ATMIRE

Title	Mejora de la eficiencia global de los equipos en el proceso de costura mediante TPM, SMED y estandarización de procesos en una empresa del sector textil
Item Type	http://purl.org/coar/resource_type/c_7a1f
Authors	Ccanto Quispe, Germy Climton;Leiva Ramos, Evelyn Karina
Publisher	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)
Rights	https://purl.org/coar/access_right/c_abf2
Download date	2026-11-27 04:57:59
Item License	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Link to Item	https://hdl.handle.net/10757/689987

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Mejora de la eficiencia global de los equipos en el proceso de costura mediante TPM, SMED y estandarización de procesos en una empresa del sector textil

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR(ES)

Ccanto Quispe, Germy Climton	0009-0008-1401-424X
Leiva Ramos, Evelyn Karina	0009-0000-0924-8705

ASESOR(ES)

Saenz Moron, Martin Joaquin	0000-0003-4274-0456

Lima, 21 de Junio de 2026

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestros padres y seres queridos, quienes con su esfuerzo, sacrificio y motivación nos impulsaron a superar cada desafío y alcanzar esta importante meta. Su apoyo, paciencia y confianza fueron la fuerza que nos permitió llegar hasta aquí.

Agradecimientos

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas por brindarnos una formación académica de calidad y las herramientas necesarias para nuestro desarrollo profesional.

De igual manera, extendemos nuestro agradecimiento a los docentes y al asesor de tesis por su permanente apoyo, asesoramiento y aportes profesionales, que contribuyeron significativamente a la ejecución de la presente investigación.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias por su apoyo incondicional, confianza y motivación constante, pilares fundamentales para alcanzar esta importante meta académica y profesional.

Resumen

En la industria textil, la eficiencia global de los equipos constituye un factor clave para garantizar la productividad, la calidad y el cumplimiento oportuno de los pedidos. Sin embargo, muchas empresas del sector presentan problemas relacionados con paradas no programadas, elevados tiempos de setup y defectos en las operaciones de costura, lo que genera pérdidas económicas y reduce su competitividad.

La presente investigación tuvo como finalidad incrementar el desempeño operativo de los equipos utilizados en el área de costura de una empresa textil mediante la aplicación integrada de TPM, SMED y la estandarización de procesos. El análisis inicial mostró un OEE promedio de 66.74%, resultado que se encontraba por debajo del valor de referencia de 81.93% reportado para organizaciones similares del sector. Además, se determinó que las penalidades asociadas a las ineficiencias del proceso generaban un impacto económico anual de S/ 201,843.32, equivalente al 6.28% de la facturación de la empresa.

Con el propósito de revertir esta situación, se desarrolló la implementación piloto mediante TPM, SMED y la normalización de los procedimientos de trabajo. La implementación de TPM permitió elevar el MTBF de 18.91 a 23.5 horas y reducir el MTTR de 2.80 a 2.04 horas, fortaleciendo el desempeño y la continuidad operativa de los equipos. Por su parte, la aplicación de SMED redujo el tiempo promedio de cambio de modelo de 46.50 a 28.50 minutos, lo que representó una mejora del 38.71%. Asimismo, la estandarización de procesos contribuyó a disminuir el porcentaje de prendas defectuosas de 13% a 8.90%. Como resultado global, el OEE se incrementó de 66.74% a 75%, evidenciando la efectividad técnica y económica de la propuesta para empresas del sector textil.

Palabras clave: Lean Manufacturing; OEE; TPM; SMED; estandarización de procesos; industria textil.

Improvement of Overall Equipment Effectiveness in the Sewing Process through TPM, SMED, and Process Standardization in a Textile Company

Abstract

In the textile industry, Overall Equipment Effectiveness (OEE) is a key factor in ensuring productivity, product quality, and on-time delivery. However, many companies in the sector face challenges related to unplanned downtime, excessive setup times, and sewing defects, which generate economic losses and reduce competitiveness.

The purpose of this research was to improve the operational performance of equipment used in the sewing process of a textile company through the integrated application of TPM, SMED, and process standardization. The initial assessment revealed an average OEE of 66.74%, which was below the benchmark value of 81.93% reported for similar organizations in the sector. In addition, annual penalty costs associated with process inefficiencies were estimated at S/ 201,843.32, representing 6.28% of the company's annual revenue.

To address this situation, a pilot implementation based on TPM, SMED, and the standardization of work procedures was carried out. The TPM implementation increased the MTBF from 18.91 to 23.5 hours and reduced the MTTR from 2.80 to 2.04 hours, thereby enhancing equipment reliability and operational continuity. Likewise, the application of SMED reduced the average setup time from 46.50 to 28.50 minutes, representing an improvement of 38.71%. Furthermore, process standardization contributed to reducing the percentage of defective garments from 13% to 8.90%. As an overall result, the OEE increased from 66.74% to 75%, demonstrating the technical and economic effectiveness of the proposed solution for companies in the textile sector.

Keywords: Lean Manufacturing; OEE; TPM; SMED; process standardization; textile industry.

Trabajo_u20191c368.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	10%	1%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	9%
2	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	<1%
3	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1%
4	Submitted to Universidad Anahuac México Sur Trabajo del estudiante	<1%

Excluir citas	Apagado	Exclude assignment template	Activo
Excluir bibliografía	Activo	Excluir coincidencias	< 20 words

Tabla de contenido

1. Capítulo I – ANTECEDENTES DEL PROYECTO 1

1.1 Antecedentes 1
1.2 Marco Teórico 3
1.2.1 Eficiencia Global de los Equipos (OEE) 3
1.2.2 Lean Manufacturing 3
1.2.3 SMED (Single-Minute Exchange of Die) 4
1.2.4 TPM (Mantenimiento Productivo Total) 4
1.2.5 Estandarización 5

2. Capítulo II – PROBLEMÁTICA DE LA ORGANIZACIÓN 6

2.1 Descripción de la Organización 6
2.2 Brecha técnica 7
2.3 Impacto Económico 8
2.4 Análisis de causas 8
2.5 Planteamiento de Objetivos 11
2.5.1 Objetivo general 11
2.5.2 Objetivos específicos 11

3. Capítulo III – PROPUESTA DE INGENIERÍA 13

3.1 Vinculación de causa con la solución 13
3.2 Diseño detallado de la solución 14
3.2.1 Desarrollo del Componente 1: TPM 14
3.2.2 Desarrollo del Componente 2: SMED 16
3.2.3 Desarrollo del Componente 3: Estandarización de procesos de costura 18
3.2.4 Diseño de indicadores 20
3.3 Consideraciones para la implementación 21
3.3.1 Presupuesto de la solución: Gestión de recursos 21
3.3.2 Cronograma de desarrollo: Gestión del tiempo 22

4. Capítulo IV – RESULTADOS DEL PROYECTO 23

4.1 Validación funcional 23
4.1.1 Prueba piloto: TPM (mantenimiento autónomo y planificado) 23

4.1.2 Prueba piloto: Single Minute Exchange of Die (SMED) 24
4.1.3 Prueba piloto: Estandarización de procesos 25
4.1.4 Resultados de indicadores de la validación piloto 27
4.2 Evaluación del impacto económico 28
4.2.1 Consideraciones para el desarrollo del flujo económico 28
4.2.2 Desarrollo del flujo económico 28
4.3 Evaluación de impactos no económicos 30
4.3.1 Impacto ambiental 30
4.3.2 Impacto en la seguridad y salud ocupacional 30
4.3.3 Impacto en la cultura organizacional 30
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 31
Referencias 32
Anexo(s) 35

Lista de Tablas

Tabla 1 *Principales motivos y causas* 9
Tabla 2 *Baja disponibilidad de los equipos de costura* 9
Tabla 3 *Tiempo extra en horas por cantidad de prendas defectuosas de costura* 10
Tabla 4 *Vinculación de causa raíz* 13
Tabla 5 *Tiempos internos y externos antes de la implementación* 17
Tabla 6 *Resumen de actividades internas y externas antes de la implementación* 18
Tabla 7 *Matriz de Valor Agregado* 19
Tabla 8 *Indicadores de Trabajo* 20
Tabla 9 *Presupuesto de Solución* 21
Tabla 10 *Comparación de los tiempos de preparación antes y después de la aplicación de SMED* 24
Tabla 11 *Clasificación inicial de actividades según valor agregado* 25
Tabla 12 *Comparación de defectos de costura antes y después de la estandarización* 26
Tabla 13 *Resultados de indicadores de la validación piloto* 27
Tabla 14 *Determinación del costo de oportunidad del capital (COK)* 28
Tabla 15 *Evaluación del flujo económico del proyecto* 29
Tabla 16 *Principales impactos identificados mediante la Matriz de Leopold* 30

Lista de Figuras

Figura 1 *Tamaño y crecimiento del mercado textil global (2024–2034)* 1
Figura 2 *Producción industrial de textil y confecciones: Índice de volumen físico, 2020–2025 (variación porcentual)* 2
Figura 3 *Ventas anuales de los productos* 6
Figura 4 *Mapa de procesos* 7
Figura 5 *Nivel de OEE (%)* 7
Figura 6 *Pérdidas económicas en miles de soles* 8
Figura 7 *Árbol de problemas* 11
Figura 8 *Árbol de Objetivos* 12
Figura 9 *Desarrollo de implementación TPM* 14
Figura 10 *Mecanismo anti-manchas.* 15
Figura 11 *Programa de mantenimiento mensual de Limpieza* 15
Figura 12 *Procedimiento de intervenciones mecánicas (Paso a Paso)* 16
Figura 13 *Desarrollo de implementación SMED* 17
Figura 14 *Desarrollo de implementación Estandarización de proceso* 18
Figura 15 *Cronograma de Implementación* 22
Figura 16 *Comparación del MTTR y MTBF por tipo de máquina en el escenario AS-IS y piloto* 23
Figura 17 *Mecanismo anti-manchas instalada en máquinas de costura* 24
Figura 18 *Evidencias de planificación utilizadas durante la implementación de SMED* . 25
Figura 19 *Evidencias de estandarización implementadas en el área de costura* 26

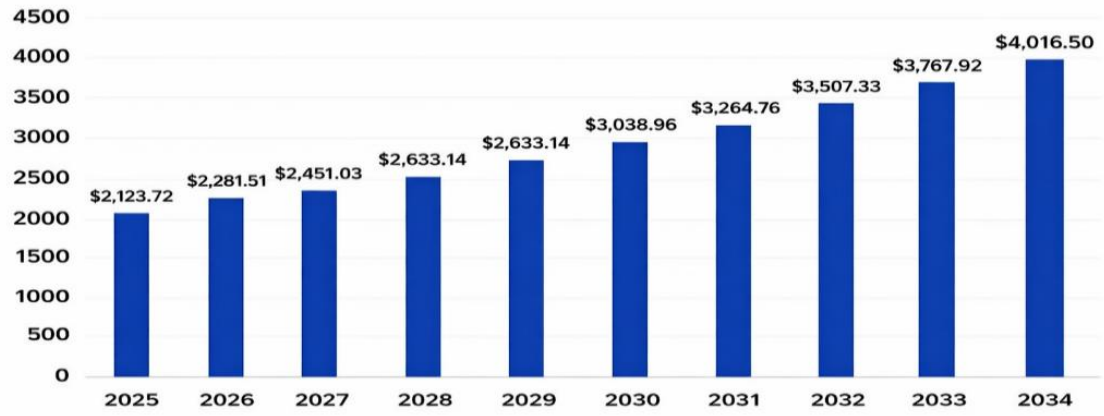
1. Capítulo I – ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes

Durante los últimos años, el mercado textil internacional ha mantenido una tendencia de crecimiento continuo, impulsado por exigencias en la eficiencia global de los equipos. Según Precedence Research (2025), el mercado textil fue valorizado en USD 1,976.84 mil millones en 2024 y se proyecta que alcance USD 4,016.50 mil millones para 2034, con una tasa de crecimiento anual compuesta de 7.35%. Asimismo, la región Asia-Pacífico concentra el 54% de la participación global, evidenciando un entorno altamente competitivo que obliga a la optimización de los procesos productivos, como se observa en la Figura 1.

Figura 1

Tamaño y crecimiento del mercado textil global (2024–2034)



Nota. Evolución y proyección del mercado textil global (2024–2034). De *Textile Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034*, por Precedence Research (2025).

A nivel latinoamericano, la industria textil y de confecciones destaca por su aporte al empleo y a la economía. En países como Colombia, el sector generó más de 738,000 empleos directos en 2024, representando el 1.2% del PBI nacional. No obstante, el sector enfrenta desafíos críticos como la contracción de exportaciones en un 7.3% y la alta dependencia de mercados externos, lo que evidencia la necesidad de mejorar la competitividad y la eficiencia operativa en la región (Inexmoda, 2025).

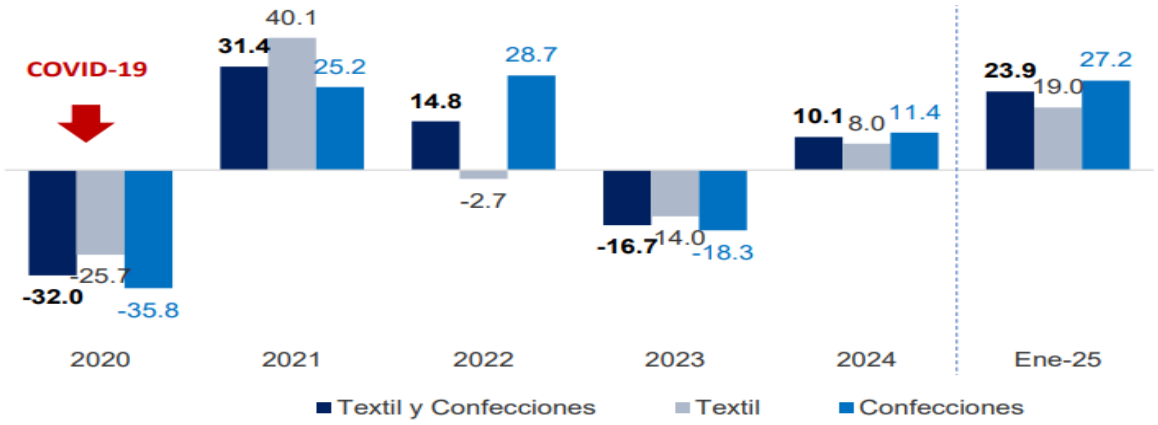
Estas dificultades impactan el ámbito operativo, especialmente en el proceso de costura, donde se presentan fallas mecánicas y microparadas que constituyen tiempos no productivos y afectan directamente los componentes del OEE, en particular la disponibilidad y el rendimiento (Textile Technicals, 2025). Estas condiciones incrementan la presión operativa,

generando interrupciones, tales como fallas de maquinaria y tiempos de inactividad que afectan la eficiencia productiva. En este contexto, el uso de herramientas de mejora continua permite reducir tiempos improductivos y optimizar los procesos (Begum et al., 2024).

