



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN I.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

“Mejorar el sistema de producción de bordado en una
empresa textil del estado de Veracruz mediante *Lean
Manufacturing*”

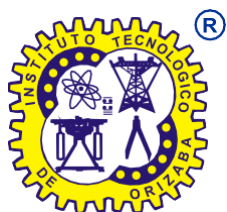
**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA:

Ing. Jorge Álvarez López

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Fernando Ortiz Flores



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO.

MAYO 2026



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba, Veracruz, **8/mayo/2026**
Dependencia: **División de Estudios de
Posgrado e Investigación**
Asunto: **Autorización de Impresión**
OPCION: I

C. ÁLVAREZ LÓPEZ JORGE
Candidato(a) a Grado de Maestro(a) en:
INGENIERÍA INDUSTRIAL
PRESENTE

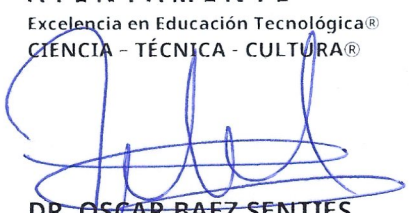
De acuerdo con el reglamento de Titulación vigente de los Centros e Institutos Tecnológicos Federales del Tecnológico Nacional de México, de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

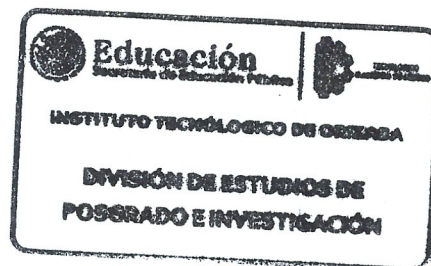
**"MEJORAR EL SISTEMA DE PRODUCCION DE BORDADO EN UNA EMPRESA TEXTIL DEL ESTADO DE
VERACRUZ MEDIANTE LEAN MANUFACTURING"**

Comunico a usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®


DR. OSCAR BAEZ SENTIES
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



OBS/JARH

OG-13-F06



2026
año de
**Margarita
Maza**

Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz
Tel. 01 (272) 1105360 info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba Veracruz, 10/abril/2026
Asunto: Revisión de trabajo escrito

C. OSCAR BAEZ SENTIES
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.-

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C.:

ÁLVAREZ LÓPEZ JORGE

La cual lleva el título de:

MEJORAR EL SISTEMA DE PRODUCCION DE BORDADO EN UNA EMPRESA TEXTIL DEL ESTADO DE
VERACRUZ MEDIANTE LEAN MANUFACTURING

y concluyen que se acepta.

A T E N T A M E N T E

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE: DR. FERNANDO ORTIZ FLORES

SECRETARIO: DR. OSCAR BAEZ SENTIES

VOCAL: M.C. JORGE LUIS HERNANDEZ MORTERA

VOCAL SUP.: DRA. ALICIA AGUEDA CONDE ISLAS

FIRMA

FIRMA

FIRMA

FIRMA

TA-09-F18





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba

Departamento de División de Estudios de Posgrado e Investigación

LICENCIA DE USO OTORGADA POR Jorge Álvarez López, de nacionalidad mexicana mayor de edad, con domicilio ubicado en Ote. 9 # 729, Emiliano Zapata 94320 Orizaba, Veracruz, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada Mejorar el sistema de producción de bordado en una empresa textil del estado de Veracruz mediante Lean Manufacturing en adelante **"LA OBRA"** quien para todos los fines del presente documento se denominará **"EL AUTOR Y/O EL TITULAR"**, a favor del Instituto Tecnológico de Orizaba del Tecnológico Nacional de México, la cual se regirá por las cláusulas siguientes:

PRIMERA -OBJETO: **"EL AUTOR Y/O TITULAR"**, mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de Orizaba del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de **"LA OBRA"**, para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de **"LA OBRA"** en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse. en medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar, conocido o por conocerse.

CUARTA - EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Orizaba por lo tanto, **"EL AUTOR Y/O TITULAR"** conserva los derechos patrimoniales y morales de **"LA OBRA"**, objeto del presente documento.

QUINTA - CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico de Orizaba y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el **"AUTOR Y/O TITULAR"** es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre **"LA OBRA"**; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA - AUTORÍA: **"EL AUTOR Y/O TITULAR"** manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de **"LA OBRA"** y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la Ciudad de Orizaba, a los 7 días del mes de mayo de 2026.

"EL AUTOR Y/O TITULAR"

Jorge Álvarez López

"EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE Orizaba"

Jorge Arturo Ramírez Hdez



2026
año de
Margarita
Maza



Agradecimientos

A mis padres, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. Gracias por todo el esfuerzo que han hecho por mí, por su confianza y por impulsarme a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Todo lo que soy y lo que he logrado se lo debo en gran parte a ustedes; este logro también es suyo.

A mi hermano, por acompañarme en este camino, por su apoyo y por estar presente en los momentos importantes. Gracias por ser parte de este proceso y por motivarme a seguir adelante.

A mis asesores, por su paciencia, por el tiempo que dedicaron a guiarme y por ayudarme a encontrar soluciones cuando no sabía cómo avanzar en la tesis. Su orientación fue fundamental para concluir este proyecto. De igual manera, a mis profesores, por todas las enseñanzas compartidas a lo largo de mi formación, por su compromiso y por la paciencia que tuvieron para ayudarme a comprender mejor los temas, especialmente aquellos que representaron un mayor reto para mí. Su apoyo fue clave para mi crecimiento tanto académico como personal.

A la empresa que me abrió sus puertas para la realización de este proyecto, al gerente y a todo su personal, por la confianza que depositaron en mí y por permitirme formar parte de sus actividades. Gracias por el apoyo brindado durante mi estancia y por hacer posible el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, quisiera expresar mi agradecimiento a Dios por darme la fortaleza y la salud para llegar hasta este momento. A mis compañeros de la maestría, por el apoyo, la convivencia y las experiencias compartidas durante esta etapa académica. Así como a todas aquellas personas que, de una u otra manera, estuvieron presentes durante este proceso y contribuyeron a que este logro fuera posible.

Resumen

La presente tesis abordó la mejora del sistema de producción de bordado en dos máquinas de una empresa del sector textil, incrementando su eficacia operativa mediante la aplicación de herramientas de *Lean Manufacturing*. La problemática principal radicó en la presencia de tiempos improductivos, la falta de estandarización y las deficiencias en la organización del área de trabajo.

Para atender esta problemática, se desarrolló e implementó una metodología que permitió, en primer lugar, realizar un diagnóstico del sistema productivo y seleccionar un área piloto, así como una familia de productos representativa. Posteriormente, se identificaron las principales causas de ineficiencia mediante herramientas como el diagrama de Pareto y el diagrama de Ishikawa, y se definieron tres indicadores de desempeño: la tasa de disponibilidad, el *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* y el índice de organización del área de trabajo.

Finalmente, se implementaron herramientas de *Lean Manufacturing*: las *5S*, *SMED* y la estandarización del trabajo; orientadas a mejorar las condiciones operativas del sistema y, en consecuencia, los valores iniciales de los tres indicadores de desempeño. Como resultado, se logró un incremento en la tasa de disponibilidad, que pasó del 76.90% al 85.50% en la Máquina 1 y del 80.09% al 87.07% en la Máquina 2. Asimismo, el *OEE* aumentó del 59.89% al 74.11% en la Máquina 1 y del 67.19% al 77.36% en la Máquina 2. Por su parte, el índice de organización del área de trabajo presentó mejoras significativas, alcanzando valores de 94.52% y 96.19% respectivamente. Es importante mencionar que *SMED* permitió reducir el tiempo de preparación de 81.40 minutos a 26.34 minutos, lo que representó una disminución del 67.64%.

Los resultados de la aplicación de herramientas de *Lean Manufacturing* podrían mejorar significativamente el desempeño de los sistemas productivos en empresas del sector textil, especialmente en las pequeñas y medianas con recursos limitados. Asimismo, la metodología propuesta puede utilizarse como base para la implementación de mejoras en contextos similares, contribuyendo a optimizar procesos y fortalecer la competitividad empresarial.

Abstract

This thesis addressed the improvement of the embroidery production system on two machines at a company in the textile sector, increasing operational efficiency through the application of Lean Manufacturing tools. The main problems lie in unproductive time, a lack of standardization, and deficiencies in the organization of the work area.

To address this problem, a methodology was developed and implemented that made it possible, first, to conduct a diagnosis of the production system and to select a pilot area and a representative product family. Subsequently, the main causes of inefficiency were identified through tools such as the Pareto diagram and the Ishikawa diagram, and three performance indicators were defined: availability rate, Overall Equipment Effectiveness (OEE), and the work area organization index.

Finally, Lean Manufacturing tools were implemented: 5S, SMED, and work standardization—were implemented to improve the system's operating conditions and, consequently, the initial values of the three performance indicators. As a result, the availability rate increased, rising from 76.90% to 85.50% in Machine 1 and from 80.09% to 87.07% in Machine 2. Likewise, OEE increased from 59.89% to 74.11% in Machine 1 and from 67.19% to 77.36% in Machine 2. In turn, the work area organization index showed significant improvements, reaching values of 94.52% and 96.19%, respectively. It is important to note that applying SMED reduced setup time from 81.40 minutes to 26.34 minutes, representing a 67.64% reduction.

The application of Lean Manufacturing tools could significantly improve the performance of production systems in textile companies, especially small and medium-sized enterprises with limited resources. Likewise, the proposed methodology may serve as a basis for implementing improvements in similar contexts, thereby contributing to process optimization and strengthening business competitiveness.

Contenido

Agradecimientos	I
Resumen	II
Abstract	III
Contenido	IV
Índice de figuras.....	X
Índice de tablas	XII
Introducción	1
Planteamiento del problema	1
Hipótesis	2
Contenido de la tesis	3
Capítulo 1 Antecedentes.....	5
1.1 Estado del campo.....	5
1.1.1 Marco global del proyecto.....	6
1.1.1.1 Evolución de la industria textil.....	6
1.1.1.2 Panorama del sector de bordado industrial	8
1.1.1.3 Problemáticas recurrentes en los procesos de bordado	8
1.1.1.4 <i>Lean Manufacturing</i> como solución en procesos de bordado	9
1.1.2 Aplicaciones de las técnicas.....	10
1.1.2.1 Aplicaciones de <i>Lean Manufacturing</i>	10
1.1.2.2 Aplicaciones de <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	15
1.1.2.3 Aplicaciones de <i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i>	19
1.1.2.4 Aplicaciones de las 5S	23
1.1.2.5 Aplicaciones de <i>Poka-Yoke</i>	26
1.2 Generalidades de la empresa en estudio	28
1.2.1 Historia de la empresa bajo estudio	29

1.2.2 Proceso de creación y desarrollo.....	29
1.2.3 Enfoque estratégico	30
1.2.3.1 Misión	30
1.2.3.2 Visión	30
1.2.3.3 Valores	31
1.2.4 Marco geográfico.....	31
1.2.5 Distribución de la empresa bajo estudio	32
1.2.6 Estructura organizacional de la empresa bajo estudio	33
1.2.7 Descripción del sistema de producción de bordado en la empresa bajo estudio	35
1.3 Objetivos	38
1.3.1 Objetivo General.....	38
1.3.2 Objetivos específicos.....	38
1.4 Justificación	39
1.5 Conclusión	40

Capítulo 2 Marco teórico 41

2.1 Panorama de las técnicas de mejora aplicadas.....	41
2.2 Herramientas para la generación y organización de ideas	43
2.2.1 Lluvia de ideas.....	43
2.2.1.1 Ventajas y desventajas de la lluvia de ideas	44
2.2.1.2 Pasos para realizar una lluvia de ideas	45
2.2.2 Diagrama de afinidad	46
2.2.2.1 Ventajas del diagrama de afinidad	47
2.2.2.2 Pasos para realizar un diagrama de afinidad.....	48
2.3 Herramientas para el análisis de problemas y causas raíz	48
2.3.1 Diagrama de Pareto	48
2.3.1.1 Usos del diagrama de Pareto	49
2.3.1.2 Ventajas y desventajas del diagrama de Pareto	50
2.3.1.3 Pasos para realizar el diagrama de Pareto.....	51
2.3.2 Diagrama de <i>Ishikawa</i>	51
2.3.2.1 Ventajas y desventajas del diagrama de <i>Ishikawa</i>	53
2.3.2.2 Pasos para realizar el diagrama de <i>Ishikawa</i>	54
2.4 Métodos para la evaluación de desempeño y toma de decisiones	55
2.4.1 Método de evaluación de factores por puntos	55
2.4.1.1 Ventajas del método de evaluación de factores por puntos.....	56
2.4.1.2 Pasos para realizar el método de evaluación de factores por puntos	57

2.4.2 Overall Equipment Effectiveness (OEE)	57
2.4.2.1 Beneficios con la mejora OEE	58
2.4.2.2 Cálculo del OEE	59
2.4.2.3 Cálculo de la disponibilidad	60
2.4.2.4 Cálculo del rendimiento.....	61
2.4.2.5 Cálculo de la calidad.....	61
2.5 Procedimientos para el análisis de datos estadísticos.....	62
2.5.1 Muestreo	62
2.5.1.1 Muestreo probabilístico	63
2.5.1.2 Muestreo no probabilístico	63
2.5.1.3 Tamaño de muestra.....	64
2.5.1.4 Pasos para determinar el tamaño de muestra	65
2.5.2 Prueba de hipótesis	66
2.5.2.1 Definición de la prueba de hipótesis	67
2.5.2.2 Elementos fundamentales de la prueba de hipótesis	67
2.5.2.3 Ejemplos de su aplicación	69
2.5.2.4 Procedimiento para realizar una prueba de hipótesis	69
2.6 Filosofías de <i>Lean Manufacturing</i> para la mejora continua y optimización de procesos	75
2.6.1 Las 5S.....	75
2.6.1.1 Significado de las 5S.....	76
2.6.1.2 Beneficios de la implementación de las 5S.....	77
2.6.1.3 Pasos para la implementación de las 5S.....	78
2.6.2 <i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i>	80
2.6.2.1 Conceptos de tiempo de cambio.....	80
2.6.2.2 Beneficios de la implementación de <i>SMED</i>	81
2.6.2.3 Pasos para la implementación de <i>SMED</i>	82
2.6.3 Estandarización del trabajo	84
2.6.3.1 Beneficios de la implementación de trabajo estandarizado.....	86
2.6.3.2 Pasos para la implementación del trabajo estandarizado	87
2.7 Conclusión	88
Capítulo 3 Metodología	90
3.1 Metodología	90
3.2 Realizar diagnóstico de la situación actual de la empresa bajo estudio	92

3.2.1 Conocer la historia de la empresa	92
3.2.2 Identificar áreas y procesos que conforman el sistema de producción de bordado	93
3.2.3 Entrevistar a los operarios para recopilar información sobre problemáticas recurrentes en el sistema de producción de bordado	93
3.3 Seleccionar un área piloto	95
3.3.1 Realizar un diagrama de afinidad de problemáticas recurrentes vs. áreas de oportunidad.....	95
3.3.2 Definir factores clave mediante una lluvia de ideas.....	96
3.3.3 Seleccionar área piloto mediante el método por puntos.....	99
3.4 Seleccionar la familia de productos piloto.....	101
3.4.1 Determinar las familias de mayor impacto mediante análisis de Pareto	101
3.4.2 Seleccionar la familia de productos piloto mediante el método por puntos	104
3.5 Seleccionar los indicadores de desempeño clave.....	106
3.5.1 Identificar, mediante un diagrama de <i>Ishikawa</i> , las deficiencias del sistema de producción de bordado: familia de productos del área piloto.....	107
3.5.2 Definir indicadores de desempeño clave	108
3.6 Medir indicadores de desempeño clave.....	110
3.6.1 Medir la tasa de disponibilidad de las máquinas de bordado	110
3.6.1.1 Medición de tiempos preliminares	110
3.6.1.2 Cálculo del número de mediciones óptimo.....	112
3.6.1.3 Medición de tiempos faltantes.....	114
3.6.1.4 Definición de tasa de disponibilidad.....	114
3.6.2 Medir la tasa de rendimiento de las máquinas de bordado	114
3.6.2.1 Medición de tiempos preliminares	115
3.6.2.2 Cálculo del número de mediciones óptimo.....	117
3.6.2.3 Medición de tiempos faltantes.....	118
3.6.2.4 Definición de tasa de rendimiento.....	119
3.6.3 Medir la tasa de calidad de las máquinas de bordado	119
3.6.3.1 Medición de tiempos preliminares	119
3.6.3.2 Cálculo del número de mediciones óptimo.....	121
3.6.3.3 Medición de tiempos faltantes.....	123
3.6.3.4 Definición de tasa de calidad.....	123
3.6.4 Calcular el <i>OEE</i> de las máquinas de bordado.....	123
3.6.5 Medir el índice de organización del área de trabajo.....	126
3.6.5.1 Medición preliminar	126
3.6.5.2 Cálculo del número de mediciones óptimas	130
3.6.5.3 Medición de tomas faltantes.....	132

3.6.5.4 Definición del índice de organización del área de trabajo	132
3.7 Determinar las técnicas factibles para mejorar los indicadores	133
3.7.1 Identificar problemáticas con mayor incidencia en los indicadores clave de desempeño	133
3.7.2 Seleccionar técnicas para mejorar indicadores clave de desempeño	137
3.7.3 Definir el orden de implementación de las técnicas seleccionadas	140
3.8 Implementar las 5S en el área de producción de bordados	141
3.8.1 Realizar un diagnóstico inicial en el área de bordado	141
3.8.2 Realizar una sesión informativa sobre las 5S	144
3.8.3 Implementar la etapa 1 - <i>Seiri</i> (Clasificar)	146
3.8.4 Implementar la etapa 2 - <i>Seiton</i> (Ordenar)	150
3.8.5 Implementar la etapa 3 - <i>Seiso</i> (Limpiar)	153
3.8.6 Implementar la etapa 4 - <i>Seiketsu</i> (Estandarizar)	156
3.8.7 Implementar la etapa 5 - <i>Shitsuke</i> (Disciplina).....	158
3.9 Implementar <i>SMED</i> para reducir los tiempos de preparación	164
3.9.1 Fase preliminar. Identificar actividades internas y externas	164
3.9.1.1 Elaborar un listado de actividades de preparación	164
3.9.1.2 Medir el tiempo de preparación actual.....	166
3.9.1.3 Elaborar un diagrama de flujo de trabajo del proceso de preparación	169
3.9.1.4 Identificar actividades internas y externas del proceso de preparación actual	170
3.9.2 Fase 1. Separar actividades internas y externas.....	171
3.9.2.1 Separar las actividades de preparación como internas o externas.....	172
3.9.2.2 Elaborar lista de verificación para las actividades internas y externas	173
3.9.2.3 Elaborar lista de verificación para los elementos requeridos durante la preparación	174
3.9.3 Fase 2. Convertir actividades internas en externas.....	175
3.9.4 Fase 3. Desarrollar propuestas de mejora para las actividades internas	178
3.9.5 Fase 4. Desarrollar propuestas de mejora para las actividades externas	180
3.9.6 Fase 5: Desarrollar el nuevo proceso de preparación.....	181
3.9.6.1 Elaborar un diagrama de flujo de trabajo del nuevo proceso de preparación.....	181
3.9.6.2 Elaborar una lista de verificación final de las actividades internas y externas.....	182
3.9.6.3 Elaborar una lista de verificación de los elementos requeridos durante la preparación.....	183
3.9.7 Fase 6: Evaluar el tiempo ahorrado	184
3.10 Diseñar hojas de trabajo estandarizadas	186
3.10.1 Definir el propósito y el alcance del trabajo estandarizado	187
3.10.2 Definir la secuencia del proceso de preparación de máquinas de bordado	187
3.10.3 Definir el método estándar	189
3.10.4 Determinar los tiempos de ciclo de cada actividad del proceso	191
3.10.4.1 Medición de tiempos preliminares	191

3.10.4.2 Cálculo del número óptimo de mediciones.....	194
3.10.4.3 Medición de tiempos faltantes.....	196
3.10.4.4 Definición del tiempo estándar de preparación para las máquinas de bordado.....	196
3.10.5 Diseñar las hojas de trabajo estandarizadas.....	197
3.11 Capacitar al personal y proponer la continuidad de la implementación de las hojas de trabajo estandarizadas	200
3.12 Medir indicadores de desempeño después de la mejora	203
3.12.1 Medir la tasa de disponibilidad tras la mejora.....	203
3.12.2 Medir la tasa de rendimiento tras la mejora	204
3.12.3 Medir la tasa de calidad tras la mejora	205
3.12.4 Calcular el <i>OEE</i> de las máquinas de bordado tras la mejora	206
3.12.5 Medir el índice de organización del área de trabajo tras la mejora	207
3.13 Validar estadísticamente el grado de mejora	210
3.13.1 Validar estadísticamente la mejora en la tasa de disponibilidad de la Máquina 1	210
3.13.2 Validar estadísticamente la mejora en la tasa de disponibilidad de la Máquina 2	215
3.13.3 Validar estadísticamente la mejora del <i>OEE</i> de la Máquina 1.....	218
3.13.4 Validar estadísticamente la mejora del <i>OEE</i> de la Máquina 2.....	223
3.13.5 Validar estadísticamente la mejora del índice de organización de la Máquina 1	226
3.13.6 Validar estadísticamente la mejora del índice de organización de la Máquina 2.....	231
3.14 Análisis de resultados	235
3.15 Conclusión	238
Capítulo 4 Resultados.....	239
4.1 Discusión	239
4.2 Productos académicos.....	242
Conclusiones y recomendaciones	243
Conclusiones	243
Recomendaciones.....	244
Fuentes de información	246

Índice de figuras

Figura 1.1 Ubicación geográfica de la empresa en estudio.	31
Figura 1.2 Distribución de planta de la empresa bajo estudio.	32
Figura 1.3 Organigrama de la empresa bajo estudio, con énfasis en el área de bordado: lugar donde se desarrolló la tesis.	34
Figura 1.4 Diagrama de flujo del sistema de producción de bordado en la empresa bajo estudio.	37
Figura 1.5 Diagrama de espagueti del sistema de producción de bordado en la empresa bajo estudio.	38
Figura 2.1 Herramientas, métodos, procedimientos y filosofía implementados en la empresa bajo estudio.	41
Figura 3.1 Metodología para mejorar el sistema de producción de bordados.	90
Figura 3.2 Diagrama de afinidad de problemáticas recurrentes vs áreas de oportunidad.	96
Figura 3.3 Diagrama de afinidad de los factores de evaluación agrupados en seis categorías.	99
Figura 3.4 Gráfico de Pareto de las familias más representativas.	104
Figura 3.5 Diagrama de Ishikawa sobre las deficiencias que afectan la producción de la familia de productos del área piloto.	108
Figura 3.6 Diagrama de causa-efecto de deficiencias vs indicadores de desempeño.	109
Figura 3.7 Pareto de problemáticas con mayor incidencia en los indicadores de desempeño clave.	136
Figura 3.8 Pareto de las técnicas de mejora con mayor cobertura de problemáticas.	139
Figura 3.9 Evidencia del diagnóstico inicial de zonas de operación de máquinas, previo a la implementación de las 5S.	143
Figura 3.10 Evidencia del diagnóstico inicial de anaqueles de almacenamiento, previo a la implementación de las 5S.	143
Figura 3.11 Evidencia del diagnóstico inicial de pasillos de circulación, previo a la implementación de las 5S.	144
Figura 3.12 Registro del antes y después de la aplicación de Seiri en los anaqueles de almacenamiento.	149
Figura 3.13 Registro del antes y después de la aplicación de Seiri en los pasillos de circulación.	149
Figura 3.14 Registro del antes y después de la aplicación de Seiri en las zonas de operación de máquinas. .	150
Figura 3.15 Registro del antes y después de la aplicación de Seiton en los anaqueles de almacenamiento próximos al área de operación de las máquinas.	152
Figura 3.16 Registro del antes y después de la aplicación de Seiton en los pasillos de circulación.	153
Figura 3.17 Registro del antes y después de la aplicación de Seiso en las zonas de operación de las máquinas.	156
Figura 3.18 Registro del antes y después de la aplicación de Seiso en los anaqueles de almacenamiento.	156
Figura 3.19 Comparación de tiempos de preparación: fases de SMED.	186
Figura 3.20 Ubicación de las hojas de trabajo estandarizadas al costado de la máquina 1.	202

Figura 3.21 Región de rechazo para la H_0 : disponibilidad de la Máquina 1.	211
Figura 3.22 Región de rechazo para la H_0 de acuerdo con los valores obtenidos al evaluar el incremento de la disponibilidad en la Máquina 1.	215
Figura 3.23 Región de rechazo para la H_0 de acuerdo con los valores obtenidos al evaluar el incremento de la disponibilidad en la Máquina 2.	218
Figura 3.24 Región de rechazo para H_0 : OEE de la Máquina 1.	220
Figura 3.25 Región de rechazo para la H_0 de acuerdo con los valores obtenidos al evaluar el incremento del OEE en la Máquina 1.	223
Figura 3.26 Región de rechazo para la H_0 de acuerdo con los valores obtenidos al evaluar el incremento del OEE en la Máquina 2.	226
Figura 3.27 Región de rechazo para H_0 : índice de organización de la Máquina 1.	228
Figura 3.28 Región de rechazo para la H_0 de acuerdo con los valores obtenidos al evaluar el índice de organización en la Máquina 1.	231
Figura 3.29 Región de rechazo para la H_0 de acuerdo con los valores obtenidos al evaluar el índice de organización en la Máquina 2.	234
Figura 4.1 Comparación de la tasa de disponibilidad antes y después de la mejora.	240
Figura 4.2 Comparación del OEE antes y después de la mejora.	240
Figura 4.3 Comparación del índice de organización del área de trabajo antes y después de la mejora.	241

Índice de tablas

Tabla 1.1 Descripción de las áreas de la empresa bajo estudio.	33
Tabla 2.1 Clasificación de desempeño de OEE, rangos y descripción.....	60
Tabla 3.1 Aspectos que se pueden mejorar en las áreas de oportunidad detectadas.....	96
Tabla 3.2 Definición de los seis factores clave obtenidos.	98
Tabla 3.3 Selección del área piloto mediante el método de evaluación por puntos.....	101
Tabla 3.4 Familias de productos en la empresa bajo estudio.....	102
Tabla 3.5 Datos para realizar un diagrama de Pareto.	103
Tabla 3.6 Selección de familia piloto mediante el método de evaluación por puntos.	106
Tabla 3.7 Tiempos preliminares para la medición de la disponibilidad en la Máquina 1.	112
Tabla 3.8 Tiempos preliminares para la medición de la disponibilidad en la Máquina 2.	112
Tabla 3.9 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 1.....	113
Tabla 3.10 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 2.	113
Tabla 3.11 Tiempos preliminares para la medición del rendimiento en la Máquina 1.	116
Tabla 3.12 Tiempos preliminares para la medición del rendimiento en la Máquina 2.	116
Tabla 3.13 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 1.	117
Tabla 3.14 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 2.	118
Tabla 3.15 Resumen del cálculo de la tasa de calidad de la Máquina 1.....	121
Tabla 3.16 Resumen del cálculo de la tasa de calidad de la Máquina 2.....	121
Tabla 3.17 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 1.	122
Tabla 3.18 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 2.	122
Tabla 3.19 Resumen del cálculo del OEE y promedio para la Máquina 1.....	124
Tabla 3.20 Resumen del cálculo del OEE y promedio para la Máquina 2.....	125
Tabla 3.21 Clasificación de desempeño de OEE, rangos y descripción.....	125
Tabla 3.22 Formato (checklist) para evaluar el índice de organización del área piloto.	128
Tabla 3.23 Checklist para evaluar el índice de organización de la Máquina 1.....	129
Tabla 3.24 Checklist para evaluar el índice de organización de la Máquina 2.....	130
Tabla 3.25 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 1.	131
Tabla 3.26 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 2.	131
Tabla 3.27 Problemáticas con mayor incidencia en los indicadores de desempeño medidos.	135
Tabla 3.28 Datos necesarios para realizar el diagrama de Pareto.	136
Tabla 3.29 Relación entre problemáticas, soluciones propuestas y técnicas factibles.....	138
Tabla 3.30 Matriz de selección de técnicas factibles vs problemáticas destacadas.	138
Tabla 3.31 Datos necesarios para realizar el diagrama de Pareto.	139
Tabla 3.32 Resultado de las observaciones del diagnóstico inicial.....	142
Tabla 3.33 Formato de clasificación Seiri.	147

Tabla 3.34 Formato de clasificación Seiso.	155
Tabla 3.35 Formato de estandarización Seiketsu.	158
Tabla 3.36 Formato de disciplina Shitsuke.	159
Tabla 3.37 Formato para el concentrado de evaluación mensual al personal.	161
Tabla 3.38 Formato para el registro de sesiones para promover la sostenibilidad de las 5S.	163
Tabla 3.39 Tiempos preliminares para evaluar la preparación de las máquinas de bordado.	167
Tabla 3.40 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo.	168
Tabla 3.41 Diagrama de flujo del proceso de preparación de las máquinas de bordado.	169
Tabla 3.42 Identificación de actividades internas y externas del proceso de preparación de las máquinas de bordado.	171
Tabla 3.43 Listado de actividades internas de preparación.	172
Tabla 3.44 Listado de actividades externas de preparación.	172
Tabla 3.45 Lista de verificación de actividades internas de preparación.	173
Tabla 3.46 Lista de verificación de actividades externas de preparación.	174
Tabla 3.47 Lista de verificación de herramientas, accesorios y equipo requeridos.	175
Tabla 3.48 Conversión de actividades internas a externas.	176
Tabla 3.49 Listado actualizado de actividades internas de preparación.	177
Tabla 3.50 Listado actualizado de actividades externas de preparación.	178
Tabla 3.51 Actividades internas con potencial de mejora.	179
Tabla 3.52 Actividades externas con potencial de mejora.	180
Tabla 3.53 Diagrama de flujo del nuevo proceso de preparación.	181
Tabla 3.54 Lista de verificación final para las actividades de preparación externa.	182
Tabla 3.55 Lista de verificación final para las actividades de preparación interna.	183
Tabla 3.56 Lista de verificación final para las herramientas, accesorios y equipo requeridos.	184
Tabla 3.57 Secuencia de las actividades internas de preparación.	188
Tabla 3.58 Secuencia de las actividades externas de preparación.	188
Tabla 3.59 Método estándar para las actividades de preparación de la máquina de bordado.	190
Tabla 3.60 Registro de tiempo para la máquina 1 con el método estándar.	193
Tabla 3.61 Registro de tiempo para la máquina 2 con el método estándar.	194
Tabla 3.62 Cálculo del tamaño de muestra óptimo para la Máquina 1.	195
Tabla 3.63 Cálculo del tamaño de muestra óptimo para la Máquina 2.	195
Tabla 3.64 Lista de verificación del proceso estandarizado para la preparación de las máquinas de bordado.	198
Tabla 3.65 Hoja de trabajo estandarizada para las actividades de preparación.	199
Tabla 3.66 Medición de la disponibilidad en la Máquina 1 después de la mejora.	204
Tabla 3.67 Medición de la disponibilidad en la Máquina 2 después de la mejora.	204
Tabla 3.68 Medición del rendimiento de la Máquina 1 después de la mejora.	205
Tabla 3.69 Medición del rendimiento de la Máquina 2, después de la mejora.	205
Tabla 3.70 Resumen del cálculo de la tasa de calidad de la Máquina 1 después de la mejora.	206

Tabla 3.71 Resumen del cálculo de la tasa de calidad de la Máquina 2 después de la mejora.....	206
Tabla 3.72 Cálculo del OEE para la Máquina 1 después de la mejora.	207
Tabla 3.73 Cálculo del OEE para la Máquina 2 después de la mejora.	207
Tabla 3.74 Checklist para evaluar el índice de organización de la Máquina 1.....	208
Tabla 3.75 Checklist para evaluar el índice de organización de la Máquina 2.....	209
Tabla 3.76 Fragmento de la tabla de la distribución t de Student.	212
Tabla 3.77 Concentrado de las tasas de disponibilidad antes y después de las mejoras.	213
Tabla 3.78 Concentrado de las tasas de disponibilidad antes y después de las mejoras.	217
Tabla 3.79 Fragmento de la tabla de la distribución t de Student.	221
Tabla 3.80 Concentrado de los indicadores OEE antes y después de las mejoras.....	221
Tabla 3.81 Concentrado de los indicadores OEE antes y después de las mejoras.....	225
Tabla 3.82 Fragmento de la tabla de la distribución t de Student.	229
Tabla 3.83 Concentrado de los índices organizacionales antes y después de las mejoras.	229
Tabla 3.84 Concentrado de los índices de organización antes y después de las mejoras.....	233

Introducción

En un entorno altamente competitivo, las empresas del sector textil deben optimizar sus procesos productivos para mejorar su eficiencia operativa y fortalecer su posición en el mercado. Sin embargo, la empresa en estudio, ubicada en la zona centro del estado de Veracruz y dedicada a la producción de bordados industriales, enfrenta diversos desafíos que afectan la productividad de su sistema de producción de bordado. Entre las principales áreas de oportunidad identificadas se encuentran los tiempos prolongados en la ejecución de tareas, la desorganización en las áreas de trabajo, así como la falta de estandarización en los procesos, aspectos que impactan negativamente en el tiempo de entrega y en la calidad del producto.

El presente trabajo propone mejorar el sistema de producción de bordado en la empresa objeto de estudio, a través de la implementación de herramientas de *Lean Manufacturing*. Esta iniciativa se orienta a la reducción de los tiempos improductivos en las operaciones de preparación, así como la optimización del área de trabajo y al fomento de una cultura de mejora continua en los procesos productivos.

Con el desarrollo de la tesis se espera no sólo contribuir a mejorar el sistema de producción de bordado de la empresa, sino también sentar las bases para un sistema de producción más ágil y alineado con los principios de mejora continua.

Planteamiento del problema

La empresa en estudio es una compañía mexicana catalogada como una PyME, especializada en la confección de prendas de vestir, principalmente uniformes empresariales, además del bordado de logos y leyendas personalizadas. Desde sus inicios, la empresa operó de manera casi intuitiva, basando su gestión en un aprendizaje empírico para responder a las demandas de sus clientes, lo cual le ha permitido mantenerse en el mercado por más de 20 años, consolidándose y logrando un crecimiento significativo.

Ante el incremento en la demanda de sus productos, la organización determinó la necesidad de optimizar su sistema de producción de bordado, con este fin, se concertó una sesión de

trabajo con el propietario de la empresa para formalizar el desarrollo de un proyecto orientado a la implementación de *Lean Manufacturing*. Posteriormente, se realizaron visitas técnicas y entrevistas con el personal operativo, lo que permitió obtener una visión integral del proceso e identificar los puntos críticos y las oportunidades de optimización en el flujo productivo.

A partir de las visitas realizadas, se identificaron deficiencias como la baja productividad en su sistema de producción de bordado, ocasionada por altos inventarios de materia prima, productos en proceso y producto terminado; tiempos prolongados de preparación; pérdidas de tiempo causados por reprocesos; descoordinación del sistema de producción; interrupciones de máquinas por problemas técnicos, en su mayoría por desatenciones; distribución desordenada de la materia prima y del producto terminado; y la ausencia de un departamento de control de calidad previo al empaquetado.

A partir del diagnóstico de la problemática, se concluye la factibilidad de implementar herramientas de *Lean Manufacturing* para la optimización de los procesos. La metodología integra las 5S, orientada a la sistematización y el control visual del área de trabajo para reducir los tiempos de búsqueda; *SMED* dirigida a la reducción de los tiempos de preparación durante los cambios de diseño de bordado, incrementando la flexibilidad del proceso y disminuyendo los tiempos muertos; y la estandarización del trabajo, con el fin de definir y documentar los métodos óptimos de ejecución de las actividades, asegurando la repetibilidad del proceso, la estabilidad operativa y la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

Hipótesis

Con base en el planteamiento general y en las deficiencias identificadas en el sistema de producción de bordado de la empresa en estudio, se planteó la siguiente hipótesis:

La implementación de técnicas de *Lean Manufacturing* mejorará el sistema de producción de bordado en la empresa en estudio, lo que, a su vez, mejorará la productividad y la eficiencia operativa de la empresa.

Contenido de la tesis

Para su desarrollo, la tesis se encuentra dividida en los siguientes capítulos:

1. Capítulo uno.

Este capítulo presenta una revisión del estado del campo, destacando la evolución de la industria textil, el panorama del bordado industrial, las problemáticas recurrentes en los procesos de bordado y una selección de aplicaciones de *Lean Manufacturing*, seleccionadas por su potencial de replicabilidad en el presente estudio. El capítulo también describe las generalidades de la empresa bajo estudio, su historia, misión, visión, valores, ubicación, distribución de planta y del sistema productivo. Finalmente, define los objetivos y la justificación del presente proyecto.

2. Capítulo dos.

Este capítulo presenta el marco teórico que sustenta la investigación para analizar y mejorar el sistema de producción de bordado. Se describen las herramientas para generar y organizar ideas: lluvia de ideas y diagrama de afinidad; las herramientas para el análisis de problemas y causas raíz: diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa; los métodos para evaluar el desempeño y apoyar la toma de decisiones: método de factores por puntos y el indicador *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*; los procedimientos estadísticos aplicados: muestreo y pruebas de hipótesis; y las filosofías de *Lean Manufacturing* que orientan la mejora continua y la optimización de procesos: las 5S, *SMED* y la estandarización del trabajo.

3. Capítulo tres.

Este capítulo describe la metodología empleada para el desarrollo de la presente tesis, la cual comienza con un diagnóstico de la situación actual de la empresa, mediante el análisis de sus procesos y la identificación de problemáticas recurrentes. Posteriormente, se seleccionaron un área y una familia de productos piloto, apoyadas en herramientas como el diagrama de afinidad, la lluvia de ideas, el análisis de Pareto y el método por puntos, asimismo, se identificaron las principales causas de ineficiencia mediante el diagrama de Ishikawa y, con base en ello, se definió y midió el indicador clave de desempeño, tales como disponibilidad, *OEE* y el índice de organización del área de trabajo. Con base en estos resultados, se determinaron e implementaron técnicas de mejora propias de *Lean Manufacturing*, como las 5S,

SMED y el trabajo estandarizado. Finalmente, se realizó una medición posterior a la implementación y se validó estadísticamente el grado de mejora obtenido.

4. Capítulo cuatro.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos tras implementar las técnicas de mejora propuestas, orientadas a optimizar el sistema de producción de bordado mediante herramientas de *Lean Manufacturing*. Para ello, se realizó una comparación entre la situación inicial y la final del sistema de producción de bordado, evaluando los cambios en los indicadores seleccionados: la disponibilidad, el *OEE* y el índice de organización del área de trabajo. Asimismo, se mencionan los productos académicos generados durante el desarrollo de la tesis, destacando su relación con los resultados obtenidos y su aportación al análisis del sistema de producción.

Capítulo 1

Antecedentes

En este capítulo se establecen los fundamentos de la tesis, proporcionando el contexto teórico necesario para comprender el entorno en el que se desarrolla el sistema de producción de bordado de la empresa bajo estudio. Para ello, se presenta el estado del campo, abordando la evolución de la industria textil, el panorama del sector de bordado industrial y la aplicación de herramientas de *Lean Manufacturing* en contextos similares. Asimismo, se describen las generalidades de la empresa, incluyendo su historia, estructura, enfoque estratégico y sistema de producción. A partir de esta contextualización, se definen el objetivo general y los objetivos específicos de la tesis, así como la justificación del estudio, estableciendo las bases para el desarrollo de las etapas posteriores de análisis y mejora.

1.1 Estado del campo

La empresa bajo estudio se dedica actualmente a la confección de prendas de vestir, principalmente de uniformes empresariales, además del bordado de logotipos y leyendas personalizadas. A lo largo de los años ha operado de manera intuitiva, logrando consolidarse en el mercado gracias a su capacidad de adaptación y respuesta a las demandas del cliente. Sin embargo, se detectaron diversas deficiencias que limitan la productividad del sistema de producción de bordado, tales como tiempos prolongados de preparación, desorganización en el manejo de la materia prima, altos niveles de inventario y falta de estandarización de los procesos. Estas problemáticas generan retrasos en la producción y dificultan que la empresa pueda responder ágilmente a las demandas de sus clientes, provocando acumulación de pedidos pendientes.

Para comprender mejor la situación y plantear soluciones efectivas, se realizó una investigación sobre el estado del campo, enfocada en la aplicación de metodologías de mejora en la industria textil. En primer lugar, se exploró el marco global del proyecto, analizando antecedentes sobre la implementación de herramientas de *Lean Manufacturing* en empresas del mismo sector o con procesos productivos similares.

Con base en la investigación realizada, se seleccionaron los trabajos más relevantes, los cuales sirvieron como referencia para la presente tesis. A partir de ellos, se planteó tentativamente la aplicación de herramientas como *Value Stream Mapping*, las *5S*, *SMED* y *Poka-Yoke*, con el objetivo de mejorar el sistema de producción de bordado en la empresa bajo estudio.

1.1.1 Marco global del proyecto

En un entorno altamente competitivo, el sector textil ha experimentado cambios significativos impulsados por la automatización, la digitalización de procesos y la necesidad constante de optimización de los costos de producción. Dentro de este sector, el bordado desempeña un papel clave en la personalización de productos, siendo ampliamente utilizado en la confección de prendas de vestir, uniformes y otros artículos (Castillo Lou, 2025).

A lo largo del tiempo, el proceso de bordado ha evolucionado desde técnicas manuales hasta sistemas altamente mecanizados, lo que ha permitido mejorar la precisión, la eficiencia operativa y la calidad del producto final. No obstante, al igual que otros procesos manufactureros, el bordado enfrenta diversos desafíos que impactan negativamente en su productividad y eficiencia. Por ello, en este apartado se presentará el contexto global del sector textil y del bordado industrial, con el propósito de identificar las principales problemáticas que justifican la aplicación de herramientas de mejora continua (Tenorio Angulo, 2024).

1.1.1.1 Evolución de la industria textil

La industria textil ha sido un pilar fundamental en el desarrollo económico y social de diversas regiones del mundo, desempeñando un papel clave en la industrialización de muchos países. Desde sus orígenes, ha estado estrechamente ligada a los avances tecnológicos, las políticas económicas y las dinámicas del comercio global. En el caso de México, el sector textil ha evolucionado significativamente desde el siglo XIX, cuando comenzaron a establecerse las primeras fábricas modernas, hasta la actualidad, donde enfrenta retos relacionados con la competitividad y la integración de nuevas tecnologías.

Durante el siglo XIX, la industria textil mexicana inició su expansión con la instalación de fábricas de hilados y tejidos en distintas regiones del país. A pesar de su crecimiento, esta

industria aún mantenía características artesanales y enfrentaba problemas relacionados con el abastecimiento de materias primas y la capacitación de la mano de obra. No obstante, la protección gubernamental a través de aranceles y políticas económicas impulsó su consolidación, permitiendo el aumento de la inversión en maquinaria y la diversificación de productos (Arroyo López & Cárcamo Solís, 2010).

A lo largo del siglo XX, la industria textil experimentó períodos de auge y crisis, influenciados por factores como la industrialización acelerada durante el Porfiriato, las interrupciones derivadas de la Revolución Mexicana y la posterior recuperación con la implementación del modelo de sustitución de importaciones.

El modelo de sustitución de importaciones promovió el desarrollo de la industria nacional a través de incentivos gubernamentales y restricciones a las importaciones, lo que permitió que la producción textil alcanzara su punto máximo en las décadas de 1950 y 1960 (Arroyo López & Cárcamo Solís, 2010). Sin embargo, tiempo después, con la apertura comercial y la firma de acuerdos internacionales como el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), el sector textil mexicano se enfrentó a una nueva realidad llamada competencia internacional.

La irrupción de los mercados asiáticos, la limitada inversión en innovación y la desarticulación de la cadena productiva han representado algunos de los principales desafíos para la industria textil mexicana en las últimas décadas. A pesar de ello, las industrias han buscado adaptarse a este entorno mediante la modernización de sus procesos, la especialización en productos de mayor valor agregado y la implementación de modelos de producción más flexibles, orientados a mejorar su competitividad (Arroyo López & Cárcamo Solís, 2010).

En la actualidad, el sector textil sigue siendo importante en la economía mexicana, aunque enfrenta la necesidad de integrar nuevas tecnologías, mejorar su competitividad y fortalecer la producción del "paquete completo" (modelo de producción donde la empresa se encarga desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto final).

1.1.1.2 Panorama del sector de bordado industrial

Como parte de la evolución de la industria textil, el bordado se ha consolidado como un elemento esencial para agregar valor y diferenciación a los productos. Más allá de su función estética, el bordado es un elemento esencial en la identidad visual de prendas y artículos, lo que ha impulsado su demanda en diversas industrias. En los últimos años, el mercado del bordado ha experimentado un crecimiento significativo, impulsado por la creciente demanda de productos personalizados, la innovación tecnológica y la expansión global de la industria textil y de la confección.

Uno de los principales factores que ha transformado este sector es el desarrollo tecnológico en las máquinas de bordar, que han evolucionado desde equipos mecánicos básicos hasta sistemas altamente automatizados y computarizados. Actualmente, de acuerdo con Herrera (2024), los fabricantes se enfocan en mejorar la velocidad de costura, la precisión del bordado y la facilidad de uso mediante interfaces intuitivas.

La tendencia de los fabricantes ha permitido que empresas de todos los tamaños puedan adoptar tecnologías avanzadas para mejorar su producción y ofrecer mayor diversidad en diseños y acabados. No obstante, a pesar de estos avances, el sector del bordado industrial aún enfrenta desafíos importantes, como la necesidad de estandarizar procesos, reducir desperdicios y mejorar la integración con otros sistemas de manufactura.

1.1.1.3 Problemáticas recurrentes en los procesos de bordado

De acuerdo con González Velásquez (2006), las problemáticas del sector de bordado industrial pueden clasificarse en tres grandes categorías:

1. Ineficiencias operativas y desperdicios.

Uno de los problemas más recurrentes es la falta de estandarización en los procesos, lo que genera variabilidad en los tiempos de producción y dificulta la optimización del flujo de trabajo. En muchas empresas, el proceso depende de ajustes manuales, lo que incrementa los tiempos de preparación (*setup*). Otro factor es la gestión de materiales, que puede derivar en desperdicio de hilos y tejidos, impactando los costos de producción y la sostenibilidad del proceso.

2. Defectos de calidad y reprocesos.

Entre los defectos recurrentes observados durante el proceso de bordado se identificaron los siguientes:

- Desajuste en la tensión del hilo, lo que genera bordados irregulares o rotura del hilo durante la operación.
- Errores de digitalización que afectan la fidelidad del diseño cuando se convierte en un formato de bordado.
- Ajuste incorrecto en la posición de los aros de bordado, que puede generar desplazamientos en el diseño final.

3. Altos costos de producción y mantenimiento.

Muchas empresas enfrentan altos costos de producción debido al consumo excesivo de energía, especialmente en máquinas de bordado; al alto costo de los insumos; y al mantenimiento preventivo insuficiente, lo que incrementa la frecuencia de fallas y paros no programados.

1.1.1.4 *Lean Manufacturing* como solución en procesos de bordado

Lean Manufacturing, desarrollada en el sistema de producción de *Toyota*, busca la eliminación sistemática de actividades que no agregan valor, optimizando los flujos de trabajo y mejorando la calidad del producto final. En este contexto, la aplicación de *Lean Manufacturing* presenta una oportunidad clave para optimizar la eficiencia operativa y garantizar una producción más ágil y competitiva en un mercado en constante evolución.

La implementación de *Lean Manufacturing* en los procesos de bordado puede lograrse a través de diversas herramientas. De acuerdo con Ortiz Porras et al. (2022), se destacan las siguientes:

- **Las 5S** permiten organizar el área de trabajo, asegurando que las herramientas, hilos y materiales estén correctamente ubicados y accesibles para reducir tiempos improductivos.
- **SMED (*Single Minute Exchange of Die*)** optimiza los tiempos de preparación en las máquinas de bordado, reduciendo los paros entre cambios de diseño y aumentando la capacidad productiva.

- ***Poka-Yoke*** para la implementación de sistemas a prueba de errores que eviten defectos en el bordado, como sensores de tensión de hilo o alineación automática del diseño.
- ***Value Stream Mapping (VSM)*** para la identificación y análisis de cada etapa del proceso de bordado para detectar cuellos de botella y optimizar el flujo de producción.
- ***Kanban*** para la implementación de un sistema de gestión visual con la finalidad de tener el control de materiales e insumos, evitando desabastos o excesos de inventario.

Además, Ortiz Porras et al. (2022) en su tesis reconocen que la adopción de *Lean Manufacturing* ofrece múltiples beneficios, entre ellos:

- Incremento en la productividad al reducir tiempos de espera y optimizar la eficiencia de las máquinas.
- Reducción de costos al lograr menor desperdicio de materiales y mejor uso de los recursos disponibles.
- Mayor calidad en los productos, disminuyendo defectos y retrabajos gracias a controles más estrictos y sistemas de prevención de errores.
- Mejora en la organización del trabajo, lo que permite tener ambientes más limpios y estructurados, favoreciendo la seguridad y el desempeño del personal.

1.1.2 Aplicaciones de las técnicas

En esta sección se presenta una revisión de artículos de investigación y trabajos de tesis, que se consideraron relevantes para el desarrollo de la tesis, debido a que aplican técnicas de ingeniería industrial enfocadas a la mejora de la productividad, en particular, en entornos de producción similares al proceso de bordado, con la finalidad de usarlos como una guía y referencia para dar solución a la problemática de la empresa en estudio.

1.1.2.1 Aplicaciones de *Lean Manufacturing*

En esta sección se describen estudios relacionados con la aplicación de *Lean Manufacturing*.

1. Habib et al. (2023), en su artículo: *Applying lean tools to improve the sewing line efficiency: a case study*; abordaron la problemática de la falta de eficiencia operativa

en la producción de chaquetas, causada por métodos tradicionales que limitan la productividad y alargan los tiempos de producción, además identificaron situaciones tradicionales como la acumulación de defectos antes de ser detectados, desperdicios, actividades sin valor agregado, dificultades en la gestión del inventario (*WIP*) y el espacio disponible. Para abordar esta problemática, se implementó la siguiente metodología:

- Evaluar si la empresa operaba bajo un enfoque tradicional o *Lean*, estableciendo un punto de partida.
- Utilizar una hoja de estudio de tiempos para calcular el *Standard Minute Value (SMV)* y la capacidad.
- Recopilar datos detallados de las operaciones en la línea de costura.
- Analizar la efectividad del uso de herramientas *Lean*.
- Analizar las diferencias entre la línea tradicional y la optimizada con *Lean*, mediante tablas comparativas.
- Implementar un sistema de mejora constante para mantener la eficiencia alcanzada.

Los resultados de la aplicación de la metodología fueron los siguientes:

- Aumento en la capacidad de producción de 133 a 149 piezas por hora
- Mejora significativa de la eficiencia en la producción de chaquetas, pasando de 64 a 78 piezas por hora.
- Reducción notable del *WIP*, mejorando el flujo de producción y facilitando la detección temprana de defectos.
- Optimización del espacio y mejora del transporte interno contribuyendo a un entorno más eficiente.

Este estudio es relevante porque demostró cómo las herramientas *Lean*, como las 5S y la gestión de *WIP*, pueden transformar procesos ineficientes en operaciones más productivas y organizadas. En el caso de la empresa en estudio, la implementación de herramientas *Lean* permitiría optimizar el uso de recursos, reducir tiempos improductivos y mejorar la calidad del proceso.

2. Mendoza Ocaña et al. (2023), en su artículo: *Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para incrementar la productividad en una empresa de calzado de Perú*; abordaron una problemática de productividad en una empresa de calzado,

causada por diversos factores que generaban ineficiencias, como movimientos innecesarios, manejo ineficiente de materiales, fallas frecuentes en la maquinaria, comunicación deficiente, ausencia de indicadores de desempeño y estrategias de mantenimiento inadecuadas. Para abordar esta problemática, se implementó la siguiente metodología:

- Realizar un diagnóstico inicial para identificar las áreas problemáticas.
- Recopilar datos cuantitativos sobre indicadores clave de desempeño.
- Identificar las causas raíz mediante un diagrama de *Ishikawa* y técnicas de lluvia de ideas.
- Seleccionar herramientas Lean específicas para abordar los problemas (las 5S, mantenimiento productivo total (*TPM*) y *Kaizen*).
- Implementar las 5S.
- Aplicar mantenimiento productivo total.
- Aplicar el enfoque *Kaizen*.
- Realizar un análisis estadístico de su efectividad.

Los resultados de la aplicación de la metodología fueron los siguientes:

- Incremento del 49.79% en la productividad del trabajo, pasando de 12.57 a 18.83 pares de zapatos por Hora-Hombre.
- Mejora del 21.66% en la productividad de maquinaria, de 5.31 a 6.46 pares por Hora-Máquina.
- Reducción de la variabilidad en el indicador de productividad del capital, con una disminución del promedio de 1.67 a 1.285.

Este artículo fue relevante porque demostró cómo aplicar herramientas *Lean Manufacturing* para transformar procesos ineficientes en operaciones más productivas. Implementar *Lean Manufacturing* en la empresa bajo estudio permitiría abordar problemas similares, como desorganización y tiempos muertos, optimizando recursos, mejorando la calidad y fomentando una cultura de mejora continua.

3. Ahmad et al. (2021) en su estudio: *Meminimasi pemborosan dengan Lean Manufacturing pada proses produksi di PT. IE*; abordaron la problemática de diversos tipos de desperdicio de *PT. IE*, en una empresa dedicada a la fabricación de productos de iluminación y postes de lámparas. Los desperdicios identificados, que afectaban la eficiencia, la calidad de los productos y la satisfacción del cliente,

incluyeron el tiempo de espera, transporte, movimiento y exceso de inventario. Para abordar esta problemática de los desperdicios, se implementó la siguiente metodología:

- Se utilizó un *VSM (Value Stream Mapping)* para mapear el flujo actual de materiales e información e identificar áreas ineficientes en el proceso.
- Se priorizaron los desperdicios, según su impacto, mediante un diagrama de Pareto, identificando el transporte como el más crítico.
- Se aplicaron herramientas como los diagramas de *Ishikawa* y las *5S* para determinar las causas subyacentes de los desperdicios.
- Se propusieron inversiones en equipo, como grúas para mejorar el transporte.
- Se implementaron controles visuales en planta.
- Se estandarizaron los procesos mediante la metodología *5S* para optimizar la organización y limpieza del área de trabajo.

Los resultados de la aplicación de la metodología fueron los siguientes.

- Disminución del tiempo total de producción de 7.680 segundos a 5.220 segundos.
- Reducción del tiempo de ciclo de 6.660 segundos a 4.860 segundos.
- Mejora en la eficiencia del ciclo de producción (*PCE*) del 53.09% al 68.10%.
- Incremento en el tiempo destinado a actividades que agregan valor dentro del proceso productivo.
- Reducción de desperdicios, lo que resultó en una mejor calidad de los productos y un proceso más eficiente y alineado con las expectativas del cliente.

Este estudio fue relevante porque demostró cómo la implementación de técnicas de *Lean Manufacturing* puede resolver problemas de desperdicio, optimizar tiempos de ciclo, reducir ineficiencias y mejorar la calidad, lo cual es fundamental para incrementar la productividad y satisfacer las demandas de los clientes.

4. Agrahari et al. (2015), en su artículo: *Improvement of process cycle efficiency by implementing a lean practice a case study*; abordaron la problemática de reducir el tiempo de ciclo y entrega en una línea de producción de cubos. Los principales desafíos identificados incluyeron fallos en la carga automática de partes, un diseño ineficiente del flujo de procesos, desperdicios por transporte, manejo excesivo de

materiales y defectos ocasionados por un control de calidad insuficiente. Para resolver esta problemática se aplicó la siguiente metodología:

- Realizar un análisis detallado de una unidad de producción de cubos, considerando sus procesos, recursos, tiempos de operación y condiciones de funcionamiento.
- Elaborar mapas *VSM* del estado actual y futuro, para visualizar el flujo de materiales y detectar ineficiencias.
- Llevar a cabo una identificación sistemática de las fuentes de desperdicio en el proceso de producción.
- Eliminar actividades sin valor agregado, ajustar el ritmo de la línea de ensamble e implementar un enfoque de mejora continua.
- Recopilar datos sobre los tiempos de máquina, cambios de herramientas y eficiencia del operador para evaluar y mejorar el proceso.
- Formar un equipo *Kaizen*, encargado de implementar mejoras y promover la colaboración y el compromiso de todo el personal.

Los resultados de la aplicación de la metodología fueron los siguientes:

- Reducción del tiempo de ciclo en un 7%.
- Incremento de la eficiencia del 4% a niveles aceptables.
- Reducción del tiempo de entrega a 43.2 días.
- Optimización del flujo de producción, permitiendo satisfacer una demanda de 400 unidades diarias y generando ahorros significativos en costos.

Este estudio fue relevante porque demostró cómo los principios *Lean* optimizan los procesos y reducen desperdicios, además de abordar problemas específicos como el diseño deficiente del flujo de trabajo y la gestión ineficiente del tiempo de ciclo. Además, subrayó la importancia de herramientas clave como el mapeo *VSM* para visualizar ineficiencias. La implementación de estos principios *Lean* permitiría a la empresa en estudio incrementar su productividad, reducir costos y fortalecer su competitividad, respondiendo de manera más eficaz a las demandas de sus clientes.

5. Kennedy et al. (2013), en su estudio: *Implementation of lean principles in a food Manufacturing company*; resolvieron el problema del desperdicio de materiales en una empresa alimentaria mediante la implementación de principios *Lean*. Los desperdicios identificados incluían el uso excesivo de recursos, altos costos

operativos y la resistencia al cambio por parte del personal, lo que afectaba la eficiencia de la producción. Para abordar esta problemática, se siguió la siguiente metodología:

- Crear un equipo *Lean*, integrado por personas que poseían conocimientos y experiencia relacionados con los productos, procesos y equipos.
- Recopilar datos de producción durante un período de tres meses, centrándose en 70 productos diferentes.
- Generar mapas de procesos para comprender el flujo de trabajo y señalar áreas específicas donde se podían realizar mejoras.
- Establecer cinco *KPI* para medir el éxito de la implementación *Lean*. Estos incluían seguridad, calidad, volumen y entrega, costo, personal y moral.
- Implementar herramientas *Lean*, como las *5S*, *SMED* y *OEE*, para mejorar la eficiencia de la producción.
- Revisar periódicamente el progreso de la implementación en reuniones de la alta dirección.

La aplicación de esta metodología resultó en una notable reducción de desperdicios, mayor eficiencia productiva y un ambiente laboral más seguro y motivado. Aunque el *OEE* mejoró, los autores identificaron áreas con potencial de optimización adicional. Este estudio fue particularmente relevante porque demostró cómo pueden aplicarse técnicas de *Lean Manufacturing* para optimizar procesos, reducir desperdicios y mejorar la motivación del personal, impulsando la competitividad de la empresa.

1.1.2.2 Aplicaciones de *Value Stream Mapping* (VSM)

En esta sección se describen estudios relacionados con la aplicación de *VSM*.

1. Abubakar et al. (2021), en su artículo: *Performance improvement through value stream mapping – A manufacturing case study*; analizaron los problemas de ineficiencia y residuos en los procesos de fabricación de una PyME dedicada a la producción de máquinas bobinadoras para ventiladores de techo. El estudio identificó cinco tipos principales de desperdicios: espera, transporte, inventario innecesario, movimiento innecesario y defectos en productos terminados. Para minimizar los problemas detectados, se aplicó la siguiente metodología:

- Realizar una investigación preliminar exhaustiva de los antecedentes del caso.
- Recolectar datos a través de entrevistas semiestructuradas, dirigidas al personal clave. Estas deberán proporcionar información sobre la cadena de suministro, insumos de fabricación, procesos y salidas.
- Realizar observaciones de campo para entender el proceso de producción en tiempo real.
- Analizar los registros de la compañía, incluyendo gráficos, hojas de verificación y documentación de producción, para complementar los datos recolectados.
- Mapear (*VSM*) el estado actual de las operaciones de manufactura para identificar residuos y actividades sin valor agregado.
- Presentar propuestas de intervención y mejora. El estudio implementó técnicas como *just in time*, la modificación del *layout* y la implementación de sistemas *pull*, con las cuales se buscó reducir los tiempos de procesamiento y mejorar la gestión del inventario.
- Evaluar las soluciones propuestas con base en su efectividad en la mejora de los procesos de producción, la reducción de residuos y el aumento de la productividad general.

Los resultados de la aplicación de esta metodología fueron los siguientes:

- Identificación de residuos clave en el proceso de fabricación.
- Reducción del tiempo de procesamiento por unidad en un 19%.
- Disminución del plazo total de producción para 100 unidades en un 21%.
- Mejora en la gestión del inventario y en la eficiencia del flujo de trabajo.

Este artículo ofreció un enfoque práctico y estructurado para abordar problemas de eficiencia en procesos de manufactura, lo cual resulta sumamente relevante para la empresa en estudio. La aplicación del *VSM* permitiría identificar los principales residuos en la producción actual, ofreciendo una visión clara para priorizar mejoras. Asimismo, las estrategias propuestas, como la modificación del *layout* y la implementación de sistemas *pull*, podrían adaptarse para optimizar el flujo de trabajo, reducir tiempos muertos y mejorar el manejo de materiales.

2. Suhardi et al. (2020), en su artículo: *Implementation of value stream mapping to reduce waste in a textile products industry*; analizaron una problemática de

desperdicios en la línea de producción de una empresa textil, específicamente en la fabricación del modelo de sujetador SB45. El estudio identificó tipos clave de desperdicio, como movimientos ineficientes y falta de estandarización, los cuales afectaban la eficiencia y los tiempos de entrega. Para abordar la problemática de desperdicios, se aplicó la siguiente metodología basada en el modelo de evaluación de desperdicios (*WAM*):

- Clasificar y cuantificar los tipos de desperdicio presentes con base en el *Waste Assessment Model (WAM)*.
- Emplear la matriz de relación de desperdicios (*WRM*) para evaluar cómo los diferentes desperdicios se interrelacionaban.
- Diseñar y aplicar el cuestionario de evaluación de desperdicios (*WAQ*), con 68 preguntas para detallar las fuentes de ineficiencia.
- Realizar reuniones con los involucrados en el proceso productivo para unificar criterios y validar hallazgos.
- Utilizar el mapeo de la cadena de valor (*VSM*) para identificar actividades sin valor agregado y proponer mejoras en los procesos.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Que el desperdicio por movimiento era el más significativo, representando el 21.15% del total de desperdicios.
- Reducción de actividades sin valor agregado mediante propuestas de mejora como el rediseño del flujo de trabajo.

Este artículo resultó relevante, ya que proporcionó un enfoque estructurado para identificar y reducir desperdicios en procesos productivos afines a los de la empresa en estudio. La aplicación del *VSM* y herramientas complementarias podría ayudar a optimizar el flujo de materiales, mejorar la eficiencia operativa y priorizar mejoras estratégicas, adaptándose a las necesidades específicas de su producción.

3. Ikatrinasari y Kosasih (2018), en su artículo: *Improving quality control process through value stream mapping*; analizaron las ineficiencias significativas en el departamento de control de calidad en una empresa de fabricación de componentes electrónicos en crecimiento. Estas ineficiencias incluyeron tiempos excesivos de espera, movimientos innecesarios y falta de integración en proyectos *Kaizen*. Para minimizar estas ineficiencias, se utilizó la siguiente metodología:

- Identificar los distintos procesos de trabajo del departamento de control de calidad.
- Realizar una recolección y un análisis de los tiempos de procesamiento y flujos de trabajo actuales.
- Diseñar un mapa del estado actual para identificar las actividades de valor y sin valor agregado.
- Calcular los tiempos de entrega y los tiempos de proceso utilizando ecuaciones establecidas, como la “ley de little”.
- Analizar las actividades de valor agregado y las de no valor agregado dentro de los procesos para identificar los residuos e ineficiencias que podrían apuntarse a la mejora.
- Diseñar un mapa del estado futuro con metas específicas, como reducir el tiempo total de espera y las actividades sin valor agregado.
- Diseñar planes de mejora basados en los hallazgos e implementar estos cambios para mejorar la eficiencia en el departamento de calidad.

