

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

**“OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE
LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN
EL PROCESO DE TERMOFORMADO: CASO MATRITECH
SAC, LIMA-2025”**

Trabajo de suficiencia profesional para optar al título profesional
de **Ingeniero Industrial:**

Autor:

Juan Carlos Rosas Cueva

Asesor:

Mg. Percy David Maldonado Cueva

Código ORCID

<https://orcid.org/0000-0001-9132-4841>

Lima - Perú

2025

Informe de Similitud

Juan Carlos Rosas Cueva

Turnitin_JUAN_CARLOS_ROSAS_CUEVA.pdf

- 4 Envío Turnitin
- Asesoría 2025-1
- Asesores

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3257657135

Fecha de entrega
22 may 2025, 5:01 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
22 may 2025, 5:04 p.m. GMT-5

Nombre de archivo
Turnitin_JUAN_CARLOS_ROSAS_CUEVA.pdf

Tamaño de archivo
1.3 MB

67 Páginas




20.552 Palabras

104.462 Caracteres

16% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 14%  Internet sources
- 3%  Publications
- 8%  Submitted works (Student Papers)

Dedicatoria

Dedicado con amor hasta el cielo, mamita Martha y tío Gabriel.

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por su inmensa gracia y amor, cuya paciencia y sabiduría me permitieron vivir una de las experiencias más deseadas, y es el de estudiar una carrera retadora, amigos que sacaron lo mejor de mí, profesores que brindaron su vasto conocimiento equipándonos de las mejores herramientas para un mundo competitivo y una casa de estudios con pasillos y aulas donde el estudiante se sentía parte de algo más grande que el mismo, infinitas gracias.

Tabla de contenido

Índice de tablas.....	6
Índice de Figuras	8
Índice de ecuaciones	9
RESUMEN EJECUTIVO	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	16
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	24
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	64
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS.....	74

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Matriz de Técnicas e Instrumentos de recolección de datos</i>	29
Tabla 2 Matriz de herramientas de Análisis de calidad utilizadas	29
Tabla 3	34
Tabla 4 Etapas y actividades principales del proyecto.....	38
Tabla 5 Matriz de Priorización de Causas en el Área de Termoformado	41
Tabla 6 Análisis de Productividad Global: Dimensiones de Eficiencia y Eficacia	43
Tabla 7 Análisis Detallado de Productividad de Máquina Termoformadora.....	44
Tabla 8 Análisis de Disponibilidad Operativa de Máquina Termoformadora	45
Tabla 9 Productividad de la materia prima en la línea de termoformado	46
Tabla 10 SMED del proceso productivo de Termoformado – Actual	47
Tabla 11 Tiempos internos y externos - Escenario Actual.....	49
Tabla 12 Aplicación del SMED al proceso productivo de termoformado	50
Tabla 13 Tiempos internos y externos- Escenario con aplicación del SMED al proceso productivo de termoformado.	51
Tabla 14 Descripción de suplementos contemplados en la toma de tiempos	52
Tabla 15 Criterios de medición para el ritmo de trabajo.....	53
Tabla 16 Determinación de tiempo estándar para el proceso termoformado.....	53
Tabla 17 Acciones de implementación para la optimización del tiempo operativo en el área de termoformado.....	56
Tabla 18 Codificación de procesos	58
Tabla 19 Codificación de tipo de equipo	58
Tabla 20 Asignación de numero correlativo a equipos de termoformado	59
Tabla 21 Codificación de equipos del área de termoformado.....	59
Tabla 22 Programa de mantenimiento preventivo - TMF ILLIG RV70.....	61

Tabla 23 Productividad del área de termoformado antes de la aplicación de Lean Manufacturing	64
Tabla 24 Productividad del área de termoformado después de la aplicación de Lean Manufacturing	65
Tabla 25 Eficacia del área de termoformado antes de la aplicación de Lean Manufacturing	66
Tabla 26 Eficacia del área de termoformado post mejora.....	67
Tabla 27 Eficiencia del área de termoformado antes de la aplicación de Lean Manufacturing	68
Tabla 28 Eficiencia del área de termoformado post mejora.....	69
Tabla 29 Inversión Inicial - Herramientas Lean Manufacturing.....	70
Tabla 30 Egresos de la implementación de Lean Manufacturing en el área de termoformado.....	71
Tabla 31 Ingresos de la implementación de Lean Manufacturing	71
Tabla 32 Flujo de caja	72

Índice de Figuras

Figura N° 1	Organigrama de la organización	12
Figura N° 2	Layout de la planta de producción de Matritech SAC	13
Figura N° 3	14
Figura N° 4	Proceso de termoformado	19
Figura N° 5	Etapas de implementación SMED	21
Figura N° 6	Diagrama de flujo de proceso productivo termoformado	39
Figura N° 7	Análisis de Causas de Productividad en el Área de Termoformado de Matritech SAC	40
Figura N° 8	Análisis de Causas Críticas en la Productividad del Área de Termoformado de Matritech SAC	42
Figura N° 9	DAP actual del proceso de termoformado.	55
Figura N° 10	DAP mejorado del proceso de termoformado.....	57
Figura N° 11	Ficha Técnica de termoformadora ILLIG - RV 70	60
Figura N° 12	Formato de OT (Orden de trabajo de Mantenimiento)	62
Figura N° 13	Formato histórico de mantenimiento	63
Figura N° 14	Comparativa de la Productividad del área de termoformado.....	65
Figura N° 15	Comparativa de la eficacia en el área de termoformado.	67
Figura N° 16	Comparativa de la eficiencia en el área de termoformado.	70

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Cálculo de la eficacia porcentual del área de termoformado	66
Ecuación 2 Cálculo de la eficiencia	68

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe documenta la experiencia profesional desarrollada en Matritech SAC, empresa dedicada a la fabricación de envases plásticos para el sector alimentario. Como Asistente de planeamiento de la Producción, se identificaron oportunidades de mejora en el área de termoformado, donde se evidenciaban problemas de baja productividad, tiempos excesivos de cambio de molde y paradas no programadas de máquinas. Se implementaron herramientas Lean Manufacturing, específicamente SMED, TPM (Mantenimiento Productivo Total) y estandarización de procesos, para abordar estas problemáticas; dicho proyecto se desarrolló durante el primer semestre del 2024, aplicando competencias en gestión de operaciones, mejora continua y liderazgo de equipos. La implementación de SMED redujo los tiempos de cambio de molde en un 45%, mientras que el TPM disminuyó las paradas no programadas en un 30%. La estandarización de procesos permitió optimizar las operaciones del área, resultando en un incremento de la productividad del 12% (de 63% a 75%), mejora de la eficacia en 1.5% (de 79.5% a 81.0%) y de la eficiencia en 4.72% (de 87.0% a 91.72%). El análisis económico demostró la viabilidad del proyecto con un VAN de S/. 217,931.72, TIR de 108.06% y B/C de 1.57, evidenciando que las soluciones implementadas no solo mejoraron los indicadores operativos, sino que también generaron un impacto financiero positivo para la organización.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El sector de termoformado ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años; porque según el reporte de Marketsand Markets, (2024) se proyecta que el mercado global alcanzará los \$16.5 billones para 2025, con una tasa de crecimiento anual del 5.4%, a su vez en el contexto nacional, la Sociedad Nacional de Industrias (2022), señala que el sector plástico en el Perú ha mantenido un crecimiento sostenido del 4.2% anual durante los últimos cinco años, representando el 4% del PBI manufacturero nacional.

Matritech S.A.C., fundada en 2002, es una empresa familiar peruana dedicada a la fabricación de envases plásticos para el sector alimentario, ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho – Lima; la empresa ha logrado una participación del 15% en el mercado nacional de envases termoformados para alimentos, con un volumen de ventas anual superior a los S/. 35 millones (Matritech, 2024). Asimismo posee una cartera de productos que incluye bandejas para alimentos, contenedores con tapa, bobinas para lácteos y envases para delivery, entre otros, destinados principalmente a cadenas de retail como Supermercados Peruanos S.A, Hipermercados Tottus S.A y Cencosud S.A, también a grandes empresas de la industria alimentaria entre ellos a Gloria S.A, Nestlé S.A y Laive S.A, sin embargo a pesar de su posición competitiva, Matritech enfrenta desafíos operativos que limitan su capacidad para satisfacer la creciente demanda del mercado y mantener su rentabilidad.

Estructura Organizacional

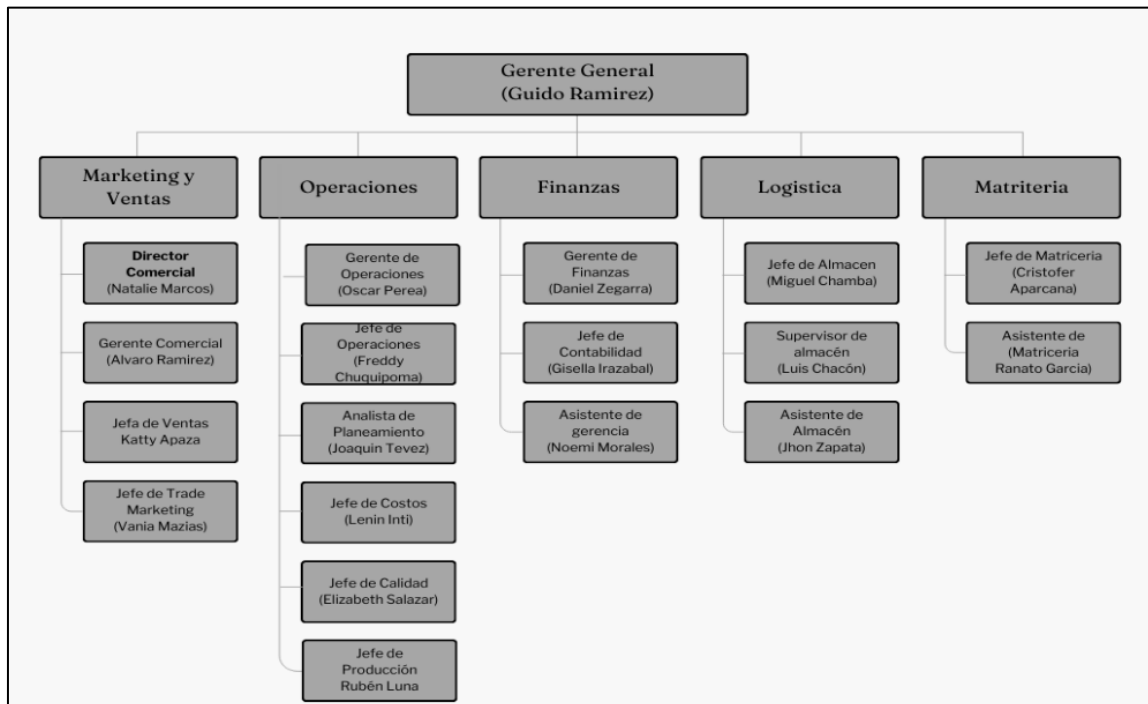
La estructura organizacional de Matritech S.A.C. esta diseñada para garantizar una gestión eficiente de sus operaciones siendo encabezada por un Gerente General quien se encarga de la dirección estratégica y la toma de decisiones a nivel corporativo, asimismo bajo su supervisión se encuentra el gerente de Operaciones, responsable de la planificación y ejecución de los procesos productivos; el gerente Finanzas como responsable de la gestión económica y financiera y el Director Comercial quien lidera la visión de identificar mayor mercado para la organización mediante estrategias de venta y alianzas comerciales con nuestros principales proveedores y clientes, además brindando el soporte de la distribución y almacenamiento de productos se tiene al jefe de logística y como responsable de garantizar la continuidad de la producción y materializar los diseños de nuestra cartera de productos se posiciona el Jefe de Matricería.

La empresa objeto de estudio cuenta con un equipo de 120 colaboradores, distribuidos en el área operativa (85 personas encargadas de la producción y mantenimiento), el área

administrativa (25 colaboradores dedicados a funciones de apoyo y gestión) y el área comercial (10 colaboradores enfocados en ventas y atención al cliente).

Figura N° 1

Organigrama de la empresa objeto de estudio



Nota: El organigrama muestra la estructura organizacional de Matritech SAC, detallando las relaciones jerárquicas entre los diferentes departamentos y cargos. Adaptado de *Reporte anual de operaciones*, por (Matritech, 2024)

1.1. Infraestructura y Capacidad Instalada

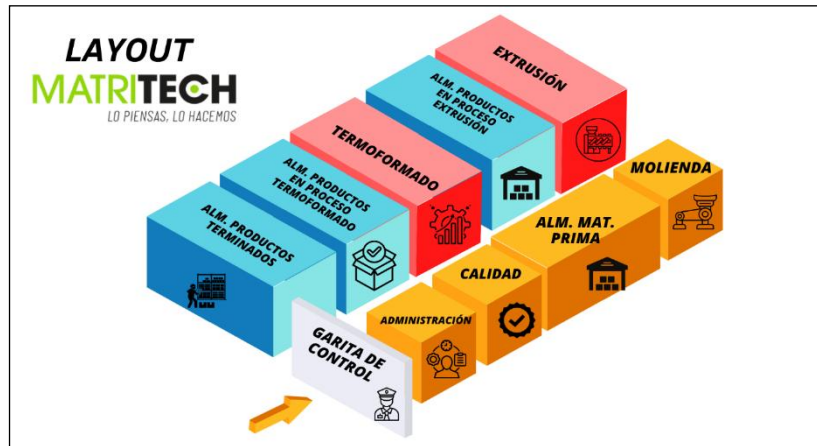
En cuanto a la infraestructura, Matritech S.A.C. opera una planta de producción de 2,500 m², distribuida en diversas áreas funcionales; el área de producción abarca 1,250 m² y alberga las líneas de extrusión, termoformado y troquelado, asimismo dispone de un almacén de materias primas de 500 m², un almacén de productos terminados de 500 m² y 250 m² destinados a oficinas, comedor y vestuarios.

La empresa posee una capacidad instalada que le permite alcanzar una producción promedio mensual de 200 toneladas de envases plásticos, gracias a sus tres líneas de termoformado que se alimentan de dos líneas de extrusión que garantizan un flujo correcto de las operaciones, asimismo considerando las normativas vigentes de nuestros país (INEI & Bonett, 2021); existen tres líneas de troquelado y un sistema de molienda y recuperación de scrap que permiten reutilizar los residuos plásticos, confirmando el compromiso de la organización de desarrollar procesos amigables con el medio ambiente, finalmente, se cuenta

con un laboratorio de control de calidad donde se realizan pruebas de resistencia y hermeticidad.

Figura N° 2

Layout de la planta de producción de Matritech SAC



Nota: El layout describe la distribución física de las áreas y equipos en la planta de producción de Matritech SAC, incluyendo las líneas de extrusión, termoformado.

Elaboración: propia

1.2. Cartera de Productos y Mercado

La cartera de productos de Matritech S.A.C está orientada al sector alimentario y comprende bandejas para alimentos, contenedores con tapa, bobinas para lácteos y envases para delivery, entre otros; donde sus principales clientes incluyen cadenas de retail como Supermercados Peruanos S.A, Hipermercados Tottus S.A y Cencosud S.A, así como empresas de la industria alimentaria como Gloria S.A, Nestlé S.A y Laive S.A.

Con el compromiso de ofrecer productos de calidad, Matritech S.A.C., ha implementado diversos sistemas de gestión y certificaciones y desde el 2020 presenta la certificación ISO 9001:2015, que asegura la calidad de sus procesos; de igual manera, en búsqueda de cumplir con los más altos estándares internacionales en envases de alimentos; en el 2021 obtuvo una certificación BRC Packaging y en la actualidad se encuentra en proceso de implementación del sistema HACCP, con el objetivo de asegurar la inocuidad de sus productos (Matritech, 2024).

Figura N° 3
Principales productos y clientes de Matritech SAC



Nota: La figura presenta un resumen de los principales productos fabricados por Matritech SAC y sus clientes clave, incluyendo cadenas de retail y empresas de la industria alimentaria.

1.3.Oportunidades de mejora identificadas

Como parte del área de operaciones se identificaron diversas oportunidades de mejora en la productividad del proceso de termoformado, donde algunos de los desafíos más relevantes incluyen tiempos extensos de set-up en los cambios de molde, los cuales promedian 2.5 horas y generan retrasos en la producción, adicionalmente las paradas no programadas representan el 15% del tiempo disponible, afectando la eficiencia operativa, mientras que el desperdicio de materia prima asciende al 8% debido a fallas en el proceso productivo, por otro lado la eficiencia general de los equipos (OEE) se encuentra en un 65%, cifra inferior al estándar de la industria. Según Quiroz & Vega (2022), la aplicación de principios de Lean Manufacturing ha demostrado ser efectiva en la reducción de tiempos de set-up hasta en un 40% y en el incremento de la eficiencia general de los equipos en un 25%, de manera complementaria, estudios como los de Roriz et al., (2020) destacaron que la implementación de herramientas como SMED (Single-Minute Exchange of Die) y TPM (Mantenimiento Productivo Total) puede generar mejoras significativas en la eficiencia operativa y la rentabilidad empresarial.

Dado este escenario, el presente estudio se centra en la optimización de la productividad en el área de termoformado de Matritech S.A.C. mediante la implementación de herramientas de Lean Manufacturing donde el objetivo principal es reducir los tiempos improductivos, mejorar la eficiencia operativa y aumentar la rentabilidad de la empresa, para lograrlo se aplicaron metodologías como SMED, TPM y la estandarización de procesos, las cuales dado

los antecedentes antes mencionados permiten abordar las problemáticas identificadas y generar un impacto positivo en los indicadores clave de desempeño.