En el Perú, la industria textil y de confecciones mantiene una participación significativa dentro de la actividad económica, representando el 7.3% del producto manufacturero y el 0.9% del producto bruto interno nacional, con una estructura dominada por microempresas (95.4%). Entre 2020 y 2024, la producción disminuyó en promedio 1.2% anual, con una caída en 2020 por la pandemia; posteriormente, se recuperó con crecimientos de 10.1% en 2024 y 23.9% en enero de 2025, como se muestra en la Figura 2. Sin embargo, estas variaciones evidencian inestabilidad y la necesidad de mejorar la eficiencia operativa en las MYPE. Además, la alta informalidad (77.5% del empleo) limita la estandarización de procesos y reduce la productividad (Ministerio de la Producción, 2025).

Figura 2

Producción industrial de textil y confecciones: Índice de volumen físico, 2020–2025 (variación porcentual)



Nota. De Desempeño e importancia de la industria de textil y confecciones 2020–2025, por Ministerio de la Producción (2025), con base en Estadística Industrial Mensual.

En Lima, alrededor del 66% de las empresas pertenecientes al sector textil corresponden a micro y pequeñas empresas, lo que refleja su importante participación en la dinámica productiva de esta actividad económica. Esta estructura de pequeña escala presenta limitaciones en la gestión operativa, el uso de tecnología y la estandarización de procesos, afectando la productividad y el cumplimiento de la producción y las entregas (Ministerio de la Producción, 2025). Estas deficiencias generan pérdidas operativas, retrasos en el cumplimiento de pedidos y una disminución de la competitividad, evidenciando la necesidad

de implementar herramientas de mejora continua que permitan incrementar el OEE y optimizar este proceso crítico, lo que sustenta la relevancia del presente proyecto.

1.2 Marco Teórico

1.2.1 Eficiencia Global de los Equipos (OEE)

La Efectividad Global del Equipo constituye una métrica empleada para evaluar el aprovechamiento real de los recursos productivos, ya que mide la eficiencia en términos de disponibilidad, rendimiento y calidad (Tang, 2024). Permite evaluar el nivel de aprovechamiento real de los equipos en relación con su capacidad productiva.

Un bajo nivel de OEE evidencia ineficiencias en el proceso productivo al reflejar pérdidas en sus tres componentes principales (Muchiri & Pintelon, 2008, citado en Restrepo et al., 2025). De acuerdo con Agustiady y Cudney (2023), el OEE se compone de tres dimensiones: disponibilidad, rendimiento y calidad, las cuales permiten analizar las principales pérdidas del proceso. El cálculo se define mediante la siguiente expresión:

$$OEE = Disponibilidad\ x\ Rendimiento\ x\ Calidad$$

La disponibilidad se refiere al período durante el cual el equipo permanece operativo en comparación con el tiempo planificado de producción. Por su parte, el rendimiento analiza la tasa real de producción respecto a la capacidad esperada, mientras que la calidad expresa la proporción de productos que cumplen con las especificaciones establecidas en relación con el total producido (Agustiady & Cudney, 2023). Por ello, las fallas de maquinaria y los errores de calibración afectan estos componentes al provocar paradas, disminuir la velocidad de trabajo y generar defectos, reduciendo el OEE.

1.2.2 Lean Manufacturing

La metodología Lean Manufacturing permite mejorar el desempeño de los procesos productivos al centrar los esfuerzos en aquellas actividades que aportan valor y minimizar aquellas que generan desperdicios, definidos como actividades que no agregan valor al producto. Esta filosofía promueve mejoras continúas orientadas a incrementar la eficiencia y competitividad organizacional (Rajadell, 2021). Ewnetu y Gzate (2023) evidencian que su implementación permite reducir actividades sin valor agregado del 43% al 5%, además de eliminar cuellos de botella y mejorar la productividad diaria.

Esta metodología integra diversas herramientas orientadas a mejorar la eficiencia operativa, destacando el compromiso de los operarios con la conservación y correcto funcionamiento

de los equipos y el uso de control visual para detectar anomalías (Socconini, 2021). Por lo tanto, el enfoque Lean proporciona el marco general para la eliminación de pérdidas en los procesos productivos, incluyendo aquellas que afectan directamente el OEE debido a fallas operativas y variaciones en la calibración del equipo

1.2.3 SMED (Single-Minute Exchange of Die)

El SMED es una metodología orientada a la reducción de los tiempos de cambio o preparación (setup), definidos como el intervalo entre la última unidad producida y la primera unidad conforme del siguiente producto (Rajadell Carreras, 2021). Su aplicación permite disminuir tiempos improductivos y aumentar la flexibilidad operativa.

Niekurzak et al. (2023) señalan que su implementación mejora la disponibilidad y el desempeño operativo al diferenciar actividades internas, que requieren detener la máquina, y externas, que se realizan con la máquina en funcionamiento, reduciendo los tiempos de inactividad.

Asimismo, Braglia et al. (2023) destacan que el SMED contribuye a mejoras en la productividad. Por ello, su aplicación permite reducir pérdidas de disponibilidad asociadas a tiempos de ajuste, especialmente ante errores de calibración en los equipos.

1.2.4 TPM (Mantenimiento Productivo Total)

El mantenimiento productivo total (TPM) es una metodología cuyo objetivo es maximizar la eficiencia organizacional mediante la optimización del ciclo de vida de la maquinaria. Involucra la capacitación del personal en equipos, procesos y gestión de pérdidas, promoviendo el incremento de la productividad (Agustiady & Cudney, 2024).

De acuerdo con Mouhib et al. (2024), su implementación permite mejorar la productividad, la calidad y la eficiencia al reducir fallas y tiempos de inactividad. Entre sus principales pilares destacan el mantenimiento autónomo y el mantenimiento planificado, los cuales incrementan la disponibilidad y previenen fallas.

En este contexto, el TPM se orienta a la eliminación de pérdidas que afectan el OEE, especialmente aquellas derivadas de fallas de maquinaria y condiciones inadecuadas de operación, como errores de calibración

Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen)

Sukma et al. (2022) destacan que el Mantenimiento Autónomo se basa en la participación activa de los operarios en actividades como la limpieza, inspección y estandarización de los equipos, con el objetivo de prevenir fallas y mejorar su condición operativa.

De manera similar, Kose et al. (2022) proponen un modelo de implementación en la industria textil que incluye estandarización y capacitación continua.

Estas prácticas permiten detectar desviaciones en los parámetros de operación, como la calibración, evitando fallas y reduciendo pérdidas de disponibilidad y calidad en el OEE.

Mantenimiento Planificado (Keikaku Hozen)

El Mantenimiento Planificado es un enfoque estratégico dentro del TPM que se basa en la programación sistemática de actividades preventivas y el uso de datos para anticipar fallas y reducir tiempos de inactividad.

Samadhiya et al. (2022) destacan la importancia del uso de información para optimizar la gestión del mantenimiento, mientras que Hoque et al. (2026) señalan que este enfoque contribuye a mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, reduciendo paradas no planificadas y fortaleciendo el desempeño operativo.

De este modo, el mantenimiento planificado permite asegurar condiciones adecuadas de funcionamiento y reducir la probabilidad de errores de calibración que afectan el OEE.

1.2.5 Estandarización

La estandarización de procesos permite ejecutar las operaciones bajo criterios y métodos de trabajo uniformes, con el objetivo de asegurar la consistencia, reducir las diferencias en la ejecución de las actividades y prevenir errores operativos (Liker, 2020).

Según Gomaa (2026), este enfoque permite ejecutar actividades de manera controlada mediante procedimientos uniformes, mejorando la organización del trabajo y el desempeño de los procesos. Asimismo, contribuye a mejorar la ejecución de las actividades, reduciendo errores y asegurando la calidad (Saeed et al., 2024).

En este contexto, la estandarización es clave para asegurar la correcta ejecución de actividades críticas como la calibración de equipos, promoviendo la uniformidad en los métodos de trabajo y evitando defectos que afectan la calidad y el rendimiento del OEE.

2. Capítulo II – PROBLEMÁTICA DE LA ORGANIZACIÓN

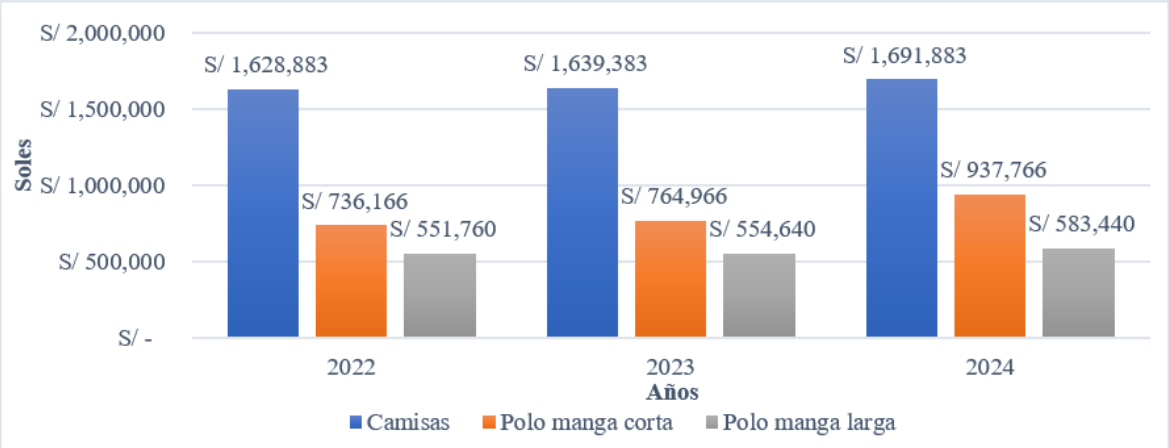
2.1 Descripción de la Organización

La investigación se realizó en una MYPE del sector confecciones ubicada en Ate, Lima, dedicada a la producción de camisas y polos. Su permanencia en el mercado durante más de cinco años le ha permitido consolidar procesos productivos orientados a la fabricación de prendas de vestir para diversos clientes. Su actividad principal se centra en la confección de polos para hombres y mujeres, incluyendo modelos de manga polo básico, polo camisero y camisas.

De acuerdo con la información analizada, se evaluó el comportamiento de ventas de los principales productos durante el periodo 2022–2024. Según la Figura 3, camisas concentra la mayor participación de ventas en todos los años, mostrando además un crecimiento sostenido, lo que lo posiciona como el producto más relevante para el desempeño comercial y operativo de la empresa.

Figura 3

Ventas anuales de los productos



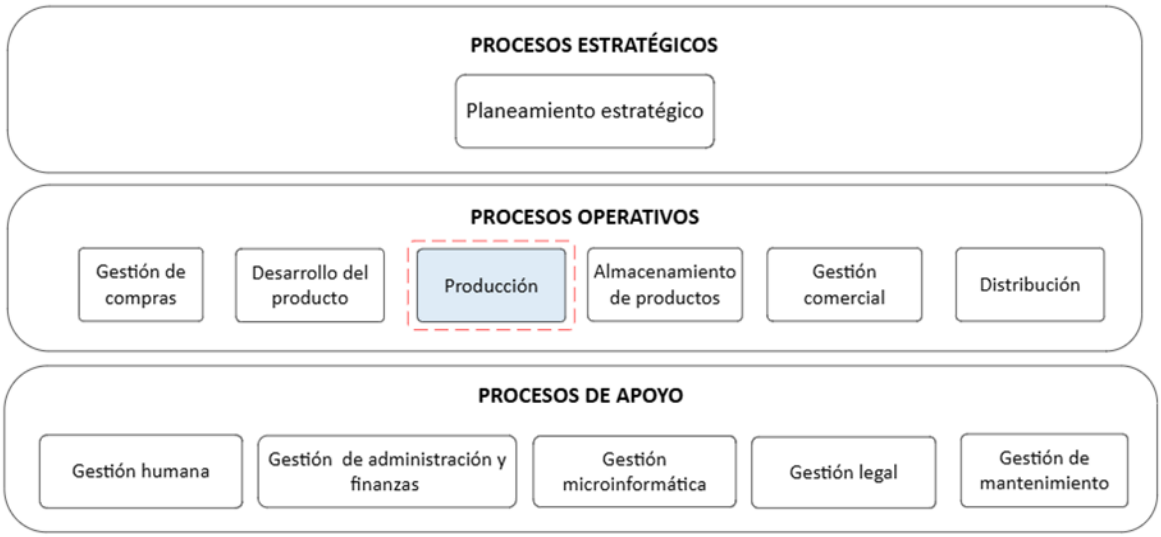
Nota. Elaborado a partir de Reporte de Ventas de la empresa en estudio.

Mapa de procesos

La gestión empresarial se organiza en procesos estratégicos, operativos y de soporte, cuya relación se muestra en la Figura 4. En el marco de la presente investigación, el análisis se enfoca en los procesos operativos y de apoyo, específicamente en producción, debido a su influencia directa en la eficiencia productiva, la disponibilidad de los equipos y el cumplimiento oportuno de las entregas.

