registros aproximados, esto se convierte en uno de los más grandes retos por la falta de accesibilidad a un récord de la información. Tampoco se posee trazabilidad de indicadores en años pasados que ofrezcan un punto comparativo. Los datos para el análisis se obtienen a partir de una medición realizada desde cero.

Otro factor de limitación es la mano de obra para la ejecución de actividades laborales, en ocasiones se ha visto la necesidad de más personal para completar las órdenes, pero debido a las altas cargas sociales y gasto fijo de salario, la empresa no ha podido satisfacer este requerimiento con contratación permanente.

Por su parte, al ser tanta la diversidad de productos fabricados, los procesos no son estandarizados, entonces las mejoras que se implanten deben ser a nivel general y no por línea productiva. Bajo esta misma idea, las mediciones efectuadas para la eficiencia de equipos correspondieron a pedidos específicos, pues al existir una diversidad grande de los artículos fabricados, no se puede promediar el resultado global. Cada objeto tiene parámetros diferentes, áreas y diseños particulares que varían entre sí, por ello, lo correspondiente a toma de tiempos, cálculo de indicadores y recurrencia de defectos se delimitó a la evaluación de líneas de producto seleccionadas.

En relación a lo anterior, sí se consideraron sumatoria de datos generales, como lo son piezas totales fabricadas, ingresos mensuales, cantidad de láminas por tipo de materia prima usada, entre otros datos de este tipo, necesarios para proyecciones mensuales y anuales.

Finalmente, la resistencia al cambio es un límite importante de mencionar. La gestión operativa se ha ejecutado por su propietaria por más de 10 años, razón por la que iniciar un proceso de transformación se convierte en un desafío.

Capítulo II
MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual relativo a la carrera

El siguiente apartado corresponde a una síntesis de los términos y conocimientos existentes en el área de ingeniería que respaldan el proyecto en desarrollo.

2.1.1 Ingeniería Industrial

Hace más de cien años, la ingeniería industrial no existía como área de estudio claramente definida. Gutarra (2015, p.28) expone que la ASME (American Society of Mechanical Engineering) fue la primera asociación con reconocimiento mundial que se encargó de proponer soluciones industriales del tipo más variado, pero era conformada por ingenieros mecánicos solamente.

La segunda mitad del siglo XX se caracterizó por el auge de las computadoras y de los sistemas de información, pilar para el progreso de las industrias y, por tanto, de la ingeniería industrial. Otro aporte importante de esa época fue el control de la calidad de los productos, la cual se inició con un control estadístico sencillo que al finalizar ese siglo también se aplicó a la administración de la calidad con base en las normas ISO 9000. (Gutarra, 2015, p.20).

La ingeniería industrial trata sobre el diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados de hombres, materiales y equipos. Requiere de conocimiento especializado y habilidades en distintas áreas de la ciencia, su aplicación trasciende al análisis continuo de datos para predecir y evaluar resultados.

Los profesionales de esta área de estudio son capaces de planificar, diseñar, implantar, operar, mantener y controlar, eficientemente, organizaciones integradas por personas, materiales, equipos e información, con la finalidad de asegurar el mejor desempeño de los sistemas relacionados con la producción y administración de bienes y servicios (Gutarra, 2015, p.15).

La importancia de la función de la ingeniería industrial en los negocios y la industria ha estado creciendo constantemente. La ingeniería industrial ha contribuido a la optimización del manejo de todos los recursos de la empresa, y con ello al incremento de la generación de riqueza. El ingeniero industrial busca la

perfección en los sistemas que ha diseñado, para que éstos funcionen mejor continuamente. En la Figura 8 se aprecia la gran versatilidad y campos de acción de la ingeniería en mención.

Figura 8. Funciones de la Ingeniería Industrial



Fuente: "Introducción a la ingeniería industrial", Gutarra, 2015, p. 36.

2.1.2 Gestión Industrial

La gestión industrial se define por Silva (2021, párr. 3) como el "conjunto de técnicas y herramientas destinadas a mejorar los flujos financieros, materiales y de datos". Con esta afirmación, se puede concluir que el objetivo de esta área del conocimiento es lograr un equilibrio entre la toma de decisiones y los procesos, para aumentar la productividad a un menor costo operativo.

Silva expone que algunos de los procesos primarios que realiza la gestión industrial se orienta en 5 ejes: 1-Gestión de la producción el cual consiste en el seguimiento de la operación, observando paradas programadas, maquinaria y volumen de producción. 2- Control logístico que actúa sobre compras de insumos, distribución y movimiento de stocks, con foco en la prevención de pérdidas. 3- Administración de procesos que implica analizar escenarios y tendencias de demanda, así como auditoria de flujos. 4-Promoción de la salud y seguridad en el trabajo que busca prevenir accidentes, asegurando la vida y salud de los trabajadores en concordancia con las normas reglamentarias vigentes y por último 5-Gestión fiscal y tributaria, para asegurar el cumplimiento de las atribuciones legales y certificados de calidad.

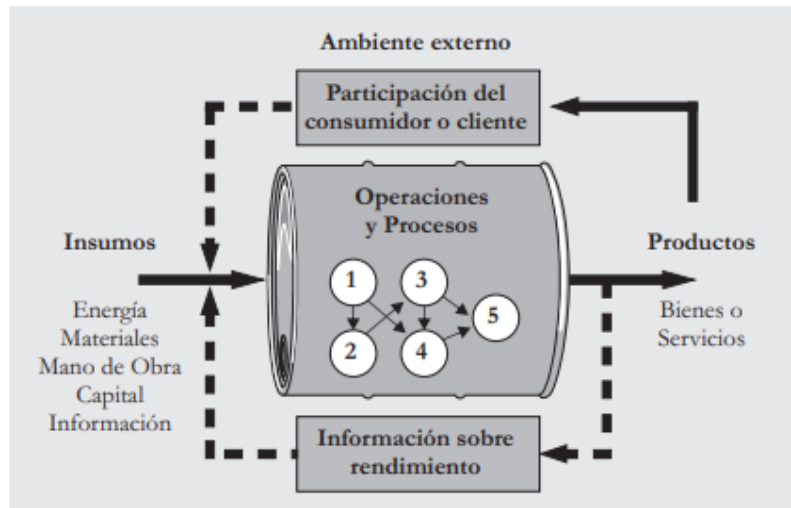
2.1.3 Operaciones industriales

Hablar de operaciones industriales es hacer referencia a las actividades comerciales encargadas de desarrollar, producir o fabricar material e información (Universidad Andrés Bello, 2021, párr. 1).

El éxito o fracaso de una compañía depende, en gran medida, de la coordinación de los recursos. La optimización en la gestión de las operaciones industriales en cualquier área de la compañía buscará la racionalización y la eficiencia. Además, al hacer operaciones eficientes, el negocio será más rentable.

La Figura 9 ilustra un sistema integrado de operaciones, donde se muestran insumos, procesos, productos, flujos de información que conectan con los clientes y el ambiente externo, de esta manera se detallan las entradas y salidas de la actividad.

Figura 9. Sistema de administración de operaciones



Nota Los círculos numerados representan las operaciones por las que deben pasar los productos, los servicios o los clientes y en los cuales se usan procesos. Esta imagen es adaptada de “El sistema de producción y operaciones”, Carro y González, 2012, p. 4.

2.1.4 Administración de operaciones

La administración o gestión de operaciones de una empresa es responsable de la producción y la entrega de bienes o servicios de valor para los clientes de la organización. Los administradores de operaciones toman decisiones para administrar el proceso de transformación que convierte los insumos en los productos terminados o los servicios deseados. Es la función que permite a una organización alcanzar sus metas mediante la eficiente adquisición y utilización de los recursos (Schroeder et al, 2011, p 5).

Las cuatro responsabilidades principales de las decisiones de la administración de operaciones, de acuerdo con Schroeder et al (2011, p 10), son los procesos, calidad, capacidad e inventario, las cuales se describen a detalle en el siguiente apartado:

- a) Un proceso determina las instalaciones usadas para elaborar un producto o servicio, así como las políticas de la mano de obra asociada y sus prácticas. Estas decisiones son a largo plazo y no pueden revertirse con facilidad ya

que tiene altos costos de inversión asociados, por lo tanto, es importante que el proceso de transformación física se diseñe en relación con la postura estratégica a largo plazo de la organización y las capacidades de la mano de obra. La transformación de los procesos debe ejecutarse de forma continua una vez que se hayan diseñado, lo cual involucra la cooperación de la fuerza laboral y las ideas de todos los empleados. Comúnmente, la función de operaciones administra a más empleados y activos físicos que cualquier otra de la empresa.

- b) La calidad se vincula de manera directa con los bienes o servicios que se producen y entregan a los clientes; pues determina el grado de especificaciones satisfechas. La función de operaciones es responsable por la calidad de los bienes y servicios producidos. Las decisiones asociadas con el mejoramiento continuo de la calidad deben asegurar que ésta se diseñe y se incorpore en todas las etapas de la producción y la entrega.
- c) Las decisiones relacionadas con la capacidad tienen como propósito suministrar la cantidad adecuada de recursos en el lugar y en el momento indicado. La capacidad a largo plazo se determina por el tamaño de las instalaciones físicas construidas por la empresa y sus proveedores o por la subcontratación del producto a un proveedor confiable. En el corto plazo, la capacidad disponible debe asignarse a tareas y trabajos específicos en las operaciones mediante la programación de personas, equipos e instalaciones.
- d) Los inventarios en las operaciones especifican el tipo y el nivel en que deben mantenerse en función de las incertidumbres. Se emplean sistemas de control de inventarios para administrar los materiales provenientes de las compras de materias primas, producción en proceso e inventarios de productos terminados.

2.1.5 Plan de operaciones

Tomando en consideración la literatura, Nuño indica que un plan operativo es por definición

Un programa que concentra todos los aspectos y detalles que están relacionados a la producción de productos y servicios que ofrece la empresa. Es la sección del plan de negocios que describe la distribución de las instalaciones, los métodos y procesos productivos, los procedimientos administrativos de compra, la administración de inventarios, su distribución, recursos humanos e indiferentemente del tamaño de la empresa, es de suma importancia que se elabore este documento, ya que le dará una idea general del proceso de creación (2017, párr. 1)

Un plan de operaciones, según la referencia anterior, debe ser de fácil entendimiento, ya que explicará todos los puntos técnicos y de organización con la finalidad de que la producción se realice lo más eficaz y eficiente posible.

Es importante destacar que el plan de operaciones forma parte del plan de negocio de una empresa y, por tanto, aporta un valor añadido que indica qué pasos se deben seguir a la hora de realizar los procesos de creación de un determinado producto o servicio.

Respecto a los componentes básicos de un plan operativo, la Editorial Grudemi menciona que debe contemplar ubicación, responde a preguntas como ¿dónde está ubicado el negocio?, ¿de qué forma la distribución y la organización de las instalaciones proporcionan una ventaja competitiva?, ¿existen cambios o modificaciones que necesiten hacerse a las instalaciones para hacerlas más eficientes y efectivas? En segundo lugar, debe especificarse el equipamiento necesario para producir, cuánto cuestan, cuáles se necesitan, el estado de los mismos y sus proveedores (2020, párr. 5).

Por otro lado, el plan operativo debe incluir aspectos relacionados con el personal. Hay que plantearse cuántos empleados se necesitarán, horas laborales requeridas por cada actividad productiva, los salarios que se pagarán, recargo de funciones y finalmente, se necesitará tomar en consideración los procesos de manufactura y servicios, en los cuales se describen en detalle las acciones y los sectores involucrados, contestando a preguntas del tipo ¿cómo se obtendrán y almacenarán los insumos?, ¿cómo se distribuirán los productos o servicios

terminados?, ¿cómo se hará el control de inventarios?, ¿cómo serán los procesos de compra?, ¿cuál es la cantidad mensual óptima que se debe producir del bien o servicio?, ¿quién es el responsable del sector y cuáles son sus tareas?, entre otras (Editorial Grudemi, 2020, párr. 7).

2.1.6 Procesos productivos

Corresponde a una actividad o conjunto de ellas donde la materia prima se transforma y adquiere un valor agregado, obteniéndose así un producto para un cliente (Schroeder et al, 2011, p 5).

2.1.7 Reingeniería de procesos

Cuando una empresa quiere realizar un cambio radical en su organización en busca de una mayor eficiencia, rapidez y mejora continua, recurre a la reingeniería de procesos, pues, de acuerdo con García et al (2017, p. 1), “consiste en establecer nuevos procesos, replanteando y rediseñando las actividades de la organización. Está destinada principalmente a empresas que no están creciendo como deberían y que necesitan encontrar otras vías de impulso”.

La línea de acción para un proceso de reingeniería inicia con un diagnóstico del estado actual de la empresa, seguido de la preparación del personal para el cambio, posteriormente conlleva un análisis de los procesos y desarrollo de planes de implantación, ejecución del cambio y finaliza con la supervisión y evaluación de la innovación (García et al, 2017, p. 6).

Los autores referidos con anterioridad mencionan que la reingeniería se apoya de herramientas como Seis Sigma, investigación operativa, planes de gestión y otros eslabones técnicos que impulsen el cambio constante.

Entre los beneficios de la aplicación de la reingeniería de los procesos se enuncian el aumento de la productividad, mejora continua de procesos internos, alcance de la calidad, disminución de costes, incremento de la satisfacción del

cliente, mayor motivación en los trabajadores, resultados a corto plazo y rentabilidad del negocio (García et al, 2017, p. 8).

2.1.8 Diagramas

Los diagramas son diseños geométricos que se realizan para representar gráficamente ideas, procesos, soluciones, mecanismos o fenómenos que faciliten su comprensión. En la ingeniería son ampliamente utilizados por su gran versatilidad para la visualización de datos y sintetizar la información. Algunos de estos se describen en los siguientes apartados.

2.1.8.1 SIPOC








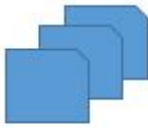
El diagrama SIPOC es un sistema de ordenamiento o herramienta en formato tabular que permite la caracterización o asignación lógica de una serie de procesos. En ella se involucran una serie de parámetros elementales como lo son proveedores, entradas (inputs) o todos los elementos necesarios para llevar a cabo un proceso, serie de procedimientos con una salida y un resultado final, que represente en forma de producto y satisfaga a un cliente (Pacheco, 2022, párr. 1).

2.1.8.2 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso. Se trata de representar los pasos desde que se inicia hasta que se termina la actividad y para ello se utiliza una serie de elementos visuales que ayuden a mostrar cada paso que sigue un proceso (Torres, 2021, párr. 6).

Existe una simbología comúnmente aceptada, ANSI (American Normalitation and Standarization Institute) ha publicado una lista de estos, que ayudan a realizar diagramas de flujos. Los más usados se detallan en la Figura 10.

Figura 10. Simbología estándar para la realización de diagramas de flujo.

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	Operación: Se usa para describir cualquier actividad. En el interior del rectángulo se escribe una breve descripción de la actividad.
	Límites del Proceso: Indica el inicio y el final de un proceso. En el interior del eclipse aparece la palabra inicio o fin.
	Punto de Decisión: Denota que en ese punto se toma una decisión. Los outputs salidas del diamante, son siempre dos y del tipo SI / No.
	Movimiento: Muestra el movimiento de un output entre distintos puntos de la organización.
	Conector: Señala que el output de ese proceso puede ser el input de otro (la letra indica el proceso de entrada)
	Dirección del flujo: Denota la dirección y el orden de los pasos del proceso
	Documento: Documento/registro.
	Listados: Listados / notas de trabajo acumulado, información referente a la actividad.

Fuente. “Diagrama de Flujo, una herramienta infalible para visualizar, esquematizar y mejorar tus procesos”, Torres, 2021, p.32.

2.1.8.3 Gantt

Este diagrama es una herramienta de gestión que sirve para planificar y programar tareas a lo largo de un periodo específico. Se conforma de un sistema de coordenadas donde el eje vertical contiene las tareas a realizar desde el inicio hasta el fin del proyecto, mientras en el horizontal se ponen los tiempos. Es de

mucha utilidad para completar plazos de un proyecto, así también, para identificar los puntos críticos de él y visualizar actividades simultáneas y de ejecución individual (Pérez, 2021, párr. 3).

2.1.8.4 Diagrama de recorrido

Este diagrama muestra el recorrido de un producto sobre un plano donde se desarrolla el proceso, tomando en cuenta las operaciones, inspecciones, demoras, transporte y almacenamiento. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis por ejemplo tiempo necesario y la distancia recorrida (Salazar, 2019, párr. 1).

El diagrama de recorrido permite visualizar los avances y retroceso de las unidades, así como los cuellos de botella para analizar qué se puede mejorar, ya sea eliminando, combinando tareas, reordenando el flujo o simplificando labores.

2.1.8.5 Cursograma analítico

Es una representación gráfica, con la que se logra de forma sistemática y secuencial, documentar las actividades que realiza una o más personas al trabajar en manufactura o con clientes (Ochoa, 2013, párr. 3).

Figura 11. Símbolos para la ejecución de un cursograma analítico.

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
○	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso Agrega, modifica, montaje, etc.
□	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y cantidad. En general no agrega valor.
⇒	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
D	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentáneo.
▽	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén
◻	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas

Fuente: “Diagramas para el estudio del trabajo”, Ochoa, 2013, párr. 1.

El cursograma analítico es un diagrama que aborda un proceso de modo más detallado en donde se introducen detalles relativos al almacenamiento, manipulación y el movimiento de los materiales entre las operaciones.

2.1.9 Análisis de Causa Raíz (Root Cause Analysis- RCA)

El Análisis de Causa Raíz (ACR) o RCA es la aplicación de una serie de metodologías que utilizan las organizaciones para establecer las causas que generan problemas. El fin es utilizar el pensamiento crítico para descifrar por qué algo salió mal o por qué algo no es posible para identificar soluciones adecuadas sin subjetividades (Ovalles et al, 2017, p. 3).

Además de descubrir la causa principal de un problema, el RCA busca comprender cómo reparar, compensar o aprender de cualquier problema dentro de la causa raíz y aplicar lo aprendido de este análisis para prevenir problemas futuros o bien, para repetir éxitos.

Algunas técnicas para ejecutar un análisis de causa son las siguientes:

2.1.9.1 Ishikawa

Conocido como diagrama de espina de pescado, causa-efecto o análisis de 6Ms, es una técnica útil para realizar un análisis de causa raíz más compleja, profunda y detallada. Este tipo de diagrama identifica todos los potenciales factores que contribuyen a la generación de un problema en el proceso, pues analiza factores como mano de obra, método, máquina, material, medio ambiente y medición (Ovalles et al, 2017, p. 6).

2.1.9.2 Entrevistas

Se define por Díaz et al (2019, p.162) como un instrumento técnico de gran utilidad en la investigación cualitativa, para recabar datos. La entrevista es muy ventajosa principalmente en los estudios descriptivos y en las fases de exploración, así como para diseñar instrumentos de recolección de datos porque obtiene información clara y profunda, asegurando la evacuación de dudas durante el proceso.

2.1.9.3 Planillas de inspección

Las planillas de inspección son un método para recolectar y registrar información cualitativa o cuantitativa. Dependiendo del diseño de la plantilla los resultados servirán para visualizar tendencias o dispersiones. Proporciona un procedimiento que reúne evidencia, busca patrones y comparaciones, así como revisa ideas de investigaciones previas (Sastoque, 2021, párr. 8).

2.1.9.4 Gráficos estadísticos

“Los gráficos son las distintas maneras de representar series de datos resultantes de un estudio estadístico” (Westreicher, 2021, párr. 1). En la ingeniería industrial son una gran vía para ofrecer información clara, impulsar la toma de decisiones y obtener variables cuantitativas que permitan hacer análisis.

Existen muchos tipos de gráficos, sin embargo, algunos de los más usados, en este ámbito son:

2.1.9.4.1 Análisis de Pareto

Es una técnica que ayuda a elegir la mejora más efectiva a implementar. Utiliza la idea de que el 20 % de los defectos afectan en el 80 % de los procesos; por lo tanto, si las soluciones se enfocan al 20% de los problemas más relevantes que afectan a los procesos, es probable que el 80% de los procesos mejorarán considerablemente (Ovalles et al, 2021, p. 6).

2.1.9.4.2 Gráfico de barras

Es un gráfico donde a cada categoría le corresponde una barra vertical u horizontal, de manera que, cuanto mayor sea la frecuencia de datos, más larga será la barra (Westreicher, 2021, párr. 7).

2.1.9.4.3 Histograma

El histograma es un gráfico de barras donde se visualizan las variaciones de un proceso por medio de datos. Su elaboración aporta la tendencia central, el grado

de dispersión y las frecuencias relativas de los diversos valores (Westreicher, 2021, párr. 9).

2.1.9.4.4 Diagramas de dispersión

Denominados también como diagramas de correlación, son una herramienta que permite analizar dos conjuntos de datos asociados, buscando explicar los conjuntos que muestran una variable diferente o anticipada. Esta herramienta es muy utilizada en los procesos de gestión de equipos y maquinaria (Westreicher, 2021, párr. 11).

2.1.9.4.5 Gráfico de líneas.

Permite representar, a través de dos ejes, la evolución de una variable a lo largo del tiempo (Westreicher, 2021, párr. 12).

2.1.9.4.6 Gráfico circular.

Es también conocido como gráfico de sectores o gráfico de pastel. Se caracteriza por ser un círculo que se divide en pedazos de distintos tamaños, los cuales dependerán de la frecuencia de datos de la categoría (Westreicher, 2021, párr. 10).

2.1.10 Eficiencia General de los Equipos (OEE)

El OEE (Overall Equipment Effectiveness) compara la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida, es decir, es un indicador utilizado para traducir la eficiencia de las máquinas de una empresa y para medir la capacidad de fabricación de nuevos productos. A partir de esta métrica, se puede saber cuánto tiempo se dedica realmente a la producción. El cálculo del OEE es esencial para reducir las pérdidas y aumentar el rendimiento de las máquinas, mejorando su funcionamiento (Salazar, 2019, párr. 1)

Se ha descrito que forma parte de indicadores vitales ya que proporciona información muy valiosa sobre la capacidad real para producir sin defectos, el

rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos, permitiendo la evaluación y toma de decisiones.

Otra de sus ventajas es que puede medirse a un corto plazo y a un costo muy reducido, siendo una herramienta fácil de adoptar como inicios en metodologías Lean. Es un indicador poderoso que requiere de información diaria del proceso.

En términos generales, se calcula con la siguiente fórmula:

$$OEE = Disponibilidad * Eficiencia * Calidad (1)$$

El cálculo de cada etapa se hace de forma individual por medio de una serie de ecuaciones contempladas en la Figura 12.

Figura 12. Fórmulas utilizadas para el cálculo del OEE

$$\mathbf{T tiempo total} = \mathbf{T tiempo disponible} + \mathbf{T tiempo planeado}$$

$$\mathbf{T tiempo planeado} = \mathbf{Reuniones, comidas, MP, etc.}$$

$$\mathbf{T tiempo disponible} = \mathbf{T tiempo total} - \mathbf{T tiempo planeado}$$

$$\mathbf{T tiempo productivo} = \mathbf{T tiempo disponible} - \mathbf{T tiempo muerto}$$

$$\mathbf{T tiempo muerto} = \mathbf{T tiempo de averías} + \mathbf{T tiempo de cambio de producto}$$

$$\mathbf{Disponibilidad} = \frac{\mathbf{T tiempo productivo}}{\mathbf{T tiempo disponible}}$$

$$\mathbf{Capacidad productiva} = \mathbf{T tiempo productivo} \times \mathbf{Capacidad estándar}$$

$$\mathbf{Producción real} = \mathbf{T tiempo productivo} \times \mathbf{Capacidad real}$$

$$\mathbf{Eficiencia} = \frac{\mathbf{Producción real}}{\mathbf{Capacidad productiva}}$$

$$\mathbf{Calidad} = \frac{(\mathbf{Producción real} - \mathbf{Unidades defectuosas})}{\mathbf{Producción total}}$$

Fuente: "Overall Equipment Effectiveness", Salazar, 2019, párr. 3

El valor obtenido en el indicador OEE tiene una valoración cualitativa, muchos expertos coinciden en la siguiente relación de la Tabla 1:

Tabla 1. Análisis cualitativos de los resultados de la OEE.

OEE	Valoración	Descripción
0% – 60%	Deficiente (Inaceptable)	Se producen importantes pérdidas económicas. Existe muy baja competitividad.
61% – 74%	Regular.	Es aceptable solo si se está en proceso de mejora. Se producen pérdidas económicas. Existe baja competitividad
75% – 84%	Aceptable	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% – 94%	Buena.	Entra en valores de Clase Mundial. Buena competitividad.
95% – 100%	Excelente.	Valores de Clase Mundial. Alta competitividad.

Fuente: Adaptado de "Overall Equipment Effectiveness", Salazar, 2019, párr. 5

Asociado al valor de OEE, se suelen usar indicadores de soporte para tener un panorama más amplio de lo que está sucediendo en las operaciones del proceso. Estos son el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) que especifica el tiempo promedio que transcurre entre una falla y la siguiente. Se calcula con la siguiente fórmula de acuerdo con Salazar (2019, párr. 6):

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Número de fallas}} \quad (2)$$

$$\text{Tiempo productivo} = \text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo de inactividad por fallas}$$

Otro indicador por considerar es el Tiempo Medio Entre Reparaciones conocido como MTTR, por sus siglas en inglés (Mean Time Through Repair). “Es una medida que indica el tiempo estimado que un equipo estará detenido mientras es reparado” (Salazar, 2019, párr. 6). Se obtiene de la siguiente manera:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de reparación}}{\text{Número de fallas}} \quad (3)$$

La mejor manera de obtener mejora continua y superar un valor bajo de OEE, es asociándolo con otras herramientas Lean que no solo contemple maquinaria, siendo el Mantenimiento Productivo Total una herramienta de corrección.

2.1.11 Indicadores Clave de Rendimiento (KPI)

La alta competencia en las organizaciones busca tener registros constantes de los resultados y sus operaciones para establecer mejoras. Con base en esa afirmación, se han creados los indicadores claves de rendimiento (key performance indicator, KPI por sus siglas en inglés), ya que, a través de mediciones, otorgan información sobre si una determinada acción está yendo por el camino correcto.

Conceptualmente, se tiene que un indicador es una “magnitud utilizada para medir o comparar los resultados efectivamente obtenidos, en la ejecución de un proyecto, programa o actividad. Resultado cuantitativo de comparar dos variables” (Salcedo, 2016, p.18).

Definir un KPI implica tomar en consideración aspectos como coherencia, validez, consecuencia y confiabilidad de la información, pero también, debe tener características como estar alineados a los objetivos, medibles, actualizables, claros, precisos y alcanzables. Su aplicación va más allá de cumplir metas o evitar desperdicios, sino que son muy relevantes para tener un récord de valores críticos de la operación del negocio, pues lo que no se mide, no se mejora.

Algunos KPIs que se usan con frecuencia en las organizaciones, se detallan a continuación.

2.1.12 Productividad

Gutiérrez y de la Vara (2009, p.27) lo definen como la relación entre lo producido y los medios empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, piezas vendidas, clientes atendidos o en utilidades.

Mientras que los recursos empleados se cuantifican por medio del número de trabajadores, tiempo total empleado u horas máquina.

$$Productividad = Eficacia * Eficiencia = \frac{Resultados\ obtenidos\ outputs}{Unidades\ de\ Insumos\ inputs} \quad (4)$$

Mejorar la productividad es optimizar el uso de los recursos y maximizar los resultados.

2.1.13 Eficacia

Su concepto se determina como el grado con el cual las actividades previstas son realizadas y los resultados planeados son logrados. Por lo tanto, ser eficaz es cumplir con objetivos, mejorando los resultados de equipos, materiales y en general del proceso (Gutiérrez, 2009, p.27).

$$Eficacia = \frac{Resultados\ Obtenidos}{Acciones\ realizadas} \quad (5)$$

La eficacia alude al grado en que un proceso cumple con su objetivo (qué se hace).

2.1.14 Eficiencia

Es una relación entre los resultados logrados y los recursos empleados, se mejora principalmente optimizando el uso de los recursos, lo cual implica reducir tiempos desperdiciados, paros de equipo, falta de material o retrasos (Gutiérrez, 2009, p.27).

$$Eficiencia = \frac{Producción\ Real}{Producción\ esperada} \quad (6)$$

La eficiencia hace referencia a qué tan bien se aprovechan los recursos para llevar a cabo el proceso (cómo se hace).

2.1.15 El período de recuperación de la inversión (PRI)

Es un indicador que mide en cuánto tiempo, años, meses o días, se recuperará el total de la inversión inicial. Según Rangel (2021), se calcula de la siguiente manera:

$$PRI = \frac{a + (b - c)}{d} \quad (7)$$

Donde:

- a = Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.
- b = Inversión Inicial
- c = Flujo de Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.
- d = Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

Cabe resultar que en algunos negocios el periodo de maduración es lento, es decir, al principio tienen pocas ventas y sus ingresos importantes están una vez que el negocio ya se ha afianzado en el mercado. En consecuencia, un indicador como el PRI diría que la recuperación de la inversión se dará en un período muy largo, lo cual podría ser desalentador, pero debe tomarse como referencia bajo visualización de los objetivos empresariales completos.

2.1.16 Índice de Innovación

“Innovación es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto ya sea bien o servicio, de un proceso” (Gutarra, 2015, p.46).

La innovación se puede dar en tres espacios según Gutarra:

- a) Innovaciones tecnológicas de procesos y productos, implicando nuevos equipos, nuevas instalaciones, mejoras en la línea de producción, control de calidad, informatización, nuevos materiales, mejoras en diseño y

diversificación de productos, creación de marcas, certificación de calidad, control ambiental.

- b) b) Innovaciones de gestión relacionadas con mejoras en flexibilidad y eficiencia productiva, cualificación de recursos humanos, mejoras en los procesos de trabajo, acceso a redes de información, relación con proveedores.
- c) c) Innovaciones sociales e institucionales vinculadas a la promoción de actividades innovadoras, descentralización de decisiones sobre innovación, concertación de agentes públicos y privados, difusión de buenas prácticas (2015, p.46).

$$Innovación = \frac{\text{Desarrollo de nuevos productos/mejorados}}{\text{Total de productos fabricados}} \quad (8)$$

2.1.17 Indicadores de producción

Los KPI de producción permiten a las empresas realizar un seguimiento de los procesos de producción y, tras el análisis de los datos obtenidos, tomar la decisión de seguir con la estrategia que se viene aplicando o de cambiarla para realizar una gestión distinta. Algunos ejes medibles y de relevancia analítica son los que menciona Beltrán (2014) en la Figura 13.

Figura 13. Principales indicadores de producción.



Fuente: "Indicadores de operación o actividad", Beltrán, 2014.

2.1.18 Órdenes de trabajo

Es un documento donde se detalla por escrito las instrucciones para realizar algún tipo de trabajo solicitado. Es una herramienta básica en diversos negocios, permitiendo adecuarlo según las características de la empresa; no obstante, suelen mantener de forma constante una serie de campos entre los que se incluyen el número de orden, el nombre del cliente, materiales, el tipo de servicio o bien, una descripción del mismo, el precio y la fecha de entrega (Navarro, 2016, párr. 1).

La orden de trabajo se convierte en una forma de historial de mantenimiento y es importante para realizar análisis detallados y mejorar la planificación futura. Entre los aspectos fundamentales que cubre una orden de trabajo se mencionan asignación, ejecución, presupuesto, alcance, fechas y recursos. Por otro lado, constituye un documento probatorio, garantiza los servicios realizados y facilita el seguimiento y monitoreo de las intervenciones (Navarro, 2016, párr. 5).

2.1.19 Método de las 5s

Todas las empresas buscan mejores tiempos de respuesta, incrementar la su calidad y productividad sin impactar significativamente la inversión en procesos de implementación, reducir pérdidas de tiempo y generar una cultura de crecimiento, compromiso, aumentando el orden y el espacio.

Técnicamente, esos son los objetivos que busca alcanzar la metodología de 5s, la cual se puede incorporar a cualquier tipo de empresa que desee iniciar el camino de la mejora continua en la gestión de operaciones.

Las 5s son las iniciales de palabras japonesas que nombran a cada una de las cinco fases que componen el método. Berganzo (2016, párr. 6) explica cada una de ellas. Mientras las tres primeras fases son operativas y orientadas al entorno físico, las dos últimas están orientadas a las personas. La cuarta tiende a mantener el estado alcanzado en las anteriores, y la quinta permite adquirir el hábito de su práctica y mejora continua en el trabajo:

Seiri – Clasificación. Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de estos últimos, para contar con lo que verdaderamente se necesita.

Seiton – Orden. Se trata de establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.

Seiso – Limpieza. Basada en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado.

Seiketsu – Estandarización. El objetivo es distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos dando lugar a un control visual e identificando si las “s” anteriores se están cumpliendo o no.

Shitsuke – Disciplina. Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas y seguir mejorando de forma repetitiva.

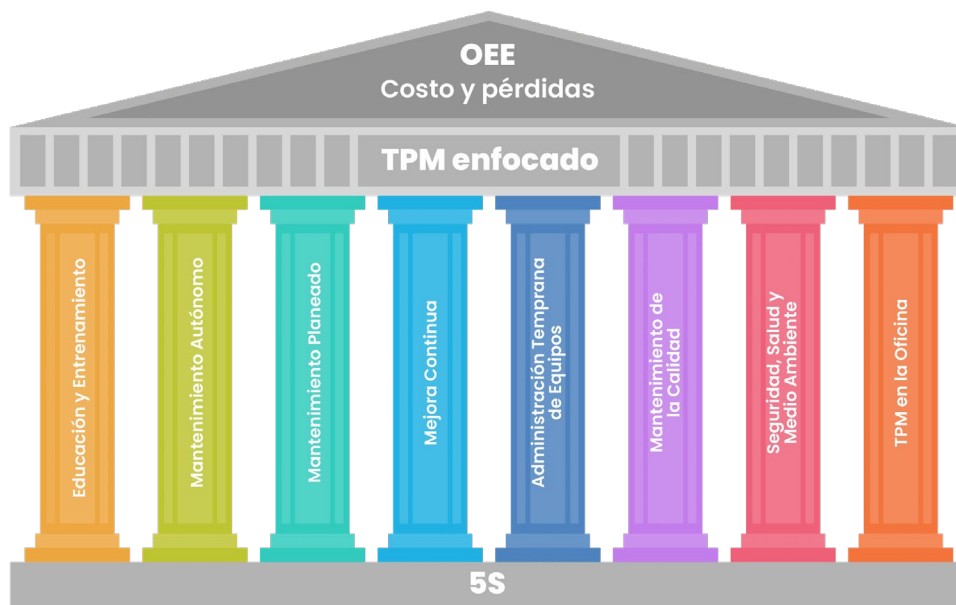
2.1.20 Mantenimiento productivo total

Conocido como TPM, por sus siglas en inglés Total Productive Maintenance, consiste en actividades de revisión parcial de forma planificada, en las cuales se ejecutan cambios, sustituciones, lubricaciones, entre otras actividades; antes de que se materialicen las fallas. Con esto, se logra asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas (Salazar, 2019, párr. 1).

El mantenimiento productivo total debe usarse cuando se deseen tener equipos, máquinas, plantas confiables y seguras, pues enfoca sus objetivos hacia la mejora de la eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de fallas, no conformidades, tiempos de cambio, y se relaciona, de igual forma, con actividades de orden y limpieza (Salazar, 2019, párr. 8).

Existen 6 pilares para ejecutar el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de la metodología TPM. Salazar (2019, párr. 10), menciona que son: 1. Mejoras enfocadas. 2. Mantenimiento autónomo. 3. Mantenimiento planificado. 4. Mantenimiento de calidad. 5. Educación y entrenamiento. 6. Seguridad y medio ambiente. Además de estos, se han adicionado otras bases que dan robustez como lo son el pilar de la salud, la seguridad y el medio ambiente del mantenimiento productivo total, el cual garantiza que todos los trabajadores dispongan de un entorno seguro y que se eliminen todas las condiciones perjudiciales para su bienestar. Por último, el TPM a las funciones administrativas es el siguiente paso lógico en el programa de mantenimiento productivo total para que toda la organización hable desde la misma perspectiva.

Figura 14. Pilares del mantenimiento productivo total.



Fuente. "Implementación TPM", SPC Consulting Group, 2022.

2.1.21 Kanban

La filosofía de gestión de operaciones JIT (Just in time) es un sistema de la metodología Lean que tiende a producir lo que se requiere, en el momento que se

necesite, con la calidad especificada y sin desperdiciar recursos. Dentro de los componentes que conforman esta filosofía se encuentra Kanban cuyo significado en japonés es tarjeta o señal.

Para la implementación del sistema Kanban es necesario que la empresa tenga aplicado un sistema de control de producción tipo pull donde el control de producción se planifica con sólo lo que la empresa enviará al cliente, es decir, producir en función de la demanda. Adicionalmente, suele ser de mucha utilidad cuando se tienen retrasos en las entregas, la carga de trabajo no es equilibrada o bien, los productos y equipos dependen de las personas (Castellano, 2018, p. 35).

Interiorizando más en el sistema Kanban, Castellano (2018, p.36) indica que está basado en una serie de principios, los cuales son:

- Visualización: Kanban permite tener una visualización total del desarrollo de las tareas de la cadena de producción, lo que facilita la organización y la realización de modificaciones si fuera necesario en el equipo.
- Calidad: Todo lo que se haga se debe hacer bien desde el principio.
- Disminución de los desperdicios: Hacer lo justo y necesario.
- Priorización – flexibilidad: Realizar una gestión adecuada del tiempo con un orden coherente para facilitar el trabajo de todo el equipo.
- Proceso: Kanban promueve la continua modificación de las actividades a realizar.
- Mejora continua: La mejora siempre debe contemplarse en función de los objetivos definidos.

Se considera esta metodología como un fundamento de aplicación en Innoláser, pues esta obedece a producción por demanda.

2.1.22 Checklist

Los checklist u hojas de verificación son formatos para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de un listado de requisitos, efectuar

comprobaciones rutinarias o recolectar datos ordenadamente y de manera sistemática (González y Jimeno, 2012).

Es de gran utilidad para controlar la evolución de una característica o actividad. Así mismo, se aplican para reportar de forma diaria el estado de las operaciones y poder evaluar la tendencia o la dispersión de la producción. La ventaja de los checklist es que, además de sistematizar todas las actividades que se deben realizar, una vez que se han completado sirven de registro, y puede ser revisado de manera posterior para tener una constancia (González y Jimeno, 2012).

2.1.23 Sistema de gestión de inventarios

Todas las compañías mantienen inventarios que están constituidas por las materias primas, productos en proceso, suministros que se utilizan en las operaciones y los productos terminados, por ello un sistema de gestión de inventarios significa el contar con estrategias y un modelo que permita conocer, identificar, controlar y mantener un stock actualizado como parte de su mejora reflejada en el manejo de los recursos disponibles (Castañeda y Silva, 2013, p. 31).

El control de los inventarios significa un buen planeamiento de operaciones de producción a largo plazo y a plazo intermedio, al igual que buena programación de la producción y los métodos de control. El uso de métodos eficientes para el control de las existencias puede reducir, pero no eliminar, el riesgo de los negocios. Los procedimientos de planeamiento y control de inventarios solamente pueden ayudar al hombre de negocios a evaluar el riesgo y a planear una estrategia referente a planes de producción y compra para aceptar en los términos más favorables, conforme a las políticas y objetivos básicos de la empresa (Castañeda y Silva, 2013, p. 31).

La gestión de los inventarios es importante para cualquier empresa pues su inadecuada administración puede incidir negativamente en todos los procesos de producción y almacenamiento. Por esta razón los sistemas MRP son altamente usados en cualquier institución para planificar el requerimiento de materiales para

abaratar costes, evitar compras innecesarias, facilitar el flujo de fabricación de manera continua mediante el abastecimiento correcto del stock.

2.1.24 Perfil de puestos según Renault

El método de los perfiles de puestos elaborado por la Régie Nationale des Usines -Renault, es descrito por Chavarría (s.f), como un método que busca hacer valoraciones objetivas mediante la cuantificación de todas las variables que definen las condiciones de trabajo de un puesto concreto. Para llevarlo a cabo, se tiene en cuenta el análisis de ocho factores que se evalúan a través de 23 criterios mostrados en la Figura 14.

Figura 14. Factores y criterios de evaluación analítica de un puesto de trabajo

CONCEPCION DEL PUESTO		Altura - alejamiento	1	
		Alimentación - Evacuación	2	
		Aglomeración - Accesibilidad	3	
		Mandos - Señales	4	
Factor Seguridad	A	Seguridad	5	
Factores Ergo-nómicos	Entorno Físico	B	Ambiente térmico	6
			Ambiente sonoro	7
			Iluminación artificial	8
			Vibraciones	9
			Higiene ambiental	10
			Aspecto del puesto	11
	Carga Física	C	Postura principal	12
			Postura más desfavorable	13
			Esfuerzo de trabajo	14
			Postura de trabajo	15
			Esfuerzo de manutención	16
Postura de manutención			17	
Carga Mental	D	Operaciones mentales	18	
		Nivel de atención	19	
Factores Psicológicos y Sociológicos	Autonomía	E	Autonomía individual	20
			Autonomía de grupo	21
	Relaciones	F	Relaciones independientes del trabajo	22
			Relaciones dependientes del trabajo	23
	Repetitividad	G	Repetitividad del ciclo	24
	Contenido del trabajo	H	Potencial	25
			Responsabilidad	26
			Interés del trabajo	27

Fuente: "NTP 176: Evaluación de las condiciones de trabajo: Método de los perfiles de puestos", Chavarría, s.f, p. 2.

Tratar de forma extensiva y preventiva aquellos factores que pueden afectar la salud de los colaboradores permite mejorar la seguridad y el entorno, disminuir la carga de trabajo físico y mental, reducir las molestias del trabajo repetitivo o en cadena y crear una proporción creciente de puestos con un contenido de trabajo elevado (Chavarría, s.f, p. 2).

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

2.2.1 Metodología de mejora Lean Seis Sigma

Six Sigma es una metodología basada en la mejora de procesos. Consiste en una estrategia sistemática y estructurada que propicia la generación de productos y servicios más eficientes. Aparece desde los años 80 como parte de la mejora de procesos de la compañía Motorola; desde entonces, el método Seis Sigma ha sido ampliamente utilizado para reducir variabilidad e incrementar calidad, así como la productividad de las empresas que la aplican. (Evans & Lindsay, 2008).

Un proyecto Six Sigma puede abarcar toda una división o ser tan estrecho como una sola operación de producción, pues está fundamentada en cinco principios tal y como lo mencionan Evans y Lindsay (2008):

1. Enfoque al cliente.
2. Centrado en los procesos.
3. Metodología para la realización de proyectos.
4. Estructura organizacional.
5. Lucha contra la variación

Apoyándose en los conceptos de Shewhart, Deming, Juran y Taguchi, se dice que Seis Sigma aporta soluciones a corto plazo de problemas repetitivos mediante herramientas estadísticas, fijación de metas y utilización de datos. Se compone de un diseño robusto de evaluación y mejora de procesos, además de establecer tolerancias para definir un estándar y saber cuáles productos o servicios tienen o no la suficiente calidad para salir al mercado (Evans & Lindsay, 2008).

Seis Sigma, utiliza en su nomenclatura la conocida letra griega (σ) vinculada con la estadística, representando con ello la variabilidad o dispersión de un conjunto de valores. El objetivo de esta metodología es obtener 3, 4 defectos por millón de oportunidades. Clasificando la eficiencia de un proceso con base a su nivel sigma, donde 1 sigma = 68,27% de eficiencia, 2 sigma = 95,45% de eficiencia, 3 sigma = 99,73% de eficiencia, 4 sigma = 99,994% de eficiencia, 5 sigma = 99,99994% de eficiencia y 6 sigma = 99,9999966% de eficiencia (Evans & Lindsay, 2008).

A nivel técnico, la metodología Six Sigma permite identificar la capacidad de los procesos para reducir los defectos por millón de los mismos. Para usar esta herramienta se emplea comúnmente la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), la cual sigue un formato estructurado y disciplinado, recurre a la realización de experimentos y su consecuente evaluación.

Con todo esto, se evidencia que el objetivo de las organizaciones es diferenciar sus productos o servicios, potenciándolos en diversas características promoviendo la mejora continua. Una opción óptima para realizar un análisis y conocer qué factores podrían explotarse en un producto sería con el uso de la metodología Seis Sigma.

Para empezar, resulta importante determinar el problema que se quiere atacar con esta metodología, la siguiente clasificación propuesta por Evans y Lindsay (2008) de 5 problemas a tratar permite identificarlo.

- 1) Los problemas de conformidad se definen por un desempeño insatisfactorio en un sistema específico. Los usuarios no están satisfechos con los resultados del sistema, como los niveles de calidad o de servicio al cliente.
- 2) Los problemas de desempeño no estructurados resultan del desempeño insatisfactorio en un sistema mal especificado. Es decir, la tarea es no estandarizada y los procedimientos y requisitos no la especifican por completo.
- 3) Los problemas de eficiencia resultan del desempeño insatisfactorio desde el punto de vista de los grupos de interés que no son clientes. Algunos ejemplos típicos son los problemas de costo y productividad. Aun cuando la calidad de

los productos puede ser aceptable, el desempeño del sistema no alcanza las metas organizacionales internas. La identificación de las soluciones a menudo comprende la modernización de los procesos.

- 4) Los problemas de diseño de productos comprenden el diseño de nuevos productos que satisfagan mejor las necesidades de los usuarios; es decir, las expectativas que son más importantes para los clientes. En Six Sigma estas características vitales se conocen como problemas críticos para la calidad (CPC).
- 5) Los problemas de diseño de procesos comprenden el diseño de nuevos procesos o la revisión a profundidad de los existentes. En este caso, el desafío consiste en determinar los requisitos de los procesos, generar nuevas alternativas de procesos y vincular estos con las necesidades del cliente. Técnicas como el benchmarking y la reingeniería, son herramientas (útiles para el diseño de procesos).

Gracias a Seis Sigma, es posible clasificar las causas principales de los errores de un proceso para encontrar las mejores soluciones y evitar su reaparición, siempre vinculado al compromiso de los miembros de la empresa, disciplina en el cumplimiento, medición y documentación de la información.

Por su parte, Lean y Six Sigma comparten objetivos. Ambos proponen mejorar la gestión y los procesos de una empresa. La combinación de Seis Sigma y Lean Manufacturing da como resultado la metodología Lean Six Sigma, la cual incrementó su puesta en marcha en empresas como General Electric y Toyota, quienes lo popularizaron, cuyo propósito era incrementar la rentabilidad y productividad reduciendo desperdicios y variaciones (Global Six Sigma Experts, 2017).

El objetivo primordial del método Lean Six Sigma es suprimir “mudas” o desperdicios, tales como defectos, sobreproducción, esperas, talento no empleado, transportes no necesarios, inventario, reprocesos o movilidad innecesaria (Global Six Sigma Experts, 2017).

Se ha demostrado que, aunque los principios Lean no conllevan el uso de la estadística, el aprovechamiento simultáneo de ambas metodologías puede prometer la identificación y rectificación de los problemas desde la raíz utilizando los conjuntos de herramientas más apropiados. Las bases de Lean Six Sigma son usadas en este proyecto de graduación.

2.2.2 DMAIC

Lean Six Sigma se apoya en una metodología denominada DMAIC (Define o Definir, Measure o Medir, Analyze o Analizar, Improve o Mejorar, Control o Control), la cual facilita el mejoramiento de procesos y productos basándose en cinco fases que se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Etapas, objetivos y herramientas de la metodología Seis Sigma.