Este estudio es relevante ya que desde una perspectiva práctica, proporciona un marco de referencia para otras empresas del sector plástico que buscan mejorar su competitividad mediante la implementación de Lean Manufacturing, asimismo en el ámbito académico, contribuye a la literatura existente al validar empíricamente la efectividad de estas herramientas en el contexto de una pequeña y mediana empresa (PYME) peruana, lo que puede servir como base para futuras investigaciones en entornos similares (Abanto & Álvarez, 2022)

1.4. Objetivos del proyecto

En el presente trabajo de suficiencia profesional plantea como objetivo general optimizar la productividad del proceso de termoformado, mediante la implementación de herramientas de Lean Manufacturing: caso Matritech SAC, Lima, para alcanzar este objetivo general, se han definido los siguientes objetivos específicos, los cuales buscan abordar las principales problemáticas identificadas en el área de termoformado.

Objetivo específico 1, reducir los tiempos de cambio de molde en el proceso de termoformado mediante la implementación de la metodología Lean Manufacturing: caso Matritech SAC, Lima.

Objetivo específico 2, disminuir las paradas no programadas de la máquina termoformadora a través de la implementación de la metodología Lean Manufacturing: caso Matritech SAC, Lima

Objetivo específico 3, mejorar la eficiencia operativa del área de termoformado mediante la implementación de la metodología Lean Manufacturing: caso Matritech SAC, Lima.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico tiene como objetivo describir el conocimiento práctico adquirido a lo largo de los años de experiencia laboral en el campo de la ingeniería industrial, específicamente en la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la empresa Matritech, dedicada al sector de plásticos en el área de termoformado.

Según la Asociación de la Industria del Plástico (2022), el termoformado representa el 30% de los procesos de transformación de plásticos, con un crecimiento anual del 5% en los últimos años lo cual ha impulsado por ende, la necesidad de optimizar los procesos productivos para mantener la competitividad en el mercado; en este contexto, las herramientas de Lean Manufacturing, como TPM, SMED y la Estandarización del Trabajo, se han convertido en pilares fundamentales para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos.

2.1. Conocimiento Práctico y Experiencia Laboral

La experiencia laboral ha permitido la aplicación de estas herramientas en diferentes entornos, generando un conocimiento empírico valioso que complementa la teoría, por ello a lo largo de la carrera profesional dentro de la industria, he tenido la oportunidad de aplicar diversas herramientas de ingeniería industrial, con un énfasis especial en el Lean Manufacturing, siendo así que mi experiencia en compañías como Matritech SAC., Ajinomoto del Perú S.A., Papelera Reyes SAC. y Salog S.A ha permitido no solo mejorar la eficiencia operativa, sino también identificar y resolver problemas clave que afectaban la productividad y la competitividad de las empresas.

En Matritech SAC., donde trabaje como asistente de Planeamiento y control de la producción (PCP), se implementaron diversas herramientas de Lean Manufacturing para optimizar los procesos de producción en el área de termoformado; uno de los principales desafíos en esa área era la falta de un plan de mantenimiento preventivo, lo que provocaba paradas no programadas de la máquina termoformadora ILLIG RV-70, para abordar este problema, se aplicó el Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM), que incluyó la implementación de un programa de mantenimiento preventivo para reducir las paradas no programadas y mejorar el tiempo de funcionamiento de los equipos, resultando en una mejora significativa en la disponibilidad de la máquina, pasando de un 85% a un 94%.

Además, se implementó SMED (Single Minute Exchange of Die) para reducir el tiempo de cambio de formato en la máquina termoformadora que inicialmente mantenía un tiempo de setup de 120 minutos, mientras que después de la aplicación de esta técnica, se redujo

a 138 minutos, representando una mejora del 32%, dicha reducción permitió aumentar la productividad y reducir los tiempos improductivos; otro aspecto clave fue la estandarización de procesos, que incluyó la creación de diagramas de actividades de proceso mejorados (DAP), eliminándose actividades que no agregaban valor al proceso, optimizando así el tiempo operativo y mejorando la eficacia del área; finalmente la estandarización también permitió una mayor consistencia en la calidad de los productos terminados, lo que fue crucial para satisfacer las expectativas de los clientes.

En el rol como Asistente de Planeamiento en Papelera Reyes SAC., implementé la clasificación ABC para materiales de baja rotación, lo que permitió optimizar la gestión de inventarios y reducir el capital inmovilizado en almacén, dicha técnica de clasificación es utilizada en la gestión de inventarios, dividiendo los artículos en categorías A, B y C según su importancia y consumo siendo así que los artículos de categoría “A” representan el 10% de los SKUs pero consumen el 70% de los recursos, mientras que los artículos de categoría “C” representan el 70% de los SKUs pero consumen solo el 10% de los recursos; al priorizar la gestión de los artículos de categoría “A”, se logró una mejor alineación de los inventarios con las necesidades de producción, lo que resultó en una reducción del 15% en el capital inmovilizado en almacén, además, se implementó un sistema de seguimiento de KPIs logísticos para medir la eficiencia del abastecimiento, la rotación de inventarios y el nivel de servicio a producción, estos KPIs permitieron identificar áreas de mejora y tomar decisiones basadas en datos, lo que contribuyó a una mejor planificación y coordinación con los proveedores, este enfoque en la medición y monitoreo de KPIs es fundamental para la implementación exitosa de Lean Manufacturing, ya que permite identificar y abordar problemas de manera proactiva.

En Ajinomoto del Perú S.A., donde trabajé como asistente de Planeamiento y Abastecimiento, se implementaron varias herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia de la producción y el abastecimiento, siendo así que una de las principales iniciativas fue la elaboración y seguimiento de KPIs logísticos, que permitieron identificar áreas de mejora en la gestión de inventarios y la planificación de la producción desarrollándose una plantilla en Excel que permitió identificar los recursos, paradas y capacidades de las líneas de producción, lo que optimizó en un 25% el tiempo de planificación de unidades de producto terminado por máquina, además se implementó un sistema de clasificación ABC para materiales críticos, lo que permitió mejorar la eficiencia del abastecimiento y reducir los costos logísticos en un 10%.

La implementación de herramientas de Lean Manufacturing ha sido una experiencia transformadora en mi carrera profesional, aprendiendo que la clave para el éxito de estas

iniciativas es la combinación de técnicas de mejora continua, como SMED, TPM y la estandarización de procesos, con un enfoque en la medición y monitoreo de KPIs, además, que la resistencia a los cambios culturales y la falta de datos precisos son dos de los principales desafíos que deben abordarse para garantizar el éxito de la implementación de Lean Manufacturing, finalmente a lo largo de mi carrera, he observado cómo estas herramientas han permitido mejorar la eficiencia operativa, reducir los costos y aumentar la competitividad de las empresas en las que he trabajado.

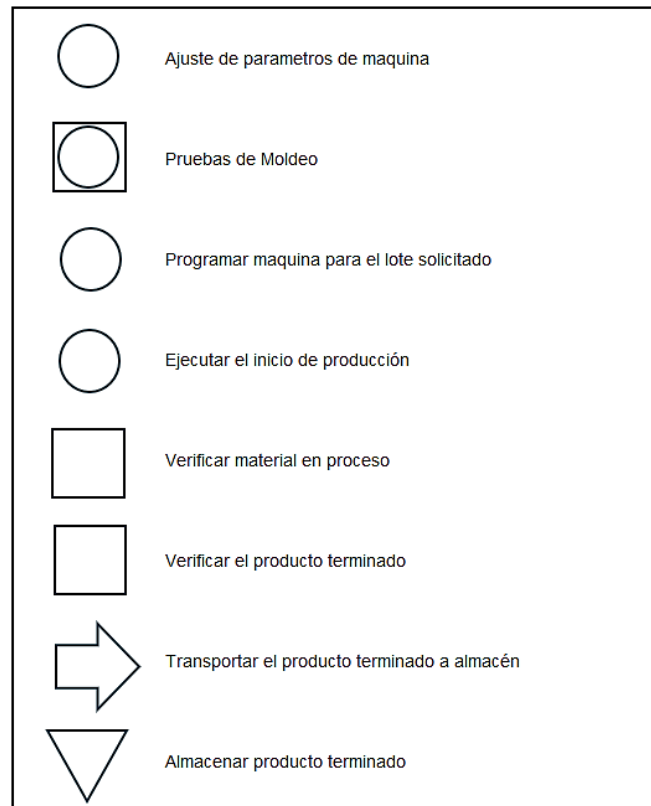
2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Proceso de Termoformado

El proceso de termoformado es una técnica ampliamente utilizada en la industria del plástico para la fabricación de productos mediante el moldeo de láminas de material termoplástico, dicho proceso implica calentar una lámina de plástico hasta su temperatura de reblandecimiento, estirla sobre un molde y aplicar vacío o presión para que adopte la forma deseada (Michaeli & Greif, 2019) siendo así que su versatilidad, bajo costo relativo y capacidad para trabajar con materiales como el poliestireno (PS), polipropileno (PP) y policarbonato (PC) lo hacen especialmente adecuado para la producción de envases, componentes industriales y productos de consumo masivo.

El proceso de termoformado se divide generalmente en varias etapas clave, comenzando con el calentamiento, seguido por el conformado y finalizando con el enfriamiento, donde durante la fase de calentamiento, la lámina de plástico es expuesta a una fuente de calor infrarrojo hasta alcanzar una temperatura que permita su deformación sin comprometer sus propiedades mecánicas, mientras que en la etapa de conformado, la lámina moldeada es sometida a vacío o aire comprimido para ajustarse al molde, y finalmente en la fase de enfriamiento, el producto adquiere rigidez estructural antes de ser retirado del molde y cortado para su uso final, de manera que el proceso completo garantiza la creación de productos plásticos con la forma y características deseadas, optimizando cada etapa para lograr resultados de alta calidad (Kumar & Gupta, 2021).

Figura N° 4
Proceso de termoformado



Nota: El Diagrama de Operaciones de Proceso (DOP) ilustra las actividades clave del proceso de termoformado en la empresa Matritech SAC.

2.2.2. Productividad

La productividad, un concepto ampliamente analizado en el ámbito académico y profesional, particularmente en ingeniería industrial y gestión empresarial, se define como la relación entre la producción de bienes y servicios y los recursos empleados para su generación (Apaza, 2021), por lo que evalúa la eficiencia en la transformación de insumos en productos o servicios finales, enfatizando la optimización de recursos para maximizar la producción sin comprometer la calidad; asimismo Mourtzis et al., (2016) amplían esta noción al incluir aspectos cualitativos, como la adaptabilidad organizacional a cambios en la demanda y la mejora continua de procesos, argumentando que la implementación de metodologías como Lean Manufacturing puede incrementar significativamente la productividad mediante la reducción de desperdicios y la optimización de la eficiencia operativa; por otra parte Xiang, (2021) propone la productividad desde múltiples dimensiones, incluyendo la eficiencia y la eficacia, lo que permite un análisis integral que considera tanto los procesos internos como los resultados externos percibidos por los clientes.

En el marco de este trabajo de suficiencia profesional, la productividad se conceptualiza como la capacidad de una organización para generar valor agregado a través de la optimización de recursos, lo cual se traduce en una mayor competitividad y sostenibilidad en el mercado, midiéndose mediante indicadores clave como la productividad de la mano de obra, la materia prima y los equipos, los cuales son esenciales para evaluar el impacto de las mejoras implementadas en la organización.

2.2.3. Lean Manufacturing

La metodología Lean Manufacturing según Apaza (2021) se describe como un sistema integrado de técnicas y enfoques que tienen como objetivo identificar y eliminar actividades que no generan valor, así como a la optimización en el uso de recursos y la mejora continua de los procesos operativos, teniendo sus orígenes en el Sistema de Producción Toyota (TPS) desarrollado por Taiichi Ohno en la década de 1950, y habiendo sido ampliamente adoptado en diversos sectores industriales debido a su eficacia en la mejora de la eficiencia, la reducción de costos y el aumento de la calidad; asimismo Abanto & Álvarez (2022) enfatizan que el Lean Manufacturing no solo se enfoca en la eliminación de desperdicios, sino también en la creación de un ambiente laboral colaborativo y orientado hacia la mejora continua, argumentando que las organizaciones que implementan esta filosofía logran resultados significativos como la disminución de tiempos de ciclo, la mejora de la calidad del producto y el incremento en la satisfacción del cliente, siendo estos beneficios relevantes en sectores competitivos como la industria manufacturera.

Adicionalmente Womack & Jones, (2010) indican que el Lean Manufacturing incorpora herramientas específicas como SW, SMED y TPM, las cuales permiten abordar problemas clave en áreas como producción, mantenimiento y gestión de inventarios, reportando en un estudio realizado en empresas peruanas del sector plástico que la implementación de estas herramientas permitió reducir los tiempos de cambio en un 48% y disminuir las paradas no programadas en un 35%, lo cual demuestra el impacto tangible del Lean Manufacturing en la mejora de la eficiencia operativa y la productividad,

En el contexto del trabajo de suficiencia profesional, Lean Manufacturing se concibe como una metodología integral que busca optimizar los procesos de producción mediante la eliminación de desperdicios, la estandarización de actividades y la participación activa de los trabajadores, cuya implementación en la empresa Matritech SAC permitió reducir significativamente los tiempos de setup de la máquina termoformadora ILLIG RV-70, contribuyendo a un incremento del 12% en la productividad global del área de termoformado.

2.2.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El mantenimiento Productivo Total (TPM) es una filosofía que busca minimizar las paradas no planificadas integrando la participación de los empleados en el mantenimiento de los equipos, reduciendo desperdicios que impactan de manera directa en la eficiencia de la producción (Bataineh et al., 2019) tales como pérdidas por averías, ajuste de máquina, reducción de velocidad, reprocesos y por puesta en marcha.

El TPM cuenta con ocho pilares, sin embargo, en el presente trabajo de suficiencia profesional se dará un enfoque especial en el mantenimiento preventivo.

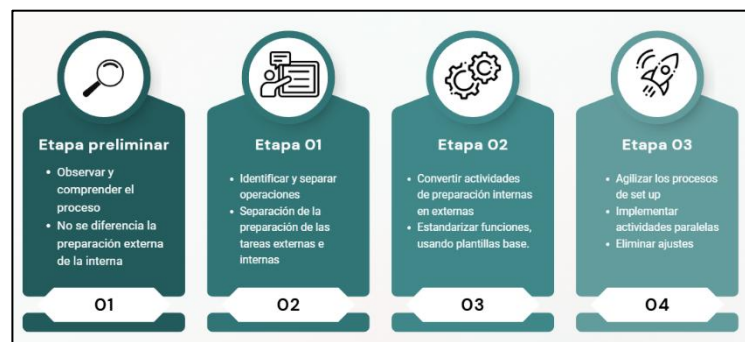
Mantenimiento Preventivo: Tiene como objetivo establecer un programa de actividades de mantenimiento que serán realizadas por los operarios o técnicos en base a datos históricos analizados con el fin de prevenir fallos y extender la vida útil de los activos. En el sector del plástico, donde las máquinas de termoformado están sujetas a un desgaste acelerado debido a las altas temperaturas y presiones, el mantenimiento preventivo es crucial para evitar fallos catastróficos. (Pinto et al., 2020)

2.2.5. SMED (Single Minute Exchange of Die)

El método SMED es una estrategia fundamental en la manufactura esbelta que busca reducir significativamente los tiempos de preparación de máquina a menos de 10 minutos, esta técnica se enfoca en identificar y eliminar actividades sin valor agregado durante los cambios, mejorando la flexibilidad operativa y reduciendo los tiempos muertos (Shingo, 1985), lo que conlleva a un aumento en la producción, demostrando el potencial de SMED para optimizar la eficiencia operativa y la productividad en el sector manufacturero, mejorando la utilización de recursos y la adaptabilidad a las fluctuaciones del mercado (Caner & Boran, 2018).

Figura N° 5

Etapas de implementación SMED



Nota: Adaptado de “SMED for quick changeover in manufacturing industry – a case study”, por Singh et al. (2018)

La implicación activa de los trabajadores en la identificación y resolución de problemas durante los cambios es fundamental para lograr una reducción efectiva del tiempo, por lo que se requiere capacitar y motivar a los equipos a buscar constantemente formas de mejorar sus procesos, fomentando así una cultura de mejora continua en la organización (Singh et al., 2018), finalmente se concluye que SMED es una técnica transformadora para la eficiencia operativa empresarial y su implementación exitosa requiere un enfoque integral de la organización y la participación de todo el equipo de producción para garantizar una mejora sostenible en la productividad y eficiencia empresarial.

2.2.6. Estandarización del Trabajo (SW)

Según señala Xiang, (2021) la estandarización del trabajo (SW) es una herramienta de Lean Manufacturing, que se enfoca en documentar y optimizar procedimientos para tareas específicas, con el fin de garantizar la calidad, reducir la variabilidad y facilitar la capacitación de nuevos empleados, por lo que, de manera complementaria Liker (2004), plantea que la SW no se limita a establecer reglas rígidas, sino que busca definir las mejores prácticas, las cuales deben evolucionar continuamente; esta metodología incluye componentes esenciales como el tiempo de ciclo, la secuencia de operaciones, que según Womack & Jones, (2010) son fundamentales para mantener un flujo de producción eficiente y detectar anomalías de manera rápida.