Los resultados de la aplicación fueron los siguientes:

- Reducción potencial en el tiempo de espera total de 848 a 516.5 minutos.
- Disminución de las actividades sin valor agregado de 778 a 446.5 minutos, demostrando un camino claro hacia una mejora de la eficiencia
- Reducción del tiempo de proceso de manejo de 1208 minutos a 533 minutos después de que se implementaron los cambios, lo que representó una disminución de 675 minutos o 56%.

Este artículo resulta relevante, ya que la metodología presentada y los resultados obtenidos pueden servir como guía para la aplicación de estrategias similares en la empresa en estudio, especialmente en áreas donde los tiempos muertos y las actividades sin valor agregado afectan la productividad.

4. Yuvamitra et al. (2017), en su artículo: *Value stream mapping of rope Manufacturing: a case study*; analizaron una problemática sobre la falta de una representación visual de los procesos en la fabricación de cuerdas, lo que dificultaba la identificación de ineficiencias y la implementación de metodologías *Lean*. Para resolverlo, el estudio empleó el *Value Stream Mapping (VSM)* como herramienta para analizar los procesos de fabricación. La metodología aplicada incluyó los siguientes pasos:

- Seleccionar una familia de productos. En este caso de estudio se eligió la cuerda quantum 12 porque abarcaba todos los procesos.
- Diseñar un mapa de flujo de valores del estado actual.
- Identificar todas las actividades sin valor agregado para reconocer las áreas donde se producen desechos, que luego pueden ser objeto de eliminación.
- Diseñar un mapa de flujo de valores de estado futuro.
- Implementar los cambios tanto en el flujo de material como en los sistemas de flujo de información.

Los resultados de la aplicación de la metodología fueron los siguientes:

- Reducción del tiempo de espera en un 88%, mejorando la eficiencia del flujo de trabajo.
- Disminución del tiempo total de fabricación, de 36 a 9 días.
- Ahorro del 33% en el manejo de materiales, reduciendo significativamente los tiempos asociados.
- Disminución del 75% en el tiempo total de fabricación.

La implementación de un *VSM* sería beneficiosa para visualizar los procesos de fabricación en la empresa en estudio, ya que permitiría identificar con mayor claridad las ineficiencias presentes en los procesos actuales. Además, su desarrollo permitiría visualizar las áreas de oportunidad de mejora, fomentando la optimización de recursos y promoviendo una cultura de mejora continua; aspectos esenciales para aumentar la competitividad de una empresa.

1.1.2.3 Aplicaciones de *Single Minute Exchange of Die (SMED)*

En esta sección se describen estudios relacionados con la implementación de *SMED* para optimizar tiempos de preparación.

1. Cabrera Jerónimo y Serpa Osoreo (2023), en su tesis: *Propuesta de un modelo de mejora para incrementar la eficiencia basado en la aplicación de herramientas SLP, 5S y SMED en una empresa textil*; estudiaron una problemática de baja eficiencia en la confección de prendas de vestir dentro de la empresa *Franlima SAC*, puesto que se encontraba en un 53.4%, significativamente por debajo del promedio del sector textil peruano (75.2%) generando pérdidas económicas anuales por productos defectuosos. Para resolver esta problemática se empleó la siguiente metodología:

- Evaluar el *layout* existente y el flujo de trabajo.
- Crear diferentes propuestas de distribución de espacios.
- Elegir la opción que mejor cumpla con los objetivos establecidos.
- Medir y analizar los tiempos actuales de cambio de maquinaria.
- Clasificar las actividades que se pueden realizar mientras la máquina está en funcionamiento (externas) y las que deben hacerse cuando está parada (internas).
- Modificar procesos para que más actividades se realicen mientras la máquina está en operación.
- Buscar formas de reducir o eliminar actividades innecesarias durante el *setup*.
- Documentar y estandarizar el nuevo procedimiento de *setup* para asegurar su repetibilidad.

Los resultados de la aplicación de esta metodología fueron los siguientes:

- Aumentó la eficiencia operativa un 26.1%, superando el promedio del sector.
- Se redujo en un 74.01% el tiempo de organización de área aplicando las 5S.
- Se redujo en un 49.9% el tiempo de preparación utilizando *SMED*.
- Se redujeron los tiempos de recorrido en un 60.55% en distancia y en un 60.6% en traslado mediante *SLP*.

Esta tesis fue sumamente relevante, ya que la combinación de *SLP*, las 5S y *SMED* podría ser crucial para mejorar el flujo de trabajo, reducir tiempos muertos y optimizar procesos críticos, generando así un impacto positivo en la productividad y rentabilidad de la empresa.

2. Mohammad et al. (2023), en su artículo: *Reduction of changeover time through SMED with RACI integration in garment factories*; estudiaron los desafíos de reducir los tiempos de cambio en tres industrias de confección de prendas de vestir, específicamente en países en desarrollo. Los problemas clave incluyeron largos tiempos de cambio, dificultades para implementar *SMED* debido a planificación deficiente y falta de capacitación. El estudio empleó una metodología específica para la implementación de *SMED*, integrada con matrices *RACI* (de las siglas en inglés de *Responsible, Accountable, Consulted, Informed*), que constó de los siguientes pasos:
 - Identificar el estado actual y los desafíos relacionados con los tiempos de cambio.

- Desarrollar un plan para implementar la integración de *SMED* y *RACI*.
- Ejecutar los cambios planeados en las fábricas de prendas de vestir.
- Evaluar el impacto de las intervenciones en los tiempos de cambio y la productividad.
- Documentar las lecciones aprendidas del proceso de implementación.
- Integrar el uso de las matrices *RACI* para aclarar roles y responsabilidades entre los miembros del equipo

Los resultados de la aplicación de esta metodología fueron los siguientes:

- Reducción de tiempos de cambio entre un 50% y un 64%, mejorando tanto el tiempo de rendimiento como el tiempo necesario para alcanzar el pico de producción tras un cambio.
- Incremento en la eficiencia operativa general sin efectos adversos en los procesos existentes.
- Limitación en la sustentabilidad de los cambios, observándose que los beneficios iniciales se mantuvieron sólo por un mes, destacando la necesidad de un seguimiento continuo.

Este artículo es de utilidad para el desarrollo de la tesis, ya que ofreció un marco práctico y adaptable para implementar *SMED* junto con herramientas de gestión como *RACI*. La integración de estas metodologías podría ser clave para reducir tiempos muertos y mejorar la coordinación en procesos críticos.

3. Díaz Jara (2022), en su tesis: *Aplicación de la metodología SMED y la filosofía 5S para mejorar el proceso en las líneas de costura de una empresa de confecciones*; estudió el problema de optimizar los procesos en las líneas de costura de una empresa textil mediante el aumento de la eficiencia productiva y la reducción de los desperdicios. Para abordar esta problemática, implementó *SMED* y las *5S*, que constaron de los siguientes pasos:

- Medir el tiempo actual necesario para los cambios en las líneas de costura para establecer una línea de base.
- Desglosar el proceso de cambio en pasos individuales para identificar áreas de mejora.
- Distinguir entre tareas externas (con la máquina en operación) e internas (con la máquina detenida).

- Modificar los procesos para permitir que se completen más tareas mientras la máquina aún está operativa, lo que reduce el *downtime*.
- Optimizar las tareas internas restantes para minimizar el tiempo necesario durante los cambios.
- Aplicar los nuevos procesos y monitorear continuamente su efectividad para asegurar que las mejoras sean sostenidas.

Los resultados de la aplicación de esta metodología fueron los siguientes:

- Aumentó la eficiencia promedio de 56.64% a 70.54%, representando una mejora del 13.9%.
- Crecieron las unidades producidas mensualmente de 523.14 a 570.96; un incremento de 47.82 unidades.
- Disminuyó un total de 1200 horas mensuales, pasando de 11400 a 10200.

La lectura de esta tesis proporcionó evidencia de cómo *SMED* y las *5S* pueden aplicarse exitosamente en el sector textil. Las mejoras en productividad evidenciadas en este estudio podrían replicarse para optimizar procesos clave, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la competitividad en el mercado.

4. Arias Morán (2021), en su tesis: *Aplicación de SMED en el cambio de artículo para mejorar la productividad en el área de tejeduría de una textil en el 2021*; analizó el problema de los largos tiempos de cambio de artículo en el área de tejeduría circular de una empresa textil. En particular, identificó que el cambio de artículo Jersey C/Lycra 40/1 tomaba 9 horas con 57 minutos, lo que afectaba significativamente la productividad de la empresa. Para resolver esta problemática, implementó *SMED* con los siguientes pasos:

- Analizar todas las actividades relacionadas con el cambio de artículo, utilizando herramientas como diagramas de *Gantt* para visualizar las tareas.
- Separar las actividades internas (realizadas con la máquina parada) de las externas (realizables con la máquina en funcionamiento).
- Disminuir el número de actividades internas, en este caso, de 29 a 24, optimizando el proceso.
- Realizar ajustes al proceso, incluyendo la reprogramación y capacitación del personal.
- Evaluar los beneficios obtenidos tras la aplicación de las mejoras.

Los resultados de la aplicación de esta metodología fueron los siguientes:

- Se redujo el tiempo de cambio de 9 horas con 57 minutos a 8 horas con 15 minutos.
- Se incrementó la productividad de 83.23 a 95.58 toneladas, mostrando un aumento considerable.
- Se mejoró el nivel de eficiencia y eficacia del 40% al 51% y del 71% al 82%, respectivamente.

La lectura de este trabajo resultó altamente relevante para la investigación, ya que demuestra cómo con la implementación de la herramienta *SMED* se redujeron los tiempos improductivos y se mejoró la eficiencia operativa en procesos textiles afines.

1.1.2.4 Aplicaciones de las 5S

En esta sección se describen estudios relacionados con la implementación de las 5S en diversos escenarios productivos.

1. Gómez Fretes (2023), en su artículo: *Aplicación de las 5S de calidad como propuesta de mejora en el área de producción de industrias textiles*; analizó una problemática sobre la falta de estándares de limpieza, seguridad y motivación entre los operadores en las industrias textiles. Lo que originó la necesidad de implementar las 5S para mejorar la organización, la eficiencia y la cultura laboral en el área de producción. La metodología utilizada en este artículo se estructuró en cinco pasos:

- Eliminar lo innecesario del área de trabajo.
- Organizar y clasificar los elementos necesarios.
- Mantener el área de trabajo limpia y ordenada.
- Establecer normas y procedimientos para mantener el orden y la limpieza.
- Fomentar la disciplina y el compromiso de todos los empleados para seguir las normas.

Los resultados de la aplicación de esta metodología fueron los siguientes:

- El 100% de los obreros y jefes de secciones conocen las 5S.
- Se observó un mejor orden en el área de producción.
- Se logró mantener un ambiente de trabajo más limpio.
- La implementación de las 5S contribuyó a un entorno laboral más seguro y confortable para los operarios.

- Se identificaron fortalezas en la existencia de normativas de higiene, seguridad y salud ocupacional en la industria.

Este artículo resultó de gran utilidad para la investigación, ya que evidenció cómo la aplicación de la metodología 5S puede transformar el ambiente laboral en un área productiva, estableciendo estándares de limpieza y organización que fortalecen tanto la productividad como la seguridad.

2. Zarza Díaz et al. (2023), en su artículo: *5's en una empresa textil como base de la manufactura esbelta*; analizó los desafíos que enfrentan las empresas textiles para mantenerse competitivas, enfatizando la necesidad de implementar estrategias de mejora continua como las 5S, puesto que ellas no sólo buscan limpieza y orden, sino que establecen una base para la sustentabilidad organizacional mediante la optimización de espacios de trabajo y la reducción de tiempos de búsqueda. La metodología empleada para aplicar las 5S fue la siguiente:

- Eliminar los elementos innecesarios y reubicar los 37 artículos no pertinentes al área de acabado; optimizando el espacio de trabajo.
- Clasificar eficientemente las herramientas y materiales para reducir movimientos innecesarios y agilizar las operaciones.
- Establecer rutinas regulares de limpieza con la finalidad de mejorar la seguridad y comodidad del entorno laboral.
- Crear guías visuales y procedimientos para mantener los estándares alcanzados.
- Promover una cultura de disciplina mediante la capacitación continua y la participación de los empleados.

Los resultados de la aplicación de esta metodología fueron los siguientes:

- Se alcanzó un flujo más eficiente mediante la reorganización del área de trabajo.
- Se logró una reducción del 40% en los tiempos de búsqueda, lo que contribuyó de manera significativa a la mejora de la productividad en el área de trabajo.
- Se redujo el riesgo de accidentes gracias al almacenamiento adecuado de materiales.

Este artículo fue de relevancia porque demostró cómo la implementación de las 5S puede mejorar la eficiencia, seguridad y compromiso del personal. Adoptar las 5S

permitiría optimizar los procesos textiles, reducir desperdicios y crear una cultura de mejora continua en la empresa bajo estudio.

3. Suárez Milián (2022), en su tesis: *Implementación de la metodología 5S para incrementar la productividad en una empresa textil*; analizó una problemática de la competitividad, puesto que la falta de estándares de trabajo, orden y limpieza limitaba su crecimiento, impactando negativamente en la competitividad del sector. Por ello, la metodología empleada fue la siguiente:

- Separar elementos necesarios de innecesarios.
- Organizar y disponer de los elementos necesarios de manera eficiente.
- Mantener el área de trabajo limpia y ordenada.
- Establecer estándares para mantener las tres primeras S.
- Fomentar la disciplina entre los trabajadores para seguir los métodos y estándares establecidos.

Los resultados de la aplicación de esta metodología fueron los siguientes:

- Incremento de las puntuaciones en cada paso de la metodología (*Seiri*: +17%; *Seiton*: +41%; *Seiso*: +28%; *Seiketsu*: +55%; *Shitsuke*: +62%).
- Incremento del índice de implementación de las 5S en un 41 %, al pasar de 0.43 a 0.84.

Esta tesis fue relevante, ya que demostró cómo la implementación de las 5S aborda problemas de desorganización y falta de estándares, generando un impacto directo en la productividad. En la empresa bajo estudio, estas prácticas permitirían optimizar los procesos productivos, además de fortalecer una cultura organizacional, clave para mantenerse competitivo en el mercado.

4. García Román y Rivera Graus (2021), en su tesis: *Implementación de la metodología 5S para mejorar la productividad en el almacén de la empresa textil Vianny SAC, Lima, 2021*; analizaron las deficiencias comunes del sector textil en Perú, destacando la baja productividad, la falta de innovación y deficiencias en la integración del personal. Esta tesis propuso la metodología de las 5S como una solución para organizar y estandarizar las operaciones, mejorando así la eficiencia global. Dicha metodología implementó los siguientes siete pasos:

- Identificar y separar los elementos necesarios de los innecesarios en el espacio de trabajo, facilitando su organización y mantenimiento.

- Organizar las herramientas y materiales para que sean de fácil acceso y estén claramente etiquetados.
- Limpiar el espacio de trabajo y mantener la limpieza.
- Establecer estándares formales que permitan mantener de manera sostenida las condiciones de organización, control y disciplina operativa alcanzadas en el área de trabajo.
- Crear programas y listas de verificación para garantizar el cumplimiento continuo.
- Mantener la disciplina para cumplir con los estándares establecidos en los pasos anteriores.
- Capacitar al personal y fomentar una cultura de mejora continua y rendición de cuentas.

Los resultados de la aplicación de esta metodología fueron los siguientes:

- Incrementó la productividad en un 33.16%.
- Mejoró la eficiencia operativa en un 12.74%.
- Incrementó la efectividad de los despachos en un 24%.

La lectura de esta tesis fue de utilidad, ya que demostró cómo una metodología como las 5S puede aplicarse en áreas críticas como los almacenes, contribuyendo a mejorar la productividad y la eficiencia.

1.1.2.5 Aplicaciones de *Poka-Yoke*

En esta sección se describen estudios relacionados con la aplicación de sistemas a prueba de errores (*Poka-Yoke*).

1. Gonçalves Ventura et al. (2020), en su artículo: *Implantação de um dispositivo à prova de erros (Poka-Yoke) em um atelier de costura*; analizaron una problemática sobre los errores humanos en talleres de costura, particularmente el olvido de las canillas en las máquinas durante el rebobinado de hilos. Este descuido generaba pérdidas significativas de material y recursos, ya que la activación incorrecta de la máquina causaba desperdicio de hilo. Para resolver este desafío, se desarrolló un dispositivo *Poka-Yoke* que utiliza un *LED* para alertar a los operadores cuando el rebobinado está activo, previniendo errores y mejorando el proceso productivo. Para resolver esta problemática, se empleó la siguiente metodología:

- Identificar los errores recurrentes en el manejo de las máquinas.
- Reconocer la necesidad de un sistema *Poka-Yoke* tras visitas y observaciones en el taller.
- Diseñar soluciones enfocadas en la implementación del dispositivo de alerta.
- Analizar el impacto de las medidas adoptadas, observando mejoras en desperdicios y eficiencia.

Los resultados de la aplicación de esta metodología fueron los siguientes:

- Reducción notable en el desperdicio de hilo, gracias al uso del *LED* como sistema preventivo.
- Operaciones de costura más fluidas, con una reducción significativa de interrupciones y una mayor continuidad en el flujo del proceso productivo.
- Menor pérdida de materiales, lo que contribuye a optimizar el uso de recursos y a incrementar la rentabilidad en el proceso productivo.
- Reducción significativa de errores humanos que incidían en la calidad final del producto, contribuyendo al cumplimiento de los estándares establecidos.

La lectura de este artículo fue relevante, ya que abordó una problemática recurrente en procesos textiles: los errores operativos. La implementación de *Poka-Yoke* como mecanismo de alerta podría ayudar a prevenir errores similares en el sistema de producción bordado.

2. Cahuas Egúsqiza y Jiménez Carrasco (2024), en su tesis: *Implementación del TPM y Poka-Yoke, para incrementar la productividad en una línea de exportación de una empresa textil de Lima*; analizan una problemática de baja productividad en la línea de polos camiseros del canal de exportación de la empresa Textil Exportadora, debido a la alta tasa de errores manuales en el área de costura. Para resolver esta problemática se empleó la siguiente metodología:

- Establecer un indicador de calidad para los reprocesos de costura, que fueron identificados como un problema en la línea de producción.
- Diseñar un prototipo de *Poka-Yoke* de contacto, que consistía en relieves adaptables a la mesa de costura para facilitar su implementación.
- Considerar las especificaciones y actividades recurrentes de error (como el atraque de pechera y cuello descentrado) para definir los parámetros del prototipo.

- Elaborar un instructivo que explique de manera dinámica los puntos de referencia del *Poka-Yoke* de contacto, utilizando el sistema Braille para la detección de errores.
- Publicar el instructivo para que los colaboradores y futuros empleados conozcan los parámetros de referencia en el desarrollo de actividades de costura.
- Reducir o eliminar los errores ocasionados por el factor humano, estandarizando la actividad y sus parámetros.
- Estandarizar la actividad y sus parámetros.

Los resultados de la aplicación de esta metodología fueron los siguientes:

- Se logró una mejora del 4.37% en la calidad de las prendas producidas durante un periodo de 4 meses, lo que indicó una reducción en la cantidad de errores y reprocesos.
- Se disminuyó la carga de trabajo adicional para los operarios, ya que se redujeron los errores en la costura, específicamente en los problemas de ataque de pechera y cuello descentrado.
- Se logró estandarizar las actividades de costura, lo que facilitó la capacitación de los operarios y mejoró la eficiencia en la producción.
- Se incrementó la productividad de la línea de confección, lo que se tradujo en un impacto positivo en la facturación de la empresa.

Este artículo presentó una metodología que podría aplicarse en la empresa en estudio, especialmente en áreas de producción donde los errores humanos generan costos adicionales. La implementación de *Poka-Yoke* adaptados al contexto productivo de la empresa permitiría prevenir errores, mejorar la calidad de los productos y aumentar la eficiencia en los procesos.

1.2 Generalidades de la empresa en estudio

Para comprender la problemática del sistema de producción de bordado en la empresa bajo estudio, es fundamental tener un panorama general de sus operaciones, desde sus inicios hasta la forma en que realiza sus procesos productivos. Esta sección incluye, entre otros, aspectos clave como su historia, estructura organizacional y su proceso general.

1.2.1 Historia de la empresa bajo estudio

A lo largo de más de veinte años, la empresa bajo estudio se ha especializado en la comercialización mayorista de uniformes, brindando productos y servicios a nivel nacional. Se distingue por la calidad de sus uniformes, los cuales pueden ser personalizados mediante bordados a la medida, y mantiene alianzas comerciales con algunas de las principales empresas del país, lo que refleja su sólida reputación como proveedor confiable y profesional. Además, la empresa posee un firme compromiso con la excelencia, que la impulsa a seguir creciendo y mejorando para satisfacer las necesidades y superar las expectativas de sus clientes.

Actualmente, forma parte de la industria de los uniformes y sigue expandiéndose como un negocio que ofrece productos de calidad y mantiene relaciones comerciales sólidas con sus clientes a lo largo y ancho del país.

1.2.2 Proceso de creación y desarrollo

Los principales hitos en el proceso de creación y desarrollo de la empresa bajo estudio se mencionan a continuación:

- **Identificación de la necesidad.**

La empresa en estudio identifica una creciente demanda de uniformes empresariales, impulsada por la necesidad de las empresas de promover su imagen corporativa y fomentar la unidad entre sus empleados. Esta necesidad crea una oportunidad para que la empresa pueda ofrecer soluciones personalizadas y de calidad, consolidándose en el mercado como un proveedor confiable.

- **Investigación de mercado.**

Se realiza una investigación exhaustiva del mercado para determinar la viabilidad y rentabilidad de la venta de uniformes empresariales. Se analizan las tendencias del mercado, la competencia existente y las posibles oportunidades de crecimiento.

- **Experiencia en el sector textil.**

Los fundadores de la empresa cuentan con una amplia experiencia en el sector textil, lo que les proporciona el conocimiento necesario para seleccionar los mejores materiales y diseños para los uniformes, asegurando la satisfacción del cliente.

- **Adquisición de maquinaria especializada.**

Se realiza una inversión en maquinaria de bordado por computadora de alta calidad, lo que permite ofrecer un servicio personalizado y de alta precisión a los clientes.

- **Establecimiento de alianzas estratégicas.**

Se establecen alianzas con proveedores de materiales de alta calidad a precios competitivos, lo que garantiza el suministro constante de los insumos necesarios para la producción de los uniformes.

1.2.3 Enfoque estratégico

El enfoque estratégico de la empresa en estudio comprende tres puntos: misión, visión y valores; los cuales se especifican en esta sección.

1.2.3.1 Misión

La misión refleja su compromiso con la calidad, la innovación y la satisfacción del cliente. A lo largo de los años, la empresa ha desarrollado una filosofía de trabajo basada en la excelencia y la mejora continua, asegurando que cada producto cumpla con los más altos estándares del sector textil. En este sentido, su misión es la siguiente:

“Con más de 20 años de experiencia, nos comprometemos a brindar productos textiles innovadores con la más alta calidad y puntualidad, utilizando tecnología avanzada en bordado computarizado para garantizar la satisfacción de nuestros clientes” (Empresa en estudio, 2025).

1.2.3.2 Visión

La visión representa su aspiración de crecimiento y liderazgo en la industria textil. Con una trayectoria consolidada, la empresa busca expandir su presencia en el mercado, diferenciándose por la calidad e innovación en sus productos. Su visión a futuro define el camino que guiará su desarrollo y posicionamiento estratégico. En este sentido, su visión es la siguiente:

“Ser una empresa referente en la industria textil, reconocida por la calidad, innovación y puntualidad en la entrega de nuestros productos. Aspiramos a expandir nuestra presencia a nivel nacional, convirtiéndonos en la opción preferida de nuestros clientes” (Empresa en estudio, 2025).

1.2.3.3 Valores

Los valores son la base de su cultura organizacional y el pilar que sustenta cada una de sus operaciones. Estos principios no sólo guían la toma de decisiones dentro de la empresa, sino que también reflejan su compromiso con la calidad, la ética y la satisfacción del cliente. En este sentido, sus valores son los siguientes (*Empresa en estudio*, 2025):

- **“Calidad.** *Garantizar la excelencia en cada producto y servicio, cumpliendo con los estándares más altos para satisfacer las expectativas del cliente.*
- **Atención al cliente.** *Brindar un trato personalizado y una comunicación efectiva para asegurar la mejor experiencia.*
- **Innovación.** *Identificar las necesidades del cliente y desarrollar soluciones creativas y eficientes que impulsen la mejora continua.*
- **Trabajo en equipo.** *Fomentar la colaboración y el compromiso entre los colaboradores para alcanzar los objetivos de manera eficiente.*
- **Integridad.** *Actuar con ética, transparencia y responsabilidad en cada proceso, generando confianza en clientes y socios comerciales”.*

1.2.4 Marco geográfico

La macrolocalización de la empresa bajo estudio se encuentra en el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, una de las entidades de la Federación Mexicana, como se puede observar en la Figura 1.1. Su localización geográfica facilita una distribución eficiente de sus productos y establece una conexión estratégica con clientes y proveedores del sector.



Figura 1.1 Ubicación geográfica de la empresa en estudio.
(INEGI, 2025).

1.2.5 Distribución de la empresa bajo estudio

A través de visitas realizadas a la empresa bajo estudio, se observó que su distribución física ha ido evolucionando. En los últimos dos años, ha llevado a cabo diversas remodelaciones y construcciones para adecuar sus espacios a las nuevas demandas operativas. Sin embargo, estas modificaciones se realizaron con base en el conocimiento empírico, sin el uso de herramientas de ingeniería industrial para la planificación y el diseño de las instalaciones. Como consecuencia, no se priorizó la optimización de espacios y movimientos dentro de la empresa, sino más bien la creación de una imagen renovada y moderna.

En la Figura 1.2 se muestra la distribución actual de la planta en la empresa bajo estudio, la cual cuenta con las instalaciones necesarias para llevar a cabo tanto actividades administrativas como de producción. En la Tabla 1.1 se detallan las funciones de cada una de las áreas dentro de la planta.

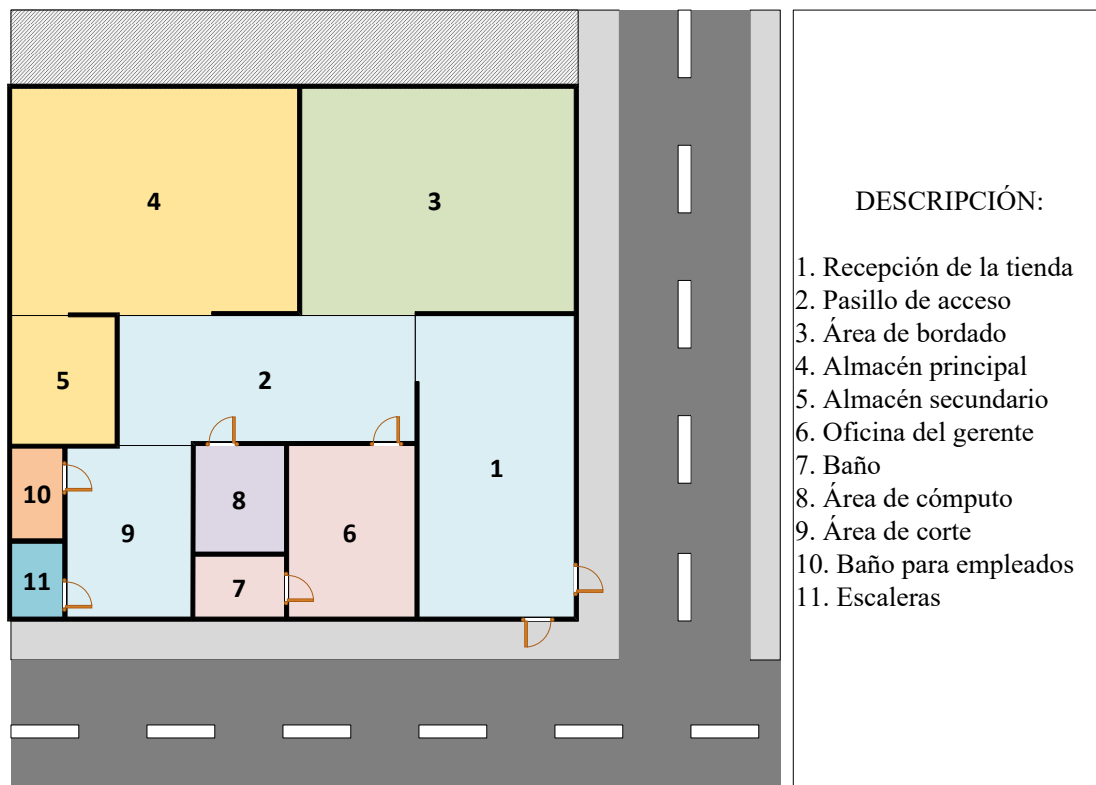


*Figura 1.2 Distribución de planta de la empresa bajo estudio.
(Diseño propio, 2025).*

*Tabla 1.1 Descripción de las áreas de la empresa bajo estudio.
(Diseño propio, 2025).*

No.	Área	Descripción
1	Recepción de la tienda	Punto de ingreso a la tienda que facilita la recepción de materia prima y la salida de productos terminados. Representa la primera impresión de la empresa para clientes y proveedores.
2	Pasillo de acceso	Punto de entrada exclusivo para el personal operativo, insumos y materia prima hacia las áreas de manufactura y almacén, asegurando un flujo controlado y eficiente de materiales.
3	Área de bordado	Zona destinada a la personalización de productos mediante técnicas de bordado, principalmente aplicada a prendas de vestir y artículos para clientes que buscan acabados distintivos.
4	Almacén principal	Área de almacenamiento de insumos clave para la producción, incluyendo materia prima y productos en proceso, con la finalidad de garantizar una adecuada organización y control de inventario.
5	Almacén secundario	Área con la misma finalidad que el almacén principal, sólo que de menor tamaño.
6	Oficina del gerente	Espacio administrativo donde se realizan labores de gestión, así como recepción de pedidos, planificación y supervisión de los procesos productivos.
7	Baño	Instalación sanitaria para el uso exclusivo del gerente de la planta.
8	Área de cómputo	Centro de operaciones donde se realizan actividades de diseño de bordados y administración de información empresarial.
9	Área de corte	Espacio equipado con una mesa de gran tamaño donde se lleva a cabo el corte preciso de pellón, material esencial para el proceso de bordado.
10	Baño para empleados	Instalación sanitaria para el uso del personal de la planta, cumpliendo con los estándares de higiene y comodidad.
11	Escaleras	Vía de acceso al segundo piso de la instalación, restringida exclusivamente al personal autorizado para garantizar la seguridad y el control de áreas privadas.

1.2.6 Estructura organizacional de la empresa bajo estudio

Luego de analizar la distribución física de la empresa y la función de cada área dentro del proceso productivo, es fundamental comprender cómo se estructura internamente. Una estructura organizacional bien definida es fundamental para el correcto funcionamiento de cualquier empresa, ya que permite una distribución clara de responsabilidades. En la Figura 1.3 se presenta un esquema organizacional de la empresa en estudio, que define los roles y relaciones entre los diferentes niveles de gestión y operación.

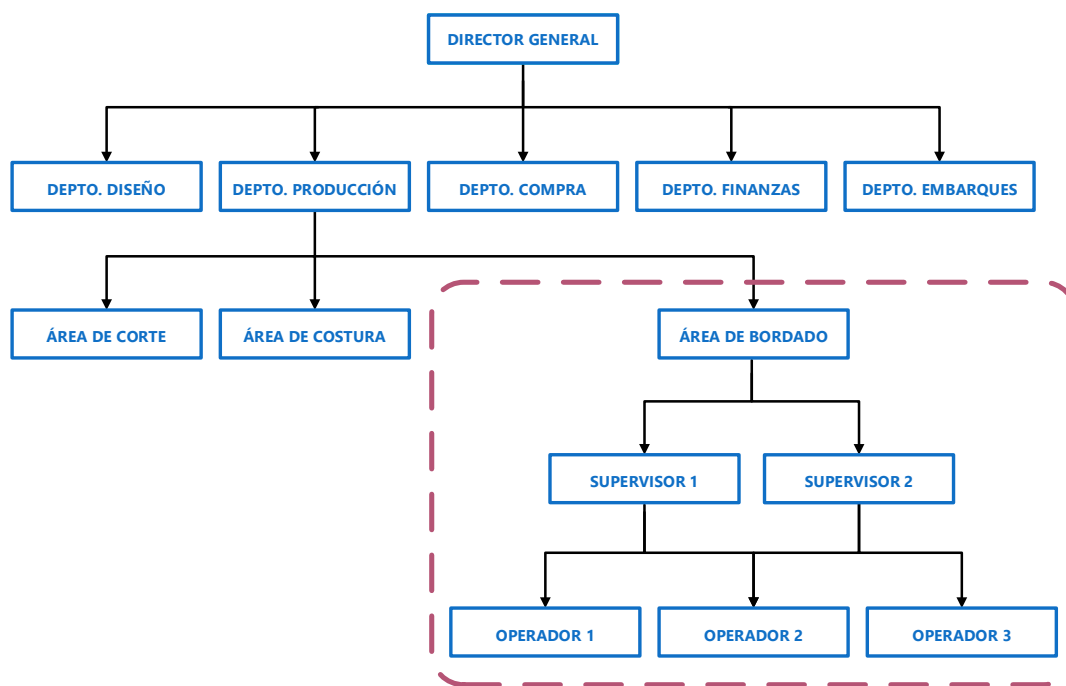


*Figura 1.3 Organigrama de la empresa bajo estudio, con énfasis en el área de bordado: lugar donde se desarrolló la tesis.
(Diseño propio, 2025).*

Es importante señalar que el área delimitada por el recuadro punteado en la Figura 1.3 representa el área de desarrollo de la presente tesis, correspondiente específicamente a una planta ubicada en el estado de Veracruz. En esta sede únicamente se concentra parte de las operaciones de bordado por los puestos indicados dentro del recuadro, mientras que actividades como corte y costura se llevan a cabo en otras instalaciones fuera de la ciudad.

Dado que el enfoque de esta investigación se centra en la planta ubicada en el estado de Veracruz, resulta fundamental describir las funciones y responsabilidades de los puestos del área de bordado, que operan en esta sede; la descripción es la siguiente:

- **Supervisor 1 y Supervisor 2.**

Son responsables de la coordinación y supervisión de las actividades de bordado dentro de la planta. Su función principal es garantizar que los procesos de producción se desarrollen de manera eficiente, asegurando la calidad del producto final. Además, se encargan de distribuir tareas entre los operadores, verificar el cumplimiento de los estándares establecidos y dar solución a problemas operativos que puedan surgir durante la jornada de trabajo.

- **Operador 1 y Operador 2.**

Son los encargados de ejecutar las actividades operativas dentro del área de bordado. Su labor consiste en manejar y operar las máquinas de bordado, asegurando que los diseños se plasmen correctamente. Además, realizan el mantenimiento básico de los equipos, reportan cualquier anomalía y, al terminar un pedido, se encargan de su empaquetado para su envío.

- **Operador 3.**

Desempeña funciones de apoyo general. Entre sus responsabilidades se encuentran la atención a clientes, la gestión básica del almacén, el orden y la limpieza del área de trabajo, así como el apoyo en actividades complementarias que contribuyen al correcto funcionamiento de la empresa.

1.2.7 Descripción del sistema de producción de bordado en la empresa bajo estudio

De acuerdo con observaciones y entrevistas realizadas al personal, el sistema de producción de bordado sigue las siguientes etapas:

- 1. Generación y recepción de pedidos.**

El proceso inicia con la generación de órdenes de compra por parte de los clientes, las cuales son registradas por la empresa. Cada pedido puede incluir distintos artículos y destinos, lo que requiere una gestión detallada para su correcto seguimiento.

- 2. Envío de la orden de producción para corte y costura.**

Una vez confirmados los pedidos, se emite la orden correspondiente para la confección de las prendas, proceso que se lleva a cabo en instalaciones externas, fuera de la ciudad.

- 3. Recepción de prendas confeccionadas.**

Tras finalizar el proceso de confección, las prendas son enviadas a la planta en estudio. La recepción se realiza considerando los tiempos de entrega, que dependen del volumen de cada pedido.

- 4. Clasificación y preparación de prendas.**

Las prendas recibidas son sometidas a un proceso de limpieza y clasificación, principalmente por tallas y tipo de artículo, con el objetivo de facilitar su control y posterior bordado.

5. Armado de órdenes de producción.

Una vez clasificadas, las prendas se organizan de acuerdo con las órdenes del cliente. Esto asegura que cada lote esté completo y listo para ingresar al área de bordado.

6. Preparación de maquinaria.

De manera paralela, se lleva a cabo la preparación de las máquinas, lo cual incluye la carga del programa correspondiente al diseño, la calibración de hilos y colores, el ajuste de la posición de las agujas en los ejes *X* y *Y*, la selección de los bastidores adecuados para el embastado de las prendas, así como la recarga de bobinas de hilo. Asimismo, se consideran verificaciones adicionales para asegurar la continuidad del proceso y minimizar posibles desviaciones durante la operación.

7. Corte de pellón.

Antes de iniciar, se cortan trozos de pellón con las dimensiones correspondientes al diseño del bordado. Este material no solamente aporta rigidez y estabilidad durante el proceso, sino que además protege la tela al evitar el contacto directo con la maquinaria, reduciendo el riesgo de atascos.

8. Bordado del producto.

En esta etapa, se utilizan las máquinas de bordado *TAJIMA* TFHX-IIC1506 y TFMX-IIC1204, cuya versatilidad permite realizar bordados tanto en textiles planos como en productos tubulares y gorras. El diseño es digitalizado con el software *Barudan Punchant Pro* y posteriormente cargado a la máquina mediante una memoria USB. Durante la ejecución, los operadores supervisan constantemente el proceso para prevenir errores y garantizar la uniformidad del diseño.

9. Acabado final del bordado.

Una vez finalizado el bordado, las prendas suelen presentar hilos sobrantes o restos de pellón en la parte posterior, los cuales afectan su estética y presentación. Por ello, se realiza un recorte manual para retirar estos excedentes y dejar el bordado con un acabado limpio y uniforme.

10. Inspección de calidad y empaquetado.

Tras la limpieza, las prendas pasan por una inspección visual que busca verificar los acabados y el cumplimiento de las especificaciones establecidas en cada orden. Al finalizar esta revisión, se procede a su empaquetado en los lotes correspondientes, de acuerdo con cada pedido, para finalmente ser enviados a su destino final.

A fin de proporcionar una representación visual clara, la Figura 1.4 presenta un diagrama de flujo que ilustra la secuencia de actividades involucradas en el proceso de bordado. Este proceso, de igual forma, puede visualizarse a través del diagrama de espagueti que se muestra en la Figura 1.5, el cual permite observar el flujo de materiales dentro de la planta.

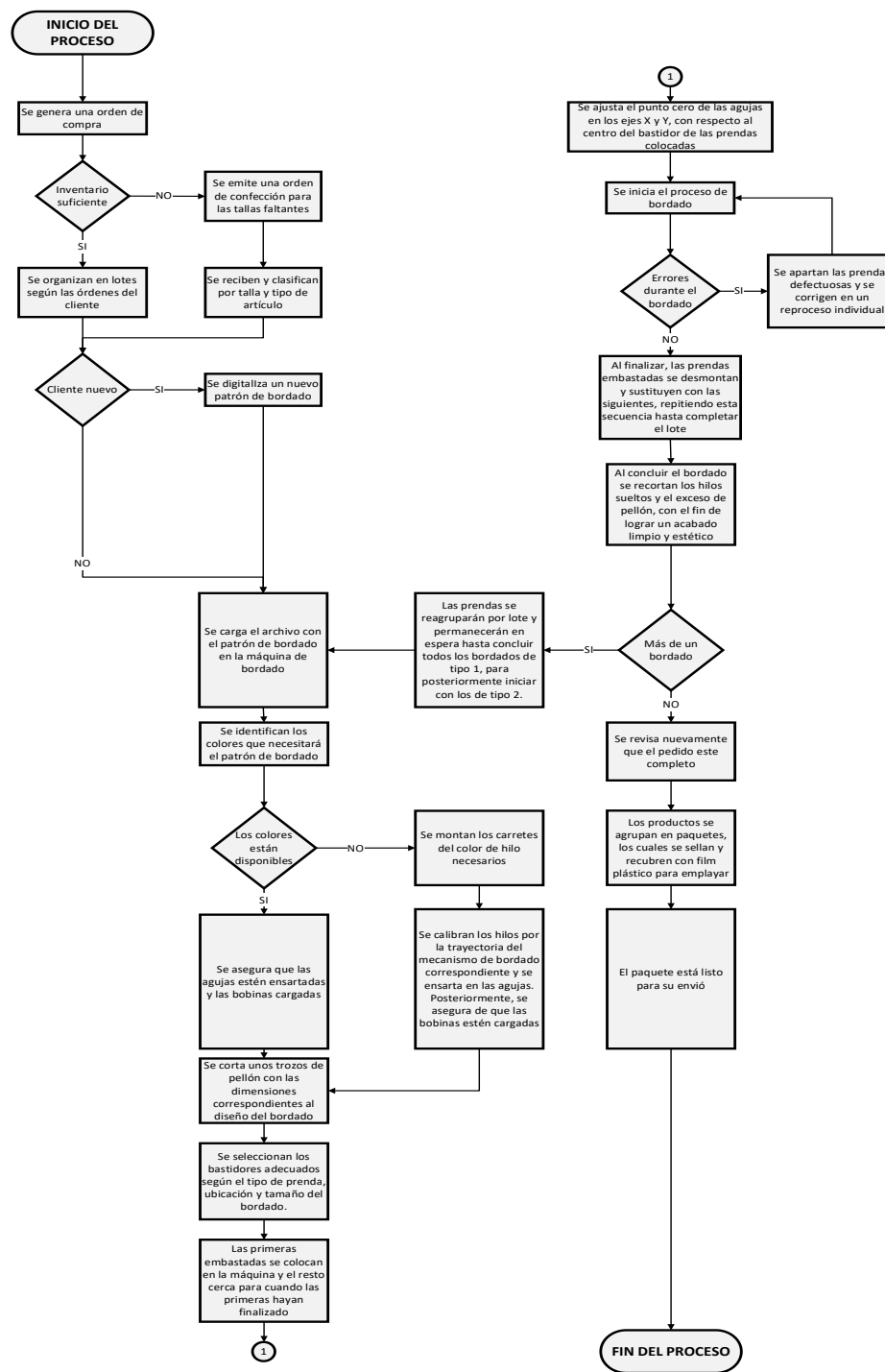


Figura 1.4 Diagrama de flujo del sistema de producción de bordado en la empresa bajo estudio. (Diseño propio, 2025).

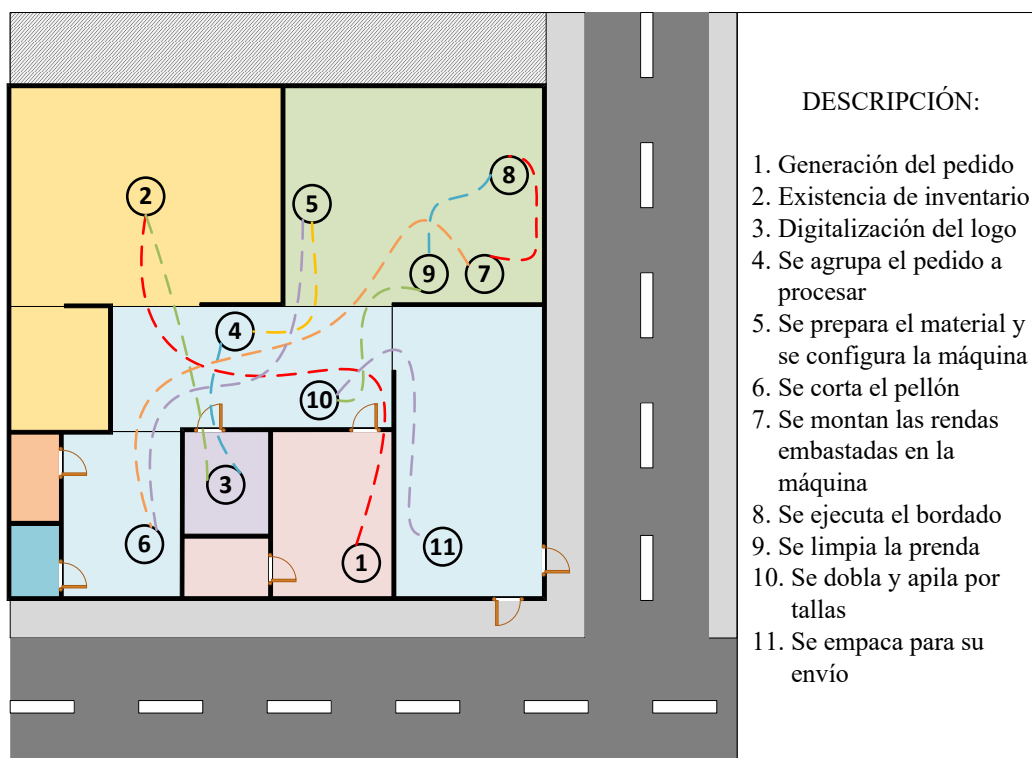


Figura 1.5 Diagrama de espagueti del sistema de producción de bordado en la empresa bajo estudio. (Diseño propio, 2025).

1.3 Objetivos

En esta sección se expone el objetivo general, alineado con la meta de la empresa. Asimismo, se detallan los objetivos específicos necesarios para lograr este propósito.

1.3.1 Objetivo General

Para enfrentar las deficiencias detectadas en el sistema de producción de bordado, la empresa en estudio se ha planteado el siguiente objetivo general con la finalidad de responder de manera eficiente a las demandas del mercado:

Mejorar el sistema de producción de bordado en la empresa bajo estudio, a través de la implementación de herramientas de *Lean Manufacturing*.

1.3.2 Objetivos específicos

En este apartado se presentarán los objetivos específicos a alcanzar con la elaboración de la presente tesis:

1. Analizar los métodos y los procesos de trabajo del sistema de producción de bordado en la empresa bajo estudio.
2. Identificar las principales fuentes de ineficiencia en el sistema de producción de bordado.
3. Definir y medir indicadores clave de desempeño (*KPIs*) para evaluar el estado inicial del sistema.
4. Seleccionar e implementar herramientas de *Lean Manufacturing* para mejorar el sistema de producción de bordado.
5. Evaluar el impacto de las mejoras implementadas mediante el análisis de los indicadores de desempeño.
6. Proponer acciones que fomenten la mejora continua en el sistema de producción de bordado.

1.4 Justificación

La empresa en estudio presenta diversas deficiencias en el área de bordado, las cuales afectan la productividad general de sus operaciones. Entre las más relevantes se encuentran altos niveles de inventario, tiempos prolongados de preparación debido a cambios en patrones de bordado, reprocesos por defectos en los productos, interrupciones constantes en el sistema de producción y una distribución ineficiente, tanto de la materia prima como de los productos terminados. Estas deficiencias limitan la capacidad de la empresa para responder de manera eficaz a las demandas del mercado y comprometen la calidad del servicio ofrecido a sus clientes.

La presente tesis se justifica por la necesidad de mejorar el sistema de producción de bordado en la empresa bajo estudio. Con base en el análisis de la literatura especializada, se han identificado herramientas de *Lean Manufacturing*, como *VSM*, *SMED*, las *5S* y *Poka-Yoke*, que han demostrado ser eficaces en la optimización de procesos productivos y en la eliminación de desperdicios. Estas técnicas ofrecen soluciones prácticas y efectivas para abordar las ineficiencias detectadas, garantizando mejoras en la organización del área de trabajo, la reducción de tiempos muertos, la prevención de errores y la mejora en la calidad del producto final.

La implementación de esta tesis no sólo permitirá a la empresa en estudio incrementar su competitividad en el mercado textil, sino que también sentará las bases para un sistema de producción más ágil y alineado con los principios de mejora continua.

Desde una perspectiva académica, el desarrollo de esta permitirá al tesista aplicar los conocimientos adquiridos durante la maestría en ingeniería industrial para resolver problemas reales en un contexto empresarial. Este trabajo busca proporcionar una solución a las deficiencias detectadas en la empresa bajo estudio y contribuir a su crecimiento y fortalecimiento, posicionándola como una empresa eficiente, innovadora y preparada para los retos del futuro.

1.5 Conclusión

Este capítulo ha proporcionado una visión detallada de la problemática que enfrenta la empresa bajo estudio en su sistema de producción de bordado, particularmente en lo relacionado con su eficiencia operativa. Asimismo, ha permitido conocer su estructura organizacional, su distribución y su proceso de producción.

Por otro lado, a través de la revisión de antecedentes y la aplicación de herramientas de *Lean Manufacturing*, fue posible identificar diversas problemáticas que afectan a la productividad, tales como la falta de estandarización en los procesos, el exceso de inventario, los tiempos prolongados de preparación y los defectos en el producto final. Si bien existen diversos estudios sobre la aplicación de *Lean Manufacturing* en la industria textil, hay una limitada documentación sobre su implementación específica en procesos de bordado industrial.

En conclusión, este capítulo establece los fundamentos de la tesis, proporcionando una visión clara de la problemática y de las estrategias disponibles para su solución. A partir de este punto, el siguiente paso será profundizar en el marco teórico y metodológico que guiará la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing* en la empresa bajo estudio, con el propósito de mejorar su competitividad mediante la eliminación de desperdicios.

Capítulo 2

Marco teórico

Este capítulo presenta los fundamentos teóricos de las herramientas y técnicas de ingeniería industrial que respaldan el análisis y la mejora del sistema de producción de bordado de la empresa bajo estudio. Se exploran herramientas como la lluvia de ideas y el diagrama de afinidad, así como técnicas de análisis de problemas, como el diagrama de Pareto e Ishikawa. Además, se abordan métodos de evaluación de desempeño, como el indicador de eficacia global de los equipos (*OEE*), y se introducen procedimientos estadísticos necesarios para garantizar la confiabilidad de los resultados. Finalmente, se expone la filosofía de *Lean Manufacturing*, destacando las *5S* y *SMED* como enfoques clave para optimizar los procesos.

2.1 Panorama de las técnicas de mejora aplicadas

En esta sección se presenta el conjunto de herramientas que se aplicarán para mejorar el sistema de producción de bordado de la empresa en estudio. Estas técnicas han sido agrupadas en cuatro categorías según su propósito en el proceso de mejora continua, como se ilustra en la Figura 2.1.

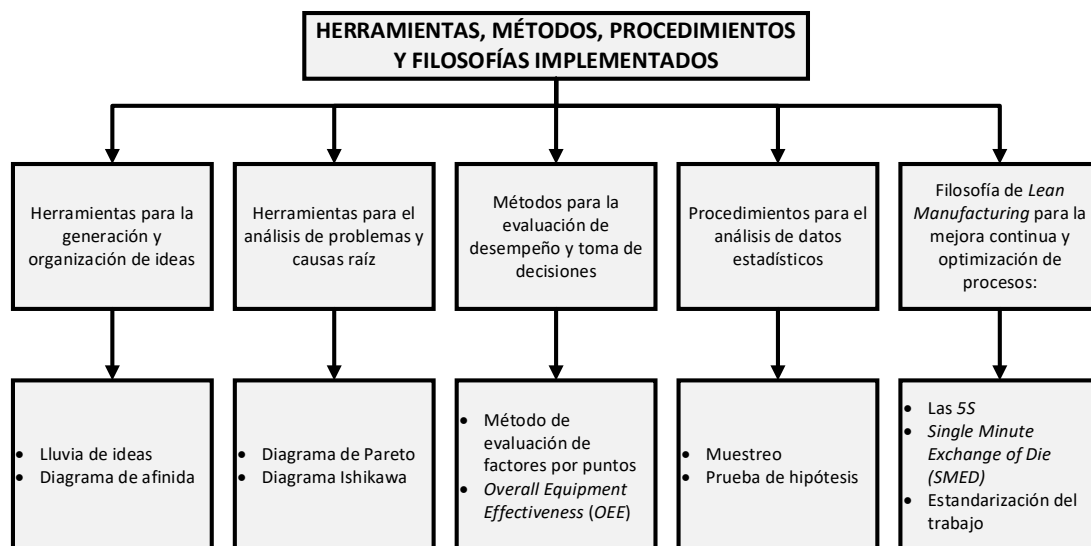


Figura 2.1 Herramientas, métodos, procedimientos y filosofía implementados en la empresa bajo estudio. (Diseño propio, 2025).

A continuación, se describe la Figura 2.1:

1. Herramientas para la generación y organización de ideas.

Se emplearán la lluvia de ideas y el diagrama de afinidad con el fin de captar la percepción del personal operativo y organizar los factores clave que permitan identificar las principales áreas de oportunidad dentro del sistema de producción de bordado.

2. Herramientas para el análisis de problemas y causas raíz.

Se aplicará el diagrama de Pareto para identificar las familias de productos con mayor impacto en los resultados y el diagrama de *Ishikawa* para profundizar en las causas raíz de las ineficiencias detectadas en el proceso.

3. Métodos para la evaluación del desempeño y la toma de decisiones.

Se utilizará el método de evaluación de factores por puntos como criterio objetivo para seleccionar el área de oportunidad prioritaria, mientras que el indicador de eficacia global de los equipos (*OEE*) permitirá medir de forma integral la disponibilidad, el rendimiento y la calidad del proceso de bordado.

4. Procedimientos para el análisis de datos estadísticos.

Se aplicará un procedimiento estadístico para determinar el tamaño de la muestra requerido en las mediciones de la tasa de disponibilidad, de rendimiento, de calidad y la organización del área de trabajo, con el fin de garantizar resultados representativos y confiables en el estudio. Asimismo, se empleará la prueba de hipótesis para evaluar si las mejoras implementadas producen cambios significativos en las variables analizadas.

5. Filosofía de *Lean Manufacturing* para la mejora continua y optimización de procesos.

Se implementarán filosofías como las 5S, orientadas a mejorar la organización sistemática, la estandarización y el control visual del área de trabajo, con el propósito de mejorar la eficiencia operativa y reducir tiempos de búsqueda; *SMED*, para reducir los tiempos de preparación y aumentar la disponibilidad de las máquinas; y la estandarización del trabajo, para asegurar la uniformidad en la ejecución de las tareas y mantener la estabilidad de los resultados obtenidos.

2.2 Herramientas para la generación y organización de ideas

En esta sección se presentan las herramientas a utilizar para recopilar información directa de los trabajadores de la empresa en estudio, con el objetivo de conocer sus percepciones, experiencias, cultura organizacional y estructura interna, entre otros aspectos. Estas herramientas permitirán generar datos fundamentales para el diagnóstico organizacional.

2.2.1 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas, o *brainstorming*, es una herramienta de pensamiento creativo utilizada para generar ideas nuevas y útiles que contribuyan a la resolución de problemas. El objetivo de una sesión de lluvia de ideas es generar y documentar una amplia variedad de propuestas, ya que a través de este proceso de pensamiento lateral surgen ideas innovadoras, capaces de desencadenar soluciones creativas. Normalmente, la lluvia de ideas se emplea en las fases de identificación y definición de proyectos, así como en el diagnóstico y solución de sus causas.

De acuerdo con Vázquez Navarrete et al. (2011), las herramientas creativas son técnicas de grupo que buscan la generación rápida de ideas. Dentro de esta categoría se encuentra la lluvia de ideas, la cual se basa en una discusión grupal, generada a partir de una pregunta planteada por el moderador que ha de responderse. La lluvia de ideas tiene un propósito exploratorio durante la fase inicial de propuestas, por lo que puede utilizarse en las primeras etapas de una investigación, además de que puede usarse en conjunto con otras técnicas.

Según Rey Sacristán (2003), el *brainstorming* es una herramienta ampliamente reconocida para trabajar en equipo, utilizada para estimular la creatividad de todos los involucrados con un proyecto o problema. Algunas de las características de la lluvia de ideas, que Rey Sacristán (2003) identificó, se enlistan a continuación:

- Reúne un grupo de personas en torno a un único tema de análisis, bajo la consigna de aportar todas las ideas posibles relacionadas con dicho tema. El número de participantes puede variar, siempre que se garantice un entorno manejable que favorezca la confianza y la libre expresión.

- Promueve la generación de ideas sin juicios ni críticas durante la sesión, lo que permite estimular la creatividad genuina y seleccionar posteriormente las propuestas con mayor potencial para su análisis.
- Aprovecha la diversidad del grupo participante, promoviendo la integración de distintas perspectivas y experiencias para que las ideas se complementen, se enriquezcan y evolucionen progresivamente a partir de las propuestas previas.
- Requiere la presencia de un moderador que dirija la dinámica, así como el establecimiento de normas de respeto que aseguren el orden, minimicen los sesgos sociales y favorezcan un entorno de caos creativo controlado.
- Ocupa un tiempo previamente delimitado, que suele oscilar entre 60 y 90 minutos, con el fin de mantener la concentración y la efectividad de la sesión.

De acuerdo con Vázquez Navarrete et al. (2011), la lluvia de ideas puede desarrollarse de dos maneras:

1. Aleatoria.

En la lluvia de ideas aleatoria, cada participante enuncia las ideas a medida que se le ocurren y el relator las registra por orden de aparición.

2. Secuencial.

En la lluvia de ideas secuencial, se sigue un turno. Y al igual que en la aleatoria, las ideas se registran tan pronto como se enuncian.

2.2.1.1 Ventajas y desventajas de la lluvia de ideas

Una sesión de lluvia de ideas tiene ventajas como desventajas; según Sphere Project Staff (2004), ambos puntos de vista pueden ser resumidos en lo siguiente:

○ **Ventajas.**

- 1) La lluvia de ideas puede generar, con rapidez, un buen número de ideas, soluciones e información.
- 2) La lluvia de ideas puede hacer que tomen parte todos los y las participantes.
- 3) Puede emplearse como una herramienta de arranque para delimitar rápidamente áreas críticas a evaluar.

- **Desventajas.**

- 1) Es importante controlar la calidad y la cantidad de la información producida, de modo que haya adherencia al objetivo principal del ejercicio.
- 2) Todo dependerá de la habilidad del capacitador o de la capacitadora para hacer la facilitación de una forma en que no se emitan juicios.
- 3) Es preciso que el capacitador o la capacitadora sea capaz de resumir ideas/frases en equivalentes de una sola palabra.

2.2.1.2 Pasos para realizar una lluvia de ideas

De acuerdo con Palom Izquierdo (1991), la aplicación efectiva de la técnica de lluvia de ideas sigue una serie de pasos, los cuales se describen a continuación:

1. **Definir la cuestión, situación o problema.**

Concrete cuál es el motivo para llevar a cabo la dinámica, para que suponga un punto de partida claro.

2. **Definir un grupo de trabajo (y al facilitador).**

No existe un número establecido de personas para la formación del grupo; sin embargo, se recomienda que sea superior a cinco y que no tenga más de diez personas. En cualquier caso, es importante buscar personas de actitud abierta, flexibles y tolerantes al cambio. Es necesario que un facilitador experimentado dinamice al grupo.

3. **Establecer las reglas.**

Las instrucciones son vitales para esta técnica, por lo que no se deben juzgar las aportaciones de otros miembros, además de dejar que las ideas fluyan y se retroalimenten de las de los otros miembros.

4. **Iniciar la lluvia de ideas.**

El problema o situación por resolver estará escrito en un lugar visible para todos, preferentemente en el mismo lugar donde se irán colocando las propuestas de los participantes. Para éstas, facilite notas adhesivas o tarjetas y dé 10 minutos para que todos puedan reflexionar e ir anotando. Posteriormente, se comparten las ideas que se van presentando en el panel, por turnos, a la vista de todos.

5. Cerrar la dinámica.

Cuando los participantes no presenten más ideas, se da por concluida la dinámica. Se enunciarán las ideas al grupo, explicando aquellas que puedan ofrecer dudas, se eliminarán aquellas que sean reiterativas y, durante ese proceso, se irán agrupando según un criterio contrastado.

2.2.2 Diagrama de afinidad

El diagrama de afinidad es una de las siete herramientas de calidad, también conocidas como las siete herramientas de gestión y planificación (*Seven Management and Planning Tools*). Su propósito es organizar y categorizar datos, información o ideas en grupos, con base en las relaciones que existen entre ellos, facilitando así su análisis y comprensión.

De acuerdo con Verdoy et al. (2006), un diagrama de afinidad es una forma de organizar la información reunida en sesiones de lluvia de ideas. Creado por Kawaita Jiro, el diagrama de afinidad está diseñado para reunir hechos, opiniones e ideas sobre áreas que se encuentran en un estado de desorganización. El diagrama de afinidad ayuda a agrupar aquellos elementos que están relacionados de forma natural. Como resultado, cada grupo se une alrededor de un tema o concepto clave. El uso de un diagrama de afinidad es un proceso creativo que produce consenso por medio de la clasificación que hace el equipo en vez de una discusión.

De acuerdo con Vilar Barrio (1997), el diagrama de afinidad es una herramienta muy útil cuando se dispone de una gran cantidad de información proveniente de fuentes diferentes. Por ejemplo, necesidades, expectativas o exigencias de clientes tomadas de reclamaciones, problemas en garantía, encuestas de opinión, problemas de fiabilidad, etc. El análisis de estos no suele ser sencillo, tanto por el tipo de datos como por la disparidad de las fuentes; por ello, el diagrama de afinidad resulta especialmente útil para organizarlos, identificar patrones y facilitar la extracción de información relevante.

Vilar Barrio (1997) menciona que un diagrama de afinidad normalmente se utiliza cuando se presenta alguna de las siguientes situaciones:

- Cuando un tema es lo suficientemente complejo como para que la interrelación entre ideas (causas y efectos) sea difícil de determinar, clasificar y priorizar.
- Cuando es crítico en la resolución del problema la secuenciación correcta de las actividades por parte de la dirección.
- Cuando existe un sentimiento de que el problema en realidad es sólo un síntoma.
- Cuando el número de causas y las relaciones entre éstas son significativos y difíciles de analizar por separado.

2.2.2.1 Ventajas del diagrama de afinidad

El uso del diagrama de afinidad ofrece múltiples beneficios en el análisis y la mejora de procesos industriales. Chang y Niedzwiecki (1999) destacan los siguientes puntos:

- **Estructuración de ideas complejas.**
Permite organizar información desordenada en grupos temáticos, facilitando su comprensión.
- **Fomento del trabajo en equipo.**
Al ser una herramienta colaborativa, facilita la integración de diferentes perspectivas dentro de un grupo de trabajo.
- **Identificación de patrones.**
Ayuda a descubrir relaciones ocultas entre problemas o propuestas, lo que facilita el análisis de causas y soluciones.
- **Soporte en la toma de decisiones.**
Brinda un enfoque visual y lógico para priorizar problemas o soluciones en un proceso de mejora continua.

Según Vilar Barrio (1997), los diagramas de afinidad ofrecen las siguientes ventajas::

- La presentación gráfica de los resultados es comprensible para todos los participantes y se puede presentar a otros públicos con facilidad.
- Su uso aumenta la cohesión del grupo y también mejora el clima grupal.
- Ayuda a mejorar la planificación y la evaluación de los proyectos.
- Permite relacionar causas clave con efectos clave.