Etapas	Objetivos	Herramientas
Definir	Definir problemas y métricas que permitan establecer cómo los procesos y productos afectan los requerimientos de los clientes, los cuales se denominan CTQ (Critical to Quality). En esta fase, también se determina el alcance del proyecto que delimitarán el inicio y el final del proceso que se busca mejorar.	Diagrama de flujo de proceso, voz del cliente, lluvia de ideas, árbol crítico de la calidad, SIPOC, benchmarking, 5 porqué, Ishikawa, entre otras.
Medir	Se utiliza para determinar los indicadores de calidad que permitan conocer el comportamiento de los procesos, las variables que afectan el desempeño de la organización, determinar la información necesaria, así como las herramientas para la recogida de datos y su procesamiento.	Diagrama entrada-proceso-salida, análisis de capacidad de proceso, gráfico Pareto, gráficos de control, KPI, histogramas.
Analizar	Se determinan las causas principales que afectan el funcionamiento del sistema con vistas a su posible	Diagrama de causa efecto, matriz de relación, correlación y regresión,

	erradicación, para lograrlo se deben analizar los datos (procesarlos) recogidos, para determinar cuáles son las causas del mal funcionamiento de los procesos.	análisis de varianza, muestreo, histogramas, gráficos
Mejorar	Generar posibles soluciones al problema detectado e implementar las más convenientes. problema raíz y lleven los resultados hacia las expectativas del cliente. También se desarrolla el plan de implementación; en este punto se ponen en práctica las soluciones para eludir los susodichos problemas, se someten a prueba y se validan las soluciones.	Técnicas analíticas, pruebas piloto, Kanban, poka yoke, brainstorming
Controlar	Establecer un plan de controles y acciones que garanticen que la mejora alcanzará el nivel deseado continuamente. Se establecen las variables e indicadores que deben ser controlados de manera periódica para garantizar un funcionamiento eficiente de los procesos y la satisfacción de los clientes.	Planes de control, gráficos de control, capacidad de proceso, mantenimiento productivo total, dashboards, procedimiento estándar, plan de respuesta.

Nota Esta tabla muestra un resumen de las etapas de la metodología DMAIC y las principales herramientas empleadas para cumplir sus objetivos. Fuente: Elaboración propia. Esta tabla ha sido adecuada de “Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio” por Garza et al, 2016, p. 22.

DMAIC se trata de un proceso de mejora, sistemático, científico y basado en hechos cuyo fin es eliminar procesos improductivos que generan desperdicios o son ineficientes. A través del método DMAIC se puede conseguir un uso optimizado de los recursos, reducción de costes, mayores utilidades; para así aumentar la competitividad frente a las empresas competidoras. También facilita una definición más clara de la visión de la empresa al realizar un amplio análisis de todos los procesos. La Tabla anterior sirve como referencia para elegir herramientas que se adapten a las necesidades del negocio a lo largo de evaluación del proyecto.

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

Las herramientas explicadas con anterioridad, así como las metodologías descritas, forman parte de las mejoras implantadas en Innoláser ya que se pretende que, al recurrir con la incorporación y desarrollo de un plan operativo, la rentabilidad y productividad se vean positivamente impactadas.

A corto plazo se proyecta que exista una administración operativa, la cual es inexistente al inicio, promoviendo así la optimización de las operaciones, orden del espacio físico y de los métodos de trabajo, pero no solamente se desea que las operaciones sean más eficientes, sino que la empresa pueda tener claridad de sus procesos, la capacidad de producción que poseen, su rendimiento, la calidad que ofrecen y los desempeños que alcanzan.

Por su parte, se desea que puedan empezar a implementar indicadores que sirvan como un levantamiento de datos interno y que este accionar propicie la mejora continua sostenida con el tiempo, mediante el uso de tableros Kanban, listas de verificación y reglas de mantenimiento, así como con la distribución de espacios adecuados que otorguen facilidades durante la actividad productiva.

La literatura sostiene que al implementar Lean Six Sigma en organizaciones pequeñas y sin tanta posibilidad de inversión de mejoras radicales, siempre existe un beneficio en su proceso que influye grandemente en el crecimiento de las áreas del negocio, siendo esta la principal motivación al sugerir el plan operativo y su puesta en marcha, pues brindará mayor credibilidad, seriedad y la oportunidad de medir para mejorar.

Además, al conocer a detalle los datos de las operaciones actuales, se puede propiciar la confección de productos para venta por volumen con el deseo de generar utilidades a largo plazo e incentivar que las máquinas permanezcan activas aún en épocas donde los ingresos son menores por un tema de temporalidad. Es crucial que la empresa pueda tener máquinas trabajando y no ociosas, con el afán de que la producción de ciertos productos se torne más estándar, no solo con personalización y consigo atraiga competitividad.

Con este proyecto de graduación se pretende cimentar las bases correctas en temas de gestión de operaciones, pues Innoláser se encuentra en un periodo de transformación con la adquisición de maquinaria que llegará a traer grandes ventajas en términos de innovación y rentabilidad, siempre y cuando se demuestre que la inversión es valiosa para el mediano plazo de la empresa, para sostener esa afirmación, es necesario incurrir en readecuaciones administrativas y operativas de la compañía.

Finalmente, a largo plazo supone incidir en la mejora continua, actualización del plan operativo atinente a los objetivos de la empresa, competitividad más alta con respecto a otras PYMES dedicadas a la misma actividad productiva y una gestión industrial adecuada vista desde una perspectiva global de la organización que permita solucionar problemas de manera más eficaz, también que, al mejorar la productividad y rentabilidad del negocio, se pueda dar apertura a contrataciones de personal.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

Si bien hay investigaciones que muestran que Lean Six Sigma puede generar beneficios en las organizaciones, independiente de su tamaño, hay otras que evidencian que estos beneficios se presentan en mayor grado en las grandes empresas en comparación con las PYMES. Esta situación se debe en gran parte a factores como la falta de compromiso de la dirección, la limitación de recursos financieros y de personal, la resistencia al cambio, la ausencia de una cultura de mejora continua, la falta de liderazgo, la falta de reconocimiento de la importancia de la metodología, la falta de medición del desempeño de los procesos, entre otros.

En términos generales, diversos investigadores han propuesto metodologías para implementar Six Sigma y Lean Manufacturing en empresas pequeñas. La Figura 13 detalla los principales aspectos encontrados.

Figura 13. Modelos y metodologías para implementar Six Sigma y LSS en PYMES

Autor	Enfoque/Contribución
Thomas, Barton & Chuke-Okafor [28]	Desarrollan un modelo para implementar de forma integrada Six Sigma y Manufactura Esbelta. La metodología fue válida en una PYME, en la que se obtuvieron resultados positivos en calidad, costos y tiempos de entrega.
Chakravorty [29]	Proponen un modelo que está compuesto por 6 fases que son: análisis estratégico; identificación y formación de los equipos de mejora; identificación de las herramientas de mejora; mapeo de la organización e identificación de oportunidades de mejora; desarrollo de un plan detallado; y por último implementación, documentación y revisión del plan.
Knowlesa, Whickerb, Heraldez & Del Campo [30]	Proponen un modelo para la implementación de Six Sigma en cadenas de suministro. El modelo está formado por dos grandes ciclos, el primero se ocupa de los aspectos estratégicos, como es la definición de objetivos y la medición del desempeño de la organización, y el segundo ciclo está enfocado en la ejecución de los proyectos Six Sigma, utilizando como base la metodológica DMAIC.
Kumar, Antony, & Tiwari [10]	Desarrollan un marco lógico para la implementación de Six Sigma en PYMES, el que está compuesto de 12 pasos divididos a su vez en 5 fases. Este marco brinda una guía paso a paso para que las organizaciones puedan implementar Six Sigma, y va desde la preparación de la organización hasta el sostenimiento a largo plazo.
Thomas & Barton [9]	Proponen el uso de la metodología de auditoría en cadenas de suministro Quick Scan (QS) como paso previo a la implementación de LSS en PYMES manufactureras. El QS es utilizado en la fase de definición para identificar proyectos con impacto estratégico.
Gnanaraj, Devadasan, Murugesh, & Sreenivasa [11]	Proponen un modelo para implementar con éxito LSS en PYMES. El modelo es denominado DOLADMAICS (acrónimo de las palabras Deficiency Overcoming Lean Anchorage Define Measure Analyze Improve Control Stabilise) y permite la implementación de LSS en 5 niveles.

Fuente: “Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico”, Felizzola y Amaya, 2014, p. 266.

Velásquez expone que particularmente,

El modelo de gestión de operaciones para PyMES es distinto al de la gran empresa, básicamente por los recursos tecnológicos utilizados, el lenguaje, la estructura y la cultura bajo la cual opera el modelo. Todas las empresas tienen que comprar, transformar, vender y suministrar el bien o el servicio. Por lo tanto, plantear un modelo significa proponer un conjunto de requerimientos y acciones que permiten, de manera sistemática y repetitiva, alcanzar este objetivo (2003, p. 69).

Un modelo es una guía del paso a paso para alcanzar un objetivo. Al desarrollar un modelo de gestión, se debe empezar por una versión sencilla y

evolutiveamente progresar hacia modelos más elaborados que se ajusten a la complejidad del problema real.

Un programa de gestión operativo permite tomar mejores decisiones empresariales y disponer de los productos necesarios en el momento oportuno marcado por la demanda del mercado. De hecho, las pymes del sector industrial consiguen, a través de este tipo de programas, gestionar mejor todos sus departamentos, conseguir mayor efectividad en la producción, aumentar la competitividad de la empresa y destacar en su ámbito.

Autores han explicado su experiencia sobre la aplicación de Lean Six Sigma en proyectos desarrollados en pymes. Mencionan el desafío implicado, sin embargo, sí es posible evidenciar que las propuestas empleadas tuvieron un impacto significativo.

Tal es el caso de Felizzola y Amaya (2014), quienes aplicaron metodologías Six Sigma en una mueblería para mejorar la calidad. Su proyecto consistió en recolectar datos de las devoluciones internas en las diferentes etapas del proceso de fabricación, y basado en esto, construyeron indicadores de calidad, sobre los cuales se hizo monitoreo y control. Detectaron que las devoluciones eran de un 15.59%, equivalente a \$4.914.000 pesos colombianos, monto muy significativo. La medición y análisis demostró que el 80% de los defectos estaba concentrado en 4 tipos de defectos: problemas en pintura, debido al secado de la madera, en el armado y en el embalaje del producto. Como mejora, propusieron un plan de inspección, control y capacitación en los procesos de diseño y producción. Con la implementación de estas acciones se logró una reducción en los defectos de 15,59% a 13,52%. Esto también generó una disminución en el DPMO (defectos por millón de oportunidades), pasando de 155.861 a 102.000, y se aumentó el nivel sigma de 2,52 a 2,74.

Otro caso de éxito al implementar mejoras Lean Six Sigma se pudo constatar en el proyecto de Paredes (2017), en el que aplicó un Value Stream Mapping en una pyme embaladora de productos de vidrio. A través de su estudio, logró identificar puntos críticos de las operaciones de la empresa en las cuales se debían

hacer retrabajos, lo cual implicaba contratación de personal en horas extras para lograr suplir la demanda. Desarrolló un proceso de reestructuración Kanban y 5s, que impactaron la producción y los inventarios. Antes de que se implementaran las mejoras, la empresa llegó a gastar hasta \$1.298.768 (moneda colombiana) en un mes para cubrir actividades de reproceso en el área de cartonería. La implementación de las propuestas eliminó las horas extras en el proceso de recepción, unificación, almacenamiento y alistamiento de empaque, lo que evidencia un ahorro en tiempo y dinero, pues el negocio ya no está pagando por una actividad que no le agrega valor a su producto.

Un tercer registro de antecedente se obtiene a través del proyecto efectuado por Fonseca et al (2018) denominado Adaptación de herramientas Lean Six Sigma en pymes del sector cuero en Colombia. Los autores analizaron por dos años a 20 pequeñas empresas para el desarrollo de un plan prototipado que mejorara las condiciones actuales de estas por medio de la metodología DMAIC. Descubrieron que todas compartían problemas con el cumplimiento de tiempos de entrega, esto fue analizado por un VSM, de esta manera encontraron tareas realizadas por los artesanos que no agregaban valor al producto y pesaban en su productividad. Las propuestas rondaban en reacomodo de las operaciones de manera que el flujo productivo fuera más eficiente, además de acomodos de materia prima y concentración de ventas en ciertos sectores del mercado. Con ello, se propició a que las empresas tuvieran expansión y más rentabilidad.

Capítulo III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología para la definición del problema

En este proyecto se seguirá la metodología DMAIC como guía del paso a paso a seguir en la evaluación del estado de la empresa Innoláser S.A, así como para tener un panorama detallado en cada etapa que permitan determinar los problemas a corregir. Con base en lo anterior, se procede a desarrollar la primera fase en este apartado que es sumamente importante, pues es la que marcará la pauta de acción para el resto de las etapas y la que indicará las herramientas necesarias para solventar los puntos de mejora asociados.

3.1.1 Definir

La definición del problema implica conocer cómo fluye el proceso, las operaciones, cuáles son las entradas, las salidas, la mano de obra; en otras palabras, las características de este negocio, lo que conllevará la selección de las herramientas que permitan obtener la información inherente a su funcionamiento.

Es bien sabido que Innoláser S.A ha sufrido de problemas administrativos y operativos, pues su propietaria los menciona, pero es importante identificar cuáles son estos específicamente, para ello se inició con un trabajo de campo donde la observación directa y la entrevista permitió tomar nota y conocer el proceso general como tal.

Como complemento, para determinar los desencadenantes del problema, se recurrió a la estrategia de Análisis de Causa Raíz y sus metodologías de acompañamiento que son el diagrama Ishikawa tomando como base las 6M de apoyo a estos estudios, asimismo, el diagrama de recorrido, el diagrama SIPOC y detallar el diagrama de proceso según operaciones también es importante para delimitar las actividades productivas que orientaron la ruta de implementación según los resultados arrojados. Mediante reuniones con la propietaria de la PYME, se obtuvo los datos necesarios para la aplicación de estas herramientas en esta fase.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto

Una vez recopilada la información y definido el problema, se procede a la etapa de medición. Para esto se emplean mediciones de las operaciones con ayuda de parámetros estadísticos.

Primeramente, se identifican las mediciones por medio de una plantilla de inspección del sitio de trabajo. Antes de recabar datos cuantitativos, se debe documentar característica del área, observar al trabajador, las tareas, el ambiente laboral circundante. Además, se debe constatar cualquier factor administrativo que pueda afectar el comportamiento o desempeño del trabajador. Todos estos factores proporcionan una perspectiva general de la situación y sirven como guía en el uso de otras herramientas cuantitativas para recabar y analizar los datos.

Como segundo paso, se usó un cursograma analítico para proporcionar una visión más amplia de lo que sucede, hacer mediciones de tiempos, traslados, repetición de tareas y la relación que existe entre las diferentes operaciones.

La tercera actividad consistió en recabado de datos, ya que, como se ha mencionado con anterioridad, Innoláser no cuenta con un récord de información más que los de ventas desde mayo del 2021, situación por la cual, se ideó un plan de 4 semanas para recolectar y medir información de los procesos operativos de la empresa y que fuesen útiles para el análisis y puesta en marcha de la mejora.

Cabe resaltar que los documentos que tenía la empresa a la fecha son también tomados en cuenta para la etapa de medición, de forma que se logre visualizar y corroborar tendencias o proyecciones, complemento de la información medida personalmente y estos puedan otorgar robustez, así como contexto a las cifras plasmadas.

Se debe considerar que la empresa está en un tiempo de reestructuración por la incorporación a corto plazo de nueva maquinaria, por lo que se debe tomar en consideración mediciones sobre esta inversión.

El cuarto paso de medición se basa en conglomerar los datos de proceso para la realización de un análisis de eficiencia de equipos para constatar de manera

robusta los cálculos y poder comparar el alcance la mejora tras la implementación. A través de un plan de gestión de inventario, se procede a contabilizar el material disponible y visualizar cómo se está almacenando, esto como parte de las mediciones propias que se requiere de un plan de operaciones completo.

Los datos resultantes serán consolidados y expresados por medio de gráficos como histogramas, cursograma analítico, diagrama de Pareto, gráficos de barras y pastel, así como en tablas que muestren numéricamente una correlación entre los problemas hallados y las mediciones de las operaciones que contrasten la importancia de implementar un plan en esta área de negocio.

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

Conocer el rumbo de la empresa se logra por medio del análisis de una base de datos que identifiquen las entradas y salidas del sistema, para evaluar el estado de los procesos y mejorarlos. Gracias a las etapas anteriores de este proyecto de investigación, se logra pensar en ideas, metodologías y herramientas ingenieriles que puedan determinar y priorizar el problema más importante a tratar.

Con los datos de la medición y el panorama inicial, se procedió a analizar la Eficiencia General de los Equipos (OEE), gráficos, herramientas estadísticas y recabado de información.

Basado en las variables cuantitativas se complementa el análisis con un gráfico de Pareto para hallar una relación de la información de los problemas, dando apertura al uso de una visualización general de las operaciones y los desperdicios, así como la recurrencia de defectos y errores en los procesos.

Todos los pasos anteriores son importantes para examinar las operaciones de la empresa, encontrar las fallas y la relación productividad/rentabilidad que darán apertura a nuevas oportunidades de negocio una vez se inicie con el proceso de renovación.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

La etapa de mejora del proceso DMAIC pretende utilizar toda la información ya definida, medida y analizada para encontrar las propuestas que ayudarán a alcanzar las metas definidas con este proyecto.

En primera instancia, se organiza una reunión con la propietaria para explicar los resultados de las fases anteriores y comentarle el plan operativo que llegará a impactar el negocio positivamente, sus implicaciones, ejecución y maneras de ponerlo en marcha, pues, aunque esta investigación exige solo una propuesta de mejora, la intención fue implementar las ideas por un periodo y darle seguimiento durante para corroborar que existió un beneficio.

Basada en lo anterior, la mejora se relaciona con el desarrollo de un plan de operaciones en Innoláser que contuviese el uso de órdenes de trabajo, promoviera el empezar a usar metodologías de tableros Kanban para controlar la producción, emplear 5s para el ordenamiento de inventarios y del taller, la ejecución de una plantilla en Excel que permitiera la contabilización de materia prima, registros de ventas, introducción de información sobre los procesos y monitoreo de movimientos de inventario, reacomodo de espacios físicos del taller y fundamentar las bases de TPM, siendo estos aspectos alineados a los objetivos y prioridades de Innoláser.

Adicionalmente, se brindan herramientas extra para la logística, en la que se promueve el uso de recibos de entrega y una bitácora de rutas, se enseña sobre calibraciones de equipo láser, se empodera en conocimiento para la elección adecuada de materia prima y se brinda una proyección sobre la recuperación de la inversión de las nuevas máquinas.

El proceso de implementación se monitoreó y planificó por medio de un diagrama de Gantt, este plazo fue de 4 semanas como parte del proceso de comprobación del proyecto y apoyar el hecho de que la empresa aprendiera los nuevos métodos.

Capítulo IV
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

Este capítulo estará enfocado en plantear la problemática que aqueja a la empresa Innoláser en sus operaciones, mediante la examinación cuantitativa y el análisis de datos recabados. Gracias a la metodología DMAIC, la definición, medición y análisis del problema serán estudiados, permitiendo tener un mejor panorama de la situación actual en la empresa para su posterior mejora.

En esta sección se proponen detallar cómo se gestionan los recursos involucrados en la generación del producto y la prestación del servicio ofrecido, ya que eso permitirá analizar y decidir sobre diferentes alternativas técnicas u operativas para producir mejor y fungir con eficiencia. Mediante el estudio de la operación vigente, se verificará la viabilidad de soluciones sostenibles.

4.1 Descripción del proceso

Este proyecto está enfocado en el planteamiento de un plan que sirva como guía para la gestión de operaciones, es por lo que, para corroborar la necesidad del mismo, conviene conocer el proceso, la gestión y las actividades que engloban cada uno de los procesos.

Como se ha indicado con anterioridad, Innoláser se dedica al corte y grabado con láser por medio del diseño gráfico, artes manuales y uso de equipo CNC. El proceso de producción es muy variable para cada línea de producto, pues la mayoría de estos requieren personalización, haciendo la gama de artículos en producción bastante amplia; no obstante, de forma general se puede decir que toda solicitud inicia con una requisición por parte de un cliente, quien desea saber el costo de un artículo según ciertas características deseadas (diseño, material, tamaño, entre otros aspectos), para lo cual, la propietaria solicita mayor información para corroborar la idea y brindar un precio basándose en su criterio personal, así como investigando precios de competidores directos.

Una vez que el cliente aprueba la cotización, se procede a verificar que haga el pago del artículo para iniciar con la etapa de diseño gráfico, siendo esta realizada con ayuda del programa Corel Draw a través de vectores. Terminada la propuesta, se consulta con el cliente si requiere de alguna modificación, en caso positivo, se

cambia el diseño según instrucciones y se valida nuevamente visto bueno para proceder con la etapa de corte y grabado por medio de la maquinaria.

El corte o grabado de la pieza conlleva un proceso manual y automático. En primera instancia, se enciende cada parte del equipo (chiller, bomba de aire, extractor, fuente de poder y panel). Es importante que cada sección de la máquina esté activa para un buen funcionamiento, de lo contrario, podrían ocurrir eventos catastróficos como un incendio, daño al equipo de otra índole o incluso, podría implicar lesiones al operador, por lo que es crucial que este paso se efectúe satisfactoriamente.

Se procede con la toma del material y colocación del mismo en el panel de la máquina, se ajusta el punto de origen de la boquilla de corte, además de la distancia focal, pues de no hacerse, puede que la máquina no trabaje o el acabado no sea el esperado, sino más semejante a un quemado en la pieza. Desde el programa de diseño, se dan parámetros de corte y grabado para asegurarse que la velocidad y potencia del láser sean los necesarios.

Una vez ajustado, se importa el archivo de diseño a un software propio de la láser, este brinda una comunicación entre la maquinaria y la computadora. En este programa, llamado Smart Carve, se realizan ajustes también, como acomodo de la localización en la cama de trabajo, cantidad de repeticiones de corte del artículo, cortes en modo espejo, entre otras funciones. Acabando este proceso, se puede iniciar el corte o grabado de las piezas.

Mientras la máquina corta, el colaborador se dedica a diversas funciones como diseño de otros artículos, atención al cliente, gestión de proveedores, actividades administrativas o limpieza del taller. En ocasiones, la máquina no corta o graba correctamente, por lo que se debe solucionar este inconveniente para continuar, muchas veces lo que pasa es que la distancia focal está mal ajustada, el panel de trabajo está pandeado y la colocación del material no es buena (de hecho, se colocan unas pesas sobre las láminas para hacer presión sobre la materia prima), otro motivo es debida a descalibración de los espejos, cantidad inadecuada de agua

en el chiller, suciedad en el agua destilada, entre otros asuntos mecánicos que deben solventarse.

Cuando el equipo láser termina su proceso, se retiran las piezas y se limpia el panel de trabajo manualmente y con una aspiradora para comenzar con otro proceso de corte. Con respecto a las piezas producidas, se debe definir si son en crudo (su aspecto final es tal cual salen del proceso de corte y grabado), si requiere de ensamble y/o pintura.

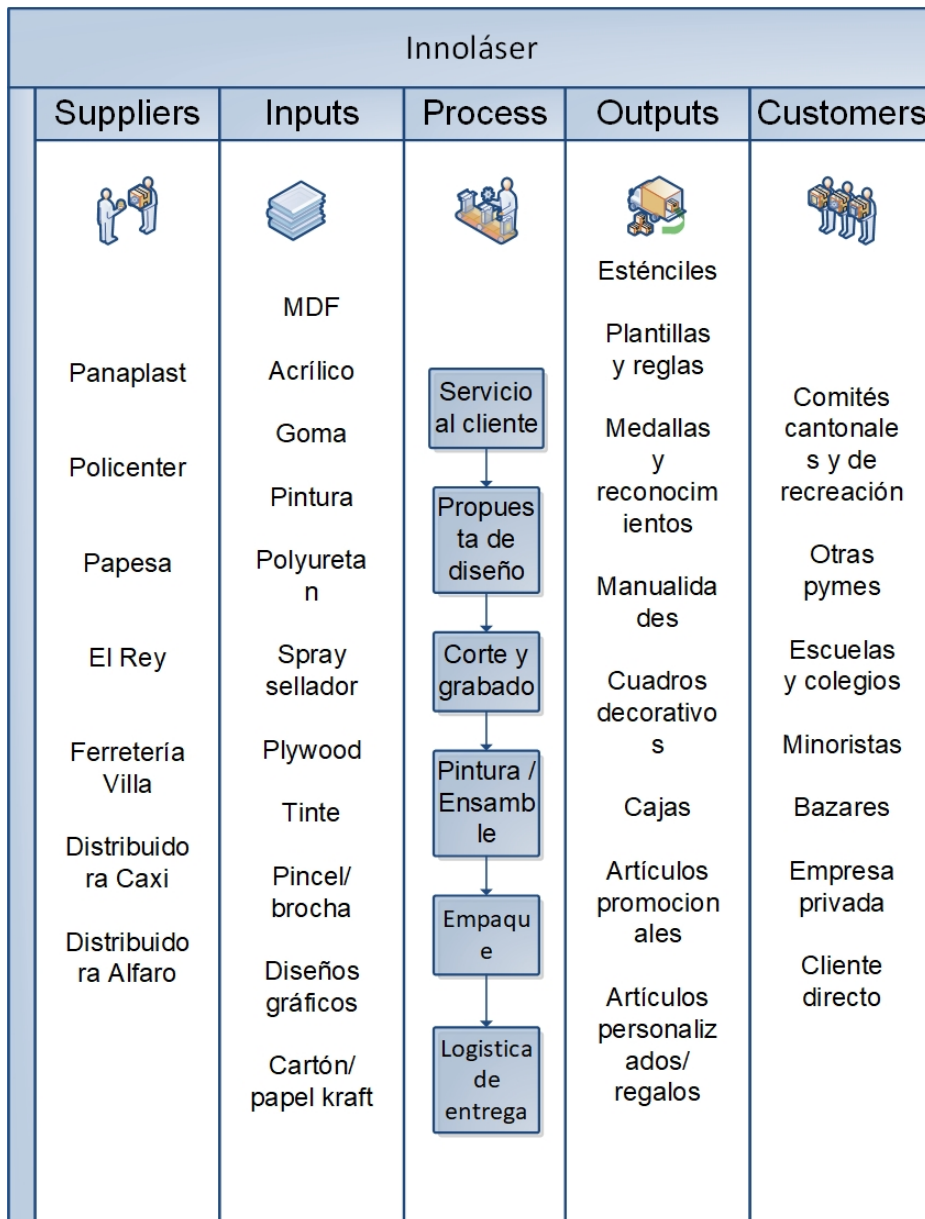
En caso de que lleve ensamble, se tienen que separar las piezas, buscar los implementos para pegar e iniciar con el armado de las partes del artículo. Si se ocupa de solo pintura, de igual manera se separan las piezas (en caso de ser varias), se buscan los utensilios, pinturas y se procede con el pintado, difuminado y acabados extra del artefacto. Cuando el producto debe elaborarse con ensamble y pintura, se combinan los pasos anteriores iniciando por ensamble.

Cuando el producto se termina, se empaca ya sea en plástico, papel burbuja, bolsa, caja de cartón, papel Kraft u algún otro medio. Esto depende de las dimensiones y fragilidad del artículo, así como del medio de envío y lugar de entrega final. Se genera un documento elaborado a mano sobre una hoja blanca donde se indica el nombre del cliente y alguna ubicación como referencia. Finalmente, se continúa con la logística de distribución que se divide en tres modalidades principales; la primera consiste en envíos por medio de Correos de Costa Rica, para lo cual, se genera una guía web con los datos proporcionados por el cliente y se entrega en sucursal el paquete. La segunda forma es por medio de entrega personal (tipo mensajería) y por encomienda, para ello se coordina con el cliente la fecha y hora de entrega, así como horarios de la terminal de buses para entregar. La última manera es retiro personal por el cliente en el taller, para este tipo, solamente se coordina el día y la hora con el cliente para que pueda pasar por su producto.

A grandes rasgos, estas son las diferentes etapas relativas a la producción de un artículo en Innoláser. En la Figura 15 se evidencia un Diagrama Sipoc que muestra los proveedores principales, las entradas al sistema para producir, el

proceso muy generalizado (este se detalla paso por paso en la figura 16), las salidas y los clientes principales.

Figura 15. Diagrama SIPOC en la empresa Innoláser



Fuente: elaboración propia

En los siguientes apartados se expondrá la situación actual basándose en esta línea de trabajo, pues muchas de las actividades se ven interrumpidas por inconvenientes de diferente índole. Vale la pena profundizar con otras herramientas

de Lean Six Sigma para definir y medir el problema principal tanto en temas de inventarios, calidad de materia prima, almacenamiento de materiales, pasos en el proceso productivo, mantenimientos y logística de entrega.

Estos aspectos son considerados como parte importante de un plan de gestión operativo. La Tabla 3 indica los sectores que serán evaluados en este capítulo luego de conocer el proceso y la injerencia de su evaluación. Es relevante mencionar, que las bases de datos de la empresa son nulas con respecto a las áreas operativas mencionadas con anterioridad, lo que se registra es correspondiente a algunas ventas solamente, por lo que la información, en su mayoría, se recabará desde cero.

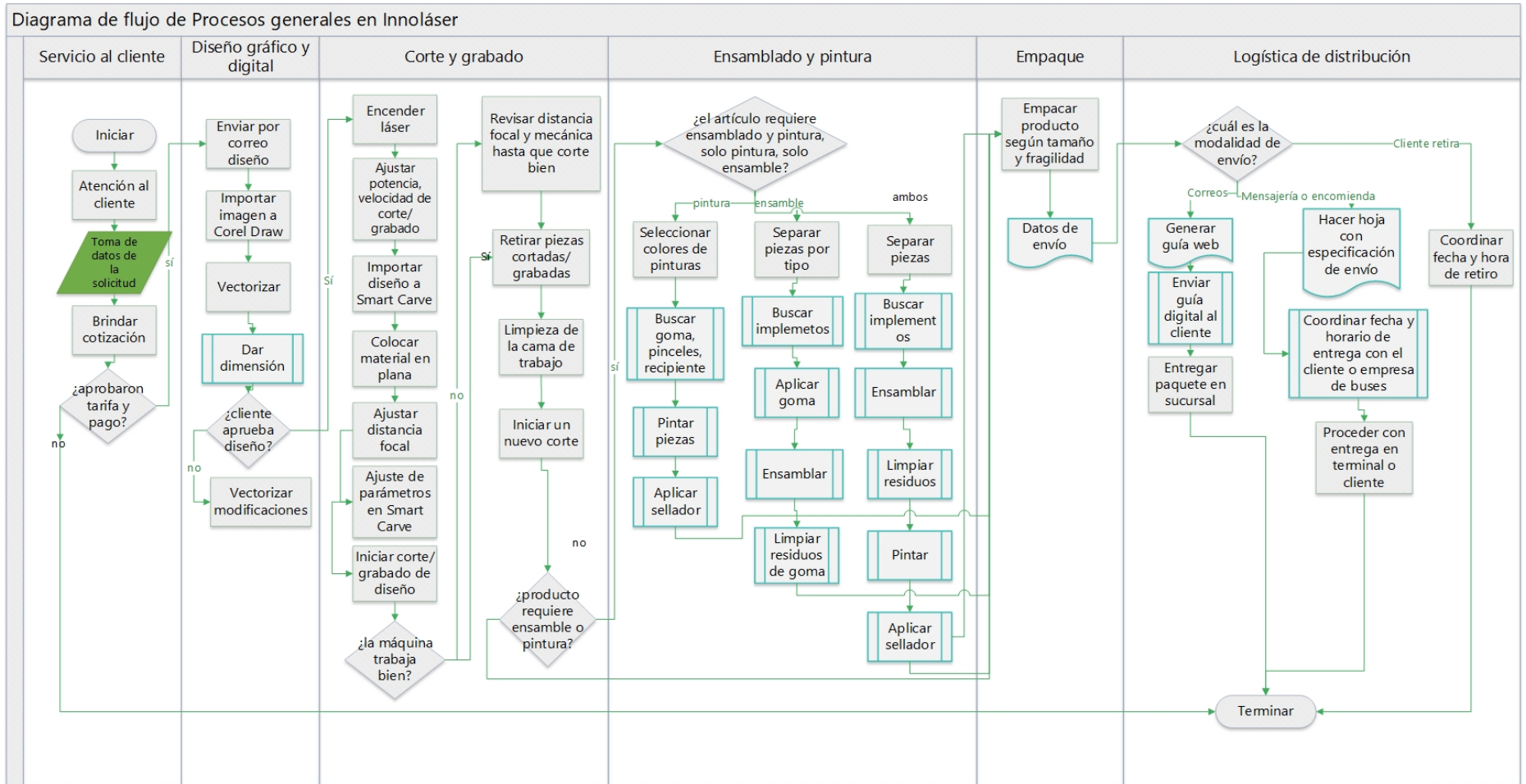
Tabla 3. Áreas de operación contempladas en el Plan de Operativo

Áreas de operación	Importancia
<i>Diseño de la organización</i>	Distribución de equipos y localizaciones
<i>Planificación y diseño de procesos</i>	Definir los procesos, equipos y tecnología necesarios para obtener los productos/servicios
<i>Logística de entrega</i>	Optimización de la gestión de distribución, empaque, rutas, documentos, plazos de entrega
<i>Gestión de inventarios</i>	Organización, gestión, contabilización y acomodo. Elección de proveedores y criterios de elección de materia prima.
<i>Diseño de producto</i>	Viabilidad de nuevos productos / servicios ofertar
<i>Gestión de la calidad</i>	Definir la calidad deseada y formas de inspección
<i>Diseño de trabajo</i>	Productividad, métodos de trabajo, entorno adecuado de trabajo.
<i>Gestión de mantenimiento</i>	Preventivo, predictivo, operacional, TPM

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de procesos detallado de la empresa.

Figura 16. Diagrama de flujo de procesos en la empresa Innoláser



Fuente: elaboración propia

4.2 Diagnóstico de la situación actual en las operaciones de Innoláser

Iniciar la transformación de una empresa con la utilización de metodologías Lean es un desafío, especialmente cuando se trata de pymes, porque hay muchas limitantes económicas, operativas, de personal, de tecnología y tecnicismos que dificultan poner en marcha este tipo de proyectos o bien, mantenerlos con el tiempo, sin embargo, no es una tarea imposible, pues estos métodos son muy flexibles y pueden generar un alto valor en el crecimiento del negocio.

Para empezar a usar este enfoque de sistemas, se debe centrar la práctica en identificar herramientas sencillas que permitan eliminar pasos y procesos que no agregan valor en el desarrollo de productos.

En seguimiento con lo anterior, existen 9 desperdicios críticos en las empresas, según la teoría, que deben identificarse y erradicarse para mejorar la productividad, la calidad y rentabilidad. Estos son la sobreproducción, exceso de inventario, esperas, movimientos innecesarios de materiales, reprocesos, movimiento, creatividad no usada, defectos y medio ambiente.

Para identificar cuáles de estos 9 desperdicios son preponderantes en las operaciones de Innoláser se procede a seguir un plan de observación y medición con las siguientes metodologías. En primera instancia, se visita el lugar y se observa por 3 días la manera de trabajar, sin interferir en el proceso, únicamente tomando nota, haciendo mediciones y ejecutando un levantamiento de datos, después se pone en marcha la toma de datos cuantitativos midiendo procesos específicos. Para facilitar la comprensión de las cifras obtenidas, se procedió a dividir la evaluación por área operativa. Las siguientes páginas se referirán esto con mayor detalle.

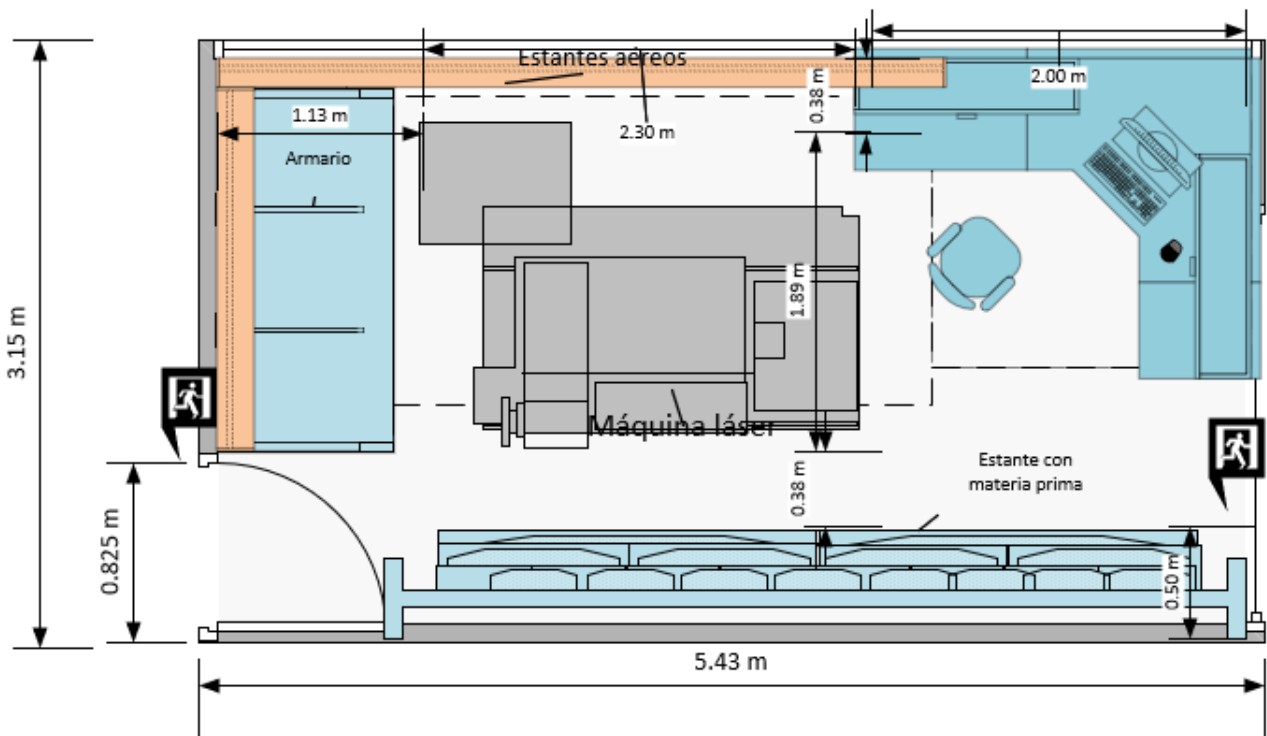
4.2.1 Diagnóstico del diseño de la organización

En esta sección, se logra constatar las dimensiones del taller y distribución de los principales componentes, el área disponible es de 17.10 m². En la Figura 17 se muestran las medidas de los espacios con exactitud. Se puede apreciar que el espacio es reducido, especialmente las distancias en los pasillos y entre armarios. Incluso, para alcanzar materiales en stock y productos terminados en los muebles

aéreos detrás de la máquina, su propietaria se sube sobre la máquina para poder llegar a ellos.

Otro aspecto importante por mencionar es que los retazos y sobrantes de material no tienen una zona de desecho específica, entonces muchos de ellos están en los pasillos, lo cual aglomera el taller y dificulta la movilización. El espacio entre el estante con las láminas y la máquina es muy angosto, resulta complejo buscar la materia prima y acomodarla en la mesa de trabajo.

Figura 17. Distribución del taller inicial de Innoláser

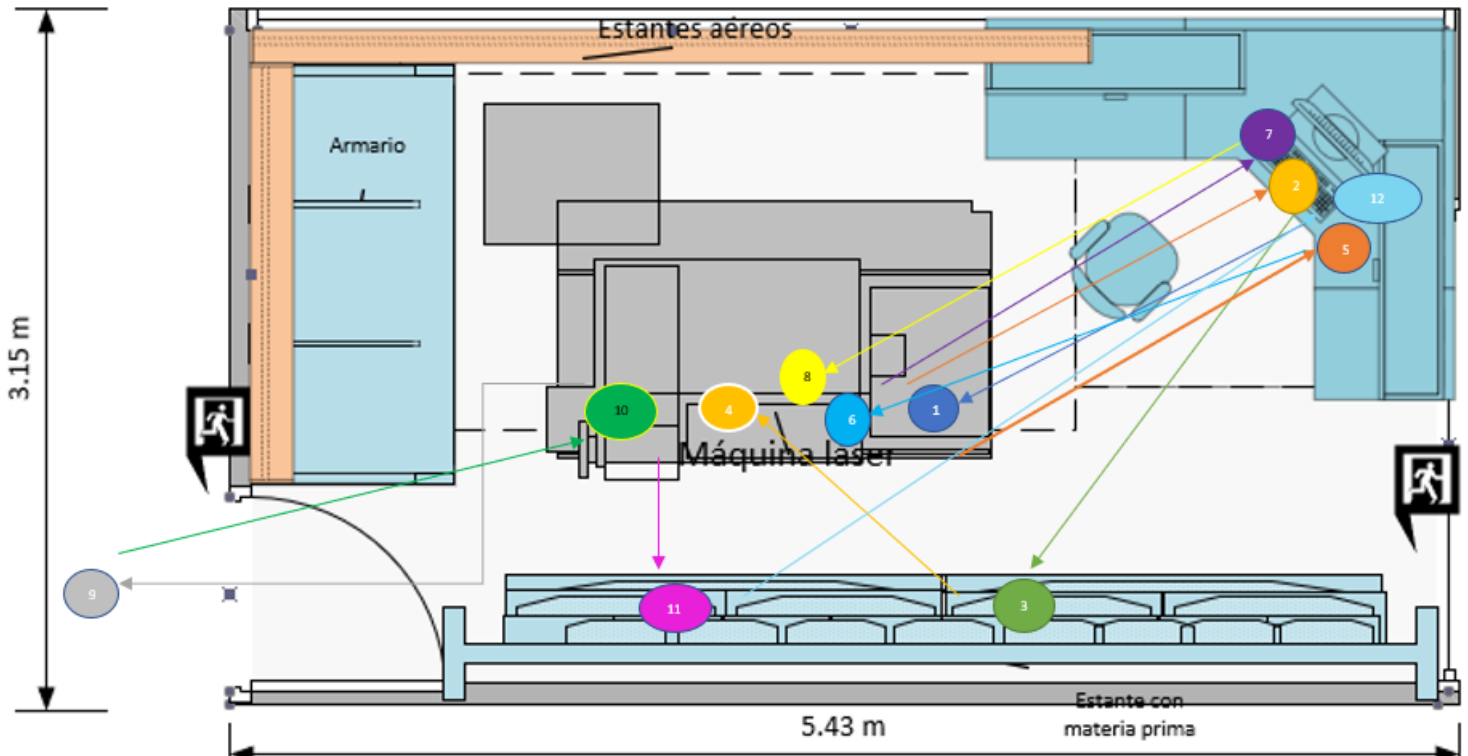


Fuente: elaboración propia

Por su parte, con la Figura 18 se puede notar el recorrido que efectúa la colaboradora solamente para iniciar el proceso de corte de una pieza. Se realizan muchos movimientos, a pesar de que la distancia del taller no es grande, implicando

repetición de movilizaciones a los mismos lugares para completar una sola etapa del proceso global.

Figura 18. Diagrama de recorrido según distribución del taller inicial



Nota El diagrama no contempla el proceso completo, solamente corte y grabado de una pieza. Fuente: elaboración propia.

Como se evidencia, existe mucho movimiento de la máquina a computadora, primero enciende y limpia de manera superficial la máquina, importa el archivo de Corel Draw a Smart Carve, coloca la materia prima en el panel de trabajo y verifica distancia focal, regresa a la computadora para iniciar el corte, vuelve a la máquina para verificar que esté trabajando bien; mientras esto sucede, trabaja en la computadora en otros diseños, hace labores administrativas o atiende el teléfono, al finalizar la máquina retira las piezas de la parrilla y las lleva a la sala de su casa (fuera del taller), ingresa nuevamente y limpia la mesa de trabajo, coloca residuos en el estante (solo si es un retaso grande) y se acerca al equipo de cómputo para iniciar otro proceso de corte.

4.2.2 Diagnóstico de planificación y diseño de los procesos

Se efectuó un cursograma analítico del proceso de corte de 80 carátulas de portarretratos durante un día laboral iniciando toma de tiempos a las 12:30 pm. El proceso fue repetitivo en 5 ocasiones, por lo que el cursograma muestra un promedio de las 5 tomas de tiempos efectuadas en cada subproceso.

Se logra evidenciar aspectos importantes con respecto a las mudas en el corte de estas piezas por parte de la operadora, como lo son esperas debidas a mal clima, movimientos constantes que igualan casi la cantidad de operaciones y a pesar de que se realizan pocas inspecciones, estas no garantizan el control de calidad.

Figura 19. Cursograma analítico de proceso de corte inicial

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N° __1__ De: __1__ Diagrama N°: __1__			Operar: <input checked="" type="checkbox"/>	Meter: <input type="checkbox"/>	Maqui: <input type="checkbox"/>				
Proceso: Corte de 80 carátulas de portarretratos PA003			RESUMEN						
Fecha: 6/8/2022			SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.		
Lugar: InnoLaser				Operación	13				
Método: Actual: __x__ Propuesto: _____				Transporte	11				
Producto: PA003 Carátula				Inspección	2				
Nombre del operario: María Hernández				Espera	0				
Elaborado por: Tiffany Angulo				Almacenaje	0				
			Total de Actividades realizadas		26				
			Distancia total en metros		104				
			Tiempo mín/hombre		324				
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS				
									
1	Encender equipo láser	1	0.0	90.0	●				
2	Traslado a computadora	1	2.3	3.0		●			
3	Ajustar potencia y velocidad de corte en diseño	1	0.0	240.0	●				
4	Traslado a estante con materia prima	5	11.4	90.0		●			
5	Seleccionar lámina de materia prima	5	0.0	150.0	●				
6	Traslado de estante a máquina	5	1.9	30.0		●			
7	Acomodar material en cama de trabajo	5	0.0	600.0	●				
8	Verificar distancia focal	5	11.5	150.0			●		
9	Traslado a computadora	5	0.0	90.0	●				
10	Ajustar parámetros en Smart Carve e inicio de corte	5	0.0	1050.0	●				
11	Traslado a máquina	5	11.4	90.0		●			
12	Verificar corte y distancia focal adecuada	5	0.0	150.0			●		
13	Traslado a computadora	5	11.4	90.0		●			
14	Actividad administrativa o de diseño	5	0.0	13971.0	●				
15	Traslado a máquina	5	11.4	90.0		●			
16	Retirar piezas y conglomear desechos	5	0.0	639.0	●				
17	Traslado a mesa fuera del taller	5	25.0	200.0		●			
18	Colocar piezas en alguna caja o en la mesa	5	0.0	250.0	●				
19	Traslado a máquina	5	11.4	90.0		●			
20	Tomar desechos	5	0.0	450.0	●				
21	Traslado a estante con materia prima	5	1.9	30.0		●			
22	Acomodo de desechos en estantería	5	0.0	600.0	●				
23	Traslado a computadora	1	2.3	3.0		●			
24	Verificar otro diseño	1	0.0	240.0	●				
25	Traslado a máquina	1	2.3	3.0		●			
26	Apagar máquina	1	0.0	25.000	●				
Tiempo Minutos: 323.6		m	103.8	18,414.0	s				

Observaciones:
El proceso de corte debió pausarse durante una hora por rayería intensa

Nota La información corresponde al proceso de corte y grabado de 80 carátulas de portarretratos código PA-003 realizada por el operador. Fuente: elaboración propia.