Figura 4

Mapa de procesos



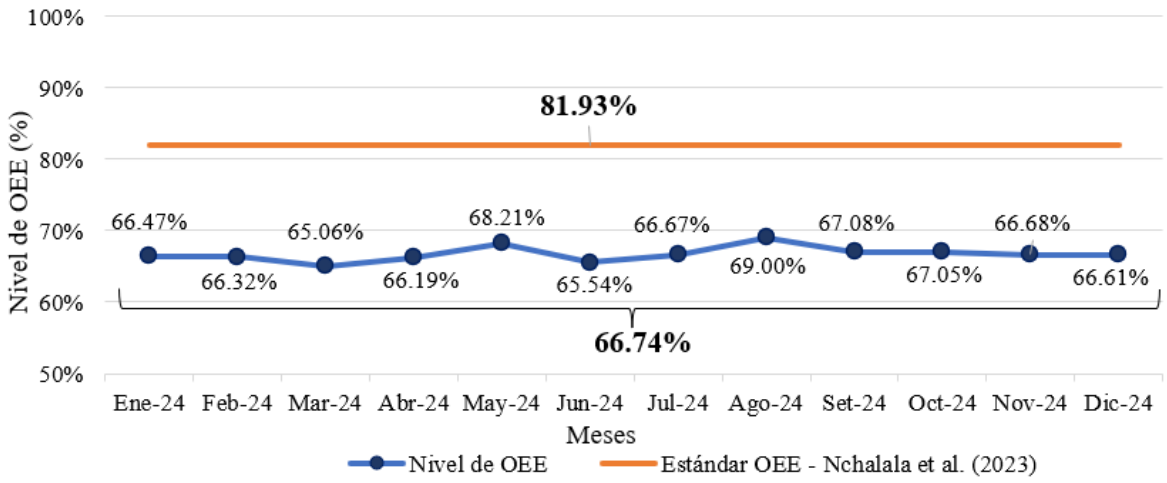
Nota. Elaborado a partir de la información proporcionada por la empresa en estudio.

2.2 Brecha técnica

La evaluación realizada mostró una eficiencia promedio de 66.74%, cifra inferior al referente de 81.93% establecido por Nchalala et al. (2023) para empresas PYME del sector. La diferencia identificada de 15.19% evidencia limitaciones en el rendimiento operativo, las cuales repercuten en la productividad y en los costos de fabricación, como se aprecia en la Figura 5.

Figura 5

Nivel de OEE (%)



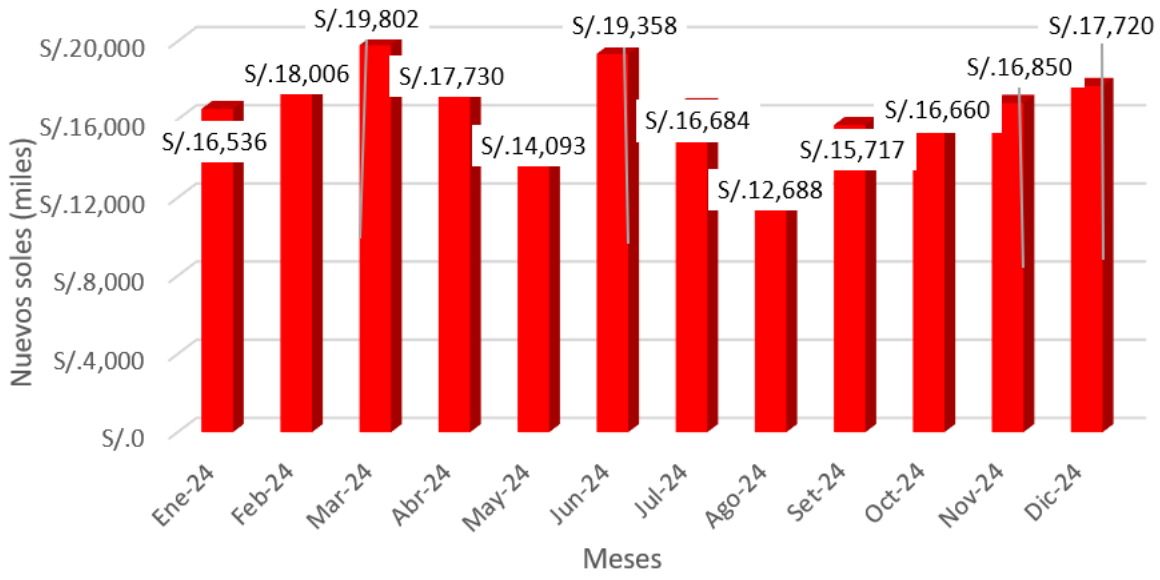
Nota. Elaborada a partir del Reporte de eficiencia de la empresa en estudio.

2.3 Impacto Económico

La evaluación del impacto económico se realizó considerando los costos de penalidades asociados a cada tipo de producto fabricado por la empresa. De acuerdo con la información correspondiente al año 2024, según se muestra en la Figura 6, el costo total por penalidades ascendió a S/ 201,843.32. Este monto representa el 6.28% de la facturación anual, evidenciando la necesidad de implementar acciones de mejora que permitan reducir las pérdidas económicas derivadas de incumplimientos y deficiencias en el proceso productivo.

Figura 6

Pérdidas económicas en miles de soles



Nota. Elaborado a partir de Reporte de pérdidas económicas por penalidad de la empresa en estudio.

2.4 Análisis de causas

Luego de identificar el problema principal de la empresa, se evaluaron los factores vinculados a las causas directas que lo generan. Como resultado del análisis, se establecieron dos motivos principales responsables de dicha situación, los cuales se presentan detalladamente en la Tabla 1.

Tabla 1

Principales motivos y causas

MOTIVOS	N°	CAUSAS	Frec. (h)	%fi	F. Acum.	% Acum.
Baja disponibilidad de los equipos de costura	**C1**	Paradas no programadas por fallas mecánicas en máquinas de costura	4,324.40	29.86%	4324.40	29.86%
	C2	Elevadas paradas por fugas de aceite en varilla prénsatela de máquinas rectas y recubridoras	3,262.27	22.53%	7586.67	52.39%
	C3	Elevados tiempos de setup en línea de costura	3,193.06	22.05%	10779.72	74.44%
Bajo nivel de calidad en las operaciones de costura	**C4**	Alta incidencia de defectos en prendas por errores en operaciones de costura	3,700.67	25.56%	14480.39	100 %
TOTAL			14,480.39	100%		

Nota. Elaborado a partir de Reporte de Intervenciones de máquinas de Costura de la empresa en estudio.

Motivo 1: Baja disponibilidad de los equipos de costura (74.44%)

Tabla 2

Baja disponibilidad de los equipos de costura

Causas	Paradas no programadas por fallas mecánicas en máquinas de costura.	Elevadas paradas por fugas de aceite en varilla prénsatela de máquinas rectas y recubridoras	Elevados tiempos de setup en línea de costura.
Meses	H/mes	H/mes	H/mes
Enero	351.59	270.24	276.63
Febrero	368.71	278.15	263.24
Marzo	366.70	259.91	259.29
Abril	354.49	270.55	264.22
Mayo	360.26	277.17	254.79
Junio	359.15	265.35	259.41
Julio	364.00	282.54	264.60
Agosto	367.30	281.49	265.99
Setiembre	350.62	260.59	259.68
Octubre	349.05	260.47	259.63
Noviembre	368.43	272.85	259.34
Diciembre	364.10	282.96	306.24
Total	4324.40	3262.27	3193.06

Nota. Elaborado a partir de Reporte de Paradas planificadas y no Planificadas de la empresa en estudio.

En la Tabla 2, se observan los datos correspondientes al principal motivo identificado: Baja disponibilidad de los equipos de costura, acumulando 10779.72 horas equivalentes al 74.44% del total analizado. Esta situación se genera por tres causas principales: Paradas no programadas por fallas mecánicas con 4324.40 horas (29.86%), ocasionadas por desgaste de componentes y fallas mecánicas que provocan paradas correctivas; Elevadas paradas por fugas de aceite en varilla prénsatela de máquinas rectas y recubridoras con 3262.27 horas (22.53%), debido a deficiente planificación preventiva y ausencia de procedimientos técnicos; y Elevados tiempos de setup con 3193.06 horas (22.05%), originados por cambios de estilo sin preparación previa, elevados tiempos de preparación del cambio de formato y demoras en el acondicionamiento de máquinas. Estas causas reducen la continuidad operativa y afectan la productividad general.

Motivo 2: Bajo nivel de calidad en las operaciones de costura (25.56%)

Tabla 3

Tiempo extra en horas por cantidad de prendas defectuosas de costura

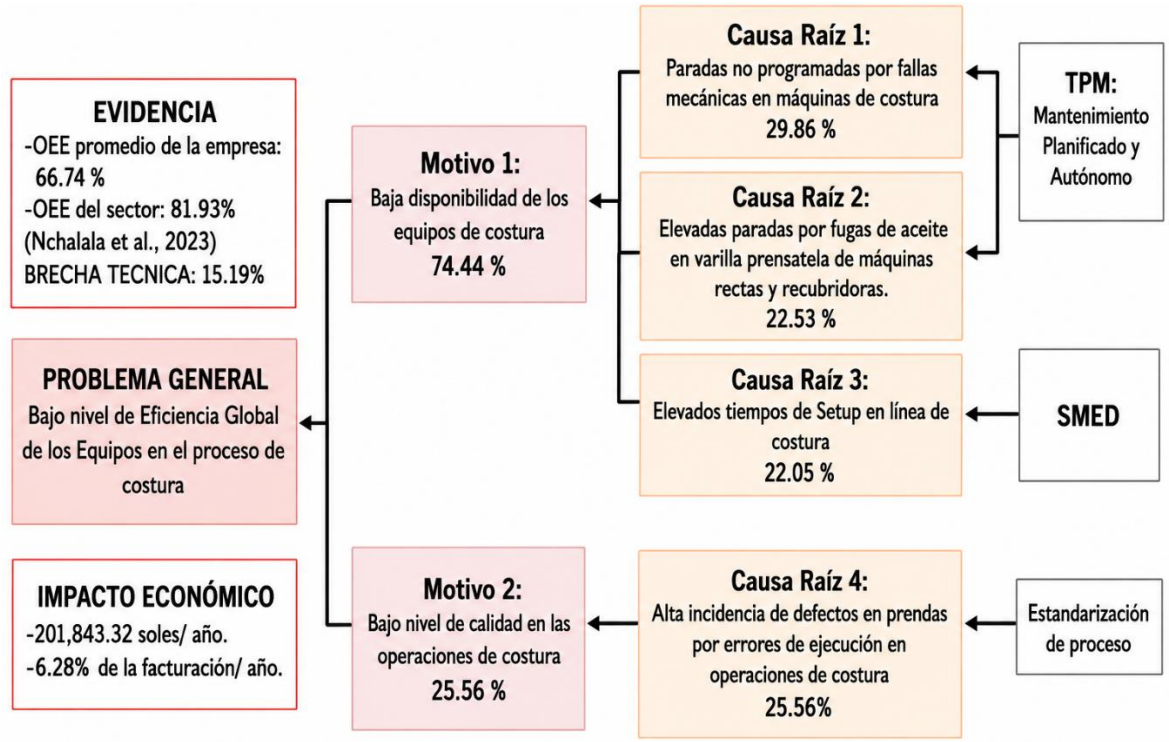
Meses	Cant. de prendas defectuosas	Tiempo extra en horas.
Enero	2637	302.24
Febrero	2617	305.76
Marzo	2575	305.06
Abril	2609	315.12
Mayo	2687	311.11
Junio	2584	302.56
Julio	2633	304.00
Agosto	2700	312.80
Setiembre	2652	314.91
Octubre	2639	311.35
Noviembre	2638	307.55
Diciembre	2617	308.22
Total	31588	3700.67

Nota. Elaborado a partir de Reporte de prendas defectuosas de la empresa en estudio.

En la Tabla 3, se observan los datos correspondientes al segundo motivo identificado: Bajo nivel de calidad en las operaciones de costura, registrando 3700.67 horas equivalentes al 25.56% del total. Esta situación se genera por alta incidencia de defectos en prendas por errores en operaciones de costura, causada por métodos no estandarizados, diferencias en la forma de trabajo y limitada capacitación operativa. Ello ocasiona errores en el ensamble de camisas, retrabajos y demoras productivas.

Figura 7

Árbol de problemas



En la Figura 7 muestra el árbol de problemas desarrollado para la investigación, donde se identifican los motivos principales, causas raíz, brecha técnica e impacto económico del bajo nivel de eficiencia global de equipos de costura.

2.5 Planteamiento de Objetivos

2.5.1 Objetivo general

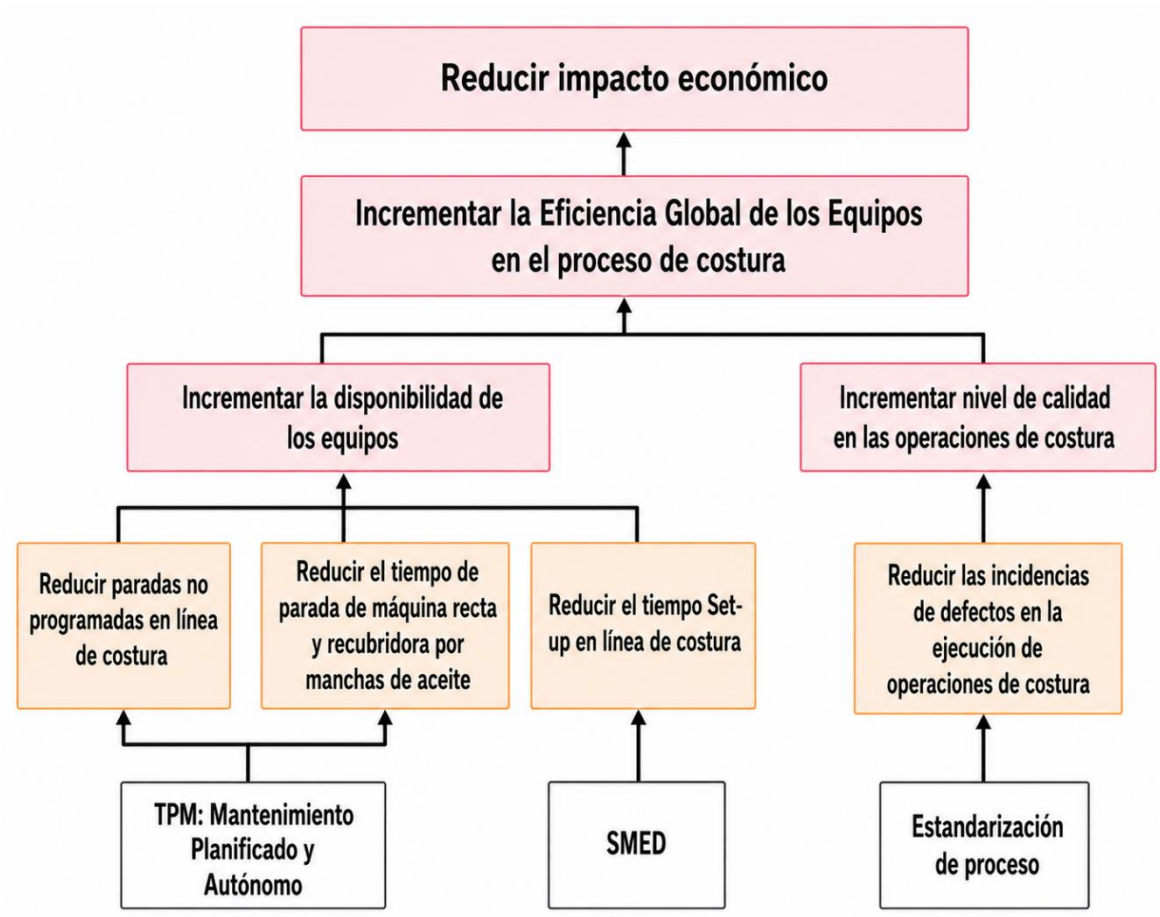
- Incrementar el rendimiento de los equipos del proceso de costura a través de la implementación de TPM, SMED y procedimientos de trabajo estandarizados.