En el contexto de Matritech, la falta de estandarización en el área de termoformado ha generado una variabilidad significativa en la calidad de las piezas, con un índice de defectos del 8%; según Womack & Jones, (2010) destacan que la implementación de SW podría reducir este índice en un 50%, mejorando no solo la calidad del producto final, sino también optimizando los costos asociados al reprocesamiento y desperdicio de materiales, facilitando la identificación de cuellos de botella y áreas de mejora, permitiendo una mayor eficiencia y productividad; en conclusión, la SW es una herramienta indispensable para alcanzar la excelencia operativa, y su aplicación en Matritech no solo reduciría defectos y variabilidad, sino que también sentaría las bases para una mejora continua y una mayor eficiencia en los procesos de termoformado.

2.3. Limitaciones

Durante el desarrollo del proyecto en Matritech, se identificaron diversas limitaciones que condicionaron la implementación de las herramientas Lean Manufacturing en el área de termoformado. Entre las principales se destacan:

- **Resistencia al cambio por parte del personal operativo:** Durante la implementación de TPM, una limitante que se encontró fue la resistencia por parte de los operarios al no estar familiarizados con las tareas de mantenimiento básico; esto requirió un esfuerzo adicional en capacitación y sensibilización para lograr su participación.
- **Limitaciones de capacitación y recursos humanos:** La implementación de SMED exigía un equipo experto en la reducción de tiempos de cambio, sin embargo, la escasez de personal con experiencia en esta metodología se convirtió en una problemática, ralentizando el proceso y desafiando la eficiencia que se buscaba alcanzar.
- **Restricciones de Tiempo y Producción:** Debido a que el área de termoformado opera sin interrupciones, encontrar el momento adecuado para implementar mejoras sin afectar la producción fue un verdadero desafío; esta situación redujo las oportunidades de realizar pruebas y ajustes en las máquinas dentro del horario de trabajo.
- **Variabilidad en la Calidad de las Materias Primas:** Una limitante que se identificó fue las variaciones en la calidad de las láminas de plástico utilizadas en el termoformado, esta limitación externa hizo necesaria una mayor coordinación con los proveedores para asegurar un suministro más consistente y confiable.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. Proceso de incorporación a la empresa

El proceso de ingreso a Matritech SAC se llevó a cabo en octubre de 2018, cuando al inicio laboré como Asistente de Desarrollo; durante esta etapa, tuve la oportunidad de colaborar estrechamente con el Gerente de Producción, el Analista de Planeamiento y Control de Producción, y el Supervisor de Termoformado, quienes fueron actores clave en la identificación de problemas operativos y en la implementación de soluciones para mejorar la productividad del área.

El equipo involucrado en este proyecto laboral incluyó también al personal operativo del área de termoformado, quienes proporcionaron información crítica sobre los cuellos de botella y las actividades que no agregaban valor al proceso; además se tuvo el apoyo del Departamento de Mantenimiento, encargado de asegurar la disponibilidad de las máquinas y equipos necesarios para la producción.

3.2. Funciones Desempeñadas

A lo largo de mi experiencia en Matritech SAC, desempeñé diversas funciones que contribuyeron al éxito del proyecto laboral:

Planificación del abastecimiento de materia prima: Garantice la continuidad de la cadena de suministro mediante la gestión proactiva de inventarios y la coordinación con proveedores locales e internacionales.

Mantenimiento y actualización de registros de inventario: Implementé un sistema de control de inventarios más preciso, lo que permitió reducir errores y mejorar la trazabilidad de materiales críticos.

Generación de informes de producción y análisis de datos: Desarrollé informes detallados sobre el rendimiento de las máquinas y los procesos, utilizando herramientas como Excel y Power BI para visualizar tendencias y áreas de mejora.

Comunicación regular de indicadores de producción a la gerencia: Proporcioné información relevante para la toma de decisiones, destacando oportunidades de mejora y riesgos potenciales en la operación.

Identificación de oportunidades de mejora: Propuse soluciones innovadoras para aumentar la eficiencia y reducir costos, como la reorganización del inventario de moldes y troqueles por familia y frecuencia de rotación, lo que optimizó el tiempo de actividad en un 40%.

3.3. Desarrollo del Proyecto

3.3.1 Identificación del Problema

El primer paso del proyecto fue identificar los problemas que afectaban la productividad del área de termoformado; donde se utilizó herramientas como el Diagrama de Ishikawa para determinar las causas raíz que impactaban negativamente en la eficiencia operativa. Entre los problemas identificados se encontraban tiempos prolongados de cambio de moldes (203 minutos promedio), falta de mantenimiento preventivo y ausencia de estándares de procesos y tiempos

3.3.2 Diagnóstico

Una vez identificado el problema, se procedió a realizar un diagnóstico exhaustivo para evaluar su impacto en la productividad; revisando datos históricos sobre órdenes de producción y unidades producidas durante el primer semestre de 2024. Además, se aplicó un Diagrama de Pareto para priorizar las principales causales que afectaban la productividad, destacando la falta de estandarización de procesos y la inexistencia de un programa de mantenimiento preventivo como los problemas más críticos.

3.3.3 Planificación

Con base en el diagnóstico realizado, se diseñó una estrategia clara para abordar el problema; los objetivos específicos incluyeron reducir los tiempos de cambio de moldes en un 30%, implementar un programa de mantenimiento preventivo y estandarizar los procesos de termoformado; para ello, utilizamos herramientas como SMED, TPM y la estandarización de procesos, seleccionadas estratégicamente para abordar las áreas críticas identificadas previamente.

3.3.4 Aspectos Éticos

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se implementaron diversas herramientas propias de la ingeniería industrial con el objetivo principal de minimizar o eliminar completamente las problemáticas identificadas en el área de producción de la empresa estudiada. Esta metodología se alinea con el enfoque de mejora continua que caracteriza a la ingeniería industrial, buscando optimizar la eficiencia y efectividad de los procesos y sistemas productivos.

Se destaca que durante todo el proceso investigativo se ha mantenido un estricto respeto por la propiedad intelectual y los derechos de autor de todas las fuentes consultadas, tanto en el marco teórico como en los antecedentes que sirvieron de base para el estudio.

Este compromiso ético con el reconocimiento de las contribuciones académicas previas forma parte fundamental de la integridad de la presente investigación.

Adicionalmente, se asume plena responsabilidad política, social y ética por los contenidos presentados, garantizando la veracidad de los resultados obtenidos mediante la aplicación de metodologías estandarizadas propias de la disciplina, el estudio ha incorporado técnicas de resolución de problemas centradas en la mejora de la eficiencia de los sistemas y el apoyo en la toma de decisiones, respetando en todo momento la protección de los datos sensibles de la organización y de los participantes involucrados en el proceso investigativo.

3.4. Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional se consideró un tipo de investigación aplicada con enfoque cuantitativo ya que se pretende aplicar los conocimientos para solucionar un problema práctico de forma inmediata.

Según(Hernandez et al., 2014) la investigación aplicada se caracteriza por utilizar conocimientos teóricos y empíricos con el propósito de abordar problemas específicos en un contexto real, por otro lado, (Arias, 2022) afirma que el enfoque cuantitativo se basa en la recolección y análisis de datos numéricos mediante métodos estadísticos y técnicas estructuradas, como encuesta o experimentos, lo que permite identificar patrones, probar hipótesis y establecer relaciones entre variables de manera medible.

El nivel de investigación corresponde a un enfoque explicativo el cual busca comprender las relaciones causales entre variables para responder preguntas sobre cómo y por qué ocurre un fenómeno determinado (Hernández et al., 2014), dicho enfoque se seleccionó porque permite efectuar el análisis del impacto de la variable independiente sobre la dependiente, lo que proporciona una base sólida para la interpretación de resultados.

El diseño utilizado es cuasiexperimental, donde según Bernal (2016), se caracteriza por la inclusión de un grupo experimental al que se le aplica el tratamiento o variable independiente, y un grupo de control no equivalente, que no recibe dicho tratamiento; se efectuó la elección de este diseño debido a que es el adecuado cuando el investigador tiene poco o ningún control sobre la asignación aleatoria de los participantes a los grupos, lo que lo hace factible en contextos reales donde no siempre es posible ejercer un control absoluto sobre las variables.(Campbell & Stanley, 1963)

Además el estudio adopta un corte longitudinal, lo que significa que los datos se recolectan en diferentes momentos a lo largo del tiempo para observar los efectos del

tratamiento y analizar su evolución (Creswell, 2014). Un corte longitudinal permite identificar patrones de cambio y tendencias, lo que permite comprender mejor el impacto de la intervención en comparación con las condiciones iniciales del grupo de control.

Los diseños cuasiexperimentales emplean un sistema de notación particular para representar sus componentes metodológicos fundamentales, según (Hernandez et al., 2014) la variable independiente o intervención se simboliza mediante la letra "X", indicando el momento preciso en que se aplica el tratamiento, por su parte la variable dependiente se representa con la letra "O", señalando las instancias de medición. Este sistema permite diferenciar entre evaluaciones iniciales de la variable dependiente, denominadas "pretest", realizadas antes de la intervención, y mediciones posteriores conocidas como "post-test", efectuadas tras la implementación del tratamiento.

En la estructuración metodológica de la investigación, se estableció la siguiente expresión matemática como fundamento para el análisis estadístico:

$$G: O1 \rightarrow X \rightarrow O2$$

Donde: **G:** Empresa industrial Matritech SAC.

O1: Índice de productividad antes de la implementación de LM.

X: Herramientas Lean Manufacturing

O2: Índice de productividad después de la implementación de LM.

La unidad de análisis para el presente trabajo de suficiencia profesional son las Ordenes de Producción, porque según Moreno, (2005) las unidades de análisis comprenden tanto sujetos como objetos susceptibles de investigación, seleccionados específicamente en consonancia con los límites establecidos para el problema y los propósitos investigativos definidos, estas unidades constituyen elementos fundamentales que integran el universo poblacional del estudio.

La presente investigación tomara como población a las Ordenes de producción, donde Mejía (2018) lo define como el conjunto de individuos con determinadas características en común; según los criterios que se considere; de igual manera Creswell, (2014) sustenta que la muestra se define como una parte seleccionada de la población, pudiendo presentar las mismas características generales de la población, por el contrario, si alguno de los individuos de la muestra no pertenece a la población, estos quedaran excluidos o descartados. Por ello el presente estudio se considera un tipo de muestreo probabilístico simple. A continuación, se calcula la muestra, donde la población es de 350 generados en el presente año.

Donde:

- n:** Tamaño de Muestra
p: probabilidad de éxito = 0.5
q: probabilidad de fracaso= 0.5
N: Tamaño de la población= 350
E² Precisión de error máximo permisible= (al 5%)
Z² Coeficiente de corrección del error= (1.96).

$$n^{\circ} rep. = \frac{350 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{(350) * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n^{\circ} rep. = 183.1426 = 183 \text{ reportes de producción}$$

3.5. Técnicas de recolección de datos e instrumento de análisis

Para la recolección y análisis de información el presente estudio incluyó la técnica de análisis documental, cuyo instrumento fue un registro documental, esta técnica resultó clave para acceder a datos históricos, brindando facilidades para contar con el reporte de producción de los últimos meses; según Hernandez et al., (2014), el análisis documental es una técnica ampliamente utilizada en investigaciones que requieren datos secundarios confiables, lo que justifica su uso en este estudio.

En cuanto a la técnica de encuesta, se utilizó un cuestionario validado por juicio de expertos (véase Anexos), tal como lo proponen (Medina & Montalvo, 2017), este instrumento permitió recopilar información directamente de los trabajadores del área de producción, identificando problemas significativos que impactan en la productividad, el cuestionario fue diseñado específicamente para este estudio, garantizando su validez y pertinencia mediante el juicio de expertos, por otro lado se implementó la técnica de observación directa, utilizando como instrumentos un cuaderno de anotación, una guía de observación y cuadros específicos, estos instrumentos facilitaron la captura de datos precisos durante la observación in situ del proceso productivo en el área de termoformado, según Creswell, (2014), la observación directa es una técnica valiosa para estudios que buscan comprender fenómenos en su contexto natural, ya que permite registrar detalles que podrían pasar desapercibidos con otras técnicas.

Además, se recurrió a herramientas de calidad para analizar los datos obtenidos, entre las cuales destacan el Diagrama de Ishikawa, el Diagrama de Pareto y el Diagrama de Flujo.

El Diagrama de Ishikawa permitió determinar la causa raíz que impacta en la productividad, siguiendo los principios descritos por Bernal (2016), quien destaca su utilidad para identificar factores subyacentes en procesos industriales, por su parte el Diagrama de Pareto ayudó a priorizar las áreas críticas que requieren intervención, basándose en su frecuencia o magnitud de impacto.

Finalmente el Diagrama de Flujo se empleó para estructurar y visualizar la secuencia de actividades dentro del área de termoformado, facilitando la comprensión y mejora del proceso productivo; según Gutiérrez & De la Vara (2019), estas herramientas gráficas son fundamentales para la optimización de procesos en entornos industriales, ya que permiten visualizar y organizar la información de manera clara y efectiva, además Martínez & Sánchez, (2021) destacan que el uso de diagramas de flujo ha evolucionado con las nuevas tecnologías, integrándose a sistemas digitales para mejorar la eficiencia operativa.

Tabla 1

Matriz de Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.

Técnica	Instrumento	Objetivo	Aplicación
Observación Directa	Cuaderno de anotación, guía de observación, cuadros.	Realizar diagnóstico del proceso productivo en el área de termoformado.	Observación de los procesos de producción en el área de termoformado.
Análisis Documental	Registro Documental	Obtener información para el diagnóstico de la productividad en el área de termoformado.	Histórico de reportes de producción.
	Microsoft Excel		
Encuesta	Cuestionario validado por juicio de expertos	Recopilar información directamente de los trabajadores sobre problemas que impactan la productividad.	Áreas de producción donde se aplicó el cuestionario.

Nota: La tabla presenta la matriz de técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos en el estudio, detallando el objetivo y la aplicación de cada uno

Tabla 2

Matriz de herramientas de Análisis de calidad utilizadas

Herramienta	Objetivo	Datos Utilizados
Diagrama de Ishikawa	Determinar las causas raíz que impactan la productividad en el área de termoformado.	Información cualitativa y cuantitativa obtenida de observación, encuestas, reportes históricos.
Diagrama de Pareto	Identificar y priorizar las principales causas que generan un impacto en la productividad (principio del 80/20)	Datos sobre frecuencia o impacto de causas (derivados de reportes, observación).
Diagrama de Flujo	Estructurar y visualizar la secuencia de actividades dentro del proceso productivo de termoformado	Observación directa del proceso productivo, descripción de procesos operativos.

Nota: La tabla presenta la matriz de herramientas de análisis de calidad utilizadas en el estudio, indicando el objetivo y los datos utilizados por cada herramienta.

El presente trabajo de suficiencia profesional presenta su análisis a partir del diagnóstico realizado por el diagrama de Ishikawa donde se identificaron las principales causales a los fenómenos presentados al aplicar el estudio, asimismo se procedió a aplicar un enfoque más exhaustivo con ayuda del diagrama de Pareto que permitió obtener las causas que impactan en el 80% de la productividad del área en estudio, posterior a ello se determinó la productividad global del área, identificando la productividad de la mano de obra y materiales con el método exploratorio en hojas de cálculo de Excel.

A continuación, se procede a detallar los procedimientos establecidos en el proceso de investigación.

3.6. Procedimientos de recolección de datos

En el presente trabajo de suficiencia profesional se utilizaron diversas técnicas e instrumentos para la recolección de datos, así como herramientas de análisis para interpretar la información obtenida; entre los instrumentos de recolección de datos se contemplaron el registro documental de las órdenes de producción y un cuestionario aplicado a los trabajadores del área de producción, los cuales permitieron identificar problemas significativos que impactaban en la productividad.

Una vez recopilados los datos, se procedió a su análisis utilizando herramientas como el Diagrama de Ishikawa y el Diagrama de Pareto, estas herramientas permitieron organizar y priorizar las causas raíz de los problemas detectados, facilitando la medición de los índices de productividad, eficiencia y eficacia, con base en estos análisis, se implementaron herramientas de Lean Manufacturing para evaluar su impacto sobre la productividad del área de termoformado.

3.7. Etapas en las que se realizó el proyecto

El presente trabajo de suficiencia profesional busca incrementar la disponibilidad de las máquinas en la línea de termoformado de Matritech SAC mediante la aplicación de **herramientas Lean Manufacturing (TPM, SMED y Estandarización del Trabajo)** por lo tanto se propuso desarrollar durante el primer semestre de 2024, la implementación se estructuró en fases, abordando las causas principales identificadas, como el alto tiempo de Set Up y los parámetros de programación no estandarizados, así como la falta de mantenimiento adecuado.

Las etapas clave de esta implementación fueron:

- **Fase 1: Diagnóstico y Planificación (Evaluación Inicial y Preparación):** Esta fase inicial tuvo como objetivo fundamental comprender la realidad operativa del área de Termoformado y sentar las bases para la intervención.

Se comenzó con la recolección y análisis de datos operativos históricos, como tiempos de ciclo, paradas de máquina y tiempos de cambio de molde. Se emplearon herramientas de análisis como el Diagrama de Ishikawa para identificar las causas raíz de la baja productividad y disponibilidad, considerando dimensiones como método, maquinaria, mano de obra; complementariamente, se utilizó el Análisis de Pareto para priorizar las causas identificadas según su impacto, permitiendo enfocar los esfuerzos en las más relevantes.