2.2.2.2 Pasos para realizar un diagrama de afinidad

De acuerdo con Gairín Sallán y Ion (2021), el proceso para elaborar los diagramas de afinidad es flexible, permitiendo adaptaciones diversas según las necesidades y los objetivos, por lo que, para realizarlo, deben utilizarse los siguientes pasos generales:

1. Escribir las ideas de los diferentes miembros en tarjetas o notas adhesivas y, posteriormente, situarlas en un lugar visible para que todos los miembros del grupo puedan moverlas y organizarlas, basándose en asociaciones previamente decididas en función de los objetivos a conseguir.
2. Agrupar las opiniones o conceptos afines entre sí para conformar ideas generales.
3. Repetir el proceso hasta que todas las tarjetas hayan sido agrupadas. Las tarjetas que no puedan incluirse en ningún grupo pueden reunirse todas en un grupo.
4. Crear tarjetas de afinidad, que agruparán cada uno de los grupos de ideas reunidas y de las que se acordará un encabezado.
5. Trazar líneas que conecten los encabezados e indiquen la relación existente.
6. Discutir los grupos previamente creados y las asociaciones establecidas hasta que se alcance el consenso necesario entre todos los miembros.

2.3 Herramientas para el análisis de problemas y causas raíz

En esta sección se describen herramientas para identificar los principales problemas del sistema de bordado y descomponerlos en sus causas fundamentales. El uso de estas técnicas permitirá detectar los factores que originan las ineficiencias y establecer un punto de partida para plantear soluciones efectivas.

2.3.1 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica utilizada en la gestión de calidad y en la toma de decisiones para identificar y visualizar las causas más significativas de un problema o fenómeno. De acuerdo con Verdoy et al. (2006), un diagrama de Pareto es un gráfico de barras que enumera las categorías en orden descendente de izquierda a derecha, el cual puede ser utilizado por un equipo para analizar causas, estudiar resultados y planear una mejora continua.

Según Fuente García (2006), los diagramas de Pareto están basados en la teoría de la escala de preferencias, desarrollada por el italiano W. Pareto, a principios del siglo. Conocido también como diagrama 80-20, en relación con la teoría de W. Pareto que dice que en muchos casos el 80% de los efectos está producido por el 20% de las causas. Aplicando esta regla a la resolución de los problemas, se puede observar que los defectos o las posibilidades de mejora dependientes de causas variadas suelen estar influidos en mucha mayor proporción por un pequeño número de causas y que, corrigiéndolas, se obtienen unos resultados muy favorables. Se emplean para mostrar la frecuencia relativa de hechos tales como productos defectuosos, reparaciones, defectos, fallos o accidentes. La información se representa en orden descendente, desde la categoría mayor hasta la más pequeña.

De acuerdo con Galgano (1995), el análisis de Pareto es un método gráfico para definir los problemas más importantes de una determinada situación y, por consiguiente, las prioridades de intervención.

Por su parte, Escalante Vázquez (2005) menciona que el diagrama de Pareto consiste en una gráfica de barras ordenadas de mayor a menor, donde cada barra representa el peso que tiene cada uno de los factores que se analizan. El objetivo de este es presentar información de manera que facilite la rápida visualización de los factores con mayor peso, para reducir su influencia en primer lugar.

2.3.1.1 Usos del diagrama de Pareto

Según Galgano (1995), el diagrama de Pareto representa uno de los primeros pasos que deben darse para realizar mejoras, puesto que ayuda a definir las áreas prioritarias de intervención y atrae la atención de todos sobre las prioridades y facilita la creación del consenso. Dado que en la vida real se cuenta con tiempo y recursos limitados para la consecución de los resultados, es necesario saber centrar los esfuerzos en los aspectos prioritarios, para lo que el análisis de Pareto resulta de fundamental importancia. Otro aspecto del análisis de Pareto radica en el hecho de que permite comparar dos representaciones del mismo fenómeno en tiempos diferentes y, por consiguiente, poner de relieve los resultados de las medidas de mejora adoptadas.

Según Rey Sacristán (2001), el diagrama de Pareto, en general, es empleado como técnica de análisis de un problema desde una nueva perspectiva y para concentrar la atención sobre los problemas en orden de su prioridad. En particular, el uso de estos diagramas se utiliza para los siguientes puntos:

- Identificar las causas principales de un problema.
- Priorizar acciones de mejora en procesos industriales o administrativos.
- Analizar defectos en productos o servicios.
- Realizar control de calidad y resolución de problemas.
- Evaluar la frecuencia de errores o quejas de clientes.

2.3.1.2 Ventajas y desventajas del diagrama de Pareto

Como toda herramienta de análisis, el diagrama de Pareto presenta ventajas y desventajas que deben considerarse al momento de su aplicación. De acuerdo con Vilar Barrio et al. (1997) , ambos puntos de vista pueden ser resumidos en lo siguiente:

- **Ventajas.**
 - 1) Es una herramienta visual y de fácil interpretación, incluso para usuarios sin formación técnica.
 - 2) Permite priorizar y enfocar los recursos en las causas más significativas.
 - 3) Es aplicable en múltiples áreas, como calidad, producción y atención al cliente.
 - 4) Facilita la toma de decisiones con base en datos.
- **Desventajas.**
 - 1) No muestra relaciones causales: sólo indica cuáles causas son más frecuentes, no por qué ocurren.
 - 2) Puede ser engañoso si los datos no están bien clasificados o actualizados.
 - 3) No tiene en cuenta la gravedad o el costo de los problemas, sólo la frecuencia (aunque puede adaptarse).
 - 4) Requiere una recolección y categorización de datos precisas para obtener resultados confiables.

2.3.1.3 Pasos para realizar el diagrama de Pareto

Castañeda Urriza (1999) describe el siguiente procedimiento para elaborar un diagrama de Pareto:

1. Decidir qué clase de problemas se quiere investigar.
2. Decidir qué tipo de datos se necesitarán y el método de recolección.
3. Recolectar los datos.
4. Reordenar los datos obtenidos de mayor a menor.
5. Elaborar una tabla de datos para un diagrama de Pareto.
6. Elaborar una gráfica con dos ejes verticales y un eje horizontal.
7. Marcar el eje izquierdo con una escala desde 0 hasta el total general.
8. Elegir una escala apropiada al total general.
9. Marcar el eje derecho con una escala de 0% a 100%.
10. Dividir el eje horizontal en un número de intervalos equivalente al número de características clasificadas.
11. Construir un diagrama de barras.
12. Dibujar la curva acumulada (curva de Pareto).
13. Anotar en el diagrama cualquier información necesaria.

2.3.2 Diagrama de *Ishikawa*

El diagrama de *Ishikawa*, también conocido como diagrama de causa-efecto o diagrama de espina de pescado (Escalante Vázquez, 2005), es una herramienta utilizada para identificar, organizar y representar de manera estructurada las posibles causas que originan un problema específico o un efecto no deseado dentro de un proceso. Su propósito es facilitar el análisis profundo de las causas raíz de los problemas de calidad, eficiencia o productividad en contextos industriales y organizacionales.

De acuerdo con Mercado Ramírez (1991), el diagrama de *Ishikawa* es una de las herramientas más prácticas y accesibles utilizadas por los equipos de trabajo para iniciar el análisis y la solución de problemas considerados prioritarios. Esta herramienta permite visualizar de manera estructurada las posibles causas que generan un problema, facilitando

su identificación y abordaje. Por su parte, Escalante Vázquez (2006) señala que dentro de los procesos productivos, particularmente en el ámbito manufacturero, el diagrama de *Ishikawa* puede asociarse a uno o varios de los llamados factores críticos, los cuales influyen directamente en cualquier proceso de fabricación. Dichos factores se enlistan a continuación:

1. **Métodos.**

Se refiere a los procedimientos, instrucciones y normas empleados para realizar las actividades dentro del proceso productivo. La estandarización y eficiencia de estos métodos pueden influir en la calidad del producto.

2. **Mano de obra.**

Corresponde al personal encargado de ejecutar las tareas. Su capacitación, experiencia, motivación y desempeño pueden representar causas significativas de variabilidad en el proceso.

3. **Materia prima.**

Engloba los materiales e insumos utilizados en la fabricación. La calidad, disponibilidad y características de estos elementos inciden directamente en el resultado final.

4. **Medición.**

Comprende los instrumentos, sistemas y criterios utilizados para evaluar tanto el proceso como el producto. Errores en la medición o equipos mal calibrados pueden generar datos imprecisos y afectar la toma de decisiones.

5. **Medio ambiente.**

Abarca las condiciones físicas del entorno de trabajo, tales como iluminación, temperatura, ventilación, orden y limpieza. Estas variables pueden influir tanto en la eficiencia como en la seguridad del proceso.

6. **Maquinaria y equipo.**

Incluye las máquinas, herramientas y dispositivos utilizados para la producción. Su estado de mantenimiento, antigüedad y adecuación al proceso afectan tanto la calidad como la continuidad de este.

Cabe señalar que, de acuerdo con Escalante Vázquez (2006), existen distintos tipos de diagramas cuya estructura varía según los factores que se deseen analizar. Los dos más comunes son los diagramas con “4M’s” (Hombre, Máquina, Método, Material), utilizados principalmente en contextos industriales básicos, y los diagramas de “6M’s” (incluyen Medición y Medio ambiente) que ofrecen un enfoque más completo para procesos de manufactura.

2.3.2.1 Ventajas y desventajas del diagrama de *Ishikawa*

El diagrama de *Ishikawa* ha sido ampliamente utilizado en entornos productivos y de gestión de calidad debido a su utilidad para identificar y organizar las posibles causas de un problema. No obstante, como toda herramienta, presenta tanto fortalezas como limitaciones que deben ser consideradas al momento de su aplicación. Un resumen comparativo de sus principales ventajas y desventajas es el siguiente (Reza Trosino, 2006):

- **Ventajas.**

- 1) Facilita la identificación sistemática de causas potenciales de un problema.
- 2) Ofrece una representación visual clara y estructurada del problema y sus posibles causas.
- 3) Es una herramienta sencilla, de bajo costo y aplicable a diversos tipos de problemas.
- 4) Permite clasificar las causas en categorías específicas (como las 6M’s), lo que facilita el análisis.

- **Desventajas.**

- 1) Puede generar una gran cantidad de causas sin que todas sean relevantes o comprobables.
- 2) No establece relaciones de prioridad o peso entre las causas identificadas; todas se muestran al mismo nivel.
- 3) No proporciona soluciones por sí misma; sólo el análisis de las causas.
- 4) Requiere una buena recolección y categorización de datos para ser útil.
- 5) La calidad del análisis dependerá en gran medida de la experiencia del equipo que lo desarrolla.

2.3.2.2 Pasos para realizar el diagrama de *Ishikawa*

Según Brandl (2025), para utilizar el diagrama de *Ishikawa*, el primer paso es identificar claramente el problema que se desea resolver. Este puede ser sobre algo específico, como una dificultad en el trabajo, o un desafío personal, como la falta de tiempo o la dificultad para alcanzar objetivos. Al definir el problema, se escribe en la "cabeza" del pez, que será el punto central del diagrama. El siguiente paso es comenzar a explorar las posibles causas. La columna principal se puede dividir en categorías amplias (espinas) y, a su vez, cada una de estas categorías abarcará una gama de causas potenciales (espinas menores) que pueden ser más específicas.

Hernández C. y Guárate Echenique (2017) describieron su procedimiento para realizar un diagrama de *Ishikawa*, el cual consta de los siguientes pasos:

1. **Definir el problema de forma clara y concreta.**

Se debe especificar de manera sencilla el problema o fenómeno que se desea analizar. Este se representará en un recuadro ubicado en el extremo derecho del diagrama, conocido como la "cabeza del pez".

2. **Realizar una lluvia de ideas relacionada con el problema.**

Es necesario reunir todas las posibles causas asociadas al problema mediante una sesión de tormenta de ideas, considerando cada aspecto relevante que pueda influir en la situación analizada.

3. **Identificar y agrupar las causas principales.**

Las ideas obtenidas deben clasificarse en categorías que representen causas principales. Cada grupo se coloca en un recuadro y se conecta al eje central del diagrama (la "espina dorsal del pez") mediante flechas que apuntan hacia dicho eje.

4. **Agregar causas secundarias o subcausas.**

A cada causa principal se le deben añadir las causas secundarias que la explican o detallan, conectándolas mediante flechas que muestren su relación directa.

5. **Revisar la coherencia lógica del diagrama.**

Se recomienda evaluar si las causas principales identificadas tienen sentido lógico y si su relación con el efecto es clara y justificable.

6. Verificar la claridad visual del diagrama.

Se debe comprobar que el diagrama sea visualmente comprensible, esté bien estructurado y permita interpretar fácilmente la información representada.

7. Reevaluar la definición del efecto y la pertinencia de las causas.

Es importante reflexionar sobre si el problema fue correctamente definido: ¿todas las causas son las causas que debieron determinarse?; también verificar que las causas señaladas realmente correspondan al efecto analizado, y corregir o eliminar aquellas que no guarden relación directa.

2.4 Métodos para la evaluación de desempeño y toma de decisiones

En este apartado se presentan los métodos utilizados para medir la eficiencia del proceso y seleccionar de manera objetiva las alternativas de mejora. Estas herramientas proporcionarán criterios cuantitativos y cualitativos para facilitar la priorización de acciones y la toma de decisiones estratégicas.

2.4.1 Método de evaluación de factores por puntos

El método de evaluación de factores por puntos, también conocido como método de factores ponderados o de puntuación ponderada (García Solarte et al., 2011), es utilizado para la toma de decisiones multicriterio. Este método permite comparar diversas alternativas mediante factores relevantes, a los cuales se les asigna una ponderación según su importancia relativa. Se emplea en diferentes áreas, como la evaluación de puestos de trabajo, diseños, *layout*, entre otros, facilitando la comparación y asignación de un valor que respalde las decisiones.

Según De la Fuente et al. (2006), el método de evaluación de factores por puntos es uno de los más utilizados en la evaluación de puestos de trabajo, ya que descompone los puestos en factores específicos a los que se asignan valores numéricos. La suma de estos valores genera un puntaje total que refleja la importancia relativa de cada puesto o alternativa. García Solarte et al. (2011) explican que el método fue ideado por Merrill R. Lott en 1926 y consiste en asignar un número determinado de puntos a los factores o subfactores que componen el puesto, con el fin de establecer un orden de importancia entre ellos.

Rubió Sánchez (2016) define el método de evaluación de factores por puntos como método de comparación de factores, con el cual se seleccionan puestos clave como referencia y los demás puestos o factores se evalúan comparándolos con estos. Cada factor se clasifica según su relevancia y se asigna un valor específico a cada uno, lo que permite obtener un puntaje total para cada puesto o alternativa. Aunque es un método preciso y detallado, su implementación puede ser costosa en términos de tiempo y recursos, lo que limita su uso en algunas situaciones.

2.4.1.1 Ventajas del método de evaluación de factores por puntos

El uso del método de evaluación de factores por puntos representa una herramienta valiosa dentro del análisis y mejora de procesos en ingeniería industrial, ya que permite tomar decisiones fundamentadas con base en múltiples criterios. Este método no sólo aporta claridad al momento de comparar alternativas, sino que también promueve la objetividad y la participación colaborativa en la toma de decisiones. De la Fuente et al. (2006) identificaron algunas de las principales ventajas que ofrece su aplicación, entre las cuales están las siguientes:

- **Facilita decisiones estructuradas.**

Permite descomponer problemas complejos en elementos comparables, lo que favorece un análisis más claro y racional.

- **Reduce la subjetividad.**

Al establecer criterios y ponderaciones previas, se ayuda a minimizar sesgos personales en la elección de alternativas.

- **Flexibiliza su uso.**

Se puede aplicar a cualquier tipo de problema donde existan múltiples factores a considerar y más de una alternativa.

- **Favorece la transparencia en la toma de decisiones.**

Al documentar el proceso y justificar cada ponderación y calificación, es posible sustentar técnicamente la elección final.

- **Permite la participación grupal.**

El método puede ser alimentado por distintos actores involucrados, lo cual enriquece el análisis.

2.4.1.2 Pasos para realizar el método de evaluación de factores por puntos

Para aplicar de manera efectiva el método de evaluación de factores por puntos, es necesario seguir una secuencia de pasos que aseguren la efectividad del procedimiento. De la Fuente et al. (2006) presentan seis pasos fundamentales para su correcta implementación, los cuales se enlistan a continuación:

- 1. Identificar los criterios de evaluación.**

Se establecen los factores clave que serán utilizados para comparar las diferentes opciones. Estos criterios deben ser relevantes para el objetivo del análisis.

- 2. Asignar las ponderaciones a cada criterio.**

Se determina el peso o la importancia relativa de cada factor en función de su impacto en el resultado final.

- 3. Establecer una escala de calificación.**

Se define una escala numérica que permita asignar puntuaciones a cada alternativa con base en su desempeño respecto a cada criterio.

- 4. Evaluar las alternativas.**

Se analizan las distintas opciones disponibles y se les asigna una calificación en cada criterio.

- 5. Calcular el puntaje total.**

Se multiplica la calificación obtenida por cada alternativa en cada criterio por la ponderación asignada, y se suman los resultados para obtener un puntaje total.

- 6. Analizar los resultados.**

Se comparan los puntajes totales obtenidos para determinar qué alternativa es la más adecuada o efectiva.

2.4.2 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

De acuerdo con Cruelles Ruiz (2009), el *Overall Equipment Effectiveness*, conocido en español como eficacia global de los equipos, es un indicador de desempeño ampliamente utilizado en la industria para evaluar la eficacia real de los procesos productivos. Asimismo, el autor lo define como “*un ratio que se emplea para medir el rendimiento y productividad de las líneas de producción en las que la maquinaria tiene una gran influencia*”.

Castro Martínez (2015) señala que, aunque sus orígenes no son del todo precisos, se presume que el *OEE* fue desarrollado en una planta de Toyota. Surgiendo como parte de las prácticas de Mantenimiento Productivo Total (*TPM*). El *OEE* busca mantener las máquinas en funcionamiento y maximizar su contribución a la productividad. Para lograrlo, este indicador considera **tres factores fundamentales** que, si se combinan, permiten obtener un valor único que representa el grado de eficacia global del equipo:

1. **Disponibilidad.**

Refleja el porcentaje de tiempo que el equipo está en operación respecto al tiempo programado.

2. **Rendimiento.**

Compara la velocidad real de producción frente a la velocidad ideal.

3. **Calidad.**

Determina la proporción de productos que cumplen con los estándares establecidos.

2.4.2.1 Beneficios con la mejora *OEE*

Cruelles Ruiz (2009) destaca que la mayor ventaja del *OEE* es que mide, en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad. Por su parte, Socconini Pérez Gómez y Reato (2019) mencionan que mejorar el *OEE* puede aportar varios beneficios significativos a las organizaciones del sector manufacturero, entre los cuales están los siguientes:

○ **Mayor productividad.**

Un *OEE* elevado permite reducir paros, optimizar el desempeño de los equipos y minimizar defectos, logrando mayores volúmenes de producción sin inversiones adicionales.

○ **Mejor eficiencia.**

Identifica y corrige inefficiencias, favoreciendo un uso más efectivo de los recursos y una operación de fabricación más ágil.

○ **Reducción de costos.**

Al disminuir tiempos muertos y desperdicios, se evitan retrasos y se reducen gastos por reprocesos o materiales defectuosos.

- **Calidad superior.**

La mejora del *OEE* impulsa procesos estables y productos consistentes, aumentando la satisfacción y lealtad del cliente.

- **Mayor capacidad.**

Al eliminar cuellos de botella y aprovechar mejor los equipos, se incrementa la capacidad de producción para atender mayor demanda.

- **Mayor confiabilidad del equipo.**

El mantenimiento preventivo, derivado de un alto *OEE*, prolonga la vida útil de las máquinas y reduce fallas imprevistas.

2.4.2.2 Cálculo del *OEE*

De acuerdo con Cruelles Ruiz (2009), el *OEE* resulta de multiplicar tres razones porcentuales: la tasa de disponibilidad, de rendimiento y de calidad. Como se muestra en la Ecuación 2.1.

$$OEE = \frac{Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad}{(100 \times 100)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde:

Disponibilidad	=	El tiempo que ha estado funcionando la máquina o el equipo respecto del tiempo que se planificó que estuviera funcionando.
Rendimiento	=	Durante el tiempo que ha estado funcionando, ¿cuánto ha fabricado (bueno y malo) respecto de lo que debía haber fabricado a tiempo del ciclo ideal?
Calidad	=	Es el indicador más conocido por todos. ¿Cuánto se ha fabricado, bueno, a la primera, respecto del total de la producción realizada?

Además, Cruelles Ruiz (2009) señala que el valor del *OEE* permite clasificar una o más líneas de producción según diferentes rangos del *OEE*, como se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Clasificación de desempeño de OEE, rangos y descripción.
(Diseño propio, 2025).

Clasificación	Rango del OEE	Descripción
Inaceptable	$OEE < 65\%$	Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
Regular	$65\% < OEE < 75\%$	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
Aceptable	$75\% < OEE < 85\%$	Continuar la mejora para superar el 85%. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
Buena	$85\% < OEE < 95\%$	Buena competitividad.
Excelencia	$OEE > 95\%$	Valores de excelente competitividad.

2.4.2.3 Cálculo de la disponibilidad

De acuerdo con Cruelles Ruiz (2009), la **disponibilidad** se calcula con la Ecuación 2.2.

$$Disponibilidad = \frac{TO}{TPO} \times 100 \dots\dots\dots (2.2)$$

Donde:

- TO = Tiempo de operación o tiempo que la máquina ha estado produciendo.
- TPO = Tiempo planificado de producción o tiempo que la máquina podría haber estado produciendo.

El tiempo de operación de la máquina (TO) se calcula con la Ecuación 2.3.

$$TO = TPO - \text{Paradas y/o Averías} \dots\dots\dots (2.3)$$

Donde:

- TO = Tiempo de operación o tiempo que la máquina ha estado produciendo.
- TPO = Tiempo planificado de producción o tiempo que la máquina podría haber estado produciendo.
- Paradas y/o averías = Paradas planificadas o períodos en los que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos programados, etc., lo que se denomina.

2.4.2.4 Cálculo del rendimiento

De acuerdo con Cruelles Ruiz (2009), el **rendimiento** se calcula con la Ecuación 2.4.

$$Rendimiento = \frac{Tiempo\ de\ ciclo\ ideal}{\left(\frac{Tiempo\ de\ operación}{No.\ total\ unidades}\right)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Donde:

- Tiempo de ciclo ideal = Mínimo tiempo de un ciclo en el que se espera que el proceso transcurra en circunstancias óptimas.
- Tiempo de operación = Tiempo total en el que la máquina o línea de producción se encuentra en funcionamiento real durante el periodo de medición.
- Número total unidades = Cantidad total de piezas o productos fabricados (buenos y defectuosos) durante el tiempo de operación considerado.

El tiempo de ciclo ideal se calcula con la Ecuación 2.5.

$$Tiempo\ de\ Ciclo\ Ideal = \frac{1}{Capacidad\ Nominal} \dots\dots\dots (2.5)$$

Donde:

- Capacidad Nominal = Se denomina también velocidad máxima u óptima. Corresponde al rendimiento ideal de la línea o máquina. Se expresa normalmente en número de unidades por hora (unidades/hora).

2.4.2.5 Cálculo de la calidad

De acuerdo con Cruelles Ruiz (2009), la **calidad** se calcula con la Ecuación 2.6.

$$Q = \frac{No.\ de\ unidades\ conformes}{No.\ unidades\ totales} \dots\dots\dots (2.6)$$

Donde:

- Número de unidades conformes = Cantidad de piezas o productos fabricados que cumplen con las especificaciones de calidad establecidas, es decir, aquellos que no requieren reproceso ni se consideran defectuosos.

Número de unidades totales = Total de piezas o productos producidos durante el periodo de medición, incluyendo tanto las unidades conformes como las no conformes.

2.5 Procedimientos para el análisis de datos estadísticos

En este apartado se presentan los procedimientos estadísticos empleados para determinar el tamaño de muestra, asegurar la representatividad y evaluar si los cambios obtenidos tras la implementación de las mejoras generan mejoras significativas en las variables analizadas, ofreciendo así una base sólida para el análisis y la interpretación de los resultados.

2.5.1 Muestreo

Según Serret Moreno-Gil (1995), cuando se quiere estudiar una o varias características de una población y, por razones económicas, conceptuales, destructivas, etc., no es posible estudiar todos los elementos de la población, se recurre al muestreo.

El muestreo, según Ross (2007), *“permite seleccionar un subconjunto de elementos, conocidos como muestras, de una población, con el propósito de realizar inferencias válidas sobre el total de la población”*. A través de este procedimiento se busca reducir el esfuerzo, el tiempo y los recursos que implicaría evaluar a toda la población, garantizando al mismo tiempo la representatividad y la confiabilidad de los resultados.

Según Pérez Rodríguez y Ledesma (2021), existen diversos tipos de muestreo que pueden agruparse en dos categorías principales; a continuación, se describen dichas categorías, cuya selección dependerá de los objetivos de la investigación, las características de la población y los recursos disponibles:

- **Muestreo probabilístico.**

Donde cada elemento de la población tiene una probabilidad conocida de ser seleccionado.

- **Muestreo no probabilístico.**

Donde la selección depende de criterios subjetivos o de conveniencia.

2.5.1.1 Muestreo probabilístico

De acuerdo con Pérez Rodríguez y Ledesma (2021), los muestreos probabilísticos más utilizados son los siguientes:

- **Muestreo aleatorio simple con reposición.**

Todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de pertenecer a la muestra.

- **Muestreo aleatorio sin reposición.**

Al ser una población finita, la probabilidad de que salga un elemento dependerá de los que han sido extraídos con anterioridad.

- **Muestreo estratificado.**

La población se divide en estratos, o subconjuntos homogéneos, y dentro de cada uno se realiza una selección aleatoria de elementos.

- **Muestreo por conglomerados o áreas.**

Considera que las unidades muestrales no son los individuos, sino un subconjunto de ellos que constituyen los conglomerados.

- **Muestro sistemático.**

Es similar al muestreo aleatorio simple, pero se diferencia en la forma de seleccionar los elementos. El procedimiento requiere que la población esté ordenada por algún criterio y consiste en seleccionar individuos siguiendo un patrón hasta alcanzar el tamaño muestral deseado.

2.5.1.2 Muestreo no probabilístico

De acuerdo con Pérez Rodríguez y Ledesma (2021), los muestreos no probabilísticos más utilizados son los siguientes:

- **Muestreo por cuota.**

Divide a la población en niveles y, siguiendo el criterio del encuestador, sin que medie ningún criterio aleatorio, dentro de cada nivel se seleccionan cuotas de elementos.

- **El muestreo intencional o de opinión.**

Se seleccionan intencionadamente los elementos que formarán la muestra sin tener en cuenta la población que en ocasiones es desconocida.

2.5.1.3 Tamaño de muestra

Según Caso Neira (2006), en los estudios de tiempo es indispensable determinar estadísticamente el tamaño de la **muestra** que garantice la confiabilidad de los resultados. Este cálculo permite determinar cuántas observaciones deben realizarse para que los datos obtenidos representen fielmente el comportamiento real del proceso, evitando conclusiones sesgadas o poco precisas.

Meyers (2000) menciona que la variabilidad del proceso, proveniente de fuentes como la máquina, el operario, la materia prima y el ambiente, es el determinante principal del tamaño de la **muestra**: a mayor dispersión, mayor número de observaciones se requiere para alcanzar el mismo grado de precisión. Por ello, conceptualizar y estimar adecuadamente la variabilidad preliminar es un requisito teórico para cualquier cálculo de muestra.

Según Verdoy et al. (2006), los procedimientos teóricos para establecer el **tamaño de la muestra parten con frecuencia** de un paso preliminar denominado muestra piloto, cuyo objetivo es obtener una estimación inicial de la varianza poblacional. Desde el punto de vista teórico, esta estimación piloto es la que alimenta las fórmulas paramétricas y permite convertir criterios de precisión y confianza en un número concreto de observaciones.

Asimismo, Verdoy et al. (2006) destacan que *“la correcta determinación del **tamaño de muestra** no sólo asegura la representatividad de los datos, sino que también fortalece el análisis posterior de indicadores de desempeño”*.

De acuerdo con Moore (2005), el **tamaño** de la muestra puede estimarse a partir de los registros preliminares mediante una expresión matemática que relaciona la variabilidad de los datos con el nivel máximo de error permitido. El método propuesto asegura que, aun con una muestra limitada, los resultados alcanzan un nivel de confianza generalmente aceptado en estudios de ingeniería industrial, que es del 95%.

En este sentido, Moore (2005) menciona que el **tamaño de muestra** óptimo se obtiene aplicando la Ecuación 2.7:

$$\eta = \left[\frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right]^2 \dots\dots\dots (2.7)$$

Donde:

- η = Tamaño de la muestra requerido (número de mediciones que realmente se necesitan).
- 40 = Constante de la fórmula.
- n' = Número de observaciones piloto.
- Σx = Suma de los valores observados en la muestra preliminar.
- Σx^2 = Suma de los cuadrados de los valores observados.

Como señala Moore (2005), la constante 40, contenida en la fórmula, refleja un nivel de confianza del 95% con un error aproximado del 5%, valores que se consideran adecuados para garantizar que la media de las mediciones no difiera significativamente del valor poblacional. La aplicación de la Ecuación 2.7 permite dimensionar con precisión el número de observaciones necesarias antes de continuar con el estudio, optimizando el uso de recursos y evitando mediciones innecesarias.

2.5.1.4 Pasos para determinar el tamaño de muestra

De acuerdo con Caso Neira (2006), los pasos para calcular el tamaño de muestra son los siguientes:

1. **Definición del objetivo de medición.**

Identificar la variable de estudio y el indicador a evaluar, como los tiempos de ciclo, los tiempos de preparación o los periodos de operación. Esta definición permite orientar el muestreo hacia datos relevantes y garantizar la coherencia del análisis posterior.

2. **Medición de una muestra piloto.**

Realizar una muestra piloto que sirva de base para estimar la variabilidad del proceso. En la práctica, se recomienda tomar entre 10 y 15 mediciones preliminares como mínimo para obtener una estimación razonable de la media y la dispersión de los tiempos observados, aunque este número puede incrementarse en función de la estabilidad del proceso o de la complejidad de la operación.

3. Obtención de los parámetros estadísticos a partir de la muestra piloto.

Se calculan los valores necesarios para el cálculo definitivo:

- La suma de los tiempos observados (Σx).
- La suma de los cuadrados de los tiempos (Σx^2).
- El número de observaciones piloto (n').

4. Aplicación de la fórmula.

Una vez obtenidos los parámetros anteriores, se procede a sustituirlos en la Ecuación 2.8:

$$\eta = \left[\frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right]^2 \dots\dots\dots (2.8)$$

Donde:

- η = Tamaño de la muestra requerido (número de mediciones que realmente se necesitan).
- 40 = Constante de la fórmula.
- n' = Número de observaciones piloto.
- Σx = Suma de los valores observados en la muestra preliminar.
- Σx^2 = Suma de los cuadrados de los valores observados.

La Ecuación 2.8 estima el número óptimo de observaciones en función de la variabilidad de la muestra piloto, sin requerir un nivel de confianza ni un error máximo, ya que dichos criterios se encuentran implícitos en la constante utilizada.

5. Verificación del número calculado.

El valor obtenido de η se compara con el número de mediciones de la muestra piloto (n'). Si el tamaño calculado es mayor que el número de observaciones piloto, se deberán realizar mediciones adicionales hasta alcanzar el valor requerido; de lo contrario, la cantidad de datos recopilados se considera suficiente para garantizar la representatividad del proceso.

2.5.2 Prueba de hipótesis

La inferencia estadística es un método que permite a los investigadores analizar los datos obtenidos y, a partir de ellos, tomar decisiones o establecer conclusiones aun cuando exista

cierto grado de incertidumbre. En este campo, la prueba de hipótesis se considera una de las herramientas más importantes, ya que permite comprobar si una afirmación sobre una población es válida a partir de la información obtenida de una muestra.

2.5.2.1 Definición de la prueba de hipótesis

La definición de la prueba de hipótesis puede variar ligeramente según el enfoque que adopte cada autor, aunque todos coinciden en que se trata de un método para evaluar afirmaciones sobre una población a partir de datos obtenidos en una muestra. A continuación, se presentan tres enfoques:

1. Walpole et al. (1999) definen la prueba de hipótesis como una parte importante de la teoría de la toma de decisiones en la estadística. Desde su perspectiva, el objetivo principal es elegir entre dos posibles afirmaciones opuestas sobre una característica o parámetro de una población, utilizando información obtenida de una muestra para tomar una decisión fundamentada
2. Levin y Rubin (2004) explican que la prueba de hipótesis es un proceso organizado que permite comprobar si una afirmación sobre una población es válida o no. Para ello, se analizan los datos de una muestra y se utilizan principios de probabilidad que ayudan a determinar si la afirmación planteada resulta razonable o debe rechazarse
3. Triola (2018) señala que la prueba de hipótesis es un procedimiento común en estadística que se utiliza para poner a prueba una afirmación sobre alguna característica de una población. Su enfoque resalta que el resultado del análisis debe permitir llegar a una conclusión clara sobre el fenómeno en estudio.

2.5.2.2 Elementos fundamentales de la prueba de hipótesis

De acuerdo con Ross (2007) y Arriola Rodríguez (2019), para aplicar correctamente una prueba de hipótesis es necesario comprender los siguientes conceptos básicos que intervienen en el proceso estadístico:

1. **La hipótesis nula (H_0).** Es la afirmación inicial que se pretende contrastar. Generalmente plantea que no existe diferencia significativa ni efecto entre las variables estudiadas. En su formulación simbólica, siempre incluye un signo de

igualdad o de relación de igualdad ($=, \leq, \geq$), ya que representa el valor o condición que se asume verdadera hasta que la evidencia estadística indique lo contrario.

2. **La hipótesis alternativa (H_1).** Es la proposición contraria a la hipótesis nula y representa la posibilidad de que exista una diferencia, relación o efecto significativo entre las variables analizadas. Se expresa mediante signos de desigualdad ($\neq, <, >$), lo cual determina si la prueba estadística será bilateral, cuando se buscan diferencias en cualquier dirección, o unilateral, cuando el interés se centra en un cambio específico.
3. **Nivel de significancia (α).** Es la probabilidad máxima de cometer un error tipo I, es decir, rechazar la hipótesis nula cuando en realidad es verdadera. En investigación científica suele emplearse un valor de 0.05 o 0.01, lo que implica aceptar un riesgo del 5.0% o 1.0% de concluir que existe un efecto cuando en realidad no lo hay. A partir de este nivel se determina la región de rechazo, que delimita los valores del estadístico de prueba para los cuales se rechazará la hipótesis nula.
4. **Estadístico de prueba.** Es una función calculada a partir de los datos de la muestra que permite comparar los resultados observados con lo esperado bajo la hipótesis nula. Dependiendo del tipo de análisis, pueden utilizarse diferentes estadísticos, que siguen distribuciones de probabilidad que permiten evaluar la evidencia empírica. Los estadísticos son los siguientes:
 - La *t* de *Student* se emplea cuando se trabaja con muestras pequeñas y la varianza poblacional es desconocida.
 - La prueba *z* suele emplearse cuando la muestra es grande o la varianza poblacional es conocida.
 - La *F* se emplea en comparaciones de varianzas o en análisis de varianza.
 - La chi-cuadrada se emplea para analizar frecuencias o asociaciones entre variables categóricas.
5. **Valor *p*.** Representa la probabilidad de obtener un resultado igual o más extremo que el observado si la hipótesis nula fuese verdadera. Este valor cuantifica la evidencia estadística en contra de la hipótesis nula (H_0).

Cuando el valor *p* es menor que el nivel de significancia (α), se considera que la evidencia es suficientemente fuerte para rechazar la hipótesis nula; de lo contrario,

no se dispone de evidencia suficiente para rechazarla. De esta manera, el valor p facilita la toma de decisiones al proporcionar una medida directa del grado de compatibilidad entre los datos observados y la hipótesis planteada.

2.5.2.3 Ejemplos de su aplicación

La prueba de hipótesis es la herramienta fundamental en la ingeniería industrial para confirmar que los cambios en un proceso generan beneficios reales y no son producto del azar. A continuación, se presentan tres ejemplos de su aplicación práctica:

1. Valles et al. (2009) evaluaron el impacto de aplicar distintos grosores a una capa protectora sobre el rendimiento eléctrico de los circuitos.
 - H_0 : Los diferentes niveles de grosor de la capa no afectan el rendimiento promedio (las medias son iguales).
 - H_1 : Al menos uno de los grosores de la capa presenta un rendimiento significativamente distinto.
 - Resultado final: Se calculó y se obtuvo un valor p menor o igual que 0.0001. Al ser α menor que 0.05, se rechazó H_0 , validando que la mejora aumentó el nivel de calidad de 3.35 a 3.72 Sigma y redujo las fallas en un 50%.
2. Llanos Solórzano et al. (2025) evaluaron el incremento de la productividad general en el área de distribución tras la aplicación de herramientas de *Lean Logistics*.
 - H_0 : La productividad media después de la implementación de *Lean Manufacturing* es la misma.
 - H_1 : La productividad media después de la implementación de *Lean Manufacturing* es mayor que la inicial.
 - Resultado final: La prueba arrojó un valor p menor o igual que 0.0001. Al ser α menor que 0.05, se rechazó H_0 , confirmando que la productividad aumentó del 61% al 87% y el proceso pasó de ser "inefectivo" a "efectivo".

2.5.2.4 Procedimiento para realizar una prueba de hipótesis

De acuerdo con Arriola Rodríguez (2019), la prueba de hipótesis se desarrolla mediante una serie de pasos sistemáticos que guían el análisis estadístico. A continuación, se describen los 9 pasos de este procedimiento:

1. Elección del parámetro más representativo del problema. En este paso se identifica la característica poblacional que se desea evaluar considerando los siguientes aspectos:

- Un parámetro es una medida numérica que describe una característica de toda una población, mientras que un estadístico describe únicamente una muestra.
- Se debe determinar el tipo de variable que se estudiará, ya que esto condiciona el parámetro a emplear en el análisis.
- Se debe seleccionar el parámetro estadístico más adecuado para su análisis dependiendo de la naturaleza de la variable de estudio:
 - a. Variables cuantitativas. Se analizan mediante parámetros como la media poblacional (μ), la varianza (σ^2) y la desviación estándar (σ).
 - b. Variables cualitativas o categóricas. Se analizan principalmente mediante proporciones poblacionales (p o π) y frecuencias de ocurrencia.
- La elección del parámetro debe realizarse cuidadosamente, ya que seleccionar el adecuado evita interpretaciones erróneas del problema. Por ejemplo, en un proceso de llenado de botellas puede analizarse el promedio del contenido (media) o la variabilidad del proceso (varianza).

2. Determinación del tipo de hipótesis (bilateral o unilateral). Una vez identificado el parámetro de interés, se determina la dirección del contraste estadístico. Esta decisión depende de la pregunta de investigación y de las implicaciones de un posible cambio en el parámetro evaluado. La dirección de la prueba determinará la ubicación de la región crítica o de rechazo en la distribución de probabilidad. Para ello, se consideran los siguientes aspectos:

- Cuando se busca detectar cualquier diferencia significativa respecto a un valor hipotético, sin importar si se produce por exceso o por defecto, se emplea un contraste bilateral o de dos colas. Este tipo de prueba suele utilizarse en estudios exploratorios o en situaciones en las que tanto un aumento como una disminución del parámetro pueden tener implicaciones relevantes. En este caso, la región de rechazo se extiende por ambos extremos de la distribución.
- Cuando existe una dirección específica de interés basada en teoría previa, evidencia empírica o expectativas de mejora, se utiliza un contraste unilateral o de una cola.

- a. Contraste de cola derecha. Se aplica cuando se pretende evaluar si el parámetro poblacional supera un valor de referencia o ha aumentado.
- b. Contraste de cola izquierda. Se emplea cuando se desea comprobar si el parámetro poblacional es menor que el valor de referencia o si ha disminuido.

3. Elección de la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1). En este paso se formaliza matemáticamente el problema de investigación mediante la formulación de dos enunciados estadísticos mutuamente excluyentes que representan todas las posibles situaciones del parámetro poblacional. Para ello, se consideran los siguientes aspectos:

- La hipótesis nula (H_0) representa la situación de referencia, asociada a la ausencia de cambio. Se asume como verdadera mientras no exista evidencia suficiente para rechazarla. Matemáticamente se expresa con signos de igualdad como $=$, $\leq$ o $\geq$.
- La hipótesis alternativa (H_1) representa la afirmación que el investigador desea respaldar y plantea la existencia de un cambio, diferencia o relación en el parámetro poblacional. Se expresa mediante signos de desigualdad como $\neq$, $>$ o $<$.
- La formulación de las hipótesis debe ser coherente con el objetivo del estudio y con la dirección del contraste establecida previamente, ya sea para evaluar diferencias, mejoras o reducciones respecto a un valor de referencia.
- En la prueba de hipótesis no se acepta la hipótesis nula; únicamente se decide rechazarla o no rechazarla según la evidencia estadística disponible.

4. Establecimiento del nivel de significancia y del tamaño de la muestra. En este paso se establecen los criterios estadísticos que permitirán evaluar la evidencia obtenida a partir de los datos, así como la cantidad de observaciones necesarias para el análisis. Para ello, se consideran los siguientes aspectos:

- El nivel de significancia α representa la probabilidad máxima de cometer un error de tipo I, que ocurre cuando se rechaza la hipótesis nula cuando esta es verdadera. En la mayoría de los estudios se adopta un valor de $\alpha = 0.05$. Aunque en contextos en los que las consecuencias de un falso positivo son críticas, pueden emplearse valores menores, como 0.01.

- El error de tipo II (β) corresponde a la probabilidad de no rechazar la hipótesis nula cuando esta es falsa. A partir de este valor se define la potencia de la prueba ($1 - \beta$), que representa la capacidad del estudio para detectar un efecto real.
- El tamaño de la muestra " n " debe determinarse previamente y no de forma arbitraria, ya que influye directamente en la confiabilidad de los resultados obtenidos.
- Para calcular el tamaño de la muestra se consideran factores como el nivel de confianza deseado ($1 - \alpha$), la potencia estadística ($1 - \beta$), el tamaño del efecto que se desea detectar y la variabilidad esperada en los datos.
- Un tamaño de muestra adecuado permite evitar estudios con baja sensibilidad estadística o investigaciones excesivamente grandes que detecten diferencias sin relevancia práctica.

5. Determinación de la zona crítica o de rechazo. En este paso se establece el conjunto de valores del estadístico de prueba que conducen al rechazo de la hipótesis nula. La ubicación de esta región depende de la hipótesis alternativa y su extensión está determinada por el nivel de significancia establecido previamente. Para ello, se consideran los siguientes aspectos:

- La zona crítica o de rechazo corresponde al conjunto de valores del estadístico de prueba que indican evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula.
- El valor crítico es el límite que separa la región de rechazo de la de no rechazo dentro de la distribución probabilística utilizada.
- La determinación de los valores críticos se realiza mediante distribuciones de probabilidad teóricas, como la distribución normal estándar (z) o la distribución t de Student.
- La distribución z se emplea cuando la muestra es grande ($n \geq 30$) o cuando se conoce la desviación estándar poblacional.
- La distribución t de Student se utiliza cuando el tamaño de la muestra es pequeño ($n < 30$) y la varianza poblacional debe estimarse a partir de la muestra.
- La ubicación de la zona crítica depende del tipo de prueba estadística:
 - a. En pruebas bilaterales se distribuye en ambas colas de la distribución.
 - b. En pruebas unilaterales, se ubica en la cola derecha o en la izquierda.

6. Obtención de una muestra aleatoria y validación de supuestos. En este paso se recolectan los datos que se analizarán, procurando que la muestra sea representativa de la población y cumpla con las condiciones necesarias para aplicar la prueba estadística seleccionada. Para ello, se consideran los siguientes aspectos:

- La muestra debe obtenerse mediante un muestreo aleatorio, garantizando que todos los elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionados.
- Durante la recolección de datos deben evitarse posibles sesgos, como el sesgo de selección, el sesgo de no respuesta y el sesgo de memoria.
- Antes de realizar el análisis, se deben verificar los supuestos del modelo, en particular la normalidad de los datos, la independencia de las observaciones y la homocedasticidad entre los grupos.
- Si los supuestos no se cumplen, se pueden aplicar transformaciones de datos o utilizar pruebas no paramétricas.

7. Cálculo del estadístico de prueba. En este paso se calcula un valor numérico a partir de los datos de la muestra que permite determinar qué tan alejados se encuentran los resultados observados del valor esperado bajo la hipótesis nula. Para ello, se consideran los siguientes casos:

- Para una media poblacional con desviación estándar conocida, se utiliza el estadístico Z , el cual se calcula mediante la Ecuación 2.9:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Donde:

- | | | |
|-----------|---|-------------------------------------|
| $\bar{x}$ | = | Es la media muestral. |
| μ_0 | = | El valor hipotético. |
| σ | = | La desviación estándar poblacional. |
| n | = | El tamaño de la muestra. |

Si σ es desconocida, se recurre a la desviación estándar muestral (s) como estimador de la variabilidad poblacional, a partir de la cual se construye y se emplea el estadístico t para realizar inferencias sobre la media.

- Para comparar dos proporciones independientes, el estadístico se calcula mediante la Ecuación 2.10:

$$Z = \frac{p'_1 - p'_2}{\sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Donde:

p = Es la proporción combinada de ambas muestras.

- Cuando se comparan tres o más medias, se utiliza el análisis de varianza (ANOVA), cuyo estadístico (F) compara la variabilidad entre grupos con la variabilidad dentro de los grupos.
- Para el análisis de variables categóricas, se emplea la prueba chi-cuadrado, la cual permite evaluar la relación o independencia entre las categorías observadas; su cálculo se realiza con base en la Ecuación 2.11:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \dots\dots\dots (2.11)$$

Donde:

O = Representa las frecuencias observadas.

E = Representa las frecuencias esperadas bajo el supuesto de independencia.

8. Comparación del estadístico vs. valor crítico (p vs α). En este paso compara el estadístico obtenido en la fase anterior con los criterios establecidos previamente. Para ello pueden emplearse dos métodos equivalentes de decisión:

- El primer método se basa en el valor crítico y consiste en comparar el estadístico calculado con el valor crítico obtenido de la distribución teórica. Si el estadístico se ubica dentro de la zona de rechazo definida anteriormente, se rechaza la hipótesis nula; en caso contrario, no se rechaza
- El segundo método se basa en el valor p y consiste en calcular la probabilidad de obtener un resultado tan extremo como el observado, suponiendo que la hipótesis nula es verdadera.

- a. La regla de decisión basada en el valor p establece que: si $p \leq \alpha$, se rechaza la hipótesis nula; mientras que si $p > \alpha$, no se rechaza.
 - b. El valor p mide la compatibilidad de los datos con la hipótesis nula; valores bajos sugieren resultados poco probables a favor de la hipótesis alternativa.
 - c. Asimismo, el valor p no es la probabilidad de que la hipótesis nula sea verdadera, sino de obtener los datos observados si esta fuera correcta.
8. **Interpretación de los resultados y comunicación efectiva.** En esta etapa final, los resultados estadísticos se traducen en conclusiones comprensibles en el contexto del problema de investigación. La interpretación debe relacionar la decisión estadística con la variable analizada y con las implicaciones prácticas del estudio. Para ello, se deben considerar los siguientes aspectos:
- Una conclusión adecuada debe indicar el nivel de significancia utilizado, señalar si la evidencia encontrada es suficiente o insuficiente para rechazar la hipótesis nula y describir el resultado en términos de la variable o del parámetro analizado.
 - Cuando los supuestos de normalidad o de independencia no se cumplen, se deben considerar pruebas no paramétricas equivalentes para asegurar que las conclusiones sean consistentes.

2.6 Filosofías de *Lean Manufacturing* para la mejora continua y optimización de procesos

En este apartado se abordan los principios de la filosofía *Lean*, empleada para eliminar desperdicios y fomentar la mejora continua en el sistema de producción de bordado. La aplicación de estas prácticas permitió optimizar el flujo de trabajo, reducir tiempos improductivos y mejorar el orden en las operaciones.

2.6.1 Las 5S

Según Rey Sacristán (2005), las 5S son “una filosofía de trabajo aplicada tanto en talleres como en oficinas, orientada al orden, la limpieza y la detección de anomalías en el puesto de trabajo”. Su sencillez permite la participación de todo el personal, tanto a nivel individual como grupal, y promueve un ambiente laboral más seguro, organizado y productivo.

Por su parte, Aldavert et al. (2018) señalan que las 5S tienen su origen en Japón como parte del Sistema de Producción Toyota. Este método se basa en cinco principios japoneses cuyos nombres comienzan con la letra *S*: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* y *Shitsuke*; los cuales buscan crear y mantener el área de trabajo limpia, ordenada y eficiente.

Según Rajadell Carreras (2021), los principios de las 5S son fundamentales para *Lean Manufacturing*, ya que estos se centran en maximizar el valor para el cliente y en la eliminación de desperdicios, y las 5S proporcionan la base para esta eliminación al establecer un entorno de trabajo organizado, eficiente y capaz de hacer evidentes los desperdicios.

2.6.1.1 Significado de las 5S

De acuerdo con Díaz Garay y López Saldarriaga (2025), las 5S reciben su nombre de las palabras japonesas que las conforman, las cuales son cinco principios fundamentales orientados a la organización, el orden y la mejora del entorno laboral. Dichos principios son los siguientes:

1. ***Seiri* (Organización).**

Consiste en clasificar y separar los elementos necesarios de los innecesarios, con el propósito de liberar el área de trabajo de todo aquello que no aporta valor a las operaciones.

2. ***Seiton* (Orden).**

Implica colocar los elementos necesarios en un lugar definido, bajo el principio de que cada cosa tiene su lugar y cada lugar su cosa, facilitando el acceso y reduciendo tiempos de búsqueda.

3. ***Seiso* (Limpieza).**

Busca mantener los espacios y herramientas en condiciones óptimas, asegurando su limpieza y evitando la generación de suciedad o deterioro.

4. ***Seiketsu* (Estandarización y control).**

Tiene como objetivo mantener las tres condiciones anteriores mediante la creación de estándares, tales como manuales, instructivos, protocolos, señalizaciones o códigos de color. Estos instrumentos ayudan a preservar la organización, motivar la mejora continua y detectar anomalías de forma oportuna.

5. *Shitsuke* (Hábito).

Se refiere a la formación de hábitos de trabajo mediante la práctica constante de las 5S, fomentando la responsabilidad individual y colectiva.

2.6.1.2 Beneficios de la implementación de las 5S

Según el autor Hirano (2018), la implementación de las 5S ofrece beneficios tanto para las organizaciones como para sus colaboradores, ya que se enfoca en la mejora del entorno laboral, la eficiencia operativa y la calidad de los procesos. Este autor destaca las siguientes ventajas principales como resultados directos de aplicar esta metodología:

- **Aumento de la productividad.**

La adecuada organización y estandarización del área de trabajo evitan pérdidas de tiempo en la búsqueda de herramientas o materiales, ya que todo se encuentra disponible y en su lugar, facilitando el desarrollo de las tareas.

- **Incremento de la eficiencia.**

Un entorno limpio y ordenado permite detectar problemas antes de que se conviertan en fallas, y al sistematizar los procesos

- **Mayor seguridad laboral.**

Al eliminar objetos innecesarios y mantener el área limpia, se reducen significativamente los riesgos por accidentes.

- **Optimización del espacio.**

La eliminación de elementos prescindibles libera áreas útiles, mejorando la distribución y el aprovechamiento del espacio disponible.

- **Fomento del compromiso y la motivación.**

Al trabajar bajo normas claras y bien definidas, los empleados desarrollan hábitos positivos, fortaleciendo la responsabilidad y el sentido de pertenencia.

- **Fortalecimiento de la imagen corporativa.**

Un espacio de trabajo limpio, seguro y bien organizado proyecta profesionalismo y genera una percepción positiva ante clientes, proveedores y visitantes.

- **Ventaja competitiva.**

La adopción de las 5S posiciona a la empresa como una organización innovadora, eficiente y comprometida con la mejora continua y la excelencia operativa.

2.6.1.3 Pasos para la implementación de las 5S

De acuerdo con Díaz Garay y López Saldarriaga (2025), la aplicación de la filosofía de las 5S debe desarrollarse de manera sistemática, mediante la siguiente serie de pasos, los cuales garantizan su efectividad y sostenibilidad en el tiempo:

1. **Diagnóstico del área de trabajo.**

Consiste en evaluar las condiciones actuales del entorno laboral, identificando zonas con desorden, acumulación innecesaria de materiales, suciedad o riesgos potenciales.

2. **Capacitación.**

En esta etapa se busca crear conciencia entre los trabajadores acerca de la importancia del orden, la limpieza y la disciplina en el lugar de trabajo. Se imparten capacitaciones y charlas que expliquen los objetivos, beneficios y responsabilidades que implica la aplicación de las 5S, fomentando la participación y el compromiso del personal.

3. **Aplicación de la etapa 1 (*Seiri*).**

Esta etapa consiste en clasificar los elementos del área de trabajo, identificando su naturaleza y utilidad. Se debe separar lo que realmente sirve de lo que no, distinguiendo entre los elementos necesarios e innecesarios, ya sean herramientas, equipos, útiles o información. Las herramientas empleadas en esta etapa, para determinar si la presencia de elementos es justificada o no, son las siguientes:

- Hojas de verificación.
- Registros de frecuencia de uso.

4. **Aplicación de la etapa 2 (*Seiton*).**

Esta etapa implica asignar un sitio específico para cada objeto, de modo que su ubicación sea lógica y accesible. Se deben identificar los lugares destinados a materiales de uso frecuente y ocasional, además de aplicar sistemas de identificación visual que faciliten su localización.

Las herramientas empleadas en esta etapa para facilitar la identificación visual y el orden en el área de trabajo son las siguientes:

- Códigos de color.
- Señalizaciones.
- Hojas de verificación.

5. Aplicación de la etapa 3 (*Seiso*).

En esta etapa se busca que todos los trabajadores asuman esta actividad como una responsabilidad propia, eliminando la diferencia entre operarios de producción y de limpieza. Además, se deben identificar y eliminar las fuentes de contaminación o suciedad, no únicamente limpiar sus efectos.

Las herramientas empleadas en esta etapa son las siguientes:

- Análisis de causa raíz.
- Hojas de verificación de inspección y limpieza.
- Tarjetas para identificar y corregir fuentes de suciedad.

6. Aplicación de la etapa 4 (*Seiketsu*).

En esta etapa se implementan manuales, señalizaciones, procedimientos e instrucciones visuales que establecen cómo deben conservarse las condiciones ideales del área de trabajo. Asimismo, se capacita a los colaboradores en el diseño de estas normas y se emplean moldes o plantillas que faciliten la disposición correcta de los objetos.

Las herramientas empleadas en esta etapa son las siguientes:

- Tableros de estándares.
- Muestras patrón o plantillas.
- Instrucciones y procedimientos visuales.

7. Aplicación de la etapa 5 (*Shitsuke*).

En esta etapa se promueve el autocontrol, la mejora continua y el aprendizaje práctico, reforzando la idea de que todo proceso puede hacerse mejor. Además, se recomienda enseñar con el ejemplo y hacer visibles los resultados obtenidos para mantener la motivación del personal.

Las herramientas empleadas en esta etapa son las siguientes:

- Hojas de verificación
- Rondas de evaluación de las 5S.

8. Evaluación y mejora continua.

Se llevan a cabo auditorías periódicas, mediciones mediante indicadores de desempeño y actividades de seguimiento, con el objetivo de evaluar el nivel de cumplimiento de las 5S.

2.6.2 Single Minute Exchange of Die (SMED)

Según el autor Rajadell Carreras (2010), la filosofía *SMED*, cuyas siglas en inglés significan *Single Minute Exchange of Die* o cambio rápido de herramienta, es una innovación desarrollada en Japón, por el doctor Shigeo Shingo en la fábrica de Toyo Koggo de Mazda, con el objetivo de reducir drásticamente el tiempo de cambio (*setup*). El mismo autor define el tiempo de cambio como el tiempo entre la última pieza producida del producto “A” y la primera pieza producida del producto “B”, que cumple con las especificaciones dadas.

Por su parte, Buzón Quijada (2019) menciona que *SMED* permite reducir el tiempo total de cambio de cualquier máquina, en un número de minutos que se exprese con un solo dígito, es decir, por debajo de los diez minutos; objetivo que se consigue eliminando desperdicios. Agrega que la aplicación de esta técnica exige la consideración de tres ideas fundamentales:

1. Siempre es posible reducir los tiempos de cambio hasta casi eliminarlos.
2. No es solamente un problema técnico, sino también de organización.
3. Solamente con la aplicación de un método riguroso se obtienen los máximos resultados a menor coste.

Según Olavarrieta de la Torre (1999), *SMED* está directamente relacionado con la reducción del tamaño de los lotes de producción, ya que al disminuir los tiempos de cambio o preparación, se elimina la necesidad de fabricar grandes volúmenes para amortizar dichos tiempos. En los sistemas tradicionales, los largos periodos de *setup* obligan a producir en lotes grandes para mantener la eficiencia, generando altos inventarios y mayores costos de almacenamiento, en cambio, con la aplicación de *SMED* es posible realizar cambios más rápidos y frecuentes, lo que permite fabricar en lotes pequeños o incluso alcanzar el flujo continuo de una sola pieza, incrementando la flexibilidad del sistema productivo y reduciendo los desperdicios asociados a la sobreproducción.

2.6.2.1 Conceptos de tiempo de cambio

De acuerdo con Rajadell Carreras (2021), existen diferentes conceptos que repercuten en el tiempo de cambio, entre ellos destacan los siguientes cuatro:

1. **Cambiar utillajes y herramientas.**

Estos procedimientos son típicos en talleres mecánicos, donde los operarios han de fijar y retirar moldes, sierras, fresas, etc.

2. **Cambiar parámetros estándar.**

Estos procedimientos se dan cuando intervienen máquinas de corte de elevada precisión o equipos de proceso químico, donde los operarios cambian los parámetros estándares usados en diferentes tareas de proceso.

3. **Cambiar piezas a ensamblar u otros materiales.**

Cada vez que en una línea cambia el modelo de producto, recibe piezas y otros materiales que se incorporan al nuevo modelo. La preparación en estos casos incluye el cambio de utillajes.

4. **Preparación general previa a la fabricación.**

Este tipo de preparación incluye una gran variedad de actividades para tener a punto el material, los útiles, las herramientas o los accesorios, por ejemplo, arreglar el equipo, ensayar el proceso, ajustar, limpieza general, asignar tareas a trabajadores, revisar planos, etc.

2.6.2.2 Beneficios de la implementación de *SMED*

Según Cañedo Fernández (2015), al disminuir los tiempos de preparación de las máquinas a través de la implementación de *SMED*, las empresas pueden obtener una serie de beneficios significativos, entre los cuales se destacan los siguientes:

- **Reducción del tamaño de los lotes de fabricación.**

Al disminuir el tiempo de preparación, es posible fabricar tandas más pequeñas con mayor frecuencia, lo que reduce el inventario y facilita una respuesta más ágil a la demanda del mercado.

- **Minimización del lote unitario.**

La reducción del costo asociado a los preparativos permite acercarse al concepto de lote unitario, optimizando el flujo de trabajo y eliminando tiempos improductivos.

- **Mayor flexibilidad de producción.**

Al reducir los tiempos de arranque, se permiten lotes más cortos, mayor variedad y rápida adaptación a la demanda.

- **Eliminación de desperdicios y tiempos improductivos.**

La metodología *SMED* promueve la detección y eliminación de actividades que no agregan valor, reduciendo significativamente los despilfarros y mejorando la eficiencia global del proceso.

- **Producción ajustada al inventario mínimo.**

Con cambios rápidos es posible fabricar únicamente lo necesario para mantener un inventario mínimo o de seguridad, evitando la acumulación de producto terminado y el riesgo de obsolescencia.

- **Reducción de los tiempos de espera e improductivos.**

La optimización de las actividades internas y externas del *setup* permite reducir de las demoras innecesarias dentro del proceso de cambio, al organizar y secuenciar cada tarea; esto contribuye a un uso más eficiente de la mano de obra y a un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

- **Sincronización con la demanda del mercado.**

SMED facilita la implementación de sistemas de producción sincronizados con la demanda real del cliente ("*pull system*"), sustituyendo la producción basada en previsiones por una producción bajo pedido.

- **Mejora en la organización y estandarización del trabajo.**

La aplicación de *SMED* conlleva beneficios organizativos al integrar herramientas complementarias como las *5S*, la fábrica visual (*visual factory*) y la dirección visual, que facilitan la identificación y ejecución de las tareas.

- **Promoción de la cultura de mejora continua.**

Al involucrar al personal operativo en la observación, análisis y mejora de los tiempos de cambio, *SMED* fomenta la participación, la estandarización y la búsqueda permanente de la eficiencia.

2.6.2.3 Pasos para la implementación de *SMED*

De acuerdo con autores como Rojas López et al. (2012) y Gelves Alarcón y Guarín Cortés (2025), la implementación de la filosofía *SMED* debe llevarse a cabo de manera ordenada y progresiva, siguiendo una serie de pasos que permiten identificar, analizar y optimizar las actividades involucradas en el cambio de modelo o patrón. Los cinco pasos para su implementación se presentan a continuación:

1. **Observación del proceso actual.**

Consiste en observar directamente el proceso de cambio de referencia o patrón para comprender su desarrollo real. Se recomienda cronometrar varios ciclos completos de cambio y registrar todas las operaciones, movimientos y desplazamientos, así como los tiempos y distancias recorridas por los operarios.

Las herramientas empleadas en esta etapa son las siguientes:

- Cronómetro.
- Hoja de verificación de tiempos.
- Análisis de métodos.
- Diagrama de flujo del proceso.

2. **Clasificación de actividades internas y externas.**

Se clasifican las operaciones registradas, distinguiendo entre:

- **Operaciones internas.**

Son aquellas que solamente pueden realizarse con la máquina detenida, como desmontar el bastidor anterior, ajustar el nuevo o realizar la calibración inicial.

- **Operaciones externas.**

Son aquellas que pueden efectuarse mientras la máquina sigue en funcionamiento, como preparar el siguiente diseño digital, seleccionar los hilos o montar herramientas de apoyo.

Esta separación constituye el principio central del método *SMED*, ya que permite identificar tareas que pueden adelantarse o realizarse paralelamente al funcionamiento del equipo, reduciendo así el tiempo total de parada.

Las herramientas empleadas en esta etapa son las siguientes:

- Matriz de clasificación de tareas.
- Hoja de observación.
- Diagrama de Gantt.

3. **Conversión de actividades internas en externas.**

Una vez identificadas las actividades, se revisan todas las tareas internas con el objetivo de transformarlas en externas, siempre que sea técnica y operativamente posible. Esto implica rediseñar la secuencia de trabajo y preparar con anticipación herramientas, materiales o documentos antes de detener la máquina.

Las herramientas empleadas en esta etapa son las siguientes:

- Listas de verificación de preparación previa.
- Análisis de flujo de trabajo.
- *Checklists* de cambio rápido.

4. Mejora sistemática de las operaciones internas y externas.

Se busca racionalizar todas las operaciones de cambio, eliminando movimientos innecesarios y simplificando las tareas tanto internas como externas. Esto puede incluir el uso de dispositivos de sujeción rápida, herramientas estandarizadas, guías visuales, carros móviles o el rediseño del *layout* para reducir desplazamientos.

Las herramientas empleadas en esta etapa son las siguientes:

- Diagrama de espagueti.
- Estudio de movimientos.
- Análisis de *layout*.
- Dispositivos rápidos de cambio, como *Poka-Yoke*.

5. Estandarización, evaluación y mejora continua.

Finalmente, se documentan los nuevos métodos mediante procedimientos visuales, instructivos y *checklists*, asegurando que los operadores apliquen la secuencia correcta de actividades. Se realiza una comparación de los tiempos de cambio antes y después de la implementación, evaluando la reducción.

Las herramientas empleadas en esta etapa son las siguientes:

- Hojas de procedimiento estandarizado.
- Gráficos comparativos de tiempos.
- Análisis *OEE*.

2.6.3 Estandarización del trabajo

Según Meyers y Stephens (2006), la estandarización del trabajo consiste en registrar y formalizar los métodos, procedimientos y condiciones necesarias para alcanzar un resultado de manera constante, constituyendo la base para mantener la mejora continua y prevenir el retorno a prácticas ineficientes, ya que permite establecer una forma óptima de trabajo que garantiza la repetibilidad de los procesos, facilita la capacitación del personal y promueve la detección oportuna de desviaciones.