2.5.2 Objetivos específicos

- Disminuir paradas no planificadas en línea de costura aplicando mantenimiento planificado.
- Disminuir paradas de máquinas por manchas de aceite aplicando mantenimiento autónomo y mecanismo anti-manchas.
- Disminuir los elevados tiempos de setup aplicando SMED.
- Disminuir el nivel de prendas defectuosas aplicando estandarización de procesos.

Figura 8

Árbol de Objetivos



3. Capítulo III – PROPUESTA DE INGENIERÍA

3.1 Vinculación de causa con la solución

El diagnóstico realizado permitió identificar que las principales causas del bajo desempeño operativo en el área de costura son las averías de maquinaria, los tiempos prolongados de setup y los defectos generados durante las operaciones de confección. Para afrontar esta situación, se implementó TPM, SMED y estandarización de procesos, orientada a mejorar la disponibilidad de las máquinas de costura, reducir los tiempos de preparación y minimizar los defectos de producción. La Tabla 4 presenta las herramientas propuestas según las causas raíz identificadas.

Tabla 4

Vinculación de causa raíz

Causa raíz	Objetivo	Herramienta	Referencia
Paradas no programadas por fallas mecánicas en máquinas de costura	Reducir las paradas no programadas por fallas mecánicas en las máquinas de costura	TPM – Mantenimiento planificado	(Hoque et al., 2026)
Elevadas paradas por fugas de aceite en la varilla prénsatela de máquinas rectas y recubridoras	Reducir las paradas ocasionadas por fugas de aceite en las máquinas de costura mediante	TPM – Mantenimiento autónomo	(Sukma et al., 2022)
Elevados tiempos de setup en la línea de costura	Reducir los tiempos de setup en línea de costura	SMED	(Mohammad et al., 2023)
Alta incidencia de defectos en prendas por errores en operaciones de costura	Disminuir la cantidad de prendas defectuosas por errores en operaciones de costura.	Estandarización de proceso	(Caballero et al., 2025)

Los antecedentes revisados evidencian resultados favorables en la aplicación de herramientas de mejora en empresas textiles. Nchalala et al. (2023) incrementaron el OEE hasta 81.93% mediante la estandarización y medición de tiempos en procesos de confección textil. Sukma et al. (2022) implementaron TPM mediante mantenimiento autónomo, logrando mejoras de 14.6% en el OEE, mientras que Hoque et al. (2026) incrementaron este indicador en 7.7% mediante actividades de mantenimiento planificado. Por otro lado, Mohammad et al. (2023) aplicaron la metodología SMED, reduciendo los tiempos de cambio entre 50% y 64%. Asimismo, Caballero-Trujillo et al. (2025) implementaron un modelo basado en la estandarización de procesos y TPM en una pyme textil peruana, logrando reducir la tasa global de defectos de 10.15% a 6.75%. Estos resultados respaldan la

aplicación de TPM, SMED y estandarización de procesos en el contexto de la empresa analizada.

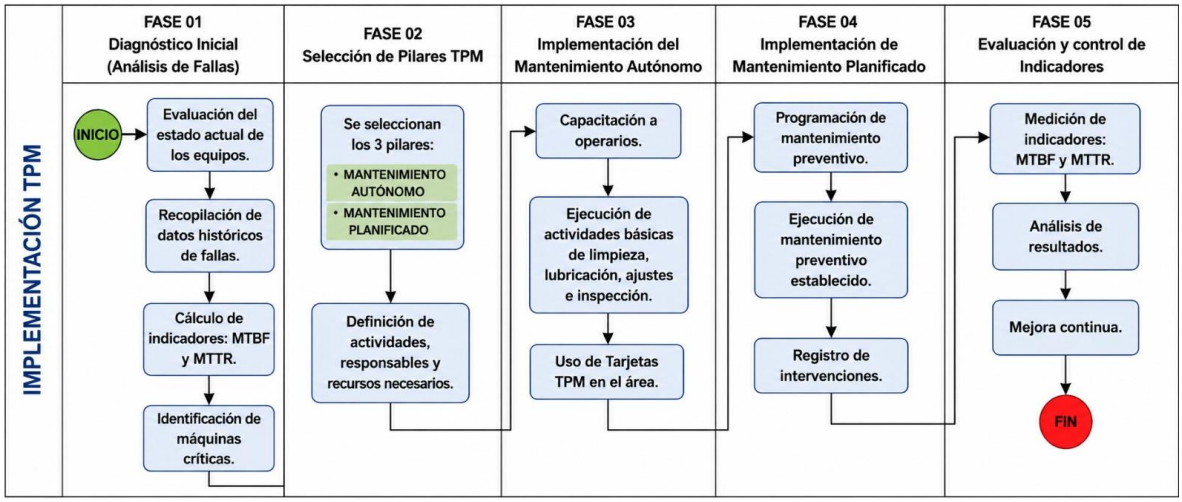
3.2 Diseño detallado de la solución

3.2.1 Desarrollo del Componente 1: TPM

La Figura 9 presenta el diseño de implementación del TPM, orientado a incrementar la disponibilidad y confiabilidad operativa de las máquinas de costura mediante la aplicación de mantenimiento planificado y autónomo.

Figura 9

Desarrollo de implementación TPM



El diseño de la solución contempla cinco fases de implementación. La primera fase corresponde al diagnóstico inicial, donde se realizó el análisis del proceso de costura mediante el uso de indicadores de Mantto (MTTR y MTBF) aplicados a las máquinas críticas: rectas, remalladoras y recubridoras. (Véase Anexo A y Anexo B).

La segunda fase comprende la selección de los pilares mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado, debido a su relación con las paradas no programadas por fallas mecánicas y las elevadas interrupciones ocasionadas por fugas de aceite en varillas prénsatelas de máquinas rectas y recubridoras, priorizando acciones orientadas a incrementar la disponibilidad de los equipos. (Véase Anexo C)

La tercera fase corresponde a la implementación del mantenimiento autónomo, fortaleciendo las competencias de los operarios mediante actividades de limpieza, lubricación, inspección visual y detección temprana de anomalías, apoyadas por tarjetas TPM (Véase Anexo D).

Asimismo, se incorporó un mecanismo anti-manchas que actúa como barrera física para controlar fugas de aceite en máquinas recubridoras y asegurar una lubricación adecuada, como se muestra en la Figura 10. Complementariamente, se aplicó un programa mensual de mantenimiento autónomo con actividades de limpieza, lubricación e inspección para cada máquina, como se presenta en la Figura 11.

Figura 10

Mecanismo anti-manchas.



Figura 11

Programa de mantenimiento mensual de Limpieza

Dpto. de Ingeniería - Mantenimiento — **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MENSUAL FEBRERO 02/02/2026**

MOD: 13

DISCO	TIPO DE MAQUINA	MAQUINA				FRECUENCIA x	PROCESOS						Fecha 1		Fecha 2		OBSERVACIONES
		MARCA	MODELO	AÑO	N° SERIE		INSP-		LUBRICAC		CONTROL		MEC ANIC	FECHA	MEC ANIC	FECHA	
							F1	F2	F1	F2	F1	F2					
BTR-02	Máquina Botonera	JUKI	LK-1903SS-312-E	02	LK0EB23188	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
OV1-05	Máquina Remalladora de 2 Ag. (P.S)	JUKI	MO-6916S	11	8MODE31097	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
RT2-506	Máquina de costura recta de 1 Ag. automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	272-140342	003	272897737	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
RT2-545	Máquina de costura recta de 1 Ag. automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	272-140342	004	272904472	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
OJL-04	Máquina Ojaladora	JUKI	LBH-1790S-AA	03	2L2WD00100	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
RT1-23	Máquina de costura recta de 1 Ag. Automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	271-140342	04	271413819	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
RT1-27	Máquina de costura recta de 1 Ag. Automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	271-140342	04	271413824	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
RT1-35	Máquina de costura recta de 1 Ag. Automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	271-140342	04	271413844	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
RT1-48	Máquina de costura recta de 1 Ag. Automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	271-140342	04	271413546	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
RT1-52	Máquina de costura recta de 1 Ag. Automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	271-140342	04	271413571	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
RT1-65	Máquina de costura recta de 1 Ag. Automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	271-140342	04	271413655	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
RT1-88	Máquina de costura recta de 1 Ag. Automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	271-140342	04	271413688	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
RT1-124	Máquina de costura recta de 1 Ag. Automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	271-140342	04	271413724	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
OV2-67	Máquina Remalladora de 2 Ag. (Hilo Igl) (M)	JUKI	MO-6714S	05	5MOKE35153	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
OV2-61	Máquina Remalladora de 2 Ag. (Hilo Igl) (M)	JUKI	MO-6714S	05	5MOKE35154	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
OV2-26	Máquina Remalladora de 2 Ag. (Hilo Igl) (M)	JUKI	MO-6714S	05	5MOKE35253	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
PTJ-08	Máquina Presilladora	JUKI	MB-1377	06	6M0PE00123	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
RT2-588	Máquina de costura recta de 1 Ag. Automática	DÜRKOPP ADLER	272-140342	05	271413940	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓					

La cuarta fase comprende la implementación del mantenimiento planificado mediante la programación de actividades preventivas semanales y mensuales para cada máquina crítica (Véase Anexo E). De manera complementaria, se aplicará un procedimiento técnico estandarizado de verificación post-mantenimiento, mostrado en la Figura 12, con el propósito de validar la correcta instalación, regulación, calibración y conexión de los equipos antes de su liberación a producción.

Figura 12

Procedimiento de intervenciones mecánicas (Paso a Paso)



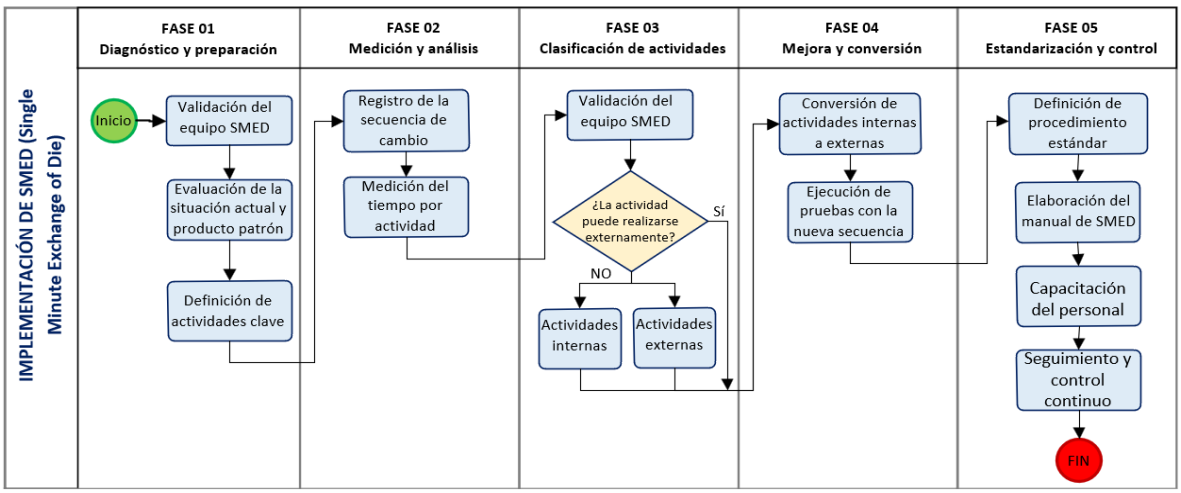
Finalmente, la quinta fase comprende la evaluación y control de los indicadores MTTR y MTBF para determinar la efectividad de la implementación piloto. Los resultados obtenidos serán comparados con la línea base inicial, permitiendo verificar la reducción de averías, la disminución del tiempo de reparación y el incremento de la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas de costura.

3.2.2 Desarrollo del Componente 2: SMED

La implementación de la metodología SMED se desarrolló en cinco fases orientadas a disminuir el tiempo requerido para la preparación y calibración de máquinas de confección, según se aprecia en la Figura 13.

Figura 13

Desarrollo de implementación SMED



Durante la fase de diagnóstico y preparación se conformó el equipo responsable de la implementación, integrado por el supervisor de taller y operarios involucrados en el proceso de costura. Se definió el alcance de la mejora en las máquinas críticas del proceso de costura (recta, remalladora y recubridora), identificando las actividades relacionadas con los cambios de formato y preparación de equipos.

Posteriormente, durante la fase de medición y análisis, se realizó un estudio de tiempos del proceso de setup en dichas máquinas, obteniéndose un tiempo de setup de 46.5 minutos. Asimismo, se identificaron actividades internas y externas. La Tabla 5 presenta el resumen de tiempos antes de la implementación y el detalle del setup (Véase Anexo F).

Tabla 5

Tiempos internos y externos antes de la implementación

Categoría	Actividades principales	Tiempo (min)
Externas	Recepción de orden	2
Internas	Búsqueda y preparación	12
Internas	Configuración y calibración	23.5
Internas	Pruebas y validación	9
Total		**46.5**

Las actividades fueron clasificadas en internas y externas según la metodología SMED, identificando oportunidades de mejora para reducir los tiempos improductivos. La Tabla 6 presenta la distribución de actividades antes de la implementación.