Se definieron los indicadores clave de rendimiento en su estado inicial (As-Is), como Disponibilidad, Tiempo de Preparación (Set Up), Tiempo Total de Programación, MTBF (Tiempo medio entre averías) y Cantidad de paradas por avería, estableciendo también las metas (To-Be) basándose en estándares o referencias.

Se seleccionó la línea de termoformado como línea crítica para el estudio debido a su menor disponibilidad y mayor relevancia en ingresos, paralelamente, se conformó un equipo multidisciplinario para el proyecto Lean, con roles y responsabilidades definidos, y se comunicó formalmente el inicio del proyecto a todo el personal.

- **Fase 2: Formación y Diseño de Soluciones:** El propósito central de esta fase fue capacitar al personal involucrado y diseñar las soluciones específicas basadas en las herramientas Lean seleccionadas para contrarrestar las causas raíz.

Se inició con capacitaciones generales sobre Lean Manufacturing, cubriendo su origen, concepto, importancia, ventajas y etapas de implementación que permitan generar un cambio cultural en la implementación.

Para SMED: Se realizó un estudio detallado de los tiempos de cambio de molde, separando las actividades en internas (con máquina parada) y externas (con máquina en funcionamiento), se diseñaron nuevos procedimientos buscando convertir actividades internas en externas y reducir los tiempos buscando operaciones simultáneas; se elaboró un cronograma de capacitación específico en SMED para el personal encargado de los cambios de molde, impartido por el jefe de Planta.

La capacitación incluyó Introducción al SMED, Etapas de Implementación (Recolección de tiempos, separación de actividades) La Implementación práctica tuvo una duración propuesta de 37 horas repartidas en 4 semanas.

Para TPM: Se realizó un análisis de las causas de falla de las máquinas, incluyendo un Análisis de Modos y Efecto de Falla (AMEF).

Se diseñaron planes para el Mantenimiento Autónomo, involucrando a los operarios en tareas básicas de limpieza, inspección y lubricación. Se elaboraron procedimientos (ej. limpieza, inspección, lubricación ante fallas menores) y checklists de verificación, se diseñó un plan de Mantenimiento Planificado, coordinando con la empresa tercerizada y evaluando los repuestos necesarios. Se anunció formalmente el lanzamiento del programa TPM a todo el personal se realizó capacitación técnica específica en TPM para los operarios, impartida por un técnico experto en mantenimiento. Los temas cubiertos incluyeron: Funcionamiento de la máquina de termoformado, Limpieza y lubricación del equipo, Inspección visual para detectar anomalías, y Principales averías que podrían ser solucionadas por los operarios. Esta formación se complementó con entrenamiento del líder y evaluación práctica.

Para la Estandarización del Trabajo: Se estudió el método de trabajo actual para la programación de la máquina, realizando mediciones de tiempo y evaluando el ritmo de trabajo para determinar el tiempo estándar. Se identificaron actividades sin valor agregado, se definieron los métodos estándar y se elaboraron fichas de proceso, manuales y procedimientos. Se realizó una capacitación específica en Estandarización del Trabajo para los operarios encargados de la programación. Los temas abordados fueron: Etapas de implementación, Impacto de la estandarización en la disponibilidad, Realización de instrumentos y procedimiento, y Concepto, importancia y ventajas de la estandarización. La capacitación tuvo una duración propuesta de 20 horas distribuidas en 3 semanas, y el aprendizaje se evaluó.

- **Fase 3: Implementación de Mejoras:** Esta fase se enfocó en la aplicación práctica de las soluciones diseñadas, se inició la puesta en marcha de los nuevos procedimientos SMED para los cambios de molde, lo cual implicó entrenamiento práctico y supervisión directa para asegurar la correcta aplicación y hacer ajustes, se implementó la medición diaria del tiempo de Set Up utilizando una ficha específica de indicador, paralelamente, se desplegó el Plan de TPM, comenzando con la realización de las tareas de Mantenimiento Autónomo por parte de los operarios utilizando los checklists diseñados, y la ejecución del Mantenimiento Planificado según el cronograma. Se documentaron las actividades de mantenimiento realizadas mediante Órdenes de Trabajo y formatos históricos. La Estandarización del Trabajo se implementó mediante comunicación y capacitación intensiva en los nuevos procedimientos estándar. Se promovió el uso de fichas de proceso y checklist

de conformidad para asegurar el cumplimiento del método establecido; se implementó la medición diaria del tiempo de programación mediante una ficha de indicador específica.

- **Fase 4: Seguimiento, Control y Mejora Continua** La fase final se centró en medir el impacto de las mejoras, validar su efectividad y establecer mecanismos para la sostenibilidad y la mejora continua; se procedió a la recopilación y análisis de datos post - implementación para todos los indicadores clave (Disponibilidad, Tiempo de Set Up, Tiempo de Programación, MTBF, Cantidad de paradas por avería). Se compararon los resultados obtenidos con el estado inicial (As-Is) y las metas (To-Be), implementándose mecanismos de seguimiento regular, incluyendo mediciones diarias (Set Up, Programación), reportes y checklists; se realizaron auditorías periódicas para verificar el cumplimiento de los estándares y procedimientos implementados; se fomentó una cultura de mejora continua, a través del enfoque Kaizen, utilizando formatos para identificar problemas, definir objetivos y acciones de mejora. Se sugirieron mecanismos de retroalimentación y reconocimiento para el personal. Se definieron medidas de control para mantener los resultados alcanzados.

Fase	Periodo Estimado	Acción	Metodologías -Herramientas	Descripción de Actividades Específicas	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26
2. Formación y Diseño de Soluciones	Mes 2 - Inicio. Mes 4	Formación en Principios Lean y Herramientas Clave	Lean Manufacturing General, SMED, TPM, Estandarización	Sesiones de aprendizaje (teórico-práctico) sobre los fundamentos de Lean y el manejo de herramientas específicas (SMED, TPM, Estandarización)						X	X	X																		
	Mes 2 - Mes 3	Análisis Detallado y Planificación para SMED	SMED	Estudio pormenorizado del proceso actual de cambio de molde. Clasificación de actividades (internas/externas) Identificación de actividades a transformar. Desarrollo del nuevo procedimiento optimizado de cambio.								X	X	X	X															
	Mes 3	Análisis y Diseño de Procedimientos Estandarizados	Estandarización del Trabajo (SW)	Documentación del método de trabajo actual (ej. programación) Definición de tiempos estándar y elaboración de fichas de proceso/manuales.										X	X	X														
	Mes 3 - Inic. Mes 4	Diseño del Programa de Mantenimiento (TPM)	TPM (Mantenimiento Autónomo y Planificado)	Desarrollo de planes para Mantenimiento Autónomo (rutinas, formación) y Planificado (programación, recursos).											X	X	X													

Fase	Periodo Estimado	Acción	Metodologías/ Herramientas	Descripción de Actividades Específicas	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	
3. Implementación de Mejoras	Mes 4 - Mes 6	Aplicación de las Nuevas Prácticas SMED	SMED	-Ejecución de los cambios de molde. Entrenamiento práctico para asegurar la correcta aplicación por los operarios. Refinamiento del proceso según la experiencia real.													X	X	X	X											
	Mes 4 - Mes 5	Puesta en Marcha del Plan TPM	TPM (Mantenimiento Autónomo y Planificado)	Inicio de las tareas de Mantenimiento Autónomo por el personal de operación. Ejecución del Mantenimiento Planificado según calendario. Documentación y registro de actividades de mantenimiento														X	X	X	X	X	X								
	Mes 4 - Mes 6	Despliegue y Capacitación en Estandarización	Estandarización del Trabajo (SW)	Entrenamiento formal en los nuevos procedimientos estándar. Uso de las fichas de proceso y listas de verificación (checklists) Aseguramiento del cumplimiento del método estándar.																X	X	X	X	X	X	X					

Tabla 4
Etapas y actividades principales del proyecto

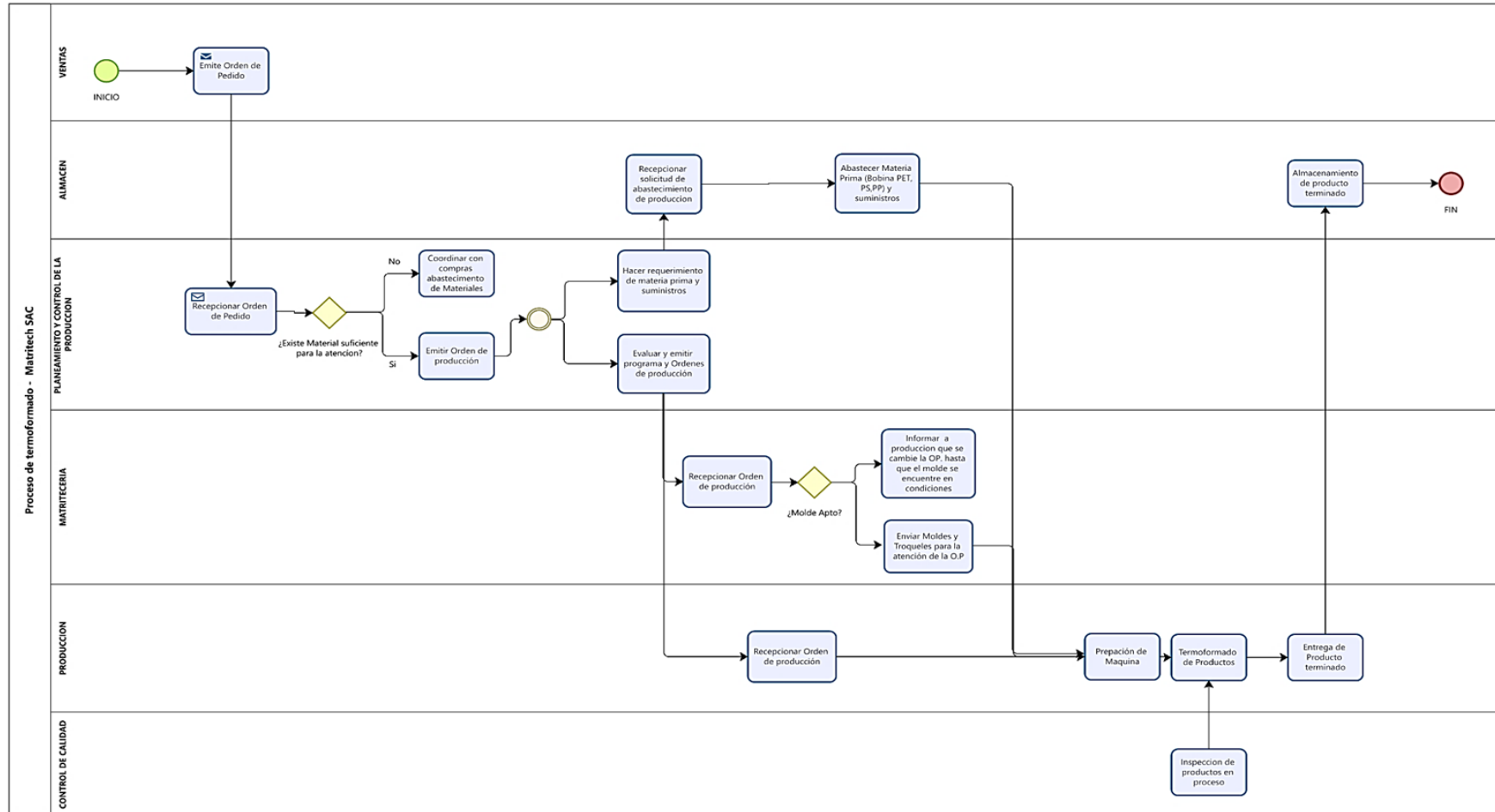
Etapas	Procedimiento
Diagnóstico	<p>Análisis documentario: Se revisó datos históricos sobre las ordenes de producción y sus unidades producidas a lo largo del primer semestre del año 2022 identificando las principales tipificaciones que incurrieron frecuentemente a un índice bajo de productividad.</p> <p>Diagrama de Ishikawa: Permitió encontrar la causa raíz de las principales causales que impactan en la productividad, siendo así que se propuso soluciones a cada causa raíz usando metodología y técnicas de la ingeniería industrial para la mejora del área de termoformado con la finalidad de mejorar la productividad en la empresa Matritech SAC</p>
Diseño y propuesta de la mejora	<p>Diagrama de Pareto: Permitió identificar el 80% y 20% de las principales causales que impactan en la productividad del área de termoformado de acuerdo con su relevancia.</p> <p>Plan de capacitación: Proceso en que el área de termoformado y sus involucrados recibirán una capacitación referente a la metodología Lean y sus implicancias referentes a la implementación de las herramientas que permitirán la mejora de la productividad.</p>
Evaluación Documentario	<p>Organización de equipos de trabajo Lean: Proceso que permitirá tener un mejor control con las variables que corresponden al impacto en la productividad y su correcto monitoreo.</p> <p>Se determinará el costo de la inversión de la implementación de Lean Manufacturing, tomando en consideración la elaboración de un presupuesto de inversión, flujo de caja proyectado, el uso de indicadores financieros tales como VAN, TIR y B/C.</p>

Nota: La tabla presenta las etapas y actividades del proyecto de suficiencia profesional.

3.9. Proceso productivo

El estudio se enfocará en el proceso de termoformado, que es crucial para la fabricación de una variedad de contenedores plásticos utilizados en los sectores alimentario, de dulces y panadería; esta decisión se basa en la importancia financiera que tiene esta línea de producción para la compañía, dado que los artículos termoformados generan el 73.8% del total de ingresos por ventas. En contraste, la línea de extrusión aporta el 19.10% de las ventas, mientras que los productos de la línea POP contribuyen con el 7.1% restante a la facturación total.

Figura N° 6
Diagrama de flujo de proceso productivo termoformado



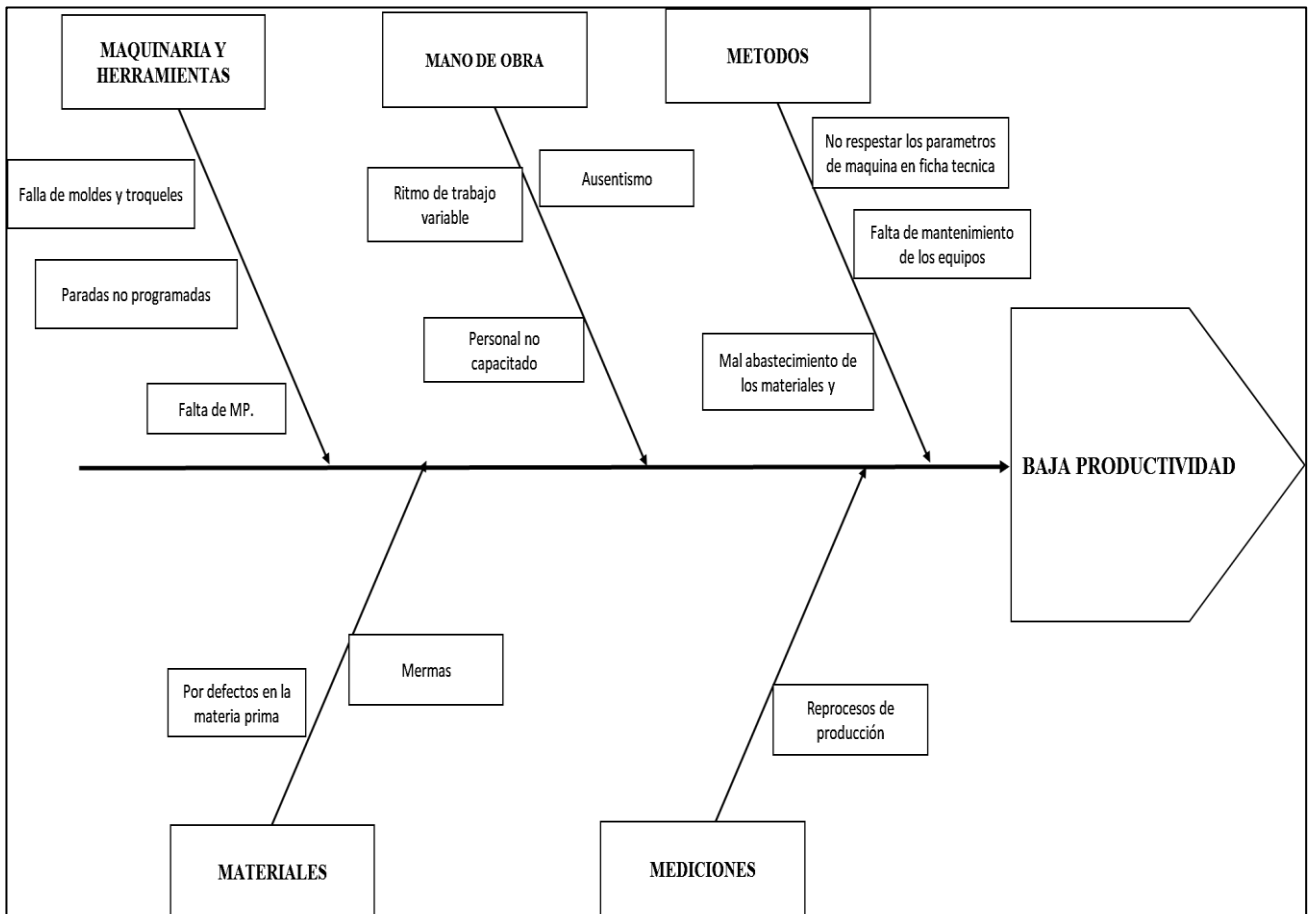
Nota: Este diagrama representa el flujo de operaciones en el área de termoformado de Matritech SAC, mostrando las etapas clave del proceso de producción de envases plásticos.