Bajo la misma línea de procesos efectuados por el operador, la siguiente Tabla detalla el tiempo necesario para completar el ensamble de 506 portarretratos. Tomar en consideración que este procedimiento requiere el pegado de tres piezas largas, delgadas y lisas en una capa trasera, esperar un tiempo de secado de al menos 3 minutos y posterior pegado de este conjunto en la parte frontal o carátula del artículo, finalmente se debe pegar la base. En general, todos los artefactos de este tipo llevan este proceso.

Con los resultados se llega a concluir que en promedio se tarda 1.94 minutos en ensamblar un portarretrato, que el pegado de las tres piezas lisas en la parte trasera toma más tiempo que los otros dos subprocesos y que el tiempo promedio invertido en armado de 506 piezas fue de 980.63 minutos, equivalente a 16.34 horas. Para completar las órdenes del día del padre, trabajaron a tiempo completo (jornada de 8 horas por 8 días) 3 familiares de la propietaria y 2 personas en jornadas extendidas durante 7 días de hasta 17 horas por día.

Tabla 4. Toma de tiempos promedios en ensamble de portarretratos

Actividad	Tiempos obtenidos										T. promedio (min)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pegado de 3 palitos lisos con goma en pieza trasera	1.06	1.31	1.10	1.08	1.07	1.08	1.07	1.06	1.13	0.59	1.055
Pegado de conjunto en pieza frontal	0.42	0.41	0.54	0.55	0.48	0.32	0.35	1.03	0.59	0.55	0.524
Pegado de todo el portarretrato en la base	0.33	0.32	0.35	0.35	0.38	0.41	0.35	0.34	0.43	0.33	0.359
Total tiempo ensamble											1.938
Tiempo promedio total de ensamble de 506 portarretratos											980.628

Fuente: elaboración propia

Ahora bien, para evaluar la gestión de producción considerando la maquinaria láser, se procede a tomar tiempos productivos y observaciones. Para llevar a cabo este paso de medición de manera correcta, se recurre a la fórmula de

cálculo de tamaño de muestra “n”, para garantizar que el análisis que se obtenga sea robusto y con un nivel de confianza aceptable.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times (1 - p)}{(N - 1) \times e^2 + Z^2 \times p \times (1 - p)}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra por calcular

N = Población sujeta al estudio

Z = Nivel de confianza: para un 95 % se utiliza un valor de 1,96

p = Probabilidad de éxito: se utiliza un valor de 0,05




e = Margen de error permitido: se utiliza un valor de 0,05 = 5%

Se estudiaron 3 artículos diferentes que se confeccionaron como opciones de regalo para el día del padre. La Tabla 5 resume los valores de muestra que debieron ser monitoreados. Se eligen estos códigos, porque de un total de 1003 artículos vendidos para esta fecha de diversa índole, un 65% representa a estos productos. La producción de estas piezas se contempla desde el 11 de junio del 2022 al 14 de junio del 2022.

Adicional al tiempo que tarda la máquina cortando cada pieza, se anotan los tiempos ociosos de la misma y su razón, además de la cantidad de artículos defectuosas durante el proceso acompañado de la causa de desecho. Los resultados se pueden apreciar en las tablas siguientes. Dichos valores serán muy importantes en la evaluación de los procesos de producción

Como es posible notar, para los tres códigos la cantidad de muestras requeridas son muy similares, tomando la decisión de estudiar 72 tiempos de producción por código para estandarizar el recabado de información. Esta misma muestra es representativa para evaluar lo sucedido con la producción de las 1003 piezas vendidas para la temporada del día del padre, haciendo el cálculo de “n” con una población N=1003, manteniendo un intervalo del 95% de confiabilidad. Esto permite extrapolar los resultados y tener una noción cuantitativa del diagnóstico de operaciones.

Tabla 5. Tamaño de muestra en estudio para determinar gestión productiva por maquinaria láser

Código	Foto de artículo	Población (N)	Tamaño de muestra (n)
PA-003		260	72
PA-006		246	72
PA-023		146	72
Total		652	215.96

Fuente: elaboración propia

Del estudio de muestras, se obtienen los siguientes resultados para el artículo bajo código PA-003:

- Potencia de corte promedio 47.08 W.
- Velocidad de corte 18.92 mm/s.
- El corte de un portarretrato completo es de 4.20 minutos con los parámetros anteriores.
- Un 29.17% de las piezas que se procesan, se convierten en desecho, siendo el principal motivo problemas de calibración del equipo.
- El tiempo de la máquina en pausa por problemas de calibración al momento de procesar este artículo fue de 8.25 horas, lo cual implicó retrabajos, sobre procesamiento, laborar hasta altas horas de la noche sin descanso del operador para lograr solucionarlo parcialmente.

Tabla 6. Resultado del muestreo en artículo bajo código PA-003

PA-003							
Tipo de pieza	Cantidad de piezas	Tiempo (min)	Potencia (W)	Velocidad (mm/s)	Piezas perdidas	Tiempo detenida (min)	Observación
Carátula	10	42.57	70	15	10	0	Calibración inadecuada, no cortó
						420	Calibración de equipo
Carátula	12	46.19	70	13	3	0	Empieza a salir humo por cabezal
						75	Se rompe lente focal por sobrecalentamiento, se cambia y calibra, pero solo se logra hacer funcionar corte en media parrilla
Carátula	12	40.22	40	18	0	0	
Carátula	12	40.22	40	18	0	0	
Carátula	12	40.22	40	18	0	0	
Carátula	12	40.22	40	18	8	0	Daño por madera pandeada
Carátula	2	6.7	40	18	0	0	
Pz trasera	36	18.7	45	21	0	0	
Pz trasera	24	12.08	45	22	0	0	
Pz trasera	12	6.2	45	22	0	0	
Bases	36	4.4	45	22	0	0	
Bases	36	4.4	45	22	0	0	
Potencia promedio					47.08 W		
Velocidad promedio					18.92		
T. promedio corte base					0.12222	min	
T. promedio corte Carátula					3.56028	min	
T. promedio corte pz trasera					0.51361	min	
Total piezas perdidas					21		
Total tiempo máquina detenida					495 min		

Nota No se considera la pieza de “palitos” en el muestreo porque los mismos ya estaban cortados, no se cortó ninguno durante el proceso. El equipo tenía fuertes problemas mecánicos y de calibración. Fuente: elaboración propia

Tabla 7. Resultado del muestreo en artículo bajo código PA-006

PA-006							
Tipo de pieza	Cantidad de piezas	Tiempo (min)	Potencia (W)	Velocidad (mm/s)	Piezas perdidas	Tiempo detenida (min)	Observación
Trasera	42	7.5	45	25	0	0	
Trasera	12	2.16	40	18	0	0	
Trasera	12	2.16	40	18	0	0	
Trasera	6	1.08	40	18	0	0	
Carátula	16	51.06	40	19	4	0	Calibración inadecuada, no cortó
Carátula	10	25.55	40	19	2	0	Calibración inadecuada, no cortó
Carátula	12	30.49	40	19	0	0	
Carátula	10	26.16	40	19	3	0	Calibración inadecuada, no cortó
Carátula	12	30.01	43	20	0	0	
Carátula	12	27.38	45	22	0	0	
Palitos	216	7.33	45	22	0	0	
Bases	18	8.09	45	22	0	0	
Bases	18	8.09	45	22	0	0	
Bases	36	16.14	45	23	0	0	
Potencia promedio					42.36 W		
Velocidad promedio					20.43		
T. promedio corte pz trasera					0.17917	min	
T. promedio corte base					0.44889	min	
T. promedio corte palitos					0.03394	min	
T. promedio corte Carátula					2.64792	min	
Total piezas perdidas					9		
Total tiempo máquina detenida					0 min		

Nota Este código fue cortado posterior a la calibración y cambio de lente focal en el equipo. Fuente: elaboración propia

Tabla 8. Resultado del muestreo en artículo bajo código PA-023

PA-023							
Tipo de pieza	Cantidad de piezas	Tiempo (min)	Potencia (W)	Velocidad (mm/s)	Piezas perdidas	Tiempo detenida (min)	Observación
						45	Limpieza de máquina
Base	7	2.18	45	20	1	0	Se quebró al sacar
Base	2	0.59	45	20	0	0	
Base	7	2.54	45	19	2	0	Error humano en colocación de lámina
Base	5	1.55	45	19	0	0	
Base	5	1.55	45	19	0	0	
Base	4	1.55	45	19	0	0	
Base	7	2.18	45	20	0	0	
Base	35	11.11	45	20	0	0	
Carátula	12	14.32	45	21	0	0	
Carátula	16	19.33	45	22	0	0	Error humano al armar quebró 2 pcs
Carátula	20	24.06	45	22	0	0	
Carátula	8	10.13	45	22	2	0	Calibración inadecuada, no cortó
Carátula	16	19.3	45	22	0	0	
Potencia promedio					45 W		
Velocidad promedio					20.38 mm/ss		
T. promedio corte base					0.32292	min	
T. promedio corte Carátula					1.21028	min	
Total piezas perdidas					5		
Total tiempo máquina detenida					45 min		

Fuente: elaboración propia

Del estudio de muestras, se obtienen los siguientes resultados para el artículo bajo código PA-006:

- Potencia de corte promedio 42.36 W.
- Velocidad de corte 20.43 mm/s.
- El corte de un portarretrato completo de este tipo es de 3.31 minutos con los parámetros anteriores.
- Un 12.50 % de las piezas que se procesan, se convierten en desecho, siendo el principal motivo problemas de calibración del equipo.
- El tiempo de la máquina en pausa fue de 0 minutos.
- Un aspecto importante es que la máquina había sido calibrada antes de cortar las piezas, por lo que se evidencia que el tiempo en paro se redujo en un 100% con respecto al código anterior, incluso la cantidad de partes desechadas fue menor.

Por su parte, con respecto al código PA-023, son portacelulares y se conforman de menor cantidad de partes. Se obtienen los siguientes resultados para el artículo bajo código PA-023:

- Potencia de corte promedio 45 W.
- Velocidad de corte 20.38 mm/s.
- El corte de un portarretrato completo de este tipo es de 1.53 minutos con los parámetros anteriores.
- Un 6.94 % de las piezas que se procesan, se convierten en desecho, siendo el principal motivo error humano en mano de obra.
- El tiempo de la máquina en pausa fue de 45 minutos por motivo de limpieza de la parrilla antes de iniciar con el corte. El material mdf es muy contaminante y suelta un hollín viscoso que se adhiere a los rieles metálicos de la mesa de trabajo, manchando las piezas cortadas.
- A considerar con este punto, la potencia y velocidad de corte se reguló con respecto a los valores muestreados con anterioridad. Se logra establecer un parámetro donde el láser no está tan forzado a trabajar y la velocidad permite un corte limpio a buen ritmo.

Como parte del diagnóstico, se procede a calcular la eficiencia de los equipos basados en este muestreo, para tener una noción del rendimiento. Recordar que la

eficiencia global de los equipos (OEE) es una manera de análisis muy utilizado para determinar y correlacionar la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. Midiendo el rendimiento y actuando en base a él, se pueden solucionar problemas operacionales y obtener una mejora continua del proceso.

Por lo cual, empezando con el artículo PA-003, se obtienen los siguientes datos con respecto al rendimiento. Para calcular la disponibilidad se toman en cuenta tiempos programados y de inactividad.

Tabla 9. Cálculo de disponibilidad en OEE para la muestra del artículo PA-003

DISPONIBILIDAD		
	PA-003	
	(h)	(min)
Tiempo Laborado Programado	18	1080
Cambio de Lámina	0.40	24
Importar archivos	0.20	12
Ajustar parámetros	0.47	28.0
Verificar distancia focal	0.07	4.0
Retiro piezas parrilla	0.27	16
Traslados máquina-computadora	0.28	16.8
Limpieza parrilla	0.20	12.0
Reprocesos por Error Humano	1.47	75
Alimentación	1.67	100
Daño Mecánico	8.25	495
TOTAL DE TIEMPO	13	796
TIEMPO REAL LABORADO	5	284
DISPONIBILIDAD	27.54%	

Nota Se laboró desde las 9 am del 11 de junio y hasta las 3 am del 12 de junio. Fuente: elaboración propia

Para calcular el rendimiento, se dispone de la cantidad teórica que debió producirse operando a óptimas condiciones con la maquinaria en comparación con los artículos producidos realmente.

Tabla 10. Cálculo de rendimiento en OEE para la muestra del artículo PA-003

RENDIMIENTO	
Velocidad 4.21/pcs	14 UND / h
Producción Teórica	69
Producción Real	53
RENDIMIENTO	76.37%

Fuente: elaboración propia

La calidad se calcula estipulando la cantidad de piezas reales fabricadas, la proporción de estas que fueron buenas y las que se desecharon por algún defecto.

Tabla 11. Cálculo de calidad en OEE para la muestra del artículo PA-003

CALIDAD	
Producción Real	53
Producción defectuosa	21
Producción Buena	32
CALIDAD	60.38%

Fuente: elaboración propia

Finalmente, mediante la multiplicación del rendimiento, disponibilidad y calidad se obtiene la Efectividad Total de los Equipos. La OEE sirve como punto de referencia para la producción, siendo 100% la puntuación que representa una producción perfecta. Es decir, que cumple con condiciones ideales de fabricación de calidad en todas sus piezas, en un tiempo reducido y sin inactividad.

Tabla 12. Cálculo total de OEE para la muestra del artículo PA-003

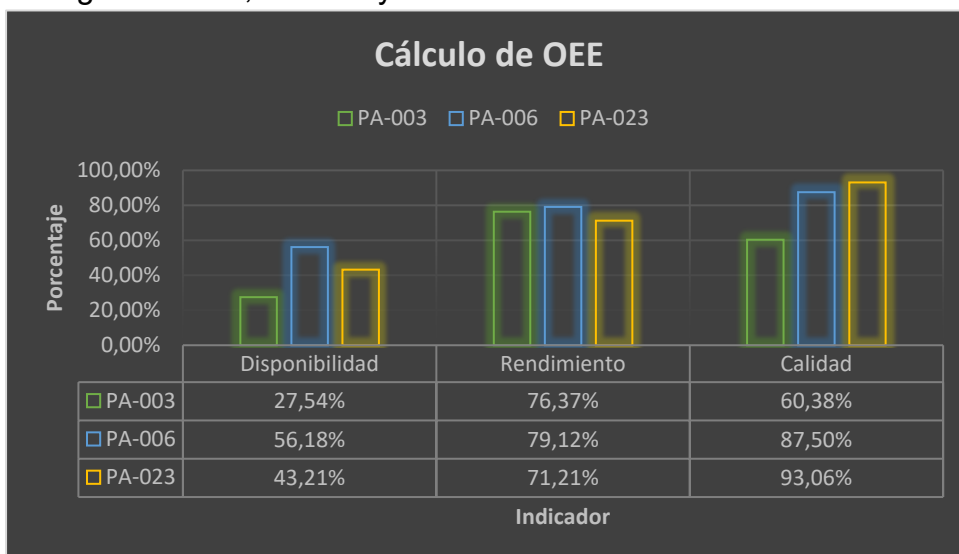
OEE	
OEE Actual	12.70%

Fuente: elaboración propia

Siguiendo los cálculos anteriores, se procede a medir la OEE para los otros dos códigos. Los resultados se clasificaron en la Figura 20. Se visualiza que el peor OEE se obtuvo con el artículo PA-003 y el mejor con el PA-006. De los 3 parámetros que se analizan con la OEE, la disponibilidad es el aspecto que contiene un valor más bajo, siendo el promedio de 42.31%, la calidad se posiciona como el mejor punto porcentual evaluado con un 80.31% y el rendimiento es el indicador con calificación media de 75.57%. Definitivamente debe trabajarse en aras de mejorar la disponibilidad de los equipos, valor que puede verse afectado por averías, configuraciones y ajustes.

Un valor debajo del 65% se considera como inaceptable, donde la empresa podría estar teniendo importantes pérdidas económicas y una baja competitividad. La buena noticia es que puntuaciones bajas de OEE son altamente mejorables con metodologías sencillas, pero de constancia.

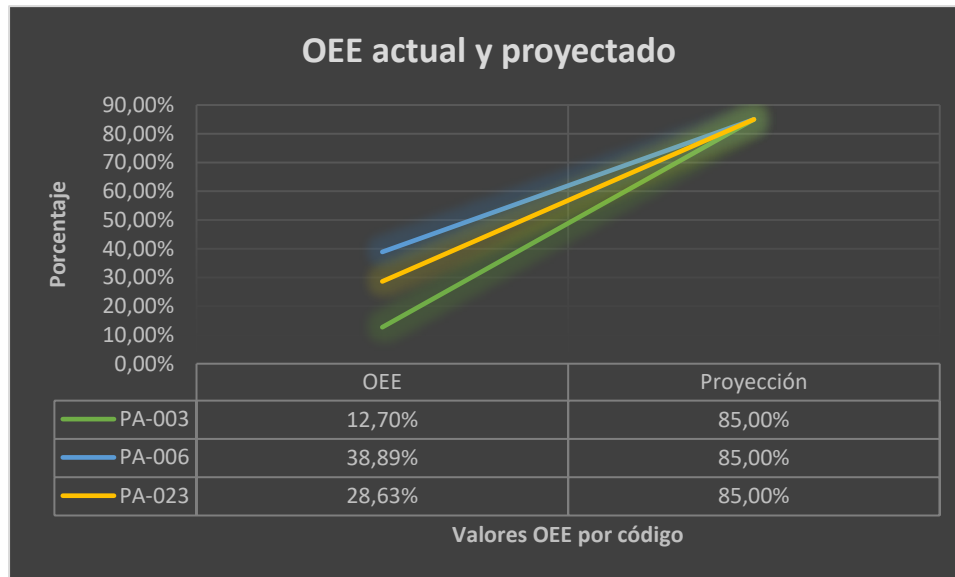
Figura 20. Gráfico resumen de rendimiento, disponibilidad y calidad de los códigos PA-003, PA-006 y PA-023.



Fuente: elaboración propia

Por otro lado, la Figura 21 muestra el valor de OEE global posterior al estudio de cada métrica individual y su proyección de mejora. Se considera un 85% como meta porque es internacionalmente determinado como un rango aceptable a largo plazo. En promedio la OEE está en 26.74%, el potencial de mejora es de un 58.26%.

Figura 21. Gráfico resumen de OEE de los códigos PA-003, PA-006 y PA-023



Fuente: elaboración propia

Un indicador que acompaña el análisis de la OEE corresponde al tiempo medio entre fallas (MTBF), su resultado en esta medición para la línea productiva del PA-003 es el siguiente:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Número de fallas}} = \frac{510 \text{ min}}{22} = 23.18 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo productivo} = \text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo de inactividad por fallas}$$

Este valor demuestra que el equipo es poco fiable y requiere de políticas de mantenimiento preventivo. En cuanto menor sea el tiempo, la recurrencia de paros por averías es más probable y su inactividad es más alta.

Otro indicador por considerar es el MTTR, tiempo medio de reparación. Es útil para saber si un equipo es fácil de reparar o no, entre más bajo sea, demuestra mayor eficacia en el mantenimiento correctivo. Se obtiene de la siguiente manera:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de inactividad dedicado a reparar}}{\text{Número de fallas}} = \frac{495}{22} = 22.5 \text{ min}$$

En consiguiente, se tuvo oportunidad de conocer la metodología de toma de pedidos empleada por la empresaria, la cual usa un Excel donde anota lo que el cliente le pide, sin embargo, hay una particularidad, pues no es muy amigable cuando se trata de múltiples pedidos por completar o por leer para una tercera persona que desee colaborar con la producción, la toma de datos no es estándar y eso dificulta la contabilización para producir.

Además, como su actividad no se desempeña a un 100% en el taller, sino que debe salir para comprar materia prima o hacer entregas, cuando recibe alguna orden o modificaciones, se olvida de anotarla, causando errores en el proceso.

Por ejemplo, el pedido de 1003 piezas por temporada del día del padre fue realizado para 62 clientes diferentes, de ellos, se registraron errores en los envíos en 10 de ellos, esto corresponde a un 16.13% del total. Los inconvenientes se engloban principalmente en faltante de piezas a 4 de estas personas, siendo un error expresado en 40% del total.

Tabla 13. Verificación de errores en la toma de pedidos

Evento/Producto/Defectos	Cantidad de clientes afectados	Distribución porcentual
Faltaron piezas en alisto	4	40%
Envío de código equivocado	2	20%
No se realizaron pedidos especiales (se envió artículo estándar)	3	30%
No se anotó el pedido	1	10%
Total	10	100%

Fuente: elaboración propia

La Figura 22 es la plantilla usada para anotar pedidos por la empresa. Así también, vinculado a este tema, se debe considerar que no hay un plan de producción u organización de tareas diarias, las actividades se hacen sobre la marcha, la producción es de tipo pull donde se produce contra pedido. El trabajo se efectúa de manera empírica.

Figura 22. Plantilla para toma de pedidos actual en Innoláser

JOHANNA VILLEGAS 8572-3416.3 PORTACELULAR BIGOTE ENVIO A SAN CARLOS						
DETALLE	CANTIDAD	PRECIO U	TOTAL			
PROFE. JACQUELINE RAMIREZ AVIONCITOS SIN MENSAJE DE PAPA	5	1000	5000	guia no. SJ23425683224		
PROFE. JACQUELINE RAMIREZ PORTACELULARES	33	1500	58500	64000	P. JACQUELINE	53500 cancelo
PROFE. ADINA SALAZAR PORTACELULARES	35	1500	52500			
PROFE. ADINA 5 DIFERENTES DE LOS PORTACELULARES SUPERMAN	5	1500	7500	61000	P. ADINA	61000 cancelo
PROFE. ALEJANDRA OCA	17	1500	25500	26000	P. ALEJANDRA	26000
PROFE. JOHANNA VILLEGAS	42	1500	63000			
PROFE. JOHANNA VILLEGAS AVION SIN MENSAJE PAPA	2	1000	2000	66000	P. JOHANNA	55500 cancelo
ENVIO POR ENCOMIENDAS	143	TOTAL	214000			
CAJETA ESPRESS 24600351		MENOS SINPE 1	10000			
TRANSPORTES VENECIA 22554300		MENOS SINPE 2	10000			
¿2500 POR CAJA		TOTAL PENDIENTE A CAN	194000			
		MAS ENVIO 1 CAJA	2500			
		TOTAL A CANCELAR	196500			
PROFE. SILVIA Aguilar teléfono 8310-2751 ENVIO A GUEPOS PREPA ECOTURISTICO						
DETALLE	CANTIDAD	PRECIO U	TOTAL			
PA-003 PREPARATORIA PORTARRETRATO RECTANGULAR	3	1500	13500	SE MANDA 14-6-2022		
PA-003	4	1500	6000	TRACOPA ANTES DE LAS 10 AM		
PA-003 INTERACTIVO	13	1500	19500	guia no. 20 -2067666		
2 REGALIAS	26	MAS 2 REGALIAS	39000			
		envio por tracopa	2500			
		total general	41500			
HACER RECIBOS		abono sinpe	13500	wendoyn Corrales		
		abono sinpe	19500			
		saldo PENDIENTE	8500	CANCELADO SINPE 13-6-2022		
MARCELA LEON ARAYA						
DETALLE	CANTIDAD	PRECIO U	TOTAL			
PA-003	240	1000	240000	entregado		125
PA-002 BOLITA BASE	2	1000	2000	115 el 4-6-2022		2
PA-0011	7	1000	7000	todo	TERMINADO Y ENTREGADO	
PA-0014	6	1000	6000	todo	TERMINADO Y ENTREGADO	
PA-0013	1	1000	1000	todo	TERMINADO Y ENTREGADO	

Fuente: Innoláser SA, 2022

4.2.3 Diagnóstico del diseño de trabajo

Como parte de esta evaluación, se realiza una guía para el análisis de puesto de trabajo mostrado en la figura 23. Se evidencian aspectos mejorables en ámbitos como medidas de seguridad, recursos humanos, ergonomía y ambiente.

El apéndice A muestra la guía y resultados tras la observación directa como herramienta de medición de características cualitativas. Resaltan aspectos como que los estantes no cuentan con rotulación, se desconoce la totalidad de insumos, equipos, herramientas, material y productos que se tienen. El espacio no permanece en orden, la ventilación no es adecuada, no hay medidas de seguridad implementadas, el ruido después de una jornada laboral puede llegar a aturdir bastante y generar dolores de cabeza. En el apéndice B se puede evidenciar la situación actual con respecto a las condiciones mencionadas.

La colaboradora expresa un sobrecargo de sus funciones, por lo que eso limita el crecimiento del negocio en todas sus áreas, evidentemente el trabajo se combina con funciones domésticas y no hay horarios laborales definidos, obligándola a trabajar en jornadas extenuantes.

Cualitativamente este espacio es valioso para conocer la perspectiva de la empresaria y evidenciar que, a nivel operativo, se puede llegar a mejorar también la gestión de las actividades y minimizar la prevalencia de los puntos expuestos con anterioridad.

Figura 23. Guía de análisis de puesto de trabajo en Innoláser

Guía de análisis de puesto de trabajo				
Lugar de trabajo: Innoláser SA		Analista: Tiffany Angulo		Fecha: 29/02/22
Descripción: Área de producción				
Características del trabajador				
Nombre: María Hernández	Edad: 47	Sexo: F	Altura: 1.50 m	Peso: 60 kg
Motivación: Baja Media Alta		Satisfacción: Baja Media Alta		
Nivel de estudios: Técnico		Nivel de habilidad: Baja Media Alta		
EPP (equipo de protección personal): Nulo				
Factores de la tarea		Remítase a		
¿Cómo influyen las partes de adentro hacia afuera? Movimientos varios para búsqueda de materia prima, diseño, envío de órdenes de producción, corte y grabado, recolección del producto de la máquina y empaque		Diagrama de flujo de proceso		
¿Qué tipo de movimientos están involucrados? Levantamiento repetitivo, caminar, alzar, flexionado, alcanzar, sujetar, ensamblar, utilizar, mover, posicionar.		Cursograma analítico		
¿Existen soportes o monturas para la operación? ¿Hay procesos automatizados? No hay soportes o monturas, sin embargo, el proceso de corte y grabado se hace por medio de equipo CNC, no manual.				
¿Se utilizan herramientas? Sí, se usa caladora, taladro, lijadora, desatornilladores, reglas y plantillas, herramientas digitales (programas de diseño)				
¿El lugar se encuentra bien distribuido? ¿Hay distancias grandes? Es necesario caminar poco, la mayoría de los materiales están al alcance del trabajador, no hay un orden establecido ni señalización en el taller, muchas herramientas y materias primas están muy juntas una de otras, no hay un espacio fijo para desechos.		Cursograma analítico Diagrama de recorrido		
¿Se presentan movimientos irregulares? ¿Con qué frecuencia? Sí, muy frecuentemente.		Cursograma analítico		
¿Existe levantamiento de carga? Sí, especialmente de láminas de materia prima.				
¿Está fatigado el trabajador? ¿Hay carga física? Sí, el día laboral es tedioso, entre caminar y movimientos repetitivos y mucho tiempo sentada diseñando (dolor de manos y vista reportados)		Entrevista y observación		
¿Hay carga de trabajo mental? Alta, toma todas las decisiones.		Entrevista y observación		
¿Cuánto tarda cada ciclo? Variable en cada proceso y producto		Cursograma analítico		
Factores ambientales de trabajo		Remítase a		
¿Es aceptable la iluminación? ¿Hay reflejo? Bajo. Solo hay una lámpara led, la iluminación es poca, no hay luz natural, si hay reflejo		Valores recomendados por IES		
¿Es aceptable el nivel de ruido? Intermedio, la máquina ejerce un sonido constante		Niveles OSHA		
Factores administrativos de trabajo		Remítase a		
Existencia de incentivos salariales: Sí No		Comentarios: el plan de negocio carece de estructura, hay un recargo de funciones que provocan jornadas más largas por temporalidad, no hay incentivos, únicamente salario (que es bajo) por motivo de ingresos insuficientes. La capacitación es constante por medio de instituciones gubernamentales		
Extensión de horarios de trabajo: Sí No				
Capacitación constante: Sí No				
Existencia de políticas administrativas: Sí No				

Fuente: elaboración propia

Relacionado al tiempo invertido por semana en cada una de las 6 etapas estipuladas al diagrama de procesos, se tiene el siguiente récord de datos desde el 16 de mayo del 2022 al 11 de junio del 2022.

Tabla 14. Distribución de horas en cada etapa de proceso durante 4 semanas de trabajo

	Tiempo /Semana (horas)				
	1	2	3	4	Total
Servicio al cliente	4	6	7	12	29
Diseño	12	13	15	25	65
Corte y grabado	19	15	10	31	75
Ensamble	5	2	9	15	31
Pintura	3	6	11	0	20
Empaque	1	1	3	2	7
Distribución	4	3	1	2	10
Otros	0	2	2	4	8
Total	48	48	58	91	245

Fuente: InnoLáser, 2022.

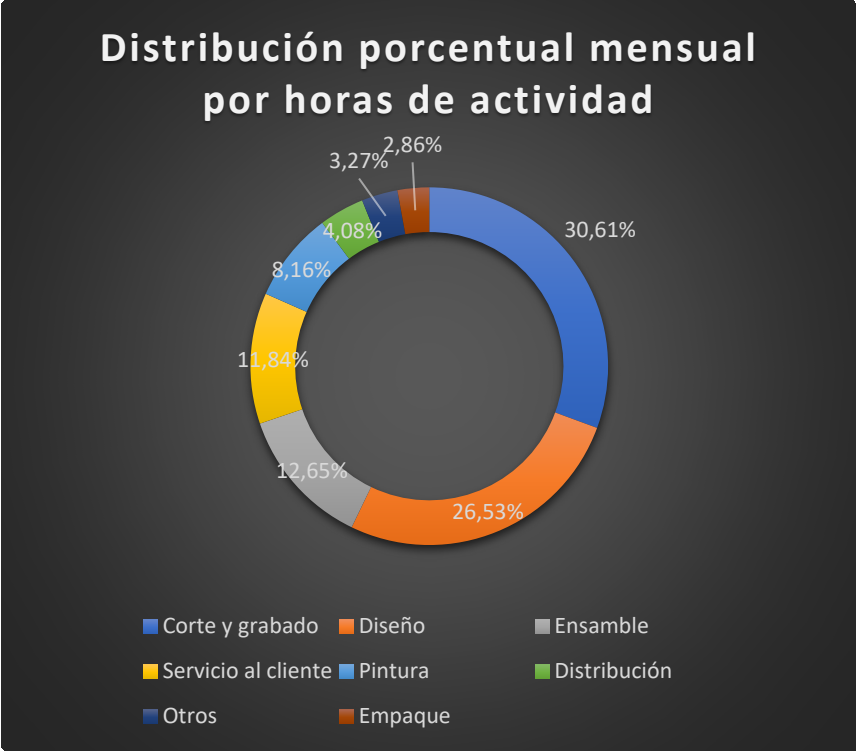
Los datos anteriores reflejan un aumento en horas de servicio al cliente, esto se explica con que la empresaria pagó una publicidad para venta de artículos por temporada del día del padre que tuvo más alcance, según los datos proporcionados, fueron 9450 personas alcanzadas, de los cuales 7080 eran del GAM y 2370 fuera del GAM, 121 conversaciones fueron iniciadas, con prevalencia de 97.3% mujeres, de esas 121 conversaciones, un 49.5% se concretó en una compra.

Las actividades rutinarias cambiaron en las últimas dos semanas registradas a raíz de lo anterior. Cabe indicar que, entre la fila de otros, se incluyen aspectos como compra de materiales, limpieza, así como capacitaciones.

Como resumen, se tiene que el Corte y Grabado es la etapa que abarca la mayoría del tiempo laborada, correspondiente a 30.61% del 100% de las horas, mientras que empaque es la que menos tiempo consume. El promedio de horas

laborados por día es de 9.8 horas, la cantidad de días laborados en ese lapso fue de 25.

Figura 24. Gráfico de distribución de tiempo invertido por etapa de proceso



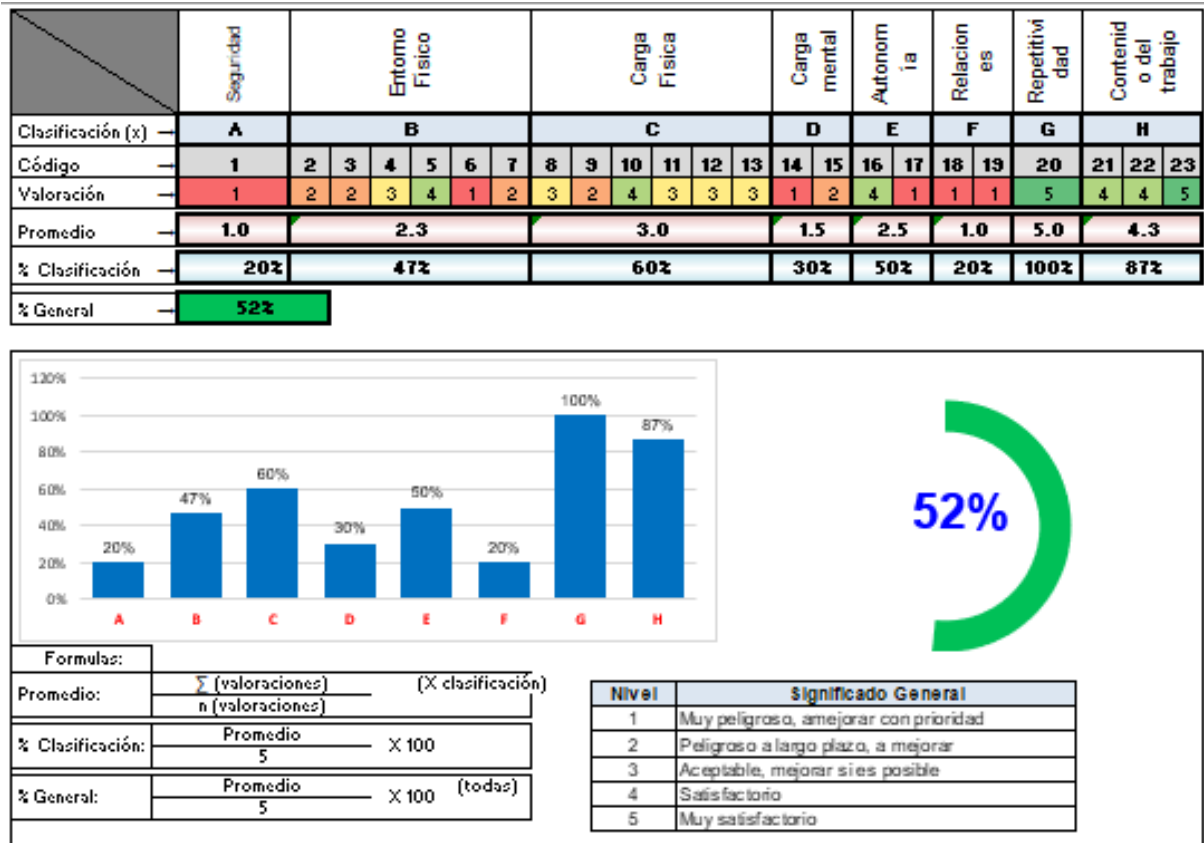
Fuente: elaboración personal

Relacionado al tema de ergonomía y seguridad laboral, se procede a calcular según la escala de Renault, las condiciones de trabajo, obteniendo como resultado general una puntuación del 52%, donde la seguridad y relaciones obtuvieron solo un 20% de validación y la carga mental un 30%.

Estos resultados demuestran la necesidad de contar con mejoras en salud ocupacional como parte del diseño del puesto de trabajo, pues se nota una exposición a peligros inminentes a la propietaria tanto en su integridad física como mental. El uso de EPP, así como educar en temas de levantamiento de cargas, repetición de tareas, accesibilidad y acondicionamiento de los espacios en aras de salvaguardarla es importante.

Ya se han experimentado accidentes que han conllevado a cortaduras, golpes, alergias y agotamiento, la poca interacción con compañeros y tener apoyo en equipo también se refleja en estas calificaciones mostradas en la Figura 25.

Figura 25. Evaluación de las condiciones de trabajo según método de los perfiles de puestos Renault.



Fuente: elaboración propia.

4.2.4 Diagnóstico de la gestión de inventarios

Con respecto a este punto, la empresa no cuenta con una gestión de la materia prima ni producto terminado en stock, no obstante, para intentar dar una perspectiva en este proyecto sobre los recursos disponibles para producir, se efectúa un levantamiento y conteo del mismo. Los materiales están acomodados de manera descendente, donde los niveles superiores corresponden a los materiales

con mayor disponibilidad, visualmente, permite saber cuáles son las materias primas que requieren abastecimiento y de cuáles deben irse utilizando como prioridad para liberar stock y evitar acumulación de alto contenido de láminas sin usar que van perdiendo su calidad y vida útil con el tiempo.

Figura 26. Listado de materiales en bodega para producción

LISTADO DE MATERIALES						
FECHA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	INVENTARIO	LARGO	ANCHO	ÁREA cm ²
17/6/2022	Polipropileno morado	Filmina	5400	28	24	3628800
17/6/2022	Polipropileno morado	Filmina	1200	28	24	806400
17/6/2022	MDF 3 mm melamina café	Lámina	41	183	81	607743
17/6/2022	Polipropileno turquesa	Filmina	600	28	24	403200
17/6/2022	MDF 3 mm conglomerado oscuro	Lámina	8	244	122	238144
17/6/2022	Plywood 3.6 mm	Lámina	7	244	122	208376
17/6/2022	MDF 4 mm amarillo	Lámina	6	244	122	178608
17/6/2022	MDF 3mm blanco	Lámina	6	244	122	178608
17/6/2022	MDF hidrófobo verde	Lámina	16	122	81	158112
17/6/2022	MDF 3 mm amarillo	Lámina	11	122	83.1	111520.2
17/6/2022	Pino chileno 4 mm	Lámina	10	122	81	98820
17/6/2022	6mm	Lámina	2	244	122	59536
17/6/2022	Acetato 0.1 mm azul	Filmina	50	28	24	33600
17/6/2022	Acrílico 3mm amarillo neón	Lámina	1	122	122	14884
17/6/2022	Acrílico 3mm verde neón	Lámina	1	122	122	14884
17/6/2022	Acrílico 3mm verde negro	Lámina	1	61	30	1830
17/6/2022	Acrílico 3mm transparente	Lámina	1	61	30	1830
17/6/2022	Acrílico 4mm transparente	Lámina	1	61	30	1830

Fuente: elaboración propia

Con respecto al tema de inventarios, el 03 de junio la empresa hizo una compra de 31 láminas de MDF previendo la temporada del día del padre. Desafortunadamente el material comprado no tuvo una buena reacción con la máquina y las piezas quedaban muy manchadas, esto implicó un reproceso porque todas las piezas se tuvieron que lijar. Las horas invertidas en lijado fueron de 29.25

horas, pues se lijaron 3009 piezas (carátulas, partes traseras y bases) y con cada una se tardaba 35 segundos. El retrabajo fue bastante grande, también el lijado atrasaba el resto de la producción porque no se podía ensamblar sin piezas limpias, esto producía esperas innecesarias. Otra consecuencia de este retrabajo es que se tuvo que hacer limpieza del equipo y del taller de forma más periódica porque había mucho polvo que ensuciaba las máquinas y el espacio de trabajo.

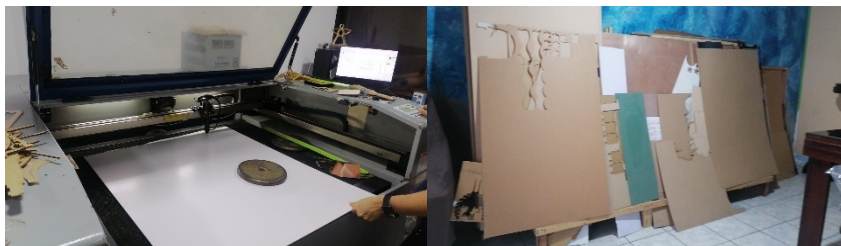
En conversación con la propietaria, menciona que la compra de este material fue un error, pues la marca que compra con normalidad es MDF de 3 mm amarillo Masisa, pero este estaba agotado y al tener una apariencia similar con el que había disponible, procedió con la adquisición.

Es importante para futuras compras, establecer parámetros de evaluación de la calidad de materia prima, de forma que no hayan daños colaterales para la producción. Conviene evaluar también la incorporación de cortes de otras maderas que sean menos abrasivas al láser.

Bajo este mismo tema de los inventarios, el almacenamiento de la materia prima debe replantearse porque al producir, se notaron diversos errores cometidos con motivo de láminas pandeadas. El almacenamiento se coloca en un rack de madera donde las piezas (que son largas en su mayoría), permanecen en posición vertical, al sacar una del fondo, estas se van corriendo y ondulando, lo cual dificulta el corte en la cama plana de la láser. Como solución, la operadora coloca unas pesas de hierro para brindar peso, sin embargo, esta alternativa disminuye los espacios de corte y no garantiza seguridad de que el artículo corte a un 100% en todas las partes.

Como evidencia, de esto, para los códigos PA-003, PA-006 y PA-0023 se utilizaron 19 láminas de 122x244 cm el corte de las 652 piezas realizados. De ellas, 10 estaban pandeadas y provocó que se tuvieron que desechar partes o dar un repeat de corte con más potencia para profundizar y no perder la lámina del todo. Un 52.6% de las láminas usadas en esa ocasión estaban defectuosas, siendo un porcentaje muy significativo. La Figura 27 muestra el espacio de almacenamiento y el método empleado para dar peso a las láminas pandeadas en la máquina.

Figura 27. Almacenamiento de láminas de materia prima y soporte con peso en cama de trabajo



Fuente: elaboración propia

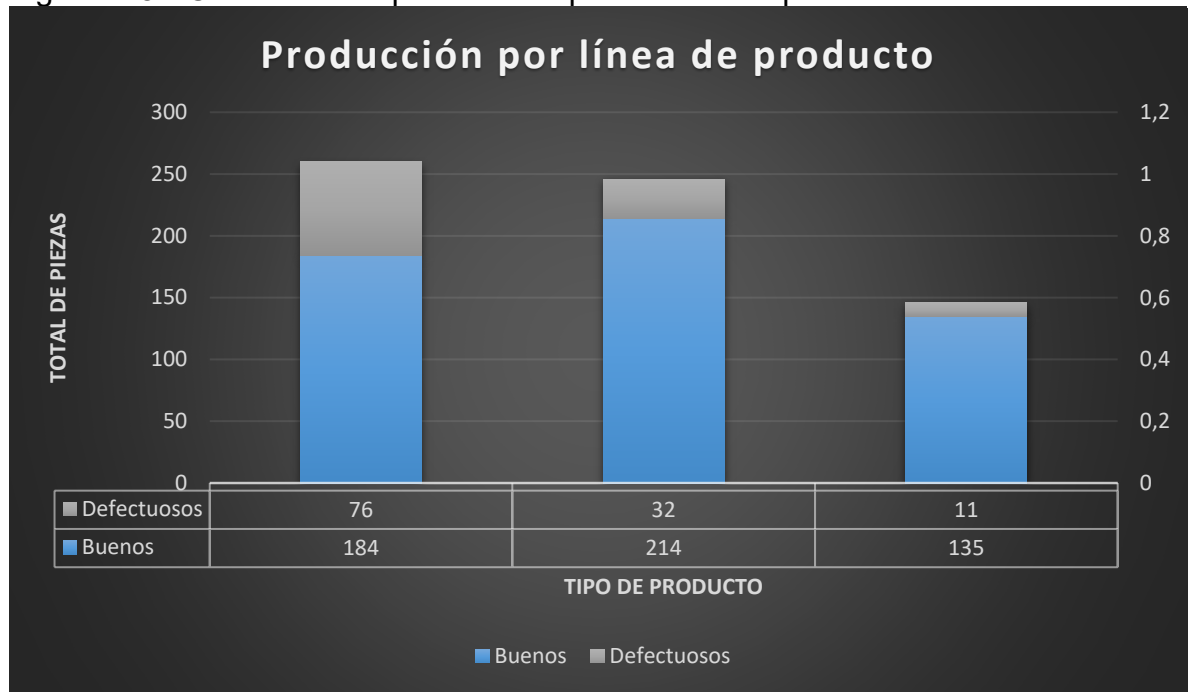
Adicionalmente, se tuvieron que usar 3 láminas y media adicionales para poder reproducir las piezas que se perdieron.

4.2.5 Diagnóstico de la gestión de la calidad

La empresa no cuenta con indicadores que sustenten la calidad de las piezas producidas, pero por las mediciones realizadas en la OEE y los gráficos de la producción, una cantidad de piezas se desechan por no cumplir con ciertos parámetros, ya sea que no cortó bien, porque el diseño tuvo un defecto, o porque se calculó mal el espacio disponible de corte entre otras opciones que afectan el buen desempeño de la calidad. La Figura 28 expresa cuantitativamente este hallazgo.

Tomando como base el muestreo de la producción por línea de 3 productos, se constata que de la línea PA003 29% de los artículos realizados son scrap, un 13% del PA006 se desecha y un 8% del PA023 también dejan de ser funcionales. En promedio, como referencia general se calcula que se desecha un 18.25% de lo producido.

Figura 28. Cantidad de producción por línea de producto defectuosa.



Fuente: elaboración propia

Los porcentajes declarados con anterioridad podrán verse como valores bajos, pero al hacer cálculos a cuánto corresponde en pérdidas para la empresa esa cantidad de piezas, se clarifica que es necesario mejorar las operaciones que garanticen la calidad, pues incide directamente en la rentabilidad y productividad del negocio, en especial al tratarse de una PYME donde estas pérdidas son impactantes en todos los ámbitos de su organización.

Por ejemplo, la empresa estipula que el costo por minuto de corte láser es de 200 colones cuando se trata de producción al por mayor, considerando la cantidad de productos scrap y el tiempo promedio de producción de los mismos a nivel de maquinaria, se expone en la tabla 15 el costo implicado para Innoláser de este desperdicio.

Aspectos sobre costeos específicos no son abordados en este proyecto de graduación como parte de mejora en operaciones, pero se desea comprobar que la problemática de operaciones sí tiene un valor para la empresa y, por tanto, se deben hacer ajustes que, de manera directa, mejorarán no solo su productividad, gestión y rendimiento, sino también su rentabilidad y competitividad. Sólo en tiempo de

máquina, el costo de ese problema con defectos de piezas es de 88 390 colones. En MDF, el costo para reponer las piezas defectuosas fue de ¢18992.4, lo que resulta en un 13.72% de pérdida del total percibido por la venta, esto sin contemplar el tiempo de mano de obra directa que tuvo que reprocesarse.