Tabla 6

Resumen de actividades internas y externas antes de la implementación

Tipo de actividad	Tiempo	Porcentaje
Actividades internas	44.5 min	95.70%
Actividades externas	2.0 min	4.30%
Tiempo total setup	46.5 min	100%

Como parte de la fase de mejora y conversión, se implementaron tarjetas de configuración rápida, controles visuales y parámetros estándar de operación para reducir los tiempos de configuración. Asimismo, se estableció la preparación previa de herramientas y accesorios necesarios para el cambio de formato, reduciendo tiempos de espera durante el setup (Véase Anexo G y Anexo H).

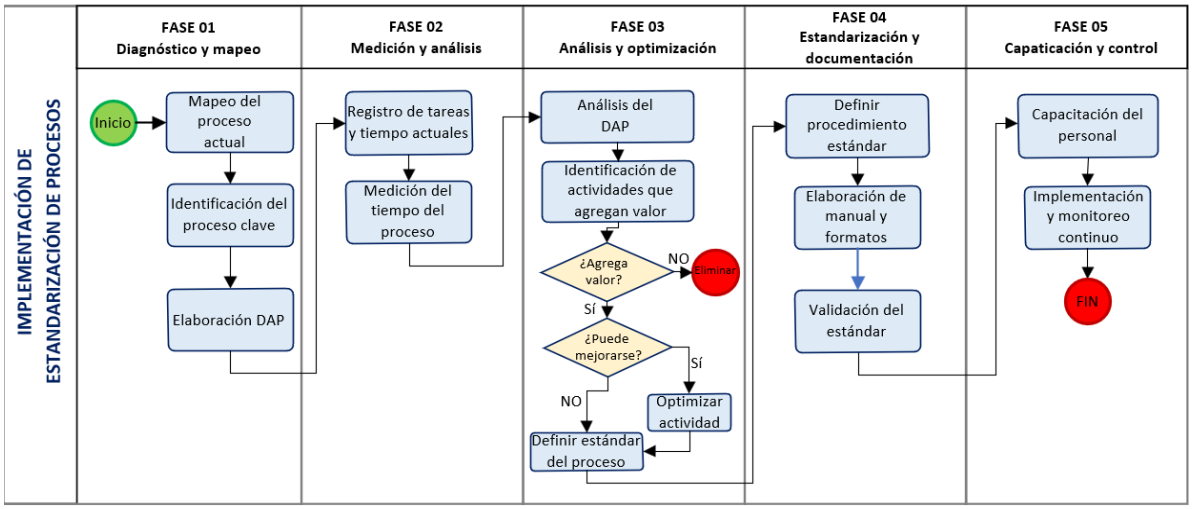
Finalmente, en la etapa de estandarización y control, se establecieron procedimientos estándar, checklist de validación y controles visuales para mantener las mejoras implementadas (Véase Anexo H). Asimismo, se capacitó al personal y se definieron indicadores para realizar el seguimiento de los resultados obtenidos.

3.2.3 Desarrollo del Componente 3: Estandarización de procesos de costura

La Figura 14 presenta la secuencia metodológica empleada para la estandarización y control de los procesos de costura, estructurada bajo un enfoque sistemático de mejora continua orientado a uniformizar los métodos de trabajo y optimizar el desempeño operativo.

Figura 14

Desarrollo de implementación Estandarización de proceso



En la fase de diagnóstico y mapeo, se realizó el levantamiento detallado de información del proceso actual de confección de camisas mediante observación directa en planta y la elaboración del Diagrama Analítico de Procesos (DAP) (véase Anexo I). Esta herramienta permitió identificar de manera estructurada la secuencia de operaciones ejecutadas por los operarios, así como los puntos críticos asociados a ineficiencias, errores operativos y falta de uniformidad en la ejecución de las tareas.

Posteriormente, en la fase de medición y análisis, se llevó a cabo un estudio de tiempos enfocado en las actividades críticas del proceso de costura, utilizando técnicas de cronometraje directo. Los resultados evidenciaron diferencias en los tiempos de ejecución, atribuibles a distintos métodos de trabajo aplicados por los operarios. A partir del análisis del DAP, se determinó que el tiempo total de confección de una camisa alcanzaba los 34 minutos, polo manga corta 23 min y polo manga larga 28 min, considerando operaciones realizadas en máquinas recta, remalladora y recubridora. Estas diferencias en la ejecución de las operaciones evidenciaron la necesidad de establecer criterios operativos definidos, lo cual impactaba negativamente en la eficiencia del proceso.

En la fase de análisis y optimización, se identificaron actividades que no agregan valor (NVA) y actividades necesarias pero que no agregan valor (NNVA), las cuales generaban interrupciones, reprocesos y demoras en el flujo productivo. La Tabla 7 resume la clasificación de actividades según su contribución al valor del producto.

Tabla 7

Matriz de Valor Agregado

Concepto	Camisas (min)	Polos manga corta (min)	Polos manga larga (min)
Actividades que generan valor (VA)	24	17	20
Actividades necesarias que no generan valor (NNVA)	4.5	2.7	2.5
Actividades que no generan valor (NVA)	5.5	3.3	5.5
Tiempo total	**34**	**23**	**28**

El análisis evidencia que una proporción significativa del tiempo total de proceso corresponde a actividades que no aportan valor directo al producto, representando oportunidades claras de mejora bajo el enfoque Lean Manufacturing. En particular, las actividades NVA están relacionadas con reprocesos, ajustes innecesarios, inspecciones

redundantes y movimientos improductivos, considerados desperdicios que afectan la eficiencia global del sistema productivo.

En la fase de estandarización y documentación se elaboraron procedimientos operativos, instructivos de trabajo y fichas técnicas para las principales operaciones de costura. Esta intervención permitió reducir la dependencia del conocimiento empírico y uniformizar la ejecución de las tareas. Los documentos fueron desarrollados a partir del análisis de valor agregado de camisas y polos, definiendo métodos de trabajo, secuencias operativas y criterios de calidad estandarizados.

Finalmente, en la fase de capacitación y control, se ejecutó un programa de formación dirigido al personal del área de costura, enfocado en la correcta aplicación de los estándares definidos. De manera complementaria, se implementaron mecanismos de seguimiento y control, incluyendo formatos de verificación del cumplimiento de los estándares y registros de no conformidades detectadas durante el proceso.

3.2.4 Diseño de indicadores

La Tabla 8, presenta los indicadores definidos para evaluar el cumplimiento de los objetivos. Asimismo, se definieron Fichas técnicas de indicadores OEE (Véase Anexo K, Anexo L y Anexo M)

Tabla 8

Indicadores de Trabajo

N°	Objetivo	Indicador	As-Is	To-Be	Revisión literaria
1	Incrementar la eficiencia global de los equipos	OEE	66.74 %	81.93 %	Nchalala et al. (2023)
2	Reducir el tiempo de reparación de máquinas productivas	MTTR	2.80 h	1.20 h	Lino Moreno et al. (2025)
3	Incrementar la confiabilidad operacional	MTBF	18.91 h	28.39 h	Maduekwe y Oke (2021)
4	Reducir los tiempos de setup en línea de costura	Tiempo prom. de setup	46.5 min	22.75 min	Mohammad et al. (2023)
5	Incrementar la calidad del proceso de costura	% de defectos	13%	6.75%	(Caballero et al., 2025)

3.3 Consideraciones para la implementación

3.3.1 Presupuesto de la solución: Gestión de recursos

En la Tabla 9 se detalla el presupuesto proyectado para la ejecución de las propuestas basadas en TPM, SMED y estandarización de procesos.

Tabla 9

Presupuesto de Solución

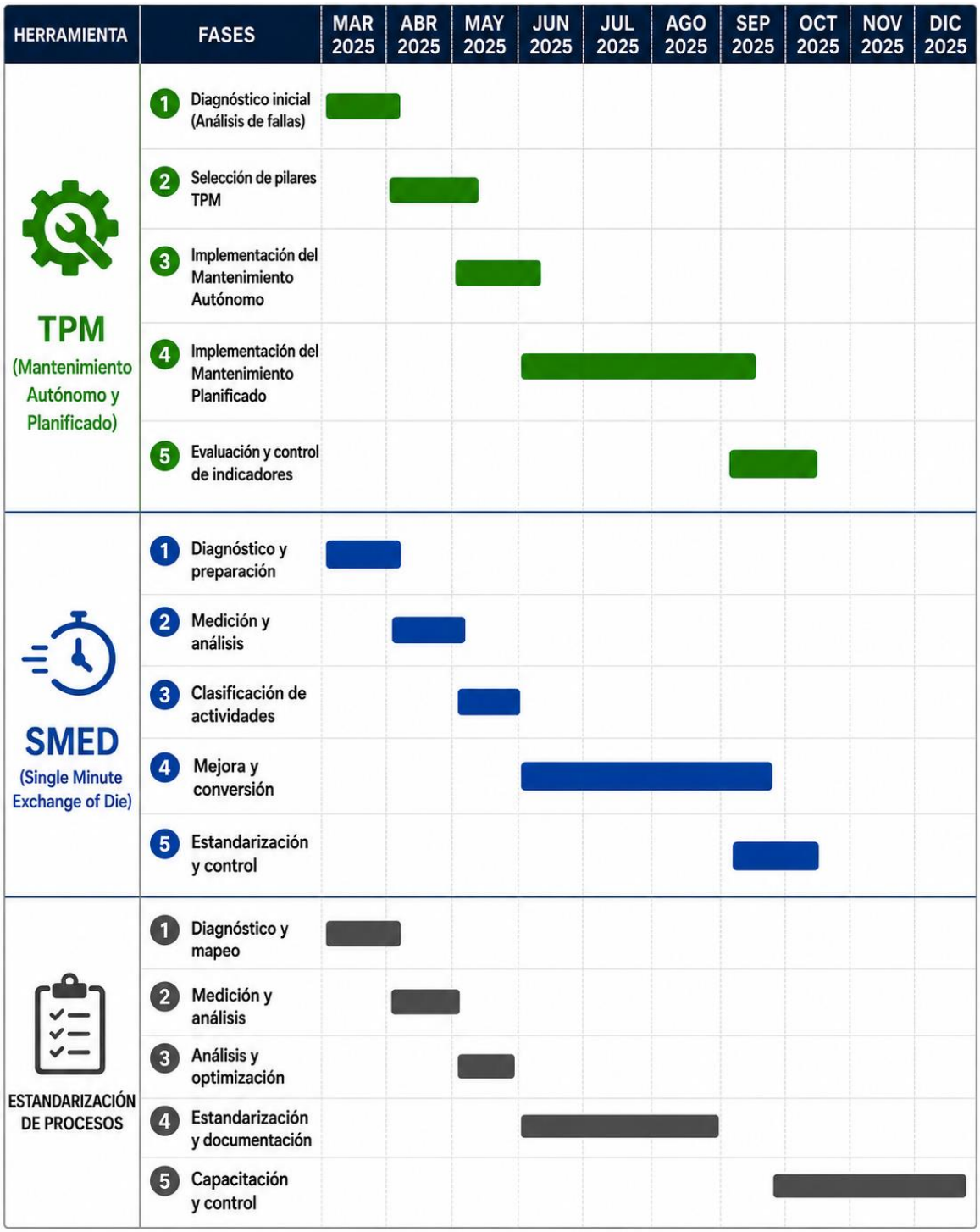
Herramienta	Concepto	U.M.	Cant.	Costo Unit. (S/.)	Subtotal (S/.)
TPM	Curso TPM y capacitación técnica	Serv.	1	4250	4250
	Diagnóstico e implementación del mantenimiento	Servicio	1	2445	2445
	Tarjetas TPM y checklist de inspección	Lote	1	290	290
	Mecanismos anti-falla y materiales metálicos	Lote	1	1065	1065
	Lubricantes, herramientas y equipos de medición	Lote	1	2680	2680
	Señalización de equipos	Lote	1	400	400
	Laptop	Unidad	1	2200	2200
	Subtotal TPM				**S/13,330.00**
SMED	Curso SMED y taller práctico	Serv.	1	3710	3710
	Estudio de tiempos y análisis de setup	Serv.	1	1350	1350
	Procedimientos, formatos e instructivos visuales	Lote	1	950	950
	Impresión de estándares y señalización visual	Lote	1	600	600
	Maletín de herramientas de cambio rápido	Lote	1	2200	2200
	Capacitación operativa	Serv.	1	800	800
	Subtotal SMED				**S/9,610.00**
standard process	Curso de estandarización	Serv.	1	1980	1980
	Procedimientos, diagramas e instructivos	Serv.	1	1400	1400
	Impresión de estándares y manual operativo	Lote	1	650	650
	Tableros visuales y supervisión	Lote	1	1870	1870
	Capacitación interna	Serv.	1	1140	1140
Subtotal Estandarización de procesos					**S/7,040.00**
TOTAL GENERAL					**S/29,980.00**

3.3.2 Cronograma de desarrollo: Gestión del tiempo

La Figura 15 ilustra la secuencia de implementación de las propuestas planteadas, indicando la distribución temporal de las actividades y las etapas previstas para asegurar su cumplimiento y seguimiento.