3.10. Diagnóstico de la situación actual

Mediante el diagrama de Ishikawa, una herramienta analítica de diagnóstico también conocida como diagrama de causa-efecto, se identificaron y sistematizaron los diversos factores que inciden en la problemática global, este método permitió explorar y clasificar las causas fundamentales que influyen significativamente en la productividad del área de termoformado de la empresa Matritech SAC.; posteriormente, estos hallazgos se complementaron con un análisis de Pareto para cuantificar y priorizar los aspectos más relevantes.

Figura N° 7

Análisis de Causas de Productividad en el Área de Termoformado de Matritech SAC



Nota: El diagrama representa las principales causas que impactan la productividad en el área de termoformado, identificadas mediante un análisis sistemático de causa-efecto.

Tras la identificación de causas mediante el diagrama de causa-efecto, se implementó una matriz de priorización que contó con la participación colaborativa de profesionales clave del área de termoformado, siendo estos: el jefe de producción, el analista de Planeamiento y Control de la Producción y el supervisor de termoformado, esta metodología estratégica permitió obtener una perspectiva integral de la problemática, facilitando la identificación de acciones conducentes a la mitigación y potencial eliminación de los factores críticos.

Con el propósito de sistematizar el análisis, se estableció un sistema de escalas de medición con un rango de calificación del 01 al 05, donde: 01 representa un nivel muy bajo, 02 bajo, 03 grado medio, 04 alto y 05 muy alto, dichas escalas se estructuraron para cuantificar objetivamente la incidencia de cada factor identificado, adicionalmente, en la Tabla 3 se presenta la consolidación de puntuaciones correspondientes a cada rol de responsabilidad en el área de termoformado, organizadas según su prioridad de intervención

Tabla 5
Matriz de Priorización de Causas en el Área de Termoformado de Matritech SAC.

Causa	Descripción	Jefe de Prod.	Sup. de TMF	Analista de PCP	Frecuencia	%	%Acum.
CR3	Falta de un plan de mantenimiento preventivo	5	5	5	15	14%	14%
CR10	Falta de un programa de mantenimiento autónomo	5	4	5	14	13%	27%
CR2	Falta de estandarización del proceso	5	3	5	13	12%	39%
CR1	Falta de tiempo estándar	4	3	5	12	11%	50%
CR5	Falta de indicadores de producción	3	3	4	10	9%	60%
CR6	Falta de control de materia prima e insumos	2	4	4	10	9%	69%
CR4	Falta de un espacio adecuado para la ubicación de herramientas e insumos.	4	2	3	9	8%	78%
CR8	Falla de moldes y troqueles	3	3	3	9	8%	86%
CR9	Falta de control de calidad	4	2	2	8	7%	93%
CR7	Disconformidad con el salario	1	2	4	7	7%	100%
Total					107	100%	

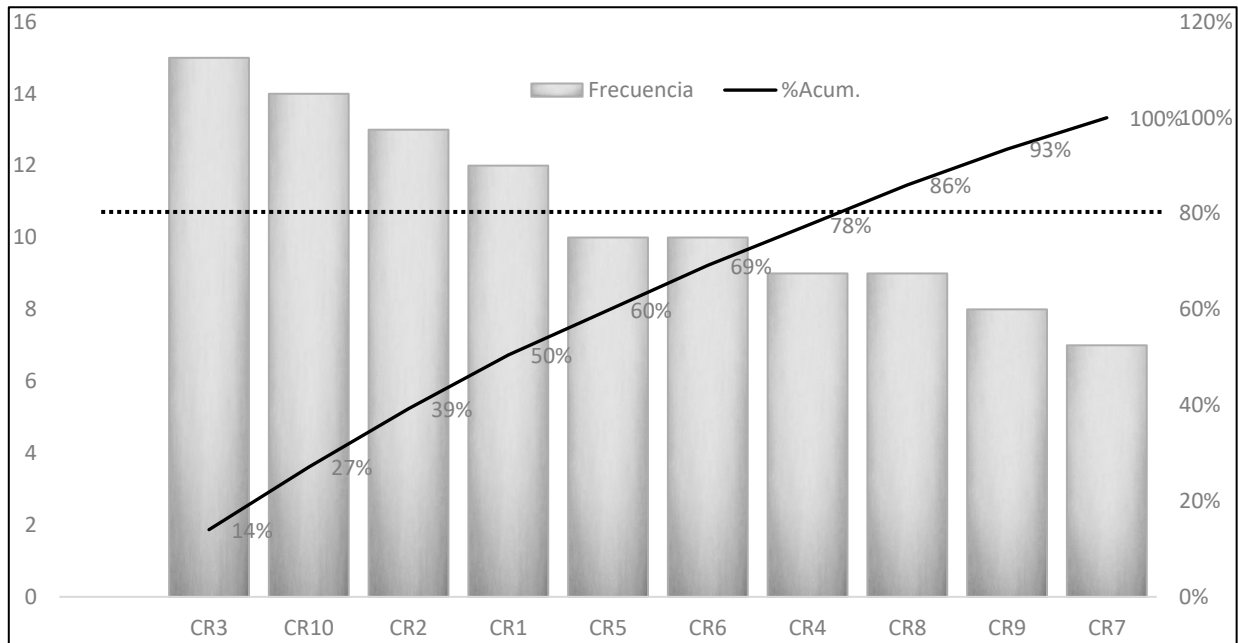
Nota: La tabla presenta la evaluación detallada de las causas críticas identificadas en el proceso de termoformado, realizada por profesionales clave de la organización.

A partir de los resultados derivados de la matriz de priorización, se procedió a la construcción del diagrama de Pareto, el cual reveló un hallazgo crucial: seis causas fundamentales concentran aproximadamente el 78% del impacto en la productividad del área de termoformado; estas causas críticas representan un conjunto sistémico de deficiencias organizacionales y operativas que inciden directamente en la eficiencia del proceso, entre las

que se destacan: la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo y un programa de mantenimiento autónomo, la carencia de estandarización de procesos, la inexistencia de tiempos estándar e indicadores de producción, la falta de control de materias primas e insumos, y la limitación de un espacio apropiado para la ubicación estratégica de herramientas e insumos.

Figura N° 8

Análisis de Causas Críticas en la Productividad del Área de Termoformado de Matritech SAC



Nota: El diagrama ilustra la distribución porcentual de las causas que impactan significativamente la productividad, destacando que seis causas principales representan el 80% de los problemas identificados, las causas críticas se presentan en orden descendente de importancia, utilizando el principio de Pareto (regla 80-20), que permite visualizar y priorizar los factores de mayor incidencia en el rendimiento operativo.

3.11. Productividad global (eficiencia y eficacia)

Los registros de producción correspondientes al primer semestre del año 2024 constituyeron la base para la evaluación cuantitativa de la productividad, considerando sus dimensiones de eficiencia y eficacia, asimismo mediante un análisis exhaustivo de los indicadores de desempeño se determinó que la eficiencia promedio alcanzó un 80%, mientras que la eficacia se situó en un 77%, lo que derivó en una productividad global del 63%, adicionalmente, se contempló un desglose detallado de la información previamente expuesta, cuyo análisis se extendió a lo largo del segundo semestre del 2024, permitiendo una visualización integral de los indicadores de productividad en Matritech SAC.

Tabla 6
Análisis de Productividad Global: Dimensiones de Eficiencia y Eficacia

Sem.	Hrs. Maq. Útiles	Hrs Maq. Prog.	Unid. Producidas	Unid. Prog.	Eficiencia	Eficacia	Produc.
26	133	144	338,380	427,536	89%	92%	82%
27	114.58	144	446,750	567,601	88%	80%	70%
28	54.5	108	264,850	1,003,779	83%	50%	42%
29	93.25	144	1,239,400	2,039,532	91%	65%	59%
30	125.25	144	340,950	404,434	82%	87%	71%
31	75.33	121	298,950	393,065	93%	62%	58%
32	41.33	48	77,550	82,494	84%	86%	72%
33	123.5	156	1,325,300	1,773,034	91%	79%	72%
34	132	168	386,700	502,769	83%	79%	65%
35	110.83	144	294,100	426,504	85%	77%	66%
36	125	144	426,400	509,400	84%	87%	73%
37	131.5	144	582,500	649,987	84%	91%	77%
38	106.5	144	1,960,200	3,276,637	92%	74%	68%
39	100.5	144	247,600	367,639	89%	70%	62%
40	91.75	120	392,400	540,547	84%	76%	64%
41	109.5	144	1,256,300	1,738,048	89%	76%	68%
42	130	144	1,676,800	1,681,558	88%	90%	80%
43	118.92	144	421,800	518,400	90%	83%	74%
44	140	144	358,000	369,000	89%	97%	87%
45	103.67	144	965,750	1,303,633	85%	72%	61%
46	127.5	144	1,430,160	1,574,883	85%	89%	75%
47	89.92	132	166,920	243,943	81%	68%	55%
48	130.5	144	674,800	943,319	83%	91%	75%
49	116.53	143	1,668,250	1,868,023	93%	82%	76%
50	114.17	144	535,750	653,309	91%	79%	72%
51	105.5	120	1,219,760	1,493,845	83%	88%	73%

Nota: La tabla presenta un análisis detallado de los indicadores de productividad de la empresa Matritech SAC durante el año 2024, desglosando las dimensiones de eficiencia y eficacia, el análisis contempla un estudio comparativo entre el primer y segundo semestre, utilizando métricas estandarizadas que permiten una evaluación objetiva del rendimiento organizacional.

3.12. Productividad de Máquina Termoformadora ILLIG RV-70

La evaluación del rendimiento de la máquina termoformadora ILLIG RV-70 durante la segunda mitad del 2024 revela un escenario operativo complejo, caracterizado por notables oscilaciones en el desempeño productivo, registrándose una productividad media de 114 Kg/h con una amplitud que fluctúa entre 82.8 y 135.4 Kg/h, evidenciando una significativa variabilidad tanto en la cantidad de kilogramos producidos como en las horas efectivas de funcionamiento, dicho análisis estadístico indica una alta desviación estándar en la productividad, detectándose una inconsistencia en la capacidad de producción, lo cual apunta a una posible subutilización de recursos en ciertos períodos, planteando así la necesidad de una investigación más profunda para optimizar el rendimiento y la eficiencia de la máquina termoformadora.

Tabla 7

Análisis Detallado de Productividad de Máquina Termoformadora ILLIG RV-70

Semana	Kg. Producidos	Hrs. Maq. Útiles	Productividad Maq. (Kg/HMq)
26	14,283.4	133.0	107.4
27	13,457.8	114.6	117.5
28	5,976.6	54.5	109.7
29	9,223.3	93.3	98.9
30	13,403.5	125.3	107.0
31	9,091.5	75.3	120.7
32	5,153.3	41.3	124.7
33	12,662.2	123.5	102.5
34	15,996.5	132.0	121.2
35	12,758.1	110.8	115.1
36	15,384.7	125.0	123.1
37	15,864.5	131.5	120.6
38	8,822.5	106.5	82.8
39	12,082.6	100.5	120.2
40	11,367.4	91.8	123.9
41	11,879.6	109.5	108.5
42	13,870.1	130.0	106.7
43	16,102.1	118.9	135.4
44	18,867.3	140.0	134.8
45	11,879.3	103.7	114.6
46	12,621.5	127.5	99.0
47	9,901.9	89.9	110.1
48	17,212.5	130.5	131.9
49	11,784.7	116.5	101.1
50	14,333.8	114.2	125.5
51	11,354.6	105.5	107.6

Nota: La tabla presenta un análisis detallado de la productividad de la máquina termoformadora ILLIG RV-70 durante el segundo semestre de 2024

3.13. Disponibilidad de la Máquina termoformadora ILLIG RV-70

De acuerdo con el análisis realizado, la máquina termoformadora ILLIG RV-70 presentó una disponibilidad del 85% durante el segundo semestre del 2023, lo que indica oportunidades de mejora en su operatividad, asimismo, se registraron 46 paradas que generaron pérdidas económicas significativas de \$72,380, lo que evidencia la necesidad de optimizar los procesos de mantenimiento, por otro lado en cuanto a los indicadores de confiabilidad, el Tiempo Total de Reparación (TTR) alcanzó 517 horas, mientras que el Tiempo Total de Funcionamiento (TTF) fue de 2,845 horas, además, el tiempo no productivo sumó 198 horas de un total disponible de 3,560 horas, lo que sugiere un impacto considerable en la eficiencia operativa, adicionalmente, los valores del Mean Time Between Failures (MTBF) de 61.85 horas y el Mean Time To Repair (MTTR) de 11.24 horas indican desafíos en la continuidad operativa de la máquina.

Estos datos indican que la máquina se detiene con frecuencia y requiere un tiempo considerable para su reparación, lo que afecta la producción y genera pérdidas económicas por lo que es crucial buscar estrategias para aumentar el tiempo de funcionamiento sin problemas y reducir el tiempo necesario para las reparaciones cuando ocurren fallas.

Tabla 8

Análisis de Disponibilidad Operativa de Máquina Termoformadora ILLIG RV-70

Maquina Termoformadora	ILLIG RV-70
Nº Paradas	46
TTR	517
TTF	2845
Tiempo por falta de producción	198
Tiempo disponible	3560
MTTR	11.24
MTBF	61.85
Disponibilidad	85%
Perdida Semestral	\$72,380

Nota: La tabla presenta un análisis detallado de la disponibilidad operativa de la máquina termoformadora ILLIG RV-70 durante el segundo semestre de 2023, proporcionando métricas fundamentales de rendimiento y confiabilidad.

3.14. Análisis de Productividad de Materia Prima en Línea de Termoformado

El análisis de productividad de materia prima para el proceso de termoformado durante el segundo semestre de 2024 revela un panorama con aspectos positivos, pero también oportunidades de mejora, teniéndose una productividad global del 93%, sin embargo la variabilidad observada en los datos sugiere la existencia de factores que afectan la consistencia del proceso siendo así que se identificaron semanas de rendimiento óptimo, como la semana 44 con 94% de productividad, y semanas críticas como la 38 con solo 79%; dichas inconsistencias pudieran explicarse por la calidad de materia prima, variaciones en los parámetros de máquina y diferencias de eficiencia entre turnos, por ello para abordar estas oportunidades, se recomienda desarrollar protocolos de estandarización, programas de capacitación y diseñar un sistema de mejora continua enfocado en reducir mermas.

Tabla 9

Productividad de la materia prima en la línea de termoformado

Semana	Kg. Ingresan	Kg. Salen	Productividad MP. (Kg. Ing./Kg. Salen)
26	14,671	14,464	91%
27	14,259	13,529	92%
28	6,467	6,059	92%
29	10,257	9,258	90%
30	14,046	13,403	91%
31	9,717	9,092	91%
32	5,503	5,153	92%
33	14,122	12,690	90%
34	17,013	16,115	93%
35	14,016	12,817	91%
36	15,767	15,410	93%
37	16,402	16,057	94%
38	11,181	8,822	79%
39	13,555	12,206	90%
40	12,367	11,425	92%
41	12,988	11,916	92%
42	15,015	13,963	92%
43	17,945	16,102	90%
44	19,225	18,979	94%
45	13,031	11,927	91%
46	13,554	12,681	92%
47	10,411	10,118	90%
48	17,644	17,302	91%
49	12,598	11,904	94%
50	15,672	14,334	91%
51	11,749	11,438	97%

Nota: La tabla presenta un análisis detallado de la productividad de materia prima durante el segundo semestre de 2024

3.15. Implementación de herramientas de ingeniería

3.15.1. Herramienta de solución SMED

En el proceso productivo de termoformado se identifican diversas operaciones internas (TI), las cuales requieren que la máquina termoformadora ILLIG RV-70 se encuentre detenida (ver Tabla 9). El tiempo total para realizar estas operaciones es de 203 minutos, sin identificarse operaciones externas (TE) en el proceso actual.

Tabla 10
SMED del proceso productivo de Termoformado – Actual

DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES	TI/TE	TIEMPO INICIAL (min)
Verificar el producto a ingresar en el programa de producción	TI	5
Dirigirse al almacén de materia prima	TI	10
Verificar la disponibilidad del producto	TI	5
Ir por la estoca para tomar la bobina identificada y verificada	TI	10
Trasladar el material a la maquina	TI	5
Detener la maquina termoformadora	TI	1
Preparar la maquina termoformadora para la carga de la bobina	TI	15
Realizar corrida de 05 metros de bobina	TI	10
Identificar estado de la bobina (No grumos, No rayaduras, No imperfecciones)	TI	5
Dirigirse al almacén de moldes y troqueles	TI	10
Identificar el molde a utilizar	TI	5
Verificar el estado del molde y troquel	TI	5
Instalación del molde y troquel a la Maq. TMF	TI	60
Realizar pruebas de corte a las cuchillas del troquel	TI	10
Verificar el corte de las cuchillas según especificación del producto	TI	5
Consultar parámetros de maquina a utilizar	TI	5
Identificar los parámetros a utilizar por tipo de producto	TI	5
Ingresar parámetros de maquina	TI	1
Realizar pruebas de moldeo	TI	20
Verificar estado del termoformado	TI	5
Programar la Maq. TMF para el tamaño de lote solicitado.	TI	5
Ejecutar el inicio de la producción.	TI	1
TIEMPO INTERNO (TI)		203
TIEMPO EXTERNO (TE)		0
TIEMPO TOTAL		203

Nota: TI = Tiempo Interno; TE = Tiempo Externo; Maq. TMF = Máquina Termoformadora.