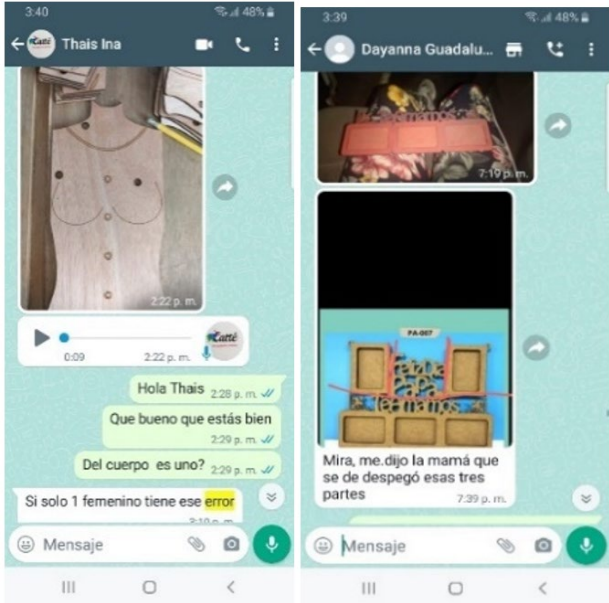
Tabla 15. Piezas defectuosas y su costo asociado en producción de minutos máquina y material

Piezas desechadas	Minutos máquina de producción	Costo por minuto de corte láser	Material	Total material	Total máquina	Total implicado
76	4,2	¢ 200,00	¢ 159,60	¢ 12 129,60	¢ 63 840,00	¢ 75 969,60
32	3,31	¢ 200,00	¢ 159,60	¢ 5 107,20	¢ 21 184,00	¢ 26 291,20
11	1,53	¢ 200,00	¢ 159,60	¢ 1 755,60	¢ 3 366,00	¢ 5 121,60
119				¢ 18 992,40	¢ 88 390,00	¢ 107 382,40

Fuente: elaboración propia

Así mismo, como muestra de la necesidad de incorporar procesos de verificación en este ámbito, se exhiben dos reclamos de clientes vía whatsapp por problemas en sus artículos durante la semana del 6 al 10 de junio del 2022. Estas piezas tuvieron que hacerse de nuevo para reponerlas, lo cual no solo implicó el retrabajo, sino también asumir costos de producción y entrega adicionales.

Figura 29. Reclamo de clientes por piezas defectuosas



Fuente: Innoláser SA, 2022.

4.2.6 Diagnóstico de la logística de entrega

Como se ha indicado en el estudio de procesos, la entrega se subdivide en 3 modalidades principales:

- Correos de CR
- Mensajería personal y encomienda
- Retiro de cliente en el taller

La empresa no posee un plan de optimización de rutas, control de cuántos envíos se realizan por mes, distribución de pedidos, plazos de entrega, costos de envío claros ni tampoco de confirmaciones por medio de recibos de entrega.

A pesar de no existir una base de datos oportuna que permita verificar la necesidad de un plan en esta línea operacional también, se logra evidenciar por medio de la observación directa en las fechas del 1 al 17 de junio de 2022 la siguiente información que motiva a proponer una mejora.

Tabla 16.Registro de envíos según modalidad del 1 al 17 de junio del 2022

Modalidad de envío	*Cantidad de envíos	Costo por la entidad	**Cobrado al cliente	Destino		Errores en envío	Tipo de error	Tiempo de tránsito por envío	Cantidad de días que se hicieron envíos por quincena
				GAM	Fuera del GAM				
Correos de CR	15	₡ 31,866.00	₡ 40,300	11	4	1	Mal encaminado por Correos	24 horas GAM 48 horas fuera del GAM	7
Encomienda	14	₡ 32,200.00	₡ 42,000	0	14	3	Faltante de piezas.	24 Horas	3

Mensajería	25	₡ 25,000.00	₡ 30,000	25	0	7	Código erróneo. Envío de artículo estándar y era especial Faltante de piezas. Artículo dañado	1.5 horas	3
Total	54	₡ 89,066.00	₡ 112,300	36	18	11			

Nota *Ocho clientes retiraron personalmente y no contemplan en esta tabla. **Se cobró 2500 colones de envío en el GAM por Correos y 3200 colones fuera de GAM, para encomiendas 3000 colones de envío y en mensajería ₡2000 pero a 10 clientes se les dio el servicio gratuito debido a la cantidad comprada. Fuente: elaboración propia

De la tabla anterior se puede concluir que la frecuencia de envíos es muy elevada, en 17 días, se hicieron entregas 10 días distintos (porque las encomiendas y la mensajería se planificó para hacerlo el mismo día), eso implica salidas constantes y discontinuar otras labores.

Además, los costos por envío en encomiendas no deberían ser estándar, pues la tarifa depende del destino, peso y dimensiones del paquete. La empresa no está teniendo un déficit en ese aspecto, pero es porque el costo de un pago compensa otro. Un envío a Paso Canoas costó 4900 colones, si se estudiara como un caso individual le tocaría a Innoláser asumir el porcentaje faltante.

Con respecto a los plazos de entrega, de los 62 clientes por ventas del día del padre, se procede a calcular el plazo de entrega en 27 de ellos, así como la cantidad de artículos vendidos a cada uno. Resulta interesante notar que, a mayor cantidad de productos comprados, el plazo de entrega tiende a ser más alto, mientras que, si la cantidad adquirida por el cliente es menor a 20 artículos, el plazo de entrega se reduce a 1 o 2 días.

Hay un registro de una venta de un único artículo en la cual, el plazo de entrega fue de 8 días (rango elevado considerando la cantidad con respecto a las

otras ventas, donde el promedio es de 4.26 días), no obstante, al consultar con la propietaria el motivo, explica que se debe a que era un producto 100% personalizado, por lo que requería un trabajo de diseño especializado.

Tabla 17. Registro de plazos de entrega para venta a 27 clientes

Cliente	Fecha de confirmación de pedido	Fecha de entrega	Plazo de entrega la entrega (días)	Cantidad de artículos comprados
1	2/6/2022	8/6/2022	6	33
2	2/6/2022	8/6/2022	6	26
3	2/6/2022	4/6/2022	2	35
4	2/6/2022	11/6/2022	9	105
5	2/6/2022	7/6/2022	5	37
6	3/6/2022	8/6/2022	5	25
7	4/6/2022	8/6/2022	4	26
8	5/6/2022	9/6/2022	4	23
9	6/6/2022	10/6/2022	4	43
10	7/6/2022	14/6/2022	7	47
11	8/6/2022	14/6/2022	6	28
12	8/6/2022	15/6/2022	7	35
13	9/6/2022	12/6/2022	3	42
14	9/6/2022	17/6/2022	8	1
15	10/6/2022	14/6/2022	4	38
16	10/6/2022	14/6/2022	4	36
17	10/6/2022	15/6/2022	5	18
18	10/6/2022	14/6/2022	4	35
19	10/6/2022	15/6/2022	5	53
20	10/6/2022	15/6/2022	5	31
21	10/6/2022	12/6/2022	2	18
22	11/6/2022	13/6/2022	2	11
23	12/6/2022	16/6/2022	4	20
24	13/6/2022	14/6/2022	1	20
25	14/6/2022	15/6/2022	1	16
26	14/6/2022	15/6/2022	1	12
27	14/6/2022	15/6/2022	1	16
Promedio			4.259259259	
Total				830

Fuente: elaboración personal.

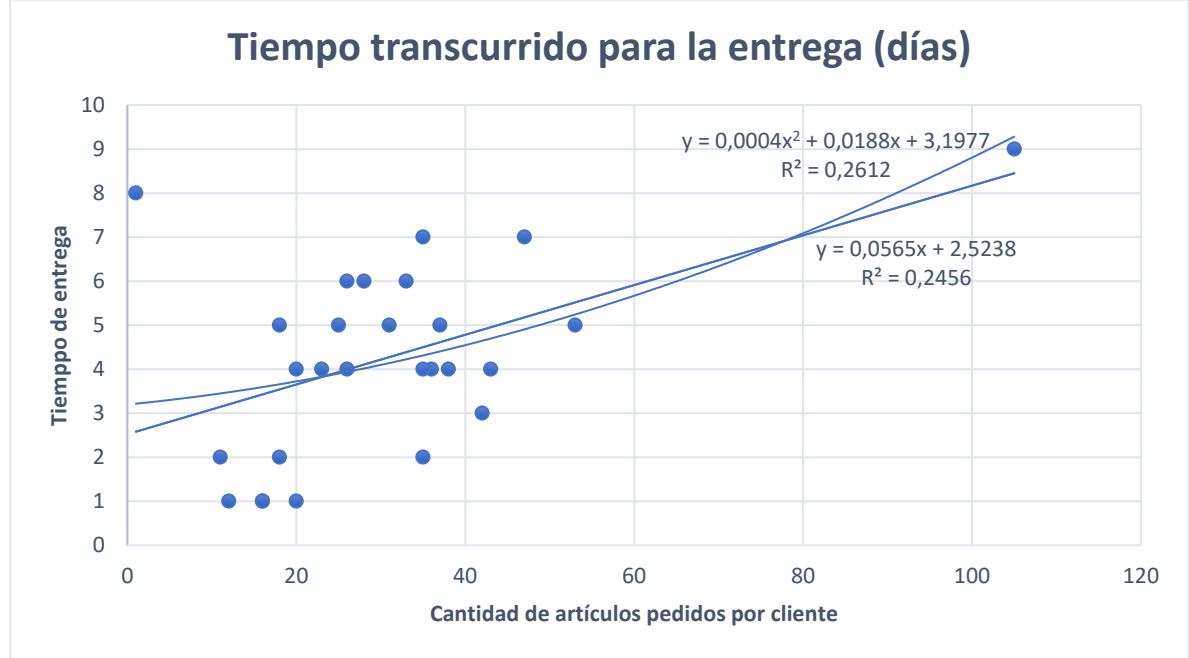
En un plazo de 12 días, fabricaron y entregaron 830 artículos. Como dato importante, se registra que, de los 62 clientes, a 5 de ellos se les incumplió con el plazo de entrega, donde se había estipulado entregar el jueves 16 de junio, pero la entrega fue efectiva hasta el 18 de junio, lo cual implicó entrega personal hasta la casa del cliente. Importante mencionar que los artículos que compraron tenían modificaciones especiales en diseño, eran personalizados, motivo que podría explicar la demora, pues su fabricación no resultaba estándar como los demás. El porcentaje de incumplimiento de tiempo de entrega fue de un 8%.

Se quiso conocer si había una relación directa entre la cantidad de días de entrega con respecto a la contabilización de artículos pedidos por clientes, para lo cual se utiliza la teoría de correlación lineal, siendo la variable dependiente el plazo de entrega y la variable independiente la cantidad de artículos.

Con base en este estudio y contrastando los resultados con la teoría, se obtiene un valor de coeficiente de correlación r de 0.50, lo cual sugiere que hay una relación de moderada a débil. Además, se puede apreciar en la Figura 35 que la línea de tendencia es positiva, siendo un moderador que indica que a medida que aumenta una variable, la otra también crece.

En términos de la investigación, existe una relación moderada entre la cantidad de artículos solicitados por cliente y el plazo de entrega, lo cual puede implicar que a medida que más productos tenga una orden, mayor es el tiempo para completar la finalización del pedido y viceversa.

Figura 30. Correlación entre la cantidad de artículos solicitados por cliente y el plazo de entrega.



Nota El coeficiente de determinación se calcula mediante función lineal y polinomial. Para esta última $r = 0.51$, mientras que en la lineal $r = 0.50$. Fuente: elaboración propia.

4.2.7 Diagnóstico de la gestión de mantenimiento

Sobre los mantenimientos, la empresa no cuenta con programación de estos y hay mucho desconocimiento sobre los cuidados que se deben de tener. Las actividades vinculadas a esta área que sí se ejecutan con frecuencia incluyen:

Tabla 18. Mantenimientos periódicos realizados en Innoláser

Actividad	Frecuencia	Justificación
Limpieza de espejos	Diario	Se limpian los 3 espejos con alcohol y algodón
Limpieza del taller	Cada 3 días	Se recogen retazos en bolsas grandes y se barre profundo
Cambio de agua del chiller	Cada 3 meses	Se cambia cada 3 meses con agua destilada o cuando es visiblemente lleno de impurezas
Quema de retazos en caldera	Quincenal	Si la cantidad de retazos no supera las 2 bolsas, se lleva mensual a desechar

Aspirado de parrilla	Diario	Necesario para quitar piezas aglomeradas en el panel de la cama plana
Limpieza profunda	Cuatrimestral	Se limpian extractores, parrilla, lentes, chiller
Calibración	Cuando amerita	

Fuente: elaboración propia

Como datos proporcionados por la empresa, se tiene que, a la semana, se incurre en 9 horas de mantenimiento reactivos y solo 50 minutos en mantenimiento preventivo o limpieza de equipos.

Como se ha previsto con análisis de producción del punto 4.2.2, los mantenimientos preventivos y programados tienen gran injerencia para la mejora de averías e inactividad.

4.2.8 Diagnóstico del diseño de producto y de inversión de equipos

Sobre los procesos de investigación y desarrollo, la empresa no cuenta con programas de innovación o introducción de nuevas líneas de producto, esto puede aludirse a la sobrecarga de trabajo ya existente en su propietaria quien apenas da abasto para completar los pedidos del día a día, con ayuda de familiares en muchos casos.

Esta sección se incluye como parte de la evaluación, pues es importante conocer si algunas de las operaciones de la empresa se relacionan con la búsqueda de nuevos mercados o mejora de productos actuales que les den más competitividad y rentabilidad. Con respecto a la transformación digital, no hay planes de proyección a implementar en un futuro mediano.

Acerca la inversión en nueva indumentaria, Innoláser no cuenta con un plan o proyecciones de inversión en nueva maquinaria estables. Se diagnostica esto porque podría existir una correlación entre el desarrollo de nuevas líneas productivas y la diversificación de maquinaria. También se contempla porque

cuando se ha invertido en artefactos ocupacionales y de oficina, se desconoce el punto de retorno de la inversión.

Cabe resaltar que esta pyme en 2021 fue beneficiaria de un equipo de impresión UV y compraron como complemento, un láser CO₂ nuevo que traerán modificaciones importantes al negocio, por eso es crucial justificar un aproximado del tiempo en que la inversión podría recuperarse, así como la importancia de estas máquinas para la incorporación a nuevos mercados. El costo de la inversión por la impresora UV es de ¢8989209 y por láser de ¢4530500. El promedio de ingresos por ventas mensuales de Innoláser desde enero 2022 a julio 2022 ha sido de ¢1 547 593, y, el de egresos, ¢1 198 066.71, estos datos han sido proporcionados por la empresa.

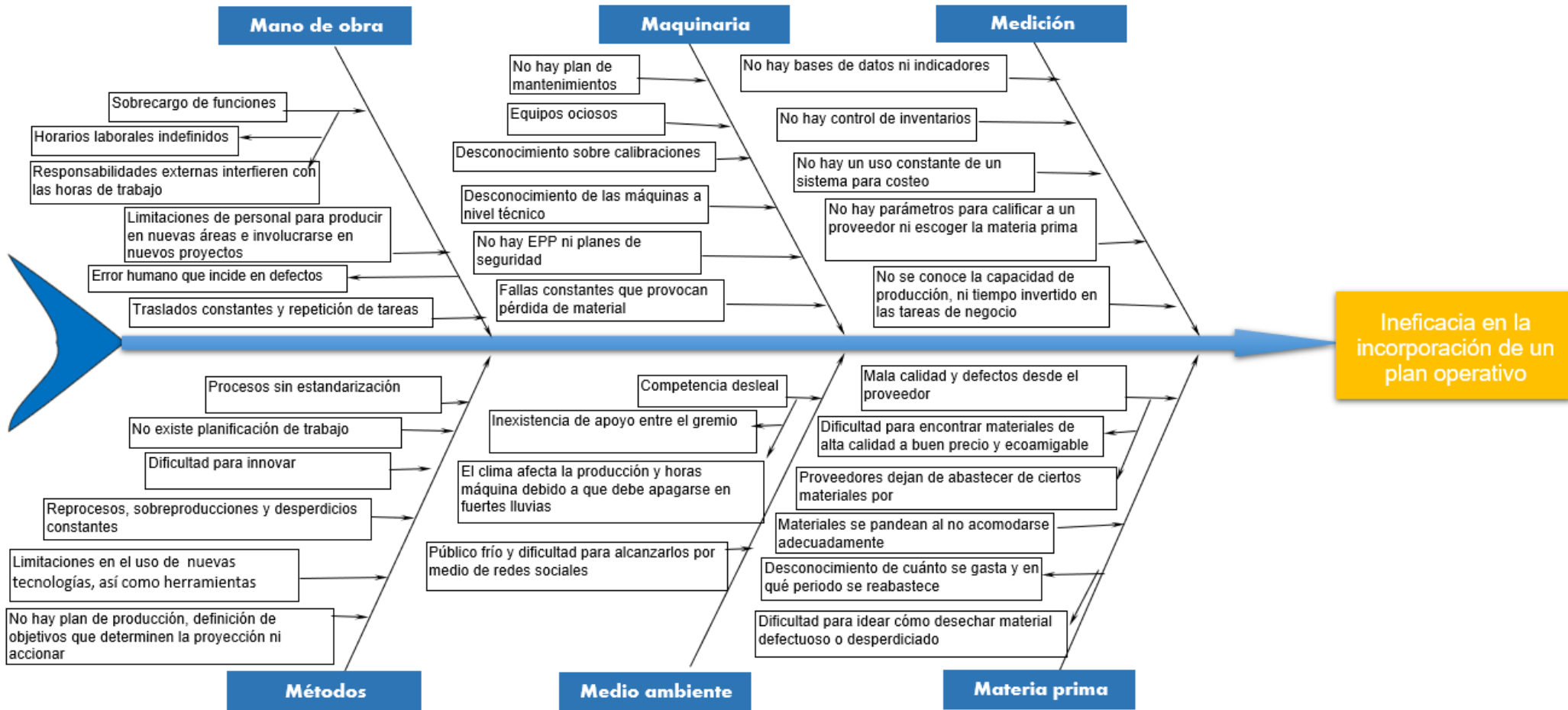
4.3 Análisis de la situación actual

Tras el estudio a profundidad de la problemática en Innoláser desde diversos ángulos y ahondar en las mediciones, se procede a conglomerar en un diagrama Ishikawa los inconvenientes encontrados, clasificados según las seis M.

El diagrama de Ishikawa que se señala a continuación ayuda a determinar las causas raíz del problema, pues en Innoláser se identificaron varias de ellas, sin embargo, al analizar los factores que involucran la ejecución de proceso, se determina que el problema de fondo radica en que la empresa no cuenta con un plan de operaciones que marque la pauta en el desarrollo de las tareas.

Un plan de operaciones engloba la gran mayoría de las causas descritas y su implementación promete ser una herramienta eficaz para solucionar estas dolencias en los diversos ámbitos evaluados.

Figura 31. Aplicación de diagrama de Ishikawa en la empresa Innoláser.



Fuente: elaboración personal

4.4 Desperdicios identificados a través de las mediciones y observaciones

En este apartado, se usará una matriz para identificar en cada área operativa estudiada, las mudas presentes durante los procesos.

Tabla 19. Mudras identificadas en el proceso de medición por área operativa.

Áreas de operación / Mudras	Esperas	Movilizaciones	Defectos	Sobre procesamiento	Sobre producción	Inventarios	Movimientos innecesarios de material	Creatividad en desuso	Ambiente	Total
Diseño físico de la organización		x					x			2
Planificación y diseño de procesos	x	x	x	x	x				x	6
Logística de entrega			x	x						2
Gestión de inventarios			x	x	x	x	x			5
Diseño de producto								x	x	2
Gestión de la calidad			x	x						2
Diseño de trabajo			x	x				x		3
Gestión de mantenimiento	x		x	x			x			4
Total	2	2	6	6	2	1	3	2	2	26

Fuente: elaboración personal.

De la matriz, puede evidenciarse que el área operativa con mayor cantidad de muda reflejadas es el de planificación y diseño de procesos, por su parte, las mudras con mayor presencia y repetición son defectos y sobre procesamiento.

Para tener una noción de los eventos que forman parte de esas mudas específicamente, la empresa procedió a anotar la frecuencia de errores que obtenían en el procesado de pedidos para el día del padre. Lastimosamente no se registra la totalidad de errores evidenciados porque el volumen de producción le impedía a la propietaria hacer las anotaciones, también la poca costumbre de documentar se hizo presente en el recabado de información, sin embargo, los valores anotados fueron valiosos para conocer cuáles desperdicios eran más recurrentes.

Tabla 20. Frecuencia de defectos en la producción de artículos por temporada del día del padre.

Evento/Producto/ Defecto/Item	Frecuencia	Frecuencia
Calibración inadecuada	 	25
Daño mecánico		1
Madera pandeada		10
Error en diseño		7
Error en importar archivo		3
Error en acomodo de material en parrilla		3
Error en códigos		2
Faltante de piezas		4
Error en la fecha de entrega		5
Error en toma de pedido		4
Parámetros de corte y velocidad erróneos		17
Reproceso por material inadecuado		55
Total		136

Nota fecha de registro las dos primeras semanas de junio de 2022 solamente cuando la empresaria podía y recordaba hacer la anotación. Fuente: Innoláser S.A, 2022.

Con base en el registro, se realizan cálculos para determinar el porcentaje y la frecuencia acumulada como lo muestra la Tabla 21.

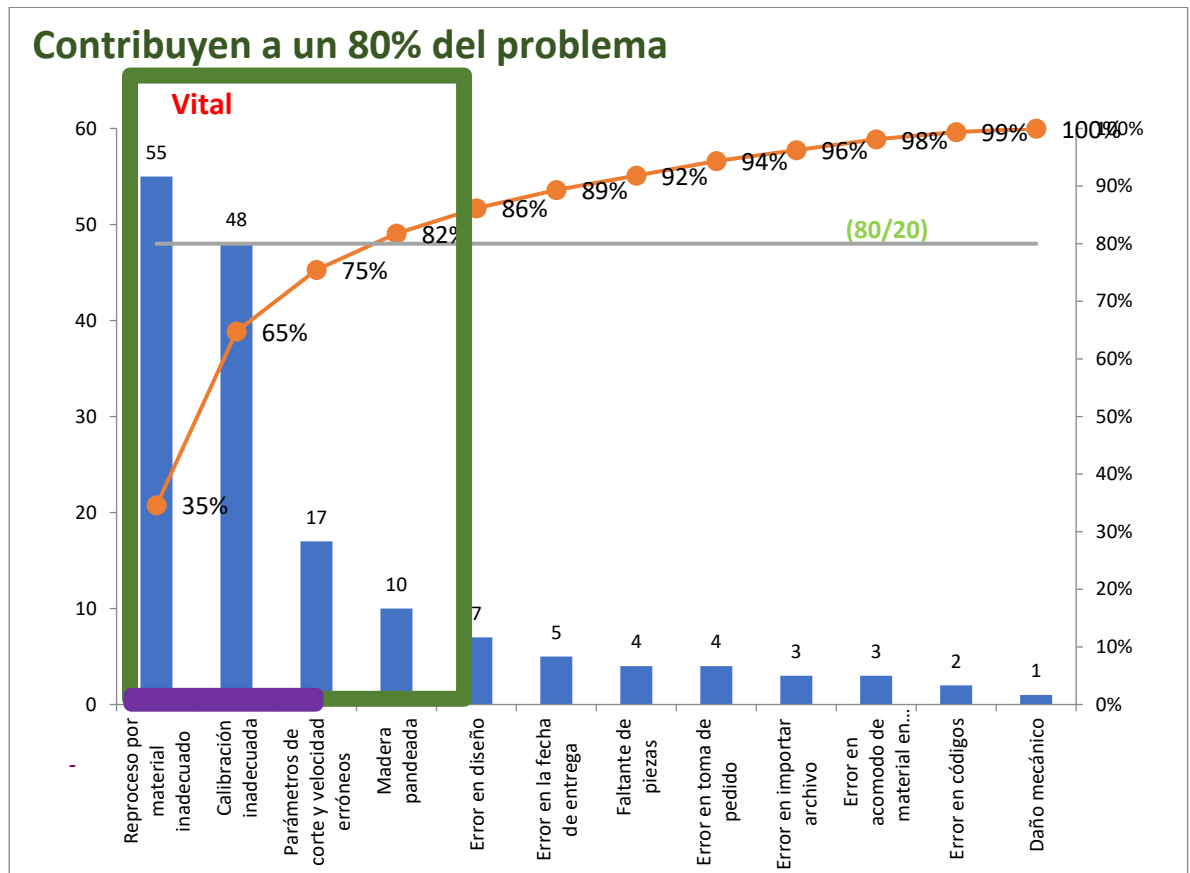
Tabla 21. Distribución porcentual y frecuencia acumulada en la producción de artículos por temporada del día del padre.

Evento/Producto/ Defecto/Item	Distribución porcentual	Frecuencia acumulada %
Reproceso por material	35%	35%
Calibración inadecuada	29%	64%
Parámetros de corte y	11%	75%
Madera pandeada	6%	82%
Error en diseño	4%	86%
Error en la fecha de entrega	3%	89%
Faltante de piezas	3%	92%
Error en toma de pedido	3%	94%
Error en importar archivo	2%	96%
Error en acomodo de	2%	98%
Error en códigos	1%	99%
Daño mecánico	1%	100%

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se efectúa un diagrama de Pareto, mostrado en la Figura 32, que explica el 80% de problema en las operaciones de Innoláser, se generan del 20% de 4 causas principales correspondientes a reprocesos por material inadecuado, calibración inadecuada de los equipos, parámetros de potencia y velocidad no establecidos, además de la utilización de láminas de madera pandeada.

Figura 32. Diagrama de Pareto sobre los principales errores que generan desperdicios en la gestión operativa de Innoláser



Fuente: elaboración propia.

4.5 Resumen sobre la definición y medición de la problemática actual

Para dar por concluido el capítulo 4 del presente proyecto, se usará esta sección para resumir los hallazgos más relevantes del proceso de definición y medición de la problemática actual en Innoláser.

Primeramente, se enlistan una serie de inconsistencias en distintas áreas de la empresa, por lo que se procedió a evaluar como punto de partida qué tal trabajan la gestión y planificación de los procesos productivos, el diseño físico de la organización, la gestión de inventarios, la logística de entrega, el diseño de puesto

de trabajo, el diseño de producto, la gestión de mantenimiento y de la calidad para que pudieran dar respuesta a cuál era el eje principal por tratar.

Estos aspectos evaluados arrojaron hallazgos que permitieron identificar la necesidad imperante de contar con un plan operativo, en aras de correlacionar las operaciones descritas con anterioridad y englobar el buen funcionamiento individual y colectivo de estas. Se describen los criterios y resultados de las dos primeras fases de la metodología DMAIC a continuación.

Diseño de la organización

Herramientas de medición: Layout y observación directa.

Mudas identificadas: movimientos y movilizaciones innecesarias de material.

Hallazgos:

- Área de 17.10 m² con dificultades para movilización.
- Desechos tirados en el suelo.
- Espacios aglomerados.
- Pasillos angostos de 38 cm, esto hace complicada la distribución y colocación de materiales.
- Gran cantidad de movimientos repetitivos para completar una tarea.

Planificación y diseño de procesos

Herramientas de medición: cursograma analítico, OEE, estadística descriptiva, gráficos varios, diagrama de Pareto, histogramas

Mudas identificadas: esperas, movilizaciones, defectos, sobre procesamiento, sobreproducción y ambiente.

Hallazgos:

- Para completar una tarea de corte y grabado, la cantidad de movilizaciones es separada en totalidad de las operaciones generadas

por dos números, esto refiere a que hay procesos innecesarios que no agregan valor e igualan a aquellos que sí lo hacen.

- Desconocimiento sobre la capacidad de producción y la demanda, lo cual conlleva a laborar jornadas extendidas de hasta 17 horas diarias. Además, se incurre en la contratación de familiares y conocidos por temporada para dar abasto y cumplir con las responsabilidades, sin considerar los costos asociados e implicaciones de más recurso humano.
- La Eficiencia General de los equipos evaluada para tres códigos de productos diferentes (PA-003, PA-006, PA-023), con una muestra de 72 artículos por tipo respectivo, demuestra que OEE para el código PA003 es de 12.70%, para el PA006 es de 38.89% y para el PA023 es de 28.63%, siendo un indicador de que el resultado es deficiente. La media es de 26.74%, con potencial de mejora de un 58.26% considera un 85% como un parámetro meta a largo plazo.
- Para los tres productos en evaluación, según la OEE, la disponibilidad fue el valor más bajo para cada código con una media de 42.31%. El PA003 arrojó una disponibilidad de 27.54%, el PA006 de 56.18% y el PA023 de 43.21%, siendo los problemas de mantenimientos y averías posibles explicaciones del gran tiempo que permanece la máquina en paro.
- La calidad fue el índice con valor más alto en el cálculo de OEE para los tres artículos con promedio de 80.31%, cuyos resultados específicos fueron de 60.38% para el PA003, 87.5% para el PA006 y 93.06% para el PA023, esto da paso a oportunidad de disminuir la cantidad de piezas defectuosas incididas por materia prima de baja calidad, falta de controles o mal ajuste de maquinaria.
- El rendimiento estuvo en un rango intermedio, donde su media fue de 75.57%. El código PA003 tuvo un cálculo de 76.375, el PA006 de 79.12% y el PA023 de 71.21%, esto refleja que la máquina podría mejorar el tiempo al cual debería producir al planificar mejor la

producción, reduciendo tiempos por cambios de material o movilizaciones, así como por reajuste de parámetros y arreglo de averías.

- Inexistencia de un plan diario de producción y organización del trabajo.

Logística de entrega

Herramientas de medición: levantamiento de datos por medio de la tabulación, estadística descriptiva, teoría de correlación lineal.

Mudas identificadas: defectos y sobre procesamiento.

Hallazgos:

- La empresa no posee un plan de optimización de rutas, control de cuántos envíos se realizan por mes, distribución de pedidos, plazos de entrega, costos de envío claros ni tampoco de confirmaciones por medio de recibos de entrega.
- De 17 días en muestreo, se concluye que 10 de ellos se hicieron envíos, lo cual representa una frecuencia muy elevada de recurrencia al sitio de envío y una falta de planificación que afecta los tiempos productivos y costos de traslado.
- El tiempo promedio de entrega es de 4.3 días.
- Con una muestra de 27 pedidos para temporada de día del padre, se evidencia que el porcentaje de incumplimiento en la fecha de entrega fue de un 8%.
- Por cada 62 pedidos, se falla en un 16%, siendo la falta de piezas solicitadas y confusión de artículos personalizados con uno estándar la problemática más frecuente.
- Hay una relación moderada ($R=0.51$) que explica que, a mayor cantidad de productos solicitados por cliente, el plazo de entrega también aumenta.
- Al momento de recibir su pedido, la mayor cantidad de incidentes reportados por el cliente fue la falta de piezas en su orden. Este error corresponde a un 40% del total de problemáticas percibidas en este ámbito.

Gestión de inventarios

Herramientas de medición: observación directa y tabulación con levantamiento de datos.

Mudas identificadas: movilizaciones, defectos, sobre procesamiento, sobreproducción y movimientos innecesarias de material.

Hallazgos:

- No existe un plan de gestión de inventarios.
- Reproceso equivalente a 29.25 horas de trabajo por mala calidad del mdf comprado para la fabricación de 1003 proyectos vendidos por temporada del día del padre.
- No existen parámetros estipulados para compra de materiales y evaluación de proveedores.
- Almacenamiento inadecuado de las láminas de madera, acrílico y MDF que propician a que estas se pandeen. Un 52% de las láminas usadas para producir 652 piezas estaban pandeadas, ocasionando defectos y sobre procesamiento.
- De cada 31 láminas compradas, 16 están pandeadas.

Diseño de producto

Herramientas de medición: observación directa

Mudas identificadas: creatividad en desuso y ambiente.

Hallazgos:

- No existen metodologías ni proyectos relacionados a la innovación, investigación y desarrollo de productos.
- No hay planes para incorporación de nuevas técnicas productivas ni de transformación digital.
- No cuentan con proyecciones de renovación o adquisición de equipos.
- Desconocimiento sobre métodos para calcular retorno de inversión.
- Contarán con 3 máquinas nuevas a un corto plazo, una de ellas obtenida por medio de fondos no reembolsables gubernamentales para crecimiento del negocio. Esto se trata de una impresora UV con valor de ¢8 989 209, una láser de CO₂ de ¢4 530 500 y una grabadora láser con valor de ¢2 439 500; por lo que vale la pena contar con un indicador que les permita conocer el retorno de la inversión y consigo estimar el rendimiento que pueden ir alcanzando.
- El promedio de ingresos durante los primeros 7 meses del 2022 es de ¢1 547 593, y, el de egresos, ¢1 198 066. La incorporación de nuevos equipos podría significar la mejora en las utilidades percibidas.

Gestión de la calidad

Herramientas de medición: gráficos, estadística descriptiva y levantamiento de datos con tabulación.

Mudas identificadas: defectos y sobre procesamiento.

Hallazgos:

- No se cuenta con indicadores para medir la calidad de las piezas producidas.
- El muestreo realizado para la producción de los códigos PA003, PA006 y PA023, se evidencia que para el primer artículo se desechó un 29% de las piezas por defectos, para el segundo el porcentaje fue de un 13% y para el tercer tipo el valor fue de un 8%.
- El costo asociado para la empresa por el desecho de los artículos mencionados con anterioridad en material y costo máquina es de 107382.4 colones, sin contemplar el costo asociado a mano de obra directa.
- En promedio, el valor porcentual de piezas desechadas es de 18.25% por cada 652 piezas producidas.
- Los problemas con la calidad de los productos traen consecuencias con los clientes por reclamos, sobre procesamiento para reponer las piezas en mal estado y también costos logísticos para procesar una nueva entrega.

Diseño de trabajo

Herramientas de medición: Observación directa, guía para análisis del puesto de trabajo, toma de tiempos, recabado de datos en tablas y gráficos varios.

Mudas identificadas: defectos, sobre procesamiento y creatividad en desuso.

Hallazgos:

- Inexistencia de manuales sobre funciones e inconsistencias en la plantilla de Excel usada para anotar pedidos donde no tiene una estandarización de la información necesaria para continuar con la fabricación, no es entendible a un corto plazo y es sujeta a no incorporar datos que son relevantes, lo cual implica regresar a la

conversación con el cliente varias veces para confirmar los detalles y esto implica tiempo e induce a equivocaciones.

- Síndrome de burnout en la propietaria que conlleva a frustración, sobrecargo, pérdida de rumbo del negocio, insatisfacción y estancamiento.
- Jornadas de trabajo indefinidas y en ocasiones que superan las 12 horas diarias. Se refleja en 43.2 horas de trabajo extra al mes.
- Espacios de trabajo sin rotulación, de difícil accesibilidad, sin medidas de seguridad, desuso de equipos de protección personal, ventilación e iluminación inadecuada, ruido que no es atenuante, espacios desordenados y desconocimiento sobre los materiales, insumos, herramientas y artículos terminados con los que se cuentan.
- Calificación de 52% según términos de escala de Renault en condiciones de ergonomía, siendo la seguridad, carga mental y espacio físico puntos críticos a tratar al tener las puntuaciones más bajas de evaluación.
- Del 16 de mayo del 2022 al 11 de junio del 2022, el promedio de horas laboradas fue de 9.8 horas diarias, 25 días para un total de 245 horas en 4 semanas. Lo cual implica 43.2 horas extra al mes.
- La actividad con mayor cantidad de horas invertidas fue corte y grabado con un 30.61% del total expuesto con anterioridad, seguido de diseño gráfico con 26.53% y la que menor tiempo implicó fue empaque con un valor porcentual de 2.86%.
- No hay programas de transformación digital ni de simplificación del trabajo.

Gestión de mantenimiento

Herramientas de medición: observación directa y tabulación de información por levantamiento de datos.

Mudas identificadas: esperas, defectos, sobre procesamiento y movilizaciones innecesarias de material.

Hallazgos:

- La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento.
- Como se demostró con el cálculo de la OEE, la disponibilidad es afectada por problemas de averías con los equipos, por lo que vale la pena contar con mantenimientos preventivos que mejoren el porcentaje obtenido para alcanzar una mayor eficiencia.

- Los mantenimientos que realiza la empresa no tienen una programación específica, siendo estos realizados cuando amerita por fallo de la máquina.
- Los mantenimientos efectuados son relacionados a la limpieza del equipo, más no a la mejora de su composición mecánica, electrónica ni de calibración.
- Hay mucho desconocimiento en materia de conocimiento del equipo, nunca se ha tenido una capacitación referente a este tema.
- No hay stock de repuestos.
- A la semana, se incurre en 9 horas de mantenimiento reactivos y solo 50 minutos en mantenimiento preventivo o limpieza de equipos.
- El tiempo medio entre fallas (MTBF) fue de 23.18 minutos, indicando que el equipo tiende a errar con mucha frecuencia y es necesario contar con un plan de mantenimiento preventivo.
- El tiempo medio de reparación (MTTR), fue de 22.5 minutos, este valor indica el tiempo usado para reparar un daño de la máquina (correctivo) hasta que el equipo se reestablezca, se busca que sea siempre el mínimo, pues refleja eficiencia en diagnosticar el problema y solucionarlo.

Como punto de cierre, la causa raíz del problema se atribuye a la ineficacia en la incorporación de un plan operativo sostenible en el tiempo. Las principales afecciones que aglomeran el 80% de los desperdicios generados en la gestión operativa son el reproceso por compra y uso de material que no cumple con los criterios necesarios para la producción y salvaguardar la calidad, fallos por calibración inadecuada de los equipos, parámetros erróneos de corte y grabado y láminas de materia prima pandeada que repercute en defectos, así como en realizar doble trabajo y obtención de piezas dañadas.

Capítulo V

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Tras el análisis de los hallazgos del Capítulo 4, en esta sección se dará un enfoque a las etapas de Mejorar y Controlar de la metodología DMAIC con el objetivo de mitigar la problemática encontrada y avanzar en el alcance de la meta que es lograr un incremento en la productividad de la empresa por medio de la incorporación efectiva de un plan de gestión de operaciones.

5.1 Fase de análisis de propuestas de mejora

Como fue notorio en las mediciones y definición del problema, las áreas operativas evaluadas deben contar con un proceso de reestructuración, ya que muchas de ellas no contaban con un plan de registro o parámetros que permitieran conocer oportunidades de mejora, por lo tanto, en la Tabla 22 se describen una serie de propuestas que buscan desarrollar acciones positivas y de utilidad para el negocio.

Es importante mencionar que, gracias a los resultados obtenidos con el diagrama de Pareto, las condiciones de mejora más fuertes se centrarán en mantenimiento, organización de procesos e inventarios, ya que estas causas fueron las más recurrentes asociadas a la problemática global. Con respecto a las otras áreas, se proyectarán métodos para aplicar a corto plazo y que serán parte del plan de gestión también.

Tabla 22. Propuestas de métodos ejecutables del plan operativo para mejorar la problemática encontrada en Innoláser.

Área de operación	Propuesta de mejora	Estatus de implementación
Diseño de la organización	Modificación de layout considerando remodelaciones de expansión y acomodo de nueva maquinaria.	Completado
	Ejecución de diagrama de layout del taller para fase 3 de remodelación.	Completado
Planificación y diseño de procesos	Incorporación de 5s en el espacio de trabajo.	En marcha
	Uso de tablero Kanban.	En marcha
	Uso de órdenes de trabajo.	En marcha

	Plantilla en Excel para control de ventas y producción.	En marcha
	Propuesta de indicadores para monitorear producción tras mejoras.	Completado
Logística de entrega	Establecimiento de fechas de envíos según ruta y día coordinado.	En marcha
	Utilización de recibos de entrega.	En marcha
	Plantilla en Excel para visualización de información referente a entregas.	En marcha
Gestión de inventarios	Plantilla en Excel para conteo de materia prima y registro de entradas, salidas de material.	Completado
	5s y reacomodo del material en nueva bodega.	Pendiente
	Checklist con parámetros de calidad indispensables en compras de materia prima.	Completado
	Evaluación de proveedores.	En marcha
Diseño de producto	Proyección de retorno de inversión con nuevo equipo láser	Completado
Gestión de la calidad	Monitoreo de indicadores para control de piezas defectuosas y tasa de reclamos/incumplimiento.	En marcha
Diseño de trabajo	5s en el taller.	En marcha
	Planteo de plantilla para recabado de pedidos, planteo de bitácoras de trabajo.	Completado
	Propuestas de mejora en salud ocupacional y ergonomía.	Completado
Gestión de mantenimiento	Implementación de programa de TPM y uso de indicadores para monitoreo en este tema.	En marcha

Nota El estatus completado se refiere a que la propuesta, plantilla o proceso ya quedó exitosamente ejecutado en el proceso de implementación. En marcha se refiere a que la empresa sigue en proceso de adaptación y dio los primeros pasos en su utilización. Pendiente significa que la propuesta se ejecutó a nivel teórica, pero no se ha comenzado a implementar. Fuente: elaboración propia.

5.2 Fase de implementación de la mejora implantada

En esta sección del proyecto, se explicará por área de operación, cuáles son las metodologías que ayudarán a mejorar y controlar la productividad, así como la justificación de su implementación con respecto a los resultados previos del capítulo 4.

5.2.1 Diseño de la organización

Como se ha mencionado, en Innoláser se comenzará a utilizar nuevas tecnologías gracias a la adquisición de maquinaria nueva. Esto implica también adaptar el espacio físico para el acomodo de las mismas.

Relacionado a lo anterior, la empresa se encuentra en proceso de remodelación observable en el apéndice C. Conociendo las dimensiones del lugar con el que cuentan para el taller, se propone un diagrama de colocación de los equipos y la proyección del sitio de trabajo.

En la Figura 33 se muestra la distribución para la primera fase de la construcción, la cual se inició el 12 de marzo del 2022 y culminó el 7 de mayo del 2022 con la colocación de las nuevas máquinas, pues por temas de limitación económica y tiempo, los arreglos se llevarán a cabo paulatinamente, en esta parte no se contempla la bodega ni el lugar especializado para impresión (espacio limpio, con temperatura y humedad adecuada) porque son parte de la fase 2 de la ampliación. El proceso de construcción de esta primera fase puede observarse en el Apéndice.

Puede notarse el aumento significativo del área para laborar, donde se pasa de 17.10 m² a 38.40 m². Las máquinas tienen una separación entre ellas de 70 cm, los pasillos se ampliaron para facilitar el tránsito a un metro, cuando anteriormente se estipulan de 38 cm, así mismo, el acomodo de los equipos tiene un sentido oportuno para la producción, los dos láseres están juntos para asegurar más facilidad de vigilar los equipos cuando estén activos, trabajar con la misma

computadora en ambas, además de aprovechar el mismo sistema de extracción y control del humo emanado.

La impresora UV se posiciona provisionalmente junto a la láser que posee sistema de cámara CCD, ya que primero se harían impresiones sobre el material y posterior corte, el que estén cerca minimiza las movilizaciones de material, así como de tránsitos por parte del operador, reduciendo la posibilidad de esta muda y permitiendo centrarse en operaciones que agreguen valor. Así mismo, al estar a una distancia prudencial de la venta, ayuda a que las tintas no se sequen con mayor rapidez ocasionando obstrucciones, sino más bien, con este posicionamiento se busca alargar la vida útil de los componentes e insumos y que esté en un ambiente fresco para su buen uso.

La grabadora láser se coloca en un espacio de trabajo especial al final del taller, considerando que pueda generarse una extracción con tubo PVC de los vapores propios de la producción y que el flujo de estos no contamine el espacio de trabajo.

Se designa una mesa de trabajo dentro del taller, con esto se evita la salida del operador a dejar piezas a diferentes aposentos de la casa, se centralizarían las etapas de la producción disminuyendo las movilizaciones y teniendo mayor orden en la ejecución de los procesos.

Se establecen espacios para desechos, los cuales no estaban contemplados en el antiguo taller. Se posiciona un vertedero de retazos y otro para piezas defectuosas, de manera que al final del turno laboral se pueda registrar cuántos artículos se desecharon, por qué y tener una trazabilidad de la calidad para continuar en mejora continua.

El establecer sitios para desechos es una excelente práctica para evitar tener insumos, sobros y piezas tiradas en diferentes lugares del taller, abriendo la posibilidad a trabajar en un lugar ordenado, minimizando tiempos de paro por limpieza, accidentes o sobre procesamientos.

Desde una perspectiva sobre la salud ocupacional, la nueva distribución también tiene un impacto positivo, porque se estipula la utilización de un extintor en caso de emergencia de inflamabilidad, así también, el aumento del espacio de tránsito y el orden permite que ocurran menos accidentes laborales. Se mejora la luminosidad del taller incorporando más lámparas, ventanas amplias que brinden luz natural y posibilidad de ventilación, así como colocación de extractores con más potencia de 750W que favorecen la expulsión de humos tóxicos, pero que emiten menos de 38 decibeles al funcionar, lo cual beneficia el manejo del ruido.

Con respecto al almacenamiento de la materia prima, se están colocando temporalmente en un aposento a la par del taller, este ha estado en movimiento constante debido a las remodelaciones, pero se espera que a un corto plazo de 4-5 meses exista una bodega que permita guardar los insumos. Por ahora, se colocan en el taller, cerca de los equipos, las láminas que usarán, de esta manera se programan menos traslados.

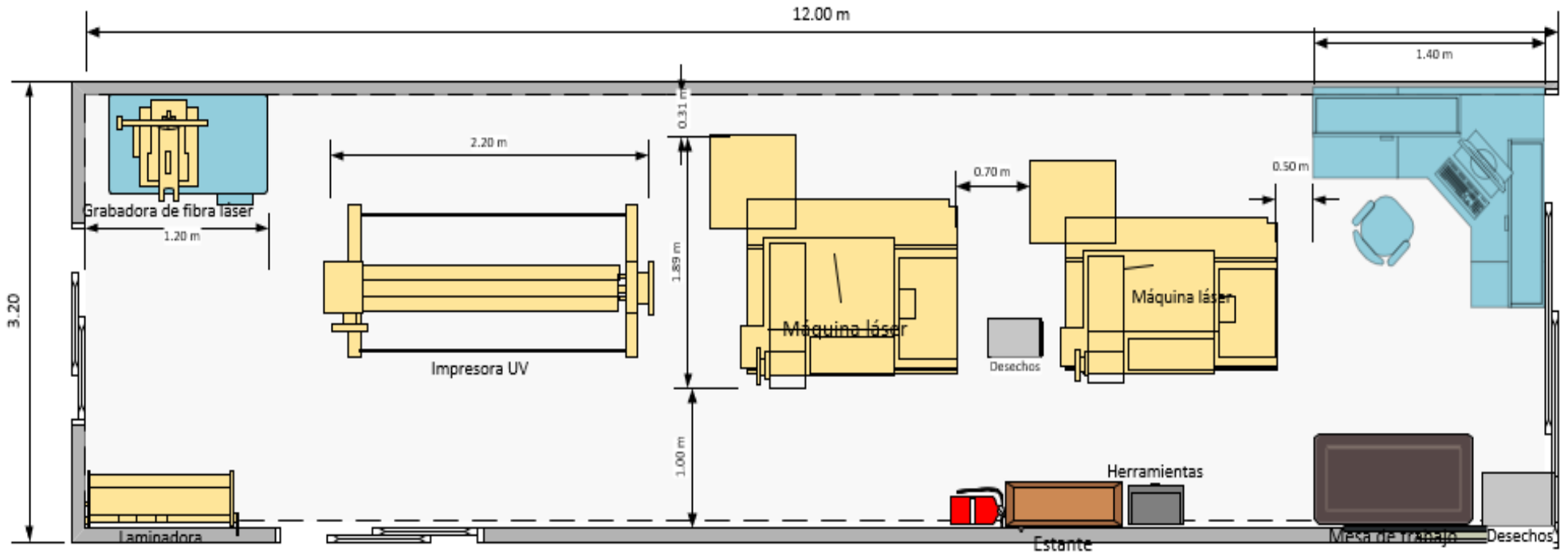
En la Figura 34 se puede observar una optimización del diagrama de recorrido al trabajar con las dos máquinas láser (se hace únicamente con estas porque las otras máquinas aún están en proceso de instalación y aún no se emplean para producir. Cabe resaltar que la láser nueva empezó a usarse como complemento del trabajo hasta el 20 de junio del 2022).