El trabajo estandarizado ha sido un concepto clave en la evolución de los sistemas de producción, con contribuciones significativas de diversos autores. Estos estudios han subrayado la importancia de la estandarización para garantizar la eficiencia, la mejora continua y la implementación efectiva de metodologías como *Lean Manufacturing* y *Kaizen*.

A continuación, se presentan las perspectivas de varios expertos sobre el trabajo estandarizado y su relevancia en los procesos productivos:

- Escalante y González (2015) señalan que el concepto de trabajo estandarizado se originó en el sistema de producción de Toyota (*TPS*), desarrollado por Taiichi Ohno y Shigeo Shingo, quienes lo consideraron una herramienta esencial para mantener la estabilidad del proceso y sustentar la mejora continua.
- Niebel y Andris (2009) señalan que la estandarización del trabajo es uno de los pilares fundamentales del sistema *Lean Manufacturing*, ya que garantiza que las actividades se realicen de manera uniforme, eficiente y controlada, eliminando la variabilidad innecesaria en los procesos. Ambos autores mencionan que el propósito de la estandarización es definir el mejor método conocido para ejecutar una tarea, de modo que se logre la máxima productividad posible, manteniendo la calidad, la seguridad y el ritmo de producción establecidos. Asimismo
- Baca Urbina et al. (2014) mencionan que el trabajo estandarizado constituye un elemento fundamental para sustentar otras herramientas *Lean*, como *Kaizen*, las 5S, *SMED*, *Poka-Yoke* y *Value Stream Mapping (VSM)*, ya que su aplicación efectiva garantiza que las mejoras obtenidas mediante estas metodologías se mantengan en el tiempo, evitando que los procesos regresen a su estado inicial y actuando como un mecanismo de control que consolida los avances alcanzados, además de servir como referencia para futuras optimizaciones.
- Sosa Pulido (2002) destaca que la estandarización del trabajo requiere la participación del personal operativo, pues son los trabajadores quienes poseen el conocimiento práctico de las condiciones reales del proceso; su participación en la elaboración y revisión de los estándares garantiza que estos sean realistas y aplicables, favoreciendo así su cumplimiento y la mejora continua en las actividades diarias.

2.6.3.1 Beneficios de la implementación de trabajo estandarizado

La implementación del trabajo estandarizado aporta beneficios significativos en los sistemas productivos, ya que permite mantener la estabilidad del proceso, garantizar la calidad del producto y fortalecer la cultura de mejora continua. Los principales beneficios de su implementación son los siguientes (Arciniegas, 2025; Niebel & Andris, 2009):

- **Incremento de la productividad.**

Al definir el método más eficiente para cada tarea, se eliminan movimientos innecesarios, se reducen los tiempos improductivos y se optimiza el flujo de trabajo, lo que permite aprovechar mejor los recursos disponibles.

- **Mejora de la calidad del producto.**

La aplicación uniforme de procedimientos estandarizados garantiza que cada operación se ejecute bajo las mismas condiciones, lo que reduce errores humanos, defectos y reprocesos.

- **Reducción de la variabilidad del proceso.**

La estandarización asegura que todos los operarios realicen las tareas siguiendo un mismo método, lo que mantiene la estabilidad del proceso y facilita su control.

- **Facilidad para la capacitación y la retención del conocimiento.**

Los estándares documentados sirven como guía práctica para entrenar al personal nuevo, reduciendo la curva de aprendizaje y asegurando la transferencia del conocimiento técnico dentro de la organización.

- **Fortalecimiento de la seguridad industrial.**

Los procedimientos estandarizados incluyen secuencias de trabajo seguras, minimizando la exposición a riesgos y mejorando las condiciones ergonómicas.

- **Base para la mejora continua.**

La estandarización permite identificar de manera objetiva las oportunidades de mejora, lo que impulsa el ciclo permanente de perfeccionamiento.

- **Mayor coordinación y comunicación.**

Los estándares visuales y los procedimientos documentados facilitan la comprensión y la sincronización de actividades entre áreas, promoviendo la cooperación y reduciendo los errores por malentendidos.

2.6.3.2 Pasos para la implementación del trabajo estandarizado

La implementación del trabajo estandarizado requiere un enfoque sistemático y participativo que permita identificar, documentar y mejorar los métodos de operación en el proceso productivo. Para lograrlo, se proponen los siguientes seis pasos (Escalante & González, 2015; Niebel & Andris, 2009):

1. Identificación del proceso y de las tareas críticas.

El primer paso consiste en **seleccionar el proceso** o área en el que se aplicará la estandarización, priorizando operaciones con alta variabilidad, frecuencia de errores o problemas de productividad. Posteriormente, se **identifican las tareas críticas** que impactan directamente en la calidad, el tiempo de ciclo o la seguridad del trabajador.

Las herramientas sugeridas para aplicar en este paso son las siguientes:

- Hojas de verificación.
- Análisis de Pareto.
- Estudio de métodos y tiempos.

2. Análisis del método actual.

Se realiza un análisis detallado del método de trabajo vigente. Esto implica **descomponer cada operación en sus elementos básicos** para identificar movimientos innecesarios, desperdicios y oportunidades de mejora.

Las herramientas sugeridas para aplicar en este paso son las siguientes:

- Diagrama de proceso.
- Diagrama hombre-máquina.
- Estudio de tiempos y análisis de movimientos.

3. Definición del mejor método.

Se diseña el método óptimo de ejecución, estableciendo la secuencia de trabajo más eficiente y segura para el operario. Este método debe garantizar el cumplimiento del tiempo *takt* (ritmo de producción requerido para satisfacer la demanda del cliente) y la calidad esperada del producto.

4. Elaboración del estándar de trabajo.

Se documenta el nuevo método mediante la creación de la hoja de trabajo estandarizada y del diagrama de distribución del trabajo. Estos documentos definen

con claridad las tareas, secuencias, tiempos y materiales requeridos para ejecutar correctamente la operación.

Las herramientas sugeridas para aplicar en este paso son las siguientes:

- Formatos visuales.
- Hojas estandarizadas
- Diagramas de proceso.

5. Capacitación y entrenamiento del personal.

Se capacita a los operarios involucrados. La formación debe incluir demostraciones prácticas, verificación de la comprensión y retroalimentación continua, asegurando que todos ejecuten las tareas conforme al nuevo método.

Las herramientas sugeridas para aplicar en este paso son las siguientes:

- Capacitación en el puesto.
- Instructivos.
- Listas de verificación.

6. Evaluación, seguimiento y mejora del estándar.

Resulta necesario llevar a cabo un monitoreo de los resultados obtenidos, mediante la medición y análisis de los indicadores de desempeño previamente definidos, con el fin de verificar el cumplimiento de los estándares establecidos. Asimismo, es necesario comparar dichos resultados a lo largo del tiempo e identificar desviaciones o áreas de oportunidad, lo que permitirá realizar ajustes, retroalimentar el proceso y actualizar los estándares cuando se detecten oportunidades de mejora continua.

Las herramientas sugeridas para aplicar en este paso son las siguientes:

- Listas de verificación (*checklists*).
- Auditorías de proceso.
- Control visual.

2.7 Conclusión

Este capítulo permitió establecer el marco teórico que sustenta el desarrollo de la presente investigación, integrando conceptos y herramientas clave de la ingeniería industrial orientados a la mejora del sistema de producción de bordado. A través de este análisis, se definieron metodologías que facilitan la identificación de áreas de oportunidad y el análisis

de causas raíz. Asimismo, se identificaron herramientas como el diagrama de Pareto, el diagrama de Ishikawa y el indicador *OEE* para evaluar el desempeño.

De igual forma, se abordaron herramientas de *Lean Manufacturing*, en particular las *5S* y *SMED*, como enfoques fundamentales para optimizar procesos y reducir ineficiencias. Las *5S* se orientan a la organización sistemática, la estandarización y el control visual del área de trabajo, contribuyendo a la eliminación de desperdicios y a la mejora en la eficiencia operativa; mientras que *SMED* se enfoca en la reducción de los tiempos de preparación. En conjunto estas herramientas proporcionaron una base para la implementación de mejoras, lo que permitió intervenir directamente en las problemáticas identificadas en el sistema productivo.

En conclusión, el contenido desarrollado en este capítulo proporcionó el sustento teórico para la implementación de herramientas en la empresa bajo estudio.

Capítulo 3

Metodología

Este capítulo describe la metodología implementada para mejorar el sistema de producción de bordado de la empresa bajo estudio, mediante herramientas de *Lean Manufacturing* orientadas a optimizar los procesos productivos, con la mejora de la organización visual del área de trabajo, la reducción de los tiempos de preparación y la estandarización de las operaciones.

3.1 Metodología

Con el propósito de mejorar el sistema de producción de bordado de la empresa, se desarrolló e implementó la siguiente metodología que se presenta en la Figura 3.1:

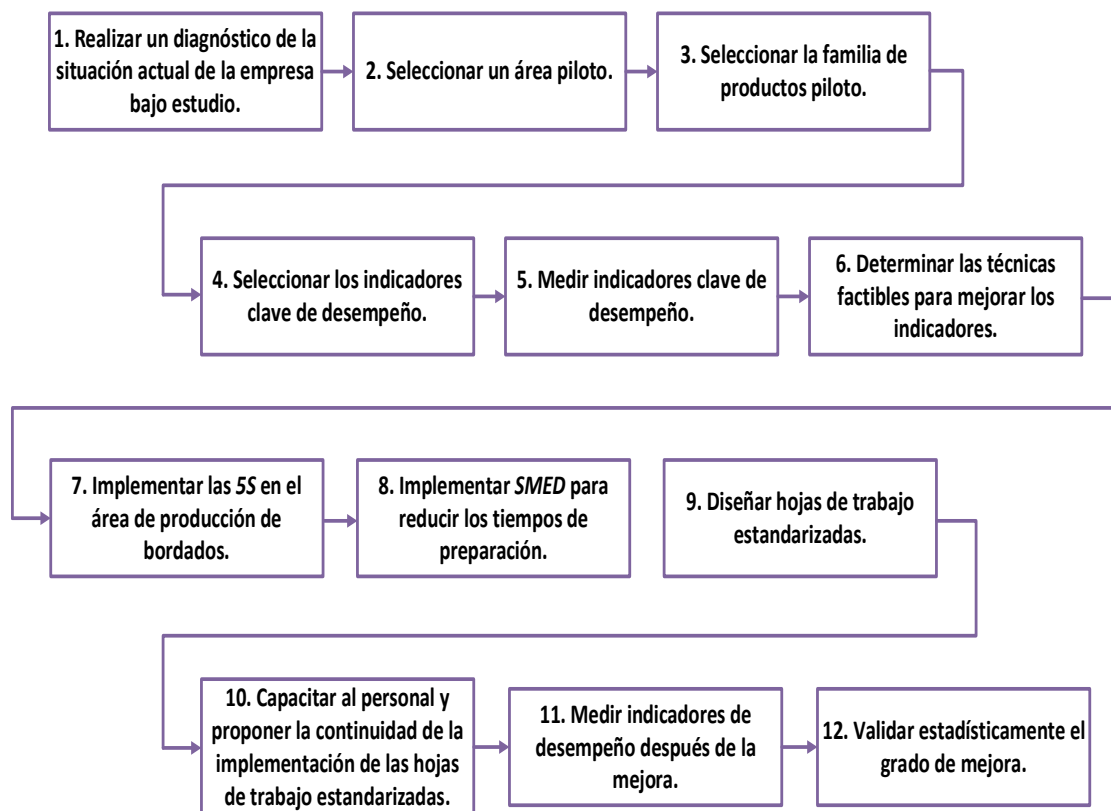


Figura 3.1 Metodología para mejorar el sistema de producción de bordados.
(Diseño propio, 2025).

Una breve descripción de los pasos de la Figura 3.1 se da a continuación:

1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa bajo estudio.

Se analizó el sistema productivo para identificar procesos, condiciones operativas y problemáticas recurrentes que afectan el desempeño.

2. Seleccionar un área piloto.

Se determinó el área con mayor potencial de mejora, considerando su impacto en el sistema productivo y la factibilidad de la intervención. La selección se realizó mediante diversas herramientas, como el diagrama de afinidad, la lluvia de ideas y el método de evaluación por puntos.

3. Seleccionar la familia de productos piloto.

Se eligió una familia de productos representativa, con base en su volumen y frecuencia de ventas. Para ello, se emplearon el análisis de Pareto y el método de evaluación por puntos.

4. Seleccionar los indicadores clave de desempeño.

Se definieron los indicadores para evaluar el desempeño del sistema productivo y medir el efecto de las mejoras. Esta selección se basó en el análisis de causas mediante el diagrama de Ishikawa.

5. Medir indicadores clave de desempeño.

Se realizó la medición inicial de los indicadores definidos: la tasa de disponibilidad, el *OEE* y el índice de organización del área de trabajo.

6. Determinar las técnicas factibles para mejorar los indicadores.

Se determinaron y seleccionaron las herramientas de mejora con base en su capacidad para abordar las problemáticas detectadas, apoyándose en una matriz de relación entre las técnicas factibles y las problemáticas identificadas.

7. Implementar las 5S en el área de producción de bordados.

Se implementó la metodología *5S* para organizar, estandarizar y controlar visualmente el área de trabajo, mejorando las condiciones operativas.

8. Implementar *SMED* para reducir los tiempos de preparación.

Se implementó la metodología *SMED* para analizar y optimizar las actividades de preparación, reduciendo los tiempos improductivos.

9. Diseñar hojas de trabajo estandarizadas.

Se documentaron los métodos óptimos para la ejecución de las actividades, definiendo las secuencias y los tiempos de operación. Para ello, se emplearon formatos de trabajo estandarizados.

10. Capacitar al personal y proponer la continuidad de la implementación de las hojas de trabajo estandarizadas.

Se explicó al personal cómo aplicar los estándares definidos y se proporcionaron indicaciones para facilitar su seguimiento.

11. Medir los indicadores de desempeño después de la mejora.

Se midieron los indicadores definidos para evaluar los cambios derivados de la implementación de las mejoras.

12. Validar estadísticamente el grado de mejora.

Se utilizó la prueba t de Student para determinar si las mejoras observadas en los indicadores de desempeño eran estadísticamente significativas y atribuibles a las acciones de mejora implementadas.

3.2 Realizar diagnóstico de la situación actual de la empresa bajo estudio

El primer paso de la metodología consistió en obtener un conocimiento integral de la empresa en estudio y de su operación actual, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora en el sistema de producción de bordado. Para ello, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. Conocer la historia de la empresa.
2. Identificar áreas y procesos que conforman el sistema de producción de bordado.
3. Entrevistar a los operarios para recopilar información sobre las problemáticas recurrentes del sistema de producción de bordado.

3.2.1 Conocer la historia de la empresa

Para obtener un panorama de cómo nació la empresa, se recopiló información a través de entrevistas informales con el personal y se revisaron sus documentos internos, registros históricos y material corporativo disponible.

El análisis de la historia de la empresa bajo estudio permitió obtener un panorama amplio de su evolución, ubicación geográfica, estructura organizacional y cultura empresarial. Además, se identificaron elementos clave, como su misión, visión, valores y estrategia corporativa, lo que proporciona una base sólida para comprender los objetivos y la filosofía de la empresa. Toda esta información se detalló previamente en la Sección 1.2.

3.2.2 Identificar áreas y procesos que conforman el sistema de producción de bordado

Con el fin de comprender la estructura operativa de la empresa, se identificó la organización de sus áreas y procesos del sistema de producción (Sección 1.2.7), obteniendo lo siguiente:

1. Permitted establecer que el sistema de producción se compone de las siguientes etapas:
 - 1) Generación y recepción de pedidos.
 - 2) Envío de orden de producción para corte y costura.
 - 3) Recepción de prendas confeccionadas.
 - 4) Clasificación y preparación de prendas.
 - 5) Armado de órdenes de producción.
 - 6) Preparación de maquinaria.
 - 7) Corte de pellón.
 - 8) Bordado del producto.
 - 9) Acabado final del bordado.
 - 10) Inspección de calidad y empaquetado.
2. Diagramas para representar el flujo de trabajo y la interacción entre las etapas del sistema de producción de bordado (Sección 1.2.7)
3. Diagramas elaborados con base en observaciones directas y revisión de la documentación técnica de la empresa: diagrama de flujo del proceso (Figura 1.4) y un diagrama de espagueti (Figura 1.5)

3.2.3 Entrevistar a los operarios para recopilar información sobre problemáticas recurrentes en el sistema de producción de bordado

Se realizaron entrevistas informales con el dueño de esta, los supervisores y operarios de la planta, con el propósito de identificar problemáticas recurrentes no detectadas durante las

visitas a la planta. Las entrevistas se llevaron a cabo en las áreas de trabajo y se estructuraron mediante un cuestionario breve, con el fin de obtener información relevante de forma dinámica.

A continuación, se detallan las preguntas formuladas para el desarrollo del estudio:

1. ¿Cuáles son sus responsabilidades en el área de bordado?
2. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando para la empresa?
3. ¿Cuál es su tiempo total de trabajo a la semana?
4. ¿Qué problemas son más frecuentes en su proceso de trabajo?
5. ¿Qué actividades del proceso requieren más tiempo de ejecución?
6. ¿Cuáles son las dificultades más comunes que afectan la calidad del producto?

Tras cada entrevista, se tomaron notas para identificar patrones en las respuestas. Como resultado, se detectaron las siguientes **problemáticas recurrentes** en el sistema de producción de bordado, que se considerarán para determinar un área piloto factible de mejorar.

1. Acumulación de desperdicios durante el proceso productivo.
2. Falta de estandarización en los procesos operativos.
3. Fallas en las máquinas de bordado debido a la falta de mantenimiento oportuno.
4. Desajustes frecuentes en los bastidores y hilos, lo que genera defectos en el bordado y retrasos en la producción.
5. Altos tiempos de preparación debido a ajustes en cada nuevo diseño de bordado.
6. Retrasos por retrabajos o reprocesos en las prendas terminadas.
7. Retrasos por falta de materiales en el momento requerido, lo que interrumpe el flujo de trabajo y afecta la productividad.
8. Falta de orden en el área de trabajo, lo que genera retrasos por extravío de herramientas de trabajo.
9. Falta de control en el almacén debido a que no se tiene un recuento actualizado de los insumos disponibles.

10. Ineficiencias en la gestión del flujo de trabajo.

3.3 Seleccionar un área piloto

Para seleccionar un área piloto se desarrollaron las siguientes actividades:

1. Realizar un diagrama de afinidad de problemáticas recurrentes vs. áreas de oportunidad.
2. Definir factores clave mediante una lluvia de ideas.
3. Seleccionar área piloto mediante el método por puntos.

3.3.1 Realizar un diagrama de afinidad de problemáticas recurrentes vs. áreas de oportunidad

Una vez detectadas las problemáticas recurrentes (Sección 3.2.3), se realizó un diagrama de afinidad mediante las actividades siguientes, las cuales se basaron en los pasos descritos en la Sección 2.2.2.2, con la finalidad de identificar la incidencia de estas en las **cuatro principales áreas de oportunidad del sistema de producción de bordado**: producción, calidad, compras y almacén.

1. Se formó el equipo de trabajo.
2. Se registró cada problemática recurrente en notas, procurando que cada una representara una situación única.
3. Se agruparon las problemáticas recurrentes por la incidencia en los departamentos del sistema de producción de bordado.
4. Se asignó el título del departamento a cada grupo.
5. Se construyó el diagrama de afinidad (Figura 3.2), representando cada departamento con su título correspondiente, lo cual facilitó la identificación de los principales ejes problemáticos dentro del sistema de producción de bordado.
6. Se describieron aspectos que se pueden mejorar en cada área de oportunidad. El resultado se muestra en la Tabla 3.1.



Figura 3.2 Diagrama de afinidad de problemáticas recurrentes vs áreas de oportunidad. (Diseño propio, 2025).

Tabla 3.1 Aspectos que se pueden mejorar en las áreas de oportunidad detectadas. (Diseño propio, 2025).

Área oportunidad	Aspectos que mejorar
Compras	Implementar una estrategia de compras basada en la demanda real.
Almacén	Organizar los materiales del almacén y llevar un control de los existentes.
Producción	Reducir tiempos de preparación. Minimizar los paros de máquina con un mejor control del proceso.
Calidad	Aplicar técnicas de control de calidad para reducir defectos. Diseñar una metodología de inspección visual estandarizada.

3.3.2 Definir factores clave mediante una lluvia de ideas

Para determinar los factores de evaluación que permitieran seleccionar el área piloto con mayor impacto en el sistema de producción de bordado, se realizó lo siguiente:

1. Definir el objetivo de la lluvia de ideas.

Se estableció que la finalidad de la lluvia de ideas sería identificar factores clave para evaluar las cuatro áreas de oportunidad mencionadas en la Sección 3.3.1: producción, calidad, compras y almacén.

2. Designar un moderador de la sesión.

Para garantizar una adecuada conducción de la actividad, se asignó como facilitador de la sesión al responsable del presente proyecto de tesis.

1. Recopilar opiniones.

Se aplicó la técnica de lluvia de ideas, descrita en la Sección 2.2.1.2, para recoger las perspectivas de operarios, supervisores y personal administrativo sobre los aspectos más críticos que afectan la eficiencia de la producción. La metodología aplicada permitió recopilar el siguiente listado de posibles factores de evaluación:

- 1) Reducción de tiempos muertos.
- 2) Facilidad de optimización del flujo de trabajo.
- 3) Facilidad de capacitación del personal.
- 4) Facilidad de automatización de procesos repetitivos.
- 5) Redistribución eficiente de tareas entre operarios.
- 6) Estandarización de procesos clave.
- 7) Facilidad de realización de pruebas piloto.
- 8) Baja inversión en infraestructura.
- 9) Optimización del uso de insumos para reducir desperdicios.
- 10) Alto reconocimiento para quienes adopten las mejoras.
- 11) Comunicación clara sobre los beneficios del cambio.
- 12) Incremento en la rentabilidad.
- 13) Mejora de la calidad del producto.
- 14) Mejora de tiempos de entrega.
- 15) Reducción de quejas y devoluciones por defectos.

3. Organización y análisis de ideas.

Los aspectos críticos se agruparon en las siguientes seis categorías afines, las cuales serán consideradas como los factores clave:

- 1) Alto impacto en la productividad
- 2) Facilidad de implementación
- 3) Alta disponibilidad de tiempo para aplicar mejoras.
- 4) Bajo costo de posibles mejoras.
- 5) Baja resistencia al cambio
- 6) Alta importancia para la gerencia

4. Definición de factores clave.

Mediante un consenso con los integrantes del equipo de trabajo, se definieron los factores clave que se detallan en la Tabla 3.2.

5. Realización de diagrama de afinidad.

Los aspectos críticos y las categorías se colocaron en el diagrama de afinidad de la Figura 3.3.

*Tabla 3.2 Definición de los seis factores clave obtenidos.
(Diseño propio, 2025).*

Categoría de factores	Definición
Alto impacto en la productividad	Nivel de influencia en la eficiencia del sistema de producción, permitiendo una mejora significativa en tiempos, procesos y rendimiento operativo.
Facilidad de implementación	Grado de facilidad con el que una mejora puede aplicarse sin requerir cambios complejos en infraestructura, capacitación extensa o inversiones considerables.
Alta disponibilidad de tiempo para aplicar mejoras	Cantidad de tiempo dentro de la jornada laboral que puede destinarse a la implementación de mejoras sin afectar la producción.
Bajo costo de posibles mejoras	Nivel de inversión requerido para aplicar mejoras, priorizando soluciones de optimización con impacto positivo y mínimo gasto.
Baja resistencia al cambio	Bajo nivel de oposición del personal ante la implementación de nuevas metodologías, procesos o herramientas, favoreciendo una adopción rápida y efectiva.
Alta importancia para la gerencia	Alta relevancia de la mejora desde el punto de vista estratégico, considerando su impacto en la rentabilidad, la calidad del producto y el cumplimiento de objetivos organizacionales.

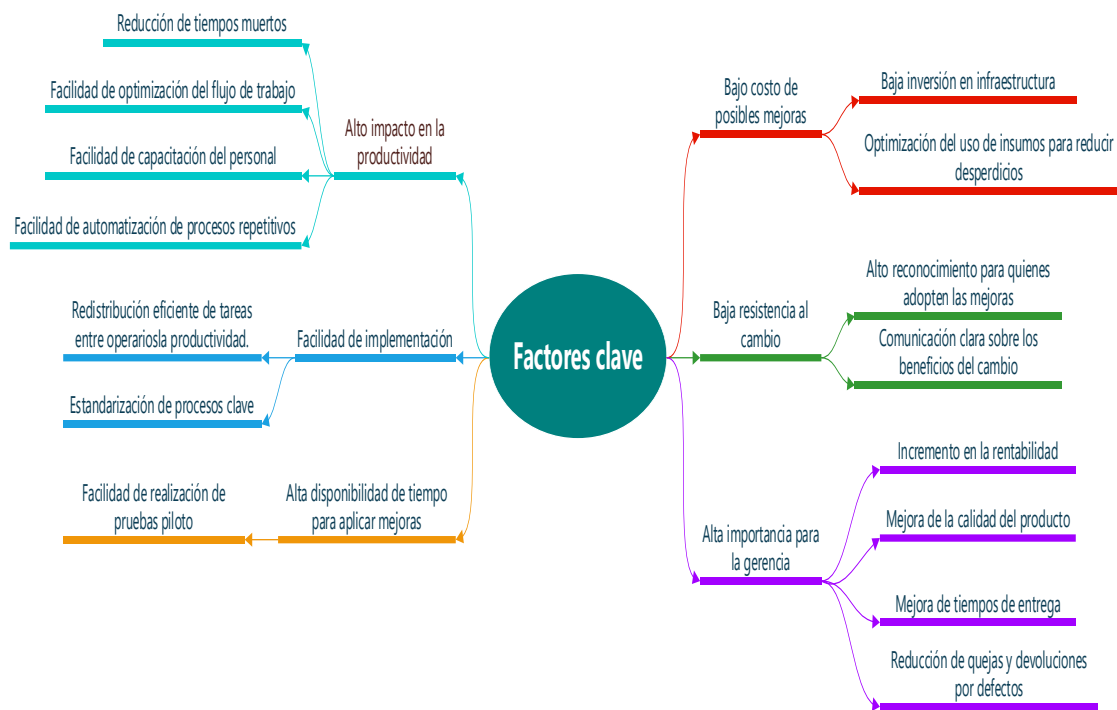


Figura 3.3 Diagrama de afinidad de los factores de evaluación agrupados en seis categorías. (Diseño propio, 2025).

3.3.3 Seleccionar área piloto mediante el método por puntos

Para seleccionar un área piloto, con el mayor impacto dentro del sistema de producción de la empresa, se realizaron las siguientes actividades con base en el procedimiento del método de evaluación de factores por puntos (Sección 2.4.1.2):

1. Seleccionar factores clave.

Con base en el diagrama de afinidad, previamente mostrado en la Figura 3.3, se seleccionaron, como factores clave, sus seis categorías principales:

- 1) Alto impacto en la productividad.
- 2) Facilidad de implementación.
- 3) Alta disponibilidad de tiempo para aplicar mejoras.
- 4) Bajo costo de posibles mejoras.
- 5) Baja resistencia al cambio.
- 6) Alta importancia para la gerencia.

2. Asignar puntajes a factores clave.

Con el objetivo de establecer un orden de relevancia para la toma de decisiones estratégicas, se asignaron puntajes a cada factor utilizando una escala de 0 a 100, donde 100 representó la máxima prioridad y 0 la mínima.

3. Definir escala para evaluar los factores clave en cada área del proceso.

Para facilitar la evaluación, se definió una escala cualitativa basada en las vocales A, E, I, O y U. En esta escala, la letra A representó la mejor evaluación posible y la letra U la más baja.

4. Definir áreas de oportunidad.

Con base en el diagrama de afinidad, previamente mostrado en la Figura 3.2, se determinó que hay cuatro áreas de oportunidad:

- 1) Compras.
- 2) Almacén.
- 3) Producción.
- 4) Calidad.

5. Asignar un puntaje a cada factor clave en cada área de oportunidad.

Se aplicó la escala definida (paso 3) a cada una de las cuatro áreas de oportunidad (paso 4), determinando qué tan bien cumplían con los factores clave. La calificación obtenida, por cada área, se ubicó en la parte superior de la celda (Tabla 3.3) de la intersección del factor clave con el área de oportunidad.

6. Multiplicar los puntajes de cada factor clave por la calificación de cada área de oportunidad.

Con el fin de obtener una valoración cuantitativa, se multiplicó el puntaje de cada factor clave por la calificación asignada a cada área. Los resultados se colocaron en la parte inferior de la celda de la intersección del factor clave con el área de oportunidad.

7. Sumar los puntajes finales.

Se realizó la sumatoria de los puntajes obtenidos por cada área del proceso con el objetivo de identificar y seleccionar el área piloto para el desarrollo del presente proyecto. El resultado final se muestra en la Tabla 3.3.

*Tabla 3.3 Selección del área piloto mediante el método de evaluación por puntos.
(Diseño propio, 2025).*

Selección de una área piloto - Metodo de evaluación por puntos									
Ubicación: Empresa bajo estudio			Proyecto: Selección del área piloto mediante el método de evaluación por puntos en una empresa textil del estado de Veracruz						
Escala de la evaluación				Descripción de la evaluación					
Letra	Valor	Letra	Valor	Letra	Significado	Letra	Significado		
A	4	O	1	A	Excelente (perfecto)	O	Mediano (porcentaje de mejora bajo)		
E	3	U	0	E	Muy bueno (considerablemente bueno)	U	Mediocre (mejora insuficiente)		
I	2			I	Bueno (resultados positivos)				
Factores	Puntaje	Áreas de oportunidad							
		Compras	Almacen	Producción	Calidad				
1) Alto impacto en la productividad	100	E 300	E 300	A 400	E 300				
2) Facilidad de implementación	80	I 160	E 240	E 240	I 160				
3) Alta disponibilidad de tiempo para aplicar mejoras	80	I 160	A 320	E 240	E 240				
4) Bajo costo de posibles mejoras	90	I 180	I 180	I 180	I 180				
5) Baja resistencia al cambio	80	I 160	E 240	E 240	E 240				
6) Alta importancia para la gerencia	100	E 300	A 400	A 400	A 400				
Total		1260	1680	1700	1520				

Con base en los resultados de la evaluación de áreas de oportunidad (Tabla 3.3), se determinó que **el área piloto seleccionada es el área de producción**, debido a que esta obtuvo la mayor puntuación y, por lo tanto, representa la mayor oportunidad de mejora dentro del sistema de producción de bordado en la empresa bajo estudio. Los problemas en esta área afectan directamente la eficiencia operativa, la calidad del producto y los tiempos de entrega.

3.4 Seleccionar la familia de productos piloto

Para seleccionar una familia de productos piloto se desarrollaron las siguientes actividades:

1. Determinar las familias de mayor impacto mediante análisis de Pareto
2. Seleccionar la familia de productos piloto mediante el método por puntos.

3.4.1 Determinar las familias de mayor impacto mediante análisis de Pareto

Una vez seleccionada el área piloto (Sección 3.3.3), el siguiente paso consistió en identificar las familias con la participación más alta en el volumen total de ventas, en términos monetarios, dentro del área, con el fin de enfocar los esfuerzos en esta. Para lograrlo, de manera estructurada, se definió el siguiente procedimiento metodológico:

1. Definir el periodo de análisis.

Se estableció como marco de estudio el rango comprendido del **1 de enero de 2025 al 1 de abril de 2025 (3 meses)**, para obtener datos representativos del comportamiento de las ventas.

2. Seleccionar la fuente de información.

Se utilizó la base de datos interna proporcionada por la empresa, donde se tuvo acceso a reportes de ventas por producto, mes y clientes.

3. Determinar familias de productos.

Dado que la empresa manejó un gran número de variaciones de un mismo producto (por talla o pequeñas diferencias de modelo) durante el periodo de análisis, se decidió agrupar los productos por “familias”. Para formar las familias se consideró el criterio “productos que comparten el mismo nombre base”, independientemente de su variación de talla o especificaciones menores; las trece familias resultantes se muestran en la Tabla 3.4.

4. Determinar el monto total de ventas por familia de producto.

Una vez realizada la clasificación por familias, se procedió a sumar el monto de ventas por el periodo de análisis para cada familia de productos; el resultado se muestra en la Tabla 3.4.

*Tabla 3.4 Familias de productos en la empresa bajo estudio.
(Diseño propio, 2025).*

No.	Familia de producto	Monto de venta por periodo de análisis
1	Camisa de gabardina	\$8,640
2	Playera polo	\$283,620
3	Camisa Oxford manga corta	\$270,000
4	Overol	\$3,861
5	Pantalón gabardina	\$29,000
6	Pantalón mezclilla	\$200,000
7	Camisa mezclilla	\$180,000
8	Camisola mezclilla	\$8,850
9	Blusa Oxford manga larga	\$95,000
10	Camisa Oxford manga larga	\$210,000
11	Blusa Oxford manga corta	\$65,000
12	Bordados y diseños	\$20,000
13	Chaleco de seguridad	\$43,955

5. Realizar análisis de Pareto.

Con la información agrupada (Tabla 3.4), se procedió a realizar un gráfico de Pareto para identificar qué familias de productos representaban la mayor parte de las ventas (Tabla 3.5), mediante los siguientes pasos, los cuales se adaptaron a los redactados en la Sección 2.3.1.3:

- 1) Ordenar las familias de mayor a menor monto de ventas.
- 2) Determinar el monto total de ventas durante el periodo de estudio: \$1,417,926.
- 3) Calcular el porcentaje de participación de cada familia de productos, respecto al monto total de ventas.
- 4) Calcular el porcentaje acumulado.
- 5) Generar la gráfica de Pareto, la cual se ilustra en la Figura 3.4.

*Tabla 3.5 Datos para realizar un diagrama de Pareto.
(Diseño propio, 2025).*

No.	Familia de producto	Monto de venta	Monto acumulado	% Total	% Acumulado
1	Playera polo	\$283,620	\$283,620	20.00%	20.00%
2	Camisa Oxford manga corta	\$270,000	\$553,620	19.04%	39.04%
3	Camisa Oxford manga larga	\$210,000	\$763,620	14.81%	53.85%
4	Pantalón mezclilla	\$200,000	\$963,620	14.11%	67.96%
5	Camisa mezclilla	\$180,000	\$1,143,620	12.69%	80.65%
6	Blusa Oxford manga larga	\$95,000	\$1,238,620	6.70%	87.35%
7	Blusa Oxford manga corta	\$65,000	\$1,303,620	4.58%	91.94%
8	Chaleco de seguridad	\$43,955	\$1,347,575	3.10%	95.04%
9	Pantalón gabardina	\$29,000	\$1,376,575	2.05%	97.08%
10	Bordados y diseños	\$20,000	\$1,396,575	1.41%	98.49%
11	Camisola mezclilla	\$8,850	\$1,405,425	0.62%	99.12%
12	Camisa de gabardina	\$8,640	\$1,414,065	0.61%	99.73%
13	Overol	\$3,861	\$1,417,926	0.27%	100.00%
TOTAL		\$1,417,926			

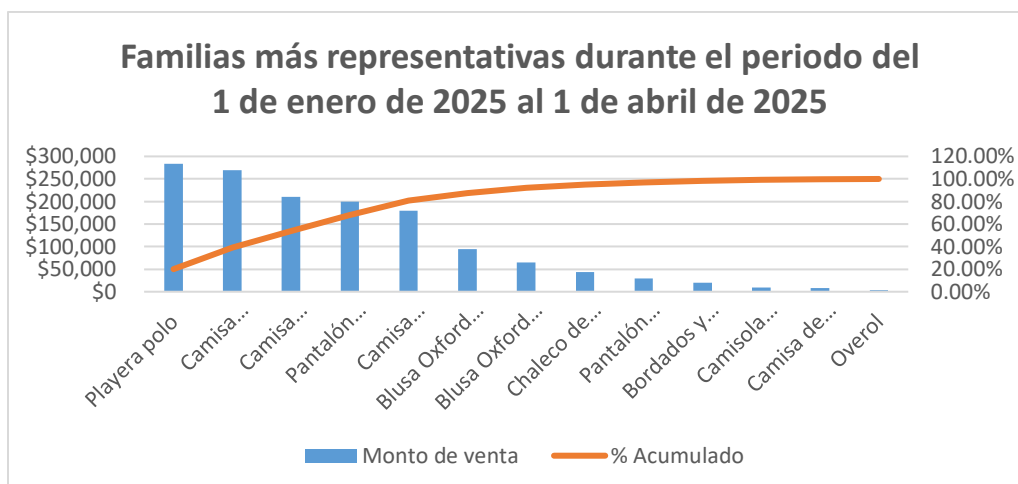


Figura 3.4 Gráfico de Pareto de las familias más representativas.
(Diseño propio, 2025).

6. Identificar con base en la regla del 80-20 las familias más representativas.

Con base en los datos de la Tabla 3.5 se determinó que las siguientes **cinco familias** concentran el 80.65% del total acumulado de las ventas

- 1) Playera polo.
- 2) Camisa Oxford de manga corta.
- 3) Camisa Oxford de manga larga.
- 4) Pantalón de mezclilla.
- 5) Camisa de mezclilla.

3.4.2 Seleccionar la familia de productos piloto mediante el método por puntos

Para determinar una familia piloto, de las **cinco más representativas** (Sección 3.4.1) dentro del sistema de producción de bordado, se aplicó el método de evaluación de factores por puntos (Sección 2.4.1.2). Este permitió identificar una “familia” con mayor potencial de mejora y representatividad dentro de la empresa. Las actividades realizadas fueron las siguientes:

1. Seleccionar factores clave.

Se definieron como factores clave los siguientes:

- 1) Alto volumen de producción.
- 2) Alta frecuencia de pedidos.

- 3) Alto impacto en la productividad.
- 4) Alto nivel de rentabilidad.
- 5) Alta importancia para la gerencia.
- 6) Baja complejidad de producción.

2. Asignar puntajes a los factores clave.

A cada factor se le asignó un puntaje en una escala de 0 a 100, donde 100 representó la mayor prioridad y 0 la mínima, con el objetivo de establecer un orden de relevancia en la selección de la familia piloto.

3. Definir escala para evaluar los factores clave en cada familia de productos.

Se utilizó una escala cualitativa basada en las vocales A, E, I, O y U. En esta escala, la letra A representó la mejor evaluación posible y la letra U la más baja.

4. Definir las familias de productos.

De acuerdo con la sección 3.4.1, se identificó que las “familias de productos” más representativas eran las cinco siguientes:

- 1) Playera polo.
- 2) Camisa Oxford de manga corta.
- 3) Camisa Oxford de manga larga.
- 4) Pantalón de mezclilla.
- 5) Camisa de mezclilla.

5. Asignar una calificación a cada familia en función de los factores clave.

Cada familia fue evaluada utilizando la escala cualitativa definida en el paso 3, determinando su grado de cumplimiento respecto a los factores seleccionados.

6. Multiplicar los puntajes de cada factor clave por la calificación asignada a cada familia de productos.

Para obtener un valor cuantitativo, los puntajes asignados a los factores se multiplicaron por las calificaciones de cada familia, ubicando los resultados en la parte inferior de la celda correspondiente.

7. Sumar los puntajes finales.

Se realizó la sumatoria de los puntajes obtenidos por cada familia de productos, con el objetivo de identificar la familia piloto con mayor potencial de mejora dentro del sistema de producción de bordado. El resultado final se muestra en la Tabla 3.6

Tabla 3.6 Selección de familia piloto mediante el método de evaluación por puntos.
(Diseño propio, 2025).

Selección de una familia piloto - Metodo de evaluación por puntos																																					
Ubicación: Empresa bajo estudio		Proyecto:	Selección de familia piloto mediante el método de evaluación por puntos en una empresa textil del estado de Veracruz																																		
Escala de la evaluación				Descripción de la evaluación																																	
<table><tr><td>Letra</td><td>Valor</td></tr><tr><td>A</td><td>4</td></tr><tr><td>E</td><td>3</td></tr><tr><td>I</td><td>2</td></tr></table>		Letra	Valor	A	4	E	3	I	2	<table><tr><td>Letra</td><td>Valor</td></tr><tr><td>O</td><td>1</td></tr><tr><td>U</td><td>0</td></tr></table>		Letra	Valor	O	1	U	0	<table><tr><td>Letra</td><td>Significado</td><td>Letra</td><td>Significado</td></tr><tr><td>A</td><td>Excelente (perfecto)</td><td>O</td><td>Mediano (porcentaje de mejora bajo)</td></tr><tr><td>E</td><td>Muy bueno (considerablemente bueno)</td><td>U</td><td>Mediocre (mejora insuficiente)</td></tr><tr><td>I</td><td>Bueno (resultados positivos)</td><td></td><td></td></tr></table>				Letra	Significado	Letra	Significado	A	Excelente (perfecto)	O	Mediano (porcentaje de mejora bajo)	E	Muy bueno (considerablemente bueno)	U	Mediocre (mejora insuficiente)	I	Bueno (resultados positivos)		
Letra	Valor																																				
A	4																																				
E	3																																				
I	2																																				
Letra	Valor																																				
O	1																																				
U	0																																				
Letra	Significado	Letra	Significado																																		
A	Excelente (perfecto)	O	Mediano (porcentaje de mejora bajo)																																		
E	Muy bueno (considerablemente bueno)	U	Mediocre (mejora insuficiente)																																		
I	Bueno (resultados positivos)																																				
Factores		Puntaje	Familias de productos																																		
			Playera polo	Camisa Oxford manga corta	Camisa Oxford manga larga	Pantalón mezclilla	Camisa mezclilla																														
1) Alto volumen de producción		90	I 180	E 270	A 360	O 90	I 180																														
2) Alta frecuencia de pedidos		90	I 180	E 270	E 270	I 180	I 180																														
3) Alto impacto en la productividad		80	E 240	E 240	E 240	I 160	I 160																														
4) Alto nivel de rentabilidad		100	A 400	E 300	E 300	I 200	E 300																														
5) Alta importancia para la gerencia		80	E 240	E 240	E 240	I 160	E 240																														
6) Baja complejidad de producción		80	I 160	A 320	A 320	O 80	A 320																														
Total			1400	1640	1730	870	1380																														

Con base en los resultados de la evaluación (Tabla 3.6), se determinó que la **familia piloto seleccionada** corresponde a las **camisas Oxford de manga larga**, debido a que obtuvo la mayor puntuación. Esta familia representa el segmento de producción con mayor oportunidad de mejora y relevancia estratégica para el desarrollo del presente proyecto.

3.5 Seleccionar los indicadores de desempeño clave

En esta etapa de la metodología se buscó definir parámetros de medición claros y cuantificables que permitieran evaluar el desempeño del sistema de producción de bordado. Para lograrlo, las actividades desarrolladas fueron las siguientes:

1. Identificar, mediante un diagrama de *Ishikawa*, las deficiencias del sistema de producción de bordado: familia de productos del área piloto.
2. Definir indicadores de desempeño clave.

3.5.1 Identificar, mediante un diagrama de *Ishikawa*, las deficiencias del sistema de producción de bordado: familia de productos del área piloto

El siguiente paso de la metodología consistió en identificar, mediante un diagrama de Ishikawa, las deficiencias del sistema de producción de bordado de la familia de productos del área piloto. Para su elaboración, se adaptaron los pasos para realizar un diagrama de Ishikawa, descritos en la Sección 2.3.2.2:

1. Definir el tema central.

En este paso se definió como tema central el “Bajo rendimiento en la producción de la familia de productos del área piloto”.

2. Formar un equipo de trabajo.

El equipo de trabajo se formó con operarios del área de producción, con base en su conocimiento directo del proceso y su participación en las actividades.

3. Definir categorías para agrupar deficiencias.

En este paso se decidió utilizar las seis categorías tradicionales del diagrama de *Ishikawa*, descritas en la Sección 2.3.2, para agrupar las deficiencias detectadas. Dichas categorías son las siguientes:

- 1) Métodos.
- 2) Maquinaria.
- 3) Mano de obra.
- 4) Materiales.
- 5) Medio ambiente.
- 6) Medición.

4. Identificar deficiencias mediante una lluvia de ideas.

Con base en las seis categorías definidas, se llevó a cabo una lluvia de ideas para identificar deficiencias que afectan al área piloto. En este paso, la participación del equipo de trabajo resultó esencial para garantizar que las deficiencias propuestas reflejaran la realidad operativa. Las deficiencias se muestran en la Figura 3.5.

5. Elaborar el diagrama de *Ishikawa*.

Para elaborar el diagrama de *Ishikawa* (Figura 3.5), se clasificaron las deficiencias identificadas (paso 4) en las seis categorías principales (paso 3).

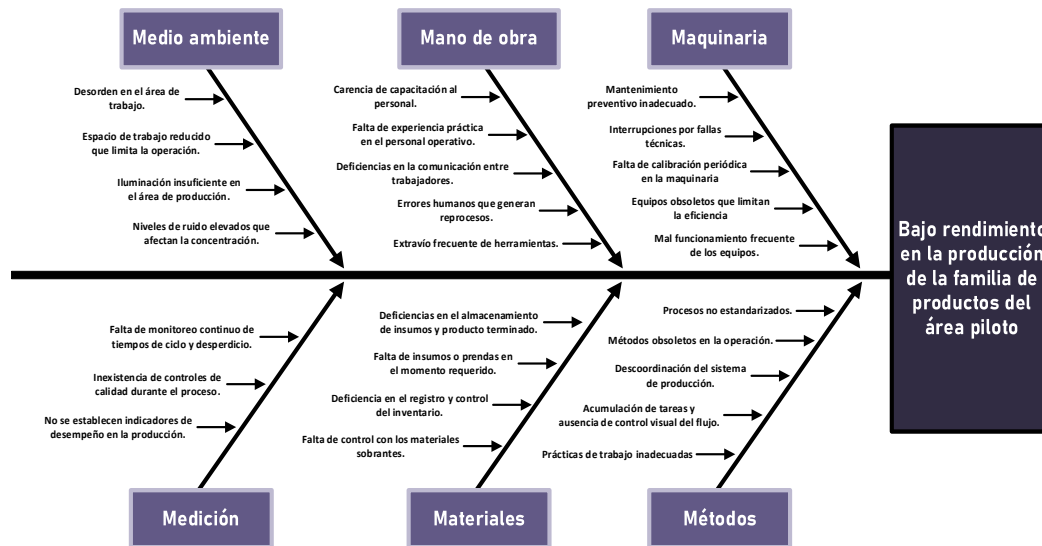


Figura 3.5 Diagrama de Ishikawa sobre las deficiencias que afectan la producción de la familia de productos del área piloto.
(Diseño propio, 2025).

3.5.2 Definir indicadores de desempeño clave

Una vez identificadas las deficiencias del sistema de producción de bordado, de la familia de productos del área piloto (Figura 3.5), el siguiente paso de la metodología consistió en definir indicadores de desempeño clave. Para su definición se realizó lo siguiente:

1. Establecer indicadores de desempeño.

Retomando las deficiencias detectadas en la Figura 3.5, en colaboración con el grupo de trabajo, previamente formado, se establecieron tres indicadores de desempeño:

1) Disponibilidad de equipo.

Mide el porcentaje de tiempo efectivo de operación de las máquinas de bordado respecto al tiempo programado.

2) Índice de eficacia (OEE).

Mide la efectividad de cada máquina de bordado considerando: disponibilidad, rendimiento y calidad, reflejando el porcentaje de tiempo en el que la máquina produce prendas conformes a la velocidad ideal.

3) Índice de organización del área de trabajo.

Evalúa el grado de orden y disposición de materiales y herramientas en el área de producción.

2. Construir el diagrama de causa-efecto.

Con base en las deficiencias detectadas (Figura 3.5), se procedió a clasificarlas utilizando un diagrama de causa-efecto, de manera que estas pudieran ser vinculadas con los tres indicadores de desempeño; el resultado se muestra en la Figura 3.6.

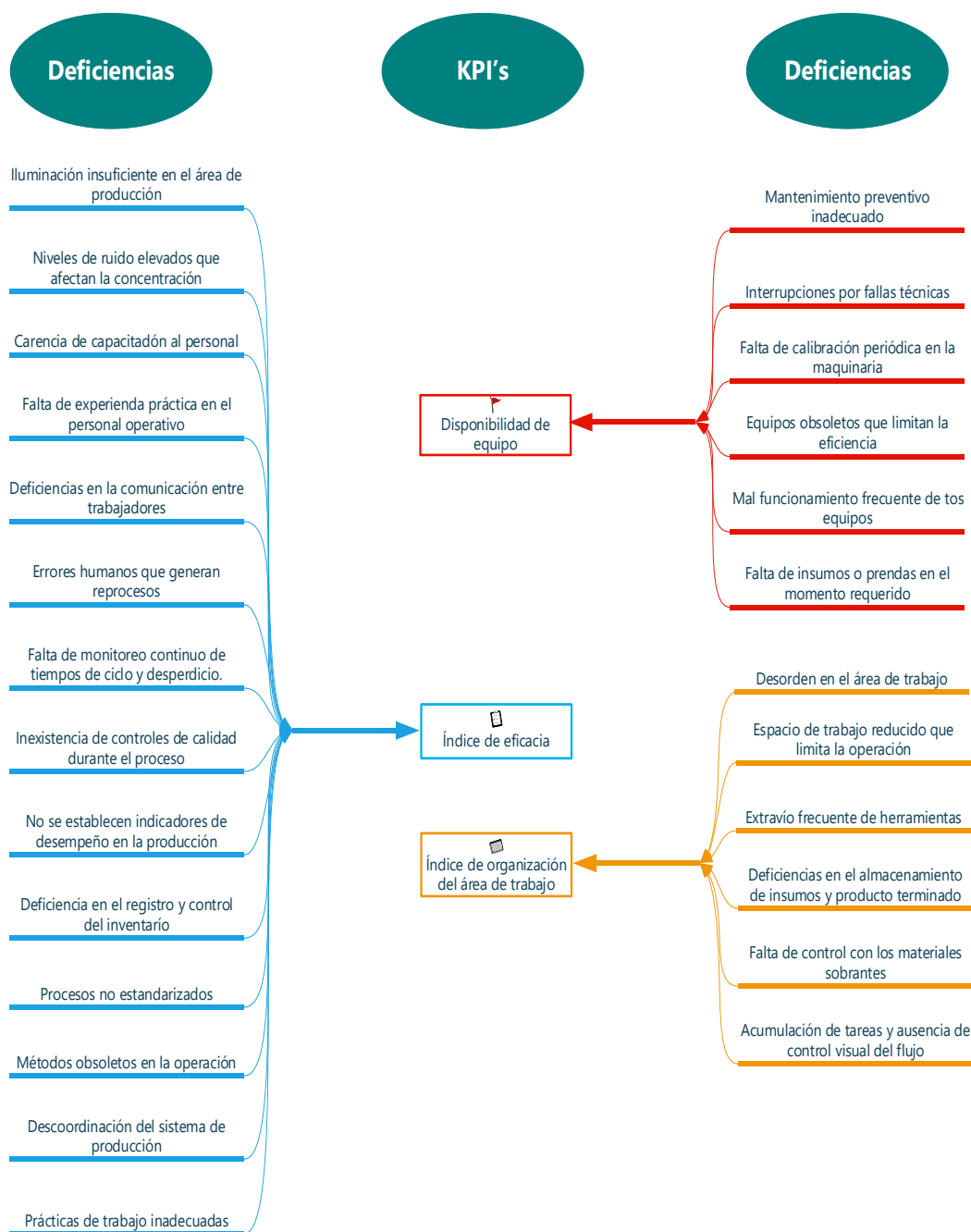


Figura 3.6 Diagrama de causa-efecto de deficiencias vs indicadores de desempeño.
(Diseño propio, 2025).

3.6 Medir indicadores de desempeño clave

Una vez seleccionados los indicadores de desempeño clave (Sección 3.5.2), se procedió a su medición con el objetivo de determinar el estado actual del sistema de producción de bordado en la empresa. Para ello, se realizaron las siguientes actividades:

1. Medir la tasa de disponibilidad de las máquinas de bordado.
2. Medir la tasa de rendimiento de las máquinas de bordado.
3. Medir la tasa de calidad de las máquinas de bordado.
4. Calcular el *OEE* de las máquinas de bordado.
5. Medir el índice de organización del área de trabajo.

3.6.1 Medir la tasa de disponibilidad de las máquinas de bordado

Con el objetivo de obtener datos representativos y confiables para evaluar la tasa de disponibilidad de las dos máquinas de bordado, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Medición de tiempos preliminares.
2. Cálculo del número de mediciones óptimo.
3. Medición de tiempos faltantes.
4. Definición de tasa de disponibilidad.

3.6.1.1 Medición de tiempos preliminares

Para el cálculo de la disponibilidad del equipo (Sección 2.4.2.3), se decidió tomar seis mediciones en cada una de las máquinas de bordado, con la finalidad de obtener una muestra preliminar y, con base en esta, calcular el número de mediciones óptimo. El procedimiento utilizado fue el siguiente:

1. **Establecer el marco temporal de estudio.**

Se acordó iniciar el estudio en el periodo comprendido del 9 al 20 de septiembre de 2025 (2 semanas = 12 días), con visitas a la empresa los martes, jueves y sábados, durante el primer turno y el segundo turno, a fin de obtener datos representativos de las condiciones reales de operación. Este periodo se seleccionó también por la

estabilidad observada en la demanda de producción, lo que permitió realizar mediciones bajo un ritmo de trabajo constante.

2. Definir el periodo de observación.

Se estableció que la duración total de cada observación sería de un turno de trabajo: **480 minutos** (8 horas), parámetro que se utilizó para el cálculo de la disponibilidad de las máquinas de bordado.

3. Identificar el equipo a medir.

Dado que el sistema de producción de bordado cuenta con dos máquinas (*TAJIMA* TFHX-IIC1506 y TFMX-IIC1204) para la ejecución del proceso de bordado, se determinó incluir ambas en el estudio de medición.

4. Definir el tipo de muestreo.

Dado que las mediciones se realizaron en diferentes días y los turnos se seleccionaron de manera aleatoria, se definió (con base en la teoría expuesta en la Sección 2.5.1.1) que corresponde a un muestreo aleatorio simple sin reposición, con estratificación implícita en los turnos. Dado que la población bajo estudio estuvo conformada por 24 posibles turnos ($12 \text{ días} \times 2 \text{ turnos}$), de los cuales se seleccionaron aleatoriamente seis para efectuar las mediciones. Los turnos seleccionados fueron los siguientes:

- 1) Día 9, Turno 2
- 2) Día 11, Turno 1
- 3) Día 13, Turno 2
- 4) Día 16, Turno 2
- 5) Día 18, Turno 2
- 6) Día 20, Turno 1

Este procedimiento permitió garantizar que la muestra obtenida fuera representativa y que los resultados pudieran utilizarse de manera confiable en los cálculos posteriores.

5. Registrar los tiempos de operación y paro.

Se realizaron observaciones directas y se cronometraron las actividades realizadas por los operarios en seis turnos distintos, registrando los periodos de paro de las máquinas de bordado. Los resultados se muestran en la Tabla 3.7 y la Tabla 3.8.

Tabla 3.7 Tiempos preliminares para la medición de la disponibilidad en la Máquina 1. (Diseño propio, 2025).

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506						
Medición	Tiempo Disponible de Operación (min) a	Fallas de proceso o de equipo (min) b	Cambios de proceso / Preparación (min) c	Arranques y esperas (min) d	Tiempo de Operación (min) e = a-[b+c+d]	Disponibilidad (%) f = e/a
1	480	16.2	80.4	15.5	367.9	76.65%
2	480	19.4	85.0	13.3	362.3	75.48%
3	480	13.5	77.2	10.1	379.2	79.00%
4	480	12.3	80.1	18.5	369.1	76.90%
5	480	14.1	85.5	12.2	368.2	76.71%
6	480	15.0	79.4	17.5	368.1	76.69%
Disponibilidad promedio: 76.90% Tiempo de Operación promedio: 369.13 min Tiempo aproximado mensual (24 días hábiles): 147.65 hrs						

Tabla 3.8 Tiempos preliminares para la medición de la disponibilidad en la Máquina 2. (Diseño propio, 2025).

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204						
Medición	Tiempo Disponible de Operación (min) a	Fallas de proceso o de equipo (min) b	Cambios de proceso / Preparación (min) c	Arranques y esperas (min) d	Tiempo de Operación (min) e = a-[b+c+d]	Disponibilidad (%) f = e/a
1	480	7.3	70.4	14.1	388.2	80.88%
2	480	11.2	67.5	12.5	388.8	81.00%
3	480	10.5	72.0	15.3	382.2	79.63%
4	480	6.1	71.1	13.4	389.4	81.13%
5	480	8.2	69.3	15.1	387.4	80.71%
6	480	18.5	75.5	15.4	370.6	77.21%
Disponibilidad promedio: 80.09% Tiempo de Operación promedio: 384.43 min Tiempo aproximado mensual (24 días hábiles): 166.59 hrs						

3.6.1.2 Cálculo del número de mediciones óptimo

El cálculo del número de mediciones óptimo se realizó utilizando el método estadístico por fórmula directa (Ecuación 3.1).

$$\eta = \left[\frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right]^2 \dots\dots\dots (3.1)$$

Donde:

η = Tamaño de muestra requerido (número de mediciones que realmente se necesitan).

- 40 = Constante de la fórmula.
 n' = Número de observaciones del estudio preliminar.
 Σx = Suma de los valores observados en la muestra preliminar.
 Σx^2 = Suma de los cuadrados de los valores observados.

Para realizar el cálculo del número de mediciones óptimas se realizaron los siguientes pasos:

1. Realizar la sumatoria de los valores observados.

Se realizaron la Tabla 3.9 y la Tabla 3.10, con el propósito de calcular los valores de Σx y Σx^2 , correspondientes a cada máquina.

*Tabla 3.9 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 1.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506		
Medición	Tasa de disponibilidad (%) x	x^2
1	76.65	5875.22
2	75.48	5697.23
3	79.00	6241.00
4	76.90	5913.61
5	76.71	5884.42
6	76.69	5881.36
Total	$\Sigma x = 461.43$	$\Sigma x^2 = 35492.84$

*Tabla 3.10 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 2.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204		
Medición	Tasa de disponibilidad (%) x	x^2
1	80.88	6541.57
2	81.00	6561.00
3	79.63	6340.94
4	81.13	6582.08
5	80.71	6514.10
6	77.21	5961.38
Total	$\Sigma x = 480.56$	$\Sigma x^2 = 38501.08$

2. Calcular el tamaño de muestra requerido.

Se sustituyeron los valores obtenidos en el paso 1 (Tabla 3.9 y Tabla 3.10) en la Ecuación 3.1. El resultado del tamaño de muestra requerido para la Máquina 1 y la Máquina 2 se expresó en la Ecuación 3.2 y la Ecuación 3.3, respectivamente.

$$\eta_{máquina\ 1} = \left[\frac{40\sqrt{(6)(35492.84)-(461.43)^2}}{(461.43)} \right]^2 = 0.29 \approx 1 \text{ muestra (3.2)}$$

$$\eta_{máquina\ 2} = \left[\frac{40\sqrt{(6)(38501.08)-(480.56)^2}}{(480.56)} \right]^2 = 0.47 \approx 1 \text{ muestra (3.3)}$$

3. Definir el número de muestras para cada máquina.

De acuerdo con la Ecuación 3.2 y la Ecuación 3.3, se determinó que el número de mediciones, en cada máquina, para que el estudio tenga validez, es de uno.

3.6.1.3 Medición de tiempos faltantes

Dado que el número óptimo de mediciones requerido para garantizar la validez estadística resultó ser de uno (Sección 3.6.1.2), no fue necesario realizar mediciones adicionales a las iniciales.

3.6.1.4 Definición de tasa de disponibilidad

Dado que no se realizaron mediciones adicionales (Sección 3.6.1.3), la tasa de disponibilidad para ambas máquinas se definió a partir de los datos obtenidos en la Sección 3.6.1.1, los cuales se presentan en la Tabla 3.7 y la Tabla 3.8. El resultado fue el siguiente:

- Las **tasas de disponibilidad** promedio fueron de **76.90% y 80.09%**, respectivamente.
- El tiempo de operación promedio fue de 369.13 min y 384.43 min, respectivamente.

3.6.2 Medir la tasa de rendimiento de las máquinas de bordado

Con el objetivo de obtener datos representativos y confiables para evaluar la tasa de rendimiento de las dos máquinas de bordado, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Medición de tiempos preliminares.

2. Cálculo del número de mediciones óptimo.
3. Medición de tiempos faltantes.
4. Definición de tasa de rendimiento.

3.6.2.1 Medición de tiempos preliminares

Para el cálculo del rendimiento del equipo (Sección 2.4.2.4), se tomaron seis mediciones en cada una de las máquinas de bordado, con la finalidad de obtener una muestra preliminar y, con base en esta, calcular el número de mediciones óptimo. El procedimiento fue el siguiente:

1. **Establecer el marco temporal de estudio.**

Se definió que el periodo de estudio comprendería dos semanas de septiembre de 2025, coincidiendo con el utilizado para medir la tasa de disponibilidad de las máquinas de bordado (Sección 3.6.1), a fin de garantizar la uniformidad de los datos y la validez de los resultados. Este periodo se seleccionó también por la estabilidad observada en la demanda de producción, lo que permitió realizar mediciones bajo un ritmo de trabajo constante.

2. **Definir el periodo de observación.**

Se estableció que la duración total, en cada observación, abarcaría un turno completo de trabajo: 480 minutos (8 horas). Este periodo permitió cronometrar las interrupciones y el tiempo productivo de ambas máquinas.

3. **Identificar el equipo a medir.**

Dado que el sistema de producción de bordado cuenta con dos máquinas (TAJIMA TFHX-IIC1506 y TFMX-IIC1204) para la ejecución del proceso de bordado, se determinó incluir ambas en el estudio de medición.

4. **Definir el tipo de muestreo.**

Dado que las mediciones se realizaron en diferentes días y los turnos se seleccionaron de manera aleatoria dentro del periodo de estudio, se definió (con base en la teoría expuesta en la Sección 2.5.1.1) que corresponde a un muestreo aleatorio simple sin reposición, con estratificación implícita en los turnos. Dado que la población bajo estudio estuvo conformada por 24 posibles turnos ($12 \text{ días} \times 2 \text{ turnos}$), de los cuales se seleccionaron aleatoriamente seis para efectuar las mediciones. Los turnos seleccionados fueron los siguientes:

- 1) Día 9, Turno 2
- 2) Día 11, Turno 1
- 3) Día 13, Turno 2
- 4) Día 16, Turno 2
- 5) Día 18, Turno 2
- 6) Día 20, Turno 1

El método aplicado permitió asegurar la representatividad de la muestra, así como la confiabilidad de los datos utilizados en los cálculos posteriores.

5. Registrar las pérdidas de tiempo.

Se cronometraron las actividades realizadas por los operarios durante seis turnos distintos, registrando las pérdidas de tiempo en ambas máquinas de bordado. Los resultados se muestran en la Tabla 3.11 y la Tabla 3.12.

Tabla 3.11 Tiempos preliminares para la medición del rendimiento en la Máquina 1. (Diseño propio, 2025).

Medición	Tiempo de operación (min) a	Paros menores (min) b	Tiempo de ocio (min) c	Perdidas de velocidad (min) d	Perdidas por ajustes (min) e	Tiempo productivo (min) $f = a - [b + c + d + e]$	Tasa de rendimiento (%) $g = f/a$
1	367.9	10.5	15.2	16.1	20.3	305.8	83.12%
2	362.3	18.2	12.3	11.2	24.1	296.5	81.84%
3	379.2	12.1	14.2	4.6	16.4	331.9	87.53%
4	369.1	17.4	12.1	12.3	14.5	312.8	84.75%
5	368.2	15.2	16.3	10.2	28.1	298.4	81.04%
6	368.1	11.4	15.5	8.6	17.1	315.5	85.71%
Tasa de rendimiento promedio: 84.00% Tiempo productivo promedio: 310.15 min Tiempo productivo aproximado mensual (24 días hábiles): 124.06 hrs							

Tabla 3.12 Tiempos preliminares para la medición del rendimiento en la Máquina 2. (Diseño propio, 2025).