Como se puede observar en la Tabla 9, el tiempo total requerido para completar las operaciones internas es de 203 minutos, lo que representa aproximadamente 3 horas y 23 minutos de tiempo improductivo por cada cambio de producto, siendo así que la operación que consume mayor tiempo es la instalación del molde y troquel a la máquina termoformadora, con 60 minutos (29.56% del tiempo total), posterior al análisis de la situación actual, se identificaron aquellas operaciones internas que pueden ser convertidas en operaciones externas (TE), las cuales no requieren que la máquina termoformadora ILLIG RV-70 detenga su funcionamiento, esta conversión permitiría aprovechar el tiempo para procesar otras órdenes de producción mientras se realizan las actividades preparatorias, incrementando así la productividad del área.

3.15.2. Conversión de Operaciones Internas a Externas

Como parte de la aplicación de la metodología SMED, se procedió a identificar aquellas actividades que no requerían la parada de la máquina termoformadora para el establecimiento del cambio de formato y posterior inicio del proceso productivo. Como se observa en la Tabla 11, se logró convertir 10 operaciones internas a externas, representando un total de 48 minutos que pueden ser ejecutados mientras la máquina termoformadora ILLIG RV-70 continúa en funcionamiento.

Las operaciones convertidas incluyen principalmente actividades preparatorias como:

- Verificación y traslado de materiales
- Selección e inspección de moldes y troqueles
- Consulta e identificación de parámetros técnicos

Tabla 12

Aplicación del SMED al proceso productivo de termoformado

DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES	TI/TE	TIEMPO INICIAL
Verificar el producto a ingresar en el programa de producción	TE	5
Dirigirse al almacén de materia prima	TE	10
Verificar la disponibilidad del producto	TE	5
Ir por la estoca para tomar la bobina identificada y verificada	TE	10
Trasladar el material a la maquina	TE	5
Dirigirse al almacén de moldes y troqueles	TE	5
Identificar el molde a utilizar	TE	5
Verificar el estado del molde y troquel	TE	1
Verificar parámetros en File de Fichas técnicas	TE	1
Identificar los parámetros a utilizar por tipo de producto	TE	1
Detener la maquina termoformadora	TI	1
Preparar la maquina termoformadora para la carga de la bobina	TI	15
Realizar corrida de 05 metros de bobina	TI	10
Identificar estado de la bobina (No grumos, No rayaduras, No imperfecciones)	TI	5
Instalación del molde y troquel a la Maq. TMF	TI	60
Realizar pruebas de corte a las cuchillas del troquel	TI	10
Verificar el corte de las cuchillas según especificación del producto	TI	5
Ingresar parámetros de maquina	TI	1
Realizar pruebas de moldeo	TI	20
Verificar estado del termoformado	TI	5
Programar la Maq. TMF para el tamaño de lote solicitado.	TI	5
Ejecutar el inicio de la producción.	TI	1
TIEMPO INTERNO (TI)		138
TIEMPO EXTERNO (TE)		65
TIEMPO TOTAL		138

Nota: TI = Tiempo Interno; TE = Tiempo Externo; Máq. TMF = Máquina Termoformadora.

La propuesta de mejora mediante la aplicación de SMED permitió reducir el tiempo interno (TI) de 203 minutos a 138 minutos, lo que representa una disminución de 65 minutos en el tiempo de parada de máquina, dicha optimización en el tiempo de setup equivale a una mejora del 32% respecto a la situación inicial, asimismo se incrementa su disponibilidad para procesar órdenes de producción, lo que se traduce en: Mayor volumen de producción en el mismo periodo de tiempo, reducción del lead time para la entrega de productos, incremento de la flexibilidad para atender cambios en la demanda y disminución de costos operativos asociados al tiempo improductivo.

3.16. Implementación de Estandarización de procesos (DAP)

Se determino el uso del estudio de tiempos para el tratamiento de la causa raíz en mención en el proceso productivo del área de termoformado, para ello se procede a poner en evidencia las variables a considerar para la toma de tiempos junto con los suplementos y criterios de evaluación que marcaran la pauta para la definición del ritmo de trabajo y su correcto proceder para el establecimiento del tiempo estándar.

Tabla 14

Descripción de suplementos contemplados en la toma de tiempos

Descripción del suplemento	%Sup.
SUPLEMENTO POR DESCANSO	
Suplemento por fatiga física básica	4%
Suplemento por necesidades personales	5%
Suplementos variables	0%
TOTAL % DE SUPLEMENTOS	9%

Nota: La tabla presenta la descripción de los suplementos contemplados en la toma de tiempos para el estudio de estandarización del trabajo

A continuación, se procede a establecer los criterios para la calificación del ritmo de trabajo de los operarios involucrados en el proceso productivo del área de termoformado.

Tabla 15
Criterios de medición para el ritmo de trabajo.

Escala	Descripción	Velocidad de marcha comparable (m/h)
0	Actividad Nula	0
50	El trabajador muestra un ritmo de trabajo muy reducido, con gestos poco coordinados y vacilantes. Da la impresión de estar desconcentrado y carecer de motivación hacia sus tareas laborales.	2
90	Ritmo constante y seguro, sin prisas, con buena supervisión.	4
100	Dinámico y competente, nivel de operario especializado con pago por producción; alcanza sin dificultad los estándares de calidad y precisión establecidos.	5
125	Muy ágil; el trabajador demuestra gran confianza, habilidad y coordinación motriz, superando claramente las capacidades del operario especializado promedio.	6

Nota: La tabla presenta los criterios de medición para la calificación del ritmo de trabajo de los operarios en el proceso productivo del área de termoformado

Se realizó el cronometraje de cada actividad utilizando una hoja de registro y cronómetro para analizar y determinar el tiempo estándar del proceso productivo en el área de termoformado.

Tabla 16
Determinación de tiempo estándar para el proceso termoformado.

Nº	Descripción de actividades	Tpo.Promedio	Valoración (%)	Tpo. Básico	Sup.	Tpo. Estándar (min)
1	Verificar el producto a ingresar en el programa de producción	4.13	100	4.13	0.37	4.50
2	Dirigirse al almacén de materia prima	9.22	100	9.22	0.83	10.05
3	Verificar la disponibilidad del producto	4.59	100	4.59	0.41	5.00
4	Ir por la estoca para tomar la bobina identificada y verificada	9.56	100	9.56	0.86	10.42
5	Llevar el material a la maquina	4.13	100	4.13	0.37	4.50
6	Detener la maquina termoformadora	0.46	100	0.46	0.04	0.50
7	Preparar la maquina termoformadora para la carga de la bobina	14.78	100	14.78	1.33	16.11
8	Realizar corrida de 05 metros de bobina	8.93	100	8.93	0.80	9.73
9	Identificar estado de la bobina (No grumos, No rayaduras, No imperfecciones)	4.62	100	4.62	0.42	5.04
10	Dirigirse al almacén de moldes y troqueles	9.67	100	9.67	0.87	10.54
11	Identificar el molde a utilizar	4.32	100	4.32	0.39	4.71
12	Verificar el estado del molde y troquel	4.28	100	4.28	0.39	4.67
13	Instalación del molde y troquel a la Maq. TMF	62.57	100	62.57	5.63	68.20
14	Realizar pruebas de corte a las cuchillas del troquel	9.63	100	9.63	0.87	10.50
15	Verificar el corte de las cuchillas según especificación del producto	4.52	100	4.52	0.41	4.93
16	Consultar parámetros de maquina a utilizar	4.66	100	4.66	0.42	5.08

17	Identificar los parámetros a utilizar por tipo de producto	4.37	100	4.37	0.39	4.76
18	Ingresar parámetros de maquina	0.55	100	0.55	0.05	0.60
19	Realizar pruebas de moldeo	19.76	100	19.76	1.78	21.54
20	Verificar estado del termoformado	4.29	100	4.29	0.39	4.68
21	Programar la Maq. TMF para el tamaño de lote solicitado.	4.37	100	4.37	0.39	4.76
22	Ejecutar el inicio de la producción.	0.39	100	0.39	0.04	0.43
Tiempo de ciclo						211.24

Nota: La tabla presenta la determinación del tiempo estándar para cada actividad del proceso de termoformado, incluyendo el tiempo promedio, la valoración del ritmo, el tiempo básico, los suplementos y el tiempo estándar final

Como se puede apreciar en la tabla 15, se logró determinar el tiempo actual del proceso de termoformado siendo este de 211.24 min, a continuación, se desarrolló el DAP del proceso, el cual tiene como propósito identificar todas aquellas actividades que no agregan valor al proceso.

Figura N° 9
DAP actual del proceso de termoformado.

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES PROCESO			RESUMEN				Tiempo (min)	Distancia (m.)	
			Actividad	#					
Metodo	Actual	Mejorado	● Operaciones	9					
	X		➔ Transporte	4					
Rubro	Plásticos		■ Inspección	8					
Proceso	Linea de Termoformado		⦿ Demora	1					
Fecha			▼ Almacenamiento	0					
				TOTAL	22	211.242	65		

N°	Descripción de actividades	●	➔	■	⦿	▼	Tiempo (min.)	Distancia (m.)	Observaciones
1	Verificar el producto a ingresar en el programa de producción			●			4.50	0	
2	Dirigirse al almacén de materia prima		➔				10.05	15	
3	Verificar la disponibilidad del producto			●			5.00	0	
4	Ir por la estoca para tomar la bobina identificada y verificada		➔				10.42	10	Se presenta demora por la falta de disponibilidad de la estoca para el traslado de la MP.
5	Llevar el material a la maquina		➔				4.50	15	
6	Detener la maquina termoformadora	●					0.50	0	
7	Preparar la maquina termoformadora para la carga de la bobina	●					16.11	0	
8	Realizar corrida de 05 metros de bobina	●					9.73	0	
9	Identificar estado de la bobina (No grumos, No rayaduras, No imperfecciones)			■			5.04	0	
10	Dirigirse al almacén de moldes y troqueles		➔				10.54	25	
11	Identificar el molde a utilizar			■			4.71	0	
12	Verificar el estado del molde y troquel			■			4.67	0	
13	Instalación del molde y troquel a la Maq. TMF	●					68.20	0	
14	Realizar pruebas de corte a la cuchillas del troquel	●					10.50	0	
15	Verificar el corte de las cuchillas según especificación del producto			■			4.93	0	
16	Consultar parametros de maquina a utilizar				⦿		5.08	0	El operario demora en consultar acerca de los parametros de maquina al jefe de turno o supervisor de producción.
17	Identificar los parametros a utilizar por tipo de producto			■			4.76	0	
18	Ingresar parametros de maquina	●					0.60	0	
19	Realizar pruebas de moldeo	●					21.54	0	
20	Verificar estado del termoformado			■			4.68	0	
21	Programar la Maq. TMF para el tamaño de lote solicitado.	●					4.76	0	
22	Ejecutar el inicio de la producción.	●					0.43	0	
TOTAL		9	4	8	1	0	211.242	65	

Nota: El Diagrama de Actividades del Proceso (DAP) actual del proceso de termoformado en Matritech SAC muestra las operaciones, transporte, inspecciones y demoras identificadas, junto con el tiempo y la distancia total recorrida

Tabla 17
Acciones de implementación para la optimización del tiempo operativo en el área de termoformado.

Pasos	Descripción de actividades	Acciones
1	Verificar el producto a ingresar en el programa de producción	
2	Dirigirse al almacén de materia prima	
3	Verificar la disponibilidad del producto	
4	Ir por la estoca para tomar la bobina identificada y verificada	
5	Llevar el material a la maquina	
6	Detener la maquina termoformadora	
7	Preparar la maquina termoformadora para la carga de la bobina	
8	Realizar corrida de 05 metros de bobina	
9	Identificar estado de la bobina (No grumos, No rayaduras, No imperfecciones)	
10	Dirigirse al almacén de moldes y troqueles	Habilitar anaquel de moldes y troqueles a utilizar según programa de producción por el área de matricería
11	Identificar el molde a utilizar	
12	Verificar el estado del molde y troquel	A. Matricería revisará estado de troquel antes de habilitar para su pase a producción.
13	Instalación del molde y troquel a la Maq. TMF	
14	Realizar pruebas de corte a las cuchillas del troquel	
15	Verificar el corte de las cuchillas según especificación del producto	
16	Consultar parámetros de maquina a utilizar	Habilitar un archivador con los parámetros de cada producto según máquina.
17	Identificar los parámetros a utilizar por tipo de producto	
18	Ingresar parámetros de maquina	
19	Realizar pruebas de moldeo	
20	Verificar estado del termoformado	
21	Programar la Maq. TMF para el tamaño de lote solicitado.	
22	Ejecutar el inicio de la producción.	

Nota: La tabla presenta las acciones de implementación propuestas para la optimización del tiempo operativo en cada actividad del área de termoformado.

Posterior al análisis de actividades y a la implementación de planes de acción que permitan la optimización del tiempo operativo en el proceso de termoformado, se efectuó la determinación de un tiempo estándar mejorado y a la optimización de un proceso más esbelto.

Figura N° 10
DAP mejorado del proceso de termoformado.

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES PROCESO				Resumen	#	Tiempo (min)	Distancia (m.)	
				● Operaciones	9			
				➔ Transporte	3			
				■ Inspección	7			
				⦿ Demora	0			
				▼ Almacenamiento	0			
				TOTAL	19	188.64	32	
<i>Nota:</i>	Metodo	Actual	Mejorado					
	Rubro		Plásticos					
	Proceso		Linea de Termoformado					
	Fecha							
N°	Descripción de actividades	●	➔	■	⦿	▼	Tiempo (min.)	Distancia (m.)
1	Verificar el producto a ingresar en el programa de producción			●			4.5	0
2	Dirigirse al almacén Temporal de materia prima		➔				10.05	12
3	Verificar la disponibilidad del producto			●			5	0
4	Ir por la estoca para tomar la bobina identificada y verificada		➔				10.42	5
5	Llevar el material a la maquina		➔				4.5	15
6	Detener la maquina termoformadora	●					0.5	0
7	Preparar la maquina termoformadora para la carga de la bobina	●					16.11	0
8	Realizar corrida de 05 metros de bobina	●					9.73	0
9	Identificar estado de la bobina (No grumos, No rayaduras, No imperfecciones)			■			5.04	0
10	Identificar el molde a utilizar			■			2.15	0
11	Instalación del molde y troquel a la Maq. TMF	●					68.2	0
12	Realizar pruebas de corte a la cuchillas del troquel	●					10.5	0
13	Verificar el corte de las cuchillas según especificación del producto			■			4.93	0
14	Identificar en File de Fichas Tecnicas los parametros de maquina			■			5	0
15	Ingresar parametros de maquina	●					0.6	0
16	Realizar pruebas de moldeo	●					21.54	0
17	Verificar estado del termoformado			■			4.68	0
18	Programar la Maq. TMF para el tamaño de lote solicitado.	●					4.76	0
19	Ejecutar el inicio de la producción.	●					0.43	0
TOTAL		9	3	7	0	0	188.64	32

Nota: El Diagrama de Actividades del Proceso (DAP) mejorada muestra las operaciones, transporte, inspecciones y demoras después de la implementación de las acciones de mejora, junto con la reducción en tiempo y distancia total.

Es importante mencionar que, tras la implementación de los planes de acción, el tiempo del proceso en el área de termoformado se redujo de 221.24 min a 188.64 min, ello refleja una mejora de un 14.73%, asimismo la reducción de actividades improductivas tales como dirigirse al almacén de moldes y troqueles y la solicitud de parámetros de maquina a utilizar resultando en un menor recorrido en la planta por parte del operario siendo de 65m.

3.17. Implementación de TPM (Plan de mantenimiento preventivo)

Posterior al análisis efectuado referente a la disponibilidad de maquina se procede a efectuar la implementación de un plan de mantenimiento preventivo cuyo objetivo principal es reducir el número de paradas y mejorar el tiempo de funcionamiento de los equipos que traerán como consecuencia un incremento en la disponibilidad de la maquina y la productividad general del área de termoformado. Para la obtención de dicho objetivo se procede a identificar las maquinarias involucradas en la ejecución del proceso de termoformado y sus unidades correspondientes.

3.17.1. Identificación de equipos de producción

A continuación, se procede a codificar los procesos involucrados en el área de termoformado y la identificación de tipo de máquina.

Tabla 18

Codificación de procesos

AREA	COD. PROC.
Producción	PROD
Calidad	CAL
Mantenimiento	MANT

Nota: La tabla presenta la codificación establecida para las diferentes áreas de la empresa involucradas en el plan de mantenimiento preventivo

Tabla 19

Codificación de tipo de equipo

EQUIPOS	TPO. EQUIPO
Maquina	MQ
Equipo Acabado	AC

Nota: La tabla presenta la codificación establecida para los diferentes tipos de equipos considerados en el plan de mantenimiento preventivo

Consecutivamente se procede a poder asignársele un número correlativo a cada maquina/equipo que están consideradas en el área de termoformado.

Tabla 20
Asignación de número correlativo a equipos de termoformado

DESCRIP. MAQUINA	CORRELATIVO. MAQ
Maquina Termoformadora	1
Maquina Laser	2
Maquina Troqueladora	3
Maquina Compresora	4
Balanza de muestreo	5
Máquina de Ruteo	6
Horno UV	7

Nota: La tabla presenta la asignación de un número correlativo a cada una de las máquinas consideradas en el área de termoformado para el plan de mantenimiento preventivo.