La Figura 35, por su parte, muestra la proyección del espacio de trabajo una vez se culmine la etapa 2 de la construcción. Se puede notar que el espacio también sería ampliado para un total de 57.6 m². Esto permitirá que exista un espacio limpio, controlado y con las condiciones técnicas para trabajar con la impresora UV, en la otra sección se unificarían solamente las máquinas con tecnología láser y en el tercer aposento, una bodega para guardar las materias primas, herramientas y stock de productos de forma ordenada.

Se puede evidenciar también, la utilización de mesas de trabajo, donde se pueden llevar a cabo tareas como ensamble, pintura, empaque y colocación de materiales en estado WIP, colocación de extintores en zonas estratégicas, apertura al uso de recipientes para desechos de distinta índole. A nivel de espacio, orden,

distribución de las localidades la mejora y oportunidad de continuar implementando estrategias en el negocio es evidente.

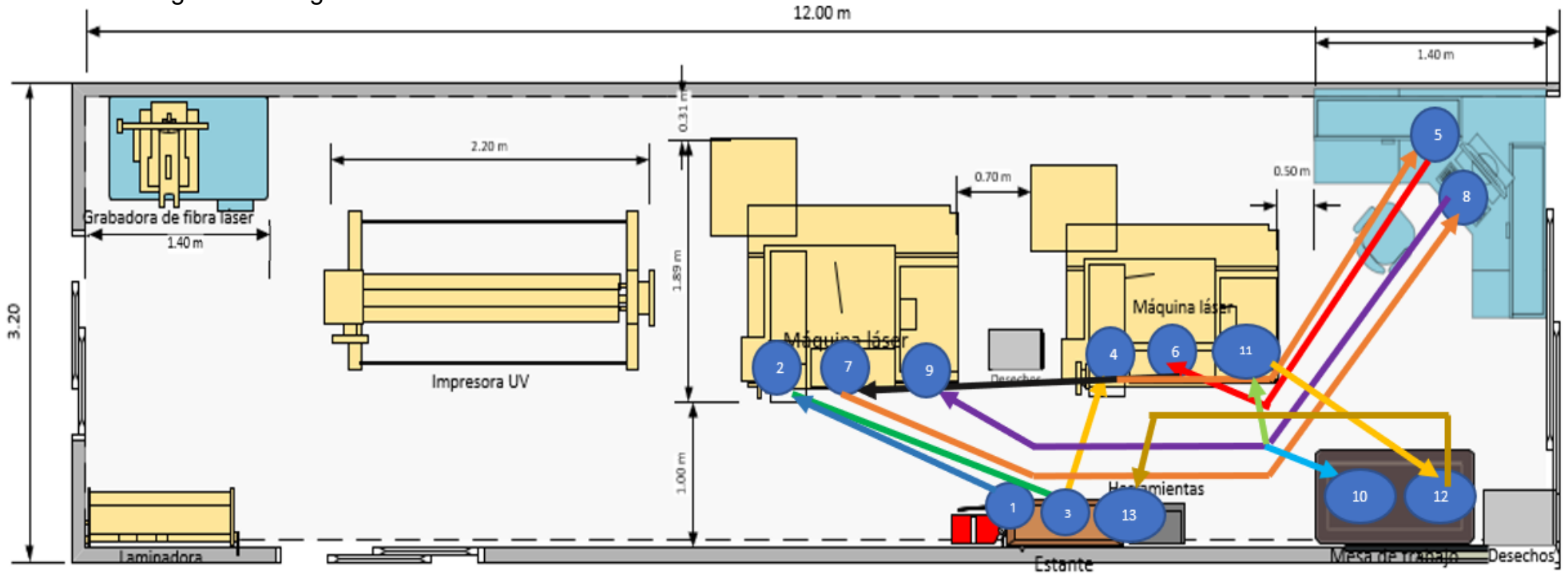
Figura 33. Distribución del taller de Innoláser en fase 1 de remodelación



Nota Esta distribución es como se encuentra el taller actualmente al ser 01 de julio del 2022. Fuente: elaboración propia

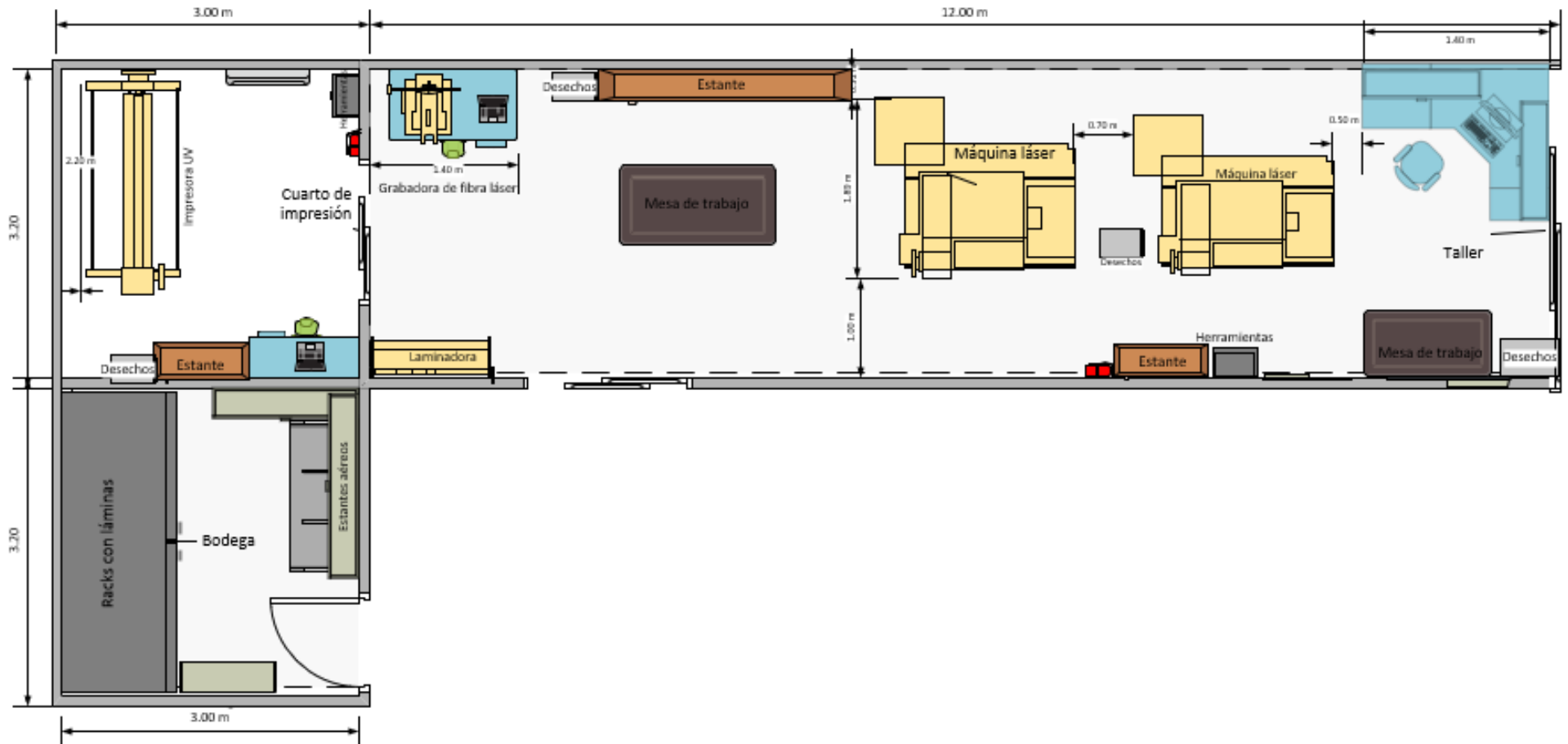
La construcción de la fase 2 del taller proyecta ser iniciada el 27 de agosto del 2022 y el tiempo de mano de obra para su culminación se estima será para el mes de noviembre del año en curso.

Figura 34. Diagrama de recorrido con taller en fase 1 de remodelación



Nota El diagrama no contempla el proceso completo, solamente corte y grabado de un mismo artículo. Fuente: elaboración propia

Figura 35. Distribución proyectada del espacio de trabajo de Innoláser



Nota Este diagrama se basa en la proyección finalizada del taller tras la fase 2 de remodelación. Fuente: elaboración propio.

5.2.3 Diseño de trabajo

Tomando como base los diagramas de recorrido expuestos en los capítulos anteriores, el diagrama de proceso y las observaciones directas, se procede a efectuar un comparativo entre ejecución de actividades según 3 panoramas, para demostrar en la Tabla 23 las actividades realizadas, con el fin de poder estimar a cuánto equivale la reducción propuesta al modificar ligeramente el espacio físico y la planeación de trabajo diario.

Recordar que en el Capítulo 4, para la actividad de corte y grabado, la empresaria hacía 11 movilizaciones, donde la cantidad de traslados prácticamente igualaba la cantidad de operaciones que sí agregaban valor en el producto. En este diagrama se optimiza la planificación de este proceso de la siguiente manera:

Tabla 23. Comparativo de gestión operacional para corte y grabado bajo tres perspectivas.

Consecutivo de actividades operando una máquina, sin planificación de actividades y con distribución inicial del taller	Consecutivo de actividades planificadas operando una máquina y con distribución del taller en fase 1 de remodelación	Consecutivo de actividades planificadas operando dos máquinas y con distribución del taller en fase 1 de remodelación
1-Encender máquina 2-Traslado a computadora 3-Ajuste de parámetros digitales 4-Traslado a estante con materia prima 5-Tomar materia prima 6-Traslado a máquina 7-Acomodar lámina en cama de trabajo 8- Verificar distancia focal 9- Traslado a computadora 10- Ajustar parámetros de corte digital e iniciar corte 11- Traslado a máquina	1-Tomar materia prima de estante 2-Traslado a máquina 3- Acomodo de material en cama plana 4- Ajustar distancia focal 5- Encender máquina 6- Traslado a computadora 7- Ajustar parámetros de diseño y corte e iniciar corte 8- Traslado a máquina 9- Inspección de corte 9- Traslado a computadora 10- Actividad de diseño o administrativa 11- Traslado a máquina	1-Tomar materia prima de estante 2-Traslado a máquina M2 3- Acomodo de material en cama plana 4- Ajustar distancia focal 5- Encender máquina M2 6- Traslado a estante 7- Tomar materia prima de estante 8- Traslado a máquina M1 9- Acomodo de material en cama plana 10- Ajustar distancia focal 11- Encender máquina M1 12- Traslado a computadora

12- Inspección de distancia focal y corte 13-Traslado a computadora 14-Actividad de diseño o administrativa 15-Traslado a máquina 16-Retirar piezas y desechos 17- Traslado a sala 18-Poner piezas en algún lugar 19-Traslado a máquina 20- Tomar desechos 21-Traslado a estante 22- Posicionar desechos 23- Traslado a computadora 24- Verificar otro archivo por cortar	12- Retirar piezas y desechos 13- Botar desechos en basurero al lado de máquina 14- Traslado a mesa dentro del taller 15- Colocar piezas en mesa 16- Traslado a estante 17- Tomar materia prima de estante para nuevo corte	13- Ajustar parámetros de diseño y corte e iniciar corte en ambas máquinas 14- Traslado a máquina M2 15- Inspección de corte 16- Traslado a máquina M1 17- Inspección de corte 18- Traslado a computadora 19- Actividad de diseño o administrativa 20- Traslado a máquina M2 21- Retirar piezas y desechos 22- Botar desechos en basurero al lado de máquina 23- Traslado a mesa 24- Colocar piezas en mesa de trabajo dentro del taller 25- Traslado a máquina M1 26- Retirar piezas y desechos 27- Botar desechos en basurero al lado de máquina 28- Traslado a mesa 29- Colocar piezas en mesa de trabajo dentro del taller 30- Traslado a estante 31- Tomar materia prima de estante
---	--	--






Fuente: elaboración propia

Con este método, se están incurriendo en 17 operaciones, 2 inspecciones y 12 traslados de dos máquinas, operando una de ellas se reduce a 10 operaciones, una inspección y 7 traslados, contrario a las 11 operaciones, 11 traslados y una inspección de la primera evaluación, lo cual denota que las actividades planificadas se centran en operaciones que agregan valor en la producción final del artículo y que promueven una mejora manera de ejecutar el trabajo para el operador.

La mejora incluye conocer cuáles pedidos tienen prioridad según fecha de entrega y complejidad de producción, así como planificar cuáles serán las tareas al iniciar el turno, también, definir cuáles cortes y grabados se realizarán a lo largo del día. Numéricamente, la gestión de estas operaciones se refleja con una reducción del 25% de actividades laborales que no suman valor con respecto al primer diagrama evaluado.

Con respecto al tiempo, la reducción es de 26% y la distancia recorrida se reduciría un 42% con la propuesta manifestada y visible en el Apéndice D tras la ejecución de un cursograma analítico.

Tabla 24. Cálculo de la economía de diagrama de recorridos en gestión operacional para corte y grabado con planificación diario del trabajo.

RESUMEN				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.
	Operación	12	10	-17%
	Transporte	10	7	-30%
	Inspección	2	1	-50%
	Espera	0	0	0%
	Almacenaje	0	0	0%
Total de Actividades realizadas		24	18	-25%
Distancia total en metros		26	15	-42%
Tiempo min/hombre		74	55	-26%

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, se realiza también un comparativo de actividades, tiempo y recorrido manipulando dos máquinas láser a la vez, con planificación de actividades y nueva distribución del taller. Para el cálculo realizado con el cursograma analítico del Apéndice D, se estipula el corte de la misma cantidad y tipo de pieza, obteniéndose como resultado un aumento en operaciones del 29%, aumento de distancia en 44% (recordar que el taller se amplió) y una reducción del tiempo en 11%. Como es posible notar, hay una centralización en actividades que suman valor donde el aumento de transportes es solo de un 20% trabajando con dos equipos, se puede tomar de referencia la medición efectuada en el apéndice E.

Como parte de la gestión de tareas y operaciones, se empieza a utilizar en la empresa una pizarra con el objetivo de fungir como un tablero Kanban, mostrado en

el apéndice F, en el cual se clasifica el tránsito de la fabricación según los diversos procesos generales que se identificaron en la empresa.

Este método resulta de utilidad para ordenar las operaciones, conocer las diversas etapas en las que se encuentra una orden exactamente para mejorar el trabajo colaborativo y, además, brindar un monitoreo visual del avance de un pedido, registrando la mayor cantidad de información para culminar con éxito el cumplimiento.

Las tarjetas Kanban son pensadas exclusivamente para la empresa. Puede verse en el Apéndice G que se incluye una separación por colores según la prioridad del pedido, siendo el rojo el más urgente y el verde aquellos pedidos con una ventana de realización más amplia.

Se incluyen aspectos como número de orden de trabajo asignada en la toma de las especificaciones de la venta, la cantidad de piezas, el ítem, la fecha de entrega, los periodos de inicio y fin de la producción, la cantidad de láminas o insumos usados a lo largo del proceso, espacios para anotar errores o desperdicios presentes que puedan ser corregidos después o que pudieron incidir en demoras, las potencias y velocidad usadas en la máquina, así como un espacio para escribir piezas desechadas (esto permite controlar la calidad).

Incluido en la tarjeta, hay una bitácora para que, cuando la tarjeta avance a la siguiente etapa en el tablero, se pueda registrar la hora y fecha en la que se culmina un subproceso y se inicia otro. Se plantea hacerlo de esta manera, para facilitar el llenado de la información y no se vuelva una tarea tediosa o que vaya a causar un sobrecargo mayor.

Al ser un documento que se encuentra a la mano, se propicia su uso porque no se deben anotar en la computadora u otros libros adicionales, sino que, en la misma pizarra, que está en el taller cerca de los equipos, se anota la información. Esta herramienta se vincula con la plantilla de Excel que se explicará más adelante, lo cual permite calcular indicadores de control y análisis para la toma de decisiones.

Entre las principales ventajas del uso de esta herramienta a corto plazo se enlistan:

- Medición del tiempo de ciclo.
- Organización del flujo de trabajo.
- Cumplir los tiempos de entrega.
- Distribución de tareas.
- Mejorar la calidad del producto.
- Evitar la acumulación de trabajo.
- Control de inventario.
- Control de tareas pendientes.

Con respecto a mejoras en el área logística, se genera una bitácora para que el transportista o persona encargada de llevar a cabo la mensajería por parte de Innoláser, pueda tener autonomía y a su vez, documente información relevante sobre la operación de reparto. Por lo tanto, en el apéndice H, el documento en mención incluye la fecha, número de orden entregada, el lugar de entrega, kilometraje inicial y final para calcular gasto de combustible, duración y planificación para culminar la ruta.

En caso de ser una encomienda, se debe anotar el costo de envío pagado. Así mismo, hay un espacio para escribir los problemas presentes y para que el cliente firme en señal de recepción de sus productos, Esto más que ser un papel extra por rellenar, supone un respaldo y un método de bajo costo para organizar tareas, adicionalmente de convertirse en una base de datos que permita hacer mejoras en esta área.

Adicional, se complementa este registro con el uso de recibos de entrega mostrado en el apéndice I. Este es un respaldo para la empresa y el cliente de la condición, cantidad y calidad del producto recibido. En caso de reclamos posteriores, se cuenta con un recibo que permite la verificación de la información y tener una trazabilidad de la razón del problema ocurrido.

5.2.3 Gestión de inventarios

En esta línea, el plan de gestión se enfoca en dos procesos predominantes como lo son los factores por considerar para la elección de proveedores y la gestión de inventarios. Con esto se busca establecer parámetros de calidad con fundamento técnico que le sirva como guía a Innoláser para la compra de materia prima la cual utilizan con mayor recurrencia como lo es el MDF, así como contar con un sistema que ayude a administrar el material disponible para producción.

La principal causa que explica inconvenientes durante la producción es la de reprocesos debido a material inadecuado, con un valor porcentual de 35% con respecto a los otros errores identificados, refiriéndose a que no hay estandarización ni normas para elegir proveedores de MDF ni el efecto que tienen los tipos de conglomerados al cortarlos con láser, ocasionando que se comentan fallos con la elección que repercuten en la inversión de horas laborales extra en tareas que no forman parte del flujo de procesos normales, así como pérdidas de materia prima, desechos de piezas por defectos, atrasos en la producción y por supuesto que un impacto económico para el negocio.

Relacionado con lo anterior, la compra de 31 láminas de MDF sin parámetros definidos ocasionó un retrabajo equivalente a 29.25 horas de lijado para la elaboración de 1003 proyectos vendidos por la temporada del día del padre. Considerando que el volumen del trabajo era alto, los recursos y personal de mano de obra muy limitados, así como plazos de entrega apremiantes, incurrir ese tiempo en una tarea correctiva tuvo una impresión en todos los ámbitos operativos: recargo de trabajo, cansancio físico y mental, aumento de la frecuencia de limpieza del taller, equipos sucios, paros en la producción, posponer tareas, gasto de otros insumos como lija, más consumo de electricidad y solo para dar una noción, considerando un costo por hora de mano de obra de 1500 colones, según lo establecido por el Ministerio de Trabajo para el primer salario con respecto al salario mínimo de un ayudante operario, se debería pagar extra 43 875 colones correspondiente a esas horas adicionales por reproceso, el cual, para una MiPYME, suele no estar

presupuestado y aunque sea un monto en apariencia bajo, limita las utilidades percibidas e incrementa el costo por errores en otro tipo de circunstancias.

Como se determinó, la compra de materia prima de MDF se efectúa según sea el precio ofrecido y si se asemeja organolépticamente a un tipo de lámina que, por la experiencia, no emita tanta carbonización, sin embargo, este método de compra es muy subjetivo.

De acuerdo con un artículo publicado por la empresa Universal Laser Systems (2014, p. 1), los efectos producidos por la energía del láser al interactuar con un material dependen en gran medida de la longitud de onda y nivel de potencia del láser, además de las características de absorción y composición química del objeto.

Para entender mejor el funcionamiento de una máquina láser y su interacción con el material a procesar, se puede explicar que estas utilizan un haz de luz concentrado de alta potencia que alcanza temperaturas extremadamente altas. El láser se calienta tanto que, en lugar de quemar la madera, la evapora. Este proceso ayuda a evitar que la madera emita un aspecto quemado a pesar de estar bajo un calor inmenso porque la madera se coloca bajo estrés térmico bajo.

Proporcionar cortes limpios en madera depende de tres factores clave a considerar en el material. En primer lugar, ocupa que, si es un conglomerado, sea hecho de un pegamento compatible. Si se usa el pegamento incorrecto y entra en contacto con un láser, la hoja comenzará a quemarse y emitir vapores, así como líquidos abrasivos. En segundo lugar, necesita la ausencia de espacios en el núcleo o vetas, de lo contrario, se formarán burbujas y agrietarán su madera. Finalmente, ocupa un producto que tenga la densidad y espesor adecuados (Universal Laser Systems, 2014, p. 2).

Al cortar material delgado y de baja densidad, el esfuerzo y energía requeridas por el láser es menor. El tema negativo con el MDF es que es un material denso, superior a 450 kg/m^3 , lo cual impulsa el uso de potencias muy altas y bajas velocidades con la máquina. Añadido, la goma con la que lo fabrican es tóxica, se


usan resinas y aditivos, generando interacciones del láser con el material que dan auge a vapores que contienen monóxido de carbono, acroleína y formaldehído, principalmente de la combustión de compuestos de celulosa. También se generan otros sólidos y partículas con altos puntos de ebullición. (Universal Laser Systems, 2014, p. 4).

El formaldehído es un compuesto químico orgánico inflamable y muy volátil. Su uso implica potenciales riesgos para la salud entre los que destacamos que es cancerígeno, mutágeno, sensibilizante y neurotóxico. Su utilización, por tanto, debe realizarse bajo unas adecuadas medidas de prevención entre las que destacan la información sobre su potencial riesgo para la salud además de otras medidas como su sustitución y/o la reducción al mínimo posible de su uso en la medida que sea técnicamente posible (Universal Laser Systems, 2014, p. 2).

Los puntos anteriores dejan en manifiesto tecnicismos que deben contemplarse al momento de comprar láminas de MDF, pues como se ejemplificó, la elección de un buen material incidirá también en la vida útil del equipo, la calidad del producto final y hasta en la salud del operador. Se propone utilizar la siguiente ficha técnica mostrada en la Figura 36 como referencia a la elección de MDF, gracias a una recopilación de las investigaciones efectuadas sobre dicho tema. Esta será una guía de los requerimientos, composición físico-mecánica y consideraciones especiales que tendrá la empresa como punto mínimo para preferir a un proveedor sobre otro.

Como puede leerse en la ficha, se incluyen consejos sobre cómo almacenar la materia prima de manera horizontal para evitar que se pandeen las láminas, ya que este era un aspecto que resaltó entre las principales problemáticas que causaban desperdicios. Provisionalmente, se almacenan los pliegos en un aposento de la casa en dicha posición, mientras proceden con la construcción de la bodega en la que se acondicionarán racks cuidando este punto.

Figura 36. Guía de compra de MDF según características

FICHA DE ESPECIFICACIONES PARA COMPRA DE MDF ESTÁNDAR	
MATERIAL	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
	<p>MDF significa Medium Density Fiberboard (Tablero de fibras de densidad media). Está hecho a partir de fibras de madera principalmente pino (85%) y resinas adhesivas, cera y urea (15%) mediante un proceso de alta presión y temperatura.</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS PARA UN MEJOR DESEMPEÑO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Densidad cercana a 600 kg/m³ o menos • Emisión de formaldehído E1 ≤ 8 • Tolerancia en espesores de 3, 4 y 5 mm +0.15 a 0.20 • Sellos de calidad • Humedad 4-10% • Marcado CE
RECOMENDACIONES AL TRABAJAR CON MDF Y LÁSER	SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA TRABAJAR
<p>1 Evite la exposición directa o prolongada a la luz del sol</p> <p>2 Evite colocar los tableros en contacto directo con fuentes de calor</p> <p>3 El transporte del tablero por unidad se recomienda hacerlo al menos entre dos personas, en lo posible en forma vertical.</p> <p>4 El mejor lente para el procesamiento de materiales naturales orgánicos mediante láser es el 2.0</p> <p>5 Considerar área de la lámina para ajustarla en panel</p> <p>6 La potencia debe oscilar entre 20 y 100 W según la tarea a ejecutar</p> <p>7 Debe verificarse el flujo de aire en la boquilla del láser esté activo al cortar y grabar las láminas por su potencial de ignición</p> <p>8 El pegado de este material en sí mismo debe realizarse con cola fría o de contacto.</p> <p>9 El panel de trabajo con MDF debe ser plano, limpio, libre de impurezas y con tolerancia al espesor.</p> <p>10 Verificar que las láminas no tengan rayaduras visibles, manchas, partes astilladas o bordes golpeados</p> <p>11 Verificar que el proveedor almacene adecuadamente las láminas garantizando su calidad</p> <p>12 El sistema de extracción debe ser mínimo de 550W para corte de MDF. Siempre debe estar encendido</p>	<p>Se recomienda Máscaras EN 140 con filtros</p> <p>Gafas para la protección de láser y vapores</p> <p>Guantes preferiblemente de nitrilo, butilo o neopreno</p> <p>Ropas de protección antiadherentes (delantal)</p> <p>Zapatos de seguridad cerrado</p>
<p>MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO</p>	
<p>El tablero debe ser almacenado, en lo posible, en forma horizontal, sobre una base plana, rígida y aislada del suelo mediante separadores</p>	<p>Coloque los tableros 2" a 1" sobre la pila</p> <p>Proteja las superficies para evitar daños por golpes</p> <p>Extienda un plástico o material similar sobre el paquete</p> 

Nota Parámetros se establecen según recuperación de recomendaciones y criterios técnicos de proveedores de máquinas CNC y organismos internacionales como ANSI y AENOR. Fuente: elaboración personal.

Como apoyo de elección también, el checklist de evaluación de proveedores de la Figura 37 es una nueva herramienta implementada como parte del proceso de mejora, donde cuantitativa y cualitativamente se establecen factores de calificación para mejorar la calidad de los materiales adquiridos.

Es importante que la PYME, una vez definidos los factores mínimos para comprar MDF, pueda empoderarse para seleccionar entre los tipos de materiales que le ofrezcan los distribuidores y contar con el conocimiento suficiente para inclinarse por un proveedor en específico.

Se toman en cuenta para la evaluación la entrega, porque en épocas de alta demanda se necesita que el producto se pueda recibir rápido; calidad y especificaciones para garantizar que las láminas cumplan con los requisitos vistos con anterioridad y proporcionar un adecuado procesamiento, así como evitar retrabajos; documentación y garantías siendo este un punto decisivo de la resolución ante inconvenientes y del respaldo con la compra; servicio post venta; relación entre la competitividad del precio; capacidad de abastecimiento manteniendo la calidad y finalmente la guía técnica que puedan brindar.

Tras la evaluación, se obtendrá una calificación preliminar que servirá para conocer la fiabilidad del suministrador y proceder con la compra consciente, además de funcionar como una base de datos de empresas a las cuales recurrir clasificados.

Como parte del proceso de mejora en esta área, en los Anexos 1, 2 y 3, se detallan las fichas técnicas de dos tipos de MDF que pueden ser opciones de compra, pues cumplen con los detalles buscados. Estos son distribuidos por Policenter y por Distribuidora Alfaro (Caxi). La ventaja competitiva de un proveedor a otro radica en el precio y cercanía del local al taller, ya que ambos poseen un buen efecto al cortarlo con láser, dando una clara señal de que será menos abrasivo y por tanto se cuidarían más los componentes de la maquinaria, extendiendo la vida útil de la misma.

Figura 37. Checklist para calificación de proveedores de MDF

CARACTERÍSTICAS		PUNTAJE	CRITERIOS	CUMPLIMIENTOS	CALIFICACIÓN
CUMPLIMIENTO Y ENTREGA	Entre 4,5 y 5,0	EXCELENTE.- El material se entregó antes de lo estipulado, menos de 24 horas			0.0
	Entre 3,9 y 4,4	BUENO.- El material se entregó en la fecha estipulada, menos de 48 horas			
	Entre 3,0 y 3,8	REGULAR.- El material se entregó posterior a la fecha estipulada, entre 48 a 72 horas			
	Entre 0,0 y 2,9	NO CUMPLE.- El material se entregó en fecha posterior a la estipulada, superior a 72 horas			
CALIDAD Y CUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	Entre 4,5 y 5,0	EXCELENTE.- Supera las expectativas de las especificaciones técnicas establecidas. Tiene más de 3 certificaciones internacionales de calidad y/o responsabilidad ambiental			0.0
	Entre 3,9 y 4,4	BUENO.- Cumplió con los requisitos de densidad y especificaciones técnicas. Posee 2 certificaciones de calidad internacionales.			
	Entre 3,0 y 3,8	REGULAR.- Faltó a uno o más requisitos y/o especificaciones técnicas. Solo posee una norma de calidad internacional.			
	Entre 0,0 y 2,9	NO CUMPLE.- Presenta inconformidades graves en la calidad y cumplimiento de especificaciones técnicas exigidas, no posee parámetros de calidad internacional.			
DOCUMENTACIÓN Y GARANTÍAS	Entre 4,5 y 5,0	EXCELENTE.- Mantiene actualizado su documentación. Las materias primas se compran de proveedores cuyas certificaciones, normas y fichas técnicas son de fácil acceso digital.			0.0
	Entre 3,9 y 4,4	BUENO.- Presenta su documentación y/o actualiza su registro, aporta fichas técnicas al solicitarlas, así como comprobantes de certificaciones o normas de casa matriz			
	Entre 3,0 y 3,8	REGULAR.- No actualiza los documentos y no tiene control vigente de fichas técnicas y normas			
	Entre 0,0 y 2,9	NO CUMPLE.- No posee del todo documentos de control ni certificaciones, fichas técnicas ni normas			
SERVICIO POSTVENTA	Entre 4,5 y 5,0	EXCELENTE.- Lleva control postventa sobre la calidad y/o correcto funcionamiento del bien comprado, sin petición y/o requerimiento.			0.0
	Entre 3,9 y 4,4	BUENO.- Atiende las peticiones y/o requerimientos, se preocupa por garantizar la calidad del bien			
	Entre 3,0 y 3,8	REGULAR.- Atiende en forma desobligada a las peticiones y/o requerimientos frente a la calidad y correcto funcionamiento del bien.			
	Entre 0,0 y 2,9	NO CUMPLE.- Desatiende del todo o atiende tardíamente las peticiones y/o requerimientos frente a la calidad y correcto funcionamiento del bien			
PRECIO	Entre 3,0 y 5,0	EXCELENTE: El precio es competitivo			0.0
	Entre 0,0 y 2,9	NO CUMPLE: el precio no es competitivo			
CAPACIDAD	Entre 4,5 y 5,0	EXCELENTE: Puede proveer materiales con periodicidad de la misma calidad, siempre tiene abastecimiento			0.0
	Entre 3,9 y 4,4	BUENO: Provee materiales con periodicidad pero de diferente calidad que aún se ajusta a los requerimientos			
	Entre 3,0 y 3,8	REGULAR: Se desabastece de producto por periodos no superiores a 7 días, cuando se suplente de material, mantiene la calidad			
	Entre 0,0 y 2,9	NO CUMPLE: Se desabastece de materiales de calidad requerida y estos tardan más de 22 días en ingresar, ofrece otros tipos que no se ajustan a lo necesitado			
SOPORTE TÉCNICO	Entre 4,5 y 5,0	EXCELENTE: La asesoría es oportuna y acertada aun sin solicitarla, ofrece una gama de productos nuevos de alta calidad			0.0
	Entre 3,9 y 4,4	BUENO: Realiza asesoría cuando se requiere.			
	Entre 3,0 y 3,8	REGULAR: La asesoría es ocasional.			
	Entre 0,0 y 2,9	NO CUMPLE: No realiza el servicio de asesorías			
PROMEDIO					0.0
Criterios de Calificación Definida	PUNTAJE	RESULTADO			
	4,5 - 5,0	Excelente - Proveedor confiable y recomendado.			
	3,9 - 4,4	Bueno - Proveedor confiable.			
	3,0-3,8	Regular - Proveedor poco confiable. Condicionado			
	0,0 - 2,9	No Confiable - Proveedor NO confiable. Restringido.			
OBSERVACIONES:					
RESPONSABLES:					

Fuente: elaboración propia

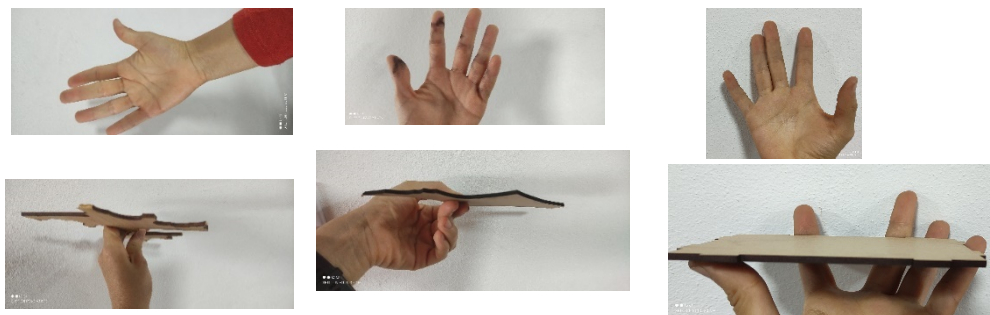
En la siguiente, se compara la viabilidad de compra entre tres tipos de MDF disponibles en Costa Rica. Se comprueba que entre menor sea la densidad del material, su reacción al corte láser será de mejor calidad. La materia prima cuyo resultado implicó menos hollín en el borde de la lámina fue el de marca Trupan, comprada en Policenter. Sumado a ello, su casa matriz ha garantizado un respaldo superior de su composición fisicoquímica a través de certificaciones internacionales, sin embargo, las láminas KronosPan son también una excelente opción contemplando las características y el precio del conglomerado, por lo que conviene comprar de estas piezas como primera opción, aprovechando que el proveedor se encuentra más cerca del taller, siendo esto reflejado en menor precio de flete.

Tabla 25. Comparativo de calidades de MDF de distribuidores en Costa Rica y su efecto al procesarlo con láser.

COMPARATIVO DE TRES TIPOS DE MDF DISTRIBUIDOS EN COSTA RICA

Proveedor	Policenter	Caxi	Caxi
<i>Marca</i>	Trupan	Masisa	Kronospan
<i>Densidad</i>	725 kg/ m ³	820 kg/ m ³	770 kg/ m ³
<i>Espesor</i>	3 mm	3 mm	3 mm
<i>Tolerancia espesor</i>	-/+0,15 mm	+/- 0.2 mm	+/- 0.2 mm
<i>Certificaciones</i>	FSC, ISO 14001, OHSAS 18001, PEFC, TSCA ISO 9001 CE SCS	SCS CE FSC ISO 22196 JIS Z 2801	EN322, IQL35, ISO3340, EN324, EN120, IQL139, EN323, EN322,
<i>Precio</i>	¢10 900	¢5900	¢7190
<i>Humedad</i>	5% y 11%	5% y 11%	7.5 %
<i>Emisión de formaldehído</i>	E1	E1	E1

Efecto de carbonización en corte sobre material



Potencia de corte

40 W

70 W

43 W

Velocidad de corte

26 mm/s

15 mm/s

26 mm/s

Nota Información se recopila de fichas técnicas disponibles en las páginas web de los proveedores. Fuente: elaboración personal.

Ahora bien, para satisfacer la problemática relacionada a la gestión de inventarios, se idea un Excel para la empresa con diversas pestañas que ayudan a llevar un mejor control de materias primas e incluso a nivel administrativo les proporciona la opción de registrar datos de forma sencilla.

A continuación, se señala el funcionamiento y la información desplegable de esta plantilla dedica principalmente a vincularse con área de producción, ventas, compras, movimientos de inventario de materias primas, control de pagos, reportes de distinta índole y aunado a esto, un sistema de costeo básico como referencia para que la empresaria pueda contemplar los rubros mínimos al momento de dar un precio y no hacerlo bajo propio juicio o por comparativa de otros negocios de similar actividad económica.

Especialmente para inventarios, se procede a agregar las compras efectuadas durante junio y julio como parte del proceso de implementación de mejoras y con el objetivo de poder capacitar en el uso de esta nueva herramienta.

La tabla 26 muestra la primera parte de la plantilla en la cual se registran las compras de los materiales, para ello se indica la fecha de adquisición además del día en que ingresa al taller pues no siempre coinciden ambos periodos. De esta

manera también se puede controlar los plazos de entrega de proveedores para la evaluación de estos y determinar si la disponibilidad es adecuada.

Posteriormente, se registra el número de factura, el nombre del distribuidor, la categoría del material generalizado y el código interno asignado a este tipo de insumo. Esto último es importante porque el documento al identificar el código, rellena información relacionada como lo son el nombre exacto y el espesor del artículo.

La empresaria debe rellenar la unidad, la cantidad adquirida y las dimensiones de los pliegos para que el archivo de forma automática calcule el área disponible para producir. Así mismo, coloca el precio exento de la materia prima, esto calculará el monto correspondiente al IVA.

Como parte de las mejoras del costeo de los productos, se explica a encargada que el monto por flete del material a su taller debe tomarse en cuenta, por lo que esta plantilla contempla este rubro para saber con exactitud el costo unitario de las materias primas. Con ello, se puede totalizar individualmente la tarifa cancelada y su implicación toda la compra.

Se pretende que, con este sistema de registro de compras de materiales, no solo le sirva a la empresa como un registro de la cantidad ingresada por categoría, sino que funciona de respaldo para las declaraciones trimestrales tributarias que debe declarar ante del Ministerio de Hacienda, haciendo más factible el cálculo de impuestos asociados a la actividad económica del régimen simplificado.

Tabla 26. Plantilla para registro de compras de materias primas en Innoláser.

BASE DE DATOS DE COMPRAS DE MATERIA PRIMA																			
Fecha compra MP	Fecha entrada	Plazo entre ga	Factura No.	Proveedor	Categoría MP	Código	Materia prima	Espesor (mm)	Und	Cantidad	Ancho	Largo	Área cm ²	Exento	IVA	Precio Unitario con IVA	Flete	Costo Unitario con flete	Total
21/6/2022	22/6/2022	1	49405	DISTRIBUIDORA ALFARO (CAXI)	MDF	A14	MDF	3	Láminas	20	122	244	595360	€ 6 362,84	€ 827,17	€ 7 190,01	€ 8 000,00	€ 7 590,01	€ 151 800,18
21/6/2022	22/6/2022	1	49405	DISTRIBUIDORA ALFARO (CAXI)	Madera suave	A06	Plywood	3,6	Láminas	2	122	244	59536	€ 9 010,83	€ 1 171,41	€ 10 182,24	€ -	€ 10 182,24	€ 20 364,48
22/6/2022	22/6/2022	0	11804	POLICENTER	Otros plásticos	A04	Acrílico incoloro	3	Láminas	0,5	122	244	14884	€ 19 376,43	€ 2 518,94	€ 21 895,36	€ 5 500,00	€ 27 395,36	€ 27 395,36
4/7/2022	4/7/2022	0	12128	POLICENTER	Otros plásticos	A04	Acrílico incoloro	3	Láminas	2	122	244	59536	€ 38 863,73	€ 5 052,28	€ 43 916,01	€ 5 500,00	€ 46 666,01	€ 93 332,03
20/7/2022	22/7/2022	2	50514	DISTRIBUIDORA ALFARO (CAXI)	MDF	A14	MDF	3	Láminas	30	122	244	893040	€ 6 362,84	€ 827,17	€ 7 190,01	€ 15 501,00	€ 7 706,71	€ 231 201,28
21/7/2022	22/7/2022	1	50536	DISTRIBUIDORA ALFARO (CAXI)	MDF	A09	Melamina	3	Láminas	5	183	250	228750	€ 11 886,00	€ 1 545,18	€ 13 431,18	€ -	€ 13 431,18	€ 67 155,90

Nota El documento se rellena basado en la información suministrada por la empresa durante los meses evaluados. Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que este documento de Excel está confeccionado de forma que los datos se despliegan con facilidad en listas y cálculos automáticos para hacer óptimo su funcionamiento, tratando de que la inversión de tiempo en actividades de llenado de formularios sea la menor posible. Además, se usa un sistema de tipo Poka Yoke y Andon donde los tonos a llenar por la empresaria son claros y los que ejecuta Office por su cuenta son colores oscuros para. Esta guía visual también ayuda a minimizar errores.

Siguiendo en esta línea, el Excel posee una sección especial para administrar las ventas. Recordar que en el capítulo 4 se ejemplificó el tipo de documento usado en Innoláser para el registro de pedidos. Este presentaba una serie de inconvenientes, ya que no era de uso intuitivo ni amigable para la comprensión por un tercero. Además, no permitía conglomerar información totalizada para un posterior análisis. En las tablas 27 y 28 se puede ver las partes que conforman este módulo. En seguida se justifica la razón de integrar estos elementos en cada columna.

- Fecha de depósito confirmatorio: Corresponde al día en que el cliente realiza su primer abono como señal de aceptación de la cotización, es el punto inicial de una orden.
- Orden de trabajo: número interno asignado para la producción del pedido en específico.
- Cliente y su teléfono: información del contacto de la persona que realiza el pedido. Funge como el inicio de una base de datos que puede ser usada para la difusión de anuncios de mercadeo en el futuro.
- Ítem del producto: código interno de artículo vendido.
- Categoría del producto: caracterización del artículo vendido.
- Especificaciones: detalles adicionales sobre el diseño, modificaciones y criterios para la producción del bien.
- Cantidad de ítems: total de piezas vendidas por ítem.
- Precio unitario del producto: tarifa de venta cotizada y avalada por el cliente.
- Total sin envío: multiplicación de la cantidad de ítems y el precio unitario del producto vendido.
- Metodología de envío: selección de la modalidad escogida por el cliente entre retiro en el taller, mensajería ejecutada por Innoláser, encomienda o Correos de Costa Rica.
- Provincia, cantón, distrito y señas de envío: información relacionada a la dirección exacta al cual debe enviarse el artículo vendido. Se piensa en hacer la toma de estos datos de dicha manera para facilitar la confección de guías Web en envíos realizados por medio de Correos de Costa Rica.
- Costo de envío: tarifa asignada adicional al producto como parte de la modalidad elegida por el cliente para el transporte de los artículos.
- Zona de envío: categorización general para identificar si la venta fue en el GAM o fuera de él, con el fin de analizar a futuro dónde se centralizan las ventas e incurrir en oportunidades de negocio.

- Total de pedido incluyendo envío: suma del monto total sin envío y el costo adicional por transporte. Esta cifra designa el rubro completo de lo que debe pagar el cliente por su orden.
- Fecha de entrega solicitada: día solicitado por el cliente para recibir su compra.
- Saldo pendiente: es la diferencia entre el total del pedido incluyendo el envío y la sumatoria de abonos realizados por el cliente.
- Prioridad: se subdivide en alto, medio y bajo según el criterio de cantidad y proximidad con la fecha de entrega. Esta clasificación determina la pauta de producción y el orden de procesamiento.
- Estatus: indica el proceso en el cual se encuentra la orden de manera generalizada, donde se especifica si está pendiente de iniciarse, si fue entregado, enviado o en su defecto, si se encuentra aún en producción.
- Tracking: esta casilla es especial para escribir el número de guía Web cuando el pedido se envía por Correos de Costa Rica o encomienda. Permite dar al cliente el desglose necesario para que pueda dar seguimiento a su orden y evita tener que revisar vouchers pasados.
- Fecha de envío: día en el cual se procede con el transporte del artículo para su entrega. Esta casilla no es aplicable para retiros en el taller por parte de un cliente.
- Fecha de entrega real: día específico en el cual el cliente recibe su orden.
- Recibo de entrega: para entregas efectuadas por Innoláser, como parte del proceso de trazabilidad y mejora, se comenzó a usar un documento que respalda tanto la calidad como la cantidad de los artículos entregados. En él, el cliente firma en señal de consentimiento de los productos recibidos.
- Observaciones: este espacio está destinado para anotar cualquier detalle importante sobre el pedido, como lo son descuentos, peticiones extra, algún inconveniente que ocurriera a lo largo del proceso de compra o información relevante que deba tomarse en cuenta en el registro.

Tabla 27. Plantilla para la toma de pedidos en Innoláser parte 1

BASE DE DATOS DE VENTAS												
Fecha depósito confirmatorio	Orden de trabajo	Cliente	Teléfono	Ítem producto	Categoría Producto	Especificaciones	Cantidad items	Precio Producto unitario	Total sin envío ¢	Metodología Envío	Provincia envío	Cantón envío
22/7/2022	1	EVELYN GUILLEN	83950381	MAD-13	Portarretrato	Portarretrato corazón	154	1250	¢ 192 500,00	Innoláser	Alajuela	Alajuela
22/7/2022	2	NANCY RM		PAST-02	Alisador	Alisador Acrílico	1	2600	¢ 2 600,00	Cliente retira	N/A	N/A
22/7/2022	2	NANCY RM	72701989	PAST-16	Base pastelería	Base moldeadora acrílico	1	1500	¢ 1 500,00	Cliente retira	N/A	N/A
22/7/2022	2	NANCY RM		PAST-08	Alisador	Alisador Acrílico	1	2600	¢ 2 600,00	Cliente retira	N/A	N/A
22/7/2022	2	NANCY RM		PAST-09	Alisador	Alisador Acrílico	1	2600	¢ 2 600,00	Cliente retira	N/A	N/A
22/7/2022	3	Marcela San Ramór	85139658	MAD-25	Caja	Caja mamá con flor	232	1900	¢ 440 800,00	Cliente retira	N/A	N/A

Nota El documento se llenó con información proporcionada de ventas por la empresa durante el periodo de implementación. El documento original se fracciona con la finalidad de que se pueda visualizar bien las celdas y la información de cada columna. Fuente: elaboración personal

Tabla 28. Plantilla para la toma de pedidos en Innoláser parte 2.

Distrito Envío	Señas envío	Costo de envío	Zona envío	Total pedido con envío	Fecha de entrega solicitada	Saldo pendiente	Prioridad	Estatus	Tracking	Fecha envío	Fecha de entrega real	Recibo de entrega	Observaciones
San José	Escuela del Coyo	¢ -	GAM	¢ 192 500,00	28/7/2022	#¡REF!	Media	En producción					Se realiza descuento por c
N/A	N/A	¢ -	N/A	¢ 2 600,00	23/7/2022		Alta	Producción lista	N/A	N/A	23/7/2022		
N/A	N/A	¢ -	N/A	¢ 1 500,00	23/7/2022	#¡REF!	Alta	Producción lista	N/A	N/A	23/7/2022		
N/A	N/A	¢ -	N/A	¢ 2 600,00	23/7/2022		Alta	Producción lista	N/A	N/A	23/7/2022		
N/A	N/A	¢ -	N/A	¢ 2 600,00	23/7/2022		Alta	Producción lista	N/A	N/A	23/7/2022		
N/A	N/A	¢ -	N/A	¢ 440 800,00	29/7/2022		Media	En producción					

Nota El documento se llenó con información proporcionada de ventas por la empresa durante el periodo de implementación. El documento original se fracciona con la finalidad de que se puedan visualizar bien las celdas y la información de cada columna. Fuente: elaboración personal.

Este Excel tiene la particularidad que cuenta también con una pestaña que resume la información de la plantilla tras su llenado por medio de tablas dinámicas, haciendo más sencilla la elección de parámetros para su control. Tal es el caso del Apéndice J, el cual permite visualizar por ítem la totalidad de piezas según su estatus. Esta herramienta es muy útil, ya que cada variable introducida en el Excel puede actualizarse en la tabla para obtener información correlacionada y conglomerada. Por otro lado, se tiene la posibilidad de filtrar información en caso de ocupar evaluar un dato en especial.