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204							
Medición	Tiempo de operación (min) a	Paros menores (min) b	Tiempo de ocio (min) c	Perdidas de velocidad (min) d	Perdidas por ajustes (min) e	Tiempo productivo (min) $f = a - [b + c + d + e]$	Tasa de rendimiento (%) $g = f/a$
1	388.2	8.4	27.2	6.3	10.4	335.9	86.53%
2	388.8	10.1	22.3	8.2	12.2	336	86.42%
3	382.2	8.1	24.2	6.4	8.4	335.1	87.68%
4	389.4	9.4	22.1	2.3	11.2	344.4	88.44%
5	387.4	12.5	21.3	14.2	9.4	330	85.18%
6	370.6	9.1	20	12.6	10.1	318.8	86.02%
Tasa de rendimiento promedio: 86.71% Tiempo productivo promedio: 333.37 min Tiempo productivo aproximado mensual (24 días hábiles): 144.46 hr							

3.6.2.2 Cálculo del número de mediciones óptimo

El cálculo del número de mediciones óptimo se realizó utilizando el método estadístico por fórmula directa (Ecuación 3.4).

$$\eta = \left[\frac{40 \sqrt{n' \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right]^2 \dots\dots\dots (3.4)$$

Donde:

- η = Tamaño de muestra requerido (número de mediciones que realmente se necesitan).
- 40 = Constante de la fórmula.
- n' = Número de observaciones del estudio preliminar.
- Σx = Suma de los valores observados en la muestra preliminar.
- Σx^2 = Suma de los cuadrados de los valores observados.

Para realizar el cálculo del número de mediciones óptimas se realizaron los siguientes pasos:

1. Realizar la sumatoria de los valores observados.

Se realizaron la Tabla 3.13 y la Tabla 3.14 con el propósito de calcular los valores de Σx y Σx^2 , correspondientes a cada máquina.

*Tabla 3.13 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 1.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506		
Medición	Tasa de rendimiento (%) x	x^2
1	83.12	6908.93
2	81.84	6697.79
3	87.53	7661.50
4	84.75	7182.56
5	81.04	6567.48
6	85.71	7346.20
Total	$\Sigma x = 503.99$	$\Sigma x^2 = 42364.47$

Tabla 3.14 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 2.
(Diseño propio, 2025).

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204		
Medición	Tasa de rendimiento (%) x	x^2
1	86.53	7487.44
2	86.42	7468.42
3	87.68	7687.78
4	88.44	7821.63
5	85.18	7255.63
6	86.02	7399.44
Total	$\Sigma x = 520.27$	$\Sigma x^2 = 45120.35$

2. Calcular el tamaño de muestra requerido.

Se sustituyeron los valores obtenidos en el paso 1 (Tabla 3.15 y Tabla 3.16) en la Ecuación 3.4. El resultado del tamaño de muestra requerido para la Máquina 1 y la Máquina 2 se expresó en la Ecuación 3.5 y la Ecuación 3.6, respectivamente.

$$\eta_{máquina\ 1} = \left[\frac{40\sqrt{(6)(42364.47) - (503.99)^2}}{(503.99)} \right]^2 = 1.13 \approx 1 \text{ muestra} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$\eta_{máquina\ 2} = \left[\frac{40\sqrt{(6)(45120.35) - (520.27)^2}}{(520.27)} \right]^2 = 0.24 \approx 1 \text{ muestra} \dots\dots\dots (3.6)$$

3. Definir el número de muestras para cada máquina.

De acuerdo con la Ecuación 3.5 y la Ecuación 3.6, se determinó que el número de mediciones, en cada máquina, para que el estudio tenga validez, es de uno.

3.6.2.3 Medición de tiempos faltantes

Dado que el número óptimo de mediciones requerido para garantizar la validez estadística resultó ser de uno (Sección 3.6.2.2), no fue necesario realizar mediciones adicionales a las iniciales. Esto hizo posible emplear los datos obtenidos durante la medición de tiempos preliminares sin comprometer la confiabilidad de las conclusiones.

3.6.2.4 Definición de tasa de rendimiento

Dado que no se realizaron mediciones adicionales (Sección 3.6.2.3), la tasa de rendimiento para ambas máquinas se definió a partir de los datos obtenidos en la Sección 3.6.2.1, los cuales se presentan en la Tabla 3.11 y la Tabla 3.12. El resultado fue el siguiente:

- **Las tasas de rendimiento promedio fueron de 84.00% y 86.71%,** respectivamente.
- El tiempo productivo promedio fue de 310.15 min y 333.37 min, respectivamente.

3.6.3 Medir la tasa de calidad de las máquinas de bordado

Con el objetivo de obtener datos representativos y confiables para evaluar la tasa de calidad de las dos máquinas de bordado, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Medición de tiempos preliminares.
2. Cálculo del número de mediciones óptimo.
3. Medición de tiempos faltantes.
4. Definición de tasa de calidad.

3.6.3.1 Medición de tiempos preliminares

Para el cálculo de rendimiento del equipo (Sección 2.4.2.5), se decidió tomar seis mediciones en cada una de las máquinas de bordado, con la finalidad de obtener una muestra preliminar y, con base en esta, calcular el número de mediciones óptimas. El procedimiento utilizado fue el siguiente:

1. **Establecer el marco temporal de estudio.**

El estudio se realizó en un periodo de dos semanas de septiembre de 2025, el cual coincidió con las mediciones de la tasa de disponibilidad (Sección 3.6.1) y de rendimiento (Sección 3.6.2), con el fin de asegurar la consistencia y comparabilidad de los datos. Este periodo se seleccionó también por la estabilidad observada en la demanda de producción, lo que permitió realizar mediciones bajo un ritmo de trabajo constante.

2. Definir el periodo de observación.

Se estableció que la duración total del periodo, para cada observación, abarcaría un turno completo de trabajo: 480 minutos (8 horas).

3. Identificar el equipo a medir.

Dado que el sistema de producción de bordado cuenta con dos máquinas (TAJIMA TFHX-IIC1506 y TFMX-IIC1204) para la ejecución del proceso de bordado, se determinó incluir ambas en el estudio de medición.

4. Definir el tipo de muestreo.

Dado que las mediciones se realizaron en diferentes días y los turnos se seleccionaron de manera aleatoria, se definió (con base en la teoría expuesta en la Sección 2.5.1.1) que corresponde a un muestreo aleatorio simple sin reposición, con estratificación implícita en los turnos. Dado que la población bajo estudio estuvo conformada por 24 posibles turnos ($12 \text{ días} \times 2 \text{ turnos}$), de los cuales se seleccionaron aleatoriamente seis para efectuar las mediciones. Los turnos seleccionados fueron los siguientes:

- 1) Día 9, Turno 2
- 2) Día 11, Turno 1
- 3) Día 13, Turno 2
- 4) Día 16, Turno 2
- 5) Día 18, Turno 2
- 6) Día 20, Turno 1

Este procedimiento permitió garantizar que la muestra obtenida fuera representativa y que los resultados pudieran utilizarse de manera confiable en los cálculos posteriores.

5. Registrar la producción total.

Al final de cada turno se contabilizó el número total de prendas bordadas en cada máquina.

6. Clasificar las prendas conformes y no conformes.

Con base en el criterio de calidad de los trabajadores, se inspeccionaron las prendas terminadas, separando las unidades conformes de las no conformes. El registro de ambas máquinas se presenta en la Tabla 3.15 y la Tabla 3.16.

Tabla 3.15 Resumen del cálculo de la tasa de calidad de la Máquina 1.
(Diseño propio, 2025).

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506				
Medición	No. Unidades Totales a	No. Unidades conformes b	No. Unidades no conformes c	Tasa de calidad (%) d = b/a
1	77	70	7	90.91%
2	82	77	5	93.90%
3	79	75	4	94.94%
4	74	68	6	91.89%
5	76	69	7	90.79%
6	81	76	5	93.83%
Tasa de calidad promedio: 92.71% Promedio de unidades conformes: 72.5 prendas Promedio de unidades no conformes: 5.7 prendas				

Tabla 3.16 Resumen del cálculo de la tasa de calidad de la Máquina 2.
(Diseño propio, 2025).

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204				
Medición	No. Unidades Totales a	No. Unidades conformes b	No. Unidades no conformes c	Tasa de calidad (%) d = b/a
1	64	64	0	100.00%
2	66	62	4	93.94%
3	72	68	4	94.44%
4	59	57	2	96.61%
5	66	64	2	96.97%
6	69	68	1	98.55%
Tasa de calidad promedio: 96.75% Promedio de unidades conformes: 63.83 prendas Promedio de unidades no conformes: 2.2 prendas				

3.6.3.2 Cálculo del número de mediciones óptimo

El cálculo del número de mediciones óptimo se realizó utilizando el método estadístico por fórmula directa (Ecuación 3.7).

$$\eta = \left[\frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right]^2 \dots\dots\dots (3.7)$$

Donde:

η = Tamaño de muestra requerido (número de mediciones que realmente se necesitan).

- 40 = Constante de la fórmula.
 n' = Número de observaciones del estudio preliminar.
 Σx = Suma de los valores observados en la muestra preliminar.
 Σx^2 = Suma de los cuadrados de los valores observados.

Para realizar el cálculo del número de mediciones óptimas se realizaron los siguientes pasos:

1. Realizar la sumatoria de los valores observados.

Se realizaron la Tabla 3.17 y la Tabla 3.18 con el propósito de calcular los valores de Σx y Σx^2 , correspondientes a cada máquina.

*Tabla 3.17 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 1.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506		
Medición	Tasa de calidad (%) x	x^2
1	90.91	8264.63
2	93.90	8817.21
3	94.94	9013.60
4	91.89	8443.77
5	90.79	8242.82
6	93.83	8804.07
Total	$\Sigma x = 556.26$	$\Sigma x^2 = 51586.11$

*Tabla 3.18 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 2.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204		
Medición	Tasa de calidad (%) x	x^2
1	100.00	10000.00
2	93.94	8824.72
3	94.44	8918.91
4	96.61	9333.49
5	96.97	9403.18
6	98.55	9712.10
Total	$\Sigma x = 580.51$	$\Sigma x^2 = 56192.41$

2. Calcular el tamaño de muestra requerido.

Se sustituyeron los valores obtenidos en el paso 1 (Tabla 3.17 y Tabla 3.18) en la Ecuación 3.7. El resultado del tamaño de muestra requerido para la Máquina 1 y la Máquina 2 se expresó en la Ecuación 3.8 y la Ecuación 3.9, respectivamente.

$$\eta_{máquina\ 1} = \left[\frac{40\sqrt{(6)(51585.49)-(556.25)^2}}{(556.25)} \right]^2 = 0.47 \approx 1 \text{ muestra (3.8)}$$

$$\eta_{máquina\ 2} = \left[\frac{40\sqrt{(6)(56193.26)-(580.51)^2}}{(580.51)} \right]^2 = 0.77 \approx 1 \text{ muestra (3.9)}$$

3. Definir el número de muestras para cada máquina.

De acuerdo con la Ecuación 3.8 y la Ecuación 3.9, se determinó que el número de mediciones, en cada máquina, para que el estudio tenga validez, es de uno.

3.6.3.3 Medición de tiempos faltantes

Dado que el número óptimo de mediciones requerido para garantizar la validez estadística resultó ser de uno (Sección 3.6.3.2), no fue necesario realizar mediciones adicionales.

3.6.3.4 Definición de tasa de calidad

Dado que no se realizaron mediciones adicionales (Sección 3.6.3.3), la tasa de calidad para ambas máquinas se definió a partir de los datos obtenidos en la Sección 3.6.3.1, los cuales se presentan en la Tabla 3.15 y la Tabla 3.16. El resultado fue el siguiente:

- Las **tasas de calidad promedio fueron de 92.71% y 96.75%**, respectivamente.
- El promedio de unidades conformes fue de 72.5 y 63.83 prendas respectivamente.
- El promedio de unidades no conformes fue de 5.7 y 2.2 prendas respectivamente.

3.6.4 Calcular el *OEE* de las máquinas de bordado

Con los valores previamente calculados de la tasa de disponibilidad (Sección 3.6.1.4), la tasa de rendimiento (Sección 3.6.2.4) y la tasa de calidad (Sección 3.6.3.4), se procedió a calcular el índice de Eficacia Global de los Equipos (*OEE*) para las dos máquinas de bordado del área

piloto. Se retomó la teoría descrita en la Sección 2.4.2.2 y, con base en ella, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Recopilación de resultados obtenidos.

Se recopilaron los valores previamente calculados, para ambas máquinas de bordado, correspondientes a la tasa de disponibilidad (Sección 3.6.1.4), la tasa de rendimiento (Sección 3.6.2.4) y la tasa de calidad (Sección 3.6.3.4), obtenidos en las Secciones 3.6.1, 3.6.2 y 3.6.3, respectivamente.

2. Aplicación de la fórmula.

Se multiplicaron los tres factores, de cada medición y de la medición promedio, para obtener el porcentaje de *OEE* correspondiente para cada máquina, como lo expresa la Ecuación 3.10:

$$OEE = \frac{\text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}}{(100 \times 100)} \dots\dots\dots(3.10)$$

3. Tabulación de resultados.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.19 y la Tabla 3.20, mostrando el *OEE* obtenido por cada máquina, en cada medición y en la medición promedio.

*Tabla 3.19 Resumen del cálculo del OEE y promedio para la Máquina 1.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506							
Factor \ Medición	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	Promedio %
Tasa de disponibilidad A	76.65	75.48	79.00	76.90	76.71	76.69	76.90
Tasa de rendimiento B	83.12	81.84	87.53	84.75	81.04	85.71	84.00
Tasa de calidad C	90.91	93.90	94.94	91.89	90.79	93.83	92.71
Eficacia global de la máquina 1 D = (A*B*C)/(100*100)	57.92	58.00	65.65	59.89	56.44	61.68	59.89
Clasificación del desempeño de la máquina de bordado	Inaceptable	Inaceptable	Regular	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable

4. Clasificación del desempeño.

Se evaluó el nivel de desempeño de cada máquina con respecto a la clasificación establecida en la Tabla 3.21. Los resultados se presentan en el último renglón de la Tabla 3.19 y la Tabla 3.20.

*Tabla 3.20 Resumen del cálculo del OEE y promedio para la Máquina 2.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204							
Factor \ Medición	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	Promedio %
Tasa de disponibilidad α	80.88	81.00	79.63	81.13	80.71	77.21	80.09
Tasa de rendimiento β	86.53	86.42	87.68	88.44	85.18	86.02	86.71
Tasa de calidad γ	100	93.94	94.44	96.61	96.97	98.55	96.75
Eficacia global de la máquina 1 $d = (\alpha * \beta * \gamma) / (100 * 100)$	69.99	65.76	65.94	69.32	66.67	65.45	67.19
Clasificación del desempeño de la máquina 2	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular

*Tabla 3.21 Clasificación de desempeño de OEE, rangos y descripción.
(Diseño propio, 2025).*

Clasificación	Rango del OEE	Descripción
Inaceptable	$OEE < 65\%$	- Se producen importantes pérdidas económicas. - Muy baja competitividad.
Regular	$65\% < OEE < 75\%$	- Aceptable sólo si está en proceso de mejora. - Pérdidas económicas. - Baja competitividad.
Aceptable	$75\% < OEE < 85\%$	- Continuar la mejora para superar el 85%. - Ligeras pérdidas económicas. - Competitividad ligeramente baja.
Buena	$85\% < OEE < 95\%$	Buena competitividad.
Excelencia	$OEE > 95\%$	Valores de excelente competitividad.

En resumen, los resultados obtenidos de la Tabla 3.19 y la Tabla 3.20 sugieren que:

- **La Máquina 1** con un **OEE promedio de 59.89%** presenta un desempeño inaceptable, por lo que requiere de acciones prioritarias para mejorar su índice de eficacia.
- **La Máquina 2** con un **OEE promedio de 67.19%** mantiene un desempeño regular que puede mejorarse mediante ligeros ajustes.

3.6.5 Medir el índice de organización del área de trabajo

Con el objetivo de obtener datos representativos y confiables para evaluar el índice de organización del área de trabajo, para las dos máquinas que componen el sistema de producción de bordado, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Medición preliminar.
2. Cálculo del número de mediciones óptimas.
3. Medición de tomas faltantes.
4. Definición del índice de organización del área de trabajo.

3.6.5.1 Medición preliminar

Para el cálculo del índice de organización del área de trabajo se utilizó un *checklist*, fundamentado en las 5S (Sección 2.6.1). Se decidió tomar seis mediciones en cada una de las máquinas de bordado, con la finalidad de obtener una muestra preliminar y, con base en esta, calcular el número de mediciones óptimo. El procedimiento utilizado fue el siguiente:

1. **Establecer el marco temporal de estudio.**

Se acordó iniciar el estudio en el periodo comprendido del 24 de septiembre al 3 de octubre de 2025 (10 días), con visitas a la empresa durante el primer turno y el segundo turno, a fin de obtener datos representativos de las condiciones reales de operación. Este periodo se seleccionó también por la estabilidad observada en la demanda de producción, lo que permitió realizar mediciones bajo un ritmo de trabajo constante.

2. Definir el periodo de observación.

Se estableció que la duración total de cada observación sería de aproximadamente 25 minutos, realizándose estas mediciones casi al final del turno de trabajo, con el propósito de registrar el desempeño en condiciones operativas representativas.

3. Identificar el equipo a medir.

Dado que el sistema de producción de bordado cuenta con dos máquinas (TAJIMA TFHX-IIC1506 y TFMX-IIC1204) para la ejecución del proceso de bordado, se determinó incluir ambas en el estudio de medición.

4. Definir el tipo de muestreo.

Dado que las mediciones se realizaron en diferentes días y los turnos fueron seleccionados de manera aleatoria, se definió (con base en la teoría expuesta en la Sección 2.5.1.1) que corresponde a un **muestreo aleatorio simple sin reposición**, con estratificación implícita en los turnos. La población bajo estudio estuvo conformada por 20 posibles turnos (10 días $\times$ 2 turnos), de los cuales se seleccionaron aleatoriamente seis para efectuar las mediciones. Los turnos seleccionados fueron los siguientes:

- 1) Día 24, Turno 1
- 2) Día 25, Turno 2
- 3) Día 26, Turno 2
- 4) Día 01, Turno 1
- 5) Día 02, Turno 2
- 6) Día 03, Turno 2

Este procedimiento permitió garantizar que la muestra obtenida fuera representativa y que los resultados pudieran utilizarse de manera confiable en los cálculos posteriores.

5. Diseñar la *checklist*.

Se diseñó un *checklist* de 14 puntos, agrupados en las cinco etapas de las 5S: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* y *Shitsuke* (Tabla 3.22). Este *checklist* se orientó a realizar una evaluación preliminar del control visual del área de trabajo, sin pretender un análisis detallado o exhaustivo.

6. Definir los criterios de evaluación.

Cada punto del *checklist* fue valorado mediante una escala ordinal de 1 a 5, establecida de la siguiente forma:

- 5 = Excelente (cumple totalmente y de manera continua).
- 4 = Bueno (cumple casi por completo, con mínimas desviaciones).
- 3 = Regular (cumple parcialmente, con deficiencias visibles).
- 2 = Deficiente (cumple de forma mínima o irregular).
- 1 = Inaceptable (no cumple en absoluto el criterio).

7. Realizar las mediciones preliminares.

Se tomaron seis mediciones preliminares en cada máquina, con el propósito de identificar la variabilidad de los resultados y contar con una muestra preliminar.

Tabla 3.22 Formato (*checklist*) para evaluar el índice de organización del área piloto. (Diseño propio, 2025).

		Área a evaluar:							
Ubicación:		Empresa bajo estudio - Área piloto		Proyecto:		Medición del índice de organización del área de trabajo.			
Descripción de la evaluación									
	Valor	Significado			Valor	Significado			
	5	Excelente (cumple totalmente y de manera continua).			2	Deficiente (cumple de forma mínima o irregular).			
	4	Bueno (cumple casi por completo, con mínimas desviaciones).			1	Inaceptable (no cumple en absoluto el criterio).			
	3	Regular (cumple parcialmente, con deficiencias visibles).							
Criterio de evaluación				Mediciones					
No.	Categoría	Criterio de evaluación		1	2	3	4	5	6
1	Seiri	¿Se han retirado materiales innecesarios del área de trabajo?							
2		¿Se conservan sólo los insumos y herramientas necesarios para la operación actual?							
3	Seiton	¿Las herramientas y materiales están ubicados en su lugar designado?							
4		¿El flujo de materiales sigue una secuencia lógica?							
5		¿Las áreas críticas de la máquina están despejadas?							
6		¿Los pasillos y zonas de acceso están libres de obstrucciones?							
7	Seison	¿Las superficies de trabajo y máquinas están limpias y libres de residuos?							
8		¿Las herramientas están limpias y listas para usarse?							
9		¿Se realiza un programa de limpieza al final de cada turno?							
10	Seiktsu	¿Hay señalización visual clara en el área de trabajo (líneas, colores, carteles)?							
11		¿Se siguen formatos estandarizados para organizar los insumos?							
12	Shitsuke	¿Se devuelven las herramientas a su lugar después de usarlas?							
13		¿Se cumplen las normas de orden y limpieza de forma constante, sin supervisión?							
14		¿Existen registros de sugerencias de mejora continua en la organización?							
Puntaje total									
Índice de Organización $IO = (PT/70) \cdot 100$									
Observaciones:									

8. Cálculo del índice de organización.

Los resultados obtenidos en cada evaluación, concentrados en la Tabla 3.23 y la Tabla 3.24, permitieron sumar los puntajes de cada criterio y calcular el índice de organización correspondiente.

Tabla 3.23 Checklist para evaluar el índice de organización de la Máquina 1.
(Diseño propio, 2025).

		Área a evaluar: Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506							
Ubicación:		Empresa bajo estudio - Área piloto		Proyecto:	Medición del índice de organización del área de trabajo.				
Descripción de la evaluación									
Valor	Significado			Valor	Significado				
5	Excelente (cumple totalmente y de manera continua).			2	Deficiente (cumple de forma mínima o irregular).				
4	Bueno (cumple casi por completo, con mínimas desviaciones).			1	Inaceptable (no cumple en absoluto el criterio).				
3	Regular (cumple parcialmente, con deficiencias visibles).								
Criterio de evaluación				Mediciones					
No.	Categoría	Criterio de evaluación		1	2	3	4	5	6
1	Seiri	¿Se han retirado materiales innecesarios del área de trabajo?		4	5	5	4	5	5
2		¿Se conservan sólo los insumos y herramientas necesarios para la operación actual?		3	4	4	3	4	5
3	Seiton	¿Las herramientas y materiales están ubicados en su lugar designado?		5	5	4	5	4	4
4		¿El flujo de materiales sigue una secuencia lógica?		5	3	5	3	5	4
5		¿Las áreas críticas de la máquina están despejadas?		3	4	4	3	4	4
6		¿Los pasillos y zonas de acceso están libres de obstrucciones?		3	3	3	3	3	5
7	Seison	¿Las superficies de trabajo y máquinas están limpias y libres de residuos?		4	3	4	4	3	5
8		¿Las herramientas están limpias y listas para usarse?		5	5	5	5	4	4
9		¿Se realiza un programa de limpieza al final de cada turno?		4	5	3	5	4	5
10	Seiktsu	¿Hay señalización visual clara en el área de trabajo (líneas, colores, carteles)?		1	1	1	1	1	1
11		¿Se siguen formatos estandarizados para organizar los insumos?		1	1	1	1	1	1
12	Shitsuke	¿Se devuelven las herramientas a su lugar después de usarlas?		5	4	5	4	5	5
13		¿Se cumplen las normas de orden y limpieza de forma constante, sin supervisión?		4	5	5	5	4	4
14		¿Existen registros de sugerencias de mejora continua en la organización?		1	1	1	1	1	1
Puntaje total PT				48	49	50	47	48	53
Índice de Organización IO = (PT/70)*100				68.57	70.00	71.43	67.14	68.57	75.71
Observaciones:									
Índice de Organización del área de trabajo promedio: 70.24%									

Tabla 3.24 Checklist para evaluar el índice de organización de la Máquina 2.
(Diseño propio, 2025).

		Área a evaluar: Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204							
Ubicación:		Empresa bajo estudio - Área piloto		Proyecto:	Medición del índice de organización del área de trabajo.				
Descripción de la evaluación									
	Valor	Significado		Valor	Significado				
	5	Excelente (cumple totalmente y de manera continua).		2	Deficiente (cumple de forma mínima o irregular).				
	4	Bueno (cumple casi por completo, con mínimas desviaciones).		1	Inaceptable (no cumple en absoluto el criterio).				
	3	Regular (cumple parcialmente, con deficiencias visibles).							
Criterio de evaluación				Mediciones					
No.	Categoría	Criterio de evaluación		1	2	3	4	5	6
1	Seiri	¿Se han retirado materiales innecesarios del área de trabajo?		4	3	3	4	3	4
2		¿Se conservan sólo los insumos y herramientas necesarios para la operación actual?		4	3	3	4	3	4
3	Seiton	¿Las herramientas y materiales están ubicados en su lugar designado?		5	4	5	3	4	3
4		¿El flujo de materiales sigue una secuencia lógica?		4	3	5	3	4	4
5		¿Las áreas críticas de la máquina están despejadas?		4	3	4	4	3	3
6		¿Los pasillos y zonas de acceso están libres de obstrucciones?		4	3	3	3	4	4
7	Seison	¿Las superficies de trabajo y máquinas están limpias y libres de residuos?		3	2	2	3	2	3
8		¿Las herramientas están limpias y listas para usarse?		4	5	4	5	4	4
9		¿Se realiza un programa de limpieza al final de cada turno?		4	5	3	5	4	5
10	Seiktsu	¿Hay señalización visual clara en el área de trabajo (líneas, colores, carteles)?		1	1	1	1	1	1
11		¿Se siguen formatos estandarizados para organizar los insumos?		1	1	1	1	1	1
12	Shitsuke	¿Se devuelven las herramientas a su lugar después de usarlas?		4	5	4	5	4	4
13		¿Se cumplen las normas de orden y limpieza de forma constante, sin supervisión?		4	5	5	5	4	5
14		¿Existen registros de sugerencias de mejora continua en la organización?		1	1	1	1	1	1
Puntaje total PT				47	44	44	47	42	46
Índice de Organización IO = (PT/70)*100				67.14	62.86	62.86	67.14	60.00	65.71
Observaciones:									
Índice de Organización del área de trabajo promedio: 64.29%									

3.6.5.2 Cálculo del número de mediciones óptimas

El cálculo del número de mediciones óptimo se realizó utilizando el método estadístico por fórmula directa (Ecuación 3.11).

$$\eta = \left[\frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right]^2 \dots\dots\dots (3.11)$$

Donde:

- η = Tamaño de muestra requerido (número de mediciones que realmente se necesitan).
 40 = Constante de la fórmula.
 n' = Número de observaciones del estudio preliminar.
 Σx = Suma de los valores observados en la muestra preliminar.
 Σx^2 = Suma de los cuadrados de los valores observados.

Para realizar el cálculo del número de mediciones óptimas se realizaron los siguientes pasos:

1. Realizar la sumatoria de los valores observados.

Se realizaron la Tabla 3.25 y la Tabla 3.26 con el propósito de calcular los valores de Σx y Σx^2 , correspondientes a cada máquina.

*Tabla 3.25 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 1.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506		
Medición	Índice de Organización (%) x	x^2
1	68.57	4701.84
2	70.00	4900.00
3	71.43	5102.24
4	67.14	4507.78
5	68.57	4701.84
6	75.71	5732.00
Total	$\Sigma x = 421.42$	$\Sigma x^2 = 29645.72$

*Tabla 3.26 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo de la Máquina 2.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204		
Medición	Índice de Organización (%) x	x^2
1	67.14	4507.78
2	62.86	3951.38
3	62.86	3951.38
4	67.14	4507.78
5	60.00	3600.00
6	65.71	4317.80
Total	$\Sigma x = 385.71$	$\Sigma x^2 = 24836.12$

2. Calcular el tamaño de muestra requerido.

Se sustituyeron los valores obtenidos de la Tabla 3.25 y la Tabla 3.26 en la Ecuación 3.11 para determinar el tamaño de muestra requerido para la Máquina 1 y la Máquina 2. El resultado se expresó en la Ecuación 3.12 y la Ecuación 3.13, respectivamente.

$$\eta_{máquina\ 1} = \left[\frac{40\sqrt{(6)(29645.72)-(421.42)^2}}{(421.42)} \right]^2 = 2.51 \approx 3 \text{ muestras} \dots\dots\dots (3.12)$$

$$\eta_{máquina\ 2} = \left[\frac{40\sqrt{(6)(24836.12)-(385.71)^2}}{(385.71)} \right]^2 = 2.62 \approx 3 \text{ muestras} \dots\dots\dots (3.13)$$

3. Definir el número de muestras para cada máquina.

De acuerdo con la Ecuación 3.12 y la Ecuación 3.13, se determinó que el número de mediciones, en cada máquina, para que el estudio tenga validez, es de tres.

3.6.5.3 Medición de tomas faltantes

Dado que el número óptimo de mediciones requerido para garantizar la validez estadística resultó ser de tres (Sección 3.6.5.2), no fue necesario realizar mediciones adicionales a las iniciales.

3.6.5.4 Definición del índice de organización del área de trabajo

Dado que no se realizaron mediciones adicionales (Sección 3.6.5.3), el índice de organización del área de trabajo, para ambas máquinas, se definió a partir de los datos obtenidos previamente en la Sección 3.6.5.1, los cuales se presentaron en la Tabla 3.23 y la Tabla 3.24. El resultado fue el siguiente:

- El área de trabajo de la **Máquina 1** obtuvo en promedio un **índice de organización del 70.24%**, reflejando un nivel de orden regular.
- El área de trabajo de la **Máquina 2** obtuvo en promedio un **índice de organización del 64.29%**, evidenciando un grado de organización inaceptable en comparación con la primera.

3.7 Determinar las técnicas factibles para mejorar los indicadores

Con el propósito de identificar e implementar técnicas que contribuyan a mejorar los indicadores clave de desempeño y, con ello, solventar las deficiencias del sistema de producción de bordado, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Identificar problemáticas con mayor incidencia en los indicadores clave de desempeño.
2. Seleccionar técnicas para mejorar indicadores clave de desempeño.
3. Definir el orden de implementación de las técnicas seleccionadas.

3.7.1 Identificar problemáticas con mayor incidencia en los indicadores clave de desempeño

Con la finalidad de determinar las principales problemáticas que afectan el comportamiento de los cuatro indicadores, previamente medidos en la Sección 3.6, se definió el siguiente procedimiento metodológico:

- 1. Definir el periodo de observación.**

Se estableció un periodo de estudio de una semana (3 turnos de 8 horas), realizando visitas a la empresa en tres días: martes, jueves y sábado; durante el primer turno, con el objetivo de recopilar evidencia representativa del comportamiento del sistema.

- 2. Recopilar problemáticas detectadas.**

Durante las visitas y encuestas con los trabajadores del área de bordado, se generó una lista de 18 problemáticas recurrentes observadas durante el periodo de estudio, las cuales se presentan a continuación:

- 1) Tiempos prolongados de preparación.
- 2) Ausencia de estandarización en los procedimientos.
- 3) Desorganización en el área de trabajo.
- 4) Exceso de movimiento del operario para buscar herramientas o insumos durante la operación.
- 5) Demoras en la localización de bastidores, hilos o herramientas.
- 6) Acumulación de producto en proceso.
- 7) Retrasos en el inicio del turno.

- 8) Paros menores por atascos de hilo durante la operación de bordado.
- 9) Reprocesos por errores en el centrado del diseño en la prenda.
- 10) Tiempo de ocio de la máquina por falta de material o instrucciones.
- 11) Ausencia de mantenimiento preventivo.
- 12) Falta de clasificación visual de materiales.
- 13) Almacenamiento inadecuado de herramientas.
- 14) Acumulación de residuos de hilo y tela.
- 15) Ausencia de indicadores visuales del flujo de trabajo.
- 16) Falta de capacitación del personal operativo.
- 17) Comunicación deficiente entre operarios.
- 18) Herramientas deterioradas.

3. Definir la escala de ponderación de incidencia.

En una sesión de trabajo, con el supervisor y dos operadores, se definió una escala para cuantificar el nivel de incidencia de cada problemática sobre los cuatro indicadores clave de desempeño, representada de la siguiente manera:

- **Muy alta (4).** Limita de forma crítica el desempeño del sistema.
- **Alta (3).** Genera un impacto considerable en el indicador.
- **Media (2).** Afecta parcialmente el indicador.
- **Baja (1).** Afecta mínimamente el indicador.
- **Nula (0).** No tiene efecto sobre el indicador.

4. Determinar la incidencia.

Se elaboró la Tabla 3.27, la cual permitió cuantificar la incidencia de cada problemática sobre los cuatro indicadores clave de desempeño considerados en el estudio.

5. Realizar análisis de Pareto.

Con base en los valores de incidencia, obtenidos en la Tabla 3.27, se procedió a realizar el diagrama de Pareto para identificar qué problemáticas representan mayor incidencia en los cuatro indicadores de desempeño medidos (Tabla 3.28), mediante los siguientes pasos, los cuales se adaptaron a los redactados en la Sección 2.3.1.3:

- 1) Ordenar las problemáticas por el total de incidencias, de mayor a menor.
- 2) Obtener las incidencias acumuladas

- 3) Calcular el porcentaje de incidencia acumulada.
- 4) Generar la gráfica de Pareto, la cual se ilustra en la Figura 3.7.

*Tabla 3.27 Problemáticas con mayor incidencia en los indicadores de desempeño medidos.
(Diseño propio, 2025).*

Ubicación:	Empresa bajo estudio	Proyecto:	Identificar problemáticas con mayor incidencia en los indicadores de desempeño clave			
Escala para cuantificar el nivel de incidencia						
Valor	Significado		Valor	Significado		
4	Muy alta (limita de forma critica el desempeño del sistema).		1	Baja (afecta mínimamente el indicador).		
3	Alta (genera un impacto considerable en el indicador).		0	Nula (no tiene efecto sobre el indicador).		
2	Media (afecta parcialmente el indicador).					
Criterio de evaluación		Incidencias en los indicadores de desempeño				
No.	Problemáticas recurrentes	Tasa de Disponibilidad a	Tasa de Rendimiento b	Tasa de Calidad c	Índice de Organización d	Incidencia Total e = (a+b+c+d)
1	Tiempos prolongados de preparación.	4	4	0	1	9
2	Ausencia de estandarización en los procedimientos.	4	4	3	3	14
3	Desorganización en el área de trabajo.	2	3	0	4	9
4	Exceso de movimiento del operario para buscar herramientas o insumos durante la operación.	0	0	0	3	3
5	Demoras en la localización de bastidores, hilos o herramientas.	0	0	0	3	3
6	Acumulación de producto en proceso.	3	2	0	2	7
7	Retrasos en el inicio del turno.	4	4	0	2	10
8	Paros menores por atascos de hilo durante la operación de bordado.	2	4	2	0	8
9	Reprocesos por errores en el centrado del diseño en la prenda.	2	2	4	0	8
10	Tiempo de ocio de la máquina por falta de material o instrucciones.	4	4	0	0	8
11	Ausencia de mantenimiento preventivo.	3	2	3	0	8
12	Falta de clasificación visual de materiales.	1	2	0	4	7
13	Almacenamiento inadecuado de herramientas.	0	0	0	4	4
14	Acumulación de residuos de hilo y tela.	0	1	2	4	7
15	Ausencia de indicadores visuales del flujo de trabajo.	0	0	0	4	4
16	Falta de capacitación del personal operativo.	1	3	3	0	7
17	Comunicación deficiente entre operarios.	3	3	0	0	6
18	Herramientas deterioradas.	1	1	3	0	5

*Tabla 3.28 Datos necesarios para realizar el diagrama de Pareto.
(Diseño propio, 2025).*

No.	Problemáticas recurrentes	Puntaje de Incidencia	Puntaje acumulado	% Acumulado
1	Ausencia de estandarización en los procedimientos.	14	14	11.02%
2	Retrasos en el inicio del turno.	10	24	18.90%
3	Tiempos prolongados de preparación.	9	33	25.98%
4	Desorganización en el área de trabajo.	9	42	33.07%
5	Tiempo de ocio de la máquina por falta de material o instrucciones.	8	50	39.37%
6	Paros menores por atascos de hilo durante la operación de bordado.	8	58	45.67%
7	Reprocesos por errores en el centrado del diseño en la prenda.	8	66	51.97%
8	Ausencia de mantenimiento preventivo.	8	74	58.27%
9	Falta de clasificación visual de materiales.	7	81	63.78%
10	Acumulación de residuos de hilo y tela.	7	88	69.29%
11	Falta de capacitación del personal operativo.	7	95	74.80%
12	Acumulación de producto en proceso.	7	102	80.31%
13	Comunicación deficiente entre operarios.	6	108	85.04%
14	Herramientas deterioradas.	5	113	88.98%
15	Almacenamiento inadecuado de herramientas.	4	117	92.13%
16	Ausencia de indicadores visuales del flujo de trabajo.	4	121	95.28%
17	Exceso de movimiento del operario para buscar herramientas o insumos durante la operación.	3	124	97.64%
18	Demoras en la localización de bastidores, hilos o herramientas.	3	127	100.00%

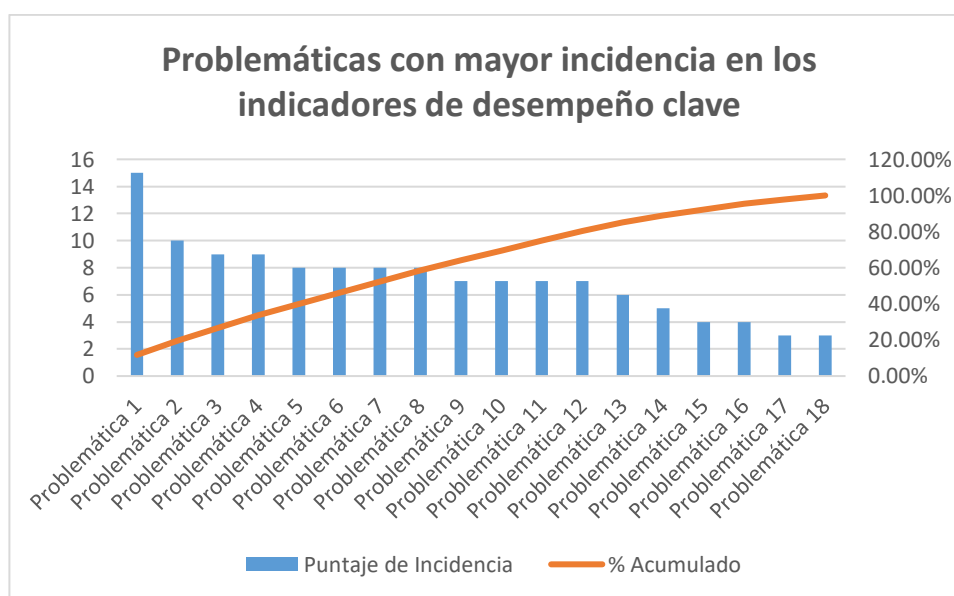


*Figura 3.7 Pareto de problemáticas con mayor incidencia en los indicadores de desempeño clave.
(Diseño propio, 2025).*

6. **Identificar problemáticas con mayor porcentaje de incidencia.**

A partir de los resultados obtenidos en la Tabla 3.28, se observó que **las primeras siete problemáticas concentran el 51.97% del total acumulado de incidencias.**

Este comportamiento indica que más de la mitad de las incidencias detectadas se originan en las siguientes siete problemáticas recurrentes:

- 1) Ausencia de estandarización en los procedimientos.
- 2) Retrasos en el inicio del turno.
- 3) Tiempos prolongados de preparación.
- 4) Desorganización en el área de trabajo.
- 5) Tiempo de ocio de la máquina por falta de material o instrucciones.
- 6) Paros menores por atascos de hilo durante la operación de bordado.
- 7) Reprocesos por errores en el centrado del diseño en la prenda.

3.7.2 **Seleccionar técnicas para mejorar indicadores clave de desempeño**

Posterior a la identificación de las siete problemáticas, con mayor incidencia en los indicadores de desempleo clave (Sección 3.7.1), este apartado tiene como objetivo seleccionar técnicas que permitan atacar de forma efectiva dichas problemáticas y reducir su impacto sobre el sistema de producción de bordado. Para lograrlo, se realizó lo siguiente:

1. **Elaborar una tabla de problemáticas, posibles soluciones y técnicas factibles.**

Se elaboró la Tabla 3.29, en la cual se enlistan las siete problemáticas destacadas, la posible solución para cada una de ellas y las técnicas factibles de aplicar para darles solución.

2. **Construir la matriz de relación técnicas–problemáticas.**

Se elaboró una matriz (Tabla 3.30), donde se asociaron las técnicas factibles, mencionadas en el paso 1, con las siete problemáticas destacadas, para determinar qué técnicas intervienen en la solución de un mayor número de problemáticas.

3. **Realizar análisis de Pareto.**

Con base en la Tabla 3.30, se procedió a realizar el diagrama de Pareto, con el fin de identificar las técnicas con mayor cobertura en la solución de las problemáticas destacadas (Tabla 3.31).

*Tabla 3.29 Relación entre problemáticas, soluciones propuestas y técnicas factibles.
(Diseño propio, 2025).*

No.	Problemáticas destacadas	Solución propuesta	Técnicas factibles
1	Ausencia de estandarización en los procedimientos.	Realizar procedimientos operativos estandarizados.	• Estandarización del trabajo • Las 5S • Kaizen • SMED
2	Retrasos en el inicio del turno	Mejorar la organización y preparación previa al inicio del turno.	• Las 5S • SMED • Estandarización del trabajo
3	Tiempos prolongados de preparación	Reducir los tiempos de preparación mediante ajustes y orden.	• SMED • Estandarización del trabajo • Las 5S
4	Desorganización en el área de trabajo	Mejorar la sistematización y el control visual en las estaciones de trabajo.	• Las 5S • Kaizen • Poka-Yoke
5	Tiempo de ocio de la máquina por falta de material o instrucciones	Mejorar la entrega de materiales e instrucciones de trabajo.	• Kanban • Just in time (JIT) • SMED
6	Paros menores por atascos de hilo durante la operación de bordado	Capacitar al personal para prevenir y corregir atascos.	• Las 5S • Poka-Yoke • Kaizen
7	Reprocesos por errores en el centrado del diseño en la prenda	Implementar guías visuales para el centrado del diseño.	• Poka-Yoke • Estandarización del trabajo • Las 5S

*Tabla 3.30 Matriz de selección de técnicas factibles vs problemáticas destacadas.
(Diseño propio, 2025).*

Problemáticas destacadas Técnicas factibles	Problemática 1	Problemática 2	Problemática 3	Problemática 4	Problemática 5	Problemática 6	Problemática 7	Total de problemáticas que soluciona
Estandarización del trabajo	•	•	•				•	4
Las 5S	•	•	•	•		•	•	6
SMED	•	•	•		•			4
Poka-Yoke				•		•	•	3
Kanban					•			1
Just in Time (JIT)					•			1
Kaizen	•			•		•		3

Los pasos utilizados para la elaboración del diagrama de Pareto, que se adaptaron a los pasos descritos en la Sección 2.3.1.3, fueron los siguientes:

- 1) Generar la Tabla 3.31 para visualizar las técnicas factibles y la frecuencia.
- 2) Ordenar las técnicas por su frecuencia, de mayor a menor.
- 3) Obtener las frecuencias acumuladas.
- 4) Calcular el porcentaje de frecuencia acumulada.
- 5) Generar la gráfica de Pareto, la cual se ilustra en la Figura 3.8.

*Tabla 3.31 Datos necesarios para realizar el diagrama de Pareto.
(Diseño propio, 2025).*

No.	Técnicas factibles	Frecuencia	Frecuencia acumulada	% Acumulado
1	Las 5S	6	6	27.27%
2	SMED	4	10	45.45%
3	Estandarización del trabajo	4	14	63.64%
4	Poka-Yoke	3	17	77.27%
5	Kaizen	3	20	90.91%
6	Just in Time (JIT)	1	21	95.45%
7	Kanban	1	22	100.00%

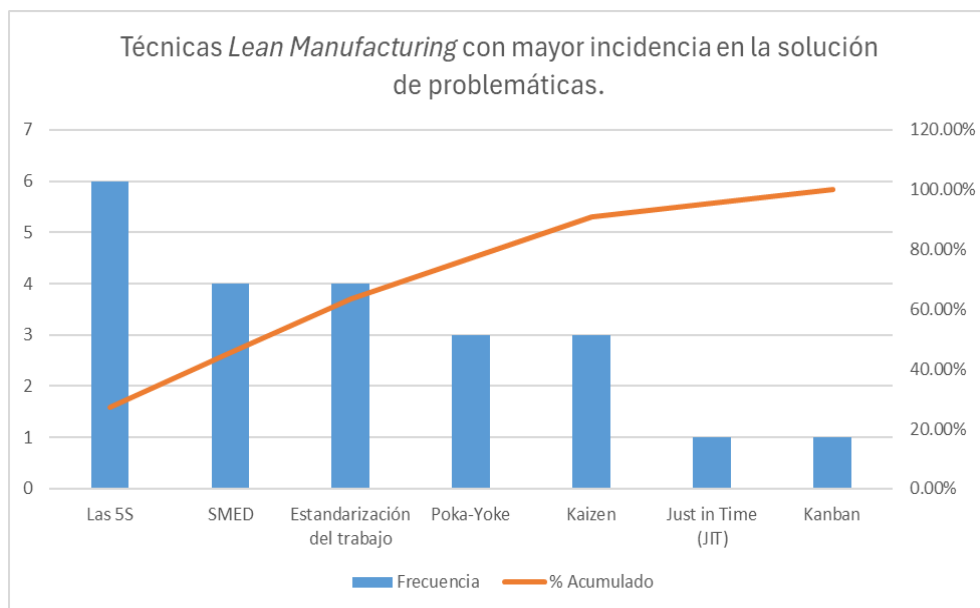


*Figura 3.8 Pareto de las técnicas de mejora con mayor cobertura de problemáticas.
(Diseño propio, 2025).*

4. Identificar técnicas que resuelvan mayor cantidad de problemáticas

A partir de los resultados obtenidos en la Tabla 3.31, se observó que **las primeras tres técnicas concentran el 46.67% del total**. Este comportamiento indica que dichas técnicas tienen el mayor potencial de impacto sobre las problemáticas detectadas, por lo que su aplicación contribuiría a la mejora de los indicadores clave del sistema de producción de bordados. Las tres técnicas que se aplicarán son:

- 1) Las 5S.
- 2) *SMED*.
- 3) Estandarización del trabajo.

3.7.3 Definir el orden de implementación de las técnicas seleccionadas

Una vez identificadas las tres técnicas que resuelven la mayor cantidad de problemáticas (Sección 3.7.2), se definió un orden para su implementación. Para ello, se llevó a cabo una reunión con el gerente de la empresa, a quien se le informó sobre las técnicas seleccionadas para mejorar los indicadores de desempeño. Al finalizar la reunión, se definió que el orden para implementar las tres técnicas sería el siguiente:

1. Las 5S.

Con la implementación de las 5S se busca organizar, estandarizar y controlar visualmente el área de trabajo. Esta metodología permitirá clasificar y eliminar elementos sin valor, definir ubicaciones específicas para herramientas e insumos, y asegurar el mantenimiento de dichas condiciones mediante estandarización y disciplina operativa. De esta manera, su aplicación contribuye a la reducción de tiempos de búsqueda y la mejora del índice de organización del área de trabajo.

2. *SMED*.

Con la aplicación de *SMED* se buscará reducir los tiempos de preparación asociados al momento en que finaliza un ciclo de bordado y se inicia el siguiente. La implementación de esta técnica permitirá identificar y optimizar las actividades internas y externas, reduciendo los tiempos muertos entre cambio y ajuste de bastidores, asegurando una transición rápida entre los ciclos de producción. Con ello,

se incrementará la “tasa de disponibilidad” de las máquinas de bordado al reducir sus tiempos de inactividad.

3. Estandarización del trabajo.

La estandarización del trabajo mantendrá los resultados obtenidos con las mejoras previas, mediante la documentación de los métodos óptimos de operación. Su implementación permitirá mejorar las tasas de rendimiento y de calidad de las máquinas de bordado, al reducir la variabilidad de los procesos y asegurar la uniformidad de los resultados conforme a los estándares de calidad.

3.8 Implementar las 5S en el área de producción de bordados

Se identificó la necesidad de implementar las 5S en el área de producción de bordado, debido a la presencia de desorden en las estaciones de trabajo, acumulación de residuos y materiales ajenos al proceso productivo. Para implementar las 5S se realizó lo siguiente, con base en la teoría descrita en la Sección 2.6.1.3:

1. Realizar un diagnóstico inicial en el área de bordado.
2. Realizar una sesión informativa sobre las 5S.
3. Implementar la etapa 1 - *Seiri* (Clasificar).
4. Implementar la etapa 2 - *Seiton* (Ordenar).
5. Implementar la etapa 3 - *Seiso* (Limpiar).
6. Implementar la etapa 4 - *Seiketsu* (Estandarizar).
7. Implementar la etapa 5 - *Shitsuke* (Disciplina).

3.8.1 Realizar un diagnóstico inicial en el área de bordado

Para llevar a cabo la implementación de las 5S, en el área de producción de bordados, fue fundamental identificar los principales puntos de desorden, desperdicio, acumulación de materiales innecesarios y fuentes de suciedad, a través de las siguientes actividades:

1. Realizar recorridos por el área de bordado.

Se efectuaron inspecciones visuales en el área de bordado, incluyendo las zonas de operación de las máquinas, los pasillos de tránsito, áreas de almacenamiento,

anaqueles, la mesa de corte y los espacios destinados al resguardo de productos terminados, con la finalidad de detectar las principales deficiencias relacionadas con el desorden, la acumulación de materiales innecesarios, residuos y objetos ajenos al proceso productivo.

Las observaciones encontradas, que se organizaron conforme a las cinco etapas de las 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke*), se muestran en la Tabla 3.32.

*Tabla 3.32 Resultado de las observaciones del diagnóstico inicial.
(Diseño propio, 2025).*

S evaluada	Observaciones
<i>Seiri</i> (Clasificar)	○ Presencia de herramientas que no se utilizan con frecuencia, almacenadas junto a las máquinas de bordado, lo que limita el espacio de trabajo. ○ Acumulación de conos de hilo vacíos, de bastidores en mal estado y de prendas sobrantes sin un sitio designado para su disposición. ○ Existencia de cajas y objetos personales en zonas operativas ajenas al proceso productivo.
<i>Seiton</i> (Ordenar)	○ Falta de ubicación definida de herramientas como tijeras, pinzas o destornilladores, lo que genera pérdidas de tiempo en su localización. ○ Ausencia de señalización visual que identifique los espacios destinados a materiales, insumos y herramientas. ○ Las mesas de trabajo no están libres, lo que obstaculiza el flujo de trabajo.
<i>Seiso</i> (Limpiar)	○ Acumulación de residuos textiles debajo y alrededor de las máquinas de bordado. ○ Los anaqueles presentan acumulación de polvo y objetos ajenos al proceso productivo, lo que impide colocar las prendas terminadas sin riesgo de que se ensucien.
<i>Seiketsu</i> (Estandarizar)	○ No existen procedimientos establecidos para la organización y control visual del área de bordado. ○ Las labores de orden y limpieza no se realizan de forma continua entre los turnos de trabajo. ○ Falta de listas de verificación que establezcan los estándares de organización esperados.
<i>Shitsuke</i> (Disciplina)	○ El personal no mantiene de forma constante los hábitos de sistematización y control visual al finalizar las actividades diarias. ○ No se cuenta con un sistema de revisiones periódicas para dar seguimiento a la implementación de las 5S. ○ La falta de compromiso colectivo provoca que las mejoras alcanzadas tiendan a perderse con el tiempo.

2. Realizar entrevistas.

Se llevaron a cabo entrevistas breves con los trabajadores del área de bordado, con el objetivo de conocer su percepción sobre las problemáticas de desorden y/o desperdicios más frecuentes, así como obtener sugerencias por parte de los mismos trabajadores para mejorar las condiciones del área de trabajo.

Las observaciones encontradas, que se organizaron conforme a las cinco etapas de las 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke*) se muestran en la Tabla 3.32.

3. Realizar registro fotográfico.

Se tomaron fotografías en diferentes zonas del área de bordado: que incluyeron las zonas de operación de las máquinas, los anaqueles de almacenamiento y los pasillos de circulación; con el fin de documentar las condiciones iniciales observadas durante el diagnóstico y evidenciar el estado previo al inicio de la implementación de las 5S. La Figura 3.9, Figura 3.10 y Figura 3.11 evidencian la situación del área de bordado antes de la implementación de las 5S.



*Figura 3.9 Evidencia del diagnóstico inicial de zonas de operación de máquinas, previo a la implementación de las 5S.
(Diseño propio, 2025).*

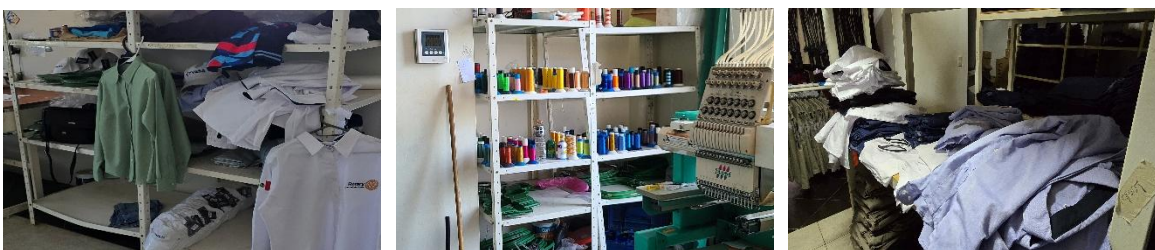


*Figura 3.10 Evidencia del diagnóstico inicial de anaqueles de almacenamiento, previo a la implementación de las 5S.
(Diseño propio, 2025).*



*Figura 3.11 Evidencia del diagnóstico inicial de pasillos de circulación, previo a la implementación de las 5S.
(Diseño propio, 2025).*

3.8.2 Realizar una sesión informativa sobre las 5S

Con el propósito de preparar al personal del área de bordado para la implementación de las 5S, se llevaron a cabo dos sesiones informativas con ellos, durante dos días del primer turno: el 30 y el 31 de octubre de 2025. Estas sesiones tuvieron como objetivo dar a conocer los fundamentos, beneficios y etapas que conforman las 5S, fomentando su participación y su compromiso con la implementación en el área de trabajo. Durante las sesiones se desarrollaron las siguientes actividades:

- 1. Realizar la sesión con el personal del área de bordado.**

Se llevó a cabo la sesión en la oficina del gerente con el personal del área de bordado que estuviese disponible cada día.

- 2. Presentar los resultados del diagnóstico inicial.**

Se compartieron los resultados del diagnóstico, detallados previamente en la Sección 3.8.1, lo que permitió contextualizar la necesidad de la implementación de las 5S en el área de trabajo.

- 3. Presentar los fundamentos de las 5S.**

Se llevó a cabo una charla informativa apoyada con ejemplos prácticos, en la cual se explicaron de manera clara las cinco etapas que conforman la metodología de las 5S, fomentando que el personal relacionara los conceptos con su entorno laboral. Durante la charla se abordaron los siguientes temas:

- **Importancia y propósito de las 5S.**

Se explicó el objetivo de las 5S, destacando cómo su implementación contribuye a mejorar la organización, el control visual y la eficiencia de búsqueda en el área de bordado.

- **Primera “S”: Seiri (Clasificar).**

Se discutió la necesidad de identificar y retirar del área los objetos innecesarios, así como de clasificar materiales y herramientas según su uso, frecuencia y utilidad.

- **Segunda “S”: Seiton (Ordenar).**

Se enfatizó la importancia de asignar un lugar definido para cada herramienta o material, estableciendo criterios visuales y de accesibilidad que faciliten su localización y devolución.

- **Tercera “S”: Seiso (Limpiar).**

Se promovió la práctica del mantenimiento y orden diario del área de trabajo.

- **Cuarta “S”: Seiketsu (Estandarizar).**

Se abordó la necesidad de definir procedimientos que aseguren la conservación de las tres primeras “S” mediante prácticas consistentes.

- **Quinta “S”: Shitsuke (Disciplina).**

Se reflexionó sobre la importancia de la constancia y la disciplina del personal para mantener las mejoras logradas.

4. Realizar ronda de preguntas y respuestas.

Se destinó un espacio al final de la sesión para que los participantes expresaran sus dudas relacionadas con la aplicación de las 5S en sus puestos de trabajo. Esto permitió aclarar dudas y fortalecer el entendimiento colectivo sobre la metodología.

5. Aplicar evaluación final.

Como cierre, se aplicó una evaluación conformada por cinco preguntas orales, con el propósito de verificar la comprensión de los temas tratados y reforzar los conceptos fundamentales de cada etapa de la metodología 5S. Las cinco preguntas realizadas y el propósito de cada una de ellas se muestran a continuación:

- 1) ¿Cuál es el propósito de la 5S y de qué manera puede contribuir a mejorar el área de bordado?

Propósito: Evaluar la comprensión general de las 5S y cómo pueden contribuir a mejorar la eficiencia y el orden en el área de bordado.

- 2) ¿Qué materiales o elementos deben eliminarse o clasificarse para optimizar el espacio de trabajo y garantizar la seguridad?

Propósito: Identificar los materiales y elementos innecesarios en el área de trabajo, siguiendo el principio de la primera *S* de *Seiri* (Clasificación).

- 3) ¿Por qué es importante asignar un lugar específico para cada herramienta o material en el área de trabajo?

Propósito: Promover la organización mediante la asignación de un lugar específico para cada herramienta o material, en línea con el principio de la segunda *S* de *Seiton* (Orden).

- 4) ¿Qué acciones diarias son necesarias para mantener el orden en el área de bordado?

Propósito: Identificar las tareas diarias de limpieza y mantenimiento que garantizan la higiene y el orden, basadas en la tercera *S* de *Seiso* (Limpieza).

- 5) ¿Qué prácticas deben implementarse para asegurar la continuidad en la aplicación de las 5*S* y fomentar su mantenimiento a largo plazo?

Propósito: Definir las prácticas necesarias para mantener y fortalecer la implementación de las 5*S*, asegurando su sostenibilidad mediante las *S* de *Seiketsu* (Estandarización) y *Shitsuke* (Disciplina).

3.8.3 Implementar la etapa 1 - *Seiri* (Clasificar)

Con el propósito de identificar, clasificar y separar los elementos necesarios de los innecesarios en las tres zonas del sistema de producción de bordado: operación de las máquinas, los anaqueles de almacenamiento y los pasillos de circulación; se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. Identificar y clasificar elementos.

Para su registro se elaboró un formato de clasificación *Seiri*, el cual se muestra en la Tabla 3.33. Dicho formato permitió a los trabajadores enlistar los elementos existentes en las tres zonas del sistema de producción de bordado, como se muestra a continuación:

1) Zonas de operación de las máquinas:

- Conservar: tijeras, pinzas de corte, encendedores, regla de 30 cm, bastidores en buen estado y pinzas de oficina.

- Reubicar: agujas de repuesto, desatornilladores, pinzas de electricista.
- Almacenar: muestras utilizadas para referencia visual.

2) Anaqueles de almacenamiento:

- Conservar: conos de hilo de repuesto, bastidores de reserva, manuales técnicos, herramientas de mantenimiento y lubricantes.
- Reubicar: muestras y pertenencias de los trabajadores.
- Almacenar: prendas terminadas.

3) Pasillos de circulación:

- Conservar: contenedores de basura.
- Reubicar: tarimas y escalera.
- Almacenar: únicamente las cajas en buen estado.

*Tabla 3.33 Formato de clasificación Seiri.
(Diseño propio, 2025).*

Formato de clasificación Seiri			
Zona:	☐ Operación de las máquinas ☐ Anaqueles de almacenamiento ☐ Pasillos de circulación		Fecha:
Operador:	Observaciones:		
Turno:	☐ De 8:00 a.m. a 14:00 p.m. ☐ De 14:00 p.m. a 21:00 p.m.		
Clasificación de elementos existentes			
Grupo 1. Uso diario (Conservar):		Grupo 2. Uso ocasional (Reubicar):	
Grupo 3. Uso ocasional (Almacenar):		Grupo 4. Uso nulo (Retirar):	
¿Existió algún elemento que no pudiera clasificar? Indique cuál y el motivo:			

2. Eliminar los elementos de uso nulo.

Se procedió a retirar los elementos enlistados en “uso nulo”, que ocupaban espacio y generaban desorden visual del área. Estos fueron trasladados a un área temporal de almacenamiento para su evaluación y disposición final, considerando su posible reutilización o descarte. Los elementos retirados de las zonas fueron los siguientes:

1) Zonas de operación de las máquinas:

- Conos de hilo vacíos.
- Herramientas descompuestas.
- Retazos de pellón.
- Agujas rotas.

2) Anaqueles de almacenamiento:

- Prendas defectuosas.
- Bastidores rotos.
- Envases vacíos.
- Fotocopias de órdenes pasadas.

3) Pasillos de circulación:

- Bolsas plásticas.
- Objetos ajenos al proceso de bordado.

3. Separación y aprovechamiento de los elementos de uso nulo.

Se realizó la separación de los materiales retirados en el paso 2, con el objetivo de aprovechar aquellos que aún podían ser reutilizados o reciclados.

- 1) Se detectaron recortes de pellón en buenas condiciones, los cuales fueron almacenados para su reutilización en futuros procesos de bordado.
- 2) Los conos de hilo vacíos se conservaron para ser reutilizados en el rebobinado de nuevos hilos, reduciendo la necesidad de adquirir conos nuevos.
- 3) Las bolsas plásticas limpias se destinaron al almacenamiento de la basura.

4. Realizar registro fotográfico.

Se documentó la evidencia mediante fotografías comparativas del antes y después de la implementación de la 1ra *S: Seiri*; como se ilustra en la Figura 3.12, Figura 3.13 y Figura 3.14, observándose una mejora significativa en la organización en las tres zonas del sistema de producción de bordado.



Figura 3.12 Registro del antes y después de la aplicación de Seiri en los anaqueles de almacenamiento.
(Diseño propio, 2025).



Figura 3.13 Registro del antes y después de la aplicación de Seiri en los pasillos de circulación.
(Diseño propio, 2025).



Figura 3.14 Registro del antes y después de la aplicación de Seiri en las zonas de operación de máquinas.
(Diseño propio, 2025).

3.8.4 Implementar la etapa 2 - *Seiton* (Ordenar)

Con el propósito de ordenar los elementos existentes: insumos y herramientas; se definieron lugares específicos para cada elemento con base en su frecuencia de uso, reduciendo así los desplazamientos innecesarios dentro del área de trabajo y facilitando su ubicación. Las actividades realizadas para su implementación fueron las siguientes:

1. Definir lugares de los elementos con base en la frecuencia de uso.

Con base en los formatos de clasificación *Seiri*, utilizados en la Sección 3.8.3, se definieron los lugares de la siguiente manera:

- 1) **Sobre la mesa de trabajo los elementos de uso diario**, con el fin de garantizar un acceso inmediato y directo de los operarios. En esta categoría se incluyeron los siguientes elementos:
 - Tijeras.
 - Pinzas de corte.
 - Encendedor.