Como se puede apreciar en la tabla 20 se procede a identificar el número de equipos por ítem, asimismo una codificación correspondiente a cada uno según corresponda mediante los códigos previamente señalados, finalmente, para poder tener un panorama integral acerca del correcto proceder de un plan de mantenimiento preventivo se procede a levantar una ficha técnica de la maquina termoformadora de modo que se pueda conocer los sistemas de transformación de energía, los accesorios que la conforman y lograr una mayor disponibilidad de repuestos.

Tabla 21
Codificación de equipos del área de termoformado.


TIPO MAQ.	COD. PROC.	TPO. EQUIPO	CORRELATIVO. MAQ	CANT. DE EQUIPOS	COD. FINAL
Maquina Termoformadora	PROD	MQ	01	01	PROD-MQ-01-01
Maquina Laser	PROD	MQ	02	01	PROD-MQ-02-01
Maquina Troqueladora	PROD	MQ	03	01	PROD-MQ-03-01
Maquina Compresora	MANT	MQ	04	01	MANT-MQ-04-01
Balanza de muestreo	CAL	MQ	05	01	CAL-MQ-05-01
Máquina de Ruteo	PROD	MQ	06	01	PROD-MQ-06-01
Horno UV	PROD	MQ	07	01	PROD-MQ-07-01

Nota: La tabla presenta la codificación final de los equipos del área de termoformado, combinando la codificación de área, tipo de equipo y número correlativo

A continuación, se procede a levantar la ficha técnica para la termoformadora ILLIG-RV 70.

Figura N° 11

Ficha Técnica de termoformadora ILLIG - RV 70

MACHINE		FICHA TECNICA DE MAQUINARIA			
Maquina	Termoformadora	Marca	ILLIG	Ubicación	Producción
Año	2011	Modelo	RV-70	Área	Termoformado
Fabricante	ILLIG	Código	PROD-MQ-01-01	Fecha:	
Características Generales					
GPH	900	Max. Ancho de Película	760 mm	Sup. Min de moldeo	400x250 mm
Color	Aluminio	Max. Área de Formació	704x514 mm	Profundidad de dibujo	120/40 mm
Equipo- Herramientas - Accesorios					
Accesorios	Marca	Referencia	Cantidad		
Pulsador On-Off	Schneider	Tablero Elect.	1		
Resistencias Eléctricas		Plataforma	20		
PLC	Schneider	Tablero Elect.	1		
Cilindro de doble efecto	Festo	Tablero Elect.	4		
Motores Eléctricos	Potencia (h.p)	Voltaje	Amperaje	RPM	
Weg	6	220	13	1780	
Weg	5	220	13	1780	
Observaciones: -Resistencias eléctricas (08 und. De 400W), (06 und. De 600W), (06 und. De 1000W). - Motores eléctricos: 1780 RPM.					

Nota: La figura presenta la ficha técnica de la máquina termoformadora ILLIG - RV 70, detallando sus características generales, equipos, herramientas y accesorios


3.18. Establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo

Habiéndose efectuado la ficha técnica se logró identificar los sistemas que conforman a la maquina termoformadora, asimismo ello permitió establecer un adecuado y optimo plan de mantenimiento que permitió la mejora de la disponibilidad de la máquina, a continuación, se pasa a detallar las actividades, frecuencias y fechas que la conforman.

A continuación, se procede mostrar el formato de orden de trabajo de mantenimiento cuyo uso permitirá el establecimiento de indicadores de control tales como los índices de criticidad, disponibilidad y productividad de maquina teniendo en cuenta métricas adicionales como indicadores de control de costos de mano de obra y repuestos.

Figura N° 12

Formato de OT (Orden de trabajo de Mantenimiento)

	ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE MAQUINARIA Y EQUIPO						
ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO							
N° ORDEN DE TRABAJO	OTM01	N° REPORTE	1		FECHA INICIO		
MAQUINA	Termoformadora	UBICACIÓN	Producción		FECHA DE TERMINO		
MARCA	ILLIG	MODELO	RV-70		HORA	16:00	
TIPO DE MANTENIMIENTO		TIPO DE PROBLEMA			PRIORIDAD		
<input type="radio"/> Preventivo <input type="radio"/> Correctivo		<input type="radio"/> Eléctrico	<input type="radio"/> Mecánico	<input type="radio"/> Electrónico	<input type="radio"/> Alta	<input type="radio"/> Media	<input type="radio"/> Baja
DESCRIPCION GENERAL DEL TRABAJO	COSTOS DE MANTENIMIENTO						
	MANO DE OBRA		REPUESTOS				
	Minutos	Costo S/.	Descripción	Unidad	Costo S/.	Costo Total	
Cambio de contactores en el circuito de mando	120	150	30 Amp.	4	S/ 520	S/ 2,080	
Ajuste de permeria eléctrica	120	150				S/ -	
Revisión de circuito de mando y fuerza	40	100				S/ -	
Megado de bobinado de motores eléctricos	50	120	Rodajes	2	S/ 200	S/ 400	
Pruebas eléctricas de motor - Medición de parámetros	50	50				S/ -	
Revisión de resistencias eléctricas	240	200	400 w	6	S/ 1,200	S/ 7,200	
Limpieza, revisión de bomba de vacío	240	200				S/ -	
Limpieza general, engrase y lubricación	120	150				S/ -	
Engrase de rodamientos	30	50				S/ -	
						S/ -	
						S/ -	
						S/ -	
						S/ -	
						S/ -	
						S/ -	
TOTALES	1010	1170				S/ 9,680.0	
Observaciones:							
Ejecutado por:		Mantenimiento			Responsable		José Villareal

Nota: La figura presenta el formato de Orden de Trabajo (OT) de Mantenimiento utilizado para registrar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo en la maquinaria y equipos.

Posteriormente se hizo la implementación de un formato histórico de mantenimiento el cual considera un periodo mensual tomando como variables como costos, tiempo de la avería, cantidad de averías, etc., los cuales serán importantes para su posterior análisis y establecimiento de indicadores de mantenimiento en el área de termoformado.

Figura N° 13

Formato histórico de mantenimiento

MATRITECH <small>LO PIENSAS. LO HACEMOS</small>		FORMATO HISTORICO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS												
AREAS TECNICAS														
Maquina: Termoformadora			A) Eléctrico			D) Hidráulico			1.Mantto. Prev.					
Modelo ILLIG RV-70			B) Electrónico			B) Electrónico			2.Mantto. Correctivo					
Área: Producción			C) Mecánico			C) Mecánico			3.Otros					
FECHA	UBICACIÓN DE LA FALLA						TIPO MANTTO.			DESCRIPCION DEL TRABAJO	TIEMPO DE AVERIA (MIN)	S./M.O	S./REPUESTOS	COSTO TOTAL
	A	B	C	D	E	F	1	2	3					
					X			X		Manguera estrangulada	60	S/ 50	S/ 65	S/ 115
	X							X		Falso contacto en el mando	60	S/ 50	S/ -	S/ 50
					X			X		Conector neumático en mal estado	60	S/ 40	S/ 40	S/ 80
	X							X		Reemplazo de Relay	45	S/ 50	S/ 75	S/ 125
					X			X		Válvula Check	90	S/ 50	S/ 45	S/ 95
	X							X		Reemplazo de resistencias	180	S/ 60	S/ 250	S/ 310
	X							X		Fuente de energía AC-DC	120	S/ 50	S/ 200	S/ 250
	X							X		Ventilador inoperativo	60	S/ 150	S/ 50	S/ 200
TOTAL											675	500	725	S/ 1,225

Nota: La figura presenta el formato histórico de mantenimiento de equipos, utilizado para registrar información mensual sobre las averías, tipos de mantenimiento, tiempo de avería y costos asociados.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Posterior a la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing en el área de termoformado, se pasará a realizar un análisis de las variables en estudio que tendrán como objetivo mostrar el impacto de su aplicación y sus resultados en el área de termoformado.

4.1. Evaluación de variables después de la aplicación

4.1.1 Productividad

Para la medición de la productividad del área de termoformado se tomó en consideración el reporte de producción de los meses de agosto a octubre, tomando como base las unidades producidas por semana que brindaran como resultado la eficiencia y eficacia.

Tabla 23

Productividad del área de termoformado antes de la aplicación de Lean Manufacturing

Semana	Horas	Unidades	Eficiencia	Eficacia	Productividad
27	133	338,380	92%	79%	73%
27	114.58	446,750	80%	79%	63%
28	54.5	264,850	50%	26%	13%
29	93.25	1,239,400	65%	61%	39%
30	125.25	340,950	87%	84%	73%
31	75.33	298,950	62%	76%	47%
32	41.33	77,550	86%	94%	81%
33	123.5	1,325,300	79%	75%	59%
34	132	386,700	79%	77%	60%
35	110.83	294,100	77%	69%	53%
36	125	426,400	87%	84%	73%
37	131.5	582,500	91%	90%	82%
38	106.5	1,960,200	74%	60%	44%
39	100.5	247,600	70%	67%	47%
40	91.75	392,400	76%	73%	56%
41	109.5	1,256,300	76%	72%	55%
42	130	1,676,800	90%	100%	90%
43	118.92	421,800	83%	81%	67%
44	140	358,000	97%	97%	94%
45	103.67	965,750	72%	74%	53%
46	127.5	1,430,160	89%	91%	80%
47	89.92	166,920	68%	68%	47%
48	130.5	674,800	91%	72%	65%
49	116.53	1,668,250	82%	89%	73%
50	114.17	535,750	79%	82%	65%
51	105.5	1,219,760	88%	82%	72%
TOTAL			80%	79.5%	63%

Nota: La tabla presenta la productividad del área de termoformado durante el semestre anterior a la implementación de Lean Manufacturing, mostrando las horas, unidades producidas, eficiencia, eficacia y productividad semanal.

Se procede a mostrar la productividad del área de termoformado del último semestre del año 2024, siendo este del 63%. Asimismo, se procede a identificar la productividad posterior a la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing de los tres meses de prueba siendo este reflejado en la Tabla N° 23

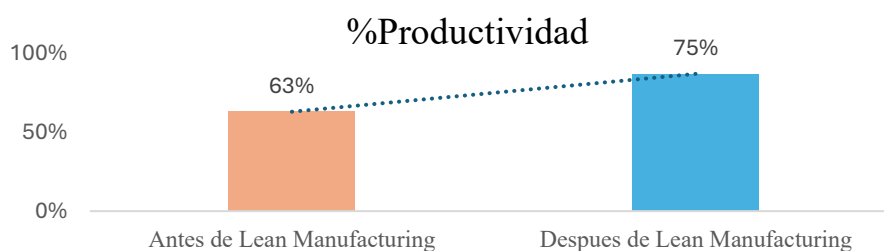
Tabla 24
Productividad del área de termoformado después de la aplicación de Lean Manufacturing

Mes	Semanas	Horas	Unidades	Eficiencia	Eficacia	Productividad Global
Ago-24	32	125	321,258	87%	75%	65%
Ago-24	33	139	465,214	97%	82%	79%
Ago-24	34	136	438,369	94%	67%	64%
Ago-24	35	140	1,998,532	97%	98%	87%
Ago-24	36	39	55,000	81%	94%	76%
Set-24	37	41	61,820	85%	87%	74%
Set-24	38	47	65,231	98%	79%	77%
Set-24	39	132	924,731	92%	55%	43%
Set-24	40	139	423,686	97%	63%	61%
Oct-24	41	138	275,390	96%	94%	90%
Oct-24	42	132	371,500	92%	83%	76%
Oct-24	43	143	538,763	99%	80%	79%
Oct-24	44	139	398,423	97%	93%	90%
Oct-24	45	142	319,025	99%	94%	92%
TOTALES				92%	82%	75%

Nota: La tabla presenta la productividad del área de termoformado durante los meses posteriores a la implementación de Lean Manufacturing (agosto a octubre de 2024), mostrando las horas, unidades producidas, eficiencia, eficacia y productividad semanal

Las herramientas de Lean Manufacturing aplicada al proceso de termoformado desde el punto de vista de la productividad impacto positivamente en un incremento de esta, en un 12% al pasar de 63% a 75%, siendo asimismo que la eficiencia y eficacia experimentaron un incremento en el análisis estadístico

Figura N° 14
Comparativa de la Productividad del área de termoformado.



Nota: La figura presenta una comparación del porcentaje de productividad del área de termoformado antes y después de la implementación de Lean Manufacturing

4.2.Eficacia

La eficacia de proceso de termoformado se efectuó tomando en consideración las unidades estándar o unidades programadas; la máquina termoformadora ILLIG-RV70 tiene en promedio estándar 850 GPH (Golpes por Hora) y estas unidades varían en conformidad con el tipo de producto a ingresar debido al molde y sus cavidades, por ello al tomar las unidades producidas en el total de horas útiles y se contrasta con las unidades programadas para las mismas horas en mención obtenemos el valor proyectado de fabricación.

Ecuación 1

Cálculo de la eficacia porcentual del área de termoformado

$$\% \text{ Eficacia} = \frac{\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas de utiles de fabricacion}}}{\frac{\text{Unidades esperadas (estandar)}}{\text{Horas utiles de fabricacion}}} * 100$$

Tabla 25

Eficacia del área de termoformado antes de la aplicación de Lean Manufacturing.

SEMANA	HORAS	UNIDADES	CAPACIDAD ESTANDAR	EFICACIA
27	133	338,380	427,536	79%
27	114.58	446,750	567,601	79%
28	54.5	264,850	1,003,779	26%
29	93.25	1,239,400	2,039,532	61%
30	125.25	340,950	404,434	84%
31	75.33	298,950	393,065	76%
32	41.33	77,550	82,494	94%
33	123.5	1,325,300	1,773,034	75%
34	132	386,700	502,769	77%
35	110.83	294,100	426,504	69%
36	125	426,400	509,400	84%
38	106.5	1,960,200	3,276,637	60%
39	100.5	247,600	367,639	67%
40	91.75	392,400	540,547	73%
41	109.5	1,256,300	1,738,048	72%
42	130	1,676,800	1,681,558	100%
43	118.92	421,800	518,400	81%
44	140	358,000	369,000	97%
45	103.67	965,750	1,303,633	74%
47	89.92	166,920	243,943	68%
48	130.5	674,800	943,319	72%
50	114.17	535,750	653,309	82%
TOTAL				79.5%

Nota: La tabla presenta la eficacia del área de termoformado durante el periodo anterior a la aplicación de Lean Manufacturing, mostrando las horas, unidades producidas, capacidad estándar y el porcentaje de eficacia semanal.

La eficacia actual del proceso de termoformado se encuentra en 77%, posterior a ello la eficacia del área post-mejora se hace en referencia en la Tabla N° 25.

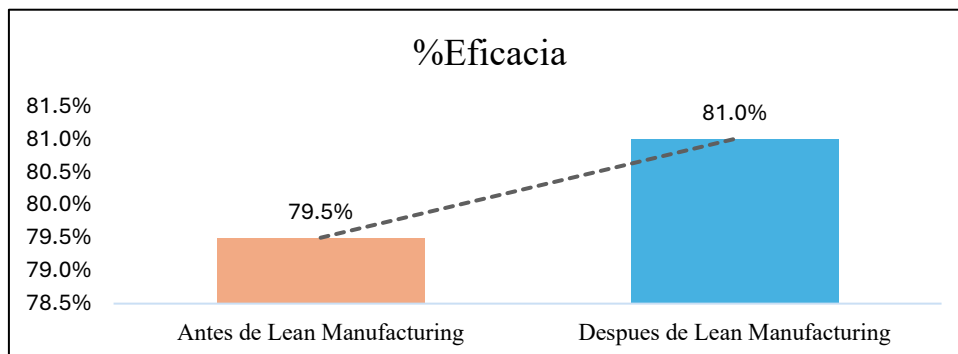
Tabla 26
Eficacia del área de termoformado post mejora.

MES	SEMANA	HORAS	UNIDADES	CAPACIDAD ESTANDAR	Eficacia
Ago-24	32	125	321,258	427,536	75%
Ago-24	33	139	465,214	567,350	82%
Ago-24	34	136	438,369	649,950	67%
Ago-24	35	140	1,998,532	2,039,532	98%
Ago-24	36	39	55,000	58,520	94%
Set-24	37	41	61,820	71,025	87%
Set-24	38	47	65,231	82,494	79%
Set-24	39	132	924,731	1,676,800	55%
Set-24	40	139	423,686	674,800	63%
Oct-24	41	138	275,390	294,100	94%
Oct-24	42	132	371,500	446,750	83%
Oct-24	43	143	538,763	674,800	80%
Oct-24	44	139	398,423	426,400	93%
Oct-24	45	142	319,025	340,950	94%
TOTALES					81%

Nota: La tabla presenta la eficacia del área de termoformado durante los meses posteriores a la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing, mostrando las horas, unidades producidas, capacidad estándar y el porcentaje de eficacia semanal.

Como se puede apreciar en la Tabla 25 el impacto de la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing contribuyeron positivamente en la variable eficacia el cual obtuvo un incremento de 1.5% al pasar de 79.5% a un 81.0%, los factores que permitieron dicho incremento se deben a la estandarización del proceso de termoformado asimismo a la aplicación del SMED el cual trajo consigo un proceso más eficiente con un tiempo de setup menor

Figura N° 15
Comparativa de la eficacia en el área de termoformado.



Nota: La figura presenta una comparación del porcentaje de eficacia del área de termoformado antes y después de la implementación de Lean Manufacturing

4.3. Eficiencia

La eficiencia del proceso de termoformado se efectúa mediante el cálculo del costo unitario del producto y el contraste de este frente al costo unitario del target del departamento la cual es 1.65 \$, siendo así que el valor calculado será positivo si es que se encuentre próximo al costo unitario referencial.