Por su parte, para que el saldo se calcule rápido y con exactitud, se coloca una pestaña exclusiva para el control de abonos realizados por los clientes. La propietaria debe ingresar la fecha, la manera en el cual le pagaron, establecer a cuál orden de trabajo corresponde el dinero y el monto.

Tabla 29. Control de abonos realizados por clientes debido a compra de productos

Fecha	Medio pago	Orden de trabajo	Cliente		Monto
22/7/2022	Transferencia bancaria	1	Evelyn Guillén	₡	25 000,00
23/7/2022	Sinpe	2	Nancy RM	₡	2 500,00

Fuente: elaboración personal.

La tabla dinámica mostrada en la tabla 30, se vincula a este registro, dará información confiable sobre los rubros totales clasificados por cliente y subdividido en orden de trabajo, haciendo el proceso de inspección de cuentas por cobrar más llevadero.

Tabla 30. Tabla dinámica que conglojera información de abonos por cliente

Fecha	(Todas)
Etiquetas de fila	Suma de Monto
▣ Evelyn Guillén	25000
1	25000
▣ Nancy RM	2500
2	2500
▣ (en blanco)	
(en blanco)	
Total general	27500

Fuente: elaboración personal.

En la misma pestaña de ventas, se sitúan otras columnas para tener un registro de aspectos productivos. Se realiza en esa misma parte del documento para que la información se interrelacione según el ítem. La tabla 31 muestra los datos incluidos.

Tabla 31. Plantilla para registro de datos de producción en Innoláser.

BASE DE DATOS DE VENTAS											REGISTROS PARA PRODUCCIÓN													
Fecha depósito confirmatorio	Orden de trabajo	Cliente	Ítem producto	Categoría Producto	Especificaciones	Cantidad items	Fecha de entrega solicitada	Saldo pendiente	Prioridad	Estatus	Fecha de entrega real	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área de corte (cm2)	Tiempo de corte individual (min)	Total tiempo corte (min)	Fecha inicio producción	Fecha fin producción	Tiempo de ciclo (días)	Tiempo de ciclo (min)	Lead time (Días)	Cumplimiento en días	Estatus Cumplimientos	
22/7/2022	1	EVELYN GUILLEN	MAD-13	Portarretrato	Portarretrato corazón	154	28/7/2022	#REF!	Media	En producción		25	19	73150	3,32	511,28	22/7/2022		-44764		-44764	✘	44170	Atrasado
22/7/2022	2	NANCY RM	PAST-02	Alisador	Alisador Acrílico	1	23/7/2022		Alta	Producción lista	23/7/2022	24	10	240	3	3	22/7/2022	22/7/2022	0		1	✔	0	A tiempo
22/7/2022	2	NANCY RM	PAST-16	Base pastelería	Base moldeadora acrílico	1	23/7/2022		Alta	Producción lista	23/7/2022	10	10	100	2	2	22/7/2022	22/7/2022	0	15,28	1	✔	0	A tiempo
22/7/2022	2	NANCY RM	PAST-08	Alisador	Alisador Acrílico	1	23/7/2022	#REF!	Alta	Producción lista	23/7/2022	24	10	240	3	3	22/7/2022	22/7/2022	0		1	✔	0	A tiempo
22/7/2022	2	NANCY RM	PAST-09	Alisador	Alisador Acrílico	1	23/7/2022		Alta	Producción lista	23/7/2022	24	10	240	3	3	22/7/2022	22/7/2022	0		1	✔	0	A tiempo
22/7/2022	3	Marcela San Ramón	MAD-25	Caja	Caja mamá con flor	232	23/7/2022		Media	En producción		41	13	123656	4,28	4,28	22/7/2022		44764		-44764	✘	44171	Atrasado

Nota El documento se llenó con información proporcionada por la empresa durante el periodo de implementación. Los datos que se muestran incompletos son debidos a que, al momento de conglomerar datos, no se habían llevado a cabo las entregas respectivas. Fuente: elaboración personal.

A modo explicativo, para los registros de producción se continúa trabajando en torno al principio de Poka Yoke y Andon, cuyos espacios de columnas en tonos claros deben ser llenados por la propietaria y los oscuros son cálculos automáticos del Excel. Como puede notarse, también se usan elementos gráficos y colores llamativos con significado; el rojo es indicativo de urgencia y mayor cuidado o de accionar inmediato, el amarillo es intermitencia y atención media, mientras que el verde simboliza aprobación o prioridad más baja. De forma detallada, el módulo productivo se compone de los siguientes elementos:

- Largo y ancho: este dato corresponde a las dimensiones de corte del artículo en totalidad.
- Área: es la multiplicación de las dimensiones de corte para determinar el área de material que se usará.
- Tiempo de corte individual: duración a nivel de máquina para completar el corte y grabado del artículo vendido.

- Tiempo de corte total: se trata de la multiplicación del tiempo de corte individual por la cantidad de ítems solicitados por el cliente.
- Fecha de inicio de producción: día en que el cual la orden de trabajo comienza a procesarse.
- Fecha final de producción: día en el cual se culmina la fabricación de los ítems vendidos.
- Tiempo de ciclo: Es el periodo necesario para producir una orden, desde que entra en la etapa en proceso, hasta que se culmina. Proporciona información valiosa sobre el flujo de trabajo y restricciones presentes.
- Lead time: es el tiempo que transcurre desde que el cliente confirma su pedido hasta que lo recibe. El análisis de este resultado ayuda a comprender mejor la capacidad de trabajo.
- Cumplimiento: este es un indicador sobre cuán acertado fue el lapso de entrega real con respecto a lo solicitado por cliente. Se compone de tres valores principales donde la diferencia de días entre la entrega real y la fecha inicial pactada es cero, quiere decir que se cumplió a tiempo y se entregó justo el día solicitado por lo que un círculo verde con check denota cumplimiento; si el resultado es mayor o igual a 1, significa que hubo un atraso de la cantidad de días desplegadas y una "X" roja a la par muestra desaprobación; por último, si el valor es menor o igual a -1, hace referencia a cuántos días antes se entregó la orden al cliente, mostrándose una estrella amarilla como señal de éxito.
- Estatus de cumplimiento: Con base en el resultado de cumplimiento anterior, se despliega una frase que hace realce de la situación, estas son "A tiempo", "Atrasado" y "Adelantado". Para hacer el análisis práctico y de interpretación sencilla, automáticamente se genera un gráfico como el que se muestra en la Figura 38 con la información recopilada que permitirá saber qué tanto se falla en cuanto a los plazos de entrega determinados en aras de buscar las causas y establecer soluciones.

Figura 38. Gráfico sobre el porcentaje de cumplimiento de los pedidos realizados por clientes a Innoláser

Cumplimiento	
Criterio	%
A tiempo	98,17
Atrasado	1,83
Adelantado	0,00
Total	100%



Nota El documento se llenó con información proporcionada de ventas por la empresa durante el periodo de implementación. Fuente: elaboración propia.

La última sección del documento de Excel resume las entradas y salidas de materia prima para determinar la cantidad disponible de cada uno, permitiendo tener un control y poder ordenar antes de que el abastecimiento sea nulo. Es por esta razón que la plantilla incluye las siguientes columnas

- Fecha: corresponde al periodo en el cual se lleva a cabo la salida o entrada del material.
- Tipo de movimiento: se clasifica en entrada o salida según corresponda, siendo este último la utilización de materia prima para fabricar una orden.

- Entrada hace alusión a láminas o productos comprados y que son parte del stock para producción.
- Orden de trabajo o factura de compra: al registrar un movimiento de inventario por entrada, se debe colocar el número de factura que respalda la compra de esos materiales, mientras que cuando se escribe sobre una salida por venta de un producto, se debe indicar el número de orden asignado. Así será más sencillo filtrar información específica.
- Proveedor o cliente: se da especial atención a nombrar el distribuidor que suministró el material de entrada o el cliente que requirió de los servicios que significaron en utilización de la materia prima en stock.
- Código de materia prima: identificación interna sobre el tipo de material.
- Nombre de la materia prima: descripción del material según el código al cual pertenece.
- Espesor: grosor del material, característica importante para diferenciarlo de otros tipos de espesores.
- Área de salida o entrada: corresponde a la multiplicación de las dimensiones de las láminas usadas o compradas. Es relevante para conocer el espacio disponible de trabajo según el material.
- Cantidad de láminas de entrada o salida: equivalencia a unidades de materia prima basado en el área registrada de entrada o salida.
- Área del inventario inicial: es la información que se obtuvo tras el conteo realizado en el capítulo 4 para conocer la cantidad y tipo de material en inventario de la empresa. El Anexo K muestra el resumen de estos datos.
- Láminas de inventario inicial: equivalencia a unidades de materia prima basado en el área registrada del stock cuantificado.
- Área de inventario final: corresponde a la suma entre el material registrado como comprado y el inventario inicial, también puede calcularse como la resta al inventario inicial de la materia prima usada para fabricar un artículo vendido.
- Láminas equivalentes disponibles: esta última columna refleja el total de unidades de materia prima en stock tras el movimiento registrado. Como se

evidencia, hay una designación visual de guía para la empresaria en la cual, al haber menos de 5 unidades de un código en específico, se muestra una bandera roja de advertencia urgente, esto es una señal acerca la importancia de reabastecerse para esa línea; por su parte, cuando hay en existencia de 6 a 10 unidades, la bandera es amarilla de una precaución y prevención; por último, al contar con más de 10 pliegos, la bandera es verde como signo de suficiencia.

Para resumir la información más importante sobre los movimientos de inventario, se creó una tabla dinámica mostrara en la tabla 26, cuya funcionalidad es interpretar la totalización de materia prima disponible según código y espesor. Además, permite filtrar datos según se necesite revisar por salida o entrada.

Tabla 32. Tabla dinámica que resume los movimientos de inventario en Innoláser.

Proveedor/Cliente	(Todas)
Orden de trabajo/Factura de compra	(Todas)
Tipo de movimiento	(Todas)
Etiquetas de fila	Suma de Láminas equivalentes disponibles
☒ Acrílico incoloro	5,656879871
☒ A04	5,656879871
3	5,656879871
☒ MDF	55,17704918
☒ A14	55,17704918
3	55,17704918
☒ Melamina	18,284
☒ A09	18,284
3	18,284
☒ Plywood	9
☒ A06	9
3,6	9
Total general	88,11792905

Fuente: elaboración propia.

En la figura que se detalla a continuación se pueden apreciar cada una de las partes explicadas con anterioridad referente a los movimientos de inventario. Puede notarse que hay columnas subrayadas, lo cual implica que hay un hipervínculo asociado, útil para redirigirse a la pestaña del Excel que contiene la información necesaria para llenar cada celda en mención, evitando errores por tomarlo de sitios que no eran los correctos y optimizando el tiempo de navegación dentro del archivo como tal.

Tabla 33. Plantilla para registro de movimientos de inventario en la empresa Innoláser

Entrada +
Salida -

Fecha	Tipo de movimiento	Orden de trabajo/Factura de compra	Proveedor/Cliente	Código MP	Nombre de Materia Prima	Espesor	Área Entrada/Salida	QTY Láminas entrada/salida	Área Inv inicial (cm2)	Láminas inv inicial	Área Inv final (cm2)	Láminas equivalentes disponibles
22/6/2022	Entrada	49405	DISTRIBUIDORA ALFARO (CAXI)	A14	MDF	3	595360	20	111520,2	3,7463	706880,2	23,7463115
22/6/2022	Entrada	49405	DISTRIBUIDORA ALFARO (CAXI)	A06	Plywood	3,6	59536	2	208376	7	267912	9
22/6/2022	Entrada	11804	POLICENTER	A04	Acrílico incoloro	3	14884	0,5	1830	0,0615	16714	0,56147541
4/7/2022	Entrada	12128	POLICENTER	A04	Acrílico incoloro	3	59536	2	16714	0,5615	76250	2,56147541
22/7/2022	Entrada	50514	DISTRIBUIDORA ALFARO (CAXI)	A14	MDF	3	228750	7,68442623	706880,2	23,746	935630,2	31,4307377
22/7/2022	Entrada	50536	DISTRIBUIDORA ALFARO (CAXI)	A09	Melamina	3	228750	5	607743	13,284	836493	18,284
22/7/2022	Salida	2	NANCY RM	A04	Acrílico incoloro	3	820	0,027546359	76250	2,5615	75430	2,53392905
								0		0	0	0

Nota El documento se llenó con información proporcionada de ventas por la empresa durante el periodo de implementación. Fuente: elaboración propia

Para concluir con el apartado de las mejoras implantadas en la gestión de inventarios, se fomenta el uso de un sistema básico para costear provisionalmente un producto considerando el tiempo de corte, materiales y mano de obra directa. Se conoce que para poder determinar el precio de venta de un artículo se tiene que tomar en cuenta el rubro por gastos fijos y la demanda, sin embargo, al no existir una definición ni récord de datos referentes a estas cifras, se intenta al menos instruir en lo básico sobre costos variables asociados.

Con ayuda de este sistema, en Innoláser se tendrá una guía al momento de dar una cotización y evitar tener pérdidas significativas. Una vez se puedan establecer los costos fijos y se logre estimar la demanda a un mediano plazo, esta propuesta podrá convertirse en una herramienta más completa y robusta. Por lo pronto, satisface una necesidad inicial de

incentivar el uso de un método real en el negocio y disminuir el dar una tarifa fundamentada en comparativa de precios de la competencia.

Las Tablas 34, 35 y 36 son la guía para calcular los costos de la utilización de materiales para fabricar el ítem. De esta manera, se calcula primero el valor por centímetro cuadrado de las láminas usadas frecuentemente, esto se logra por medio de la división del precio unitario entre el total del área que posee el pliego, esta información se coloca en la siguiente tabla.

Tabla 34. Costo del centímetro cuadrado de láminas disponibles para la producción

Costo Variable 01: por cm2 de materiales de 3mm					
#	Concepto	Total cm2/ lámina o Unid	Costo Total	Costo Total cm2/ Unidad	
1	MDF	29 768,00 ¢	7 706,71 ¢	0,26	
2	Acrílico	29 768,00 ¢	46 666,01 ¢	1,57	
3	Melamina	29 768,00 ¢	13 432,00 ¢	0,45	
4	Pino	29 768,00 ¢	10 500,00 ¢	0,35	
5	Plywood	29 768,00 ¢	10 182,24 ¢	0,34	

Nota El precio por lámina se toma según información del registro de compras. Fuente: elaboración propia.

Ahora, se procede a colocar en la Tabla 35 el tipo de materia prima que se usará para la confección del artículo, incluyendo las dimensiones de corte, automáticamente el Excel calcula el área. Seguido, se escribe el total de piezas que desea el cliente y el costo unitario calculado con anterioridad, tras este registro, se obtiene como resultado el costo total de la materia prima según el área, material y cantidad de piezas requeridas.

Tabla 35. Plantilla para el cálculo del costo asociado a la materia prima para producción de un artículo

Costo material							
#	Materia prima	Ancho	Largo	Área	Costo unitario cm2	Total piezas	Costo total
1					¢ -		¢ -
2					¢ -		¢ -
3					¢ -		¢ -
4					¢ -		¢ -
5					¢ -		¢ -
6					¢ -		¢ -

Fuente: elaboración propia.

La Tabla que se explica a continuación es parte de los materiales que componen el artículo, se coloca la cantidad de estos insumos necesarios, así como su valor unitario y el total debe sumarse a la cifra anterior para saber el costo global de la materia prima.

Tabla 36. Cálculo del costo de insumos adicionales para la fabricación de un artículo

Costo Variable 03: otros insumos					
#	Concepto	Cantidad de Unidades	Costo por Unidad (CRC)		Costo Total (CRC)
1	ganchos		₡	8,00	₡ -
2	cinta		₡	-	₡ -
3	mecate		₡	-	₡ -
4	spray		₡	-	₡ -
5	goma		₡	-	₡ -
6	Pintura		₡	-	₡ -
7	etiqueta		₡	-	₡ -
8	plastico		₡	-	₡ -

Fuente: elaboración propia.

Siguiendo con el sistema de costeo, se toma en cuenta el tiempo invertido para la realización del artículo solicitado por etapas multiplicado por el costo de cada hora, el cual se estipula considerando un salario de ₡400 000 y laborando 208 horas al mes, dando como resultado ₡1923.08.

Tabla 37. Cálculo de mano de obra directa para la elaboración de un artículo

Costo por MO según tiempo de proceso					
#	Proceso	Tiempo invertido	Costo/h MO	Total	
1	Diseño		₡ 1 923,08	₡ -	-
2	Pintura		₡ 1 923,08	₡ -	-
3	Ensamble		₡ 1 923,08	₡ -	-
4	Empaque		₡ 1 923,08	₡ -	-
5			₡ 1 923,08	₡ -	-
6			₡ 1 923,08	₡ -	-

Fuente: elaboración propia.

Otro costo muy importante es el que se vincula con el tiempo de corte por la maquinaria. La empresa tiene establecido como costo por minuto ₡200, por lo tanto, para saber a cuánto se incurre con la elaboración de un artículo, el programa de la láser brinda los minutos aproximados que se consumirían en trabajo de máquina. Este tiempo se multiplica por la cantidad de piezas y la tarifa base para conocer el total, tal y como se detalla en la Tabla 38.

Tabla 38. Cálculo de costo por tiempo de corte láser para la confección de un artículo.

Costo por minuto láser				
#	Costo Minuto Láser Establecido	Total minutos	Total piezas	Costo Total
1	₡ 200,00		₡ -	₡ -
2	₡ 200,00		₡ -	₡ -
3	₡ 200,00		₡ -	₡ -
4	₡ 200,00		₡ -	₡ -
5	₡ 200,00		₡ -	₡ -
6	₡ 200,00		₡ -	₡ -

Fuente: elaboración propia.

Por último, la plantilla en Excel para costeo resume en la Tabla 39 los valores variables calculados en los pasos anteriores. Además, se contempla de una vez en este apartado la colocación de los costos fijos para que cuando se establezcan, sea más factible incorporarlos en dicha herramienta. También, se coloca la fórmula predeterminada para el cálculo de la ganancia porcentual deseada para ese producto en particular. La suma de estos valores otorgaría el precio de venta sugerido para el producto.

Como se mencionó al inicio de este apartado, este sistema es una guía base para generar el hábito de sacar costos y orientar sobre los factores mínimos para dar una tarifa de venta certera. Se consideran únicamente costos de mano de obra directa, materia prima y maquinaria; por lo tanto, cualquier monto adicional debido a luz, así como obligaciones invariables del negocio deberán sumarse a esta metodología después.

Tabla 39. Plantilla para el cálculo del precio de venta de un artículo.

Costo Artículo			
No.	Costos y margen utilidad	Valor (CRC)	
1	Costo fijo	₡	-
2	Costo variable	₡	-
3	% utilidad	₡	-
4		₡	-
5		₡	-
6		₡	-
	Costo unitario	₡	-
	Precio total	₡	-

Fuente: elaboración propia.

Tras capacitar en el uso de la metodología de costeo, se logró que la empresa iniciara su implementación aplicada a los productos que iban ser promocionados para la temporada del día de la madre como se evidencia en la Tabla 40. Esto fue muy importante porque quedó en manifiesto que, en muchas ocasiones, los precios dados al público siquiera cubren estos costos mínimos y significan una pérdida para la PYME, pero con esta herramienta, se logró mejorar este aspecto y pautar los precios para llevar a cabo un plan de costeo oportuno en cada proyecto. De ahora en adelante se garantiza que se van a cubrir las cifras relativas a mano de obra, materia prima y costo de máquina.

Tabla 40. Análisis de precio de venta de productos fabricados para el Día de la Madre sin sistema de costeo.

Tipo	Min	Costos	Precio de venta antes de costeo	Utilidad/ Pérdida	Proyectado (100 pcs)	Margen
Mariquita						
Tiempo	3,44	€ 688,00				
Area	432	€ 112,32				
MO	9 min	€ 288,46				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1338,78	€ 1150,00	-€ 188,78	-€ 18 878,15	-16%
Flor						
Tiempo	3,1	€ 620,00				
Area	432	€ 112,32				
MO	9 min	€ 288,46				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1270,78	€ 1150,00	-€ 120,78	-€ 12 078,15	-11%
Caja con llave						
Tiempo	3,59	€ 718,00				
Area	367,42	€ 95,53				
MO	9 min	€ 288,46				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1352,00	€ 1650,00	€ 298,00	€ 29 800,36	18%
Porta Maceta						
Tiempo	5,07	€ 1014,00				
Area	635,5	€ 164,53				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1652,89	€ 1500,00	-€ 152,89	-€ 15 289,13	-10%
Porta mamá lado blanco						
Tiempo	4,06	€ 812,00				
Area	806	€ 363,63				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1650,04	€ 1700,00	€ 49,96	€ 4 995,55	3%
Tabla para mensaje y llaves						
Tiempo	4,3	€ 860,00				
Area	513	€ 132,82				
MO	5 min	€ 160,26				
CF		€ 250,00				
gancho	2	€ 16,00				
prensa	1	€ 40,00				
Total		€ 1459,07	€ 1500,00	€ 40,93	€ 4 092,68	3%
Peque tgm mama						
Tiempo	3,5	€ 700,00				
Area	437	€ 113,14				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1287,50	€ 1000,00	-€ 287,50	-€ 28 749,92	-29%
Porta Cora calado						
Tiempo	7,42	€ 1484,00				
Area	644	€ 166,73				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 2 125,09	€ 2 500,00	€ 374,91	€ 37 490,80	15%
Porta mamá lado mdf						
Tiempo	4,06	€ 812,00				
Area	806	€ 208,68				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1495,03	€ 1500,00	€ 4,97	€ 496,59	0,3%
Porta colonial						
Tiempo	4,3	€ 860,00				
Area	442	€ 114,43				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1448,79	€ 1500,00	€ 51,21	€ 5 120,63	3%
Porta cora diagonal						
Tiempo	3,32	€ 664,00				
Area	475	€ 175,75				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1314,11	€ 1250,00	-€ 64,11	-€ 6 410,90	-5%
Aretero pingu y elefante						
Tiempo	6,4	€ 1280,00				
Area	432	€ 112,32				
CF	3 min	€ 96,15				
MO		€ 250,00				
Total		€ 1738,47	€ 2 000,00	€ 261,53	€ 26 152,62	13%

Nota El documento se llenó en conjunto con la propietaria de Innoláser basado en información de producción obtenida al realizar las muestras. El precio de ventas antes de costeo corresponde al

monto que la empresaria hubiera asignado sin usar sistema de cálculo de costos. Fuente: elaboración propia.

La información anterior se calcula según los valores obtenidos del Apéndice L. El cálculo de materiales se efectúa siguiendo el costo por centímetro cuadrado previamente descrito. Para la mano de obra, se consideró el tiempo que le tomó a un miembro de la empresa completar la producción de cada muestra. El tiempo de corte se registra basado en el lapso que duró la máquina procesando el artículo.

En el Apéndice L también se puede visualizar el resultado de los costos calculados para determinar el precio unitario de cada artículo. Así, se procede a sumar todas las cantidades para saber el costo unitario sin incluir utilidad para cada proyecto generado y compararlo con el precio que pensaba la empresaria colocarle para su venta, con la finalidad de saber si hay pérdidas o, en su defecto, si habría un porcentaje de ganancia.

Se estima un rubro por costos fijos, donde se consideran la suma de las obligaciones económicas mensuales de Innoláser detallados en el Apéndice M. A partir de este monto, se divide entre la demanda proyectada de 1200 piezas. Esta cantidad se toma basándose en que, para el día del padre se vendieron 1003 artículos, por la experiencia de años anteriores, la empresaria manifiesta que para el día de la madre suele haber una mayor demanda, asimismo, el promedio mensual de producción ronda esa cifra, dando como resultado un costo fijo de $\phi 250$ por cada artículo.

Es posible notar que, de los 12 productos, 5 de ellos tiene valores negativos al hacer el comparativo, esto indica que un 41.67% de los productos iban a tener pérdida con el precio que se le hubiese asignado. Proyectando la venta de 100 artículos de cada tipo, la cifra negativa para la empresa correspondería a $\phi 81\,406$, resaltando el hecho de que aspectos como costos variables de luz, goma y el listado correcto para estimar el costo fijo puede ser mayor, incurriendo en una pérdida aún más alta a la prevista con este ejercicio de evaluación.

La suma de la posible utilidad de los demás productos es de ¢108 149, no obstante, la ganancia al fabricar 1200 piezas sería de solamente ¢26 742, el cual puede ser menor al sumar costos adicionales no incluidos, por lo que se dedujo que los precios sugeridos por la empresaria debían ser modificados antes de hacer el lanzamiento del catálogo al público, de manera que se evitara tener números negativos y para las líneas con una diferencia positiva muy baja (por ejemplo, para porta mamá lado MDF, la cifra posible de utilidad sería de 4,97 colones, un rubro bastante pequeño pensando en que hay costos no involucrados aún y que podrían transformar fácilmente esta línea en pérdida).

Posterior a este ejercicio y al evaluar lo obtenido, la empresaria toma la decisión de modificar los precios, de forma que, para ventas al detalle, el margen porcentual de ganancia sea de 20% en promedio por artículo. Con esta variación se logra que ninguna de las líneas de productos esté en pérdida y la ganancia por la producción de 600 piezas sea de aproximadamente ¢441 742, siendo una diferencia de ¢415 000 con respecto al primer panorama sin costeo y cubriendo la mayor parte de los costos. En la tabla 41 se registran los precios finales decididos con las variaciones incorporadas.

Tabla 41. Costeo de productos para Día de la madre tras modificación de precio sugerido basado en análisis previo.

Tipo	Medición	Costos	Precio sugerido con costeo	Utilidad/ Pérdida	Proyectado (100 pcs)	Margen
Mariquita						
Tiempo	3,44	€ 688,00				
Area	432	€ 112,32				
MO	9 min	€ 288,46				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1338,78	€ 1750,00	€ 411,22	€ 41121,85	23%
Flor						
Tiempo	3,1	€ 620,00				
Area	432	€ 112,32				
MO	9 min	€ 288,46				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1270,78	€ 1750,00	€ 479,22	€ 47 921,85	27%
Caja con llave						
Tiempo	3,59	€ 718,00				
Area	367,42	€ 95,53				
MO	9 min	€ 288,46				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1352,00	€ 1650,00	€ 298,00	€ 29 800,36	18%
Porta Maceta						
Tiempo	5,07	€ 1014,00				
Area	635,5	€ 164,53				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1652,89	€ 2 000,00	€ 347,11	€ 34 710,87	17%
Porta mamá lado blanco						
Tiempo	4,06	€ 812,00				
Area	806	€ 363,69				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1650,04	€ 2 000,00	€ 349,96	€ 34 995,55	17%
Tabla para mensaje y llaves						
Tiempo	4,3	€ 860,00				
Area	513	€ 132,82				
MO	5 min	€ 160,26				
CF		€ 250,00				
gancho	2	€ 16,00				
prensa	1	€ 40,00				
Total		€ 1459,07	€ 1800,00	€ 340,93	€ 34 092,68	19%
Peque tqm mama						
Tiempo	3,5	€ 700,00				
Area	437	€ 113,14				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1287,50	€ 1500,00	€ 212,50	€ 21250,08	14%
Porta Cora calado						
Tiempo	7,42	€ 1484,00				
Area	644	€ 166,73				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 2125,09	€ 2 500,00	€ 374,91	€ 37 490,80	15%
Porta mamá lado mdf						
Tiempo	4,06	€ 812,00				
Area	806	€ 208,68				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1495,03	€ 1800,00	€ 304,97	€ 30 496,59	16,9%
Porta colonial						
Tiempo	4,3	€ 860,00				
Area	442	€ 114,43				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1448,79	€ 1800,00	€ 351,21	€ 35 120,63	20%
Porta cora diagonal						
Tiempo	3,32	€ 664,00				
Area	475	€ 175,75				
MO	7 min	€ 224,36				
CF		€ 250,00				
Total		€ 1314,11	€ 1800,00	€ 485,89	€ 48 589,10	27%
Aretero pingu y elefante						
Tiempo	6,4	€ 1280,00				
Area	432	€ 112,32				
CF	3 min	€ 96,15				
MO		€ 250,00				
Total		€ 1738,47	€ 2 200,00	€ 461,53	€ 46 152,62	21%

Fuente: elaboración propia.

5.2.1 Gestión de mantenimiento

El plan de mantenimiento para Innoláser es de aplicación con carácter urgente, pues como se demostró con los resultados del capítulo 4, la problemática tiene gran sustento en causas asociadas a calibraciones de los equipos y parámetros usados de corte, pero la PYME no cuenta con una gestión establecida en este tema, existiendo, inclusive, mucho desconocimiento sobre prácticas y procedimientos relacionados.

La segunda posición de causas a los errores más frecuentes en la producción estaba dado por las calibraciones inadecuadas, causando paros constantes, piezas defectuosas y una disponibilidad del equipo deficiente; por lo tanto, en este apartado y como parte de la medida de corrección, se propone la aplicación de los fundamentos de TPM (Total productive maintenance) para crear un plan piloto de fácil aplicación en el uso de máquinas láser, en aras de mejorar la productividad de los equipos, para que los mantenimientos ejecutados no sean meramente reactivos y afecten el flujo producción.

El mantenimiento productivo total enfatiza en maximizar la eficiencia de todo el sistema operativo por medio de la reducción y prevención de pérdidas dadas por accidentes, defectos y fallos, optimizando la rentabilidad. Es una metodología que integra al operador y las máquinas, haciéndolo partícipe del buen funcionamiento del equipo y desarrollándole la capacidad de detectar potenciales problemas antes de que ocasionen averías y deban esperar la llegada de un técnico que solucione.

La aplicación de TPM busca que las empresas sean más competitivas en el mercado y tengan ventajas frente a los procesos de producción, ya que, al tener un mejor rendimiento global, pueden tener una mayor capacidad de respuesta, dotarse de conocimiento, ser flexibles y reducir costes.

Se sabe que la empresa no podría aplicar todos los pilares de TPM en primera instancia, pero la propuesta de implementación busca dotar de herramientas para que puedan familiarizarse y encaminarse a su aplicación a otras maquinarias, pues inicialmente se dirigirá a las máquinas láser. La factibilidad de implementación de un plan de mantenimiento productivo total también radica en que ayuda a minimizar 6 pérdidas importantes que impactan la eficiencia global y que fueron evidentes en la medición de Innoláser, resultando en un valor insatisfactorio de OEE de 26.74%.

Figura 39. Pérdidas minimizadas con la aplicación de TPM



Fuente: Instituto tecnológico de Castilla de León, 2009, p. 25.

El TPM se fundamenta en 5s primero y como se estudió en el capítulo 2, esa metodología se conforma de una serie de etapas, por lo que el accionar inicial gira en torno la puesta en marcha de propuestas para este pilar, tal como lo explica la siguiente Tabla.

Tabla 42. Propuesta de aplicación de 5s en la empresa Innoláser

Etapa	Acciones por realizar	Acciones completadas
Seiri Clasificar	Establecer cuáles herramientas, materiales y stock de productos hay. Establecer cuáles de estos artículos son útiles y cuáles se pueden descartar. Clasificar los diferentes componentes con los que cuenta cada máquina y enlistarlos. Clasificar las pinturas y sprays por tonalidades, desechar las que no sirven.	Separar producto terminado que se encontraba en cajas para ponerlo en venta con clientes y distribuidores. Separar procesos para usar tableros Kanban y fomentar la organización del trabajo. Sacar máquinas que están en desuso y colocar en venta aquellas que no se usarán del todo. Se publicó en Marketplace de

Separar las láminas de materia prima según color, espesor y tipo.

Se brinda una guía para tomar decisiones de qué permanecerá por medio del siguiente diagrama.



Espacios rotulados para colocar herramientas.

Espacios en bodega clasificados e identificados.

Cajas, estantes y gavetas rotuladas.

Crear espacios en futura bodega para colocar material ordenado, de fácil acceso y ubicación.

Rotular medidas de seguridad en el taller.

Rotulación de medidas para adecuado almacenamiento de las láminas en la bodega.

Crear estantes y cajas para almacenar herramientas, de manera que los insumos y piezas puedan permanecer en un orden específico e intuitivo, si faltara algún artículo se notaría al no estar en su lugar.

Facebook una laminadora y diferentes troqueles e hilos para bordado.

Se vendió una plancha de sublimación en \$140 000 pues tenía más de 2 años sin uso.

Se clasifica por categorías la materia prima disponible y se contabiliza.

Se desecharon retazos de MDF que no serían necesarios y que consumían mucho espacio del taller.

*En el apéndice N se muestran fotografías de acciones implementadas en esta etapa.

Se rotularon las máquinas según el orden que tiene cada una en la caja de breakers para propiciar su identificación en caso de una falla eléctrica.

Colocar una caja de herramientas cerca de las máquinas con un kit de limpieza y piezas necesarias para mantenimiento de los equipos.

Colocar un estante en el centro del taller con insumos necesarios en el día a día, siendo más rápida su localización y acomodo.

Se colocan EPP en el estante para facilitar su alcance e incentivar su uso como recordatorio visual diario.

Se colocó una mesa de trabajo en el taller para evitar trabajar en diversas partes de la casa y para colocar las piezas terminadas únicamente en este espacio.

Ordenar en el programa Smart Carve los diseños a cortar para minimizar el espacio desperdiciado y aprovechar mejor las láminas. Se empieza a usar opción "Delete overlap" para que las líneas sobrepuestas se eliminen y no haya repetición de corte en

Seiton
Ordenar

un mismo trazo, esto disminuye el tiempo de corte también.

*En los Anexos O se muestran fotografías de acciones implementadas en esta etapa.

*Seiso
Limpiar*

<p>– Designar fechas de limpieza por área.</p> <p>Limpieza de los elementos de bodega: materiales en bruto, piezas en proceso o terminadas, componentes y cualquier tipo de materia prima.</p> <p>Establecer fechas para limpieza profunda del espacio: suelos, paredes, techos y ventanas.</p> <p>Utilizar basureros para reciclaje, de manera que se pueda incentivar la gestión de residuos valorizables y propiciar acciones positivas en beneficio del ambiente como responsabilidad empresarial.</p> <p>Cumplir con el plan de limpiezas profundas de los equipos. Programarlo de manera que la producción no se vea perjudicada.</p> <p>Cambio de los filtros de carbono de los extractores cada 3 meses.</p> <p>Contar con un stock de insumos para limpieza de taller y equipos.</p>	<p>Limpieza de equipos y herramientas siempre al culminar el trabajo diario con cada uno.</p> <p>Limpieza de mesa de trabajo en cada turno laboral.</p> <p>Limpieza del taller 3 días a la semana como mínimo.</p> <p>Los retazos se colocan en una caja, no se tiran al suelo ni se posicionan en espacios diferentes.</p> <p>Se emplean basureros para desechos cercanos a cada máquina y se coloca un bote para piezas dañadas, de esta manera se contabilizan partes defectuosas.</p> <p>Se da un taller sobre cómo limpiar las máquinas y sus cuidados.</p> <p>Limpieza de extractores. Comprar filtros de carbono para extracción general según ficha técnica de Anexo 4, con vida útil de un año.</p> <p>Crear el hábito de tener los espacios de trabajo limpios tras cada jornada.</p> <p>*En los Anexos P se muestran fotografías de acciones implementadas en esta etapa.</p>
---	--

*Seiketsu -
Estandarizar*

<p>– Programar fechas de implementación de las acciones pendientes de ejecutar de las 3 s anteriores.</p> <p>Delegar actividades de limpieza a otros miembros del negocio para que puedan dar soporte en las diversas áreas de mantenimientos.</p> <p>Confeccionar manuales de procedimientos para facilitar la estandarización de los procesos.</p>	<p>Capacitación y puesta en marcha de las acciones completadas en las 3s anteriores.</p> <p>Crear y explicar checklist como parte de un plan de TPM que permita monitorear el cumplimiento.</p>
--	---

<i>Shitsuke Disciplina</i>	-	Extender planes de mejora para los nuevos equipos adquiridos. Acoplamiento a los nuevos sistemas implementados.	Uso de los checklist ideados.
		Incorporar nuevas acciones en el plan de 5s según las necesidades del negocio.	Evacuar dudas sobre los procesos nuevos estructurados, así como de los futuros aspectos por aplicar.
		Desarrollar nuevas ideas con el objetivo de hacer mejorar el plan de mantenimiento, metodologías y herramientas actuales.	

Fuente: elaboración propia.

Con la implementación de la 5s en el trabajo diario de Innoláser, se tienen una serie de beneficios como lo son lograr aumentar la seguridad dentro de la empresa. En consecuencia, se reduce el número de accidentes laborales, se obtiene una mejor organización interna, crece la calidad del trabajo realizado, así como los productos finales, se optimiza el tiempo de trabajo efectivo, se eliminan tiempos muertos entre tareas, se reducen los costes de mantenimiento de las máquinas, se minimiza el material de trabajo necesario y con ello se gana al mismo tiempo espacio útil de trabajo, el entorno laboral se transforma es un espacio más limpio y amigable.

Seguidamente, el plan de TPM tiene auge en educación y entrenamiento. Por lo tanto, se procedió a contactar a dos empresas costarricenses que distribuyen máquinas láser para conocer sobre los costos de brindar un mantenimiento general a los equipos y de paso hacer una clase práctica sobre aspectos importantes en cuanto a cuidados, manipulación y medidas de precaución que se deben tener al manipularlas; no obstante, solamente Plasmacut respondió a la petición, indicando que el costo por hora era para un mantenimiento general era de ¢86 953.50, no se otorgaba la clase explicativa y la disponibilidad de la visita era hasta después del 11 de julio, habiéndose consultado desde inicio de junio. La propuesta del servicio puede visualizarse en el Anexo 5.

Considerando la respuesta poco satisfactoria con respecto a la solicitud, se procedió a buscar otras opciones, dando con el contacto de Roy Arias, propietario

de la empresa RJ Arte, quien cuenta con una vasta experiencia en el manejo de maquinaria CNC, pues él cuenta con múltiples equipos de este tipo.

Al mencionarle sobre el proyecto de graduación y la necesidad inherente de Innoláser de contar con un respaldo real que le permitiera educarse y empoderarse para optimizar su desempeño, accedió a apersonarse al taller y brindar una asesoría práctica. La misma se programó para el 25 de junio de 10 am a 2 pm. El costo pagado fue de ¢20 000, ya que la intención del señor Arias era poder donar su tiempo y conocimiento como parte de la acción social que realiza su empresa, también porque se sintió identificado al poder dar apoyo entre negocios del mismo gremio.

Se veló porque a esta capacitación no solo asistiera María Hernández, sino también que su esposo, hija y otros miembros de la familia se vincularan, pues la idea no solo es que una persona tenga la capacidad de hacer los mantenimientos de manera oportuna, sino que varios pudieran aprender para que, en caso de una emergencia, puedan dar soporte.

El entrenamiento se retrata con fotografías en el Apéndice Q. Se abordaron temas de seguridad, explicaciones teóricas sobre el funcionamiento de las máquinas láser, se revisaron piezas mecánicas y componentes generales de los equipos, se efectuó la calibración de los espejos para optimizar los cortes y grabados.

Gracias a la ayuda de revisión bibliográfica sobre el tema y la evacuación de dudas relacionadas durante la capacitación, se recopila en la siguiente plantilla, una serie de tareas estipuladas por clasificación de partes generales de las máquinas, además, se complementa con el establecimiento de su frecuencia de ejecución, de manera que la pyme pueda agendar una fecha factible para llevar a cabo el cometido, así como monitorear su cumplimiento.

Como puede leerse en el documento, a parte de las actividades y la frecuencia, se toman en cuenta aspectos de tiempo consumido en el proceso de mantenimiento, puntos críticos por cuidar durante la labor, el responsable de

efectuarlo, los costos implicados en la realización, por ejemplo, si se tuvo que comprar algún repuesto, maquinaria o herramienta, pagar por una asesoría o cualquier gasto vinculado. También hay un espacio para comentarios importantes que sirvan de guía para la toma de futuras decisiones, análisis y mejoras. Por último, el lado derecho del archivo se compone de una calendarización para anotar un check de cumplimiento en tareas diarias, mensuales, quincenales, bimestrales o según el plazo al que corresponda.

Cabe resaltar que para buscar extender los periodos sin necesidad de rehacer la plantilla o digitar uno por uno, hay una casilla donde se coloca la fecha o semana para extender los plazos de verificación.

Este documento se colocó en una pizarra de corcho que está en el taller, con la moción de recordar su uso y facilitar el acceso a él para cualquier persona que ingrese o necesite recapitular información de mantenimientos de periodos anteriores. A continuación, en las Figuras 40, 41 y 42 se puede visualizar el Excel ideado con miras a lograr este hábito, se propone un sistema de mantenimiento autónomo y planeado para las máquinas láser.

Figura 41. Plan de mantenimiento para máquinas láser parte 2.

Sistemas de extracción									
Sacudir polvo y residuos exteriores	DIARIO	Brocha seca		Un sistema de extracción debe funcionar óptimamente por temas de seguridad, revisar siempre el adecuado funcionamiento de las piezas involucradas.					
Limpieza de aspas y rejillas de extractores	MENSUAL	Escobilla, brocha seca, paño							
Reemplazo de filtros de carbón	TRIMESTRAL	Filtros de carbón # 12							
Cama de trabajo, bandejas y cubierta									
Limpieza de residuos de bandeja	DIARIO	Escoba y bolsa de desecho		Son zonas en las que mayor suciedad se genera, se recomienda el aspirado y limpieza superficial después de cada trabajo.					
Revisar la distancia y nivel de la cama de trabajo con respecto a la boquilla	DIARIO	Nivel, desoto, regla milimétrica							
Aspirado de la cama de trabajo	DIARIO	Aspiradora							
Sacudir cubierta y partes internas de polvo y residuos	DIARIO	Paño de microfibra seco y otro húmedo con agua							
Limpieza de manchas, residuos y olin de superficies	QUINCENAL	Desengrasante, esponja anti rayones, agua, recipiente plástico, guantes, mascarilla, paño de microfibra							
Limpieza de panel metálico	QUINCENAL	Desengrasante, esponja anti rayones, agua, balde, guantes, mascarilla protectora, dos paños para secado de panel.							
Bomba de aire y de enfriamiento									
Sacudir bomba de aire	DIARIO	Brocha seca		Utilizar agua destilada en el chiller y monitorear que la temperatura máxima del líquido no exceda los 29°C para extender la vida útil del tubo láser. Para limpiar el tanque de agua se debe apagar la fuente de alimentación y desconectar el tubo de conexión. Para la limpieza de mangueras se debe apagar la máquina, desmontar la toma y la salida de las mangueras.					
Revisar la presión de aire y emisión de humo	DIARIO								
Limpieza de mangueras de bomba de aire y chiller	MENSUAL	Paño, jeringa, cepillo de dientes pequeño							
Limpieza interna de chiller y bomba de agua	BIMENSUAL	Brocha seca, paño							
Cambio de agua destilada	BIMENSUAL	Agua destilada, recipiente plástico limpio, paño							

Fuente: elaboración personal

Figura 42. Plan de mantenimiento para máquinas láser parte 3

Tubo láser y acoplamientos									
Limpieza de superficie del láser	SEMANAL	Paño de microfibra seco		La limpieza del láser debe re realizarse en seco y con especial delizadeza para evitar descalibraciones.					
Revisar la sujeción de los acoplamientos que sostienen el láser	SEMANAL	Desoto							
Verificar que las mangueras estén sin obstrucciones	SEMANAL	Jeringa, cepillo de dientes pequeño, desengrasante, guantes, mascarilla, recipiente							
Componentes mecánicos									
Verificar sujeción de tornillos	MENSUAL	Desoto		Monitorear constantemente la temperatura de la boquilla al tanto, no debe recalentar, esto es señal de descalibración y debe corregirse de inmediato para evitar daño a los lentes o inclusive incendios. La altura debe revisarse cada día y tras cada corte, ya que un desajuste incurre en que la máquina no corte o las potencias sean erróneas.					
Limpieza de boquilla	MENSUAL	Paño de microfibra							
Revisión de que la altura de distancia focal esté en 5,1 cm del material en la cama plana	DIARIO	Regla milimétrica							
Zona de trabajo									
Zonas de desecho deben contar con bolsa	DIARIO	bolsas de basura, basurero		Espacios de trabajo limpios y ordenados inciden en menores incidentes					
Limpieza y orden del espacio físico, así como herramientas y materiales	3 DIAS X SEMANA	Paño, trapo de limpiar, escoba, pala							
Extractores y ventiladores deben estar funcionando durante la producción	DIARIO								
Fuente de poder									
Aspirado de fuentes de poder	MENSUAL	Aspiradora		La limpieza de estos componentes debe hacerse con mucho cuidado y completamente en seco, sin productos que aporten humedad para no dañar ningún cable ni componente. Poner atención en el sistema de ventilación y las rejillas que queden limpias y sin obstrucciones.					
Sacudir componentes electrónicos	MENSUAL	Brocha seca y pincel							
Limpieza de rejillas de ventiladores	MENSUAL	Brocha seca							

Fuente: elaboración personal

Por otro lado, gran parte de los mantenimientos se relacionan con actividades de cumplimiento diario, por ello se crea una ficha de verificación para garantizar que se están tomando las previsiones necesarias en el proceso. Esto empodera a la propietaria y busca ser un machote de control, así también, como un recurso visual para minimizar errores. Gráficamente, es muy descriptivo y se posiciona como rotulación en medio de ambas máquinas láser para asegurar que se tenga a mano en el momento justo.

Figura 43. Lista de verificación de mantenimientos diarios para las máquinas láser.

MANTENIMIENTO MÁQUINA LÁSER	
DIARIO TPM DEL OPERADOR	
Al empezar el trabajo	
<input type="checkbox"/>	1. Limpieza de componentes ópticos.
<input type="checkbox"/>	2. Chequear si la cantidad de agua del chiller está en el rango óptimo.
<input type="checkbox"/>	3. Revisar si las bandas están en perfecto estado.
<input type="checkbox"/>	4. Encender todos los componentes: chiller, extractor, fuente, bomba de aire, panel.
<input type="checkbox"/>	5. Revisar la presión de aire en la boquilla.
<input type="checkbox"/>	6. Verificar temperatura del chiller.
<input type="checkbox"/>	7. El espacio de trabajo está limpio y libre de residuos.
<input type="checkbox"/>	8. Ventiladores y extractores deben estar encendidos y funcionando correctamente.
<input type="checkbox"/>	9. Botes de desechos deben estar colocados cerca de máquinas y con bolsa de basura.
<input type="checkbox"/>	10. Verificar que la distancia focal sea la correcta (5,1 cm de la boquilla al material de la cama de trabajo).
Al finalizar trabajo	
<input type="checkbox"/>	11. Limpieza de superficies externas e internas.
<input type="checkbox"/>	12. Limpieza de la bandeja de residuos.
<input type="checkbox"/>	13. Aspirado de la cama de trabajo.
<input type="checkbox"/>	14. Sacudir bomba de aire.

Fuente: elaboración propia

Tomar acción en un plan de TPM tiene como ventaja la reducción de pérdidas y desperdicios, haciendo una correlación en el aumento de la productividad porque permite trabajar a una capacidad más alta, en la que se usan los recursos de manera óptima. También incrementa la confianza al momento de solucionar problemas, pero un aspecto al que impacta grandemente es en la reducción de tiempos en paro y el gasto en repuestos, siendo reflejado en la rentabilidad.