- Recortes de pellón.
 - Pinzas de oficina.
- 2) **En un anaquel de reubicación**, en el área de bordado, para los **elementos de uso ocasional**. En esta categoría se incluyeron agujas de repuesto, botones, carretes de hilo, etiquetas de talla, marcadores permanentes, encendedores de repuesto y pinzas de oficina de repuesto.
 - 3) **En un anaquel de almacenaje**, en el área de bordado, para los **elementos de uso ocasional**, tales como conos de hilo de repuesto, bastidores de reserva, manuales técnicos, herramientas para mantenimiento y lubricantes.
 - 4) **Fuera del área de bordado**, los **elementos de uso nulo** con el fin de liberar espacio en el área operativa y evitar obstrucciones en la zona de trabajo. En esta categoría se incluyeron los siguientes elementos que ya no forman parte de los procesos actuales:
 - Bastidores obsoletos.
 - Piezas defectuosas.
 - Refacciones.
 - Materiales en desuso
 - 5) **A un costado del pasillo principal de circulación**, para **los pedidos**: por bordar y terminados; procurando que la ubicación de estos no obstaculice el paso, a su vez, que permanezcan organizados mientras aguardan su movimiento entre procesos.
2. **Colocar en contenedores los materiales y herramientas de uso ocasional.**
 Se emplearon contenedores (organizadores y cajas en desuso) para ordenar los materiales y herramientas según el tipo de anaquel: para reubicar o para almacenar. Los contenedores mantuvieron agrupados los elementos como conos de hilo sellados, aros de bastidores, encendedores, pinzas de oficina y otros accesorios pequeños, evitando su dispersión y facilitando su localización durante las actividades operativas.
 3. **Implementar señalización visual.**
 Para facilitar la identificación de los elementos de uso ocasional y pedidos, colocados en las zonas de anaqueles y pasillos de circulación respectivamente, se aplicaron las siguientes dos estrategias de señalización visual:

1) Etiquetado de anaqueles.

Se implementó un sistema de etiquetado en los anaqueles, permitiendo identificar fácilmente el lugar asignado para cada elemento y facilitando la localización, así como su retorno a la posición correspondiente.

2) Delimitación de pasillos para almacenamiento de pedidos.

Se marcaron las áreas destinadas al almacenamiento de pedidos por bordar y terminados en los pasillos de circulación. Dichos espacios fueron definidos sobre tarimas señalizadas, con el objetivo de mantener los pasillos despejados y garantizar una circulación segura, fluida y organizada dentro del área de trabajo.

4. Realizar registro fotográfico del orden establecido.

Se documentaron los resultados mediante fotografías comparativas del antes y después de la implementación de la 2da S: *Seiton*; en el área de bordado. La Figura 3.15 y la Figura 3.16 muestran los resultados obtenidos.



Figura 3.15 Registro del antes y después de la aplicación de Seiton en los anaqueles de almacenamiento próximos al área de operación de las máquinas.
(Diseño propio, 2025).



*Figura 3.16 Registro del antes y después de la aplicación de Seiton en los pasillos de circulación.
(Diseño propio, 2025).*

3.8.5 Implementar la etapa 3 - Seiso (Limpiar)

Con la finalidad de mantener las zonas del área de bordados libres de suciedad y residuos, se estableció la organización y limpieza como una actividad rutinaria en las áreas de operación de las máquinas, los anaqueles de almacenamiento y los pasillos de circulación. Las actividades realizadas para su implementación fueron las siguientes:

1. Identificar las fuentes de suciedad.

Se realizó una inspección visual en las tres zonas que integran el sistema de producción de bordado: operación de las máquinas, los anaqueles de almacenamiento y los pasillos de circulación; con el propósito de detectar las principales fuentes de suciedad, así como las causas que las originan. A continuación, se describen las fuentes de suciedad identificadas:

1) Residuos de hilo.

Se generan por el corte del hilo durante el proceso de bordado y limpieza de las prendas.

2) Polvo acumulado.

Se forma en zonas con poca manipulación o movimiento, donde los objetos permanecen largos periodos sin desplazarse, principalmente sobre los anaqueles y superficies altas.

3) Restos de material textil (pellón y retazos).

Son resultado de los procesos de preparación de las prendas y de la eliminación del material sobrante al término del proceso de bordado.

4) **Basura general.**

Se integra principalmente de envolturas, etiquetas y empaques derivados del consumo diario de materiales de trabajo, así como residuos menores de alimentos o bebidas.

2. **Realizar limpieza profunda.**

Para eliminar las fuentes de suciedad, detectadas en el paso 1, se llevó a cabo una limpieza profunda en las tres zonas que integran el sistema de producción de bordado.

Las actividades realizadas en cada zona se describen a continuación:

1) **Zona de operación de las máquinas.**

Se retiraron residuos de hilo acumulados en las superficies de trabajo de las máquinas de bordado. Además, se inspeccionaron los mecanismos visibles por donde circulan los hilos para eliminar la acumulación de polvo que pudiera interferir en su funcionamiento y se despejaron los tableros de control.

2) **Zona de anaqueles de almacenamiento.**

Se eliminó el polvo acumulado en las repisas y superficies elevadas, efectuando también la limpieza de los contenedores y herramientas ubicados en esta zona.

3) **Zona de pasillos de circulación.**

Se barrieron y limpiaron los pisos para eliminar residuos sueltos, pelusa y polvo. Asimismo, se retiraron objetos fuera de lugar que pudieran obstruir el paso de los trabajadores.

3. **Definir responsabilidades y frecuencias de limpieza.**

En conjunto con el gerente y trabajadores, se establecieron los siguientes acuerdos:

- 1) Se acordó que los trabajadores realizaran una **limpieza ligera** antes de finalizar su turno, con el objetivo de mantener la zona de operación de las máquinas en condiciones óptimas.
- 2) Se acordó que los trabajadores realizaran una **limpieza profunda** de manera trimestral, para atender las tres zonas que integran el sistema de producción de bordado. Esta acción permitirá garantizar la constancia de las actividades de organización y la participación de los trabajadores en el cuidado de su entorno laboral.

4. Elaborar formato de limpieza *Seiso*.

Para facilitar el control y seguimiento de la **limpieza diaria**, se diseñó un formato de limpieza *Seiso*, el cual se muestra en la Tabla 3.34.

5. Realizar registro fotográfico.

Se documentaron los resultados obtenidos mediante fotografías comparativas del antes y después de la implementación de la 3ra S: *Seiso*; en el área de bordado. La Figura 3.15 y la Figura 3.16 muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3.34 Formato de clasificación Seiso.
(Diseño propio, 2025).

Formato de limpieza <i>Seiso</i>				
Zona:	☐ Operación de las máquinas	☐ Anaqueles de almacenamiento	☐ Pasillos de circulación	Fecha:
Operador:	Observaciones:			
Turno:				
	☐ De 8:00 a.m. a 14:00 p.m.	☐ De 14:00 p.m. a 21:00 p.m.		
No.	Actividad de limpieza	Verificación	Observaciones	
1	Retirar residuos de hilo, y retazos de material de la superficie de trabajo.	☐ Realizado ☐ Pendiente		
2	Limpiar residuos de la mesa de la máquina.	☐ Realizado ☐ Pendiente		
3	Limpiar los residuos acumulados en la zona inferior y lateral de las máquinas.	☐ Realizado ☐ Pendiente		
4	Ordenar las herramientas de la mesa de trabajo.	☐ Realizado ☐ Pendiente		
5	Retirar materiales, herramientas y cajas fuera de lugar.	☐ Realizado ☐ Pendiente		
6	Recolocar los materiales, herramientas y cajas en su lugar correspondiente.	☐ Realizado ☐ Pendiente		
7	Barrer el área de trabajo y los pasillos cercanos.	☐ Realizado ☐ Pendiente		
8	Vaciar en los contenedores la basura y residuos textiles.	☐ Realizado ☐ Pendiente		
9	Verificar que los pedidos temporales permanezcan en sus lugares asignados y no obstruyan los pasillos.	☐ Realizado ☐ Pendiente		
10	Comprobar que el área quede ordenada y libre de suciedad, antes de concluir el turno.	☐ Realizado ☐ Pendiente		



Figura 3.17 Registro del antes y después de la aplicación de Seiso en las zonas de operación de las máquinas.
(Diseño propio, 2025).



Figura 3.18 Registro del antes y después de la aplicación de Seiso en los anaqueles de almacenamiento.
(Diseño propio, 2025).

3.8.6 Implementar la etapa 4 - *Seiketsu* (Estandarizar)

Con la finalidad de mantener las mejoras alcanzadas con la implementación de las tres etapas anteriores: *Seiri*, *Seiton* y *Seiso*; se llevaron a cabo acciones orientadas a estandarizar los procedimientos de organización, orden y control visual en el área de producción de bordados, con el propósito de mantener los resultados alcanzados y asegurar su continuidad en el tiempo. Las actividades realizadas para su implementación se describen a continuación:

1. Establecer procedimientos estandarizados.

Se estableció una rutina para la ejecución de las actividades de organización, orden y control al inicio y al final de cada turno, con base en las acciones implementadas durante la primera, segunda y tercera *S*. Esta rutina aseguró que todos los elementos

fueran devueltos a su sitio correspondiente después de su uso, manteniendo las condiciones de orden y control en el área de trabajo. Asimismo, con esta estructura operativa se fortaleció la disciplina del personal, ya que permitió generar hábitos consistentes en el manejo del espacio de trabajo. El procedimiento definido contempla las siguientes acciones:

1) Clasificar (*Seiri*).

Verificar al inicio del turno que solamente se encuentren en el área de bordado los materiales y herramientas necesarios para la operación, retirando aquellos ajenos o en desuso.

Con esta acción se mantiene la clasificación realizada en la etapa 1.

2) Orden (*Seiton*).

Revisar que cada herramienta o material se ubique en su lugar asignado, conforme al sistema de identificación por etiquetas establecido durante la etapa *Seiton*.

Con esta acción se mantiene el orden definido en la etapa 2.

3) Limpieza (*Seiso*).

Realizar la limpieza del área al término del turno, eliminando residuos de hilo y recortes de pellón en la zona de las máquinas y de los pisos cercanos.

Con esta acción se mantiene el orden y control visual definidos en la etapa 3.

2. Elaborar formato de estandarización *Seiketsu*.

Se elaboró un formato de estandarización correspondiente a la cuarta *S*, el cual integra los criterios de evaluación de las tres primeras etapas de las 5*S*. Este formato, presentado en la Tabla 3.35, permitió a los trabajadores evaluar periódicamente el cumplimiento de las actividades asociadas a cada etapa, garantizando la continuidad y sostenibilidad de las mejoras alcanzadas en el área de producción de bordados.

3. Promover la mejora continua.

Se incentivó a los trabajadores del área de bordado a participar en la detección de oportunidades de mejora, motivándolos a proponer acciones que contribuyan a optimizar la organización, el orden y control del área de trabajo, fortaleciendo así la cultura de mejora continua dentro de la empresa.

Tabla 3.35 Formato de estandarización Seiketsu.
(Diseño propio, 2025).

Formato de estandarización Seiketsu				
Zona:	☐ Operación de las máquinas ☐ Anaqueles de almacenamiento ☐ Pasillos de circulación			Fecha:
Operador:	Observaciones:			
Turno:				
Zona evaluada	Criterio de evaluación	Descripción del criterio	Verificación	Observaciones
Área de operación de máquinas	Clasificación (Seiri)	No hay materiales, herramientas o residuos innecesarios en la zona de trabajo.	☐ Cumple ☐ No cumple	
	Orden (Seiton)	Las herramientas y accesorios se encuentran identificados y en su lugar asignado.	☐ Cumple ☐ No cumple	
	Limpieza (Seiso)	Las máquinas se encuentran libres de polvo, residuos de hilo o pelusa.	☐ Cumple ☐ No cumple	
Anaqueles de almacenamiento	Clasificación (Seiri)	Sólo se conservan los materiales necesarios y en condiciones adecuadas.	☐ Cumple ☐ No cumple	
	Orden (Seiton)	Cada estante se encuentra etiquetado y los materiales se ubican conforme a su frecuencia.	☐ Cumple ☐ No cumple	
	Limpieza (Seiso)	Los anaqueles y contenedores se mantienen limpios y sin acumulación de residuos.	☐ Cumple ☐ No cumple	
Pasillos de circulación	Clasificación (Seiri)	Los pasillos están libres de objetos o materiales ajenos al proceso.	☐ Cumple ☐ No cumple	
	Orden (Seiton)	Los pedidos se encuentran dentro de las área delimitadas.	☐ Cumple ☐ No cumple	
	Limpieza (Seiso)	Los pasillos se mantienen limpios, sin obstrucciones.	☐ Cumple ☐ No cumple	
Área general de trabajo	Cumplimiento general	El personal cumple las rutinas diarias de organización durante el turno.	☐ Cumple ☐ No cumple	

3.8.7 Implementar la etapa 5 - *Shitsuke* (Disciplina)

Con el propósito de promover la práctica diaria de las 5S, para fortalecer los hábitos adquiridos mediante la aplicación conjunta de las cuatro etapas anteriores: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso* y *Seiketsu*; se llevaron a cabo cuatro actividades para fomentar la disciplina, el compromiso y la responsabilidad de los trabajadores, a fin de garantizar la permanencia de las mejoras alcanzadas en el área de producción de bordados.

1. Elaborar formato de disciplina *Shitsuke*

Para contar con un registro y control del cumplimiento de las 5S, se diseñó un formato de disciplina *Shitsuke* (Tabla 3.36), destinado a evaluar de manera cuantitativa el grado de disciplina y compromiso del personal en la aplicación de las actividades correspondientes a cada una de las cinco etapas.

Tabla 3.36 Formato de disciplina *Shitsuke*.
(Diseño propio, 2025).

Formato de disciplina <i>Shitsuke</i>					
Zona:	☐ Operación de las máquinas ☐ Anaqueles de almacenamiento ☐ Pasillos de circulación			Fecha:	
Operador:				Observaciones:	
Turno:	☐ De 8:00 a.m. a 14:00 p.m. ☐ De 14:00 p.m. a 21:00 p.m.				
ETAPA	Actividades a evaluar	Cumple con el estándar (5)	Cumple parcialmente (3)	No cumple (0)	Observaciones
Clasificar (A)	Mantiene únicamente los elementos necesarios en el área de trabajo.				
	Retira materiales, herramientas o residuos de manera oportuna.				
	TOTAL CLASIFICAR (A)				
Ordenar (B)	Conserva las herramientas y materiales en su lugar asignado e identificados.				
	Los materiales se encuentran etiquetados.				
	Respeto la delimitación y señalización de zonas de trabajo, almacenamiento y circulación.				
	TOTAL ORDENAR (B)				
Limpiar (C)	Mantiene limpia su zona de trabajo y los alrededores inmediatos.				
	Participa en las actividades de limpieza programadas.				
	Mantiene libre los pasillos, entradas y zonas de tránsito.				
	TOTAL LIMPIAR (C)				
Estandarizar (D)	Conserva visibles las delimitaciones, etiquetas, y controles visuales.				
	Cumple con los estándares definidos de orden y limpieza.				
	Respeto los procedimientos establecidos para el control visual.				
	TOTAL ESTANDARIZAR (D)				
Disciplina (E)	Aplica las 5S de forma constante sin necesidad de supervisión.				
	Cumple puntualmente con las actividades asignadas.				
	Propone mejoras para fortalecer la cultura de las 5S.				
	TOTAL CLASIFICACIÓN (E)				
CALIFICACIÓN TOTAL DE LAS CINCO ETAPAS F= (A+B+C+D+E)					

2. Fomentar la disciplina y compromiso

Para reforzar la importancia de mantener las condiciones logradas en organización, orden y control visual del área de trabajo, se llevó a cabo una sesión con el gerente y el personal del área de bordado. Durante la sesión se discutieron los siguientes puntos:

1. Se destacó la importancia de evitar el retorno a prácticas ineficientes y asegurar la permanencia de los beneficios de las 5S a largo plazo.
2. Se establecieron los siguientes compromisos, individuales y grupales, para mantener el orden y la disciplina en cada área de trabajo:
 - Realizar la limpieza al inicio y al cierre del turno.
 - Devolver herramientas y materiales a su lugar asignado.
 - Mantener el orden y la clasificación de los elementos en los anaqueles.
 - Mantener libres de obstrucciones las áreas de tránsito.
3. Se revisaron los estándares actuales y se explicó la necesidad de dar seguimiento mediante evaluaciones.
4. Se presentó la estrategia de evaluación, la cual se concentró en la Tabla 3.36, descrita en el paso previo, para que el personal pueda monitorear su desempeño y verificar el cumplimiento de los criterios establecidos.
5. Se abrió un espacio de participación para que el personal expresara inquietudes y aportara sugerencias orientadas a fortalecer la aplicación de las 5S.
6. Se finalizó la sesión reiterando el compromiso de mantener un ambiente de trabajo organizado y eficiente.

3. Establecer mecanismos de motivación

Para mantener la motivación del personal, se propusieron las siguientes estrategias que, aunque no se implementaron durante el periodo de estudio, podrían adaptarse progresivamente a las necesidades del equipo:

1. Reconocimientos periódicos.

Se propuso premiar de manera simbólica o material a los empleados que demuestren un esfuerzo constante en la aplicación de las 5S.

Para evaluar la efectividad de este reconocimiento, se planteó lo siguiente:

- 1) Dar seguimiento semanal a los empleados, utilizando el formato presentado previamente en la Tabla 3.36.
- 2) Concentrar las calificaciones semanales de cada empleado, a fin de mes, en el formato de la Tabla 3.37, con el fin de identificar al empleado ganador.

*Tabla 3.37 Formato para el concentrado de evaluación mensual al personal.
(Diseño propio, 2025).*

Concentrado de evaluación mensual al personal						
Periodo de evaluación:	Observaciones:					
Empleado:						
Semana	Clasificar (A)	Ordenar (B)	Limpiar (C)	Estandarizar (D)	Disciplina (E)	Puntuación total $F = (A+B+C+D+E)$
1						
2						
3						
4						
Empleado:						
Semana	Clasificar (A)	Ordenar (B)	Limpiar (C)	Estandarizar (D)	Disciplina (E)	Puntuación total $F = (A+B+C+D+E)$
1						
2						
3						
4						
Empleado:						
Semana	Clasificar (A)	Ordenar (B)	Limpiar (C)	Estandarizar (D)	Disciplina (E)	Puntuación total $F = (A+B+C+D+E)$
1						
2						
3						
4						
Empleado:						
Semana	Clasificar (A)	Ordenar (B)	Limpiar (C)	Estandarizar (D)	Disciplina (E)	Puntuación total $F = (A+B+C+D+E)$
1						
2						
3						
4						
Empleado:						
Semana	Clasificar (A)	Ordenar (B)	Limpiar (C)	Estandarizar (D)	Disciplina (E)	Puntuación total $F = (A+B+C+D+E)$
1						
2						
3						
4						

- 3) Realizar una sesión cada fin de mes para reconocer a los empleados destacados y otorgar un premio simbólico por su esfuerzo.
- 4) Solicitar retroalimentación sobre la aplicación de las 5S para identificar si los reconocimientos implementados contribuyen efectivamente a incrementar la motivación y el compromiso.

2. Determinar la percepción del reconocimiento.

Para evaluar el impacto de la actividad de reconocimiento, se propuso lo siguiente:

1. Aplicar una encuesta breve al finalizar la actividad de reconocimiento, con el fin de conocer la percepción del personal sobre el nivel de motivación generado.
2. Comparar los resultados obtenidos de encuestas previas, de la actividad de reconocimiento, para determinar si esta generó un impacto tangible en la mejora de las condiciones de trabajo.
3. Registrar y analizar las sugerencias del personal para optimizar futuras actividades que fortalezcan la interacción, la cooperación y el compromiso colectivo.

4. Promover la sostenibilidad de las 5S

Con el propósito de promover la sostenibilidad de las mejoras obtenidas, con la implementación de las 5S, se propuso llevar a cabo sesiones periódicas para evaluar la aplicación, el grado de cumplimiento, detectar problemáticas y establecer acciones de mejora. Se sugirió utilizar el formato presentado en la Tabla 3.38 para planificar, registrar y dar seguimiento a cada sesión.

La planeación de las actividades sugeridas para su evaluación se presenta a continuación:

1. Definir sesiones con temas específicos.

En cada sesión se abordará un tema central relacionado con la aplicación, evaluación o mejora de las 5S, permitiendo dar seguimiento a aspectos como orden, sistematización, control, disciplina o estandarización.

2. **Establecer objetivos claros para cada sesión.**

Se determinarán los objetivos particulares a cumplir, tales como analizar el estado actual de las 5S, identificar áreas de oportunidad o revisar la sostenibilidad de las prácticas implementadas.

3. **Designar al responsable de la sesión.**

Dependiendo del tema tratado, se asignará a un encargado para dirigir y coordinar la sesión.

4. **Asignar la duración estimada.**

Se establecerá un tiempo adecuado para el desarrollo de la sesión, considerando el tipo de actividades como la exposición de avances, revisión de evidencias, análisis de resultados y acuerdos.

5. **Identificar los materiales necesarios.**

Cada sesión contará con listas de verificación, hojas de evaluación o documentos de seguimiento.

6. **Seleccionar los métodos de evaluación.**

Se indicarán los mecanismos para evaluar los resultados de la sesión, pudiendo incluir encuestas de satisfacción, análisis de resultados previos, revisión visual o evaluación de la implementación.

*Tabla 3.38 Formato para el registro de sesiones para promover la sostenibilidad de las 5S.
(Diseño propio, 2025).*

Registro de sesiones para promover la sostenibilidad de las 5S				
Fecha de la sesión:		Responsable de la sesión:		Observaciones:
Asistentes:	☐ José Luis ☐ Roberto ☐ María ☐ Angelica ☐ Braulio ☐ Alan			Duración estimada:
Tema principal	Objetivo	Materiales necesarios		Métodos de evaluación

3.9 Implementar *SMED* para reducir los tiempos de preparación

Durante el diagnóstico realizado en el área de bordado, se identificó que los tiempos prolongados por la preparación de máquinas, derivados de actividades de ajuste, preparación o acondicionamiento, antes de iniciar un nuevo ciclo de bordado, representaban una de las principales causas que afectaban la eficiencia del sistema de producción, incidiendo de manera directa en la disponibilidad de las máquinas y, en menor medida, en su rendimiento. Con el propósito de reducir estos tiempos prolongados se implementó *SMED*, con base en las fases descritas en la Sección 2.6.2.3:

1. **Fase preliminar.** Identificar actividades internas y externas.
2. **Fase 1.** Separar las actividades internas y externas.
3. **Fase 2.** Convertir actividades internas en actividades externas.
4. **Fase 3.** Desarrollar propuestas de mejora para las actividades internas.
5. **Fase 4.** Desarrollar propuestas de mejora para las actividades externas.
6. **Fase 5.** Desarrollar el nuevo proceso de preparación.
7. **Fase 6.** Evaluar el tiempo ahorrado.

3.9.1 Fase preliminar. Identificar actividades internas y externas

La fase preliminar de la implementación de *SMED* tuvo como propósito identificar las actividades internas y externas que el personal operativo realiza para preparar las máquinas durante un cambio de diseño de bordado. Para ello, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

1. Elaborar un listado de actividades de preparación.
2. Medir el tiempo de preparación actual.
3. Elaborar un diagrama de flujo de trabajo del proceso de preparación.
4. Identificar las actividades internas y externas del proceso actual.

3.9.1.1 Elaborar un listado de actividades de preparación

Para elaborar el listado de actividades de preparación de las máquinas antes de empezar a bordar, se realizó una observación directa del proceso y se registraron todas las acciones del personal. El listado de actividades identificadas se presenta a continuación:

1. Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.
2. Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.
3. Se dirige a la computadora donde se generó el diseño y lo copia en una memoria USB.
4. Regresa a la máquina, introduce la memoria USB y selecciona el nuevo diseño a bordar.
5. Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.
6. Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.
7. Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.
8. Revisa el estado de los conos de hilo.
9. Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.
10. Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo que faltan.
11. Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.
12. Regresa con los conos de hilo a la máquina.
13. Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.
14. Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente a cada número de aguja.
15. Ensarta los hilos en las agujas.
16. Verifica el estado de las bobinas de hilo.
17. Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.
18. Retira las bobinas vacías y las coloca en un mecanismo integrado en la máquina destinado a recargarlas con hilo.
19. Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos requeridos para trabajar: herramientas, accesorios y equipo.
20. Retira los elementos innecesarios y los almacena.
21. Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.
22. Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.
23. Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.

24. Toma un “recorte muestra” con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarlo como referencia en el corte del pellón.
25. Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.
26. Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.
27. Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.
28. Dobla las tiras por la mitad longitudinalmente.
29. Utiliza el “recorte muestra” para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.
30. Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.
31. Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.
32. Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.
33. Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.
34. Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.
35. Asegura los bastidores.
36. Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.
37. Ajusta en el panel de la máquina el punto de origen del bordado con base en la medición previa.
38. Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.
39. Desactiva el bloqueo manual de las agujas.
40. Realiza puntadas de prueba.
41. Verifica el resultado de las puntadas de prueba.
42. Ajusta en el panel de la máquina la velocidad de bordado según las características del nuevo diseño a bordar.
43. Verifica que no existan nudos ni enredos en el hilo.
44. Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.

3.9.1.2 Medir el tiempo de preparación actual

Con el objetivo de obtener datos representativos y confiables para evaluar el tiempo de preparación de las máquinas de bordado, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Medición de tiempos preliminares.

Para obtener datos representativos de las condiciones reales de operación, se acordó realizar las mediciones entre el 18 y el 21 de noviembre de 2025, mediante visitas a la empresa los martes y jueves, tanto en el primer como en el segundo turno.

Durante dichas visitas, se cronometraron las actividades del proceso de preparación de las máquinas de bordado, realizadas por los operarios, registrándose cuatro mediciones independientes. Los resultados se muestran en la Tabla 3.39.

Tabla 3.39 Tiempos preliminares para evaluar la preparación de las máquinas de bordado. (Diseño propio, 2025).

Medición de tiempos de preparación para las máquinas de bordado						
No.	Actividades de preparación	Medición				Tiempo promedio por actividad (min)
		1	2	3	4	
1	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.	1.19	1.14	1.13	1.16	1.16
2	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.	1.04	1.01	0.99	1.02	1.02
3	Se dirige a la computadora donde se generó el diseño y lo copia en una memoria USB.	3.48	3.50	3.47	3.44	3.47
4	Regresa a la máquina, introduce la memoria USB y selecciona el nuevo diseño a bordar.	1.55	1.50	1.56	1.59	1.55
5	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.	0.31	0.31	0.3	0.31	0.31
6	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.	0.56	0.55	0.54	0.55	0.55
7	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.	1.43	1.39	1.37	1.41	1.40
8	Revisa el estado de los conos de hilo.	0.33	0.33	0.32	0.33	0.33
9	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.	0.41	0.43	0.40	0.44	0.42
10	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo que faltan.	2.25	2.21	2.19	2.22	2.22
11	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.	8.15	8.08	8.05	8.1	8.10
12	Regresa con los conos de hilo a la máquina.	0.11	0.16	0.14	0.13	0.14
13	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.	0.32	0.37	0.35	0.38	0.36
14	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente a cada número de aguja.	13.33	13.24	13.18	13.26	13.25
15	Ensarta los hilos en las agujas.	3.27	3.24	3.23	3.25	3.25
16	Verifica el estado de las bobinas de hilo.	0.58	0.55	0.54	0.56	0.56
17	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.	1.44	1.41	1.39	1.42	1.42
18	Retira las bobinas vacías y las coloca en un mecanismo integrado en la máquina destinado a recargarlas con hilo.	1.23	1.20	1.18	1.22	1.21
19	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.	0.46	0.47	0.44	0.43	0.45
20	Retira los elementos innecesarios y los almacena.	2.26	2.31	2.29	2.27	2.28
21	Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.	1.36	1.39	1.37	1.33	1.36
22	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.	1.58	1.55	1.53	1.56	1.56
23	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.	1.40	1.41	1.43	1.40	1.41
24	Toma un "recorte muestra" con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarla como referencia en el corte del pellón.	0.39	0.36	0.35	0.37	0.37
25	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.	0.31	0.36	0.37	0.34	0.35
26	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.	3.47	3.42	3.39	3.43	3.43
27	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
28	Dobra las tiras por la mitad longitudinalmente.	0.19	0.17	0.19	0.15	0.18
29	Utiliza el "recorte muestra" para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.	4.52	4.45	4.43	4.48	4.47
30	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.	0.11	0.14	0.14	0.10	0.12
31	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.	0.29	0.26	0.27	0.24	0.27
32	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.	0.33	0.37	0.35	0.38	0.36
33	Prepara seis prendas iniciales, pensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	8.17	8.23	8.22	8.20	8.21
34	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.	1.27	1.22	1.24	1.27	1.25
35	Asegura los bastidores.	0.15	0.14	0.13	0.14	0.14
36	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.	1.16	1.13	1.12	1.14	1.14
37	Ajusta en el panel de la máquina el punto de origen del bordado con base en la medición previa.	0.31	0.38	0.36	0.39	0.36
38	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.	1.36	1.33	1.31	1.34	1.34
39	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.	1.44	1.41	1.39	1.42	1.42
40	Realiza puntadas de prueba.	0.16	0.15	0.14	0.15	0.15
41	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.	0.14	0.14	0.13	0.14	0.14
42	Ajusta en el panel de la máquina la velocidad de bordado según las características del nuevo diseño a bordar.	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
43	Verifica que no existan nudos ni enredos en el hilo.	1.19	1.15	1.12	1.16	1.16
44	Prepara otras seis prendas, pensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	8.56	8.50	8.45	8.51	8.51
TOTAL: Tiempo de preparación de las máquinas de bordado		81.90	81.40	80.83	81.47	81.40
Tiempo promedio de preparación de las máquinas de bordado es de 81.40 minutos , equivalente a 1.34 horas .						

2. Cálculo del número óptimo de ciclos.

Con base en los tiempos obtenidos (Tabla 3.39), se determinó el número de mediciones óptimas necesarias para el estudio mediante el método estadístico de fórmula directa (Ecuación 3.14), a fin de garantizar la validez estadística del análisis.

$$\eta = \left[\frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right]^2 \dots\dots\dots (3.14)$$

Donde:

- η = Tamaño de la muestra requerido (número de mediciones que realmente se necesitan).
- 40 = Constante de la fórmula.
- n' = Número de observaciones del estudio preliminar.
- Σx = Suma de los valores observados en la muestra preliminar.
- Σx^2 = Suma de los cuadrados de los valores observados.

Con el propósito de calcular los valores de Σx y Σx^2 se realizó la Tabla 3.40. Posteriormente, los valores calculados se sustituyeron en la Ecuación 3.14. El resultado del número de mediciones óptimas necesarias para el estudio se expresó en la Ecuación 3.15

$$\eta = \left[\frac{40\sqrt{(4)(26504.42) - (325.60)^2}}{(325.60)} \right]^2 = 0.03 \approx 1 \text{ medicion} \dots\dots\dots (3.15)$$

*Tabla 3.40 Cálculos para el tamaño de muestra óptimo.
(Diseño propio, 2025).*

<i>Medición de tiempos de preparación para la máquinas de bordado</i>		
Medición	Tiempo de preparación de las máquinas de bordado (Min) x	x^2
1	81.90	6707.61
2	81.40	6625.96
3	80.83	6533.49
4	81.47	6637.36
Total	$\Sigma x = 325.60$	$\Sigma x^2 = 26504.42$

3. Definición de tiempos faltantes.

Con base en el resultado obtenido, mediante la Ecuación 3.15, se determinó no ampliar el tamaño de la muestra, ya que las cuatro mediciones registradas fueron suficientes para cumplir con los criterios estadísticos establecidos.

4. Definición del tiempo de preparación de las máquinas de bordado.

Dado que no se realizaron mediciones adicionales, el tiempo de preparación de las máquinas de bordado, definido a partir de los datos obtenidos en el paso 1, fue de **81.40 min**, equivalente a **1.34 horas**, tal como se mostró en la Tabla 3.39.

3.9.1.3 Elaborar un diagrama de flujo de trabajo del proceso de preparación

De acuerdo con el listado de actividades de preparación (Tabla 3.39), se elaboró un diagrama de flujo del proceso de preparación de las máquinas, el cual se presenta en la Tabla 3.41.

Tabla 3.41 Diagrama de flujo del proceso de preparación de las máquinas de bordado. (Diseño propio, 2025).

Diagrama de flujo del proceso de preparación de las máquinas de bordado						
Resumen de actividades				Datos del proceso		
Tipo de actividad	Simbología	Presente		Empresa:	Empresa bajo estudio.	
		No.	Tiempo (min)	Ubicación:	Área de bordados.	
Operaciones	●	22	53.21	Operación:	Cambio de diseño de bordado.	
Transportes	→	11	19.43	Responsable:	Jorge Álvarez López.	
Inspecciones	■	8	4.50			
Demoras	■	0	0			
Almacenamientos	▼	3	4.26	Fecha: 19 de noviembre de 2025.		
		44	81.40			

No.	Actividades de preparación	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenamiento	Tiempo promedio por actividad (min)
1	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.	●	→	■	■	▼	1.16
2	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.	●	→	■	■	▼	1.02
3	Se dirige a la computadora donde se generó el diseño y lo copia en una memoria USB.	●	→	■	■	▼	3.47
4	Regresa a la máquina, introduce la memoria USB y selecciona el nuevo diseño a bordar.	●	→	■	■	▼	1.55
5	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.	●	→	■	■	▼	0.31
6	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.	●	→	■	■	▼	0.55
7	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.	●	→	■	■	▼	1.40
8	Revisa el estado de los conos de hilo.	●	→	■	■	▼	0.33
9	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.	●	→	■	■	▼	0.42
10	Se dirige al anaqueil de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo que faltan.	●	→	■	■	▼	2.22
11	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.	●	→	■	■	▼	8.10
12	Regresa con los conos de hilo a la máquina.	●	→	■	■	▼	0.14
13	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.	●	→	■	■	▼	0.36
14	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente a cada número de aguja.	●	→	■	■	▼	13.25
15	Ensarta los hilos en las agujas.	●	→	■	■	▼	3.25
16	Verifica el estado de las bobinas de hilo.	●	→	■	■	▼	0.56
17	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.	●	→	■	■	▼	1.42
18	Retira las bobinas vacías y las coloca en un mecanismo integrado en la máquina destinado a recargarlas con hilo.	●	→	■	■	▼	1.21
19	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.	●	→	■	■	▼	0.45
20	Retira los elementos innecesarios y los almacena.	●	→	■	■	▼	2.28
21	Se dirige al anaqueil y busca los elementos faltantes para trabajar.	●	→	■	■	▼	1.36
22	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.	●	→	■	■	▼	1.56
23	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.	●	→	■	■	▼	1.41
24	Toma un "recorte muestra" con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarla como referencia en el corte del pellón.	●	→	■	■	▼	0.37
25	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.	●	→	■	■	▼	0.35
26	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.	●	→	■	■	▼	3.43
27	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.	●	→	■	■	▼	0.22
28	Dobla las tiras por la mitad longitudinalmente.	●	→	■	■	▼	0.18
29	Utiliza el "recorte muestra" para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.	●	→	■	■	▼	4.47
30	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.	●	→	■	■	▼	0.12
31	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.	●	→	■	■	▼	0.27
32	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.	●	→	■	■	▼	0.36
33	Prepara seis prendas iniciales, presando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	●	→	■	■	▼	8.21
34	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.	●	→	■	■	▼	1.25
35	Asegura los bastidores.	●	→	■	■	▼	0.14
36	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.	●	→	■	■	▼	1.14
37	Ajusta en el panel de la máquina el punto de origen del bordado con base en la medición previa.	●	→	■	■	▼	0.36
38	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.	●	→	■	■	▼	1.34
39	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.	●	→	■	■	▼	1.42
40	Realiza puntadas de prueba.	●	→	■	■	▼	0.15
41	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.	●	→	■	■	▼	0.14
42	Ajusta en el panel de la máquina la velocidad de bordado según las características del nuevo diseño a bordar.	●	→	■	■	▼	0.12
43	Verifica que no existan nudos ni enredos en el hilo.	●	→	■	■	▼	1.16
44	Prepara otras seis prendas, presando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	●	→	■	■	▼	8.51
TOTAL		22	11	8	0	3	81.40

Tiempo promedio de preparación de las máquinas de bordado es de **81.40 minutos**, equivalente a **1.34 horas**.

El propósito del diagrama de flujo del proceso de preparación de las máquinas de bordado fue el siguiente:

- Representar gráficamente la secuencia de actividades realizadas durante el proceso.
- Clasificar su naturaleza operativa.
- Registrar el tiempo promedio requerido para realizar cada una de ellas.

La simbología empleada para distinguir los distintos tipos de actividades: operación, transporte, inspección, demora y almacenamiento; permitió lo siguiente:

- Visualizar con mayor claridad el flujo del proceso de preparación,
- Identificar actividades que no agregan valor
- Establecer una base para el análisis y la aplicación de *SMED*.

3.9.1.4 Identificar actividades internas y externas del proceso de preparación actual

Para identificar qué actividades del proceso de preparación de las máquinas de bordado eran internas y cuáles eran externas, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

1. Realizar una sesión informal con el personal del área de bordados.
2. Analizar, una a una, las actividades registradas en la Tabla 3.39.
3. Determinar, con base en la experiencia del personal, la clasificación de:
 - **Actividades internas:** aquellas que deben ejecutarse con la máquina detenida.
 - **Actividades externas:** aquellas que pueden realizarse antes de que la máquina se detenga.

Con los resultados obtenidos de la sesión informal, se elaboró la Tabla 3.42 para ilustrar los siguientes puntos:

1. El tipo de operación de cada actividad: interna o externa.
2. El tiempo promedio de ejecución de cada actividad.
3. El porcentaje de contribución de cada actividad al tiempo total de preparación.

*Tabla 3.42 Identificación de actividades internas y externas del proceso de preparación de las máquinas de bordado.
(Diseño propio, 2025).*

No.	Actividades de preparación	Tipo de operación	Tiempo promedio por actividad (min) σ	Porcentaje de contribución $c = (a/b) \cdot 100$
1	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.	Interna	1.16	1.42%
2	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.	Interna	1.02	1.25%
3	Se dirige a la computadora donde se generó el diseño y lo copia en una memoria USB.	Interna	3.47	4.27%
4	Regresa a la máquina, introduce la memoria USB y selecciona el nuevo diseño a bordar.	Interna	1.55	1.90%
5	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.	Interna	0.31	0.38%
6	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.	Interna	0.55	0.68%
7	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.	Interna	1.40	1.72%
8	Revisa el estado de los conos de hilo.	Externa	0.33	0.40%
9	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.	Interna	0.42	0.52%
10	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo que faltan.	Interna	2.22	2.72%
11	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.	Interna	8.10	9.94%
12	Regresa con los conos de hilo a la máquina.	Interna	0.14	0.17%
13	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.	Interna	0.36	0.44%
14	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente a cada número de aguja.	Interna	13.25	16.28%
15	Ensarta los hilos en las agujas.	Interna	3.25	3.99%
16	Verifica el estado de las bobinas de hilo.	Interna	0.56	0.68%
17	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.	Interna	1.42	1.74%
18	Retira las bobinas vacías y las coloca en un mecanismo integrado en la máquina destinado a recargarlas con hilo.	Interna	1.21	1.48%
19	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.	Externa	0.45	0.55%
20	Retira los elementos innecesarios y los almacena.	Externa	2.28	2.80%
21	Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.	Externa	1.36	1.67%
22	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.	Externa	1.56	1.91%
23	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.	Externa	1.41	1.73%
24	Toma un "recorte muestra" con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarla como referencia en el corte del pellón.	Interna	0.37	0.45%
25	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.	Interna	0.35	0.42%
26	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.	Interna	3.43	4.21%
27	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.	Interna	0.22	0.27%
28	Dobra las tiras por la mitad longitudinalmente.	Interna	0.18	0.21%
29	Utiliza el "recorte muestra" para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.	Interna	4.47	5.49%
30	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.	Interna	0.12	0.15%
31	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.	Externa	0.27	0.33%
32	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.	Externa	0.36	0.44%
33	Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	Externa	8.21	10.08%
34	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.	Interna	1.25	1.54%
35	Assegura los bastidores.	Interna	0.14	0.17%
36	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.	Interna	1.14	1.40%
37	Ajusta en el panel de la máquina el punto de origen del bordado con base en la medición previa.	Interna	0.36	0.44%
38	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.	Interna	1.34	1.64%
39	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.	Interna	1.42	1.74%
40	Realiza puntadas de prueba.	Interna	0.15	0.18%
41	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.	Interna	0.14	0.17%
42	Ajusta en el panel de la máquina la velocidad de bordado según las características del nuevo diseño a bordar.	Interna	0.12	0.15%
43	Verifica que no existan nudos ni enredos en el hilo.	Interna	1.16	1.42%
44	Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	Interna	8.51	10.45%
TOTAL = Tiempo preparación (b)			81.40	100.0%
Tiempo promedio de preparación de las máquinas de bordado es de 81.40 minutos , equivalente a 1.34 horas .				

3.9.2 Fase 1. Separar actividades internas y externas

La implementación de la primera fase de *SMED* tuvo como propósito separar las actividades de preparación de las máquinas de bordado en actividades internas y externas, para determinar los tiempos consumidos por cada una de ellas. Para conseguirlo, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. Separar las actividades de preparación en internas y externas.
2. Elaborar una lista de verificación de las actividades internas y externas.
3. Elaborar una lista de verificación de los elementos requeridos durante la preparación.

3.9.2.1 Separar las actividades de preparación como internas o externas

Con base en la identificación de las actividades de preparación internas y externas, presentada anteriormente en la Tabla 3.42, se elaboraron dos tablas: Tabla 3.43 y Tabla 3.44; en las cuales se listan las actividades de preparación según el tipo de operación: interna o externa; así como los tiempos totales correspondientes.

*Tabla 3.43 Listado de actividades internas de preparación.
(Diseño propio, 2025).*

No.	Actividades internas de preparación	Tiempo promedio por actividad (min)
1	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.	1.16
2	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.	1.02
3	Se dirige a la computadora donde se generó el diseño y lo copia en una memoria USB.	3.47
4	Regresa a la máquina, introduce la memoria USB y selecciona el nuevo diseño a bordar.	1.55
5	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.	0.31
6	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.	0.55
7	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.	1.40
8	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.	0.42
9	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo que faltan.	2.22
10	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.	8.10
11	Regresa con los conos de hilo a la máquina.	0.14
12	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.	0.36
13	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente a cada número de aguja.	13.25
14	Ensarta los hilos en las agujas.	3.25
15	Verifica el estado de las bobinas de hilo.	0.56
16	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.	1.42
17	Retira las bobinas vacías y las coloca en un mecanismo integrado en la máquina destinado a recargarlas con hilo.	1.21
18	Toma un "recorte muestra" con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarla como referencia en el corte del pellón.	0.37
19	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.	0.35
20	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.	3.43
21	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.	0.22
22	Dobla las tiras por la mitad longitudinalmente.	0.18
23	Utiliza el "recorte muestra" para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.	4.47
24	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.	0.12
25	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.	1.25
26	Asegura los bastidores.	0.14
27	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.	1.14
28	Ajusta en el panel de la máquina el punto de origen del bordado con base en la medición previa.	0.36
29	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.	1.34
30	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.	1.42
31	Realiza puntadas de prueba.	0.15
32	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.	0.14
33	Ajusta en el panel de la máquina la velocidad de bordado según las características del nuevo diseño a bordar.	0.12
34	Verifica que no existan nudos ni enredos en el hilo.	1.16
35	Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	8.51
Tiempo total de actividades de preparación internas =		65.19

*Tabla 3.44 Listado de actividades externas de preparación.
(Diseño propio, 2025).*

No.	Actividades externas de preparación	Tiempo promedio por actividad (min)
1	Revisa el estado de los conos de hilo.	0.33
2	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.	0.45
3	Retira los elementos innecesarios y los almacena.	2.28
4	Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.	1.36
5	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.	1.56
6	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.	1.41
7	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.	0.27
8	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.	0.36
9	Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	8.21
Tiempo total de actividades de preparación externas =		16.22

Con base en la separación de las actividades internas y externas, se concluye lo siguiente:

- El tiempo total de preparación para operaciones internas es de **65.19 minutos** (Tabla 3.43).
- El tiempo total de preparación para operaciones externas es de **16.22 minutos** (Tabla 3.44).
- Las máquinas de bordado pueden trabajar **16.22 minutos adicionales** (Tabla 3.44) si las actividades identificadas como externas se realizan de esta manera.
- El tiempo total de preparación se redujo de **81.40 minutos** (Tabla 3.42) a **65.19 minutos** (Tabla 3.43), es decir, de **1.34 horas** a **1.08 horas**.

3.9.2.2 Elaborar lista de verificación para las actividades internas y externas

Con el fin de asegurar que las actividades de preparación externas e internas se realicen conforme a lo definido en la Tabla 3.43 y la Tabla 3.44, se elaboraron las listas de verificación que se presentan en la Tabla 3.45 y la Tabla 3.46.

*Tabla 3.45 Lista de verificación de actividades internas de preparación.
(Diseño propio, 2025).*

Lista de verificación de actividades internas de preparación							
Realizó:					Fecha:		
Operador:	☐ José Luis	☐ Roberto	☐ María	☐ Angelica	☐ Braulio	☐ Alan	
No.	Actividades internas de preparación					Realizó la actividad	
1	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.					Sí	No
2	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.					Sí	No
3	Se dirige a la computadora donde se generó el diseño y lo copia en una memoria USB.					Sí	No
4	Regresa a la máquina, introduce la memoria USB y selecciona el nuevo diseño a bordar.					Sí	No
5	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.					Sí	No
6	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.					Sí	No
7	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.					Sí	No
8	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.					Sí	No
9	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo que faltan.					Sí	No
10	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.					Sí	No
11	Regresa con los conos de hilo a la máquina.					Sí	No
12	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.					Sí	No
13	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente a cada número de aguja.					Sí	No
14	Ensarta los hilos en las agujas.					Sí	No
15	Verifica el estado de las bobinas de hilo.					Sí	No
16	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.					Sí	No
17	Retira las bobinas vacías y las coloca en un mecanismo integrado en la máquina destinado a recargarlas con hilo.					Sí	No
18	Toma un "recorte muestra" con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarla como referencia en el corte del pellón.					Sí	No
19	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.					Sí	No
20	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.					Sí	No
21	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.					Sí	No
22	Dobra las tiras por la mitad longitudinalmente.					Sí	No
23	Utiliza el "recorte muestra" para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.					Sí	No
24	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.					Sí	No
25	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.					Sí	No
26	Asegura los bastidores.					Sí	No
27	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.					Sí	No
28	Ajusta en el panel de la máquina el punto de origen del bordado con base en la medición previa.					Sí	No
29	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.					Sí	No
30	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.					Sí	No
31	Realiza puntadas de prueba.					Sí	No
32	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.					Sí	No
33	Ajusta en el panel de la máquina la velocidad de bordado según las características del nuevo diseño a bordar.					Sí	No
34	Verifica que no existan nudos ni enredos en el hilo.					Sí	No
35	Prepara Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.					Sí	No

Tabla 3.46 Lista de verificación de actividades externas de preparación.
(Diseño propio, 2025).

Lista de verificación de actividades externas de preparación							
Realizó:						Fecha:	
Operador:	☐ José Luis	☐ Roberto	☐ María	☐ Angelica	☐ Braulio	☐ Alan	
No.	Actividades externas de preparación					Realizó la actividad	
1	Revisa el estado de los conos de hilo.					Sí	No
2	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.					Sí	No
3	Retira los elementos innecesarios y los almacena.					Sí	No
4	Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.					Sí	No
5	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.					Sí	No
6	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.					Sí	No
7	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.					Sí	No
8	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.					Sí	No
9	Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.					Sí	No

3.9.2.3 Elaborar lista de verificación para los elementos requeridos durante la preparación

Con el propósito de evitar interrupciones durante las actividades de preparación de las máquinas de bordado, se elaboró una lista de verificación que enlista los elementos necesarios: herramientas, accesorios y equipo; para llevar a cabo las actividades de cambio de diseño. Para su elaboración se consideraron los siguientes tres aspectos:

1. Herramientas.

En esta sección se verifica que el operario dispone de las herramientas manuales necesarias para realizar las tareas de corte de hilos, el ajuste de tornillería, la manipulación de componentes pequeños y la preparación de los mecanismos asociados al enhebrado y al tensado.

2. Accesorios.

Esta sección confirma la existencia de los insumos y elementos complementarios requeridos durante la preparación según las necesidades del diseño a bordar.

3. Equipo.

En esta sección se verifica la disponibilidad del equipo indispensable para el proceso de preparación. El asegurar que este equipo se encuentre en óptimas condiciones permitirá realizar el montaje del material y la transferencia del diseño sin contratiempos ni la necesidad de buscar elementos sustitutos.

El resultado de esta actividad se presenta en la Tabla 3.47, donde se presenta la lista de verificación de herramientas, accesorios y equipo requeridos durante la preparación.

Tabla 3.47 Lista de verificación de herramientas, accesorios y equipo requeridos.
(Diseño propio, 2025).

Lista de verificación de los elementos requeridos durante la preparación			
Turno:	☐ De 8:00 a 14:00	☐ De 14:00 a 21:00	Fecha:
Operador:	☐ José Luis	☐ Roberto	☐ María
	☐ Angelica	☐ Braulio	☐ Alan
Herramienta	¿Se cuenta con la herramienta necesaria?		
Tijeras	Sí	No	
Pinzas de corte	Sí	No	
Desatornillador	Sí	No	
Pinzas de electricista	Sí	No	
Cuter	Sí	No	
Accesorio	¿Se cuenta con el accesorio necesario?		
Regla de 30 cm	Sí	No	
Conos de hilo	Sí	No	
Rollo de pellón	Sí	No	
Bobinas preparadas	Sí	No	
Pinzas de oficina	Sí	No	
Agujas de repuesto	Sí	No	
Filamento para el enhebrado	Sí	No	
Equipo	¿Se cuenta con el equipo necesario?		
Bastidores en buen estado	Sí	No	
Memoria USB	Sí	No	

3.9.3 Fase 2. Convertir actividades internas en externas

La segunda fase de *SMED* se enfocó en reducir el tiempo de detención de las máquinas durante la preparación. Para ello, se tomó como referencia el listado de actividades presentado previamente en la Tabla 3.42 para identificar qué actividades tienen potencial de externalización. Las cuatro acciones realizadas fueron las siguientes:

1. Identificar las actividades con potencial de externalización.

Esta actividad se desarrolló en conjunto con el personal del área de bordado, que, a partir de su experiencia en el proceso, colaboró en la identificación de las actividades con gran potencial para ser convertidas en actividades externas. Los resultados se presentan en la Tabla 3.48, en la columna “Actividad por externalizar”.

*Tabla 3.48 Conversión de actividades internas a externas.
(Diseño propio, 2025).*

Actividad por externalizar	Observaciones	Implementación de mejoras	Tiempo ahorrado de preparación interna
24. Toma un “recorte muestra” con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarlo como referencia en el corte del pellón.	La toma del “recorte muestra” se realizaba con la máquina detenida, porque sólo así se podían verificar en el panel las especificaciones de tamaño, lo que prolongaba el tiempo de preparación.	Se estableció la disponibilidad de muestras de referencia con dimensiones aproximadas al diseño, con el propósito de que el trabajador preparara los recortes sin depender del paro de la máquina. Una vez que la actividad de preparación para obtener el “recorte muestra” fue convertida en una actividad externa, las actividades subsecuentes correspondientes al conjunto de actividades de preparación del pellón también se realizaron mientras la máquina se mantenía en operación.	0.37 minutos
25. Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.	Estas actividades forman parte del mismo conjunto de actividades (25-30) dedicadas a la preparación del pellón, por lo que dependían directamente de la obtención del “recorte muestra” (actividad 24), para poder llevarse a cabo.		0.35 minutos
26. Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.			3.43 minutos
27. Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.			0.22 minutos
28. Dobla las tiras por la mitad longitudinalmente.			0.18 minutos
29. Utiliza el “recorte muestra” para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.			4.47 minutos
30. Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.			0.12 minutos
44. Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	La preparación de las seis prendas se realiza durante el paro de la máquina, lo que incrementa innecesariamente el tiempo de preparación.	Se prepararon las otras seis prendas mientras la máquina terminaba el bordado del lote previo.	8.51 minutos
Tiempo total ahorrado de preparación interna:			17.63 minutos

2. Realizar observaciones del procedimiento actual

Se llevaron a cabo observaciones del proceso de preparación de las actividades identificadas, con la finalidad de detallar aquellas acciones que, aun realizándose actualmente durante el paro de la máquina, no requieren que ésta se encuentre detenida y que, por ello, incrementan innecesariamente el tiempo total de preparación. Las observaciones se presentaron en la Tabla 3.48, en la columna “Observaciones”.

3. Implementar propuestas de mejora.

A partir de las observaciones realizadas, se trabajó en conjunto con el personal para desarrollar la propuesta de mejora correspondiente a cada actividad interna

identificada con potencial de externalización. Posteriormente, estas propuestas se implementaron en el proceso con el fin de convertir las actividades internas en actividades externas. Los resultados se presentaron en la Tabla 3.48, en la columna “Implementación de mejoras”.

4. Presentar la clasificación actualizada de las actividades internas y externas.

Una vez identificadas las actividades internas con potencial de externalización y definidas las mejoras correspondientes, se elaboraron la Tabla 3.49 y la Tabla 3.50, para presentar la clasificación actualizada de las actividades internas y las actividades externas, respectivamente.

*Tabla 3.49 Listado actualizado de actividades internas de preparación.
(Diseño propio, 2025).*

No.	Actividades internas de preparación	Tiempo promedio por actividad (min)
1	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.	1.16
2	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.	1.02
3	Se dirige a la computadora donde se generó el diseño y lo copia en una memoria USB.	3.47
4	Regresa a la máquina, introduce la memoria USB y selecciona el nuevo diseño a bordar.	1.55
5	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.	0.31
6	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.	0.55
7	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.	1.40
9	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.	0.42
10	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo que faltan.	2.22
11	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.	8.10
12	Regresa con los conos de hilo a la máquina.	0.14
13	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.	0.36
14	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente a cada número de aguja.	13.25
15	Ensarta los hilos en las agujas.	3.25
16	Verifica el estado de las bobinas de hilo.	0.56
17	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.	1.42
18	Retira las bobinas vacías y las coloca en un mecanismo integrado en la máquina destinado a recargarlas con hilo.	1.21
34	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.	1.25
35	Asegura los bastidores.	0.14
36	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.	1.14
37	Ajusta en el panel de la máquina el punto de origen del bordado con base en la medición previa.	0.36
38	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.	1.34
39	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.	1.42
40	Realiza puntadas de prueba.	0.15
41	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.	0.14
42	Ajusta en el panel de la máquina la velocidad de bordado según las características del nuevo diseño a bordar.	0.12
43	Verifica que no existan nudos ni enredos en el hilo.	1.16
Tiempo total de actividades de preparación internas =		47.55

*Tabla 3.50 Listado actualizado de actividades externas de preparación.
(Diseño propio, 2025).*

No.	Actividades externas de preparación	Tiempo promedio por actividad (min)
8	Revisa el estado de los conos de hilo.	0.33
19	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.	0.45
20	Retira los elementos innecesarios y los almacena.	2.28
21	Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.	1.36
22	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.	1.56
23	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.	1.41
24	Toma un “recorte muestra” con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarla como referencia en el corte del pellón.	0.37
25	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.	0.35
26	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.	3.43
27	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.	0.22
28	Dobla las tiras por la mitad longitudinalmente.	0.18
29	Utiliza el “recorte muestra” para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.	4.47
30	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.	0.12
31	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.	0.27
32	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.	0.36
33	Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	8.21
44	Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	8.51
Tiempo total de actividades de preparación externas =		33.85

3.9.4 Fase 3. Desarrollar propuestas de mejora para las actividades internas

Para mejorar las actividades internas, se solicitó el apoyo del personal de bordado, cuya experiencia resultó fundamental para identificar las actividades susceptibles de mejora. A partir de este trabajo colaborativo, se llevaron a cabo las siguientes tres acciones:

1. Identificar las actividades internas con potencial de mejora.

Se analizaron las actividades internas presentadas previamente en la Tabla 3.49, en colaboración con el personal operativo, con el propósito de identificar aquellas con mayor potencial de mejora. Los resultados de este análisis se presentan en la Tabla 3.51, en la columna “Actividad por mejorar”.

2. Realizar observaciones sobre el procedimiento actual.

Se llevaron a cabo observaciones de las actividades internas identificadas, con el fin de detallar las acciones realizadas durante su ejecución y la forma en que se desarrollaban en el proceso de preparación actual. Las observaciones se presentan en la Tabla 3.51, en la columna “Observaciones”.

*Tabla 3.51 Actividades internas con potencial de mejora.
(Diseño propio, 2025).*

<i>Actividad por mejorar</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Propuestas de mejoras</i>
3. Se dirige a la computadora donde se generó el diseño y lo copia en una memoria USB.	Ambas actividades se llevan a cabo al cargar un nuevo diseño para bordar.	Se propuso estandarizar y actualizar previamente los archivos de diseño almacenados en las memorias internas de las máquinas de bordado, de manera que ambas cuenten con los mismos diseños y con la numeración actualizada. Con esta propuesta, se eliminaría la necesidad de que el operador se desplace a la computadora para copiar el diseño en una memoria USB durante el proceso de preparación, lo que permitiría seleccionarlo directamente desde la máquina y reduciría el tiempo de ejecución de las actividades correspondientes.
4. Regresa a la máquina, introduce la memoria USB y selecciona el nuevo diseño a bordar.		
7. Asigna en el panel los colores programados al número de aguja	El operador configura manualmente en el panel de control de la máquina la asignación de cada color de hilo del nuevo diseño al número de aguja correspondiente, seleccionando entre las agujas disponibles (1 a 12), para asegurar la correcta ejecución del bordado.	Se propuso estandarizar la asignación de los colores de hilo a posiciones fijas de aguja en la máquina de bordado, con base en su frecuencia de uso. Esta estandarización permitiría que el operador identificara de inmediato la correspondencia entre el color y el número de aguja, reduciendo el tiempo necesario para la asignación manual en el panel de la máquina y facilitando las actividades posteriores, como la preparación y el enhebrado de los hilos.
14. Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente a cada número de aguja.	El operador enhebra manualmente los hilos correspondientes al nuevo diseño, conduciéndolos a través de las guías y del conjunto tensor asociado a cada número de aguja previamente asignado (1 a 12), con el fin de asegurar la correcta tensión y alimentación del hilo durante el bordado.	Se propuso realizar un corte al hilo antes de su ingreso al sistema de guías de la máquina correspondiente a cada aguja. De esta manera, cuando se requiera realizar el cambio de hilo, el operador únicamente amarraría el nuevo hilo al extremo del hilo previamente cortado y lo jalaría desde la salida del sistema, de modo que el nuevo hilo recorra el mismo trayecto. Con esta mejora se simplificaría el procedimiento de enhebrado y se reduciría el tiempo de ejecución de la actividad.
15. Ensarta los hilos en las agujas.	El operador ensarta manualmente cada hilo en la aguja correspondiente (1 a 12), según el número de aguja previamente asignado, asegurando su correcta colocación para iniciar el proceso de bordado.	Si bien esta actividad depende en gran medida de la habilidad del operador, se estableció que, con la integración de las mejoras previas, se reduciría el número de agujas que deben ensartarse durante el cambio de diseño. Como resultado, el tiempo de ejecución de esta actividad disminuiría indirectamente.
43. Verifica que no existan nudos ni enredos en el hilo.	El operador realiza una inspección visual del conjunto tensor y del recorrido de los hilos a través de las agujas, con el objetivo de verificar que no existan nudos, enredos ni irregularidades que puedan afectar el correcto funcionamiento del proceso de bordado.	Se propuso integrar la verificación de nudos y enredos del hilo en las actividades previas de enhebrado y ensartado, con el fin de evitar una revisión independiente. De esta manera, la inspección se realizaría simultáneamente al recorrido del hilo, lo que reduciría el tiempo de preparación.

3. Desarrollar propuestas de mejora.

A partir de las observaciones realizadas, se trabajó en conjunto con el personal para desarrollar propuestas de mejora orientadas a reducir los tiempos de ejecución de las actividades internas seleccionadas. Los resultados se presentan en la Tabla 3.51, en la columna “Propuestas de mejoras”.

3.9.5 Fase 4. Desarrollar propuestas de mejora para las actividades externas

Para mejorar las actividades externas, se solicitó el apoyo del personal involucrado en el proceso de bordado, cuya experiencia resultó fundamental para identificar las actividades susceptibles de mejora. A partir de este trabajo colaborativo, se llevaron a cabo las siguientes tres acciones:

1. Identificar las actividades externas con potencial de mejora.

Se analizaron, junto con el personal, las actividades externas previamente mostradas en la Tabla 3.50 con el propósito de identificar aquellas con mayor potencial de mejora. Los resultados de este análisis se presentan en la Tabla 3.52, en la columna “Actividad por mejorar”.

2. Realizar observaciones del procedimiento actual

Se llevaron a cabo observaciones de las actividades externas identificadas, con la finalidad de detallar las acciones realizadas durante su ejecución y la forma en que se desarrollan en el proceso de preparación actual. Las observaciones se presentan en la Tabla 3.52, en la columna “Observaciones”.

3. Desarrollar propuestas de mejora.

A partir de las observaciones realizadas, se trabajó en conjunto con el personal para desarrollar propuestas de mejora orientadas a reducir los tiempos de ejecución de las actividades externas seleccionadas. Los resultados se presentan en la Tabla 3.52, en la columna “Propuestas de mejoras”.

*Tabla 3.52 Actividades externas con potencial de mejora.
(Diseño propio, 2025).*

<i>Actividad por mejorar</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Propuestas de mejoras</i>
33. Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	Ambas actividades se llevan a cabo cuando la máquina se encuentra detenida. Consisten en la preparación de las prendas mediante el prensado del aro y del bastidor en la zona donde se efectuará el bordado. Durante este periodo, la máquina permanece inactiva mientras el operador prepara manualmente los juegos de prendas, lo que incrementa el tiempo total de preparación del proceso.	Se propuso estandarizar la preparación de las prendas mediante el prensado del aro y del bastidor, definiendo un procedimiento repetible que facilite al operador la identificación de la zona de bordado. Esta mejora permitiría reducir la variabilidad asociada a la habilidad del operador y disminuir el tiempo de ejecución de la actividad externa.
44. Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.		

3.9.6 Fase 5: Desarrollar el nuevo proceso de preparación

Para facilitar la capacitación del personal operativo con el nuevo proceso de preparación de las máquinas de bordado, se llevaron a cabo las siguientes tres actividades:

1. Elaborar un diagrama de flujo de trabajo del nuevo proceso de preparación.
2. Elaborar una lista de verificación final de las actividades internas y externas.
3. Elaborar una lista de verificación de los elementos requeridos durante la preparación.