Figura 15

Cronograma de Implementación



4. Capítulo IV – RESULTADOS DEL PROYECTO

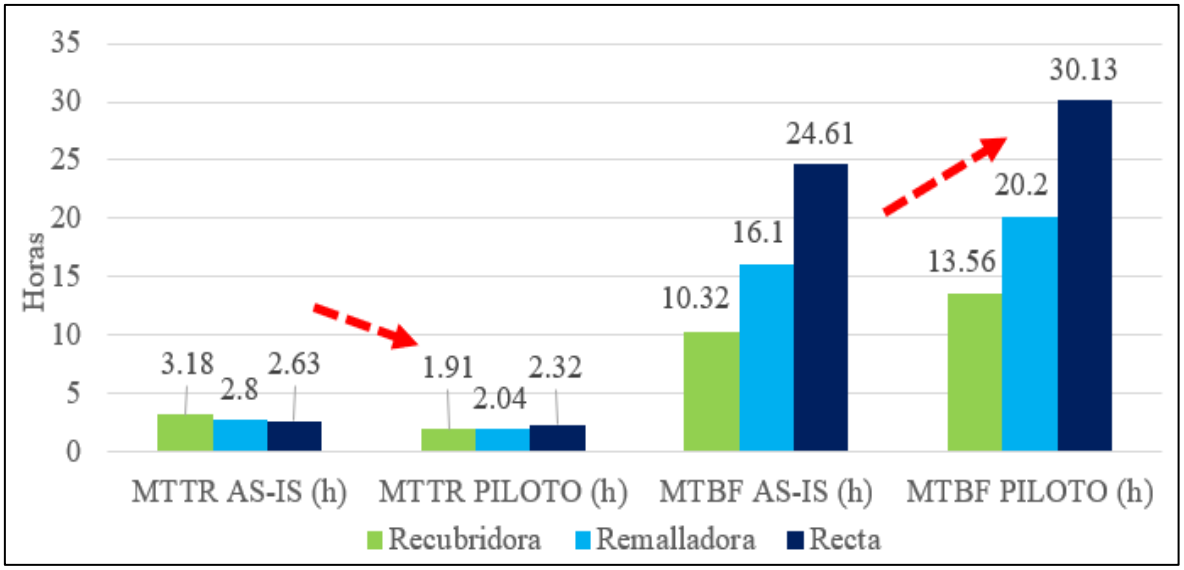
4.1 Validación funcional

4.1.1 Prueba piloto: TPM (mantenimiento autónomo y planificado)

Con la finalidad de validar la funcionalidad del TPM, se desarrolló una prueba piloto en las máquinas rectas, remalladoras y recubridoras de la línea de costura, implementando los pilares de mantenimiento planificado y autónomo. La evaluación se realizó mediante los indicadores MTTR y MTBF de cada tipo de máquina, como se observa en la Figura 16, permitiendo comparar el desempeño operativo antes y después de la implementación y verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Figura 16

Comparación del MTTR y MTBF por tipo de máquina en el escenario AS-IS y piloto



Los resultados evidencian una reducción del MTTR de 2.63 a 1.91 h en la máquina recta, de 2.80 a 2.04 h en la remalladora y de 3.18 a 2.32 h en la recubridora. Asimismo, el MTBF aumentó de 24.61 a 30.13 h, de 16.10 a 20.20 h y de 10.32 a 13.56 h, confirmando una mejora en la confiabilidad operacional.

Como parte de la prueba piloto se implementó un mecanismo anti-manchas en la varilla prénsatela de las máquinas rectas y recubridoras, como se observa en la Figura 17, reduciendo las fugas de aceite, las paradas no programadas y las intervenciones correctivas. Su aplicación incrementó el tiempo operativo de los equipos y contribuyó directamente a la mejora del MTBF.

Figura 17

Mecanismo anti-manchas instalada en máquinas de costura



Finalmente, la prueba piloto validó la funcionalidad del TPM, evidenciando la reducción del MTTR y el incremento del MTBF. El mantenimiento autónomo, planificado y el mecanismo anti-manchas mejoraron la confiabilidad y el desempeño de las intervenciones técnicas.

4.1.2 Prueba piloto: Single Minute Exchange of Die (SMED)

Para validar la implementación de SMED, se realizó una nueva medición del setup en máquinas recta, remalladora y recubridora, verificando la reducción del tiempo de cambio mediante preparación previa y conversión de actividades internas en externas.

Tabla 10

Comparación de los tiempos de preparación antes y después de la aplicación de SMED

N°	Actividad	Externo antes	Interno antes	Externo post	Interno post	Cambio Interno	Tipo principal
1	Recepción de orden de producción	2	0	1	0	0	Externa
2	Búsqueda de agujas y prénsatelas	0	3.5	1	0	3.5	Externa
3	Búsqueda de herramientas de ajuste	0	2.5	0.5	0	2.5	Externa
4	Verificación del hilo a utilizar	0	3	1	0	3	Externa
5	Ordenamiento de prendas cortadas	0	3	1.5	0	3	Externa
6	Cambio de aguja y prénsatelas	0	5	0	2.5	5	Interna
7	Cambio de accesorio de máquinas	0	9	4.5	4.5	4.5	Interna
8	Ajuste de puntadas	0	5	0	3.5	1.5	Interna
9	Regulación de tensión del hilo	0	3	0	2.5	0.5	Interna
10	Configuración de velocidad	0	1.5	0	1	0.5	Interna
11	Prueba inicial de costura	0	3	0	1.5	1.5	Interna
12	Corrección de configuración	0	4	0	2	2	Interna
13	Verificación de calidad inicial	0	2	1.5	0	2	Externa

La Tabla 10 muestra que las actividades internas registraron una disminución de 44.5 min a 17.5 min, mientras que las actividades externas pasaron de 2.0 min a 11.0 min. Como resultado, el tiempo total de setup disminuyó de 46.5 min a 28.5 min, logrando una reducción del 38.71%.

Figura 18

Evidencias de planificación utilizadas durante la implementación de SMED



La Figura 18 muestra las evidencias de la prueba piloto, donde la programación de cambios de estilo y la orden de movimiento permitieron anticipar recursos y requerimientos. Estas acciones incrementaron las actividades externas y contribuyeron a reducir el tiempo de setup.

4.1.3 Prueba piloto: Estandarización de procesos

La validación de la estandarización de procesos se realizó implementando procedimientos estandarizados, estándares visuales, mecanismos de control, capacitación y seguimiento para asegurar el cumplimiento de los métodos definidos (Véase Anexo J).

Para evaluar la efectividad de la implementación, se compararon los indicadores antes y después de la intervención, considerando los tiempos de confección, la distribución de actividades (VA, NNVA y NVA) y los niveles de defectos en costura. Los resultados se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11

Clasificación inicial de actividades según valor agregado

Producto	VA Antes	VA Después	NNVA Antes	NNVA Después	NVA Antes	NVA Después
Camisas	24	21.8	4.5	2.5	5.5	1.3
Polos manga corta	17	12.3	2.7	2.4	3.3	1
Polos manga larga	20	16.4	2.5	2.2	5.5	0.8

La mejora obtenida se relaciona con la reducción de actividades sin valor agregado (NVA) y la optimización de actividades necesarias, pero no agregadoras de valor (NNVA), disminuyendo movimientos innecesarios, reprocesos y tiempos de espera. Asimismo, las actividades de valor agregado (VA) se ejecutaron de manera más eficiente mediante estándares de trabajo, señalización operativa y una mejor organización del área, contribuyendo al incremento de la productividad en costura, como se muestra la Figura 19.

Figura 19

Evidencias de estandarización implementadas en el área de costura



Desde un enfoque sistémico, estas acciones permitieron uniformizar la ejecución de las operaciones y mejorar la calidad operativa. La estandarización permitió controlar las operaciones mediante métodos definidos, favoreciendo la estabilidad productiva. Para evaluar su efecto, se realizó un monitoreo posterior de los niveles de defectos y del tiempo destinado a reprocesos.

Tabla 12

Comparación de defectos de costura antes y después de la estandarización

Indicador	Antes	Después
Prendas defectuosas (und)	31,588	21,626
Horas asociadas a reprocesos (hrs)	3,700.67	1,639.45
Impacto por defectos (%)	13%	8.9%

Como se observa en la Tabla 12, el porcentaje de prendas defectuosas se redujo de 13.0% a 8.9% después de la implementación de la estandarización de procesos. Esta mejora se relaciona con la aplicación de procedimientos e instructivos estandarizados, los cuales permitieron uniformizar la ejecución de las operaciones y minimizar la ocurrencia de errores durante el proceso productivo. Asimismo, los resultados obtenidos evidencian una mejora en la calidad del proceso de costura, en concordancia con los principios de Lean Manufacturing orientados a la reducción de desperdicios y la mejora continua.

4.1.4 Resultados de indicadores de la validación piloto

En la Tabla 13 se muestran los resultados de los indicadores obtenidos durante la validación piloto. El OEE presentó una mejora respecto a la situación inicial debido a la reducción de las pérdidas asociadas a disponibilidad y calidad. Asimismo, la disponibilidad de los equipos de costura se incrementó gracias a la disminución de las paradas no programadas y de los tiempos de setup. Por otro lado, la estandarización de los procesos permitió establecer criterios operativos definidos y uniformizar la ejecución de las operaciones de costura, contribuyendo a reducir la incidencia de defectos y mejorar la calidad del proceso. En conjunto, los resultados evidencian una mejora en la eficiencia global de los equipos.

Tabla 13

Resultados de indicadores de la validación piloto

N°	Objetivo	Herramienta	Indicador	As-Is	To-Be	Resultado Piloto
1	Incrementar la eficiencia global de los equipos	OEE	OEE	66.74%	81.93%	75%
2	Reducir el tiempo de reparación de máquinas prod.	TPM	MTTR	2.80 h	1.20 h	2.04 h
3	Incrementar la confiabilidad operac.	TPM	MTBF	18.91 h	28.39 h	23.5 h
4	Reducir los tiempos de setup en línea de costura	SMED	Tiempo prom. de setup	46.5 min	22.75 min	28.5 min
5	Incrementar la calidad del proceso de costura	Estandarización de proceso	% De defectos	13%	6.75%	8.90%

4.2 Evaluación del impacto económico

4.2.1 Consideraciones para el desarrollo del flujo económico

En la evaluación económica de la implementación realizada, se determinó el Costo de Oportunidad de Capital (COK) mediante el modelo CAPM ajustado por riesgo país. Considerando una tasa libre de riesgo de 4.50%, una rentabilidad de mercado de 22.67%, una beta de 0.37 y una prima de riesgo país de 1.53%, se obtuvo un COK de 12.75%, como se muestra en la Tabla 14. Este valor fue utilizado como tasa de descuento para realizar la evaluación financiera de la implementación.

Tabla 14

Determinación del costo de oportunidad del capital (COK)

Cálculo de COK:	
Rf=	4.500%
β=	0.37
Rm=	22.67%
PRP=	1.53%
COK=	**12.75%**

4.2.2 Desarrollo del flujo económico

Se elaboró un flujo económico proyectado a cinco años considerando los beneficios, costos e inversiones asociados a la propuesta de mejora. Los flujos fueron evaluados mediante un COK de 12.75% para determinar su rentabilidad.

Los indicadores financieros mostrados en la Tabla 15 evidencian que la implementación es económicamente viable, al presentar un VAN positivo de S/ 20,619.08 y una TIR de 37.17% superior al COK. Asimismo, la inversión se recupera en 2.75 años y genera beneficios mayores a los costos, respaldando su implementación.

Tabla 15

Evaluación del flujo económico del proyecto

FLUJO NETO FINANCIERO						
Concepto	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Beneficios por Incremento de disponibilidad		S/ 24,980.91	S/ 26,229.95	S/ 27,541.45	S/ 28,918.52	S/ 30,364.45
Costos operativos		-S/ 7,270.00	-S/ 7,560.80	-S/ 7,863.23	-S/ 8,177.76	-S/ 8,504.87
Depreciación Activo Fijo		-S/ 2,200.00	-S/ 2,200.00	-S/ 2,200.00	-S/ 2,200.00	-S/ 2,200.00
Utilidad Operativa		S/ 15,510.91	S/ 16,469.15	S/ 17,478.22	S/ 18,540.76	S/ 19,659.58
Impuesto a la Renta (30%)		-S/ 4,653.27	-S/ 4,940.75	-S/ 5,243.47	-S/ 5,562.23	-S/ 5,897.87
Utilidad Neta		**S/ 10,857.64**	**S/ 11,528.41**	**S/ 12,234.75**	**S/ 12,978.53**	**S/ 13,761.70**
+ Depreciación de Act Fijo		**S/ 2,200.00**	**S/ 2,200.00**	**S/ 2,200.00**	**S/ 2,200.00**	**S/ 2,200.00**
Flujo de Caja (a)		S/ 13,057.64	S/ 13,728.41	S/ 14,434.75	S/ 15,178.53	S/ 15,961.70
Inversión del proyecto	S/ 29,980.00					
Flujo de Inversiones (b)	-S/ 29,980.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Flujo de Efectivo Neto (a) + (b)	**-S/ 29,980.00**	**S/ 13,057.64**	**S/ 13,728.41**	**S/ 14,434.75**	**S/ 15,178.53**	**S/ 15,961.70**

Tasa de descuento COK =	12.75%
Valor Presente Neto VAN =	S/ 20,619.08
Tasa Interna de Retorno TIR=	37.17%
Relación Beneficio-Costo=	1.69

F.C.F en t=0	-29,980	11,581	10,799	10,070	9,391	8,759
F.C.F en t=0 ACUMULADO	-29,980	-18,399	-7,601	2,469	11,860	20,619

PRD=	2.75	años

4.3 Evaluación de impactos no económicos

4.3.1 Impacto ambiental

Para analizar los efectos ambientales vinculados a la implementación, se empleó la Matriz de Leopold (véase Anexo N), la cual permitió analizar la interacción entre las acciones de TPM, SMED y estandarización con los factores ambientales de la organización.

Tabla 16

Principales impactos identificados mediante la Matriz de Leopold

Factor evaluado	Relación con la propuesta
Cumplimiento normativo ambiental	TPM, SMED y estandarización fortalecen el control y cumplimiento de prácticas ambientales.
Seguridad y salud ocupacional	TPM y la estandarización reducen condiciones inseguras y errores operativos.
Orden y limpieza	El mantenimiento autónomo y los estándares de trabajo mejoran el orden del área.
Uso eficiente de recursos	SMED reduce desperdicios y optimiza el uso de recursos productivos.
Segregación de residuos	Los procedimientos estandarizados mejoran el manejo de residuos.

La Tabla 16 muestra que la propuesta genera principalmente impactos positivos, destacando el cumplimiento normativo ambiental, el orden y limpieza, así como el uso eficiente de los recursos. Estos resultados se encuentran asociados a la aplicación de TPM, SMED y estandarización.

4.3.2 Impacto en la seguridad y salud ocupacional

La implementación de TPM, SMED y estandarización contribuye a mejorar las condiciones de seguridad y salud ocupacional mediante actividades de inspección, limpieza y control de equipos. Asimismo, los procedimientos estandarizados reducen errores operativos y favorecen la ejecución segura de las actividades de trabajo, disminuyendo la exposición a riesgos durante la operación de las máquinas.