Para poder dar un mejor protocolo del TPM, se propone a la empresa considerar invertir en un stock de repuestos necesario para reemplazar piezas mecánicas, ópticas e hidráulicas de uso continuo y que tienden a fallar con más periodicidad, porque el daño de estos accesorios supone un tiempo muerto de producción importante mientras se consiguen de nuevo, pudiendo extenderse el plazo por más de 2 días. Así mismo, las fluctuaciones del dólar hacen que el precio varíe y tienda al alza. Aunado a este tema, la crisis logística mundial ha ocasionado que los principales proveedores tengan desabastecimiento de las partes, no hay garantía de que sean de fácil adquisición y rápido arreglo.

En relación con lo anterior, se estiman los costos de comprar en el territorio nacional, así como en el extranjero las piezas, con la finalidad de saber cuál es la opción más viable para el negocio, llegando a la conclusión que esta primera alternativa supone incurrir en un gasto de $\phi 937\ 500$, mientras que en la segunda $\phi 505\ 920$. Con la importación directa de los repuestos se dejan de pagar $\phi 442\ 800$. El único detalle es que se debe tramitar la adquisición con un plazo de 15 días como mínimo, pero resulta ser una estrategia viable para contar con una independencia en este ámbito.

Se aconseja que las compras en el país sean solo en casos urgentes ya que tampoco hay una ventaja significativa con respecto a la entrega inmediata de lo solicitado, pues la empresa distribuidora no asegura contar con stock constantemente. En la Tabla 44 se puede corroborar el análisis expresado, así como la información recabada.

Tabla 44. Propuesta de compra de repuestos de uso constante para stock de seguridad

LISTA CRÍTICA DE REPUESTOS													
NOMBRE DE LA PARTE	PROVEEDOR	Medida	NÚMERO DE PIEZAS NECESARIAS	EN STOCK	TIEMPO DE ENTREGA	COSTO(U\$)	COSTOS DE IMPORTACIÓN	COSTO TOTAL DE PARTES c	COSTO EN c	PROVEEDOR EN CR	PRECIO EN CR	PLAZO DE ENTREGA	DIFERENCIA C
Lente focal USA Infrared 20x50,6 mm	Cloudray	20 mm x 50,6 mm	1	1	15 Días	\$ 20,00	\$ 12,00	\$ 32,00	₡ 21 760,00	Plasmacut	₡ 95 000,00	Inmediata si hay en stock, sino dura de 30 a 60 días	₡ 73 240,00
Correa HTD 3M PU-- 15mm de extremo abierto	Cloudray	10 metros	1	0	15 Días	\$ 38,00	\$ 15,00	\$ 53,00	₡ 36 040,00	Plasmacut	₡ 67 500,00	Inmediata si hay en stock, sino dura de 30 a 60 días	₡ 31 460,00
Cadena portable de arraste 10x20	Cloudray	28 radius	1	0	15 Días	\$ 7,50	\$ 15,00	\$ 22,50	₡ 15 300,00	Plasmacut	₡ 25 000,00	Inmediata si hay en stock, sino dura de 30 a 60 días	₡ 9 700,00
Kit de calibración	Cloudray	UNI	1	0	15 Días	\$ 4,50	\$ 12,00	\$ 16,50	₡ 11 220,00	Plasmacut	₡ -	No venden	0
Tubo láser	GWEIKE	130W	1	1	8 Semanas	\$ 300,00	\$ 320,00	\$ 620,00	₡ 421 600,00	Plasmacut	₡ 750 000,00	Inmediata si hay en stock, sino dura de 30 a 60 días	₡ 328 400,00
TIPO DE CAMBIO 680						TOTAL	\$ 374,00	\$ 744,00	₡ 505 920,00		₡ 937 500,00		₡ 442 800,00

Fuente: elaboración propia

Los mantenimientos diarios implementados, permitió identificar el 21 de julio que una de las correas de línea tenía un desgaste severo y estaba a punto de romperse en la máquina M1, lo cual hubiese implicado un paro mecánico de varios días esperando conseguir los repuestos según disponibilidad de proveedores, incurrir en gastos por servicios mecánicos y muy posiblemente se dañarían partes adicionales de la boquilla por el golpe espontáneo (como el lente focal).

Con el evento anterior, se pudo notar cuan relevante es que la empresa realice mantenimientos diarios para identificar posibles fallas y anteponerse a situaciones que pueden conllevar a un desenlace fatídico.

Una justificación sobre la ventaja de contar con repuestos de primer uso como stocks importados, se evidenció en esta ocasión, pues se tuvo que detener la máquina desde las 11 am para buscar la correa. Se visitó Central de Mangueras, Plasmacut y distintas ferreterías locales, pero no contaban con la banda de tipo 3M, al final de la tarde, se contactó por redes sociales a una empresa independiente que

contaba con 3.5 metros de este producto, por lo que se procedió a la compra, el gasto fue de ¢27 000 por la emergencia de reactivar la producción.

El cambio como tal de la banda tomó 45 minutos solamente, fue efectuado por Luis Angulo, esposo de la propietaria, sin embargo, la máquina se reactivó hasta las 6 pm, es decir, se estuvo en paro por 6 horas, provocando atrasos en la gestión de los pedidos, se incurrió en horas laborales extra para reponer el tiempo inactivo y lograr cumplir con las fechas de entrega estipuladas. Implicó un traslado a Heredia para poder recogerlo a una hora acordada por el vendedor. También, se pagó un precio alto por el repuesto, porque si se compara el valor de 10 metros de este material bajo sistema de importación directa, la diferencia hubiera sido alrededor de 10 000 colones, pero se estarían adquiriendo 6.5 metros adicionales; es decir, el metro de la banda importada cuesta ¢2176, pero se pagaron ¢7714, un 354.5% de más. El punto más importante es el tiempo, pues con un stock, el mantenimiento correctivo hubiese tardado los 45 minutos de la reposición y ajuste, disminuyendo la cadena de consecuencias experimentadas.

El TPM tiene otro de sus pilares relacionados con la seguridad. Cada una de las acciones de mantenimiento buscarán siempre afianzar la seguridad de la operación global. Identificar riesgos influye positivamente en la metodología de trabajo. En especial, para el manejo de las máquinas láser, un punto importante fue determinar que según el estándar internacional IEC 60825-1 (equivalente a la norma estadounidense ANSI Z136), se clasifican como láser de tipo 4, lo que significa que es la categoría más peligrosa y se deben tomar medidas de extrema precaución por los peligros inminentes que provocan, entre los que se enlistan incendio, daño ocular y cutáneo irreversible por quemadura.

Por lo tanto, conviene concientizar sobre la importancia de someterse al uso de EPP en todo momento que se manipulen estos equipos. En el apéndice R se puede notar la rotulación y advertencias que las mismas máquinas poseen. La Figura 44 describe los insumos mínimos que deben portarse para un ambiente laboral seguro. A nivel de ingeniería, se debe velar que las carcassas estén en buen

estado y la llave de operación se encuentren en buen funcionamiento, con fácil alcance, además de ventilación general del local junto a extracción localizada.

Figura 44. Señalización y prendas de protección individual al manipular máquinas láser clase 4.

SEÑALIZACIÓN PRECEPTIVA PARA LOS LUGARES DE TRABAJO				
				
¡ATENCIÓN! RADIACIONES LASER	ALTO ACCESIBLE SOLO A PERSONAL AUTORIZADO	ES OBLIGATORIO EL USO DE LAS GAFAS	PROTECCIÓN OBLIGATORIA DEL CUERPO	ES OBLIGATORIO EL USO DE LOS GUANTES
En todo lugar donde se encuentre un láser. En los puntos de acceso y en el interior. También puede emplearse la "señalética propuesta" unos párrafos más arriba.	Puntos de acceso a lugares donde se de operación de láser 3A (obsoleta); 3R ; 3B y 4.	Para lugares donde se de operación de láser 2, 2M ; 3A (obsoleta); 3R ; 3B y 4. En los puntos de acceso y en el interior.	Para lugares donde se de operación de láser 4. En los puntos de acceso y en el interior.	Para lugares donde se de operación de láser 4. En los puntos de acceso y en el interior.

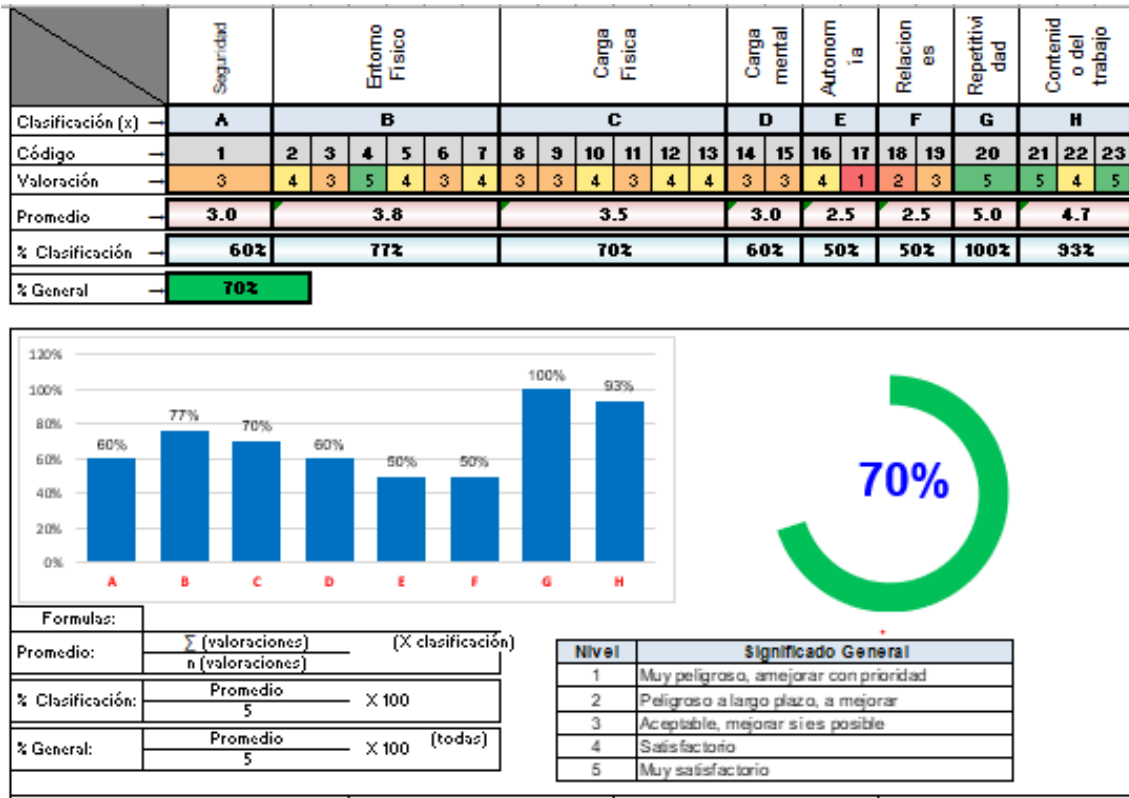
Nota El uso de EPP para vías respiratorias es necesario con la emisión de contaminantes químicos aerotransportados, para lo cual se debe señalizar con ícono de uso obligatorio de máscara.

Fuente: Servicio Integrado de Prevención y Salud Laboral de la Universidad de Valencia, 2012.

Al poner en marcha estas medidas, así como las de 5s y mantenimientos preventivos, se logran mejorar las condiciones de trabajo, por lo que, al analizar nuevamente el puesto según parámetros de Renault, se logra pasar de un 52% a un 70%, donde la seguridad y espacio físico son los puntos mayoritariamente impactados con beneficios.

La figura 45 muestra los nuevos valores resultantes de la evaluación actualizada tras la implementación.

Figura 45. Evaluación de las condiciones de trabajo según método de los perfiles de puestos Renault tras implementación de 5s y TPM



Fuente: elaboración personal.

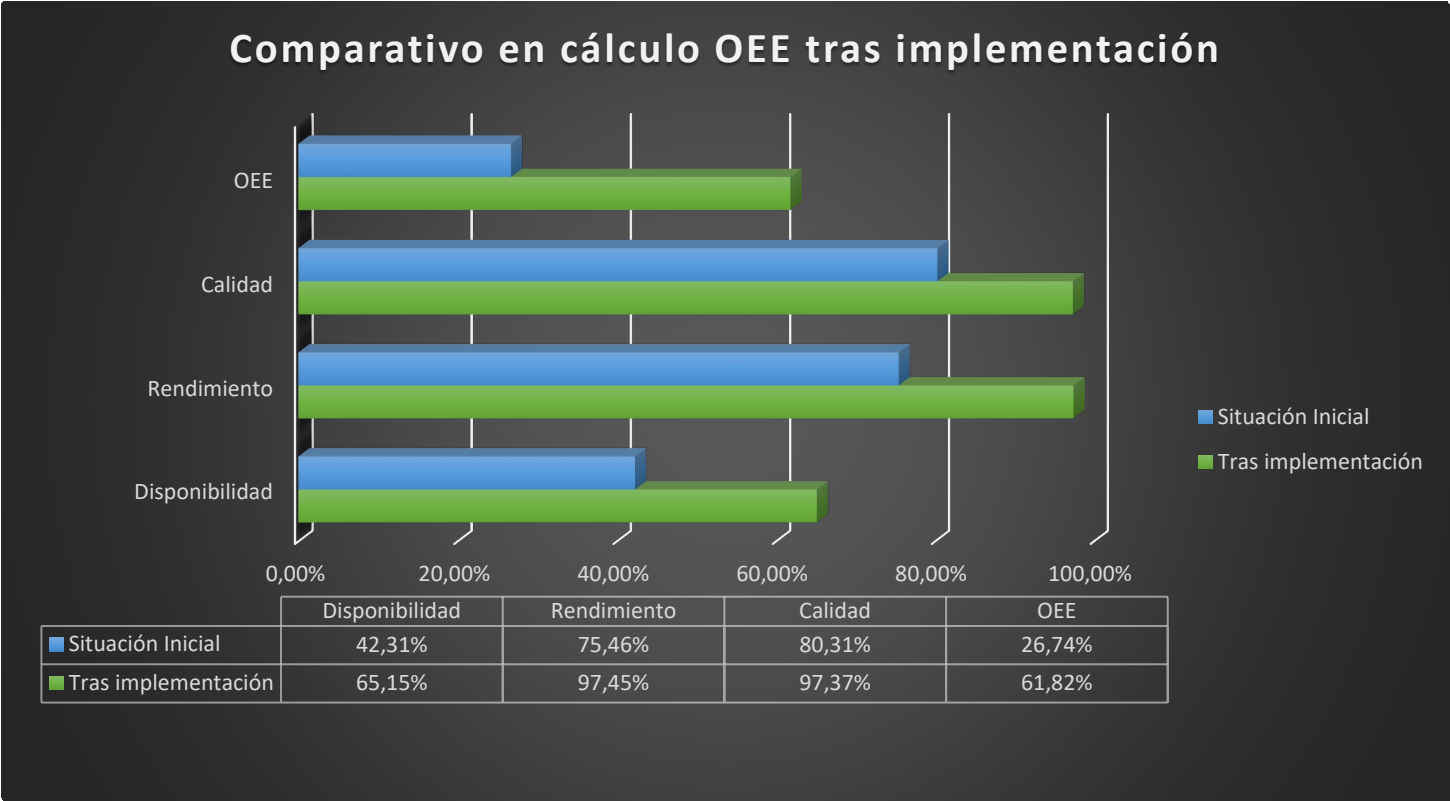
Con las bitácoras implementadas se puede dar seguimiento del éxito del TPM por medio de indicadores como el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el Tiempo Medio Entre Reparaciones (MTTR). De acuerdo con los datos arrojados, se pueden tomar decisiones, analizar causas a la problemática, reacondicionar las metodologías actuales, buscar nuevas áreas de entrenamiento, convertir debilidades del negocio en oportunidades de crecimiento y seguir en el proceso de mejora continua.

Relacionado con los desperdicios generados por calibraciones inadecuadas y el uso de parámetros de corte inadecuados, se propone en los Anexos 6 y 7 una guía teórica sobre experimentación de proveedores de máquinas CNC acerca potencias y velocidades recomendadas según material y capacidad del tubo láser.

Conviene tener este listado para tubos desde los 80 a 150 W para hacer pruebas y estipular el valor que se ajusta mejor a las condiciones del negocio. También, el Anexo # orienta al usuario sobre los movimientos y disposición de los tornillos de los espejos principales para calibrar el recorrido del láser para un óptico corte.

Otro punto importante en el que las mejoras propuestas tienen injerencia en las operaciones de Innoláser, es precisamente en el control de la producción y la calidad, es por eso que se calculó nuevamente el OEE para determinar el nivel de mejora que se obtuvo con las propuestas, explicadas a lo largo de este capítulo.

Figura 46. Resultados de OEE tras implementación de mejoras



Fuente: elaboración personal.

Las mejoras implantadas tuvieron influencia en el rendimiento, la calidad y disponibilidad de los equipos. Para calcularlo, se tomó de muestra el proceso de producción de un pedido de 167 medallas y 232 cajas, siendo estudiado dos días

con toma de tiempos, las cifras pueden verse con detalle en el Apéndice S y T. En general, el OEE aumentó un 35.08% con respecto a la situación inicial., clasificando dentro del rango regular según las normas analíticas internacionales. Aún existe mucho trabajo por hacer y perpetuar el sistema Kaizen, sin embargo, a partir de un 60% de OEE, se considera aceptable si el proceso se encuentra en periodo de mejoras (tal cual es este caso), sigue habiendo pérdidas económicas y baja competitividad, pero un gran cometido en pasos a la optimización.

Incluso, en términos de calidad, se han reflejado los aspectos positivos con la implementación, pues del estudio anterior, solamente se reportaron que, de los 399 artículos producidos, 5 se desecharon.

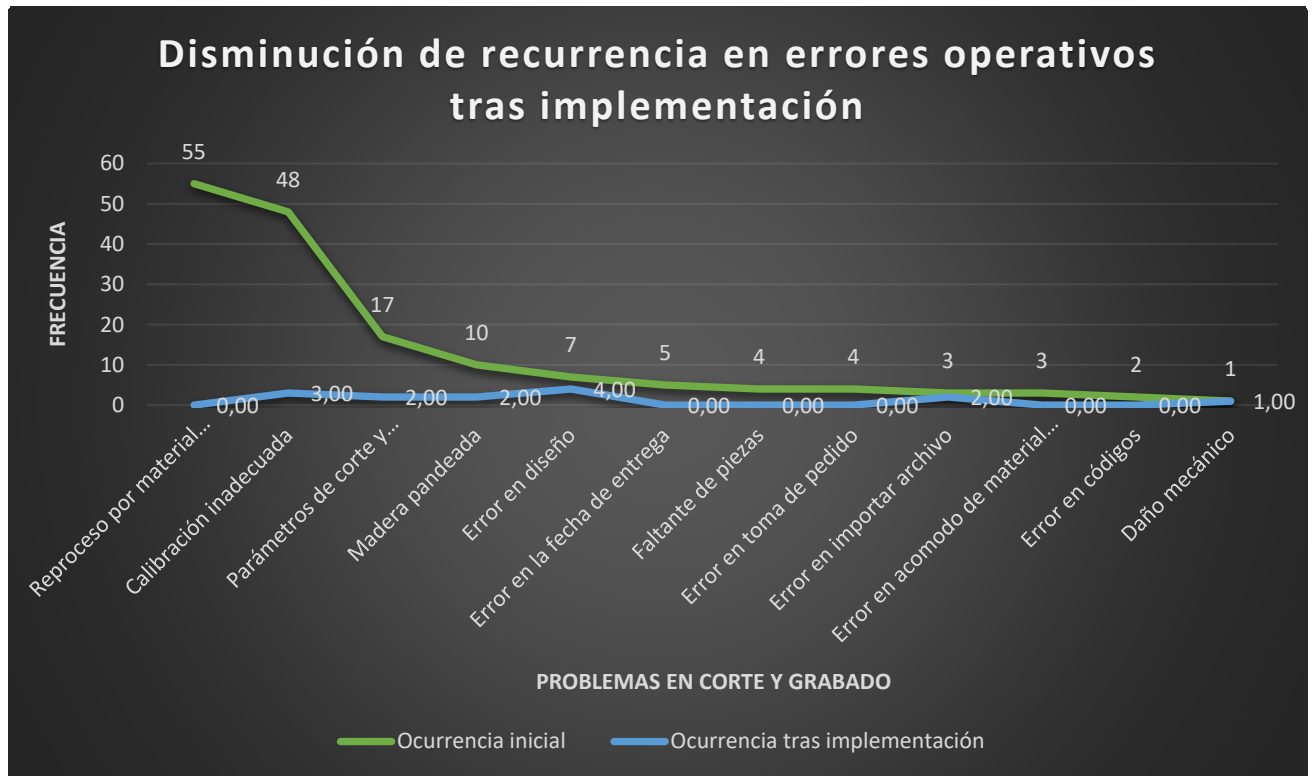
En cuanto a la problemática de madera pandeada, al monitorear la incidencia en estos procesos, para las cajas se utilizaron 9 láminas donde solo 1 presentó problema y para las medallas se hizo uso de 2 láminas que estaban en perfecto estado. Estos pliegos se tomaron del nuevo inventario que ingresó en julio y se almacenó horizontal en esta ocasión. En términos generales, el gráfico de la figura 47 ilustra la disminución alcanzada de los diferentes problemas percibidos durante el proceso de corte y grabado, donde se observa la tendencia decreciente en cuanto a su recurrencia.

Importante recalcar también que, durante el mes de julio, la propietaria de InnoLáser reporta un 0% de reclamos ante fallas en calidad de productos entregados, toma de pedidos erróneos o atrasos con las fechas de entrega pactadas al cliente. Se aumentan los tiempos de mantenimientos preventivos a 150 minutos por semana, pero se disminuyen los mantenimientos reactivos que eran de 495 minutos a la semana a 138 minutos. Se establece un acuerdo con el técnico para capacitar por un precio menor al ofrecido por otros proveedores cada cuatrimestre, así como para dar mantenimientos generales a bajo costo, no por hora. Se cumple a un 100% con plazos de entrega (antes se incumplía en un 8%).

Disminuye en un 25% desperdicios por sobre procesamiento y traslados. Se reduce a 0% retrabajados debidos a material no apto para corte. Se venden 145 paquetes con piezas en stock desde hace más de 3 años a 1000 cada uno. Se

vende plancha de sublimación que estaba en desuso hace más de 2 años a 140 000.

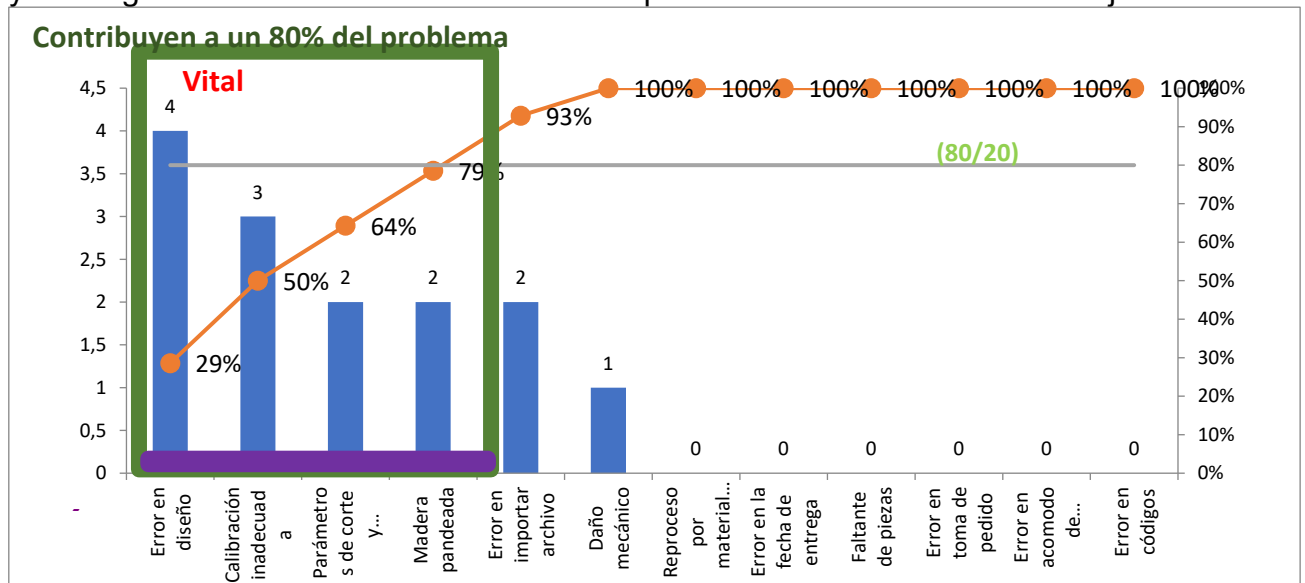
Figura 47. Disminución de recurrencia en errores operativos tras implementación de mejoras.



Fuente: elaboración personal.

Realizando un nuevo análisis con la herramienta de Pareto para determinar si hubo un cambio con estas nuevas frecuencias registradas con respecto a las causas, se evidenció que los reprocesos por material se eliminaron en un 100%, siendo ahora el reto por mejorar los errores en diseño e importación de archivos y continuar en la aplicación de los proyectos actuales para minimizar la aparición de los inconvenientes que, en menor proporción, aún tienen presencia.

Figura 48. Diagrama de Pareto para análisis de presentación de incidencias en corte y grabado tras la implementación de mejoras.



Fuente: elaboración personal.

5.3 Análisis económico del proyecto

Como parte del análisis de la implementación, se procede a cuantificar los costos asociados durante esta etapa del proyecto para tener mayor claridad de cifras en las que se han incurrido, pero también, aquellos números en los que se ha visto reflejado la factibilidad del mismo.

Se enlistó anteriormente una serie de beneficios obtenidos, pero para hacer palpable en cuanto números monetarios el éxito alcanzado, se colocan aspectos que significaron una mejora porcentual en su área operativa. De esta forma, se detalla en la Tabla 45, un listado promedio de las piezas producidas en MDF para aproximar la implicación monetaria en beneficios del proyecto.

Tabla 45. Datos sobre producción mensual promedio de piezas en MDF

Promedio de piezas producidas al mes en MDF	1200
Promedio de ingresos mensual por piezas producidas en MDF	₡ 1 064 018,00
Promedio costo unitario por pieza de MDF	₡ 886,68
Promedio de área usada por mes para producción de pcs en MDF (cm²)	476288
Cantidad de láminas usadas por mes para producción de piezas en MDF	16

Nota La información se toma de registros pasados de la empresa. Se hace un promedio de los datos para el cálculo, pues como se sabe, la producción es muy variada. Fuente: adaptación personal de datos de Innoláser.

Por su parte, la Tabla 46 demuestra por área operativa, algunos de los cambios reflejados con respecto al capítulo de medición. Corresponde a la cuantificación de ahorros para la empresa con las mejoras implantadas en un nivel mensual y proyección anual, en la que se evidencia el gran aporte para la PYME en cuanto a reducción de costos y provecho que se puede reflejar en el flujo de caja. El monto en el que no se incurriría con estas mejoras es de 5 495 202.52 colones anuales, una cifra muy significativa para cualquier MiPyme.

Tabla 46. Beneficios obtenidos en Innoláser tras mejoras implantadas.

Área operativa	Descripción	Cantidad	Beneficio mensual	Beneficio anual
Calidad	Se reduce de un 18,25% de piezas desechadas a 1,25%	204 piezas/mes	₡ 180 883,06	₡ 2 170 596,72
Diseño de puesto de trabajo	Se reducen 43,2 horas mensuales de horas extra por retrabajos	43,2 horas/mes	₡ 83 073,60	₡ 996 883,20
Inventario	Se reduce a 0% la cantidad de láminas de MDF pandeadas, cuando antes era equivalente a un 52% de los pliegos almacenados	8,32 láminas/mes	₡ 63 148,88	₡ 757 786,60
Mantenimiento	Capacitación acordada cuatrimestralmente por un precio especial para PYME.	4 horas por cuatrimestre	₡ 82 000,00	₡ 984 000,00
Mantenimiento	Se establece compra de repuestos en stock de uso continuo (en este caso se usa de referencia el cambio semestral de lentes focales).	4 lentes focales al año (2 por	₡ 48 828,00	₡ 585 936,00
Total			₡ 457 933,54	₡ 5 495 202,52

Nota Beneficio se refiere al monto de salida que deja de incurrir el negocio, puede interpretarse como economía tras las mejoras implantadas. Fuente: elaboración personal.

Por su parte, se enlistan los gastos en los que ha incurrido Innoláser durante el periodo de implementación, los cuales siempre intentaron pensarse en que fueran lo más económicos posibles, sumando ¢348 152. Se puede concluir que el beneficio es mayor a la inversión en dinero, vale la pena invertir el tiempo y esfuerzo en perpetuar las nuevas metodologías, así como inducir las a un constante perfeccionamiento.

Tabla 47. Listado de gastos incurridos en Innoláser durante la implementación de mejoras.

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Total
1	Capacitación de mantenimientos	¢ 20 000,00	¢ 20 000,00
1	Alimentos para capacitación	¢ 25 000,00	¢ 25 000,00
1	Pizarra acrílica	¢ 17 000,00	¢ 17 000,00
2	Paquete de 100 hojas para imprimir documentos	¢ 4 000,00	¢ 8 000,00
4	Tinta	¢ 6 990,00	¢ 27 960,00
24	Tiempo destinado a aprendizaje para implementación	¢ 1 923,00	¢ 46 152,00
1	Pliego bicapa para rotulación de máquinas	¢ 8 900,00	¢ 8 900,00
1	Compra de insumos de oficina para ordenar taller	¢ 43 290,00	¢ 43 290,00
1	Compra de herramientas para mantenimientos preventivos	¢ 75 000,00	¢ 75 000,00
2	Filtros de carbono	¢ 20 600,00	¢ 41 200,00
1	Compra de EPP faltante	¢ 35 650,00	¢ 35 650,00
	Total		¢ 348 152,00

Fuente: elaboración personal.

Gran parte de las mejoras y mediciones implicaron trabajo ideado desde cero, por lo que técnicamente podría considerarse como asesoría ingenieril. La empresa no tuvo que pagar este costo gracias al alcance del proyecto, sin embargo, conviene anotar un aproximado del beneficio alcanzado en este ámbito, considerando la inversión de 20 días de trabajo por 8 horas en total, siendo el salario mínimo a nivel de bachillerato como grado académico de ¢3629 según Ministerio de Trabajo para el primer semestre del 2022.

Tabla 48. Beneficio económico por gestión de medición y protocolo para implementar mejoras según herramientas ingenieriles

Cantidad de horas	Descripción	Costo / hora según MTSS	Total
200	Trabajo de ingeniería realizado por estudiante	¢ 3 629,00	¢ 725 800,00

Fuente: elaboración personal.

Ahora bien, como se mencionó a lo largo del proyecto, la empresa tuvo la oportunidad de invertir en nueva maquinaria, lo cual implicó también una inversión a nivel de infraestructura. La Tabla 49 muestra los montos totales equivalentes a estas adquisiciones, así como la fuente de ingreso para completar la compra.

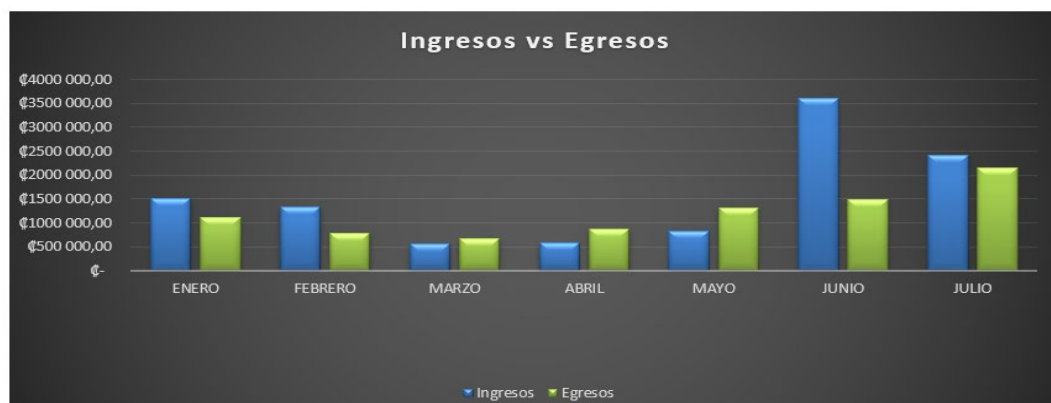
Tabla 49. Montos de inversión para la adquisición de nueva maquinaria

Origen de capital	Inversión		Monto
Capital social	Máquina láser	₡	4 530 500,00
Fondo no reembolsable ADE, capital semilla	Impresora UV	₡	8 989 209,00
Préstamo Caja de Ande	Remodelación	₡	4 500 000,00
Préstamo familiar	Grabadora láser	₡	2 439 500,00
	Total	₡	20 459 209,00

Nota Los montos de préstamos incluyen intereses. Fuente: elaboración personal.

Las máquinas, al día 31 de julio, se encuentran instaladas, mas no están produciendo aún, pues la empresa está en procesos de calibración de equipos, así como en curva de aprendizaje. La única máquina que ya se empezó a utilizar para trabajar con algunos cortes desde el 20 de junio 2022 es la cortadora láser (M2). Gracias a esto, han podido aumentar sus ventas al tener capacidad de procesar más pedidos, viéndose reflejado en un alza de percepción de ingresos. En la figura 49 se muestra la comparativa de ingresos y egresos en Innoláser de enero a julio del 2022.

Figura 49. Comparativa de ingresos y egresos en Innoláser durante enero a julio del 2022.



Nota Los datos numéricos los compartió Innoláser de sus estados de cuenta. Fuente: adaptación personal.

La tendencia de ingresos y egresos ha ido al alza, sin embargo, de manera positiva, el flujo de caja acumulado se mantiene creciente como se visualiza a continuación.

Figura 50. Flujo de caja acumulado en Innoláser durante enero a julio del 2022



Fuente: adaptación personal.

Con base en esta información registrada, se calcula el promedio de ingresos mensuales, el cual es de $\phi 1\,547\,593$, y, el de egresos, $\phi 1\,198\,066.71$. De esta manera, se contemplan estos valores como referencia para estimar el flujo de caja de los meses restantes del 2022 y consigo poder proyectar cuándo se estaría recuperando la inversión. La empresa desea poder hacerlo en un periodo entre 5 y 6 años, contemplando la necesidad de, en este tiempo, contratar a una persona a tiempo completo y a otra que dé soporte por horas en épocas de producción elevada.

Considerando lo anterior, se hace una proyección sobre el flujo de caja por los próximos 10 años, siguiendo como supuestos los siguientes apartados:

1. Se coloca una meta de 25% de ingresos anuales extra a partir del segundo año.
2. Se aumentan los ingresos un 60% para el segundo año por ser un periodo relacionado a curvas de aprendizaje y primer salto de crecimiento bajo la mira de contratación de una persona a tiempo completo con un salario de $\phi 450\,000$ por mes, más un 26.5% correspondiente a cargas sociales, para

un total de $\text{¢}569\,250$, esto equivale a un 79% de los egresos mensuales, el otro 21% se pensaría en concepto a aumento por gastos variables derivados de una mayor producción.

3. Para el tercer año también se piensa la contratación de una persona a medio tiempo, estableciendo como salario la base mínima contributiva de la Caja Costarricense de Seguro Social por $\text{¢}297\,044$ más $\text{¢}75\,000$ de cargas sociales. Con esto, además, se proyecta un aumento ligero de 2% en los ingresos al atribuir una mayor capacidad de ventas y producción. Para ese mismo año, se pretende una disminución de egresos a un 25%, contemplando que ya se estarían cubriendo los nuevos gastos fijos y dejando un valor porcentual por mes del 22% de otro tipo de salidas de dinero por más costos variables, inflación, etc.
4. Para el cuarto año se contempla un aumento anual de ingresos al 28% y egresos al 25%. Con esto se podría contratar la persona de medio tiempo a una jornada ordinaria.
5. El quinto año, significaría el periodo en el cual se estima la recuperación de la inversión bajo las hipótesis mencionadas con anterioridad. Con los cálculos del periodo de retorno de inversión del apéndice U, la fecha aproximada sería en 5 años, 9 meses y 28 días.
6. Se estipula que los años siguientes, la empresa pueda proyectar un porcentaje de crecimiento sostenido y logre, por medio de la mejora continua y revisión constante de sus procesos, mantener un equilibrio de los egresos, de forma que estos puedan ser compensados sin problema y sin desabastecer el flujo de caja positivo para proyectar una nueva inversión o contratación de más personal conforme se vayan necesitando.

Con los porcentajes y los supuestos pensados, la empresa lograría el cometido de recuperar la inversión en el periodo que lo desean, incurriendo en metas como contratación de personal para dar soporte a la producción y consigo mejorar el rendimiento actual. También, teniendo en cuenta una cifra de egresos adicionales que les proporciona una ventana de crédito y siendo poco ambiciosos con respecto a la proyección de ingresos anual, el cual podría

aumentar, no obstante, deben plantearse muy bien programas de mercadeo, destinar el nicho de mercado, aplicar un costeo que contemple todos los rubros referentes, tener controles para la toma de decisiones que encaminen el rumbo del negocio y seguir propiciando en planes tipo Kaizen para que, el negocio siga experimentando crecimiento donde le permita incursionar en nuevas inversiones, minimizando costos, pues es logable. La siguiente Tabla muestra los valores proyectados.

Tabla 50. Proyección de flujo de caja acumulado de Innoláser para los próximos 10 años.

INGRESOS											
Tipo de Caja	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	TOTALES
% de crecimiento proyectado	0%	25%	27%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	
Total de Ingresos	₡18 571 116,00	₡23 213 895,00	₡29 481 646,65	₡37 736 507,71	₡48 302 729,87	₡61 827 494,24	₡79 139 192,62	₡101 298 166,56	₡129 661 653,19	₡165 966 916,08	₡695 199 317,92

EGRESOS											
Tipo de Caja	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	TOTALES
% de crecimiento egreso mensual proyectado	0,00%	60,00%	25,00%	25,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	
Total de Egresos	₡14 376 800,55	₡23 002 880,88	₡28 753 601,10	₡35 942 001,38	₡43 130 401,65	₡51 756 481,98	₡62 107 778,38	₡74 529 334,05	₡89 435 200,86	₡107 322 241,03	₡530 356 721,86

SALDOS COLONES											
Concepto	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	TOTALES
Caja Acumulada	₡4 194 315,45	₡4 405 329,57	₡5 133 375,12	₡6 927 881,46	₡12 100 209,68	₡22 171 221,93	₡39 202 636,18	₡65 971 468,68	₡106 197 921,01	₡164 842 596,06	₡1 225 556 039,78
Flujo de caja anual	₡4 194 315,45	₡211 014,12	₡728 045,55	₡1 794 506,34	₡5 172 328,22	₡10 071 012,26	₡17 031 414,25	₡26 768 832,50	₡40 226 452,33	₡58 644 675,05	

Fuente: adaptación personal

Como respaldo adicional, se puede notar en la figura 51 que la caja acumulada por año tiende a aumentar. Un flujo de caja positivo es indicio de que los activos corrientes de la empresa están creciendo, lo que le permite liquidar deudas,

reinvertir en el negocio, devolver dinero a los accionistas, pagar los gastos y proporcionar un amortiguador contra futuros imprevistos o dificultades financieras. Esto denota viabilidad en el negocio y un buen panorama sobre su rentabilidad.

Figura 51. Flujo de caja proyectado por 10 años para Innoláser



Fuente: adaptación personal

Capítulo VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Tras completar la ejecución de las etapas anteriores que componen este proyecto, se logró tener la información suficiente para trazar una ruta de acción por medio de la metodología DMAIC, con la cual el alcance de los objetivos planteados fuera realizado, por tanto, de dicho proceso se pueden concluir los siguientes apartados generales:

- Se analizó, por medio de herramientas estadísticas, la observación directa, la toma de tiempos, la ejecución de diagramas y los procesos, el conteo de inventarios, el análisis de la logística de entrega, mediciones en la distribución de espacio físico, estudio del puesto de trabajo, monitoreo de mantenimientos, evaluación de la innovación y gestión de la calidad, encontrando la prevalencia de desperdicios en cada una de estas áreas. Los defectos y el sobre procesamiento fueron las mudas más frecuentes en las operaciones estudiadas. Las tres principales áreas operativas con mayor presencia de desperdicios fueron la planificación y diseño de procesos, seguido de la gestión de inventarios y en tercer lugar la ejecución de mantenimientos.
- Por medio de las herramientas usadas en la medición, se determina con un diagrama de Pareto que el 82% de problemas en las operaciones de Innoláser, se generan del 18% de 4 errores primordiales correspondientes a reprocesos por material no apto para el corte láser, calibración inadecuada de los equipos, parámetros de potencia y velocidad no establecidos, además de la utilización de láminas de madera pandeada. Se atribuye como principal causa a la problemática global, la inexistencia de un plan operativo en la empresa que dé pautas para una óptima gestión, así como la ineficacia en la implementación del mismo en ocasiones anteriores.
- El nivel de impacto de los desperdicios encontrados era muy significativo en términos de productividad en cada ámbito analizado, sin embargo, se puede

enfaticar que, en el área de procesos, la eficiencia global de los equipos resultó en un 26.74%, considerado como inaceptable. Sobre los mantenimientos, el tiempo medio entre fallas era de 22.5 minutos demostrando baja disponibilidad de la máquina; 495 minutos semanales usados para mantenimiento reactivo, además no existían programas de mantenimiento y un amplio desconocimiento de este. En cuanto a inventarios, no había un registro sobre los movimientos de este y se midió que un 52% de las láminas de MDF estaban pandeadas, situación que ocasionada la pérdida de piezas durante la producción.

- Se refuerza con un plan de operaciones atacando las principales áreas afectadas, para lo cual se implementan metodologías en el registro de inventario por medio de una plantilla en Excel ligado a compras y ventas que siguiese los principios Poka Yoke para facilitar su uso, se establecen pautas para la evaluación de proveedores y determinar las características del material MDF que sí es funcional para la fabricación. Se fundamenta un programa de mantenimiento preventivo con base en 5s y TPM. Se redistribuye la organización del taller y se usan métodos de organización del trabajo por medio de un tablero Kanban, así como herramientas visuales Andon. Estas mejoras se vincularon con capacitaciones, programa para levantamiento de datos, incorporación de principios de costeo, seguridad laboral, registro de indicadores, control por medio de checklist y bitácoras.
- Los logros más significativos se reflejaron en la redistribución del espacio de trabajo pasando de un área de 17.1 m² a 38.4 m². Aumento de la OEE a 61.82%. Se aumentan los tiempos de mantenimientos preventivos a 150 minutos por semana, pero se disminuyen los mantenimientos reactivos a 138 minutos. Se cumple a un 100% con plazos de entrega cuando antes se incumplía en un 8% mensual. Disminuye en un 25% desperdicios por sobre procesamiento y traslados durante proceso de corte y grabado láser. Se reduce a 0% retrabajados debidos a material no apto para corte. Se

disminuye a un 4.8% los errores en envíos por encomienda y mensajería cuando en la medición era de 16%. Se disminuye la frecuencia en los 12 errores más comunes registrados durante el proceso de medición, un 50% de ellos se convierte en 0 de recurrencia. Disminución de 43.2 horas laborales extras al mes. Se mejoran las condiciones de trabajo según la escala de Renault pasando de un 52% a un 70%. Estos resultados demuestran una mejora en la productividad de cada área operativa.

- Desde una perspectiva económica, el beneficio que obtiene la empresa al cuantificar las mejoras en la productividad de algunas áreas operativas, sobre la rentabilidad global, da como resultado que anualmente dejaría de incurrir en costos de 5 495 202 colones. Por otro lado, durante el proceso de implementación de las 5s, obtuvo un ingreso adicional por 245 000 colones debido a la venta de material que permaneció en stock por más de años, el cual se clasificó y colocó en venta. El gasto en el que se incurre con motivo de implementación de mejoras a lo largo del proyecto es de ¢348 152, cumpliendo con el presupuesto que tenía Innoláser de ¢500 000 como máximo.
- Las mejoras en la rentabilidad y productividad obtenidas a lo largo de este proyecto permitieron dotar de conocimientos a la empresa para que puedan replicarse las metodologías implementadas sobre los nuevos procesos productivos que tendrán apertura por la inversión reciente realizada en maquinaria adicional. Se efectúa una proyección con varios supuestos acerca la posibilidad de recuperación de los ¢20 459 209 invertidos, en la cual se demuestra la opción de retorno en un periodo de 5 años y 9 meses, además de la tendencia creciente del flujo de caja acumulado del negocio como respuesta de la viabilidad.

Recomendaciones

Para que el negocio continúe ejecutando con éxito el plan implementado y pueda extender la mejora continua a las diferentes áreas productivas, se brindan una serie de recomendaciones que se exponen a continuación:

- Continuar con el registro de la información en las plantillas de Excel ideadas es primordial para monitorear el avance, así como para resguardar información que brinden claridad en la toma de decisiones futuras, además de evaluar el impacto en la rentabilidad.
- Profesionalizar las plantillas de Excel ejecutadas es una tarea que puede llegar a facilitar el proceso. Es altamente recomendable contactar un profesional en analítica avanzada o programación en Office para crear macros y otras herramientas que automaticen aún más los apartados con lo que cuenta el archivo.
- Robustecer el sistema de costeo es vital y de carácter prioritario para el adecuado funcionamiento de la empresa, pues este aspecto tiene un impacto directo en la rentabilidad del negocio. Se deben enlistar los costos fijos, la demanda, así como contar con información veraz de los costos variables.
- Replicar el alcance de las mejoras en inventario, procesos y mantenimientos para las otras máquinas con las que cuenta el negocio.
- Se recomienda buscar cursos de capacitación gratuita con el INA y el MEIC especial para Pymes, en las que puedan aprender no solo de gestión de mercadeo, administración y finanzas, sino también de temas técnicos que les permitan desempeñarse mejor en sus operaciones e innovar con nuevas líneas de negocio.

- Idear un plan de inversión para el crecimiento del negocio. Con esto se puede propiciar la adquisición de equipo tecnológico a la vanguardia y poder tener una ruta para comprar maquinaria nueva, así como el establecimiento de metas para retornar el monto utilizado.
- Calendarizar el avance y cumplimiento de acciones pendientes por ejecutar de 5s que se propusieron en este proyecto.
- Se recomienda continuar con el análisis de indicadores para cada área operativa, para ello, se brinda como guía la Tabla 51.

Tabla 51. Evaluación de indicadores por área operativa en Innoláser.