3.9.6.1 Elaborar un diagrama de flujo de trabajo del nuevo proceso de preparación.

Para elaborar el diagrama de flujo de trabajo del nuevo proceso de preparación en las máquinas de bordado (Tabla 3.53), se realizó lo siguiente:

*Tabla 3.53 Diagrama de flujo del nuevo proceso de preparación
(Diseño propio, 2025).*

Diagrama de flujo del nuevo proceso de preparación de las máquinas de bordado								
Resumen de actividades				Datos del proceso				
Tipo de actividad	Simbología	Presente		Empresa:	Empresa bajo estudio.			
		No.	Tiempo (min)	Ubicación:	Área de bordados.			
Operaciones	●	22	27.94	Operación:	Cambio de diseño de bordado.			
Transportes	➡	11	15.47	Responsable:	Jorge Álvarez López.			
Inspecciones	■	8	3.72	Fecha:				
Demoras	⏸	0	0	16 de diciembre de 2025.				
Almacenamientos	▼	3	0.42					
		44	47.55					

No.	Actividades de preparación	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenamiento	Tiempo promedio por actividad (min)
1	Revisa el estado de los conos de hilo.	●	➡	■	⏸	▼	Se realizan mientras la máquina sigue trabajando
2	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.	●	➡	■	⏸	▼	
3	Retira los elementos innecesarios y los almacena.	●	➡	■	⏸	▼	
4	Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.	●	➡	■	⏸	▼	
5	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.	●	➡	■	⏸	▼	
6	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.	●	➡	■	⏸	▼	
7	Toma un "recorte muestra" con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarla como referencia en el corte del pellón.	●	➡	■	⏸	▼	
8	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.	●	➡	■	⏸	▼	
9	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.	●	➡	■	⏸	▼	
10	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.	●	➡	■	⏸	▼	
11	Dobla las tiras por la mitad longitudinalmente.	●	➡	■	⏸	▼	
12	Utiliza el "recorte muestra" para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.	●	➡	■	⏸	▼	
13	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.	●	➡	■	⏸	▼	1.16
14	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.	●	➡	■	⏸	▼	1.02
15	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.	●	➡	■	⏸	▼	3.47
16	Prepara seis prendas iniciales, presionando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	●	➡	■	⏸	▼	1.55
17	Prepara otras seis prendas, presionando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	●	➡	■	⏸	▼	0.31
18	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.	●	➡	■	⏸	▼	0.55
19	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.	●	➡	■	⏸	▼	1.40
20	Se dirige a la computadora donde se generó el diseño y lo copia en una memoria USB.	●	➡	■	⏸	▼	0.42
21	Regresa a la máquina, introduce la memoria USB y selecciona el nuevo diseño a bordar.	●	➡	■	⏸	▼	2.22
22	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.	●	➡	■	⏸	▼	8.10
23	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.	●	➡	■	⏸	▼	0.14
24	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.	●	➡	■	⏸	▼	0.36
25	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.	●	➡	■	⏸	▼	13.25
26	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo que faltan.	●	➡	■	⏸	▼	3.25
27	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.	●	➡	■	⏸	▼	0.56
28	Regresa con los conos de hilo a la máquina.	●	➡	■	⏸	▼	1.42
29	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.	●	➡	■	⏸	▼	1.21
30	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente a cada número de aguja.	●	➡	■	⏸	▼	1.25
31	Ensarta los hilos en las agujas.	●	➡	■	⏸	▼	0.14
32	Verifica el estado de las bobinas de hilo.	●	➡	■	⏸	▼	1.14
33	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.	●	➡	■	⏸	▼	1.42
34	Retira las bobinas vacías y las coloca en un mecanismo integrado en la máquina destinado a recargarlas con hilo.	●	➡	■	⏸	▼	0.15
35	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.	●	➡	■	⏸	▼	0.14
36	Asegura los bastidores.	●	➡	■	⏸	▼	0.12
37	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.	●	➡	■	⏸	▼	1.16
38	Ajusta en el panel de la máquina el punto de origen del bordado con base en la medición previa.	●	➡	■	⏸	▼	
39	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.	●	➡	■	⏸	▼	
40	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.	●	➡	■	⏸	▼	
41	Realiza puntadas de prueba.	●	➡	■	⏸	▼	
42	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.	●	➡	■	⏸	▼	
43	Ajusta en el panel de la máquina la velocidad de bordado según las características del nuevo diseño a bordar.	●	➡	■	⏸	▼	
44	Verifica que no existan nudos ni enredos en el hilo.	●	➡	■	⏸	▼	
TOTAL:		22	11	8	0	3	47.55

El nuevo tiempo de preparación para las máquinas de bordado es de **47.55 minutos**.

- Se tomó como referencia el orden de ejecución de las actividades, presentado anteriormente en la Sección 3.9.3, resultado de la reclasificación y reorganización de las actividades de preparación.
- Se consideraron las listas actualizadas de actividades internas y externas presentadas en la Tabla 3.49 y la Tabla 3.50, respectivamente.
- Con base en los dos puntos anteriores, se elaboró el diagrama de flujo del nuevo proceso de preparación (Tabla 3.53), integrando la secuencia lógica de las actividades y su relación dentro del proceso.

3.9.6.2 Elaborar una lista de verificación final de las actividades internas y externas

Para la elaboración de la lista final de verificación de las actividades de preparación internas y externas, se tomó como referencia la clasificación actualizada, presentada en la Sección 3.9.3 y reflejada en la Tabla 3.49 y la Tabla 3.50. El resultado se presenta en la Tabla 3.54 y la Tabla 3.55.

*Tabla 3.54 Lista de verificación final para las actividades de preparación externa.
(Diseño propio, 2025).*

Lista de verificación final para las actividades externas de preparación			
Realizó:		Fecha:	
Operador:		☐ José Luis ☐ Roberto ☐ María ☐ Angelica ☐ Braulio ☐ Alan	
No.	Actividades externas de preparación	Realizó la actividad	
1	Revisa el estado de los conos de hilo.	Sí	No
2	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.	Sí	No
3	Retira los elementos innecesarios y los almacena.	Sí	No
4	Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.	Sí	No
5	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.	Sí	No
6	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.	Sí	No
7	Toma un “recorte muestra” con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarla como referencia en el corte del pellón.	Sí	No
8	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.	Sí	No
9	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.	Sí	No
10	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.	Sí	No
11	Dobra las tiras por la mitad longitudinalmente.	Sí	No
12	Utiliza el “recorte muestra” para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.	Sí	No
13	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.	Sí	No
14	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.	Sí	No
15	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.	Sí	No
16	Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	Sí	No
17	Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	Sí	No

*Tabla 3.55 Lista de verificación final para las actividades de preparación interna.
(Diseño propio, 2025).*

Lista de verificación final para las actividades internas de preparación						
Realizó:				Fecha:		
Operador:	☐ José Luis	☐ Roberto	☐ María	☐ Angelica	☐ Braulio	☐ Alan
No.	Actividades internas de preparación	Realizó la actividad				
1	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.	Sí	No			
2	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.	Sí	No			
3	Se dirige a la computadora donde se generó el diseño y lo copia en una memoria USB.	Sí	No			
4	Regresa a la máquina, introduce la memoria USB y selecciona el nuevo diseño a bordar.	Sí	No			
5	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.	Sí	No			
6	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.	Sí	No			
7	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.	Sí	No			
8	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.	Sí	No			
9	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo que faltan.	Sí	No			
10	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.	Sí	No			
11	Regresa con los conos de hilo a la máquina.	Sí	No			
12	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.	Sí	No			
13	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente a cada número de aguja.	Sí	No			
14	Ensarta los hilos en las agujas.	Sí	No			
15	Verifica el estado de las bobinas de hilo.	Sí	No			
16	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.	Sí	No			
17	Retira las bobinas vacías y las coloca en un mecanismo integrado en la máquina destinado a recargarlas con hilo.	Sí	No			
18	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.	Sí	No			
19	Asegura los bastidores.	Sí	No			
20	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.	Sí	No			
21	Ajusta en el panel de la máquina el punto de origen del bordado con base en la medición previa.	Sí	No			
22	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.	Sí	No			
23	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.	Sí	No			
24	Realiza puntadas de prueba.	Sí	No			
25	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.	Sí	No			
26	Ajusta en el panel de la máquina la velocidad de bordado según las características del nuevo diseño a bordar.	Sí	No			
27	Verifica que no existan nudos ni enredos en el hilo.	Sí	No			

3.9.6.3 Elaborar una lista de verificación de los elementos requeridos durante la preparación

Para la elaboración de la lista de verificación final de los elementos requeridos durante la preparación de las actividades internas y externas, se consideró la clasificación actualizada presentada en la Sección 3.9.3 y reflejada en la Tabla 3.49 y la Tabla 3.50. A partir de esta clasificación, se incorporaron las nuevas herramientas, accesorios y equipos necesarios para la ejecución de dichas actividades conforme al nuevo esquema de trabajo. El resultado de esta actualización se presenta en la Tabla 3.56.

Tabla 3.56 Lista de verificación final para las herramientas, accesorios y equipo requeridos.
(Diseño propio, 2025).

Lista de verificación			
Turno:	☐ De 8:00 a 14:00	☐ De 14:00 a 21:00	Fecha:
Operador:	☐ José Luis	☐ Roberto	☐ María
	☐ Angelica	☐ Braulio	☐ Alan
Herramienta	¿Se cuenta con la herramienta necesaria?		
Tijeras	Sí	No	
Pinzas de corte	Sí	No	
Cuter	Sí	No	
Repuestos para el cuter	Sí	No	
Desatornillador de cara plana	Sí	No	
Accesorio	¿Se cuenta con el accesorio necesario?		
Regla de 30 cm	Sí	No	
Conos de hilo correspondientes al diseño a bordar	Sí	No	
Conos de hilo vacíos	Sí	No	
Rollo de pellón blanco de 1.40 × 100 metros	Sí	No	
Bobinas vacías	Sí	No	
Bobinas preparadas	Sí	No	
Docena de pinzas de oficina	Sí	No	
Agujas de repuesto	Sí	No	
Marcador textil (gis)	Sí	No	
Muestra de referencia para la ubicación del bordado	Sí	No	
Filamento para el enhebrado	Sí	No	
Contenedor para elementos por almacenar	Sí	No	
Contenedor para residuos	Sí	No	
Equipo	¿Se cuenta con el equipo necesario?		
Aros en buen estado	Sí	No	
Bastidores en buen estado	Sí	No	
Memoria USB con los archivos actualizados	Sí	No	

3.9.7 Fase 6: Evaluar el tiempo ahorrado

Después de implementar el nuevo proceso de preparación de las máquinas de bordado (Sección 3.9.6), se realizó un análisis comparativo entre el nuevo y el antiguo para evaluar el impacto de las mejoras implementadas.

Es importante mencionar que la implementación de *SMED* se llevó a cabo de manera parcial, logrando desarrollar a profundidad únicamente las Fases 1 y 2, correspondientes a la separación de las actividades en internas y externas, así como a la conversión de algunas actividades internas en externas. Con base en esta observación, se elaboró la Figura 3.19, la cual permitió visualizar de manera clara el impacto de las siguientes mejoras:

1) En las **actividades internas**:

- De la Fase preliminar a la Fase 1 (separar las actividades). El tiempo total de preparación para las actividades internas disminuyó de 81.40 minutos a 65.19 minutos, lo que representó un ahorro de 16.21 minutos.
- De la Fase 1 a la Fase 2 (externalizar actividades). El tiempo total de preparación para las actividades internas pasó de 65.19 minutos a 47.55 minutos, lo que representó un ahorro de 17.64 minutos.
- De la Fase 2 a la Fase 3 (mejorar las actividades internas). **El tiempo total de preparación para las actividades internas** pasó de 47.55 minutos a **26.34 minutos**, lo que representó un ahorro de 21.21 minutos.

2) En las **actividades externas**:

- De la Fase preliminar a la Fase 1 (separar las actividades). El tiempo total de preparación para las actividades externas pasó de 0 minutos a 16.22 minutos, lo que representó un aumento de 16.22 minutos.
- De la Fase 1 a la Fase 2 (externalizar actividades). El tiempo total de preparación para las actividades externas pasó de 16.22 minutos a 33.85 minutos, lo que representó un aumento de 17.63 minutos.
- De la Fase 2 a la Fase 4 (mejorar las actividades externas). **El tiempo total de preparación para las actividades externas** pasó de 33.85 minutos a **27.89 minutos**, lo que representó un ahorro de 5.96 minutos.

3) En el **tiempo de preparación**:

- El tiempo, tras la implementación de *SMED*, se redujo de **81.40 minutos** a **26.34 minutos**, lo que **representó un ahorro total de 55.06 minutos**, equivalente a una **reducción del 67.64%** respecto al tiempo de la Fase preliminar.

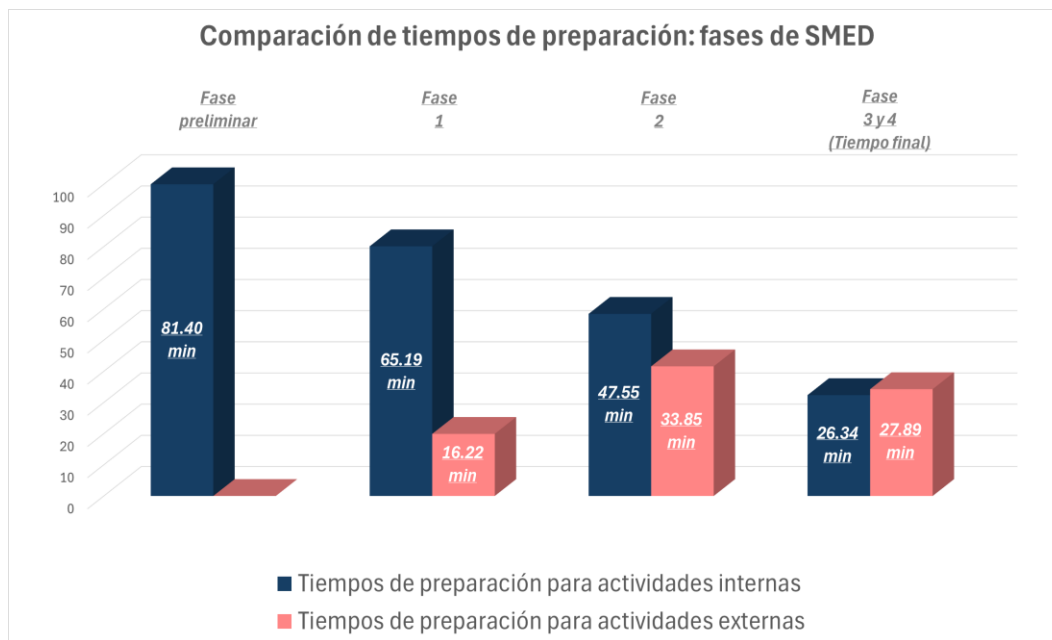


Figura 3.19 Comparación de tiempos de preparación: fases de SMED.
(Diseño propio, 2025).

3.10 Diseñar hojas de trabajo estandarizadas

Se identificó la necesidad de estandarizar el trabajo como una herramienta orientada a consolidar las mejoras obtenidas mediante la implementación de *SMED* (Sección 3.9). La estandarización del trabajo permitirá reducir la variabilidad en la ejecución de las actividades de preparación, asegurar la repetibilidad del proceso y facilitar la capacitación del personal operativo.

Si bien la aplicación de las *5S* permitió establecer condiciones de orden y control en el área de trabajo, dichas condiciones se formalizaron mediante listas de verificación; por ello, la estandarización del trabajo se enfocó únicamente en el diseño de hojas de trabajo estandarizadas para consolidar el método de preparación de las máquinas de bordado tras la implementación de *SMED*, al tratarse de una actividad que impacta en los tiempos improductivos. Para su implementación, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. Definir el propósito y el alcance del trabajo estandarizado.
2. Definir la secuencia del proceso de preparación de las máquinas de bordado.
3. Definir el método estándar.

4. Determinar los tiempos de ciclo de cada actividad del proceso.
5. Diseñar las hojas de trabajo estandarizadas.

3.10.1 Definir el propósito y el alcance del trabajo estandarizado

Esta identificación permitió delimitar el alcance del trabajo, enfocándolo en las actividades de preparación cuya secuencia y método de ejecución deben mantenerse para asegurar la repetibilidad del proceso y la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas, considerando los siguientes dos aspectos:

1) Propósito del trabajo estandarizado.

Establecer un método estándar para la preparación de la máquina de bordado que defina explícitamente la secuencia de actividades y el tiempo objetivo de cada operación, con el fin de reducir la variabilidad en los cambios de diseño y evitar incrementos en los tiempos de preparación.

2) Alcance del trabajo estandarizado.

El trabajo estandarizado abarcará únicamente las actividades comprendidas desde la liberación de la máquina (al concluir el último lote producido) hasta el inicio efectivo del bordado del nuevo diseño, excluyendo las operaciones productivas normales, las actividades de mantenimiento y las tareas administrativas ajenas al proceso de preparación.

3.10.2 Definir la secuencia del proceso de preparación de máquinas de bordado

Para la implementación del trabajo estandarizado, se consideraron las actividades internas y externas definidas con base en la implementación de *SMED*, descritas en la Sección 3.9.6.2, con el objetivo de estructurar de manera ordenada las acciones necesarias para su estandarización.

Para facilitar la aplicación de la estandarización, se presenta la secuencia definida para el proceso de preparación de las máquinas de bordado, tanto en las actividades internas (Tabla 3.57) como en las externas (Tabla 3.58).

*Tabla 3.57 Secuencia de las actividades internas de preparación.
(Diseño propio, 2025).*

<i>No.</i>	<i>Actividades internas de preparación</i>
1	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.
2	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.
3	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.
4	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.
5	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.
6	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.
7	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo faltantes.
8	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.
9	Regresa con los conos de hilo a la máquina.
10	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.
11	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente.
12	Ensarta los hilos en las agujas.
13	Verifica el estado de las bobinas de hilo.
14	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.
15	Retira las bobinas vacías y las coloca en el mecanismo integrado de recarga.
16	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.
17	Asegura los bastidores.
18	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.
19	Ajusta en el panel el punto de origen del bordado con base en la medición previa.
20	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.
21	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.
22	Realiza puntadas de prueba.
23	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.
24	Ajusta en el panel la velocidad de bordado según las características del diseño.

*Tabla 3.58 Secuencia de las actividades externas de preparación.
(Diseño propio, 2025).*

<i>No.</i>	<i>Actividades internas de preparación</i>
1	Revisa el estado de los conos de hilo.
2	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.
3	Retira los elementos innecesarios y los almacena.
4	Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.
5	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.
6	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.
7	Toma un “recorte muestra” con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarlo como referencia en el corte del pellón.
8	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.
9	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.
10	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.
11	Dobla las tiras por la mitad longitudinalmente.
12	Utiliza el “recorte muestra” para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.
13	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.
14	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.
15	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.
16	Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.
17	Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.

3.10.3 Definir el método estándar

Una vez establecida la secuencia del proceso de las actividades de preparación, se procedió a definir el método estándar para su ejecución, con el propósito de reducir la variabilidad operativa y asegurar que cada actividad se realice de manera consistente y repetible, bajo las mismas condiciones operativas, independientemente del operario que la ejecute. Para definir el método estándar se realizó lo siguiente:

1) **Agrupar actividades con objetivos operativos comunes.**

Esta actividad consistió en agrupar las actividades internas y externas de preparación con base en objetivos operativos comunes, con el fin de estructurar el proceso en etapas y facilitar su estandarización.

Las actividades internas se conformaron en los siguientes cuatro grupos de actividades:

1. Preparación de hilos y bobinas.
2. Montaje y posicionamiento del bordado.
3. Configuración del diseño.
4. Ajuste y verificación del proceso.

Las actividades externas sólo se conformaron en un grupo: preparación externa previa al cambio.

2) **Definir la secuencia de ejecución de los grupos de actividades.**

Se definió una secuencia de ejecución para los grupos anteriormente formados, estableciendo lo siguiente:

- a. Que el grupo correspondiente a la “preparación externa previa al cambio” se realice en primer lugar, al tratarse de actividades que pueden ejecutarse mientras la máquina se encuentra en operación.
- b. La secuencia de ejecución de los cuatro grupos de actividades internas de preparación es la siguiente:
 1. Configuración del diseño.
 2. Preparación de hilos y bobinas.
 3. Montaje y posicionamiento del bordado.
 4. Ajuste y verificación del proceso.

3) Ajustar la secuencia de actividades en cada grupo.

Se estableció una secuencia de ejecución de las actividades dentro de cada grupo, considerando la lógica del proceso, la reducción de desplazamientos innecesarios del operario y la continuidad del flujo de trabajo, que se presenta en la Tabla 3.59.

Tabla 3.59 Método estándar para las actividades de preparación de la máquina de bordado. (Diseño propio, 2025).

Método estándar para la preparación de las máquinas de bordados	
No.	1. Actividades para la “preparación externa previa al cambio”
1	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.
2	Retira los elementos innecesarios y los almacena.
3	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.
4	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.
5	Toma un “recorte muestra” con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarlo como referencia en el corte del pellón.
6	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.
7	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.
8	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.
9	Dobla las tiras por la mitad longitudinalmente.
10	Utiliza el “recorte muestra” para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.
11	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.
12	Revisa el estado de los conos de hilo.
13	Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.
14	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.
15	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.
16	Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.
17	Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.
No.	2. Actividades para la “configuración del diseño”
18	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.
19	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.
20	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.
21	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.
22	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.
No.	3. Actividades para la “preparación de hilos y bobinas”
23	Verifica el estado de las bobinas de hilo.
24	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.
25	Retira las bobinas vacías y las coloca en el mecanismo integrado de recarga.
26	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.
27	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo faltantes.
28	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.
29	Regresa con los conos de hilo a la máquina.
30	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.
31	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente.
32	Ensarta los hilos en las agujas.
No.	4. Actividades para el “Montaje y posicionamiento del bordado”
33	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.
34	Asegura los bastidores.
35	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.
36	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.
37	Ajusta en el panel el punto de origen del bordado con base en la medición previa.
No.	5. Actividades para los “Ajustes y verificación del proceso”
38	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.
39	Realiza puntadas de prueba.
40	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.
41	Ajusta en el panel la velocidad de bordado según las características del diseño.

3.10.4 Determinar los tiempos de ciclo de cada actividad del proceso

Con base en el método estándar definido en la Sección 3.10.3 y presentado en la Tabla 3.59, se midieron los tiempos de cada actividad del proceso de preparación de las máquinas de bordado, con el fin de cuantificar su duración en condiciones normales de operación y conforme a la nueva secuencia establecida.

Para la determinación de los tiempos de ciclo de las actividades del proceso de preparación, se realizaron las siguientes actividades:

- 1) Medición de tiempos preliminares.
- 2) Cálculo del número óptimo de mediciones.
- 3) Medición de tiempos faltantes.
- 4) Definición del tiempo estándar de preparación para las máquinas de bordado.

3.10.4.1 Medición de tiempos preliminares

Para la medición de tiempos preliminares, se decidió tomar cinco mediciones en las máquinas de bordado para obtener una muestra y, con base en ella, calcular el número óptimo de mediciones. El procedimiento utilizado fue el siguiente:

1. Establecer el marco temporal de estudio.

Con el propósito de definir un periodo de análisis que permitiera obtener datos representativos de las condiciones reales de operación, se estableció un marco temporal específico para la recolección de información. Este periodo fue determinado considerando la variabilidad operativa y la disponibilidad del proceso productivo.

Para ello, se acordaron las siguientes condiciones de ejecución:

- a. El periodo de estudio comprendió del 13 al 16 de enero de 2026.
- b. Las visitas a la empresa serían de martes a viernes, durante el primer y el segundo turno.

2. Definir el periodo de observación.

Se estableció que la duración total de cada observación sería de un turno de trabajo, equivalente a **480 minutos** (8 horas).

3. Identificar el equipo a medir.

Dado que el sistema de producción de bordado cuenta con dos máquinas (*TAJIMA* TFHX-IIC1506 y TFMX-IIC1204) para la ejecución del proceso, se determinó incluir ambas en el estudio de medición.

4. Definir el tipo de muestreo.

Dado que las mediciones se realizaron en días distintos y los turnos se seleccionaron de manera aleatoria, se optó por el muestreo aleatorio simple sin reposición, con estratificación implícita en los turnos. Los turnos seleccionados fueron los siguientes:

- 1) Día 13, Turno 2
- 2) Día 14, Turno 1
- 3) Día 15, Turno 1
- 4) Día 15, Turno 2
- 5) Día 16, Turno 1

La aplicación de este procedimiento permitió obtener un conjunto de datos representativo de las condiciones reales de operación, reduciendo posibles sesgos asociados a la selección de muestras y asegurando que los resultados generados pudieran emplearse con un nivel adecuado de confiabilidad en los análisis y cálculos posteriores.

5. Registrar los tiempos de las actividades de preparación de la máquina 1: TAJIMA TFHX-IIC1506.

Se realizaron observaciones directas y se cronometraron las actividades de los operarios en cinco turnos distintos, registrando los tiempos de ciclo de cada actividad del proceso de preparación de las máquinas de bordado.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.60.

6. Registrar los tiempos de las actividades de preparación de la máquina 2: TAJIMA TFMX-IIC1204.

Se realizaron observaciones directas y se cronometraron las actividades de los operarios en cinco turnos distintos, registrando los tiempos de ciclo de cada actividad del proceso de preparación de las máquinas de bordado.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.61.

*Tabla 3.60 Registro de tiempo para la máquina 1 con el método estándar.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 1 - TAJIMA TFXH-IIC1506							
Grupo	No.	Actividades del método estándar para la preparación de las máquinas de bordados	Medición (min)				
			1	2	3	4	5
Preparación externa previa al cambio (a)	1	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.	0.44	0.31	0.57	0.54	0.38
	2	Retira los elementos innecesarios y los almacena.	2.05	2.29	2.19	2.07	2.35
	3	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.	0.15	0.11	0.25	0.09	0.19
	4	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.	0.22	0.18	0.21	0.12	0.25
	5	Toma un "recorte muestra" con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarla como referencia en el corte del pellón.	0.26	0.21	0.30	0.32	0.27
	6	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.	0.25	0.20	0.26	0.32	0.24
	7	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.	2.44	2.22	2.55	2.19	2.52
	8	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.	0.29	0.23	0.28	0.15	0.16
	9	Dobra las tiras por la mitad longitudinalmente.	0.11	0.10	0.18	0.24	0.12
	10	Utiliza el "recorte muestra" para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.	3.17	3.26	3.18	3.00	3.27
	11	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.	0.12	0.16	0.18	0.10	0.19
	12	Revisa el estado de los conos de hilo.	0.31	0.26	0.23	0.27	0.33
	13	Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.	1.49	1.35	1.45	1.58	1.53
	14	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requiendo para el bordado.	1.26	1.07	1.31	1.27	1.14
	15	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.	0.22	0.28	0.24	0.20	0.20
	16	Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	5.21	5.42	5.13	6.19	5.07
	17	Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	5.55	6.00	5.54	5.51	5.55
Configuración de diseño (b)	18	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.	1.06	1.42	1.10	1.31	1.24
	19	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.	1.02	1.10	1.11	1.24	1.08
	20	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.	0.31	0.44	0.30	0.28	0.29
	21	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.	0.55	0.46	0.40	0.57	1.21
	22	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.	0.37	0.51	0.34	0.32	0.35
Preparación de hilos y bobinas (c)	23	Verifica el estado de las bobinas de hilo.	0.56	0.57	0.36	0.50	0.58
	24	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.	1.42	1.32	1.18	1.54	1.41
	25	Retira las bobinas vacías y las coloca en el mecanismo integrado de recarga.	1.21	1.26	1.01	1.10	1.19
	26	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.	0.42	0.47	0.34	0.30	0.35
	27	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo faltantes.	2.22	2.08	2.26	2.19	2.44
	28	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.	8.21	8.06	7.45	8.09	7.00
	29	Regresa con los conos de hilo a la máquina.	0.14	0.17	0.11	0.25	0.20
	30	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.	0.36	0.25	0.41	0.30	0.36
	31	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente.	1.44	1.47	2.11	1.46	1.57
	32	Ensarta los hilos en las agujas.	1.05	0.51	1.10	1.07	1.29
Montaje y posicionamiento del bordado (d)	33	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.	1.25	1.39	1.19	1.30	1.41
	34	Asegura los bastidores.	0.14	0.10	0.16	0.12	0.25
	35	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.	1.04	1.26	1.18	1.34	1.34
	36	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.	1.14	1.10	1.27	1.07	1.06
	37	Ajusta en el panel el punto de origen del bordado con base en la medición previa.	0.36	0.22	0.28	0.38	0.41
Ajuste y verificación del proceso (e)	38	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.	1.42	1.57	1.32	1.23	1.48
	39	Realiza puntadas de prueba.	0.15	0.10	0.11	0.22	0.25
	40	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.	0.14	0.20	0.22	0.10	0.17
	41	Ajusta en el panel la velocidad de bordado según las características del diseño.	0.12	0.08	0.10	0.16	0.11
Tiempo de actividades de preparación externas (min) (TE) = (a):			23.54	23.47	24.05	24.16	23.76
Tiempo de actividades de preparación internas (min) (TI) = (b + c + d + e):			26.10	26.11	25.41	26.44	27.04
Tiempo total de preparación (min) (TT) = (TE + TI):			49.64	49.58	49.46	50.60	50.80
Tiempo promedio de actividades de preparación externas: 23.80min							
Tiempo promedio de actividades de preparación internas: 26.22 min							
Tiempo promedio total de preparación: 50.02 min							

Tabla 3.61 Registro de tiempo para la máquina 2 con el método estándar.
(Diseño propio, 2025).

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204							
Grupo	No.	Actividades del método estándar para la preparación de las máquinas de bordados	Medición (min)				
			1	2	3	4	5
Preparación externa previa al cambio (a)	1	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.	0.43	0.44	0.48	0.45	0.42
	2	Retira los elementos innecesarios y los almacena.	2.00	2.04	2.08	2.04	2.02
	3	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.	0.28	0.17	0.20	0.16	0.14
	4	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.	0.24	0.22	0.21	0.26	0.24
	5	Toma un "recorte muestra" con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarla como referencia en el corte del pellón.	0.29	0.22	0.28	0.22	0.25
	6	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.	0.22	0.28	0.22	0.22	0.22
	7	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.	2.25	2.34	2.32	2.33	2.31
	8	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.	0.33	0.26	0.34	0.32	0.25
	9	Dobla las tiras por la mitad longitudinalmente.	0.17	0.15	0.16	0.12	0.14
	10	Utiliza el "recorte muestra" para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.	3.11	3.18	3.17	3.26	3.14
	11	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.	0.09	0.11	0.17	0.13	0.11
	12	Revisa el estado de los conos de hilo.	0.30	0.39	0.41	0.35	0.35
	13	Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.	1.48	1.47	1.53	1.48	1.54
	14	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.	1.16	1.25	1.21	1.28	1.23
	15	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.	0.11	0.24	0.18	0.23	0.27
	16	Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	5.31	5.25	5.19	5.19	5.16
	17	Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	5.51	5.57	5.58	5.58	5.59
Configuración de diseño (b)	18	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.	1.17	1.18	1.16	1.14	1.21
	19	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.	1.07	1.01	1.04	1.19	1.01
	20	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.	0.25	0.31	0.33	0.28	0.28
	21	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.	1.02	0.54	0.51	1.01	0.51
	22	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.	0.41	0.32	0.42	0.43	0.39
Preparación de hilos y bobinas (c)	23	Verifica el estado de las bobinas de hilo.	0.69	0.55	0.53	0.57	0.58
	24	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.	1.41	1.44	1.39	1.46	1.39
	25	Retira las bobinas vacías y las coloca en el mecanismo integrado de recarga.	1.08	1.23	1.24	1.21	1.31
	26	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.	0.28	0.39	0.39	0.4	0.47
	27	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo faltantes.	2.08	2.20	2.21	2.25	2.19
	28	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.	8.21	8.11	8.15	8.08	8.07
	29	Regresa con los conos de hilo a la máquina.	0.16	0.11	0.18	0.17	0.18
	30	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.	0.44	0.34	0.35	0.35	0.34
	31	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente.	1.54	1.4	1.44	1.46	1.44
	32	Ensarta los hilos en las agujas.	1.19	1.03	1.03	1.09	1.05
Montaje y posicionamiento del bordado (d)	33	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.	1.10	1.24	1.27	1.29	1.24
	34	Asegura los bastidores.	0.13	0.14	0.14	0.15	0.17
	35	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.	1.45	1.34	1.37	1.33	1.34
	36	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.	1.25	1.10	1.17	1.12	1.10
	37	Ajusta en el panel el punto de origen del bordado con base en la medición previa.	0.23	0.37	0.34	0.41	0.33
Ajuste y verificación del proceso (e)	38	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.	1.28	1.43	1.12	1.45	1.46
	39	Realiza puntadas de prueba.	0.16	0.12	0.13	0.16	0.14
	40	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.	0.06	0.13	0.16	0.11	0.15
	41	Ajusta en el panel la velocidad de bordado según las características del diseño.	0.19	0.12	0.09	0.15	0.08
Tiempo de actividades de preparación externas (min) (TE) = (a):			23.28	23.58	23.73	23.62	23.38
Tiempo de actividades de preparación internas (min) (TI) = (b + c + d + e):			26.85	26.15	26.16	27.26	26.43
Tiempo total de preparación (min) (TT) = (TE + TI):			50.13	49.73	49.89	50.88	49.81
Tiempo promedio de actividades de preparación externas: 23.52 min							
Tiempo promedio de actividades de preparación internas: 26.57 min							
Tiempo promedio total de preparación: 50.09 min							

3.10.4.2 Cálculo del número óptimo de mediciones

El cálculo del número óptimo de mediciones se realizó mediante el método estadístico por fórmula directa (Ecuación 3.16).

$$\eta = \left[\frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right]^2 \dots\dots\dots (3.16)$$

Donde:

- η = Tamaño de la muestra requerido (número de mediciones que realmente se necesitan).
- 40 = Constante de la fórmula.
- n' = Número de observaciones del estudio preliminar.
- Σx = Suma de los valores observados en la muestra preliminar.
- Σx^2 = Suma de los cuadrados de los valores observados.

Para realizar el cálculo del número óptimo de mediciones se realizaron los siguientes 3 pasos:

1. Sumar los valores observados.

Se realizaron dos tablas (Tabla 3.62 y Tabla 3.63) con el propósito de calcular los valores de Σx y Σx^2 , correspondientes a cada máquina.

*Tabla 3.62 Cálculo del tamaño de muestra óptimo para la Máquina 1.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506		
Medición	Tiempo promedio de preparación x	x^2
1	49.64	2464.13
2	49.58	2458.18
3	49.46	2446.29
4	50.60	2560.36
5	50.80	2580.64
Total	$\Sigma x = 250.08$	$\Sigma x^2 = 12509.60$

*Tabla 3.63 Cálculo del tamaño de muestra óptimo para la Máquina 2.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506		
Medición	Tiempo promedio de preparación x	x^2
1	50.13	2513.02
2	49.73	2473.07
3	49.89	2489.01
4	50.88	2588.77
5	49.81	2481.04
Total	$\Sigma x = 250.44$	$\Sigma x^2 = 12544.91$

2. Calcular el tamaño de la muestra requerido.

Se sustituyeron los valores obtenidos en el paso 1 (Tabla 3.62 y Tabla 3.63) en la Ecuación 3.16. El resultado del tamaño de muestra requerido para la Máquina 1 y la Máquina 2 se expresó en la Ecuación 3.17 y la Ecuación 3.18, respectivamente.

$$\eta_{máquina\ 1} = \left[\frac{40\sqrt{(5)(12509.60)-(250.08)^2}}{(250.08)} \right]^2 = 0.20 \approx 1 \text{ muestra} \dots\dots\dots (3.17)$$

$$\eta_{máquina\ 2} = \left[\frac{40\sqrt{(5)(12544.91)-(250.44)^2}}{(250.44)} \right]^2 = 0.11 \approx 1 \text{ muestra} \dots\dots\dots (3.18)$$

3. Definir el número de muestras por máquina.

De acuerdo con la Ecuación 3.17 y la Ecuación 3.18, se determinó que el número de mediciones por máquina para que el estudio tenga validez es 1.

3.10.4.3 Medición de tiempos faltantes

Dado que el número óptimo de mediciones requerido para garantizar la validez estadística resultó ser 1 en ambos casos (según los valores calculados en el paso 2), no fue necesario realizar mediciones adicionales a las iniciales.

3.10.4.4 Definición del tiempo estándar de preparación para las máquinas de bordado

Dado que no se realizaron mediciones adicionales, se concluyó que el tiempo promedio estándar para realizar las actividades de preparación de ambas máquinas, con base en el paso 1, fue el siguiente:

1. **Máquina 1** (tiempo estándar obtenido de la parte inferior de la Tabla 3.60):
 - El **tiempo promedio de preparación** para las **actividades externas** fue de **23.80 min.**
 - El **tiempo promedio de preparación** para las **actividades internas** fue de **26.22 min.**
 - El **tiempo promedio de preparación total** (externas más internas) fue de **50.02 min.**

2. **Máquina 2** (tiempo estándar obtenido de la parte inferior de la Tabla 3.61):

- El **tiempo promedio de preparación** para las **actividades externas** fue de **23.52 min.**
- El **tiempo promedio de preparación** para las **actividades internas** fue de **26.57 min.**
- El **tiempo promedio de preparación total** (externas más internas) fue de **50.09 min.**

3.10.5 Diseñar las hojas de trabajo estandarizadas

Con base en la secuencia del método estándar definido en la Sección 3.10.3 y los tiempos de ciclo determinados en la Sección 3.10.4, se diseñaron hojas de trabajo estandarizadas con el propósito de documentar de forma clara, sistemática y reproducible el método óptimo para ejecutar las actividades de preparación de las máquinas de bordado.

Dado que el análisis de tiempos no evidenció variaciones significativas entre las actividades que conforman el proceso, se optó por estandarizar el proceso completo de preparación, en lugar de enfocarse únicamente en las actividades críticas, mediante las siguientes actividades:

- **Elaborar una lista de verificación del proceso de preparación.**

Con el propósito de contar con una herramienta que permita verificar la correcta ejecución de las actividades de preparación de las máquinas de bordado conforme al método estándar establecido, se elaboró una lista de verificación del proceso. Para su elaboración se utilizó la información descrita en la Sección 3.10.3 y que se resume en los siguientes puntos:

- Se consideró utilizar la agrupación de actividades por objetivos operativos comunes, con el propósito de estructurar el proceso en bloques que facilitaran su comprensión, control y estandarización operativa.
- Se consideró la secuencia de ejecución de los grupos de actividades internas y externas, definida previamente, a fin de asegurar un orden lógico de trabajo que favoreciera la continuidad del flujo del proceso y la reducción de tiempos improductivos.

- Se consideró la secuencia de actividades individuales dentro de cada grupo, previamente presentada con detalle en la Tabla 3.59.
- Se presentó la lista de verificación del proceso de preparación estandarizado (Tabla 3.64) con base en los puntos anteriores.

*Tabla 3.64 Lista de verificación del proceso estandarizado para la preparación de las máquinas de bordado.
(Diseño propio, 2025).*

Lista de verificación del proceso estandarizado para la preparación de las máquinas de bordado						
Realizó:			Fecha:			
Operador:			☐ José Luis ☐ Roberto ☐ María ☐ Angelica ☐ Braulio ☐ Alan			
Tipo	Grupo	No.	Actividades del método estándar para la preparación de las máquinas de bordados	Realizó la actividad		
Actividades externas de preparación	Preparación externa previa al cambio	1	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.	Si	No	
		2	Retira los elementos innecesarios y los almacena.	Si	No	
		3	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.	Si	No	
		4	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.	Si	No	
		5	Toma un "recorte muestra" con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarla como referencia en el corte del pellón.	Si	No	
		6	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de pellón.	Si	No	
		7	Corta tres tiras de pellón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.	Si	No	
		8	Regresa al área de bordado con las tres tiras de pellón.	Si	No	
		9	Dobla las tiras por la mitad longitudinalmente.	Si	No	
		10	Utiliza el "recorte muestra" para recortar rectángulos de pellón a partir de las tiras dobladas.	Si	No	
		11	Coloca los recortes de pellón a un costado de la máquina.	Si	No	
		12	Revisa el estado de los conos de hilo.	Si	No	
		13	Se dirige al anaquel y busca los elementos faltantes para trabajar.	Si	No	
		14	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.	Si	No	
		15	Regresa a su área de trabajo con los elementos faltantes y los organiza sobre su mesa.	Si	No	
		16	Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	Si	No	
		17	Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	Si	No	
Actividades internas de preparación	Configuración de diseño	18	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.	Si	No	
		19	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.	Si	No	
		20	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.	Si	No	
		21	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.	Si	No	
		22	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.	Si	No	
	Preparación de hilos y bobinas	23	Verifica el estado de las bobinas de hilo.	Si	No	
		24	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.	Si	No	
		25	Retira las bobinas vacías y las coloca en el mecanismo integrado de recarga.	Si	No	
		26	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.	Si	No	
		27	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo faltantes.	Si	No	
		28	Se dirige a reacondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.	Si	No	
		29	Regresa con los conos de hilo a la máquina.	Si	No	
		30	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.	Si	No	
		31	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente.	Si	No	
		32	Ensarta los hilos en las agujas.	Si	No	
	Montaje y posicionamiento del bordado	33	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.	Si	No	
		34	Asegura los bastidores.	Si	No	
		35	Coloca los recortes de pellón debajo del área a bordar de cada prenda.	Si	No	
		36	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.	Si	No	
		37	Ajusta en el panel el punto de origen del bordado con base en la medición previa.	Si	No	
	Ajuste y verificación del proceso	38	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.	Si	No	
		39	Realiza puntadas de prueba.	Si	No	
		40	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.	Si	No	
		41	Ajusta en el panel la velocidad de bordado según las características del diseño.	Si	No	

○ **Diseñar la hoja de trabajo estandarizada.**

Con el propósito de representar gráficamente la secuencia del proceso de preparación en las máquinas de bordado conforme al nuevo método estándar, se incluyó en la hoja de trabajo un diagrama de flujo del proceso, orientado a facilitar la comprensión del nuevo método de trabajo, reforzar su correcta ejecución y apoyar las actividades de capacitación y supervisión operativa. Para su elaboración se utilizó la información desarrollada en la Sección 3.10.3, así como el promedio de ambos tiempos de ciclo evaluados en la Sección 3.10.4; el resultado se ilustra a continuación en la Tabla 3.65.

*Tabla 3.65 Hoja de trabajo estandarizada para las actividades de preparación.
(Diseño propio, 2025).*

Diagrama de flujo del proceso estandarizado de preparación de las máquinas de bordado									
Resumen de actividades						Datos del proceso			
Tipo de actividad	Simbología	Pasado		Presente		Empresa: Empresa bajo estudio.			
		No.	Tiempo (min)	No.	Tiempo (min)	Ubicación: Área de bordados.			
Operaciones	●	22	53.21	22	30.08	Operación: Cambio de diseño de bordado.			
Transportes	➡	11	19.43	9	12.72	Responsable: Jorge Álvarez López.			
Inspecciones	■	8	4.50	7	3.48	Fecha: 24 de enero de 2026.			
Demoras	■	0	0	0	0				
Almacenamientos	▼	3	4.26	3	3.78				
		44	81.40	41	50.06				

Tipo de actividad	Grupo	No.	Actividades de preparación del método estándar	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacén	Tiempo promedio por actividad (min)
Actividades externas de preparación	(a)	1	Verifica que su área de trabajo cuente sólo con los elementos: herramientas, accesorios y equipo; requeridos para trabajar.	●	➡	■	■	▼	0.45
		2	Retira los elementos innecesarios y los almacena.	●	➡	■	■	▼	2.19
		3	Se dirige a la zona de almacenamiento temporal para recoger las prendas por bordar.	●	➡	■	■	▼	0.16
		4	Regresa al área de bordado y coloca las prendas a su alcance.	●	➡	■	■	▼	0.20
		5	Toma un "recorte muestra" con las dimensiones del nuevo diseño a bordar para usarlo como referencia en el corte del peñón.	●	➡	■	■	▼	0.27
		6	Se dirige al área posterior donde se encuentra el rollo de peñón.	●	➡	■	■	▼	0.25
		7	Corta tres tiras de peñón al doble del alto del nuevo diseño a bordar.	●	➡	■	■	▼	2.38
		8	Regresa al área de bordado con las tres tiras de peñón.	●	➡	■	■	▼	0.22
		9	Dobla las tiras por la mitad longitudinalmente.	●	➡	■	■	▼	0.15
		10	Utiliza el "recorte muestra" para recortar rectángulos de peñón a partir de las tiras dobladas.	●	➡	■	■	▼	3.18
		11	Coloca los recortes de peñón a un costado de la máquina.	●	➡	■	■	▼	0.15
		12	Revisa el estado de los conos de hilo.	●	➡	■	■	▼	0.28
		13	Se dirige al anaquel y busca los elementos filantes para trabajar.	●	➡	■	■	▼	1.48
		14	Sustituye los aros y bastidores por otros del tamaño requerido para el bordado.	●	➡	■	■	▼	1.21
		15	Regresa a su área de trabajo con los elementos filantes y los organiza sobre su mesa.	●	➡	■	■	▼	0.23
		16	Prepara seis prendas iniciales, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	●	➡	■	■	▼	5.40
		17	Prepara otras seis prendas, prensando el aro y el bastidor en la zona donde se realizará el bordado.	●	➡	■	■	▼	5.63
Actividades internas de preparación	(b)	18	Activa el bloqueo manual de las agujas para evitar su descenso.	●	➡	■	■	▼	1.23
		19	Revisa en el panel de la máquina si el nuevo diseño a bordar está disponible en la memoria interna.	●	➡	■	■	▼	1.11
		20	Verifica en el panel las especificaciones de tamaño y colores del nuevo diseño.	●	➡	■	■	▼	0.32
		21	Revisa en el panel la secuencia de colores programada para el nuevo diseño.	●	➡	■	■	▼	0.64
		22	Asigna en el panel los colores programados al número de aguja correspondiente.	●	➡	■	■	▼	0.38
	(c)	23	Verifica el estado de las bobinas de hilo.	●	➡	■	■	▼	0.51
		24	Sustituye las bobinas vacías por otras nuevas.	●	➡	■	■	▼	1.37
		25	Retira las bobinas vacías y las coloca en el mecanismo integrado de recarga.	●	➡	■	■	▼	1.15
		26	Retira los conos de hilo que no serán utilizados y los próximos a terminarse.	●	➡	■	■	▼	0.38
		27	Se dirige al anaquel de materiales, devuelve los conos no utilizados y toma los conos de hilo filantes.	●	➡	■	■	▼	2.24
		28	Se dirige a recondicionar los conos próximos a agotarse cuando no hay repuestos sellados disponibles.	●	➡	■	■	▼	7.76
		29	Regresa con los conos de hilo a la máquina.	●	➡	■	■	▼	0.17
		30	Coloca los conos de hilo en las posiciones correspondientes a cada número de aguja.	●	➡	■	■	▼	0.34
		31	Enhebra los hilos pasándolos por las guías y el conjunto tensor correspondiente.	●	➡	■	■	▼	1.61
		32	Ensarta los hilos en las agujas.	●	➡	■	■	▼	1.00
	(d)	33	Coloca los bastidores preparados en los soportes de la máquina.	●	➡	■	■	▼	1.31
		34	Asegura los bastidores.	●	➡	■	■	▼	0.15
		35	Coloca los recortes de peñón debajo del área a bordar de cada prenda.	●	➡	■	■	▼	1.23
		36	Mide con la máquina la zona donde se realizará el bordado.	●	➡	■	■	▼	1.13
		37	Ajusta en el panel el punto de origen del bordado con base en la medición previa.	●	➡	■	■	▼	0.33
	(e)	38	Desactiva el bloqueo manual de las agujas.	●	➡	■	■	▼	1.40
		39	Realiza puntadas de prueba.	●	➡	■	■	▼	0.17
		40	Verifica el resultado de las puntadas de prueba.	●	➡	■	■	▼	0.17
		41	Ajusta en el panel la velocidad de bordado según las características del diseño.	●	➡	■	■	▼	0.11
Tiempo Total (a + b + c + d + e) =				22	9	7	0	3	50.06

(a) : El tiempo de preparación para las actividades externas es de **23.84 minutos**.

(b+c+d+e) : El tiempo de preparación para las actividades internas es de **26.22 minutos**.

(a+b+c+d+e) : El tiempo total de preparación para las máquinas de bordado es de **50.06 minutos**.

- **Definir los resultados del proceso estandarizado.**

Con base en la comparación entre el diagrama de flujo del proceso previo a la estandarización (Tabla 3.53) y el diagrama de flujo del proceso estandarizado (Tabla 3.65), se obtuvieron los siguientes resultados:

- a. Previo a la estandarización (Pasado):**

- El tiempo de preparación correspondiente a las **actividades externas** fue de 33.85 minutos.
- El tiempo de preparación correspondiente a las **actividades internas** fue de 47.5 minutos.
- El tiempo total de preparación de las máquinas de bordado, considerando todo el proceso, fue de 81.40 minutos, distribuido en 44 actividades: 22 corresponden a operaciones, 11 a transportes, 8 a inspecciones, 3 a almacenamientos y 0 a demora.

- b. Con estandarización (Presente):**

- El tiempo de preparación de las **actividades externas** disminuyó de 33.85 minutos a 23.84 minutos.
- El tiempo de preparación correspondiente a las **actividades internas**, integradas por los grupos de configuración del diseño, preparación de hilos y bobinas, montaje y posicionamiento del bordado y ajuste y verificación del proceso, se redujo de 47.55 minutos a 26.22 minutos.
- El tiempo total de preparación de las máquinas de bordado, considerando todo el proceso, es de 50.06 minutos; ahora distribuido en 41 actividades: 22 corresponden a operaciones, 9 a transportes, 7 a inspecciones, 3 a almacenamientos y 0 a demora.

3.11 Capacitar al personal y proponer la continuidad de la implementación de las hojas de trabajo estandarizadas

Para garantizar la correcta adopción y aplicación de las hojas de trabajo estandarizadas diseñadas en la Sección 3.10.5, se han realizado las siguientes acciones orientadas a integrar

el método estándar de preparación de las máquinas de bordado en la operación diaria y a capacitar a los trabajadores para asegurar su uso consistente en condiciones reales de trabajo:

1. Imprimir las hojas de trabajo estandarizadas en formato físico.

Se seleccionó un tamaño de impresión adecuado para facilitar su consulta durante la preparación de las máquinas de bordado en el entorno productivo.

2. Proteger las hojas de trabajo estandarizadas.

Se procedió a colocar las hojas en protectores plásticos para prevenir su deterioro por la exposición a la suciedad derivada de su manipulación constante.

3. Colocar las hojas de trabajo estandarizadas en puntos visibles de trabajo.

Se ubicaron las hojas en áreas accesibles y cercanas a las máquinas de bordado, asegurando su disponibilidad durante la ejecución de las actividades de preparación, como se muestra en la Figura 3.20.

4. Presentar la lista de verificación y las hojas de trabajo estandarizadas a los trabajadores involucrados en el área de bordado.

Con el fin de garantizar la correcta ejecución del proceso, se presentó a los trabajadores involucrados en el área de bordado una lista de verificación y hojas de trabajo estandarizadas, herramientas fundamentales para asegurar que cada etapa se cumpla conforme al procedimiento establecido. A continuación, se detallaron las indicaciones específicas para el uso adecuado de estas herramientas:

a. Lista de verificación del proceso de preparación.

Se instruyó a los trabajadores lo siguiente:

- Que la lista de verificación tiene como finalidad asegurar que las actividades se ejecuten conforme a la secuencia establecida.
- Que la lista de verificación muestra actividades y grupos de actividades.
- Que la lista de verificación, durante la preparación de las máquinas, ayudara a confirmar el cumplimiento de cada etapa del proceso.

b. Hojas de trabajo estandarizadas.

Se instruyó a los trabajadores lo siguiente:

- Que las hojas de trabajo permiten visualizar de manera integral el proceso de preparación de las máquinas de bordado.

- Que las hojas de trabajo muestran la secuencia de actividades externas e internas.
- Que las hojas de trabajo sirven como guía visual para comprender y seguir el método estándar durante la operación.

Una vez completadas las primeras acciones para integrar las hojas de trabajo estandarizadas en el proceso de bordado, el siguiente paso es ejecutarlas y observar su rendimiento en condiciones reales de operación. A continuación, se detallan las actividades propuestas para evaluar y mejorar la aplicación de las hojas de trabajo estandarizadas:

1. Ejecutar pruebas piloto del método estandarizado en condiciones reales de operación.

Se propuso aplicar las hojas de trabajo estandarizadas durante la preparación de las máquinas de bordado, con el fin de evaluar su funcionalidad, claridad y facilidad de uso en condiciones reales de operación en el entorno productivo.

2. Observar la ejecución del proceso durante las pruebas piloto.

Se propuso supervisar la ejecución del proceso durante la aplicación de las hojas de trabajo estandarizadas, verificando el cumplimiento de la secuencia establecida y de los tiempos de ciclo definidos.

3. Recopilar retroalimentación del personal operativo.

Se propuso recabar los comentarios de los trabajadores sobre la aplicación de las hojas de trabajo, a fin de identificar oportunidades de mejora en su contenido y formato.



Figura 3.20 Ubicación de las hojas de trabajo estandarizadas al costado de la máquina 1. (Diseño propio, 2025).

3.12 Medir indicadores de desempeño después de la mejora

Una vez implementadas las *5S*, *SMED* y la estandarización del trabajo en el área de bordado (Secciones 3.8, 3.9 y 3.10), se realizó nuevamente la medición de los indicadores de desempeño definidos previamente en la Sección 3.5: **disponibilidad de equipo, índice de eficacia global (*OEE*) e índice de organización del área de trabajo**; con el fin de evaluar el impacto de las mejoras respecto a la situación inicial. Para ello, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

1. Medir la tasa de disponibilidad tras la mejora.
2. Medir la tasa de rendimiento tras la mejora.
3. Medir la tasa de calidad tras la mejora.
4. Calcular el *OEE* de las máquinas de bordado tras la mejora.
5. Medir el índice de organización del área de trabajo tras la mejora.

3.12.1 Medir la tasa de disponibilidad tras la mejora

Para medir la tasa de disponibilidad de las máquinas de bordado después de la mejora, se realizaron seis mediciones en cada una de ellas durante el periodo comprendido entre el 3 y el 10 de febrero de 2026, correspondiente a una semana de operación. Las mediciones se efectuaron en los turnos primero y segundo. Este periodo se seleccionó debido a la estabilidad observada en la demanda de producción, lo que permitió realizar mediciones a un ritmo de trabajo constante. El procedimiento utilizado fue el mismo que se describió previamente en la Sección 3.6.1. Los turnos seleccionados fueron los siguientes:

1. Día 3, Turno 2
2. Día 5, Turno 1
3. Día 5, Turno 2
4. Día 7, Turno 1
5. Día 9, Turno 1
6. Día 10, Turno 1

El resultado de esta actividad se muestra en la Tabla 3.66 y la Tabla 3.67.

*Tabla 3.66 Medición de la disponibilidad en la Máquina 1 después de la mejora.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506						
Medición	Tiempo Disponible de Operación (min) α	Fallas de proceso o de equipo (min) b	Cambios de proceso / Preparación (min) c	Arranques y esperas (min) d	Tiempo de Operación (min) $e = \alpha - [b+c+d]$	Disponibilidad (%) $f = e/\alpha$
1	480	14.5	50.1	3.5	411.9	85.81%
2	480	15.4	48.5	3.3	412.8	86.00%
3	480	11.5	53.3	3.1	412.1	85.85%
4	480	10.2	58.1	4.5	407.2	84.83%
5	480	15.5	55.5	4.2	404.8	84.33%
6	480	13.4	49.4	3.5	413.7	86.19%
Disponibilidad promedio: 85.50% Tiempo de Operación promedio: 410.42 min Tiempo aproximado mensual (24 días hábiles): 164.17 hrs						

*Tabla 3.67 Medición de la disponibilidad en la Máquina 2 después de la mejora.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204						
Medición	Tiempo Disponible de Operación (min) α	Fallas de proceso o de equipo (min) b	Cambios de proceso / Preparación (min) c	Arranques y esperas (min) d	Tiempo de Operación (min) $e = \alpha - [b+c+d]$	Disponibilidad (%) $f = e/\alpha$
1	480	9.3	47.5	4.1	419.1	87.31%
2	480	8.2	48.1	4.5	419.2	87.33%
3	480	8.5	48.3	5.3	417.9	87.06%
4	480	10.1	49.1	6.4	414.4	86.33%
5	480	11.2	45.3	5.1	418.4	87.17%
6	480	8.5	47.5	5.4	418.6	87.21%
Disponibilidad promedio: 87.07% Tiempo de Operación promedio: 417.93 min Tiempo aproximado mensual (24 días hábiles): 181.10 hrs						

3.12.2 Medir la tasa de rendimiento tras la mejora

Para medir la tasa de rendimiento de las máquinas de bordado después de la mejora, se realizaron las mediciones bajo las mismas condiciones operativas, periodo de observación, número de registros y turnos de trabajo descritos para la medición de la tasa de disponibilidad (Sección 3.12.1), con el fin de asegurar la comparabilidad directa de los resultados. Asimismo, se utilizó el mismo procedimiento metodológico establecido previamente en la Sección 3.6.2. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.68 y la Tabla 3.69.

*Tabla 3.68 Medición del rendimiento de la Máquina 1 después de la mejora.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506							
Medición	Tiempo de operación (min) a	Paros menores (min) b	Tiempo de ocio (min) c	Perdidas de velocidad (min) d	Perdidas por ajustes (min) e	Tiempo productivo (min) $f = a - [b+c+d+e]$	Tasa de rendimiento (%) $g = f/a$
1	411.9	12.1	15.5	8.4	9.4	366.5	88.98%
2	412.8	11.2	14.3	7.2	7.3	372.8	90.31%
3	412.1	14.1	11.2	5.5	8.1	373.2	90.56%
4	407.2	15.2	15.3	7.4	9.2	360.1	88.43%
5	404.8	11.4	12.3	5.1	7.5	368.5	91.03%
6	413.7	10.5	14.1	6.2	7.1	375.8	90.84%
Tasa de rendimiento promedio: 90.03% Tiempo productivo promedio: 369.48 min Tiempo productivo aproximado mensual (24 días hábiles): 147.79 hrs							

*Tabla 3.69 Medición del rendimiento de la Máquina 2, después de la mejora.
(Diseño propio, 2025).*

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204							
Medición	Tiempo de operación (min) a	Paros menores (min) b	Tiempo de ocio (min) c	Perdidas de velocidad (min) d	Perdidas por ajustes (min) e	Tiempo productivo (min) $f = a - [b+c+d+e]$	Tasa de rendimiento (%) $g = f/a$
1	419.1	6.5	19.4	3.3	4.4	385.5	91.98%
2	419.2	8.2	17.1	5.5	6.4	382	91.13%
3	417.9	10.4	14.5	6.1	8.4	378.5	90.57%
4	414.4	5.3	17.4	3.5	8	380.2	91.75%
5	418.4	8.1	16.5	7.0	4.2	382.6	91.44%
6	418.6	9.5	18.4	7.2	10.5	373	89.11%
Tasa de rendimiento promedio: 91.00% Tiempo productivo promedio: 380.30 min Tiempo productivo aproximado mensua (24 días hábiles): 164.80 hr							

3.12.3 Medir la tasa de calidad tras la mejora

Para el cálculo de la tasa de calidad de las máquinas de bordado después de la mejora, se realizaron las mediciones bajo las mismas condiciones operativas, periodo de observación, número de registros y turnos de trabajo descritos para la medición de la tasa de disponibilidad (Sección 3.12.1), con el fin de asegurar la comparabilidad directa de los resultados. Asimismo, se utilizó el mismo procedimiento metodológico establecido previamente en la Sección 3.6.3. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.70 y la Tabla 3.71.

Tabla 3.70 Resumen del cálculo de la tasa de calidad de la Máquina 1 después de la mejora.
(Diseño propio, 2025).

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506				
Medición	No. Unidades Totales A	No. Unidades conformes B	No. Unidades no conformes C	Tasa de calidad (%) D = B/A
1	90	86	4	95.56%
2	84	84	0	100.00%
3	80	80	0	100.00%
4	76	72	4	94.74%
5	87	81	6	93.10%
6	70	66	4	94.29%
Tasa de calidad promedio: 96.28% Promedio de unidades conformes: 78.17 prendas Promedio de unidades no conformes: 3.0 prendas				

Tabla 3.71 Resumen del cálculo de la tasa de calidad de la Máquina 2 después de la mejora.
(Diseño propio, 2025).

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204				
Medición	No. Unidades Totales a	No. Unidades conformes b	No. Unidades no conformes c	Tasa de calidad (%) d = b/a
1	76	73	3	96.05%
2	70	68	2	97.14%
3	64	64	0	100.00%
4	67	67	0	100.00%
5	78	75	3	96.15%
6	56	54	2	96.43%
Tasa de calidad promedio: 97.63% Promedio de unidades conformes: 66.83 prendas Promedio de unidades no conformes: 1.7 prendas				

3.12.4 Calcular el *OEE* de las máquinas de bordado tras la mejora

Para el cálculo del índice de Eficacia Global de los Equipos (*OEE*) después de la mejora, se emplearon los valores obtenidos de la tasa de disponibilidad (Sección 3.12.1), la tasa de rendimiento (Sección 3.12.2) y la tasa de calidad (Sección 3.12.3), correspondientes a las dos máquinas de bordado del área piloto, aplicando la metodología establecida previamente en la Sección 3.6.4. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.72 y la Tabla 3.73, donde se muestra la calificación del desempeño de cada máquina, con base en la clasificación de la Tabla 3.21.

Tabla 3.72 Cálculo del OEE para la Máquina 1 después de la mejora.
(Diseño propio, 2025).

Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506							
Factor \ Medición	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	Promedio %
Tasa de disponibilidad A	85.81	86.00	85.85	84.83	84.33	86.19	85.50
Tasa de rendimiento B	88.98	90.31	90.56	88.43	91.03	90.84	90.03
Tasa de calidad C	95.56	100	100	94.74	93.1	94.29	96.28
Eficacia global de la máquina 1 $D = (A*B*C)/(100*100)$	72.96	77.67	77.75	71.07	71.47	73.82	74.11
Clasificación del desempeño de la máquina de bordado	Regular	Aceptable	Aceptable	Regular	Regular	Regular	Regular

Tabla 3.73 Cálculo del OEE para la Máquina 2 después de la mejora.
(Diseño propio, 2025).

Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204							
Factor \ Medición	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	Promedio %
Tasa de disponibilidad A	87.31	87.33	87.06	86.33	87.17	87.21	87.07
Tasa de rendimiento B	91.98	91.13	90.57	91.75	91.44	89.11	91.00
Tasa de calidad C	96.05	97.14	100	100	96.15	96.43	97.63
Eficacia global de la máquina 1 $D = (A*B*C)/(100*100)$	77.14	77.31	78.85	79.21	76.64	74.94	77.36
Clasificación del desempeño de la máquina 2	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Regular	Aceptable

3.12.5 Medir el índice de organización del área de trabajo tras la mejora

Para medir el índice de organización del área de trabajo después de la mejora, se realizaron las evaluaciones bajo las mismas condiciones operativas, periodo de observación, número de registros y turnos de trabajo descritos en la Sección 3.12.1, con el fin de asegurar la comparabilidad directa de los resultados. Asimismo, se utilizó el mismo procedimiento metodológico establecido previamente en la Sección 3.6.5. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.74 y la Tabla 3.75.