Ecuación 2

Cálculo de la eficiencia

$$\%E = 100 \% * \left(1 - \frac{\text{Costo unitario de fabricacion}}{\text{Costo unitario meta} \left(0.75 \frac{\$}{\text{unidad}} \right)} \right)$$

Tabla 27

Eficiencia del área de termoformado antes de la aplicación de Lean Manufacturing

SEM.	MAT.PRIMA	INSUMOS	DEPRECIACION	ENERGIA	GASTOS	TOTAL	C.U	EFICIENCIA
26	366.77	528.15	8,802.58	2,229.99	293.42	12,220.91	0.83	89%
27	370.72	456.28	8,555.17	2,281.38	285.17	11,948.72	0.84	88%
28	181.08	303.96	3,880.36	1,177.04	129.35	5,671.79	0.88	83%
29	235.92	512.87	6,154.44	1,230.89	266.69	8,400.81	0.82	91%
30	393.29	702.31	8,427.66	2,556.39	351.15	12,430.80	0.89	82%
31	194.34	427.55	5,830.25	1,098.03	262.36	7,812.53	0.80	93%
32	126.57	253.14	3,301.80	990.54	110.06	4,782.11	0.87	84%
33	381.29	480.14	8,473.04	1,793.46	381.29	11,509.22	0.82	91%
34	374.28	629.48	10,207.73	3,351.54	374.28	14,937.31	0.88	83%
35	406.47	434.50	8,409.71	2,410.78	378.44	12,039.90	0.86	85%
36	425.71	488.78	9,460.20	2,964.20	331.11	13,669.99	0.87	84%
37	459.26	787.31	9,841.33	2,739.17	426.46	14,253.53	0.87	84%
38	257.16	391.34	6,708.60	1,408.81	301.89	9,067.79	0.81	92%
39	271.10	515.08	8,132.87	2,060.33	271.10	11,250.47	0.83	89%
40	309.18	531.79	7,420.27	2,213.71	272.08	10,747.03	0.87	84%
41	376.65	623.43	7,792.85	1,662.47	350.68	10,806.08	0.83	89%
42	300.30	540.54	9,008.99	2,402.40	315.31	12,567.54	0.84	88%
43	430.68	897.25	10,767.00	2,279.02	430.68	14,804.63	0.83	90%
44	442.18	672.88	11,535.00	2,826.08	461.40	15,937.53	0.83	89%
45	364.86	390.92	7,818.34	2,332.47	351.83	11,258.40	0.86	85%
46	298.20	433.74	8,132.62	2,588.88	257.53	11,710.97	0.86	85%
47	291.51	499.73	6,246.60	1,978.09	260.28	9,276.20	0.89	81%
48	458.74	846.90	10,586.21	3,175.86	423.45	15,491.15	0.88	83%
49	377.95	466.13	7,558.94	1,385.81	302.36	10,091.19	0.80	93%
50	329.11	579.86	9,403.20	2,131.39	360.46	12,804.02	0.82	91%
51	281.99	481.72	7,049.63	2,197.13	305.48	10,315.96	0.88	83%
TOTAL	334.82	533.68	8,057.90	2,133.30	317.47	11,377.18	0.85	87%

Nota: La tabla presenta la eficiencia del área de termoformado durante el periodo anterior a la aplicación de Lean Manufacturing, mostrando los costos de materia prima, insumos, depreciación, energía, gastos totales, costo unitario y porcentaje de eficiencia semanal

La eficiencia del proceso previo a la implementación de las herramientas Lean Manufacturing es del 87% ello quiere decir que existe un 13% de oportunidad de mejora del proceso en cuanto a los diferentes costos que se hacen referencia en la Tabla 26.

La eficiencia del proceso de termoformado en la maquina ILLIG-RV70 posterior a la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing se encuentran en la Tabla 27.

Tabla 28
Eficiencia del área de termoformado post mejora

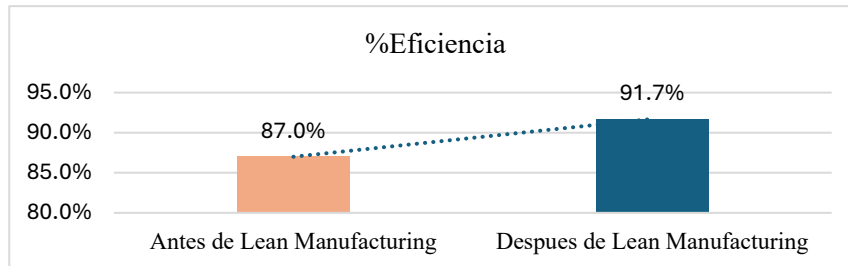
MES	SEM	UNDS	MAT.PRIMA	INSUMOS	DEPRECIACION	ENERGIA	GASTOS	TOTAL	C.U	eficiencia
Ago-24	32	321,258	213	564	7,517	1,554	301	10,149	0.81	92%
Ago-24	33	465,214	103	236	3,629	762	151	4,881	0.81	92%
Ago-24	34	438,369	200	583	9,995	2,399	416	13,593	0.82	91%
Ago-24	35	1,998,532	420	1,399	16,788	3,945	532	23,083	0.83	90%
Ago-24	36	55,000	32	82	1,485	309	57	1,965	0.79	94%
Set-24	37	61,820	12	33	408	71	15	540	0.79	94%
Set-24	38	65,231	21	54	978	243	33	1,329	0.82	91%
Set-24	39	924,731	300	782	9,987	1,665	383	13,116	0.79	95%
Set-24	40	423,686	160	445	5,338	1,379	187	7,509	0.84	87%
Oct-24	41	275,390	233	479	7,766	2,420	349	11,248	0.87	84%
Oct-24	42	371,500	130	361	6,018	1,043	241	7,794	0.78	96%
Oct-24	43	538,763	265	751	13,254	3,159	420	17,848	0.81	92%
Oct-24	44	398,423	89	251	3,347	926	112	4,724	0.85	87%
Oct-24	45	319,025	187	445	8,614	1,536	345	11,126	0.78	97%
TOTALES			168.94	461.77	6,794.56	1,529.37	252.87	9,207.51	0.81	91.72%

Nota: La tabla presenta la eficiencia del área de termoformado durante los meses posteriores a la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing, mostrando las semanas, unidades, costos de materia prima, insumos, depreciación, energía, gastos totales, costo unitario y porcentaje de eficiencia semanal.

Finalmente, como se puede apreciar la eficiencia del área posterior a la implementación, impactaron positivamente a la eficiencia del área reduciendo el costo unitario del producto en comparación con el costo unitario pre-test, (1.85\$/unid.) brindando este un incremento del 4.72%.

Figura N° 16

Comparativa de la eficiencia en el área de termoformado.



Nota: La figura presenta una comparación del porcentaje de eficiencia en el área de termoformado antes y después de la implementación de Lean Manufacturing.

4.4. Análisis económico – financiero

Para el análisis económico financiero se realizó el análisis de Costo – Beneficio tomando en consideración los costos incurridos en la implementación de las herramientas Lean Manufacturing y evaluar la factibilidad de esta en un periodo de 10 años.

Tabla 29

Inversión Inicial - Herramientas Lean Manufacturing

Concepto	Costo mensual (S)	Costo anual (S)
Capacitaciones al personal	S/ 500.00	S/ 6,000.00
Material de apoyo	S/ 325.00	S/ 3,900.00
Material de oficina	S/ 175.00	S/ 2,100.00
Adecuación de Anaquel de Moldes y Troqueles	S/ 720.00	S/ 8,640.00
Otros ajustes, arranque de maquina	S/ 1,850.00	S/ 22,200.00
Otros costos	S/ 650.00	S/ 7,800.00
Total	S/ 4,220.00	S/ 50,640.00

Nota: La tabla presenta la inversión inicial estimada para la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing, detallando los costos mensuales y anuales de diferentes conceptos.

4.5. Egresos de la implementación de Lean Manufacturing.

En la siguiente tabla N°28 se hace referencia a los egresos que deberán efectuar de forma mensual considerando su proyección anual para la ejecución de Lean Manufacturing en el área de termoformado.

Tabla 30
Egresos de la implementación de Lean Manufacturing en el área de termoformado.

Concepto	Costo mensual (S)	Costo anual (S)
Analista de indicadores y control de proceso Lean Manufacturing	S/ 2,500.00	S/ 30,000.00
Gesto de RRHH	S/ 500.00	S/ 6,000.00
Mantenimiento de moldes	S/ 2,000.00	S/ 24,000.00
herramientas y suministros	S/ 750.00	S/ 9,000.00
Total	S/ 5,750.00	S/ 69,000.00

Nota: La tabla presenta los egresos mensuales y anuales estimados para el mantenimiento de la implementación de Lean Manufacturing en el área de termoformado, incluyendo el costo de personal y otros gastos

4.6. Ingresos de la implementación de las herramientas Lean Manufacturing

Tabla 31
Ingresos de la implementación de Lean Manufacturing

	Horas	S/H MQ.	Tasa de cambio	Costo total (S)
Tiempo de Setup antes de Lean Manufacturing - ANUAL	473.67	40	3.86	S/ 73,134.13
Tiempo de Setup después de Lean Manufacturing - ANUAL	322.00	40	3.86	S/ 49,716.80
			Ahorro (S/Anual)	S/ 122,850.93

Nota: La tabla presenta un análisis económico de los ingresos generados por la implementación de Lean Manufacturing a lo largo de 10 años, considerando la reducción en el tiempo de setup y los ahorros generados.

Tabla 32
Flujo de caja

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Total
INVERSION INICIAL	S/ 50,640.00	S/-	S/-	S/-	S/-	S/ -	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-	S/ 50,640.00
AHORRO (S)	S/ -	S/ 122,850.93	S/ 125,062.25	S/ 127,313.37	S/ 129,605.01	S/ 131,937.90	S/ 134,312.78	S/ 136,730.41	S/ 139,191.56	S/ 141,697.01	S/ 144,247.56	S/ 1,332,948.79
EGRESOS (S)	S/-	S/ 69,000.00	S/ 70,242.00	S/ 71,506.36	S/ 72,793.47	S/ 74,103.75	S/ 75,437.62	S/ 76,795.50	S/ 78,177.82	S/ 79,585.02	S/ 81,017.55	S/ 748,659.08
FLUJO DE CAJA	-S/ 50,640.00	S/ 53,850.93	S/ 54,820.25	S/ 55,807.01	S/ 56,811.54	S/ 57,834.15	S/ 58,875.16	S/ 59,934.92	S/ 61,013.74	S/ 62,111.99	S/ 63,230.01	S/ 533,649.71

VAN BENEFICIOS	S/ 682,300.58
VAN EGRESOS	S/ 383,218.41
VAN EGRESOS+IO	S/ 433,858.41
TIR	108.06%
BENEFICIO/COSTO	S/ 1.57
VAN FLUJO DE CAJA (S)	S/ 217,931.72

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El presente estudio se enfocó en mejorar la productividad del proceso de termoformado en Matritech SAC a través de la aplicación de herramientas Lean Manufacturing, incluyendo SMED, TPM y estandarización de procesos, asimismo la implementación del proyecto requirió el uso de competencias en gestión operativa, mejora continua y dirección de equipos, lo que condujo a mejoras notables en la eficiencia y efectividad de la producción

Mi experiencia en Matritech SAC permitió demostrar un manejo de competencias en ingeniería industrial, particularmente en la implementación de Lean Manufacturing, ya que se logró reducir el tiempo de setup de las máquinas termoformadoras en un 32% (de 203 a 138 minutos) aplicando técnicas como SMED, evidenciándose la capacidad para llevar los conceptos teóricos adquiridos en mejoras prácticas y tangibles, dicha adopción de Lean Manufacturing no solo mejoró los tiempos de cambio, sino que también incrementó el índice de disponibilidad de las termoformadoras del 85% al 94%, resaltando la importancia de utilizar enfoques sistemáticos para abordar desafíos operacionales y potenciar el rendimiento industrial.

En conclusión, este proyecto no solo permitió mejorar los indicadores operativos de Matritech SAC, sino que también generó un impacto financiero positivo, evidenciado por un VAN de S/. 217,931.72, un TIR del 108.06% y un índice Beneficio/Costo de 1.57; estas mejoras reflejan la aplicación efectiva de las competencias profesionales adquiridas durante la carrera de Ingeniería Industrial, así como la capacidad para liderar proyectos de mejora continua en entornos industriales.

Se recomienda diseñar y ejecutar un programa de mejora enfocado específicamente en la productividad de materia prima, incluyendo el desarrollo y la estandarización de protocolos para el manejo, almacenamiento y procesamiento de las láminas de plástico, considerando la variabilidad en la calidad de las materias primas identificada como una limitación.

Se recomienda planificar la expansión estratégica de las herramientas y principios de Lean Manufacturing a otras áreas críticas identificadas como extrusión y molienda y otros procesos productivos dentro de Matritech SAC, buscando replicar los resultados positivos a nivel organizacional.

REFERENCIAS

- Abanto, Y., & Álvarez, M. (2022). Herramientas de Lean Manufacturing para la reducción de desperdicios en la Panadería Gemmas S.A.C. *Universidad Privada Antenor Orrego ; Repositorio institucional - UPAO*.
- Apaza, N. M. C. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmeccánica. *Industrial Data*, 24(1), 49-76.
<https://doi.org/10.15381/IDATA.V24I1.18402>
- Arias, J. (2022). *Metodología de la Investigación*.
https://www.researchgate.net/publication/361375510_Metodologia_de_la_Investigacion_on_El_metodo_ARIAS_para_hacer_el_proyecto_de_tesis
- Bataineh, O., Al-Hawari, T., Alshraideh, H., & Dalalah, D. (2019). *A sequential TPM-based scheme for improving production effectiveness presented with a case study (world)*.
<https://doi.org/10.1108/JQME-07-2017-0045>
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación*. Pearson Educacion.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin.
- Caner, E., & Boran, S. (2018). *SMED methodology based on fuzzy Taguchi method*. 867-878.
<https://doi.org/DOI:10.1108/JEIM-01-2017-0019>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed. (Cuarta edición)). Sage Publications.
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2019). *Control estadístico de calidad y seis sigma* (4th ed. (Cuarta edición)). McGraw-Hill.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*.
- INEI, I. N. de E. e I., & Bonett, D. (2021). *Situación del sector Plástico en el Perú*.
<https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/presentacion-iii-congreso-internacional-plasticos.pdf>
- Kumar, A., & Gupta, R. (2021). Thermoforming technology: Advances and applications in modern manufacturing. *Journal of Polymer Engineering*. *ResearchGate*, 245-260.
<https://doi.org/10.3844/ajassp.2019.244.272>

- Liker, J. K. (2004). *Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (1st Edition). McGraw-Hill Education.
<https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071392310>
- MarketsandMarkets. (2024). *Thermoforming Plastic Market by Plastic Type (PP, PS, PET, PE, PVC, Bio-plastics, ABS), Thermoforming Type (Vacuum Formed, Pressure Formed, Mechanical Formed), Parts Type (Thin Gauge, Thick Gauge), End-use Industry, and Region—Global Forecast to 2024*. MarketsandMarkets.
<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/thermoforming-plastic-market-97181143.html>
- Martínez, A., & Sánchez, C. (2021). *The role of flowcharts in process optimization: A systematic review*. *14*(3), 45-67.
https://doi.org/10.14488/ENEGEP2022_TN_WG_382_1886_43779
- Matritech. (2024). INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD. *Matritech*.
<https://matritech.com.pe/innovacion-y-sostenibilidad/>
- Medina, G., & Montalvo, G. (2017). *Mejora de la productividad mediante un sistema de gestión basado en lean six sigma en el proceso productivo de pallets en la empresa maderera nuevo peru s.a.c, 2017* [Universidad Señor de Sipan].
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5053/Medina%20Hoyos%20%26%20Montalvo%20Montalvo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mejía, R. (2018). *Metodología de la investigación* ((7th ed.)). McGraw-Hill.
- Michaeli, W., & Greif, H. (2019). Thermoforming: A practical guide to materials, processes, and applications. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.3139/9781569907092.fm>
- Moreno, P. (2005). *Metodología de la investigación*.
<https://148.202.167.116:8080/xmlui/handle/123456789/3830>
- Mourtzis, D., Papathanasiou, P., & Fotia, S. (2016). Lean Rules Identification and Classification for Manufacturing Industry. *Procedia CIRP*, *50*, 198-203.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.097>
- Pinto, G., Silva, F. J. G., Baptista, A., Fernandes, N. O., Casais, R., & Carvalho, C. (2020). TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1423-1430. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198>
- Quiroz Flores, J. C., & Vega Albitez. (2022). *Impacto de Lean Manufacturing en la eficiencia de procesos en la industria plástica peruana*. <https://doi.org/10.7166/33-2-2711>

- Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2020). Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1069-1076.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.218>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. CRC Press.
- Singh, J., Singh, H., & Singh, I. (2018). *SMED for quick changeover in manufacturing industry – a case study (world)*. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2017-0122>
- Sociedad Nacional de Industrias. (2022, enero 11). 45°—Situación Actual del Sector Plástico | *Sociedad Nacional de Industrias*. <https://sni.org.pe/45-situacion-actual-del-sector-plastico/>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2010). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon and Schuster.
- Xiang, Z. T. (2021). *Implementing total productive maintenance in a manufacturing small or medium-sized enterprise*. <https://doi.org/10.3926/jiem.3286>