KPI	Área operativa	Fórmula
Tiempo de ciclo	Logística	Tiempo de producción/unidades producidas
Lead time	Logística	Fecha de entrega real – Fecha de recibimiento de orden
Incumplimientos	Procesos	Cantidad de entregas fallidas/total de pedidos
OEE	Procesos	Rendimiento*Disponibilidad*Calidad
MTTR, tiempo medio de reparación	Mantenimiento	Tiempo total en mantenimiento/cantidad de reparaciones
Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Mantenimiento	(Tiempo total laboral disponible – Tiempo de inactividad) / número de paradas
Índice de desperdicio	Calidad	Total de piezas defectuosas/Total de piezas producidas
Cantidad de averías por semana	Mantenimiento	Total de horas en paro por avería/Total de horas laboradas
ROI	Innovación y desarrollo	(Ganancia – Costo de la inversión) / Costo de la inversión
Quejas	Calidad	Total de quejas recibidas en el periodo/total de pedidos del periodo
Rotación de materia prima	Inventarios	Materia prima consumida durante el periodo/Inventario promedio de materia prima
Costo de horas extra al mes	Puesto de trabajo	Horas de trabajo adicionales * costo de hora de mano de obra

Flujo de caja	Financiero	Ingresos del periodo-egresos del periodo
Índice de innovación	Desarrollo	Desarrollo de nuevos productos/total de productos fabricados

Fuente: elaboración personal

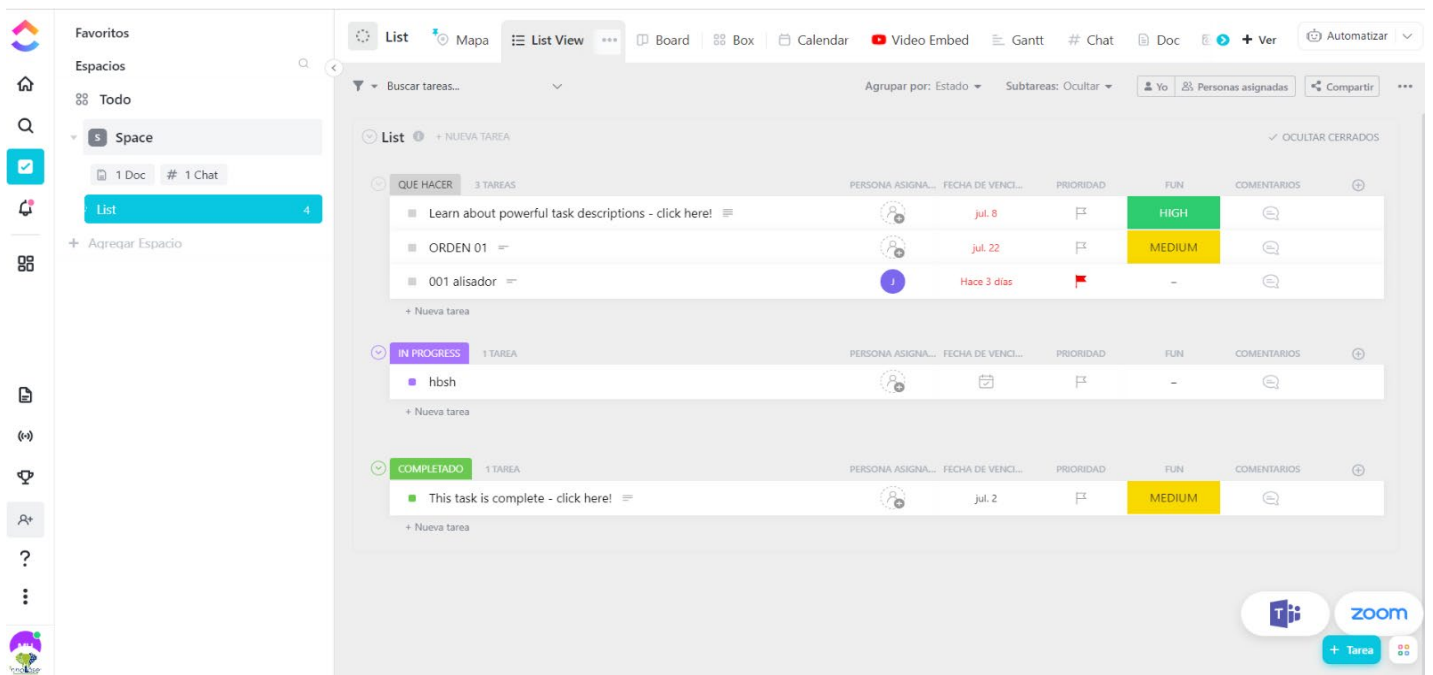
Finalmente, una propuesta de implementación a mediano plazo consiste en un programa de transformación digital por medio del uso de la aplicación Click Up, la cual consiste en una herramienta colaborativa, gratuita, para la administración de proyectos y tareas.

Esta plataforma se compone de diferentes pestañas que ofrecen gran versatilidad para la organización del trabajo. Incluso, puede considerarse que cada pedido es un proyecto. Entre las acciones que se pueden ejecutar son las siguientes:

- Listar tareas y proyectos a los cuales se les asigna un responsable, conglomerar archivos vinculados en un mismo espacio, establecer prioridad, plazos de entrega, generar dependencias de proceso.
- Visualización de los proyectos registrados según método Kanban, de esta manera las órdenes que se generan manuales pueden digitalizarse, brindando la oportunidad de personalizar los componentes del tablero.
- Obtención de reportes gratuitos en los que se puede visualizar las tareas asignadas a cada miembro para evaluar un sobrecargo, cumplimiento según fechas de entrega establecidas, tipo de labor, cantidad de proyectos ejecutados, entre otros.
- Tracking del tiempo en el que se incurre para completar una tarea. Excelente opción para monitorear los avances y calcular el tiempo de ciclo.
- Todos los miembros del equipo (máximo 5 con la licencia gratuita) pueden visualizar el estatus de un proyecto en el que forman parte.
- Integración con aplicaciones como Google Maps, Google Calendar, Office, Teams, Zoom, Gmail, Trello y otras, lo cual permite monitorear las tareas desde un ordenador o bien, dispositivo móvil. Funcional para programar recordatorios y estar pendiente de la continuidad de las asignaciones.

- Se pueden establecer metas por objetivos SMART con el fin de alcanzar nuevas áreas de negocio mediante la trazabilidad de qué tanto se cumplen las etapas.
 - Realizar diagramas de Gantt automáticamente con solo las tareas enlistadas.
- Para explicar cómo puede usarse en Innoláser, se recurre al siguiente ejemplo:

Figura 52. Visualización general de las funcionalidades en la aplicación Click Up.



Fuente: Click Up.com.

Un cliente solicita el pedido de 25 piezas que requieren ensamble, de esta manera se registra como una nueva tarea, se incluye la fecha de entrega pactada, se escriben características del artículo, se asigna una prioridad y se estipula una persona “X” para que sea el encargado de la ejecución de ese trabajo.

Si un colaborador diferente es el encargado de uno de los procesos en especial, se puede generar una dependencia, así se garantiza que cuando se completa la parte A, el colaborador “Y” esté al tanto del estatus para que sepa los

detalles de lo que se debe producir y el momento justo en que debe tomar liderazgo de la etapa “B”.

Información como dirección de entrega puede subirse de una vez como un link de Google maps que redirija a un lugar en especial, así mismo, al hacer apertura de la orden de trabajo, se puede agregar el archivo con el diseño necesario para su fabricación o la plantilla de Excel con detalles de la venta.

Se tiene la particularidad que los miembros del equipo pueden hacer comentarios, de manera que, se puedan registrar fallos, inconvenientes o modificaciones del pedido y todos a su vez estarían alertados.

Si se necesita llamar al cliente para estipular una condición, esto se puede integrar por medio de Zoom o Teams, inclusive, el comprador puede recibir archivos como la factura o diseño digital para previsualización, ofreciendo una experiencia de compra.

La transformación digital es difícil de poner en marcha, especialmente para MiPymes, no obstante, supone un reto que debe afrontarse para garantizar la adaptación del negocio a la nueva era de automatización en la cual se está inmerso y ofrecer ventajas competitivas frente otras empresas que le permitan una mejor colocación en el mercado emergente.

Al ser una herramienta gratuita pero altamente útil, puede ser una opción muy provechosa para evitar el uso del papel, reunir información de manera más rápida, también para analizar datos a través de los reportes que se generan, generar el hábito, ordenar los procesos y tomar decisiones.

Bibliografía

Beltrán, E. (2014). *Indicadores de operación o actividad*. Recuperado de https://prezi.com/gys_x9dxn808/indicadores-de-operacion-o-actividad/

Berganzo, J. (2016). Las '5 eses' para ser más productivo. Sistemas OEE. Recuperado de <https://www.sistemasoe.com/implantar-5s/>

Carmona, X. (2018). *Reducción Del Lead Time En La Fábrica Mahle S.A Aplicando El Value Stream Mapping*. (Trabajo de graduación). Universidad Politécnica de Catalunya. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/114762/memoria.pdf>

Carro, R. & González, D. *El sistema de producción y operaciones*. Universidad Nacional del Mar de Plata. Recuperado de http://nulan.mdp.edu.ar/1606/1/01_sistema_de_produccion.pdf

Castañeda, Y. & Silva, D. (2013). *Implementación De Un Sistema De Gestión De Inventarios En Melexa S.A.* (Trabajo de graduación). Universidad Libre de Bogotá. Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9430/DOCUMENTO%20FINAL.pdf?sequence=1>

Castellano, L. (2019). Kanban. Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(1), pp. 30-41. Doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/30-41>

Chavarría, R. (s.f). *NTP 176: Evaluación de las condiciones de trabajo: Método de los perfiles de puestos*. Centro Nacional De Condiciones De Trabajo – Barcelona. Recuperado de https://www.cso.go.cr/legislacion/notas_tecnicas_preventivas_insht/NTP%20176%20condiciono%20de%20los%20perfiles%20de%20puestos.pdf

Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., & Varela, M. (2019). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación En Educación Médica*, 2(7), 162-167. Recuperado a partir de <http://www.riem.facmed.unam.mx/index.php/riem/article/view/430>

Evans, J. & Lindsay, W. (2008). *Administración y control de la calidad* (7ma ed.) Cengage Learning, Inc. Recuperado de http://biblio3.url.edu.gt/publiclg/biblio_sin_paredes/maestria/adm_contr_cal/cap/10.pdf

Felizzola, H. & Amaya, C. (2014). _Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* 22 (2). 263-277. Recuperado de <https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v22n2/art12.pdf>

Fonseca, G.; Correa, M. & Aragón, A. Adaptación de Herramientas Lean Six Sigma en pyme del sector cuero en Colombia. Red Universitaria Empresarial. Recuperado de <https://issuu.com/redue/docs/cap-17>

Garza, R.; González, C.; Rodríguez, E.; Hernández, C. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 22, 19-35. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2331/233148815002.pdf>

Global Six Sigma Experts. (2017). *Difference between: Six Sigma and Lean Six Sigma*. Recuperado de <https://www.6sigma.us/six-sigma-articles/two-phases-six-sigma-and-lean-six-sigma/>

González, R. & Jimeno, J. (2012). *Check list / Listas de chequeo: ¿Qué es un checklist y cómo usarlo?* [Entrada de blog]. Recuperado de: <http://www.pdcahome.com/check-list/>

Guerra, N. (2018). *Lean Startup, la metodología que lo cambia todo*. Start Point. Recuperado de <https://startpoint.cise.es/lean-startup-la-metodologia-que-lo-cambia-todo/>

Gutarra, F. (2015). *Introducción a la Ingeniería Industrial* (1era ed.) Universidad Continental. Recuperado de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/2192/1/DO_FIN_108_MAI_UC0516_20162.pdf

Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad* (3era ed.). Mc Graw Hill. Recuperado de <https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/56cf64337c2fcc05d6a9120694e36d82.pdf>

Gutiérrez, H. & De la Vara. (2009). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma* (2da ed.). Mc Graw Hill. Recuperado de <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>

Llamas, J. y Fernández, C. (2018). La metodología Lean Startup: desarrollo y aplicación para el emprendimiento. *Revista EAN*, 84, (pp 79-95). DOI: <https://doi.org/10.21158/01208160.n84.2018.1918>

Navarro, J. (2016). *Definición de Orden de Trabajo*. Economía.org. [Recuperado de https://economia.org/orden-trabajo.php](https://economia.org/orden-trabajo.php)

Ochoa, N. (2013). *Diagramas para el estudio del trabajo*. Ingeniería y educación. Recuperado de <https://ingenieriayeducacion.wordpress.com/2013/05/29/diagramas-para-el-estudio-del-trabajo/>

Ovalles, J.; Gisbert, V. & Pérez, A. (2017). Herramientas para el análisis de causa raíz (ACR). *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, Edición Especial, 1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.1-9>

Pacheco, J. (2022). *¿Qué es un Diagrama SIPOC y para qué sirve?*. Web y Empresas. Recuperado de <https://www.webyempresas.com/diagrama-sipoc/>

Páez, F. (2021). *¿Qué son los Objetivos SMART para las PyMES?* Mercadeo Digital. Recuperado de <https://www.mercadeodigital.co/los-objetivos-smart-para-las-pymes/>

Paredes, A. (2017). Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio. *Entramado* 13 (1). 262-277. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25103>

Pérez, A. (2021). *¿Qué es un diagrama de Gantt y para qué sirve?* OBS Business School. Recuperado de <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>

Rangel, D. (2021). *¿Qué es el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)?* TLG. Recuperado de <https://www.oinkoink.com.mx/noticias/economia/que-es-el-periodo-de-recuperacion-de-la-inversion-pri/>

Salcedo, L. (2016). *Diseño y Formulación de Indicadores Claves de Rendimiento (Kpi) en el Área De Formación de la Unidad de Gestión Humana de la Universidad de los Andes*. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24658/DISE%C3%91O%20Y%20FORMULACI%C3%93N%20DE%20INDICADORES%20CLAVES%20DE%20RENDIMIENTO%20FINAL.pdf?sequence=1>

Schroeder, R.; Meyer, S. & Rungtusanatham, M. (2011). *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos* (5ta ed.) Mc Graw Hill. Recuperado de https://intercovamex.com/wp-content/uploads/2019/06/Administracion_de_operaciones-1.pdf

Nuño, P. (2017). *¿Cómo hacer un plan de operaciones?* Emprende PYME.net. Recuperado de <https://www.emprendepyme.net/como-hacer-un-plan-de-operaciones.html>

Salazar, B. (2019) *Diagrama de circulación*. Ingeniería Industrial Online. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/diagrama-de-recorrido/>

Salazar, B. (2019) *Overall Equipment Effectiveness*. Ingeniería Industrial Online. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-mantenimiento/eficiencia-global-de-los-equipos-oeef/>

Salazar, B. (2019) *Total Productive Maintenance*. Ingeniería Industrial Online. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>

Sastoque, M. (2021). *Herramientas para el control estadístico de calidad*. Revista Virtual Pro-Procesos Industriales. Recuperado de <https://www.virtualpro.co/noticias/herramientas-para-el-control-estadistico-de-calidad#:~:text=El%20control%20estad%C3%ADstico%20de%20la,cumpla%20con%20las%20exigencias%20requeridas>.

Silva, L. (2021). *¿Qué es la gestión industrial? Vea 9 pasos para aplicarla en su negocio*. Checklist fácil Blog. Recuperado de <https://blog-es.checklistfacil.com/gestion-industrial/>

Torres, I. (2021). *Diagrama de Flujo, una herramienta infalible para visualizar, esquematizar y mejorar tus procesos*. IVE Consultores. Recuperado de <https://iveconsultores.com/diagrama-de-flujo/>

Trías, M.; González, P.; Fajardo, S. & Flores, L. (2009). *Las 5 W + H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos*. Laboratorio Tecnológico de Uruguay. Recuperado de https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=407

Universidad Andrés Bello. (2021). *Importancia de la logística y operaciones industriales*. Posgrados UNAB. Recuperado de <https://www.postgradounab.cl/noticias/importancia-de-la-logistica-y-operaciones-industriales/#:~:text=Hablar%20de%20operaciones%20industriales%20es,o%20fabricar%20material%20e%20informaci%C3%B3n>.

Universal Laser Systems. (2014). *Introduction to Laser Material Processing*. Recuperado de <https://cdn.ulsinc.com/assets/pdf/57981d350454aa7427094a83/intro-to-dlmp.pdf>

Velásquez, A. (2003). *Modelo De Gestión De Operaciones Para Pymes Innovadoras*. *Revista Escuela De Administración De Negocios* (47). 66-87. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/206/20604705.pdf>

Westreicher, G. (2021). *Gráfico*. Economipedia.com. Recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/matematicas/grafico.html>

Apéndice

Apéndice A. Resultados de observación directa en la etapa de medición.

Resultados de observación directa

Preguntas	Resultados	Comentarios
1 ¿Cuántas personas trabajan en el proceso?	1	Para el día del padre, por temporada, colaboraron 5 familiares
2 ¿Hace algún trabajo, operación, sin saber su razón de ser?	No	Se conoce la razón de ser de las operaciones
3 ¿Se usan equipos de protección personal en el taller?	No	No se usan EPP, pero sí se cuenta con los instrumentos, como motivo al no uso se indica falta de costumbre, incomodidad, sensación de que no es necesario, estética
4 ¿Se pierde tiempo buscando herramientas, elementos, carpetas, etc. porque no están correctamente identificados o no tienen una ubicación estándar?	SI	No se tiene claridad de dónde se guardan herramientas o artículos de uso diario, no hay rotulaciones ni un orden especial de almacenamiento
6 ¿Se pierde tiempo repasando pendientes porque no existe un registro accesible de todas las tareas: pendientes, en ejecución y terminadas?	SI	No hay una planificación previa de producción ni organización al momento de laborar, en ocasiones no se anotan pedidos y se olvidan producir, causando
8 ¿Se puede reducir la distancia en los desplazamientos de las personas?	No	El taller inicial tiene espacios muy reducidos inclusive para el traslado. Con la distribución del taller en fase 1 de remodelación se pretende acomodar las máquinas y herramientas con más accesibilidad.
7 ¿Son excesivas las existencias de elementos de papelería, desechos o materiales no reutilizables?	SI	Se almacenan muchos retazos y residuos de materiales que generan aglomeración diaria en el taller
8 ¿Se deterioran los materiales por un inadecuado almacenamiento?	SI	Las láminas de materia prima se pandean por acomodarse verticalmente en el estante
8 ¿Se mezclan materiales y elementos que luego han de separarse, buscarse en lugar de tan solo seleccionar?	SI	Al sacar las piezas de la máquina, se tienden a revolver en una caja o en una mesa, lo que ocasiona un retrabajo tener que separarlas continuamente, esto afecta cuando hay procesos de ensamble, pues se gasta tiempo en buscar las partes que se necesitan para armar.
10 ¿Existen máquinas, computadores u otros equipos que no se utilizan desde hace tiempo?	SI	La plancha de sublimación, el plotter pequeño de corte, así como las laminadoras tienen más de 6 meses sin utilizarse. Por su parte, se almacenan cajas con productos fabricados hace más de 3 años. Se desconoce la cantidad y tipo de estas piezas
11 ¿Está bien aprovechado el espacio interior de estanterías, almacenes, armarios?	No	Al guardarse piezas constantemente, los espacios de almacenamiento son reducidos y de difícil acceso. No hay lugar para algunas herramientas por lo que deben guardarse en diferentes aposentos de la casa.
13 ¿La disposición de equipos y materiales se encuentra establecida de acuerdo a su frecuencia de uso?	No	No existe una forma en especial de acomodar los materiales o equipos
14 ¿Qué sistema o recolección de datos de procesos utilizan?	Excel	Se registran algunas ventas y compras solamente en Excel
16 ¿El equipo de producción conoce su rango de eficiencia, conoce sus límites de producción?	No	No se han realizado estudios con anterioridad
18 ¿Se ha realizado un estudio de tiempos o movimientos?	No	No se han realizado estudios con anterioridad
17 ¿Se lleva a cabo el indicador OEE? ¿Conocen de qué se trata?	No	No se conoce en qué consiste
18 ¿Hay una movilización repetitiva? ¿Hay un orden en las actividades de trabajo o manual de actividades?	No	Las actividades se ejecutan por intuición mas que por planificación, por lo que hay repetición de movimientos y tareas
18 ¿Hay políticas de uso de materiales? ¿Primero los más antiguos?	No	No hay una gestión del uso de inventarios
20 ¿Pierde tiempo en actividades de limpieza que se podían evitar con alguna protección o cuidado?	SI	El taller se ordena diariamente mínimo 3 veces al día porque se desordena con facilidad, cuando hay mucho trabajo las limpiezas se reducen a cuando dé tiempo y esto genera desorden
21 ¿Existen unidades obsoletas en el inventario de repuestos? ¿Se ha actualizado la base de datos del inventario de repuestos?	N/A	La empresa no cuenta con stock de repuestos ni planes de mantenimientos estipulados, la mayoría se basa en acciones correctivas al haber fallas

Apéndice B. Distribución del taller inicial.



Apéndice C. Fase 2 de remodelación de taller.



Apéndice E. Cursograma analítico del proceso de corte y grabado tras mejora con dos máquinas

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N°_1_____ De:_1_ Diagrama N°:_4_		Operar: <input checked="" type="checkbox"/> Mater. <input type="checkbox"/> Maquil. <input type="checkbox"/>							
Proceso: Corte de 80 carátulas de portarretratos PA003		RESUMEN							
Método: Actual:_____ Propuesto:___x___ Producto: PA003 Carátula Nombre del operario: María Hernández Elaborado por: Tiffany Angulo		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.			
			Operación	12	17	42%			
			Transporte	10	12	20%			
			Inspección	2	2	0%			
			Espera	0	0	0%			
			Almacenaje	0	0	0%			
		Total de Actividades realizadas			24	31	20%		
Distancia total en metros			25	37	44%				
Tiempo mín/hombre			74	66	-11%				
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo segundos	SÍMBOLOS PROCESOS				
									
1	Tomar materia prima de estante	1	0.0	10.0	●				
2	Traslado a máquina A	1	1.0	1.8		●			
3	Acomodo de material en cama plana	1	0.0	100.0	●				
4	Ajustar distancia focal	1	0.0	35.0	●				
5	Encender máquina A	1	0.0	25.0	●				
6	Traslado a estante	1	1.0	1.8		●			
7	Tomar materia prima de estante	1	0.0	10.0	●				
8	Traslado a máquina B	1	0.6	1.5		●			
9	Acomodo de material en cama plana	1	0.0	100.0	●				
10	Ajustar distancia focal	1	0.0	35.0	●				
11	Encender máquina B	1	0.0	25.0	●				
12	Traslado a computadora	1	2.5	4.0		●			
13	Ajustar parámetros de diseño y corte e iniciar corte	1	0.0	350.0	●				
14	Traslado a máquina A	1	7.0	9.0		●			
15	Inspección de corte	1	0.0	15.0			●		
16	Traslado a máquina B	1	2.9	4.2		●			
17	Inspección de corte	1	0.0	15.0			●		
18	Traslado a computadora	1	2.5	4.0		●			
19	Actividad de diseño o administrativa	1	0.0	2640.0	●				
20	Traslado a máquina A	1	7.0	8.0		●			
21	Retirar piezas y desechos	1	0.0	120.0	●				
22	Botar desechos en basurero al lado de máquina	1	0.0	120.0	●				
23	Traslado a mesa	1	3.8	6.0		●			
24	Colocar piezas en mesa de trabajo dentro del taller	1	0.0	35.0	●				
25	Traslado a máquina B	1	2.8	4.5		●			
26	Retirar piezas y desechos	1	0.0	120.0	●				
27	Botar desechos en basurero al lado de máquina	1	0.0	120.0	●				
28	Traslado a mesa	1	2.8	4.5		●			
29	Colocar piezas en mesa de trabajo dentro del taller	1	0.0	35.0	●				
30	Traslado a estante	1	2.7	4.6		●			
31	Tomar materia prima de estante	1	0.0	10.0	●				

Apéndice F. Tablero Kanban implementado en la empresa Innoláser y colocación de fichas de control como guía visual de cumplimiento.



Apéndice G. Tarjeta Kanban especializada para el registro y seguimiento de producción.

Orden de trabajo		Fecha de entrega solicitada		Fecha inicio orden		Fecha fin orden		Modalidad de envío			Destino
Ítem	Cantidad	Desglose piezas			Materia Prima			Tiempo de corte (min)	Potencia W	Velocidad mm/s	Piezas dañadas
		Tipo Pieza	QTY total proyectada	QTY listas	Máquina	MP	QTY				
Total											
Bitácora											
Diseño	Corte/Grab	Ensamble	Pintura	Empaque	Logística	Mantenimientos	Errores de operación		Tiempo en paro por avería/error (min)		
Hora Inicio:	Hora Inicio:	Hora Inicio:	Hora Inicio:	Hora Inicio:	Fecha envío:						
Hora Fin:	Hora Fin:	Hora Fin:	Hora Fin:	Hora Fin:							
Fecha ini:	Fecha ini:	Fecha ini:	Fecha ini:	Fecha ini:	Fecha entrega real:						
Fecha fin:	Fecha fin:	Fecha fin:	Fecha fin:	Fecha fin:							
Encargado:											
Observaciones											

Apéndice K. Tabla dinámica con resumen de inventario inicial registrado.

Inv Inicial	Sum of ÁREA cm2
Acetato 0.1 mm azul	33600
Acrílico 3mm amarillo neón	14884
Acrílico 3mm transparente	1830
Acrílico 3mm verde negro	1830
Acrílico 3mm verde neón	14884
Acrílico 4mm transparente	1830
Madera cedro especial 6mm	59536
MDF 3 mm natural	111520,2
MDF 3 mm conglomerado oscuro	238144
MDF 3 mm melamina café	607743
MDF 3mm blanco	178608
MDF 4 mm natural	178608
MDF hidrófobo verde	158112
Pino chileno 4 mm	98820
Plywood 3.6 mm	208376
Polipropileno morado	4435200
Polipropileno turquesa	403200
Total general	6746725,2

Apéndice L. Costos resultantes para determinar el precio de los productos en venta para el día de la madre.

Costos Minuto láser CC/Min	Costos materia prima/cm2				Costos Mano de obra x 9 min		
	mdf	melamina	pino	acrilico	MO/H	MIN ENSAM	MO*min
₡ 200,00	₡ 0,26	₡ 0,45	₡ 0,35	₡ 1,57	₡ 1 923,08	₡ 0,15	₡ 288,46

Costos fijos cf	Costos Mano de obra x 5 min		Costos Mano de obra x 7 min			Costos Mano de obra x 3 min		
	MIN ENSAM	MO*5min	MO/H	MIN ENSA	MO*min	MO/H	MIN ENSAM	MO*min
₡ 250,00	₡ 0,08	₡ 160,26	₡ 1 923,08	₡ 0,12	₡ 224,36	₡ 1 923,08	₡ 0,05	₡ 96,15

Apéndice M. Gastos fijos registrados por Innoláser cada mes.

Costos Fijos			
#	Concepto		Costo (CRC)
1	Impuestos	₡	6 000,00
2	Gastos administrativos	₡	60 000,00
3	Servicios	₡	50 000,00
4	Cargas sociales	₡	75 000,00
5	Cuentas por pagar	₡	80 000,00
6	Ahorros programados	₡	20 000,00
7	Otro	₡	9 000,00
8	Otro		
9	Otro		
10	Otro		
11	Otro		
12	Otro		
13	Otro		
14	Otro		
15	Otro		
16	Otro		
17	Otro		
18	Otro		
19	Otro		
20	Otro		
21	Otro		
22	Otro		
Costo Fijo Total		₡	300 000,00

Apéndice N. Actividades realizadas en cumplimiento a la etapa de clasificación de las 5s.



Apéndice O. Actividades realizadas en cumplimiento a la etapa de ordenar de las 5s.



Apéndice P. Actividades realizadas en cumplimiento a la etapa de limpiar de las 5s.



Apéndice Q. Evidencia de capacitación recibida por técnico en mantenimiento láser.



Apéndice R. Rotulación de advertencia presente en máquinas láser de clase 4.



Apéndice S. Cálculo de OEE para la fabricación de medallas tras la implementación de mejoras.

OEE				
OEE Actual		60,97%		
DISPONIBILIDAD		RENDIMIENTO		
Medallas Tae-01				
	(h)	(min)		
Tiempo Laborado Programado	8	480	Velocidad 2,1/medalla	
Cambio de Lámina	0,03	2	Producción Teórica	
Importar archivos	0,15	9	Producción Real	
Ajustar parámetros	0,25	15,0	RENDIMIENTO	
Verificar distancia focal	0,03	1,7	97,93%	
Retiro piezas parrilla	0,10	6		
Traslados	0,05	3,0	CALIDAD	
Limpieza parrilla	0,10	6,0	Producción Real	140
Reprocesos por Error Humano	0,12	7	Producción defectuosa	3
Alimentación	1,67	100	Producción Buena	137
Mantenimiento reactivo	0,00	0	CALIDAD	97,86%
Mantenimiento programado	0,42	25		
TOTAL DE TIEMPO	3	175		
TIEMPO REAL LABORADO	5	305		
DISPONIBILIDAD	63,63%			

Apéndice T Cálculo de OEE para la fabricación de cajas tras la implementación de mejoras.

OEE				
OEE Actual		62,63%		
DISPONIBILIDAD		RENDIMIENTO		
Caj-06				
	(h)	(min)		
Tiempo Laborado Programado	9	540	Velocidad 5,02/caja completa	
Cambio de Lámina	0,08	5	Producción Teórica	
Importar archivos	0,05	3	Producción Real	
Ajustar parámetros	0,25	15,0	RENDIMIENTO	
Verificar distancia focal	0,09	5,2	96,97%	
Retiro piezas parrilla	0,30	18		
Traslados	0,10	6,0	CALIDAD	
Limpieza parrilla	0,30	18,0	Producción Real	64
Reprocesos por Error Humano	0,17	10	Producción defectuosa	2
Alimentación	1,67	100	Producción Buena	62
Mantenimiento reactivo	0,00	0	CALIDAD	96,88%
Mantenimiento programado	0,42	25		
TOTAL DE TIEMPO	3	205		
TIEMPO REAL LABORADO	6	335		
DISPONIBILIDAD	66,67%			

Apéndice U. Periodo de recuperación de la inversión de maquinaria.

PRI= a + ((b-c)/d)	
a=año intermedio anterior en que se recupera la inversión	5
b= inversión inicial	₡20 459 209,00
c= flujo de efectivo acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión	₡12 100 209,68
d=flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión	₡10 071 012,26

Año: $5 + ((20459209 - 12100209,68) / 10071012,26) = 5,830005873$

Mes: $0,83000587 * 12 = 9,96007044$

Días: $0,96007044 * 30 = 28,8021132$

Glosario

Andon: Expresión de origen japonés y que se relaciona con el control visual, conjunto de medidas prácticas de comunicación visual y auditivo utilizadas con el propósito de plasmar, de forma clara y sencilla, el estado de algún sistema o proceso productivo, es decir, herramienta fundamental para disminuir el tiempo de respuesta y eliminar los tiempos muertos en la operación diaria que se presentan durante la jornada laboral en el momento en que estas ocurren.

Burnout: Estado de agotamiento mental, emocional y físico que se presenta como resultado de estrés crónico, exigencias agobiantes o insatisfacción laboral.

Poka Yoke: Mecanismo o dispositivo que evita o disminuye los errores humanos en los procesos antes de que sucedan, o que los hace evidentes para que sean detectados y corregidos a tiempo.

Kanban: Método de organización visual de gestión de proyectos para controlar la producción y gestionar el suministro de componentes.

Kaizen: Mejora en la calidad a través de la implementación de cambios continuos en la organización.

Layout: Manera en la que están distribuidos los elementos y formas dentro de un diseño.

Láser co2: Láser de dióxido de carbono.

Láser diodo: Dispositivo semiconductor similar a una luz led pero que bajo condiciones adecuadas emite luz láser.

Muda: Desperdicios

Organoléptico: Valoración cualitativa que se realiza sobre una muestra basada en 5 sentidos.

Scrap: Residuo.

Anexos

Anexo 1. Ficha técnica de MDF distribuido por Panaplast.

Tablero de fibras de madera de densidad media, ideal para ser usado tanto en la industria del mueble como en la construcción.

www.trupan.com
www.araucosoluciones.com

57

Características

- Producto de calidad uniforme.
- Estable y homogéneo en sus dimensiones.
- Producto de color claro.
- Puede ser moldurado, perforado, ensamblado, atornillado y pintado.
- Excelentes propiedades físico-mecánicas.

Terminación

- Sin imperfecciones, superficie suave y homogénea.
- Perfil de densidad uniforme.

Humedad

- Contenido de humedad de 6 a 8% promedio.

Ventajas del Producto

- Fácil de moldurar y desfondar.
- Mínimos requerimientos de lijado.
- Mediante sencillas técnicas, permite muy buenos acabados de pinturas o barnices, logrando excelentes terminaciones de laqueado.

Usos y Aplicaciones

- Fabricación de muebles.
- Decoración de interiores.
- Fabricación de molduras.
- Arquitectura de interiores.
- Revestimiento de muros.

Recomendaciones

- Para la fijación, preferentemente se deben utilizar herrajes que fijen los tableros por la superficie, evitando aquellos que sean de anclaje por los cantos del mismo.
- Se recomienda el uso de tornillos, evitando atornillar a una distancia menor a 25mm de las esquinas del panel.
- Para la colocación de tornillos se debe hacer una perforación igual al diámetro del alma del tornillo.
- Los perfiles deben elegirse cuidadosamente. Preferentemente, los bordes no deben tener puntas ni rebajes muy angostos ya que podrían afectar la uniformidad de las terminaciones con pintura o laca y reducir la resistencia al impacto de los bordes.

Tornillo y Diámetro Perforación		
Tornillo Spax (N°)	Diámetro Perforación (mm)	
4 - 5	2,0	
6 - 7	2,5	
8	3,0	
9	3,3	
Tornillo Soberbio	Canto	Cara
TRUPAN Liviano	4,5	4,5
TRUPAN Ultraliviano	4,5	4,5

Especificaciones Técnicas						
TRUPAN	Dimensiones			Densidad Promedio (kg/m ³)	Tolerancias	
	Espesores (mm)	Largo (m)	Ancho (m)		Espesor (mm)	Diagonal (mm)
MDF Estándar	3 - 4 - 5,5	2,44	1,52	725	-/+0,15	3,0
MDF Liviano	9	2,44	1,52	600	-/+0,15	3,0
MDF Ultraliviano	12 - 15 - 18 - 20 - 25 - 30 - 38 - 45 - 50	2,44	1,52	500	-/+0,15	3,0


Propiedades Físico-Mecánicas			
TRUPAN	Espesores (mm)	Extracción de Tornillos	
		Cara (kg)	Canto (kg)
MDF Estándar	3 - 4 - 5,5	105	85
MDF Liviano	9	85	85
MDF Ultraliviano	12 - 15 - 18 - 20 - 25 - 30 - 38 - 45 - 50	80	65

Las medidas y características técnicas pueden ser modificadas sin previo aviso.

Fuente: Distribuidora Panaplast.

Anexo 2. Ficha técnica de MDF distribuido por Distribuidora Caxi, página 1.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PRODUCTOS TERMINADOS

	TABLERO DE FIBRAS PARA UTILIZACIÓN GENERAL EN AMBIENTE SECO (TIPO MDF) MDF	Edición: 03
		Fecha: 07.04.15
Kronospan MDF S. L.	IEP300	Pág.: 1 de 1

I. CARACTERÍSTICAS FÍSICO/QUÍMICAS

PARÁMETROS	NORMA	ESPECIFICACIÓN
• Aspecto:		Buen canto (sin quemar); sin virutas en superficie, sin hoyos y sin marcas de lijadora si está lijado
• Humedad: [*]	EN 322	7,5 % ± 3,5
• Contenido en cenizas	IQL35	≤ 0,5 %
• Contenido en sílice	ISO 3340	≤ 0,05 %
• Rectitud al canto: [*]	EN 324-2	≤ 1,5 mm m ⁻¹
• Escuadrado: [*]	EN 324-2	≤ 2,0 mm m ⁻¹
• Tolerancia en largo y ancho: [*]	EN 324-1	± 2 mm m ⁻¹ . Máximo ± 5 mm
• Formol al perforador: [*]	EN 120	Clase 1: ≤ 8 mg / 100 g tablero seco
• Perfil de densidad: ^{**} (Espesor ≥ 10 mm)	IQL139	≥ 550 kgm ⁻³ capa interna ≥ 1.000 kgm ⁻³ capa externa
• Tolerancia en densidad: [*]	EN 323	± 7 % (para un mismo tablero)
• Tolerancia en espesor sin lijar: [*]	EN 322	-0,3 mm + 1,7 mm
• Tolerancia en espesor lijado: [*]	EN 324-1	± 0,3 mm

* Según EN 622-1. ** Según EN 622-5

ESPEORES (mm)

PARÁMETROS	NORMA	>4 a 6	>6 a 9	>9 a 12	>12 a 19	>19 a 30	>30 a 40
Tolerancia en espesor (mm) [*]	EN 324-1	± 0,2	± 0,2	± 0,2	± 0,2	± 0,3	± 0,3
Densidad (kgm ⁻³) ^{**}	EN 323	770	750	730	715	670	650
Flexión (Nmm ⁻²) [*]	EN 310	≥ 23	≥ 23	≥ 22	≥ 20	≥ 18	≥ 17
Módulo elasticidad (Nmm ⁻²) [*]	EN 310	≥ 2.700	≥ 2.700	≥ 2.500	≥ 2.200	≥ 2.100	≥ 1.900
Cohesión interna: (Nmm ⁻²) [*]	EN 319	≥ 0,65	> 0,65	≥ 0,60	≥ 0,55	≥ 0,55	≥ 0,50
Hinchamiento 50 x 50 24 horas (%) ^{**}	EN 317	≤ 30	≤ 17	≤ 15	≤ 12	≤ 10	≤ 8


* Según EN 622-1. ** Valor orientativo

Preparado y revisado:	<i>Jefe de Calidad</i>	07.04.15
Aprobado:	<i>Director de Producción</i>	07.04.15

Fuente: Distribuidora Caxi

Anexo 3. Ficha técnica de MDF distribuido por Distribuidora Caxi, página 2.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PRODUCTOS TERMINADOS

	TABLERO DE FIBRAS PARA UTILIZACIÓN GENERAL EN AMBIENTE HÚMEDO (TIPO MDF.H) MDF MR	Edición: 03
		Fecha: 07.04.15
Kronospan MDF S. L.	IEP304	Pág.: 1 de 1

1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO/QUÍMICAS

PARÁMETROS	NORMA	ESPECIFICACIÓN
• Aspecto:		Buen canto (sin quemar); sin virutas en superficie, sin hoyos y sin marcas de lijadora si está lijado
• Humedad: [*]	EN 322	7,5 % ± 3,5
• Contenido en cenizas	IQL35	≤ 0,5 %
• Contenido en sílice	ISO 3340	≤ 0,05 %
• Rectitud al canto: [*]	EN 324-2	≤ 1,5 mm m ⁻¹
• Escuadrado: [*]	EN 324-2	≤ 2,0 mm m ⁻¹
• Tolerancia en largo y ancho: [*]	EN 324-1	± 2 mm m ⁻¹ . Máximo ± 5 mm
• Formol al perforador: [*]	EN 120	Clase 1: ≤ 8 mg / 100 g tablero seco
• Perfil de densidad: (Espesor ≥ 10 mm)	IQL139	≥ 550 kgm ⁻³ capa interna ≥ 1.000 kgm ⁻³ capa externa
• Tolerancia en densidad: [*]	EN 323	± 7 % (para un mismo tablero)
• Tolerancia en espesor sin lijar: [*]	EN 322	-0,3 mm + 1,7 mm
• Tolerancia en espesor lijado: [*]	EN 324-1	± 0,3 mm

* Según EN 622-1. ** Según EN 622-5

ESPESTORES (mm)

PARÁMETROS	NORMA	>4 a 6	>6 a 9	>9 a 12	>12 a 19	>19 a 30	>30 a 40
Tolerancia en espesor (mm) [*]	EN 324-1	± 0,2	± 0,2	± 0,2	± 0,2	± 0,3	± 0,3
Densidad (kgm ⁻³) ^{***}	EN 323	770	750	740	730	700	690
Flexión (Nmm ⁻²) [*]	EN 310	≥ 27	≥ 27	≥ 26	≥ 24	≥ 22	≥ 17
Módulo elasticidad (Nmm ⁻²) [*]	EN 310	≥ 2.700	≥ 2.700	≥ 2.500	≥ 2.400	≥ 2.300	≥ 2.200
Cohesión interna: (Nmm ⁻²) [*]	EN 319	≥ 0,70	> 0,80	≥ 0,80	≥ 0,75	≥ 0,75	≥ 0,70
Hinchamiento 24 horas (%) ^{***}	EN 317	≤ 18	≤ 12	≤ 10	≤ 8	≤ 7	≤ 7
Cohesión interna tras ensayo cíclico: (Nmm ⁻²) [*]	EN 319 EN 321	≥ 0,35	> 0,30	≥ 0,25	≥ 0,20	≥ 0,15	≥ 0,10
Hinchamiento después de ensayo cíclico (%) ^{***}	EN 317 EN 321	≤ 25	≤ 19	≤ 16	≤ 15	≤ 15	≤ 15

* Según EN 622-1. ** Según EN 622-5. ***Valores orientativos

Preparado y revisado:	<i>Jefe de Calidad</i>	07.04.15
Aprobado:	<i>Director de Producción</i>	07.04.15

Fuente: Distribuidora Caxi

Anexo 4. Ficha técnica de filtros de carbono recomendados para sistema de extracción general.

AIRGUARD®
FRESH AIR™ Supreme™
 Chemically Enhanced Carbon Pleated Filter

Chemically enhanced carbon removes a wider range of odors
 Fresh Air Supreme takes pleated carbon filters to the next level of odor control. Chemically enhanced, impregnated carbon removes a wide range of odors and compounds not captured by standard activated carbon, including:

- Diesel fumes
- Emissions from new furnishings - carpet, wall coverings, adhesives, paint, particle board, formaldehyde
- "Rotten egg" odor - hydrogen sulfide and mercaptans
- Acid gases - sulfur dioxide, nitrous oxides
- Superior performance on VOC's (gasoline, solvents, nicotine)
- Excellent pre-filter to enhance performance of activated carbon systems


The specially formulated, chemically enhanced media captures odors through chemical reaction and adsorption. (Standard activated carbon relies on physical adsorption only.)

Increased carbon content increases capacity
 Not only does new Fresh Air Supreme offer expanded odor control, it contains 55% more carbon for longer lasting life.

- Higher carbon loading - 250 grams per square meter
- More pleats - 14.4 per lineal foot (2")

MERV 8 pre-filter captures more particulate
 Fresh Air Supreme is made with a dual layer media to offer both higher particulate efficiency plus greater odor control. The pre-filter layer is a 100% synthetic media with MERV 8 performance.

Sizes	
12x24x2	12x24x4
16x20x2	16x20x4
16x25x2	16x25x4
20x20x2	20x20x4
20x25x2	20x25x4
24x24x2	24x24x4



Fresh Air Supreme offers more carbon, greater odor control and longer life, with higher particulate removal efficiency - setting a new standard in indoor air quality.

Other Enhanced Features

- Moisture resistant, die cut beverage board frame
- Sealed media pack prevents bypass
- Each filter is individually sealed in a poly bag to prevent odor adsorption from occurring prior to installation
- Self-supported media pack, contains no metal for improved incinerability and disposal
- Carbon media is contained in a spun bonded synthetic scrim sleeve - no carbon spilling, very clean

Performance Data	
Initial Resistance (In W.G.)	
2" @500 FPM	.60"
4" @500 FPM	.55"
MERV: 8	

1. Recommended Final Resistance is 1.2" W.G.
 2. Performance per ASHRAE Test Standard 52.2-2007. Tested at 492 FPM on 24x24x2 and 24x24x4 nominal size.

Parker
 ENGINEERING YOUR SUCCESS

Fuente: Parker.com

Anexo 5. Proforma enviada por Plasmacut por oferta de servicio de mantenimiento general para máquina láser.



PLASMA CUT S.A.
 Cédula Jurídica: 3-101-593854
 Teléfono: TEL: (506) 2519-5090
 Servicio al Cliente: corte@plasmacut.cr
 Página Web: www.plasmacut.cr

PROFORMA

Fecha: **03-06-2022**
 Válida hasta: **18-06-2022**
 Número: **S-52**
 Moneda: **COLON COSTARRICENSE**

ESTIMADO CLIENTE	
Código:	2011408 HERNANDEZ MENESES MARIA VIRGINIA
Atención:	cdeydiseños@gmail.com
Cédula:	108900838
Teléfono:	83176175

CONTACTO
LUIS ANGEL MONGE - LASER CO2 (2KJ)

CONDICIONES
Forma de Entrega: A CONVENIR
Forma de Pago: CONTADO

LIN	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL LINEA	% I.V.A.	TOTAL LINEA I.V.I.
1	900453	PLASMACUT (900302) MANTENIMIENTO GENERAL COMPLEJO DE EQUIPOS	1.00	76,950.00	76,950.00	13.00	86,953.50

OBSERVACIONES
LA FECHA MAS PROXIMA DEL SERVICIO ES DEL 11 AL 13 DE JULIO 2022

Subtotal:	76,950.00
Descuento:	0.00
I.V.A.	10,003.50
TOTAL: CRC	86,953.50

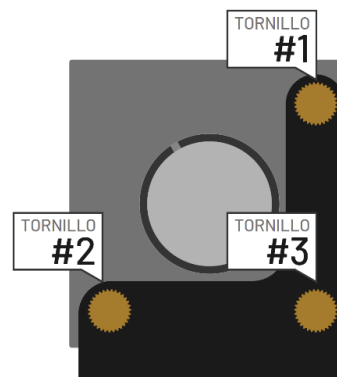
CONSIDERACIONES ESPECIALES

Si lo puedes imaginar... Lo puedes cortar

Fuente: InnoLáser

Anexo 6. Guía para calibración de espejos

- Hacia la Izquierda: afloje tornillo #2
- Hacia Arriba: afloje el tornillo # 1
- Diagonal Arriba/Izq: ajuste el tornillo #3
- Hacia la Derecha: ajuste tornillo #2
- Hacia Abajo: ajuste el tornillo # 1
- Diagonal Abajo/Der: afloje el tornillo #3



Fuente: Stanser.co

Anexo 7. Guía de recomendada de parámetros para corte láser en distintos materiales.

Co2 130w				Co2 150w			
Material	Espesor (mm)	Velocidad Máxima	Velocidad optima	Material	Espesor (mm)	Velocidad Máxima	Velocidad optima
Acrilico	3mm	35mm/s	30mm/s	Acrilico	3mm	40mm/s	35mm/s
	5mm	17mm/s	12mm/s		5mm	21mm/s	15mm/s
	8mm	12mm/s	8mm/s		8mm	15mm/s	10mm/s
	10mm	8mm/s	5mm/s		10mm	11mm/s	7mm/s
	15mm	5mm/s	3mm/s		15mm	7mm/s	4mm/s
	20mm	3mm/s	1mm/s		20mm	4mm/s	1.5mm/s
	25mm	1mm/s	0.4mm/s		25mm	1.8mm/s	0.8mm/s
	30mm				30mm	—	—
	35mm			35mm	—	—	
MDF	3mm	25mm/s	20mm/s	MDF	3mm	30mm/s	25mm/s
	5mm	18mm/s	15mm/s		5mm	21mm/s	18mm/s
	10mm	9mm/s	6.5mm/s		10mm	12mm/s	9mm/s
	15mm	4mm/s	3mm/s		15mm	7mm/s	5.5mm/s
	18mm				18mm	4mm/s	—
Cuero	(2mm)	60mm/s	55mm/s	Cuero	(2mm)	65mm/s	60mm/s
Madera	3mm	30mm/s	28mm/s	Madera	3mm	35mm/s	33mm/s
	5mm	25mm/s	22mm/s		5mm	30mm/s	28mm/s
	10mm	15mm/s	13mm/s		10mm	20mm/s	17mm/s
	15mm	11mm/s	8mm/s		15mm	15mm/s	13mm/s
Tela	Sola capa	300mm/s	150mm/s	Tela	Sola capa	350mm/s	150mm/s
Papel	Sola capa	350mm/s	150mm/s	Papel	Sola capa	400mm/s	150mm/s
Foamy	4mm (1mm)	35mm/s	33mm/s	Foamy	4mm (1mm)	40mm/s	38mm/s
	6mm (2mm)	20mm/s	15mm/s		6mm (2mm)	25mm/s	20mm/s
	0.8				0.8	40mm/s	30mm/s

Fuente: Stanser.com