4.3.3 Impacto en la cultura organizacional

La propuesta fortalece la cultura organizacional al fomentar el compromiso de los operarios con las actividades de mejora continua y mantenimiento autónomo. De igual manera, la estandarización de procesos favorece el cumplimiento de métodos de trabajo definidos, fortaleciendo la disciplina operativa y el compromiso con los objetivos de producción.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye que la implementación integrada de TPM, SMED y estandarización de procesos permitió mejorar el OEE en el proceso de costura de la empresa. La aplicación de TPM permitió incrementar el MTBF de 81.91 h a 23.5 h y reducir el MTTR de 2.80 h a 2.04 h. Asimismo, SMED redujo el tiempo promedio de setup de 46.50 min a 28.50 min, mientras que la estandarización de procesos permitió disminuir la cantidad de prendas defectuosas de 31,588 a 21,626 unidades. Como resultado, el OEE se incrementó de 66.74% a 75%%, evidenciando la efectividad de las herramientas implementadas para reducir pérdidas asociadas a disponibilidad, rendimiento y calidad. Asimismo, se concluye que la propuesta generó valor para la organización al reducir fallas mecánicas, tiempos improductivos y defectos de costura, permitiendo optimizar el uso de los recursos productivos y fortalecer la estabilidad operacional. De esta manera, el modelo propuesto constituye una alternativa viable para mejorar el desempeño operativo en empresas del sector textil que presentan problemáticas similares.

Desde la perspectiva económica, la implementación resultó financieramente viable, ya que la evaluación financiera obtuvo un VAN de S/ 20,619.08, una TIR de 37.17%, una relación Beneficio/Costo de 1.69 y un periodo de recuperación de 2.75 años. Adicionalmente, permitió reducir un impacto económico anual estimado en S/ 201,843.32, equivalente al 6.28% de la facturación anual de la empresa.

Se recomienda evaluar la implementación de sistemas digitales para el monitoreo en tiempo real de indicadores como OEE, MTBF, MTTR, tiempos de setup y defectos de costura, con el fin de fortalecer la toma de decisiones y mejorar el control de las operaciones.

Asimismo, se recomienda incorporar progresivamente tecnologías asociadas a la Industria 4.0, tales como monitoreo inteligente de equipos y mantenimiento predictivo, para potenciar los resultados obtenidos y asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

Finalmente, se recomienda extender la aplicación del modelo propuesto a otras líneas de producción y desarrollar futuras investigaciones orientadas a la prevención de errores y al fortalecimiento de los sistemas de control de calidad en empresas del sector textil.

Referencias

Agustiady, T., & Cudney, E. A. (2023). *Total productive maintenance: Strategies and implementation guide* (2nd ed.). CRC Press.

Begum, S., Akash, M. a. S., Khan, M. S., & Bhuiyan, M. R. (2024). A framework for lean manufacturing implementation in the textile industry: A research study. Deleted Journal, 1(4), 17–31. https://doi.org/10.62304/ijse.v1i04.181

Braglia, M., Di Paco, F., & Marrazzini, L. (2023). A new Lean tool for efficiency evaluation in SMED projects. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *127*(1–2), 431–446. https://doi.org/10.1007/s00170-023-11508-9

Caballero-Trujillo, S. P., Mestanza-Ames, R. J. P., Viacava-Campos, G., & Corzo-Chavez, J. A. (2025). Improvement model based on standardization and TPM to reduce defective products in a textile SME. *Congreso Internacional De Ingeniería Industrial De La Universidad De Lima*, 33–40. https://doi.org/10.26439/ciii2025.8645

Ewnetu, M., & Gzate, Y. (2023). Assembly operation productivity improvement for garment production industry through the integration of lean and work-study: A case study on Bahir Dar textile share company in Bahir Dar, Ethiopia. *Heliyon, 9*(7), e17917. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17917

Gomaa, A. H. (2026). Enhancing shutdown maintenance performance using Lean Six Sigma: a case study. *International Journal of Lean Six Sigma*. https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2024-0043

Hoque, M. R., Noor, R. Bin, Rahman Tushar, S., Bappy, M. M., Golam, M., & Rayhan, S. (2026). Improving the overall equipment effectiveness in the textile dyeing section through total productive maintenance: implications for economic sustainability. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 1–37. https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2025-0044

Inexmoda. (2025). *Del hogar a la hospitalidad: cómo el turismo está tejiendo el nuevo negocio textil en Colombia*. https://inexmoda.org.co/stories/del-hogar-a-la-hospitalidad-como-el-turismo-esta-tejiendo-el-nuevo-negocio-textil-en-colombia/

Kose, Y., Muftuoglu, S., Cevikcan, E., & Durmusoglu, M. B. (2022). Axiomatic design for lean autonomous maintenance system: An application from textile industry. *International Journal of Lean Six Sigma, 14*(3), 555–587. https://doi.org/10.1108/IJLSS-01-2022-0020

Liker, J. K. (2020). *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer* (2nd ed.). McGraw-Hill.

Lino Moreno, S. E., Navarro Ayola, B. L., Salas, R., & Nallusamy, S. (2025).Enhancement of operational efficiency in a plastic manufacturing industry through TPM, SMED, and Machine Learning—Case study. *Sustainability*, *17*(16), 7445. https://doi.org/10.3390/su17167445

Ministerio de la Producción. (2025). *Análisis sectorial: Desempeño e importancia de la industria de textil y confecciones 2020–2025*. https://www.producempresarial.pe/wp-content/uploads/2025/04/309-PPT_Industria-Textil-y-Confecciones_rev03.04.2025.pdf

Mohammad, A., Hamja, A., & Hasle, P. (2023). Reduction of changeover time through SMED with RACI integration in garment factories. *International Journal of Lean Six Sigma*, *15*(2), 201–219. https://doi.org/10.1108/ijlss-10-2021-0176

Mouhib, Z., Gallab, M., Alaoui, Y. L., Merzouk, S., Di Nardo, M., Bhiri, B. E., & Soulhi, A. (2024). Measuring total productive maintenance success: A new industrial evaluation using fuzzy SERVQUAL. *Journal of Industrial and Production Engineering, 42*(1), 14–29. https://doi.org/10.1080/21681015.2024.2373195

Nchalala, A., Alexander, T., & Taifa, I. W. (2023). Establishment of standard allowed minutes and sewing efficiency for the garment industry in Tanzania. *Research Journal of Textile and Apparel, 27*(2), 246–263. https://doi.org/10.1108/RJTA-09-2021-0112

Niekurzak, M., Lewicki, W., Coban, H. H., & Bera, M. (2023). A model to reduce machine changeover time and improve production efficiency in an automotive manufacturing organisation. *Sustainability, 15*(13), 10558. https://doi.org/10.3390/su151310558

Precedence Research. (2025). *Textile market size, share, and trends 2024 to 2034*. https://www.precedenceresearch.com/textile-market

Rajadell Carreras, M. (2021). Herramientas para producir mejor 2a edición. https://dct.digitalcontent.com.co/sview/default.aspx

Restrepo, J. A., Giraldo, E. A., & Vanegas, J. G. (2025). Medición de los indicadores de rendimiento de la producción en la industria metalmecánica: Un enfoque de modelado LDA. *International Journal of Productivity and Performance Management, 74*(1), 1–23. https://doi.org/10.1108/IJPPM-04-2023-0201

Ribeiro, D. R. S., Mendes, L. G., & Forcellini, F. A. (2025). Toyota Kata's approach for implementing lean maintenance: An action research study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1–41. https://doi.org/10.1108/ijlss-01-2024-0014

Saeed, K., Malhotra, M. K., & Abdinnour, S. (2024). Enhancing supply chain agility through information systems artifacts and process standardization: An empirical assessment. *Journal of Systems and Information Technology, 26*(3), 337–362. https://doi.org/10.1108/jsit-11-2023-0271

Samadhiya, A., Agrawal, R., & Garza-Reyes, J. A. (2022). Integrating Industry 4.0 and total productive maintenance for global sustainability. *The TQM Journal*. https://doi.org/10.1108/TQM-05-2022-0164

Socconini, L. (2021). *Lean manufacturing: step by step* (1st edition.). Marge Books.

Sukma, D. I., Prabowo, H. A., Setiawan, I., Kurnia, H., & Fahturizal, I. M. (2022). Implementation of total productive maintenance to improve overall equipment effectiveness of linear accelerator synergy platform cancer therapy. *International Journal of Engineering, 35*(7), 1246–1256. https://doi.org/10.5829/IJE.2022.35.07A.04

Tang, H. (2024). *Manufacturing System Throughput Excellence: Analysis, Improvement, and Design.* (1st ed.). John Wiley & Sons, Incorporated.

Textile Exchange. (2024). Global fiber production reached an all-time high of 124 million tonnes in 2023, according to Textile Exchange's materials market report. https://textile2.digitalreachopm.com/news/textile-exchange-releases-2024-materials-market-report/

Anexo(s)

Anexo A

Cálculo del MTTR y MTBF por cada máquina

LÍNEA DE PRODUCCIÓN	Unid.	Máquina Recta	Máquina Remalladora	Máquina recubridora	TOTAL LÍNEA
Tiempo teórico de trabajo (horas)	Horas	38400	17280	9600	65280
Tiempo de alimentación (horas)	Horas	2320	1260	900	4480
Tiempo de mantenimiento programado	Horas	655	655	655	1964
Tiempo de paros programados	Horas	2975	1915	1555	6444
Tiempo de paro por avería	Horas	3414	2276	1897	7587
Tiempo total perdido	Horas	6389	4191	3451	14030
Tiempo real de trabajo	Horas	32011	13089	6149	51250
Número de averías	Averías	1301	813	596	2710
MTBF		**24.61**	**16.10**	**10.32**	**18.91**
MTTR		**2.63**	**2.80**	**3.18**	**2.80**
DISPONIBILIDAD (%)		90.36%	85.19%	76.43%	87.11%

Anexo B

Resultado MTBF Y MTTR

LÍNEA DE PRODUCCIÓN	MÁQUINAS		
	Máquina Recta	Máquina Remalladora	Máquina recubridora
MTBF	24.61	16.10	10.32
λ=1/MTBF	0.0406	0.0621	0.0969
R(t)	75.25%	64.75%	50.73%
Confiabilidad		**24.72%**	

Anexo C

Matriz de selección de pilares TPM

SELECCIÓN DE PILARES TPM SEGÚN CAUSAS IDENTIFICADAS

PILARES TPM	OBJETIVO PRINCIPAL	Causa 1: Ausencia de un plan estructurado de parada de máquina	Causa 2: Falta de capacitación de los operarios para el cuidado y operación adecuada de las máquinas de costura	Causa 3: Averías frecuentes en las máquinas que generan tiempos muertos en producción	Causa 4: Operaciones inadecuadas por parte del operario que provocan tiempos muertos y reprocesos	SELECCIÓN
1. MEJORAS ENFOCADAS	Eliminar pérdidas crónicas y mejorar continuamente los procesos.					—
2. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	Capacitar a los operarios para realizar limpieza, inspección y ajustes básicos, cuidando su equipo.		✓		✓	SELECCIONADO
3. MANTENIMIENTO PLANIFICADO	Planificar y ejecutar mantenimiento preventivo para evitar fallas y asegurar la confiabilidad de los equipos.	✓		✓		SELECCIONADO
4. EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN	Desarrollar competencias y habilidades del personal para mejorar el desempeño.					—
5. MANTENIMIENTO DE CALIDAD	Asegurar la calidad desde el diseño hasta el mantenimiento para reducir defectos.					—
6. ADMINISTRACIÓN TEMPRANA	Involucrar TPM desde la etapa de diseño y puesta en marcha de nuevos equipos.					—
7. SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE	Promover un entorno seguro, saludable y amigable con el medio ambiente.					—
8. TPM EN OFICINAS	Mejorar procesos administrativos y de apoyo para soportar la gestión productiva.					—

Anexo D

Tarjetas de control para mantenimiento autónomo



TARJETA DE MANTENIMIENTO
EQUIPO FUERA DE SERVICIO

FECHA: / / HORA: ____:____
EQUIPO / MÁQUINA: _____
CÓDIGO / ID: _____
REPORTADO POR: _____
ÁREA / SECCIÓN: _____

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

CAUSA PROBABLE

ACCIÓN CORRECTIVA REALIZADA

TIEMPO DE PARADA: _____ min
ESTADO: ☐ EN PROCESO ☐ FINALIZADO

FIRMA TÉCNICO: _____
FIRMA SUPERVISOR: _____

TARJETA DE SEGURIDAD

FECHA: / / HORA: ____:____
ÁREA / PROCESO: _____
REALIZADO POR: _____

RIESGO IDENTIFICADO

MEDIDAS DE CONTROL APLICADAS

OBSERVACIONES

NIVEL DE RIESGO:
☐ BAJO ☐ MEDIO ☐ ALTO ☐ CRÍTICO

FIRMA REALIZADO POR: _____
FIRMA SUPERVISOR: _____

TARJETA DE OPERATIVIDAD

FECHA: / / HORA: ____:____
EQUIPO / MÁQUINA: _____
CÓDIGO / ID: _____
OPERADOR: _____
ÁREA / SECCIÓN: _____

CONDICIÓN OPERATIVA
☐ ÓPTIMA ☐ ACEPTABLE ☐ REGULAR ☐ DEFICIENTE

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL

ANOMALÍAS DETECTADAS

ACCIONES RECOMENDADAS

PRÓXIMA REVISIÓN: / /
FIRMA OPERADOR: _____

Anexo E

Cronograma de mantenimiento preventivo

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MÁQUINAS

PERIODO:	Mayo 2025
RESPONSABLE:	Departamento de Mantenimiento

FRECUENCIA: S Semanal M Mensual
ACTIVIDADES: Limpieza técnica · Revisión y ajuste · Lubricación · Cambio preventivo

N°	CÓDIGO MÁQUINA	TIPO DE MÁQUINA	MARCA	MODELO	FRECUENCIA	CRONOGRAMA DE MAYO 2025					ACTIVIDADES A REALIZAR
						01 Jue	08 Jue	15 Jue	22 Jue	29 Jue	
1	BTR-02	Máquina Botonera	JUKI	LK-1903SS-312-E	M			M			Limpieza, revisión, lubricación y cambio preventivo
2	OV1-05	Máquina Remalladora de 2 Ag. (P.S)	JUKI	MO-6916S	S	S	S	S	S	S	Limpieza, revisión y lubricación
3	RT2-506	Máquina de costura recta de 1 Ag. automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	272-140342	M			M			Limpieza, revisión, lubricación y cambio preventivo
4	RT2-545	Máquina de costura recta de 1 Ag. automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	272-140342	S	S	S	S	S	S	Limpieza, revisión y lubricación
5	OJL-04	Máquina Ojaladora	JUKI	LBH-1790S-AA	M			M			Limpieza, revisión, lubricación y cambio preventivo
6	RT1-23	Máquina de costura recta de 1 Ag. automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	271-140342	S	S	S	S	S	S	Limpieza, revisión y lubricación
7	RT1-27	Máquina de costura recta de 1 Ag. automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	271-140342	S	S	S	S	S	S	Limpieza, revisión y lubricación
8	RT1-35	Máquina de costura recta de 1 Ag. automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	271-140342	S	S	S	S	S	S	Limpieza, revisión y lubricación
9	RT1-48	Máquina de costura recta de 1 Ag. automática Prog.	DÜRKOPP ADLER	271-140342	M			M			Limpieza, revisión, lubricación y cambio preventivo
10	OV2-67	Máquina Remalladora de 2 Ag. (Hilo Igl) (M)	JUKI	MO-6714S	S	S	S	S	S	S	Limpieza, revisión y lubricación
11	PTJ-08	Máquina Presilladora	JUKI	MB-1377	M			M			Limpieza, revisión, lubricación y cambio preventivo
12	RT2-588	Máquina de costura recta de 1 Ag. Automática	DÜRKOPP ADLER	272-140342	S	S	S	S	S	S	Limpieza, revisión y lubricación

Anexo F

Actividades externas e internas

Actividad	Promedio Externo	Promedio Interno
Recepción de orden de producción	1	0
Búsqueda de agujas y prénsatelas	0	3.5
Búsqueda de herramientas de ajuste	0	2.5
Verificación del hilo a utilizar	0	3
Ordenamiento de prendas cortadas	0	3
Cambio de aguja y prénsatelas	0	5
Cambio de accesorio de máquinas	0	9
Ajuste de puntadas	0	5
Regulación de tensión del hilo	0	3
Configuración de velocidad	0	1.5
Prueba inicial de costura	0	3
Corrección de configuración	0	4
Verificación de calidad inicial	0	2
TOTAL	**1**	**44.5**

Anexo G

Mejoras implementadas en el área de confección

IMPLEMENTACIÓN REALIZADA

N°	Implementación realizada	Descripción	EVIDENCIA DE KIT DE SETUP ORGANIZADO
1	Tarjetas de configuración rápida	• Fichas visuales con parámetros estándar de puntada, tensión y velocidad.	
2	Kit de setup organizado	• Preparación previa de agujas, prénsatelas, hilo y herramientas necesarias.	
3	Checklist de configuración rápida	• Validación rápida antes del inicio de producción.	
4	Señalización visual	• Marcas visuales para posiciones frecuentes de regulación.	

Anexo H

Controles implementados

Control implementado	Finalidad
Checklist de setup	Verificar configuraciones antes de producción.
Control visual	Disminuir tiempos de búsqueda y ajuste.
Registro de incidencias	Identificar fallas repetitivas.
Capacitación operativa	Mantener secuencia estándar.

Anexo I

Diagrama Analítico de Procesos (DAP) inicial de confección de camisas

DAP		RESUMEN		
Objetivo	Analizar el proceso actual de costura de camisas para identificar oportunidades de mejora mediante la estandarización de procesos.	**ACTIVIDAD**		**ACTUAL**
		●	Operaciones	20
Proceso	Confección de camisas.	➡	Transporte	0
		■	Inspección	4
Método	Planteado	D	Espera	1
		▼	Almacenamiento	0
Lugar	Taller textil	**Tiempo (min)**		34 min

DESCRIPCIÓN	●	➡	■	D	▼	**Tiempo (min)**
Unir hombros con pespunte	X					1.8
Pegar cuello 1° pase	X					2.2
Pegar cuello 2° pase	X					1.9
Asentar cuello	X					1.4
Inspección de cuello			X			0.8
Ajuste de alineación de cuello	X					0.6
Pegar manga francesa	X					2
Pespunte de manga	X					1.7
Inspección de manga			X			0.7
Reacomodo de piezas para costura	X					0.7
Cerrar costados	X					2.1
Bastillar faldón	X					2.1
Compaginar cuerpo para pegar puño	X					1.4
Pegar puños	X					3.2
Ajuste de posición de puños	X					0.5
Ojalar pie de cuello	X					0.9
Ojalar yugo	X					0.8
Pegar botón pie de cuello	X					0.8
Pegar botón a yugo	X					0.8
Pegar botón down	X					0.8
Verificación adicional de acabado			X			0.5
Corrección de defectos	X					2
Corrección de alineación y acabado	X					1.2
Reinspección por error operativo			X			2.6
Espera por aprobación				X		0.5
TOTAL	20	0	4	1	0	34.00

Anexo J

Actividades según clasificación

N°	Actividad	Antes (min)	Después (min)	Clasificación	Resultado de la mejora
1	Unir hombros con pespunte	1.8	1.5	VA	Reducción por estandarización
2	Pegar cuello 1° pase	2.2	2.1	VA	Reducción por estandarización
3	Pegar cuello 2° pase	1.9	1.9	VA	Estandarizado
4	Asentar cuello	1.4	1.4	VA	Estandarizado
5	Inspección de cuello	0.8	0.8	NNVA	Se mantiene como control de calidad
6	Ajuste de alineación de cuello	0.6	0	NVA	Eliminada
7	Pegar manga francesa	2	2	VA	Estandarizado
8	Pespunte de manga	1.7	1.7	VA	Estandarizado
9	Inspección de manga	0.7	0.7	NNVA	Se mantiene como control de calidad
10	Reacomodo de piezas para costura	0.7	0	NVA	Eliminada
11	Cerrar costados	2.1	2.1	VA	Estandarizado
12	Bastillar faldón	2.1	2	VA	Reducción por estandarización
13	Compaginar cuerpo para pegar puño	1.4	1	VA	Reducción por estandarización
14	Pegar puños	3.2	3.2	VA	Estandarizado
15	Ajuste de posición de puños	0.5	0	NVA	Eliminada
16	Ojalar pie de cuello	0.9	0.9	VA	Estandarizado
17	Ojalar yugo	0.8	0.8	VA	Estandarizado
18	Pegar botón pie de cuello	0.8	0.7	VA	Reducción por estandarización
19	Pegar botón a yugo	0.8	0.7	VA	Reducción por estandarización
20	Pegar botón down	0.8	0.8	VA	Estandarizado
21	Verificación adicional de acabado	0.5	0	NNVA	Eliminada
22	Corrección de defectos	2	1	NVA	Reducción de reprocesos
23	Corrección de alineación y acabado	1.2	0	NVA	Eliminada
24	Reinspección por error operativo	2.6	1.2	NNVA	Reducción de errores
25	Espera por aprobación	0.5	0.3	NVA	Reducción de tiempo de espera
Total		34	26.8	-	Reducción de 7.2 min

Anexo K

Ficha técnica de indicador OEE

FICHA TÉCNICA DE INDICADOR OEE	
Nombre del indicador	OEE (Overall Equipment Effectiveness) – Eficiencia Global de los Equipos
Objetivo	Medir la eficiencia global de la línea de costura de camisas.
Definición	El OEE evalúa qué tan eficientemente se utiliza la línea de costura, considerando la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.
Fórmula	**OEE (%) = Disponibilidad (%) × Rendimiento (%) × Calidad (%)** **Disponibilidad (%) =** $\frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo planificado}} \times 100$ — **Rendimiento (%) =** $\frac{\text{Producción real}}{\text{Producción teórica}} \times 100$ — **Calidad (%) =** $\frac{\text{Unidades buenas}}{\text{Unidades totales}} \times 100$
Unidad de medida	Porcentaje (%)
Interpretación	OEE ≥ 81.93% → Adecuado 60% ≤ OEE < 81.93% → Riesgo OEE < 60% → Crítico
Criterio de evaluación	Adecuado: OEE ≥ 81.93% Riesgo: 60% ≤ OEE < 81.93% Crítico: OEE < 60%
Fuente de datos	Registros de producción, partes de operación, reportes de calidad y tiempos planificados.
Frecuencia de medición	Mensual
Responsable	Jefe de producción / Supervisor de línea
Meta	OEE ≥ 81.93%
Observaciones	Permite identificar pérdidas en la línea y enfocar acciones de mejora en disponibilidad, rendimiento o calidad.

Anexo L

Ficha técnica de indicador MTTR

FICHA TÉCNICA DE INDICADOR MTTR				
1. Nombre de la organización	Empresa del Sector Textil			
2. Objetivo	Medir el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) para evaluar la eficiencia en la resolución de problemas y mantenimiento.			
3. Nombre del proceso	Proceso de Costura de Camisas			
4. Meta (Resultado planificado)	**1.20 horas**	**5. Escala de medición**	Horas (h)	
5. Fórmula de cálculo	$\text{MTTR} = \frac{\textit{Tiempo total de inactividad debido a la reparación}}{\textit{Número total de incidentes}}$			
6. Nivel de referencia	**Crítico**	> 2.50 horas	Situación crítica. Tiempos de reparación muy altos.	
	Riesgo	1.50 – 2.50 horas	Situación intermedia. Requiere acciones de mejora.	
	Adecuado	< 1.50 horas	Situación aceptable. Tiempos de reparación eficientes.	
7. Responsables de medición	Supervisor de Mantenimiento y Mecánico de Costura			
8. Fuente de información	Registros de mantenimiento correctivo, órdenes de trabajo y reportes técnicos.			
9. Frecuencia de medición	Semanal	**10. Frecuencia de reportaje**	Mensual	
11. Responsables de informe	Jefe de Ingeniería y Supervisor de Mantenimiento			
12. Observaciones	Una reducción del MTTR refleja mayor eficiencia en las intervenciones de mantenimiento y contribuye a minimizar las paradas de producción.			

Anexo M

Ficha técnica de indicador MTBF

FICHA TÉCNICA DE INDICADOR MTBF				
1. Nombre de la organización	Empresa del Sector Textil			
2. Objetivo	Evaluar el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) para medir la confiabilidad de los equipos y prevenir posibles mejoras en el mantenimiento preventivo.			
3. Nombre del proceso	Proceso de Costura de Camisas			
4. Meta (Resultado planificado)	116.32 horas	**5. Escala de medición**	Horas (h)	
5. Fórmula de cálculo	$MTBF = \frac{Tiempo\ total\ disponible - Tiempo\ de\ inactividad}{Número\ total\ de\ paradas}$			
6. Nivel de referencia	**Crítico**	< 80 horas	Situación inaceptable. Alta frecuencia de fallas.	
	Riesgo	80 – 100 horas	Situación intermedia. Requiere acciones de mejora.	
	Adecuado	> 100 horas	Situación aceptable. Confiabilidad adecuada.	
7. Responsables de medición	Supervisor de Mantenimiento y Mecánico de Costura			
8. Fuente de información	Registros de averías, órdenes de trabajo y reportes de mantenimiento.			
9. Frecuencia de medición	Semanal	**10. Frecuencia de reportaje**	Mensual	
11. Responsables de informe	Jefe de Ingeniería y Supervisor de Mantenimiento			
12. Observaciones	Un incremento del MTBF refleja una mayor confiabilidad operacional y una menor frecuencia de fallas en los equipos productivos.			

Anexo N

Matriz Leopold

Factores ambientales		SMED						TPM						Estandarización				Afectaciones +	Afectaciones -	Total afectaciones	Agregado del impacto	Interpretación
		Diagnóstico y registro de tiempos de setup		Clasificación de actividades internas y externas		Preparación externa de agujas, hilos, accesorios y herramientas	Checklist y parámetros estándar de configuración	Diagnóstico de fallas mediante MTBF y MTTR		Limpieza, lubricación e inspección autónoma	Control anti-manchas y fugas de aceite en máquinas	Mantenimiento preventivo y verificación post-mantenimiento	Mapeo DAP del proceso de confección de camisas	Estudio de tiempos y reducción de actividades sin valor	Procedimientos estándar para operaciones de costura	Capacitación y seguimiento del cumplimiento de estándares					
Medio físico	Consumo de energía eléctrica	2	2	1	2	1	2	2	2	-1	2	1	4	3	4	1	2	3	4	2	3	3	4	11	1	12	62	Beneficio relevante
	Consumo de insumos de mantenimiento	0	0	0	0	0	1	1	3	-1	2	2	4	2	4	0	0	0	0	1	2	2	3	6	1	7	27	Beneficio moderado
	Emisiones indirectas de CO2	1	2	1	2	1	2	1	2	-1	2	1	2	-1	2	1	2	2	3	2	3	2	3	10	2	12	32	Beneficio moderado
Medio biológico	Generación de residuos sólidos	0	0	1	2	2	3	1	3	0	0	1	2	1	2	1	2	2	4	2	3	2	3	10	0	10	39	Beneficio moderado
	Residuos contaminados con aceite	0	0	0	0	0	1	1	3	2	4	3	5	3	5	0	0	1	0	1	2	2	3	7	0	7	51	Beneficio relevante
	Segregación de residuos	1	2	1	2	2	3	1	2	3	4	3	5	3	5	1	2	2	1	3	4	2	5	12	0	12	92	Beneficio relevante
Socioeconómico	Seguridad y salud ocupacional	1	2	1	2	2	3	1	2	3	5	3	5	4	5	1	2	2	3	3	4	4	5	12	0	12	114	Beneficio relevante
	Orden y limpieza	1	2	1	2	2	3	1	2	4	5	3	5	3	5	1	2	2	3	3	4	4	5	12	0	12	114	Beneficio relevante
	Uso eficiente de recursos	1	2	2	3	3	4	3	4	1	2	1	3	2	4	3	4	1	2	4	5	3	4	3	4	12	0	12	103	Beneficio relevante
	Cumplimiento normativo ambiental	1	2	1	2	2	3	4	5	1	2	3	4	3	5	4	5	2	3	3	4	4	5	4	5	12	0	12	137	Beneficio relevante
Afectaciones +	+	7		8		8	10	9		7	10	9		8	8	10	10	104	4	108	771	
Afectaciones -	-	0		0		0	0	0		3	0	1		0	0	0	0					
Total de afectaciones		7		8		8	10	9		10	10	10		8	8	10	10					
Agregado del impacto		16		20		46	87	22		66	97	117		20	72	90	118				771	