*Tabla 3.74 Checklist para evaluar el índice de organización de la Máquina 1.
(Diseño propio, 2025).*

		Área a evaluar: Máquina 1 - TAJIMA TFHX-IIC1506																					
Ubicación:		Empresa bajo estudio - Área piloto		Proyecto:		Medición del índice de organización del área de trabajo.																	
Descripción de la evaluación <table border="1"> <thead> <tr> <th>Valor</th> <th>Significado</th> <th>Valor</th> <th>Significado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>Excelente (cumple totalmente y de manera continua).</td> <td>2</td> <td>Deficiente (cumple de forma mínima o irregular).</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Bueno (cumple casi por completo, con mínimas desviaciones).</td> <td>1</td> <td>Inaceptable (no cumple en absoluto el criterio).</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Regular (cumple parcialmente, con deficiencias visibles).</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Valor	Significado	Valor	Significado	5	Excelente (cumple totalmente y de manera continua).	2	Deficiente (cumple de forma mínima o irregular).	4	Bueno (cumple casi por completo, con mínimas desviaciones).	1	Inaceptable (no cumple en absoluto el criterio).	3	Regular (cumple parcialmente, con deficiencias visibles).		
Valor	Significado	Valor	Significado																				
5	Excelente (cumple totalmente y de manera continua).	2	Deficiente (cumple de forma mínima o irregular).																				
4	Bueno (cumple casi por completo, con mínimas desviaciones).	1	Inaceptable (no cumple en absoluto el criterio).																				
3	Regular (cumple parcialmente, con deficiencias visibles).																						
Criterio de evaluación				Mediciones																			
No.	Categoría	Criterio de evaluación	1	2	3	4	5																
1	<i>Seiri</i>	¿Se han retirado materiales innecesarios del área de trabajo?	5	5	5	5	5																
2		¿Se conservan sólo los insumos y herramientas necesarios para la operación actual?	5	5	5	5	5																
3	<i>Seiton</i>	¿Las herramientas y materiales están ubicados en su lugar designado?	5	4	4	5	4																
4		¿El flujo de materiales sigue una secuencia lógica?	5	5	5	5	5																
5		¿Las áreas críticas de la máquina están despejadas?	5	5	5	5	5																
6		¿Los pasillos y zonas de acceso están libres de obstrucciones?	5	4	4	4	5																
7	<i>Seison</i>	¿Las superficies de trabajo y máquinas están limpias y libres de residuos?	5	5	5	5	5																
8		¿Las herramientas están limpias y listas para usarse?	5	5	5	5	5																
9		¿Se realiza un programa de limpieza al final de cada turno?	5	5	5	5	5																
10	<i>Seiktsu</i>	¿Hay señalización visual clara en el área de trabajo (líneas, colores, carteles)?	4	4	4	4	4																
11		¿Se siguen formatos estandarizados para organizar los insumos?	4	4	4	4	4																
12	<i>Shitsuke</i>	¿Se devuelven las herramientas a su lugar después de usarlas?	5	5	5	5	5																
13		¿Se cumplen las normas de orden y limpieza de forma constante, sin supervisión?	4	5	4	5	4																
14		¿Existen registros de sugerencias de mejora continua en la organización?	5	5	5	5	5																
Puntaje total <i>PT</i>			67	66	65	67	66																
Índice de Organización $IO = (PT/70) * 100$			95.71	94.29	92.86	95.71	94.29																
Observaciones: Índice de Organización del área de trabajo promedio: 94.52%																							

Tabla 3.75 Checklist para evaluar el índice de organización de la Máquina 2.
(Diseño propio, 2025).

		Área a evaluar: Máquina 2 - TAJIMA TFMX-IIC1204																					
Ubicación:		Empresa bajo estudio - Área piloto		Proyecto:		Medición del índice de organización del área de trabajo.																	
Descripción de la evaluación <table border="1"> <thead> <tr> <th>Valor</th> <th>Significado</th> <th>Valor</th> <th>Significado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>Excelente (cumple totalmente y de manera continua).</td> <td>2</td> <td>Deficiente (cumple de forma mínima o irregular).</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Bueno (cumple casi por completo, con mínimas desviaciones).</td> <td>1</td> <td>Inaceptable (no cumple en absoluto el criterio).</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Regular (cumple parcialmente, con deficiencias visibles).</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Valor	Significado	Valor	Significado	5	Excelente (cumple totalmente y de manera continua).	2	Deficiente (cumple de forma mínima o irregular).	4	Bueno (cumple casi por completo, con mínimas desviaciones).	1	Inaceptable (no cumple en absoluto el criterio).	3	Regular (cumple parcialmente, con deficiencias visibles).		
Valor	Significado	Valor	Significado																				
5	Excelente (cumple totalmente y de manera continua).	2	Deficiente (cumple de forma mínima o irregular).																				
4	Bueno (cumple casi por completo, con mínimas desviaciones).	1	Inaceptable (no cumple en absoluto el criterio).																				
3	Regular (cumple parcialmente, con deficiencias visibles).																						
Criterio de evaluación				Mediciones																			
No.	Categoría	Criterio de evaluación	1	2	3	4	5																
1	Seiri	¿Se han retirado materiales innecesarios del área de trabajo?	5	5	5	5	5																
2		¿Se conservan sólo los insumos y herramientas necesarios para la operación actual?	5	5	5	5	5																
3	Seiton	¿Las herramientas y materiales están ubicados en su lugar designado?	5	5	5	5	5																
4		¿El flujo de materiales sigue una secuencia lógica?	5	5	5	5	5																
5		¿Las áreas críticas de la máquina están despejadas?	5	5	5	5	5																
6		¿Los pasillos y zonas de acceso están libres de obstrucciones?	5	5	5	5	5																
7	Seison	¿Las superficies de trabajo y máquinas están limpias y libres de residuos?	5	5	5	5	5																
8		¿Las herramientas están limpias y listas para usarse?	5	5	5	5	5																
9		¿Se realiza un programa de limpieza al final de cada turno?	5	5	5	5	5																
10	Seiktsu	¿Hay señalización visual clara en el área de trabajo (líneas, colores, carteles)?	4	4	4	4	4																
11		¿Se siguen formatos estandarizados para organizar los insumos?	4	4	4	4	4																
12	Shitsuke	¿Se devuelven las herramientas a su lugar después de usarlas?	5	5	5	5	5																
13		¿Se cumplen las normas de orden y limpieza de forma constante, sin supervisión?	4	5	4	4	5																
14		¿Existen registros de sugerencias de mejora continua en la organización?	5	5	5	5	5																
Puntaje total PT			67	68	67	67	68																
Índice de Organización $IO = (PT/70) * 100$			95.71	97.14	95.71	95.71	97.14																
Observaciones: Índice de Organización del área de trabajo promedio: 96.19%																							

3.13 Validar estadísticamente el grado de mejora

Una vez realizada la medición de los indicadores de desempeño tras las mejoras (Sección 3.12), se procedió a validar estadísticamente el grado de mejora alcanzado, con el propósito de determinar si los cambios observados son estadísticamente significativos en comparación con la situación inicial. Para ello, se aplicaron pruebas de hipótesis para contrastar los resultados obtenidos antes y después de la mejora, mediante las siguientes actividades:

1. Validar estadísticamente la mejora en la tasa de disponibilidad de la Máquina 1.
2. Validar estadísticamente la mejora en la tasa de disponibilidad de la Máquina 2.
3. Validar estadísticamente la mejora del *OEE de la Máquina 1*.
4. Validar estadísticamente la mejora del *OEE de la Máquina 2*.
5. Validar estadísticamente la mejora del índice de organización de la Máquina 1.
6. Validar estadísticamente la mejora del índice de organización de la Máquina 2.

3.13.1 Validar estadísticamente la mejora en la tasa de disponibilidad de la Máquina 1

Con el fin de evaluar si el incremento en la tasa de disponibilidad es atribuible a la implementación de las técnicas de mejora y no al azar, se realizó una prueba de hipótesis para comparar las medias antes y después de dicha implementación en la Máquina 1. Para ello, se siguió el procedimiento metodológico descrito en la Sección 2.5.2.4, que se estructura a través de los siguientes pasos:

1. **Elección del parámetro más representativo del problema.**

Se seleccionó como parámetro de interés la media (μ) de la tasa de disponibilidad de la Máquina 1, ya que es una variable cuantitativa continua, expresada en porcentaje, que facilitará la comparación entre ambas condiciones: antes y después de la mejora.

2. **Determinación del tipo de hipótesis.**

Dado que el objetivo del estudio es demostrar una mejora en la tasa de disponibilidad, se estableció un contraste unilateral de cola derecha, ya que se busca evidenciar un incremento tras la mejora.

3. **Planteamiento de hipótesis.**

Las hipótesis se formularon de la siguiente manera:

- Hipótesis nula (H_0): $\mu_2 \leq \mu_1$
- Hipótesis alternativa (H_1): $\mu_2 > \mu_1$

Donde:

- μ_1 = la media de la tasa de disponibilidad previa a la mejora.
- μ_2 = la media de la tasa de disponibilidad tras la mejora.

La hipótesis nula establece que no existe mejora o que la tasa de disponibilidad no aumentó, mientras que la hipótesis alternativa plantea que la implementación de las técnicas de mejora incrementó dicha tasa.

4. Nivel de significancia y tamaño de la muestra.

Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, equivalente a una probabilidad del 5% de rechazar incorrectamente la hipótesis nula.

El tamaño de la muestra fue determinado previamente en la fase de medición de indicadores (Sección 3.6.1.3), garantizando un número suficiente de observaciones para asegurar la confiabilidad del análisis estadístico, siendo $n = 6$.

5. Determinación de la zona crítica.

Con base en el nivel de significancia (α) y las características de la muestra ($n = 6$), se realizó lo siguiente para establecer la región de rechazo de la hipótesis nula:

- Se utilizó la distribución t de *Student* dado que se comparan medias y la desviación estándar poblacional es desconocida,
- Se ubicó la región crítica en la cola derecha de la distribución, de acuerdo con el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), como se ilustra en la Figura 3.21.

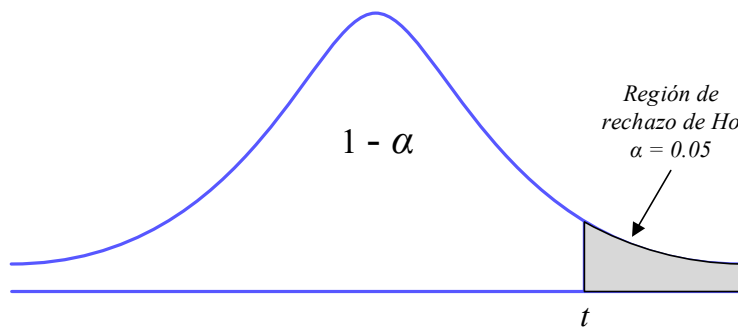


Figura 3.21 Región de rechazo para la H_0 : disponibilidad de la Máquina 1.
(Diseño propio, 2025).

- Al tratarse de una comparación de mediciones antes y después en el mismo sistema productivo,
- Se empleó una prueba t de *Student* para muestras dependientes, por lo que los grados de libertad se calcularon según la Ecuación 3.19. El resultado se muestra en la Ecuación 3.20.

$$gl = n - 1 \dots\dots\dots (3.19)$$

Donde:

- n = Tamaño de muestra = 6
- 1 = Se usa para corregir la estimación del parámetro (en este caso, la media de la tasa de disponibilidad), ya que este valor "consume" un grado de libertad al calcularse.

$$gl = 6 - 1 = 5 \dots\dots\dots (3.20)$$

- Se determinó la región crítica de la distribución t de *Student* mediante la Ecuación 3.21. El resultado, que se muestra en la Ecuación 3.22, proviene de la Tabla 3.76.

$$t_{\alpha, gl} \dots\dots\dots (3.21)$$

$$t_{0.05, 5} = 2.015 \dots\dots\dots (3.22)$$

6. Concentrado de datos de las muestras de las tasas de disponibilidad.

Se realizó un concentrado de las muestras de la tasa de disponibilidad del proceso de preparación antes (Tabla 3.7) y después de las mejoras (Tabla 3.66) en la Máquina 1. El resultado se muestra a continuación en la Tabla 3.77.

Tabla 3.76 Fragmento de la tabla de la distribución t de *Student*.
(Universidad Autónoma de Madrid, sin fecha)

α Γ	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,015	2,776
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365

Tabla 3.77 Concentrado de las tasas de disponibilidad antes y después de las mejoras.
(Diseño propio, 2025).

Tasa de disponibilidad	Número de muestras tomadas de la Máquina 1						
	1	2	3	4	5	6	$\bar{x}$
Después	85.81	86.00	85.85	84.83	84.33	86.19	
Antes	76.65	75.48	79.00	76.90	76.71	76.69	
d_i	9.17	10.52	6.85	7.94	7.63	9.50	8.60

7. Cálculo del estadístico de prueba.

Para determinar si la diferencia observada entre las medias de la tasa de disponibilidad antes y después de la mejora es estadísticamente significativa, se procedió al cálculo del estadístico de prueba t_0 , mediante los siguientes pasos:

- Se calcularon las diferencias individuales entre cada par de observaciones (después – antes), dado que se trata de muestras dependientes, para transformar el problema en un análisis de una sola muestra. El resultado se colocó en la Tabla 3.77.
- Se determinó que la media de las diferencias ($\bar{x}$), se calcularía con base en la Ecuación 3.23.

$$\bar{x} = \frac{\sum d_i}{n} \dots\dots\dots (3.23)$$

Donde:

- d_i = Diferencia entre cada par de observaciones.
- n = Número total de pares de datos.

- Se sustituyeron los valores de d_i (Tabla 3.77) en la Ecuación 3.23 para determinar que la media de las diferencias es 8.60 (Ecuación 3.24).

$$\bar{x} = \frac{(9.17+10.52+6.85+7.94+7.63+9.50)}{6} = \frac{51.60}{6} = 8.60 \dots\dots\dots (3.24)$$

- Se determinó que la desviación estándar de las diferencias (S_d) se calcularía mediante la Ecuación 3.25:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3.25)$$

Donde:

- $\bar{x}$ = Media de las diferencias.
- d_i = Diferencia entre cada par de observaciones.
- n = Número total de pares de datos.

- Se sustituyeron los datos de d_i (Tabla 3.77) en la Ecuación 3.25 y se determinó que la desviación estándar es 1.36 (Ecuación 3.26)

$$S_d = \sqrt{\frac{(9.17-8.60)^2 + \dots + (9.50-8.60)^2}{5}} = \sqrt{\frac{0.09}{5}} = 1.36 \dots\dots\dots (3.26)$$

- Se calculó el estadístico de prueba (t_0) mediante la Ecuación 3.27. Sustituyendo los valores de $\bar{x}$ y S_d se determinó que el estadístico de prueba es 15.48 (Ecuación 3.28)

$$t_0 = \frac{\bar{x}}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}} \dots\dots\dots (3.27)$$

Donde:

- $\bar{x}$ = Media de las diferencias.
- S_d = Desviación estándar de las diferencias.

$$t_0 = \frac{8.60}{\frac{1.36}{\sqrt{6}}} = \frac{8.60}{0.55} = 15.48 \dots\dots\dots (3.28)$$

8. Comparación del estadístico.

En este paso se comprobó si la hipótesis nula se aceptaba o se rechazaba mediante la comparación del estadístico de prueba t_0 (Ecuación 3.28) con la región crítica $t_{\alpha, n-1}$ (Ecuación 3.22) tal como se muestra en la Ecuación 3.29. El resultado de la sustitución de los valores se muestra en la Ecuación 3.30.

$$t_0 > t_{\alpha, gl} \dots\dots\dots (3.29)$$

$$15.48 > 2.015 \dots\dots\dots (3.30)$$

9. Interpretación de resultados.

Con base en el valor obtenido del estadístico de prueba ($t_0 = 15.48$) y su comparación con el valor crítico ($t_{0.05,5} = 2.015$), se verifica que $15.48 > 2.015$, lo que indica que el estadístico t_0 se ubica dentro de la región de rechazo de la hipótesis nula H_0 (Figura 3.22). Por lo tanto, se concluye que existe evidencia estadística suficiente para rechazar H_0 y aceptar la hipótesis alternativa H_1 , en otras palabras, la media de la tasa de disponibilidad de la Máquina 1 después de la mejora es significativamente mayor que la tasa de disponibilidad antes de la mejora.

3.13.2 Validar estadísticamente la mejora en la tasa de disponibilidad de la Máquina 2

Para evaluar si el incremento en la tasa de disponibilidad de la Máquina 2 es atribuible a la implementación de las técnicas de mejora y no al azar, se realizó una prueba de hipótesis similar a la desarrollada en la Sección 3.13.1 para la Máquina 1 mediante los siguientes pasos:

1. Elección del parámetro más representativo del problema.

Se seleccionó como parámetro de interés la media (μ) de la tasa de disponibilidad de la Máquina 2.

2. Determinación del tipo de hipótesis.

Se estableció un contraste unilateral de la cola derecha para evidenciar el incremento tras la mejora.

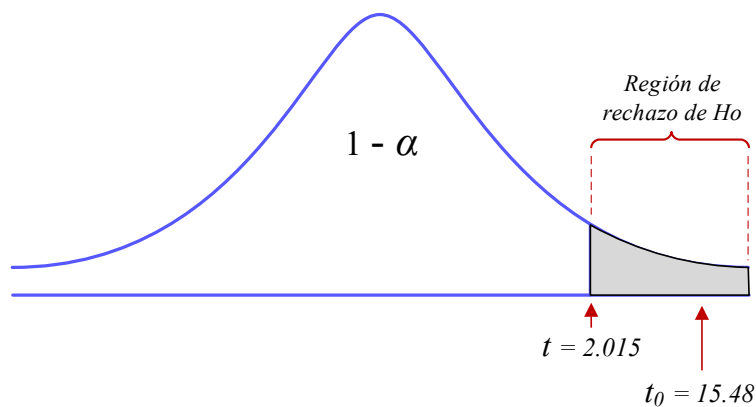


Figura 3.22 Región de rechazo para la H_0 de acuerdo con los valores obtenidos al evaluar el incremento de la disponibilidad en la Máquina 1.
(Diseño propio, 2025).

3. Planteamiento de hipótesis.

Se formularon las hipótesis de la siguiente manera:

- Hipótesis nula (H_0): $\mu_2 \leq \mu_1$
- Hipótesis alternativa (H_1): $\mu_2 > \mu_1$

Donde:

- μ_1 = la media de la tasa de disponibilidad previa a la mejora.
- μ_2 = la media de la tasa de disponibilidad tras la mejora.

La hipótesis nula establece que no existe mejora, mientras que la hipótesis alternativa plantea que la implementación de las técnicas de mejora incrementó dicha tasa.

4. Nivel de significancia y tamaño de la muestra.

Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0.5$, equivalente a una probabilidad del 5% de rechazar incorrectamente la hipótesis nula, y un tamaño de la muestra de $n = 6$.

5. Determinación de la zona crítica.

Con base en el nivel de significancia (α) y las características de la muestra ($n = 6$), se realizó lo siguiente para establecer la región de rechazo de la hipótesis nula:

- Se utilizó la distribución t de *Student* dado que se comparan medias y la desviación estándar poblacional es desconocida.
- Se ubicó la región crítica en la cola derecha de la distribución, de acuerdo con el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.5$), similar al de la Figura 3.21
- Se calcularon los grados de libertad según la Ecuación 3.19. El resultado se muestra en la Ecuación 3.31:

$$gl = 6 - 1 = 5 \dots\dots\dots (3.31)$$

- Se determinó la región crítica mediante la Ecuación 3.21. El resultado mostrado en la Ecuación 3.32 proviene de la Tabla 3.76.

$$t_{0.05,5} = 2.015 \dots\dots\dots (3.32)$$

6. Concentrado de datos de las muestras de las tasas de disponibilidad.

Se realizó un concentrado de las muestras de la tasa de disponibilidad del proceso de preparación antes (Tabla 3.8) y después de las mejoras (Tabla 3.67) en la Máquina 2. El resultado se muestra en la Tabla 3.78.

Tabla 3.78 Concentrado de las tasas de disponibilidad antes y después de las mejoras.
(Diseño propio, 2025).

Tasa de disponibilidad	Número de muestras tomadas de la Máquina 2						
	1	2	3	4	5	6	$\bar{x}$
Después	80.88	81.00	79.63	81.13	80.71	77.21	
Antes	87.31	87.33	87.06	86.33	87.17	87.21	
d_i	6.44	6.33	7.44	5.21	6.46	10.00	6.98

7. Cálculo del estadístico de prueba.

Se procedió a calcular el estadístico de prueba t_0 , mediante los siguientes pasos:

- Se determinó la media de las diferencias ($\bar{x}$) mediante la Ecuación 3.23. El resultado se muestra en la Ecuación 3.33:

$$\bar{x} = \frac{(6.44+6.33+7.44+5.21+6.46+10.00)}{6} = \frac{41.88}{6} = 6.98 \dots\dots\dots (3.33)$$

- Se calculó la desviación estándar de las diferencias (S_d) mediante la Ecuación 3.25. El resultado se muestra en la Ecuación 3.34:

$$S_d = \sqrt{\frac{(6.44-6.98)^2+\dots+(10.00-6.98)^2}{5}} = \sqrt{\frac{0.13}{5}} = 1.64 \dots\dots\dots (3.34)$$

- Se calculó el estadístico de prueba (t_0) sustituyendo los valores obtenidos de $\bar{x}$ y S_d en la Ecuación 3.27. El resultado se muestra en la Ecuación 3.35:

$$t_0 = \frac{6.98}{\frac{1.64}{\sqrt{6}}} = \frac{6.98}{0.67} = 10.42 \dots\dots\dots (3.35)$$

8. Comparación del estadístico.

En este paso se comprobó si la hipótesis nula se aceptaba o se rechazaba mediante la comparación del estadístico de prueba t_0 (Ecuación 3.35) con la región crítica $t_{\alpha,n-1}$ (Ecuación 3.32) tal como se muestra en la Ecuación 3.29. El resultado se muestra en la Ecuación 3.36.

$$10.42 > 2.015 \dots\dots\dots (3.36)$$

9. Interpretación de resultados.

Con base en el valor obtenido del estadístico de prueba ($t_0 = 10.42$) y su comparación con el valor crítico ($t_{0.05,5} = 2.015$) se verifica que $10.42 > 2.015$, lo que indica que el estadístico t_0 se ubica dentro de la región de rechazo de la hipótesis nula H_0 (Figura 3.23). Por lo tanto, se concluye que existe evidencia estadística suficiente para rechazar H_0 y aceptar la hipótesis alternativa H_1 , en otras palabras, la media de la tasa de disponibilidad de la Máquina 2 después de la mejora es significativamente mayor a la tasa de disponibilidad antes de la mejora.

3.13.3 Validar estadísticamente la mejora del OEE de la Máquina 1

Con el fin de evaluar si el incremento porcentual del indicador *OEE* en la Máquina 1 es atribuible a la implementación de las técnicas de mejora y no al azar, se realizó una prueba de hipótesis para comparar las medias antes y después de dicha implementación. Para ello, se adaptó la metodología descrita en la Sección 2.5.2.4 a través de los siguientes pasos:

1. Elección del parámetro más representativo del problema.

Se seleccionó como parámetro de interés la media (μ) del *OEE* de la Máquina 1, debido a que es una variable cuantitativa, se expresa como porcentaje y facilita la comparación entre el antes y el después de la mejora.

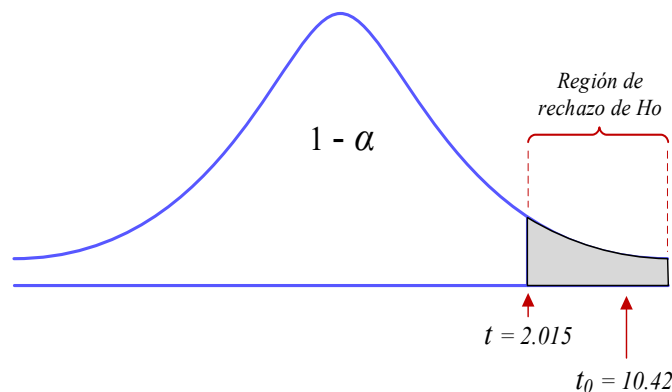


Figura 3.23 Región de rechazo para la H_0 de acuerdo con los valores obtenidos al evaluar el incremento de la disponibilidad en la Máquina 2.
(Diseño propio, 2025).

2. Determinación del tipo de hipótesis.

Dado que el objetivo del estudio es demostrar una mejora en el indicador *OEE*, se estableció un contraste unilateral de cola derecha, ya que se busca evidenciar un incremento tras dicha mejora.

3. Planteamiento de hipótesis.

Se formularon las hipótesis correspondientes, considerando el contexto de los pasos 1 y 2 de la siguiente manera:

- Hipótesis nula (H_0): $\mu_2 \leq \mu_1$
- Hipótesis alternativa (H_1): $\mu_2 > \mu_1$

Donde:

- μ_1 = la media del *OEE* previa a la mejora.
- μ_2 = la media del *OEE* tras la mejora.

La hipótesis nula establece que no existe mejora o que el indicador *OEE* no aumentó, mientras que la hipótesis alternativa plantea que la implementación de las técnicas de mejora incrementó dicho indicador.

4. Nivel de significancia y tamaño de la muestra.

Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0.5$, equivalente a una probabilidad del 5% de rechazar incorrectamente la hipótesis nula.

El tamaño de la muestra fue determinado previamente en las fases de medición de los indicadores necesarios para calcular el *OEE* (Sección 3.6.1.3, Sección 3.6.2.3 y Sección 3.6.3.3), garantizando así un número suficiente de observaciones para asegurar la confiabilidad del análisis estadístico: $n = 6$.

5. Determinación de la zona crítica.

Con base en el nivel de significancia (α) establecido y en las características de la muestra considerada ($n = 6$), se realizó lo siguiente para establecer la región de rechazo de la hipótesis nula:

- Se utilizó la distribución *t* de *Student* dado que se comparan medias y la desviación estándar poblacional es desconocida,
- Se ubicó la región crítica en la cola derecha de la distribución *t* de *Student*, de acuerdo con el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), como se presenta en la Figura 3.24.

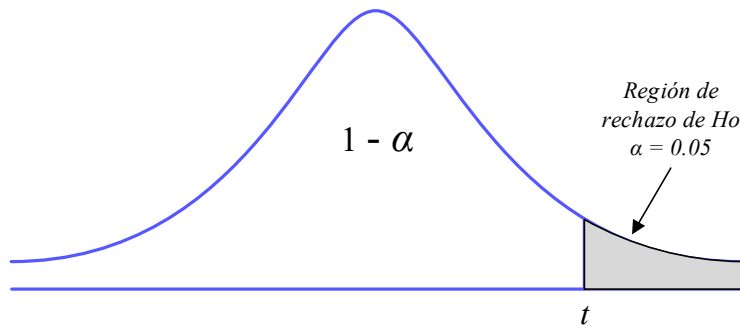


Figura 3.24 Región de rechazo para H_0 : OEE de la Máquina 1.
(Diseño propio, 2025).

- Se empleó la distribución t de *Student* para muestras dependientes, por lo que los grados de libertad se calcularon según la Ecuación 3.37. El resultado se muestra en la Ecuación 3.38.

$$gl = n - 1 \dots\dots\dots (3.37)$$

Donde:

- n = Tamaño de muestra = 6
- 1 = Se usa para corregir la estimación del parámetro (en este caso, la media de la tasa de disponibilidad), ya que este valor "consume" un grado de libertad al calcularse.

$$gl = 6 - 1 = 5 \dots\dots\dots (3.38)$$

- Se determinó la región crítica de la distribución t de *Student* mediante la Ecuación 3.39. El resultado, que se muestra en la Ecuación 3.40, proviene de la Tabla 3.79.

$$t_{\alpha,gl} \dots\dots\dots (3.39)$$

$$t_{0.05,5} = 2.015 \dots\dots\dots (3.40)$$

6. Concentrado de datos de las muestras del indicador *OEE*.

Se realizó un concentrado de las muestras del indicador *OEE* del proceso de preparación antes (Tabla 3.19) y después de las mejoras (Tabla 3.72) en la Máquina 1. El resultado se muestra en la Tabla 3.79.

Tabla 3.79 Fragmento de la tabla de la distribución *t* de Student.
(Universidad Autónoma de Madrid, sin fecha)

α r	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,022	2,776
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365

Tabla 3.80 Concentrado de los indicadores *OEE* antes y después de las mejoras.
(Diseño propio, 2025).

<i>OEE</i>	Número de muestras tomadas de la Máquina 1						
	1	2	3	4	5	6	$\bar{x}$
Después	72.96	77.67	77.75	71.07	71.47	73.82	
Antes	57.92	58.00	65.65	59.89	56.44	61.68	
d_i	15.04	19.66	12.10	11.18	15.03	12.15	14.19

7. Cálculo del estadístico de prueba.

Para determinar si la diferencia observada entre las medias del indicador *OEE* antes y después de la mejora es estadísticamente significativa, se procedió al cálculo del estadístico de prueba t_0 , mediante los siguientes pasos:

- Se calcularon las diferencias individuales (d_i) entre cada par de observaciones, dado que se trata de muestras dependientes, para transformar el problema en un análisis de una sola muestra. El resultado se presentó en la
- Tabla 3.80.
- Se determinó que la media de las diferencias ($\bar{x}$), se calcularía con base en la Ecuación 3.41.

$$\bar{x} = \frac{\sum d_i}{n} \dots\dots\dots(3.41)$$

Donde:

- d_i = Diferencia entre cada par de observaciones.
- n = Número total de pares de datos.

- Se sustituyeron los valores de d_i (Tabla 3.80) en la Ecuación 3.41 para determinar que la media de las diferencias es 14.19 (Ecuación 3.42).

$$\bar{x} = \frac{(15.04+19.66+12.10+11.18+15.03+12.15)}{6} = \frac{85.16}{6} = 14.19 \dots\dots\dots (3.42)$$

- Se determinó que la desviación estándar de las diferencias (S_d) se calcularía mediante la Ecuación 3.43:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(d_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3.43)$$

Donde:

- $\bar{x}$ = Media de las diferencias.
- d_i = Diferencia entre cada par de observaciones.
- n = Número total de pares de datos.

- Se sustituyeron los datos de d_i (Tabla 3.80) en la Ecuación 3.43 y se determinó que la desviación estándar es 3.13 (Ecuación 3.44)

$$S_d = \sqrt{\frac{(15.04-14.19)^2 + \dots + (12.15-14.19)^2}{5}} = \sqrt{\frac{48.97}{5}} = 3.13 \dots\dots\dots (3.44)$$

- Se calculó el estadístico de prueba (t_0) mediante la Ecuación 3.45. Sustituyendo los valores de $\bar{x}$ y S_d se determinó que el estadístico de prueba es 11.11 (Ecuación 3.46).

$$t_0 = \frac{\bar{x}}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}} \dots\dots\dots (3.45)$$

Donde:

- $\bar{x}$ = Media de las diferencias.
- S_d = Desviación estándar de las diferencias.

$$t_0 = \frac{14.19}{\frac{3.13}{\sqrt{6}}} = \frac{14.19}{1.28} = 11.11 \dots\dots\dots (3.46)$$

8. Comparación del estadístico.

En este paso se comprobó si la hipótesis nula se aceptaba o se rechazaba mediante la comparación del estadístico de prueba t_0 (Ecuación 3.46) con la región crítica $t_{\alpha,n-1}$ (Ecuación 3.40) tal como se muestra en la Ecuación 3.47. El resultado se muestra en la Ecuación 3.48.

$$t_0 > t_{\alpha,gl} \dots\dots\dots (3.47)$$

$$11.11 > 2.015 \dots\dots\dots (3.48)$$

9. Interpretación de resultados.

Con base en el valor obtenido del estadístico de prueba ($t_0 = 11.11$) y su comparación con el valor crítico ($t_{0.05,5} = 2.015$) se verifica que $11.11 > 2.015$, lo que indica que el estadístico t_0 se ubica dentro de la región de rechazo de la hipótesis nula H_0 (Figura 3.25). Por lo tanto, se concluye que existe evidencia estadística suficiente para rechazar H_0 y aceptar la hipótesis alternativa H_1 , en otras palabras, la media del indicador *OEE* en la Máquina 1 después de la mejora es significativamente mayor que la del indicador *OEE* antes de la mejora.

3.13.4 Validar estadísticamente la mejora del *OEE* de la Máquina 2

Con el fin de evaluar si el incremento porcentual del indicador *OEE* en la Máquina 2 es atribuible a la implementación de las técnicas de mejora y no al azar, se realizó una prueba de hipótesis similar a la desarrollada en la Sección 3.13.3 para la Máquina 1 mediante los siguientes pasos:

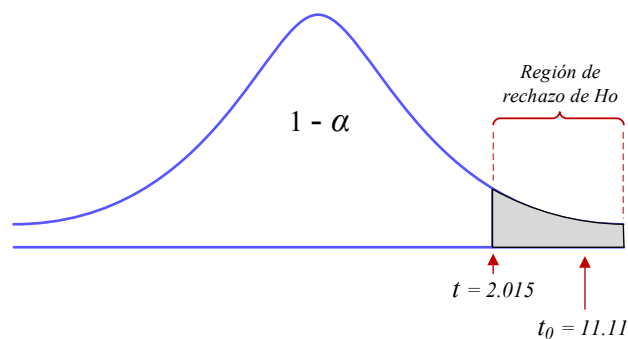


*Figura 3.25 Región de rechazo para la H_0 de acuerdo con los valores obtenidos al evaluar el incremento del *OEE* en la Máquina 1. (Diseño propio, 2025).*

1. **Elección del parámetro más representativo del problema.**

Se seleccionó como parámetro de interés la media (μ) del *OEE* de la Máquina 2.

2. **Determinación del tipo de hipótesis.**

Se estableció una prueba unilateral de cola derecha para evidenciar el incremento tras la mejora.

3. **Planteamiento de hipótesis.**

Se formularon las hipótesis de la siguiente manera:

- Hipótesis nula (H_0): $\mu_2 \leq \mu_1$
- Hipótesis alternativa (H_1): $\mu_2 > \mu_1$

Donde:

- μ_1 = la media del *OEE* previa a la mejora.
- μ_2 = la media del *OEE* tras la mejora.

La hipótesis nula establece que no existe mejora en el *OEE*, mientras que la hipótesis alternativa plantea que la implementación de técnicas de mejora incrementó el *OEE*.

4. **Nivel de significancia y tamaño de la muestra.**

Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0.5$, equivalente a una probabilidad del 5% de rechazar incorrectamente la hipótesis nula, y un tamaño de la muestra de $n = 6$.

5. **Determinación de la zona crítica.**

Con base en el nivel de significancia (α) y las características de la muestra ($n = 6$), se realizó lo siguiente para establecer la región de rechazo de la hipótesis nula:

- Se utilizó la distribución *t* de *Student* dado que se comparan medias y la desviación estándar poblacional es desconocida.
- Se ubicó la región crítica en la cola derecha de la distribución, de acuerdo con el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.5$), similar al de la Figura 3.24
- Se calcularon los grados de libertad según la Ecuación 3.37. El resultado se muestra en la Ecuación 3.49:

$$gl = 6 - 1 = 5 \dots\dots\dots (3.49)$$

- Se determinó la región crítica mediante la Ecuación 3.39. El resultado mostrado en la Ecuación 3.50 proviene de la Tabla 3.79.

$$t_{0.05,5} = 2.015 \dots\dots\dots (3.50)$$

6. Concentrado de datos de las muestras del indicador *OEE*.

Se realizó un concentrado de las muestras del indicador *OEE* del proceso de preparación antes (Tabla 3.20) y después de las mejoras (Tabla 3.73) en la Máquina 2. El resultado se muestra en la Tabla 3.81

7. Cálculo del estadístico de prueba.

Se procedió a calcular el estadístico de prueba t_0 , mediante los siguientes pasos:

- Se determinó la media de las diferencias ($\bar{x}$) mediante la Ecuación 3.41. El resultado se muestra en la Ecuación 3.51:

$$\bar{x} = \frac{(7.15+11.55+12.91+9.89+9.97+9.49)}{6} = \frac{60.96}{6} = 10.16 \dots\dots\dots (3.51)$$

- Se calculó la desviación estándar de las diferencias (S_d) mediante la Ecuación 3.43. El resultado se muestra en la Ecuación 3.52:

$$S_d = \sqrt{\frac{(7.15-10.16)^2+\dots+(9.49-10.16)^2}{5}} = \sqrt{\frac{19.13}{5}} = 1.96 \dots\dots\dots (3.52)$$

- Se calculó el estadístico de prueba (t_0) sustituyendo los valores obtenidos de $\bar{x}$ y S_d en la Ecuación 3.45. El resultado se muestra en la Ecuación 3.53:

$$t_0 = \frac{10.16}{\frac{1.96}{\sqrt{6}}} = \frac{10.16}{0.80} = 12.72 \dots\dots\dots (3.53)$$

Tabla 3.81 Concentrado de los indicadores OEE antes y después de las mejoras. (Diseño propio, 2025).

<i>OEE</i>	Número de muestras tomadas de la Máquina 2						
	1	2	3	4	5	6	$\bar{x}$
Después	77.14	77.31	78.85	79.21	76.64	74.94	
Antes	69.99	65.76	65.94	69.32	66.67	65.45	
d_i	7.15	11.55	12.91	9.89	9.97	9.49	10.06

8. Comparación del estadístico.

En este paso se comprobó si la hipótesis nula se aceptaba o se rechazaba mediante la comparación del estadístico de prueba t_0 (Ecuación 3.53) con la región crítica $t_{\alpha, n-1}$ (Ecuación 3.50) tal como se muestra en la Ecuación 3.47. El resultado se muestra en la Ecuación 3.54.

$$12.72 > 2.015 \dots\dots\dots (3.54)$$

9. Interpretación de resultados.

Con base en el valor obtenido del estadístico de prueba ($t_0 = 12.72$) y su comparación con el valor crítico ($t_{0.05,5} = 2.015$) se verifica que $12.72 > 2.015$, lo que indica que el estadístico t_0 se ubica dentro de la región de rechazo de la hipótesis nula H_0 (Figura 3.26). Por lo tanto, se concluye que existe evidencia estadística suficiente para rechazar H_0 y aceptar la hipótesis alternativa H_1 , en otras palabras, la media del indicador *OEE* de la Máquina 2 después de la mejora es significativamente mayor que dicho indicador antes de la mejora.

3.13.5 Validar estadísticamente la mejora del índice de organización de la Máquina 1

Con el fin de evaluar si el incremento del índice de organización en la Máquina 1 es atribuible a la implementación de las técnicas de mejora y no al azar, se realizó una prueba de hipótesis para comparar las medias antes y después de dicha implementación. Para ello, se adaptó la metodología descrita en la Sección 2.5.2.4 a través de los siguientes pasos:

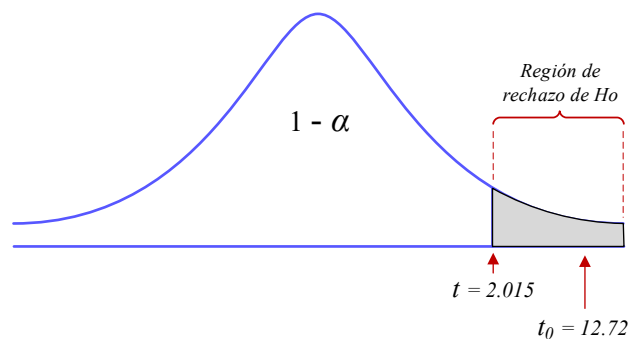


Figura 3.26 Región de rechazo para la H_0 de acuerdo con los valores obtenidos al evaluar el incremento del *OEE* en la Máquina 2.
(Diseño propio, 2025).

1. Elección del parámetro más representativo del problema.

Se seleccionó como parámetro de interés la media (μ) del índice de organización de la Máquina 1, debido a que es una variable cuantitativa, se expresa como porcentaje y facilita la comparación entre el antes y el después de la mejora.

2. Determinación del tipo de hipótesis.

Dado que el objetivo del estudio es demostrar una mejora en el índice organizacional, se estableció un contraste unilateral de cola derecha, ya que se busca evidenciar un incremento tras dicha mejora.

3. Planteamiento de hipótesis.

Se formularon las hipótesis en el contexto de los pasos 1 y 2 de la siguiente manera:

- Hipótesis nula (H_0): $\mu_2 \leq \mu_1$
- Hipótesis alternativa (H_1): $\mu_2 > \mu_1$

Donde:

- μ_1 = el índice de organización previo a la mejora.
- μ_2 = el índice de organización tras la mejora.

La hipótesis nula establece que no existe mejora o que el índice de organización no aumentó, mientras que la hipótesis alternativa plantea que la implementación de las técnicas de mejora incrementó dicho índice.

4. Nivel de significancia y tamaño de la muestra.

Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0.5$, equivalente a una probabilidad del 5% de rechazar incorrectamente la hipótesis nula.

El tamaño de la muestra fue determinado previamente en las fases de medición de indicadores (Sección 3.6.5.3), garantizando así un número suficiente de observaciones para asegurar la confiabilidad del análisis estadístico: $n = 6$.

5. Determinación de la zona crítica.

Con base en el nivel de significancia (α) y las características de la muestra ($n = 6$), se realizó lo siguiente para establecer la región de rechazo de la hipótesis nula:

- Se utilizó la distribución t de *Student* dado que se comparan medias y la desviación estándar poblacional es desconocida,
- Se ubicó la región crítica en la cola derecha de la distribución t de *Student*, según el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), como se presenta en la Figura 3.27.

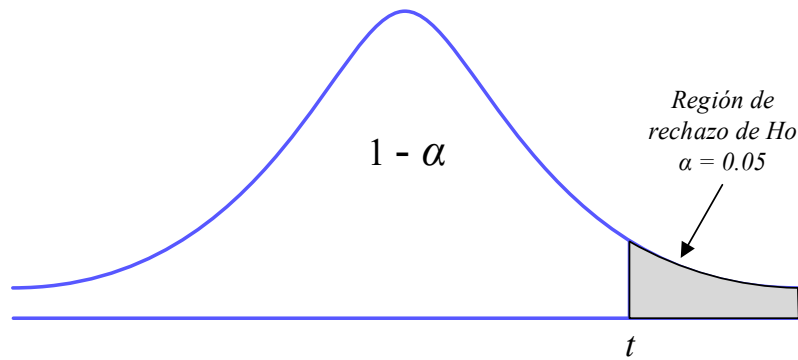


Figura 3.27 Región de rechazo para H_0 : índice de organización de la Máquina 1. (Diseño propio, 2025).

- Se empleó la distribución t de *Student* para muestras dependientes, por lo que los grados de libertad se calcularon según la Ecuación 3.55. El resultado se muestra en la Ecuación 3.56.

$$gl = n - 1 \dots\dots\dots (3.55)$$

Donde:

- n = Tamaño de muestra = 6
- 1 = Se usa para corregir la estimación del parámetro (en este caso, la media de la tasa de disponibilidad), ya que este valor "consume" un grado de libertad al calcularse.

$$gl = 6 - 1 = 5 \dots\dots\dots (3.56)$$

- Se determinó la región crítica de la distribución t de *Student* mediante la Ecuación 3.57. El resultado, que se muestra en la Ecuación 3.58, proviene de la Tabla 3.82.

$$t_{\alpha, gl} \dots\dots\dots (3.57)$$

$$t_{0.05, 5} = 2.015 \dots\dots\dots (3.58)$$

6. Concentrado de datos de las muestras del índice de organización.

Se realizó un concentrado de las muestras del índice de organización antes (Tabla 3.23) y después de las mejoras (Tabla 3.74) en la Máquina 1. El resultado se muestra en la Tabla 3.83.

Tabla 3.82 Fragmento de la tabla de la distribución *t* de Student.
(Universidad Autónoma de Madrid, sin fecha)

α r	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,022	2,776
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365

Tabla 3.83 Concentrado de los índices organizacionales antes y después de las mejoras.
(Diseño propio, 2025).

Índice de Organización	Número de muestras tomadas de la Máquina 1						
	1	2	3	4	5	6	$\bar{x}$
Después	95.71	94.29	92.86	95.71	94.29	94.29	
Antes	68.57	70.00	71.43	67.14	68.57	75.71	
d_i	27.14	24.29	21.43	28.57	25.71	18.57	24.29

7. Cálculo del estadístico de prueba.

Para determinar si la diferencia observada entre las medias del índice de organización antes y después de la mejora es estadísticamente significativa, se procedió al cálculo del estadístico de prueba t_0 , mediante los siguientes pasos:

- Se calcularon las diferencias individuales (d_i) entre cada par de observaciones, dado que se trata de muestras dependientes, para transformar el problema en un análisis de una sola muestra. El resultado se presentó en la Tabla 3.83.
- Se determinó que la media de las diferencias ($\bar{x}$), se calcularía con base en la Ecuación 3.59.

$$\bar{x} = \frac{\sum d_i}{n} \dots\dots\dots(3.59)$$

Donde:

- d_i = Diferencia entre cada par de observaciones.
- n = Número total de pares de datos.

- Se sustituyeron los valores de d_i (Tabla 3.83) en la Ecuación 3.59 para determinar que la media de las diferencias es 24.29 (Ecuación 3.60).

$$\bar{x} = \frac{(27.14+24.29+21.43+28.57+25.71+18.57)}{6} = \frac{145.71}{6} = 24.29 \dots\dots\dots (3.60)$$

- Se determinó que la desviación estándar de las diferencias (S_d) se calcularía mediante la Ecuación 3.61:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(d_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3.61)$$

Donde:

- $\bar{x}$ = Media de las diferencias.
- d_i = Diferencia entre cada par de observaciones.
- n = Número total de pares de datos.

- Se sustituyeron los datos de d_i (Tabla 3.83) en la Ecuación 3.61 y se determinó que la desviación estándar es 3.73 (Ecuación 3.62)

$$S_d = \sqrt{\frac{(27.14-24.29)^2 + \dots + (18.57-24.29)^2}{5}} = \sqrt{\frac{69.39}{5}} = 3.73 \dots\dots\dots (3.62)$$

- Se calculó el estadístico de prueba (t_0) mediante la Ecuación 3.63. Sustituyendo los valores de $\bar{x}$ y S_d se determinó que el estadístico de prueba es 15.97 (Ecuación 3.64).

$$t_0 = \frac{\bar{x}}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}} \dots\dots\dots (3.63)$$

Donde:

- $\bar{x}$ = Media de las diferencias.
- S_d = Desviación estándar de las diferencias.

$$t_0 = \frac{24.29}{\frac{3.73}{\sqrt{6}}} = \frac{24.29}{1.52} = 15.97 \dots\dots\dots (3.64)$$

8. Comparación del estadístico.

En este paso se comprobó si la hipótesis nula se aceptaba o se rechazaba mediante la comparación del estadístico de prueba t_0 (Ecuación 3.64) con la región crítica $t_{\alpha,n-1}$ (Ecuación 3.58) tal como se muestra en la Ecuación 3.65. El resultado se muestra en la Ecuación 3.66.

$$t_0 > t_{\alpha,gl} \dots\dots\dots (3.65)$$

$$15.97 > 2.015 \dots\dots\dots (3.66)$$

9. Interpretación de resultados.

Con base en el valor obtenido del estadístico de prueba ($t_0 = 15.97$) y su comparación con el valor crítico ($t_{0.05,5} = 2.015$) se verifica que $15.97 > 2.015$, lo que indica que el estadístico t_0 se ubica dentro de la región de rechazo de la hipótesis nula H_0 (Figura 3.25). Por lo tanto, se concluye que existe evidencia estadística suficiente para rechazar H_0 y aceptar la hipótesis alternativa H_1 , en otras palabras, la media del índice de organización en la Máquina 1 después de la mejora es significativamente mayor que el índice de organización antes de la mejora.

3.13.6 Validar estadísticamente la mejora del índice de organización de la Máquina 2

Con el fin de evaluar si el incremento del índice de organización en la Máquina 2 es atribuible a la implementación de las técnicas de mejora y no al azar, se realizó una prueba de hipótesis similar a la desarrollada en la Sección 3.13.5 para la Máquina 1 mediante los siguientes pasos:

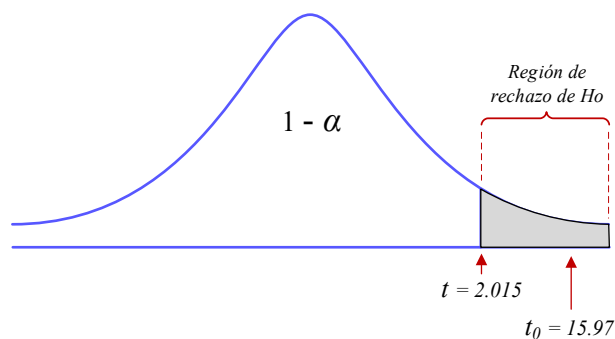


Figura 3.28 Región de rechazo para la H_0 de acuerdo con los valores obtenidos al evaluar el índice de organización en la Máquina 1. (Diseño propio, 2025).

1. Elección del parámetro más representativo del problema.

Se seleccionó como parámetro de interés la media (μ) del índice de organización de la Máquina 2.

2. Determinación del tipo de hipótesis.

Se estableció una prueba unilateral de cola derecha para evidenciar el incremento tras la mejora.

3. Planteamiento de hipótesis.

Se formularon las hipótesis de la siguiente manera:

- Hipótesis nula (H_0): $\mu_2 \leq \mu_1$
- Hipótesis alternativa (H_1): $\mu_2 > \mu_1$

Donde:

- μ_1 = el índice de organización previo a la mejora.
- μ_2 = el índice de organización tras la mejora.

La hipótesis nula establece que no existe mejora en el índice de organización, mientras que la hipótesis alternativa plantea que la implementación de técnicas de mejora incrementa dicho índice.

4. Nivel de significancia y tamaño de la muestra.

Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0.5$, equivalente a una probabilidad del 5% de rechazar incorrectamente la hipótesis nula, junto con un tamaño de la muestra de $n = 6$.

5. Determinación de la zona crítica.

Con base en el nivel de significancia (α) y las características de la muestra ($n = 6$), se realizó lo siguiente para establecer la región de rechazo de la hipótesis nula:

- Se utilizó la distribución t de *Student* dado que se comparan medias y la desviación estándar poblacional es desconocida.
- Se ubicó la región crítica en la cola derecha de la distribución, de acuerdo con el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.5$), similar al de la Figura 3.27.
- Se calcularon los grados de libertad según la Ecuación 3.55. El resultado se muestra en la Ecuación 3.67:

$$gl = 6 - 1 = 5 \dots\dots\dots (3.67)$$

- Se determinó la región crítica mediante la Ecuación 3.57. El resultado mostrado en la Ecuación 3.68 proviene de la Tabla 3.82.

$$t_{0.05,5} = 2.015 \dots\dots\dots (3.68)$$

6. Concentrado de datos de las muestras del indicador *OEE*.

Se realizó un concentrado de las muestras del indicador *OEE* del proceso de preparación antes (Tabla 3.24) y después de las mejoras (Tabla 3.75) en la Máquina 2. El resultado se muestra en la Tabla 3.84.

7. Cálculo del estadístico de prueba.

Se procedió a calcular el estadístico de prueba t_0 , mediante los siguientes pasos:

- Se determinó la media de las diferencias ($\bar{x}$) mediante la Ecuación 3.59. El resultado se muestra en la Ecuación 3.69:

$$\bar{x} = \frac{(28.57+34.29+32.86+28.57+35.71+31.43)}{6} = \frac{191.43}{6} = 31.90 \dots\dots\dots (3.69)$$

- Se calculó la desviación estándar de las diferencias (S_d) mediante la Ecuación 3.61. El resultado se muestra en la Ecuación 3.70:

$$S_d = \sqrt{\frac{(28.57-31.90)^2+\dots+(31.43-31.90)^2}{5}} = \sqrt{\frac{43.54}{5}} = 2.95 \dots\dots\dots (3.70)$$

- Se calculó el estadístico de prueba (t_0) sustituyendo los valores obtenidos de $\bar{x}$ y S_d en la Ecuación 3.63. El resultado se muestra en la Ecuación 3.71:

Tabla 3.84 Concentrado de los índices de organización antes y después de las mejoras. (Diseño propio, 2025).

<i>OEE</i>	Número de muestras tomadas de la Máquina 2						
	1	2	3	4	5	6	$\bar{x}$
Después	95.71	97.14	95.71	95.71	95.71	97.14	
Antes	67.14	62.86	62.86	67.14	60.00	65.71	
d_i	28.57	34.29	32.86	28.57	35.71	31.43	31.90

$$t_0 = \frac{31.90}{\frac{2.95}{\sqrt{6}}} = \frac{31.90}{1.20} = 26.48 \dots\dots\dots (3.71)$$

8. Comparación del estadístico.

En este paso se comprobó si la hipótesis nula se aceptaba o se rechazaba mediante la comparación del estadístico de prueba (Ecuación 3.71) con la región crítica (Ecuación 3.68) tal como se muestra en la Ecuación 3.65. El resultado se muestra en la Ecuación 3.72.

$$26.48 > 2.015 \dots\dots\dots (3.72)$$

9. Interpretación de resultados.

Con base en el valor obtenido del estadístico de prueba ($t_0 = 26.48$) y su comparación con el valor crítico ($t_{0.05,5} = 2.015$) se verifica que $26.48 > 2.015$, lo que indica que el estadístico t_0 se ubica dentro de la región de rechazo de la hipótesis nula H_0 (Figura 3.29). Por lo tanto, se concluye que existe evidencia estadística suficiente para rechazar H_0 y aceptar la hipótesis alternativa H_1 , en otras palabras, la media del índice de organización en la Máquina 2 después de la mejora es significativamente mayor que el dicho índice antes de la mejora.

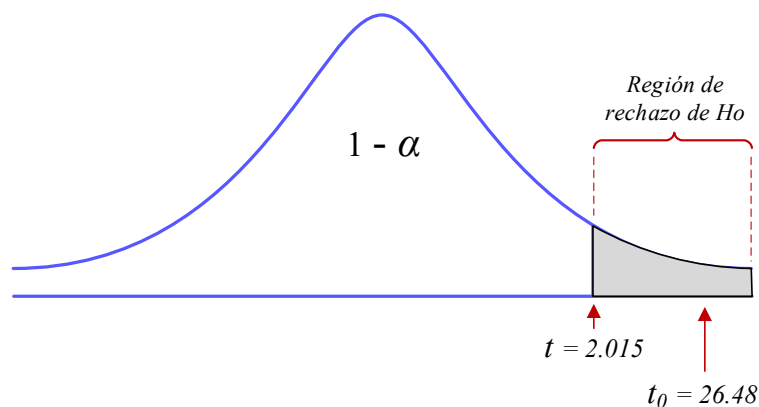


Figura 3.29 Región de rechazo para la H_0 de acuerdo con los valores obtenidos al evaluar el índice de organización en la Máquina 2. (Diseño propio, 2025).

3.14 Análisis de resultados

Una vez aplicada la metodología propuesta a lo largo del desarrollo de la tesis, se realizó el siguiente análisis de resultados con base en las actividades realizadas en el Capítulo 3:

1. Se realizó el diagnóstico de la situación actual de la empresa bajo estudio, para lo cual se llevaron a cabo las siguientes actividades:
 - a. Se analizó el sistema de producción de bordado mediante recorridos por el área de trabajo.
 - b. Se recopiló información mediante entrevistas a los operarios.
 - c. Se identificaron las áreas, procesos y problemáticas recurrentes que afectan el desempeño del sistema.
2. Se determinó el estado actual del sistema y se identificaron oportunidades de mejora.
3. Se seleccionó el área piloto de estudio mediante:
 - a. La elaboración de un diagrama de afinidad para organizar las problemáticas detectadas y agruparlas en áreas de oportunidad.
 - b. La definición de factores clave mediante una lluvia de ideas.
 - c. La aplicación del método de evaluación por puntos para determinar el área de mayor impacto potencial.
4. Se seleccionó la familia de productos piloto, para lo cual:
 - a. Se identificaron las familias de productos mediante un análisis de Pareto, considerando su impacto en la producción.
 - b. Se aplicó el método de evaluación por puntos para seleccionar la familia más representativa.
5. Se identificaron y definieron los indicadores de desempeño clave mediante:
 - a. La elaboración de un diagrama de Ishikawa para identificar las principales causas de ineficiencia en el área piloto.
 - b. La definición de los indicadores clave, tales como la disponibilidad del equipo, el índice de eficacia (*OEE*) y el índice de organización del área de trabajo.
 - c. La vinculación de las deficiencias identificadas con los indicadores de desempeño, mediante un diagrama de causa-efecto.

6. Se realizó la medición de los indicadores de desempeño en condiciones iniciales, para lo cual se llevaron a cabo las siguientes actividades:
 - a. Se realizaron mediciones preliminares de las tasas de disponibilidad, rendimiento y calidad de las máquinas de bordado. Posteriormente se calculó el número óptimo de mediciones, se completaron las mediciones faltantes y, finalmente, se definió cada una de las tasas de disponibilidad, rendimiento y calidad de las máquinas de bordado
 - b. Se procedió a calcular el *OEE* de las máquinas de bordado con base en los valores obtenidos de las tasas de disponibilidad, rendimiento y calidad,
 - c. Se realizó una medición preliminar de la organización del área de trabajo. Posteriormente se determinó el número óptimo de mediciones, se completaron las tomas faltantes y se definió el índice correspondiente de organización del área de trabajo
7. Se determinaron las técnicas de mejora factibles de implementar mediante un proceso que comprendió las siguientes etapas:
 - a. Se identificaron y jerarquizaron las problemáticas con mayor incidencia en los indicadores de desempeño mediante la elaboración de un diagrama de Pareto.
 - b. Se seleccionaron las técnicas de *Lean Manufacturing* adecuadas para atender dichas problemáticas mediante una matriz de relación técnica–problemática, lo que permitió definir como técnicas a implementar las *5S*, *SMED* y la estandarización del trabajo.
 - c. Se definió el orden de implementación de las técnicas seleccionadas en función de su impacto y viabilidad de aplicación, iniciando con las *5S*, continuando con *SMED* y finalizando con la estandarización del trabajo.
8. Se implementó la metodología de las *5S* en el área de producción de bordado, considerando:
 - a. La realización de un diagnóstico inicial del área de trabajo.
 - b. La realización de sesiones informativas para el personal.
 - c. La aplicación de las cinco etapas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* y *Shitsuke*.
 - d. La evaluación del nivel de organización mediante formatos de verificación.

Lo anterior permitió mejorar el orden y la y control visual del área de trabajo, lo que se reflejó en un incremento del índice de organización, que pasó de 70.24% a 94.52% en la Máquina 1 y de 64.29% a 96.19% en la Máquina 2.

9. Se implementó *SMED* para reducir los tiempos de preparación, mediante:
 - a. La identificación y el listado de actividades del proceso de preparación.
 - b. La medición del tiempo de preparación inicial.
 - c. La elaboración del diagrama de flujo del proceso.
 - d. La clasificación de las actividades en internas y externas.
 - e. La conversión de actividades internas en actividades externas.
 - f. El desarrollo de propuestas de mejora para actividades internas y externas.
 - g. El diseño del nuevo proceso de preparación.
 - h. La elaboración del diagrama de flujo del nuevo proceso de preparación.
 - i. La evaluación del tiempo de preparación tras la mejora.

Como resultado, se logró una reducción de los tiempos de preparación de 81.40 minutos a 26.34 minutos, lo que representó una disminución de 55.06 minutos, equivalente a una reducción del 67.64%, lo que incrementó la disponibilidad de los equipos, que pasó de 76.90% a 85.50% en la Máquina 1 y de 80.09% a 87.07% en la Máquina 2.

10. Se diseñaron e implementaron hojas de trabajo estandarizadas, para lo cual:
 - a. Se definieron el propósito y el alcance del trabajo estandarizado.
 - b. Se estableció la secuencia de actividades del proceso de preparación.
 - c. Se definió el método estándar de operación.
 - d. Se calcularon los tiempos estándar mediante estudios de tiempos.
 - e. Se elaboraron las hojas de trabajo estandarizadas.

Esto permitió establecer métodos de trabajo consistentes, reduciendo la variabilidad del proceso y contribuyendo a mejorar el *OEE*, que pasó de 59.89% a 74.11% en la Máquina 1 y de 67.19% a 77.36% en la Máquina 2.

11. Se capacitó al personal y se promovió la continuidad de las mejoras implementadas, mediante la difusión y uso de las herramientas desarrolladas.
12. Se midieron los indicadores de desempeño tras la mejora, repitiendo el procedimiento aplicado en el paso 6 para garantizar la comparabilidad de los resultados.

13. Se llevó a cabo la validación estadística del grado de mejora mediante la aplicación de pruebas de hipótesis a los indicadores evaluados.
14. Se compararon los indicadores antes y después de la mejora para evaluar el impacto de las técnicas de *Lean Manufacturing* en el sistema de producción de bordado.

3.15 Conclusión

Este capítulo permitió desarrollar e implementar una metodología estructurada para el análisis y la mejora del sistema de producción de bordado de la empresa bajo estudio, integrando herramientas de *Lean Manufacturing* y métodos estadísticos para validar los resultados. Asimismo, se establecieron las bases para identificar problemáticas y seleccionar un área piloto representativa, lo que permitió enfocar los esfuerzos de mejora en un entorno con un impacto significativo.

Por otro lado, la definición y medición de indicadores clave de desempeño permitieron cuantificar el estado inicial del sistema y proporcionaron una referencia confiable para evaluar los efectos de las mejoras implementadas. En este sentido, la aplicación de herramientas como las *5S*, *SMED* y la estandarización del trabajo contribuyó a mejorar las condiciones operativas, a reducir tiempos improductivos y a establecer métodos de trabajo más consistentes.

En conclusión, la metodología aplicada permitió intervenir en el sistema de producción de bordado y proporcionó un enfoque estructurado y replicable para la mejora continua.

Capítulo 4

Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología descrita en el Capítulo 3, cuyo objetivo fue mejorar los indicadores de desempeño del sistema de producción de bordado de la empresa bajo estudio, mediante la implementación de herramientas de *Lean Manufacturing*. En particular, se analizan los efectos de la aplicación de las 5S, de *SMED*, de la estandarización del trabajo sobre la tasa de disponibilidad, del *OEE* y del índice de organización del área de trabajo.

Adicionalmente, este capítulo incluye una sección dedicada a los productos académicos desarrollados durante el estudio, relacionados con la mejora de los indicadores de desempeño antes mencionados.

4.1 Discusión

En el desarrollo del presente estudio se implementaron herramientas de *Lean Manufacturing*, como las 5S, *SMED* y el trabajo estandarizado, en el área piloto de producción de bordado conformada por dos máquinas, lo que permitió mejorar los indicadores clave de desempeño y generar un impacto positivo en la eficacia operativa del sistema.

Previo a la implementación de las mejoras, la **tasa de disponibilidad** era del **76.90% en la Máquina 1** y del **80.09% en la Máquina 2**. Tras la aplicación de las herramientas propuestas, estos valores se incrementaron a **85.50%** y **87.07%** respectivamente, lo que representó una mejora de **8.60% en la Máquina 1** y de **6.98% en la Máquina 2** respecto a la medición inicial, evidenciando una mayor disponibilidad de los equipos, tal y como se muestra en la Figura 4.1.

De manera similar, el *OEE* presentó un incremento al pasar de **59.89% en la Máquina 1** y **67.19% en la Máquina 2** a **74.11%** y **77.36%** respectivamente, lo que representó una

mejora de **14.22% en la Máquina 1** y de **10.17% en la Máquina 2** respecto a la medición inicial, evidenciando una mejora en el *OEE*, como se muestra en la Figura 4.2.

Por su parte, el **índice de organización del área de trabajo** también mostró una mejora, al pasar de **70.24% en la Máquina 1** y **64.29% en la Máquina 2**, a **94.52% y 96.19%** respectivamente, lo que representó una mejora de **24.29% en la Máquina 1** y de **31.90% en la Máquina 2** respecto a la medición inicial, indicando un entorno de trabajo más ordenado y eficiente, tal como se muestra en la Figura 4.3.

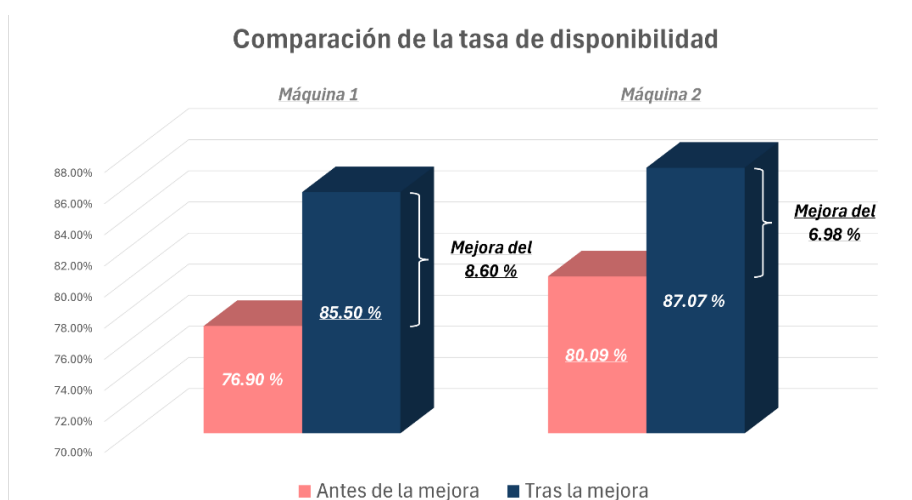


Figura 4.1 Comparación de la tasa de disponibilidad antes y después de la mejora. (Diseño propio, 2025).

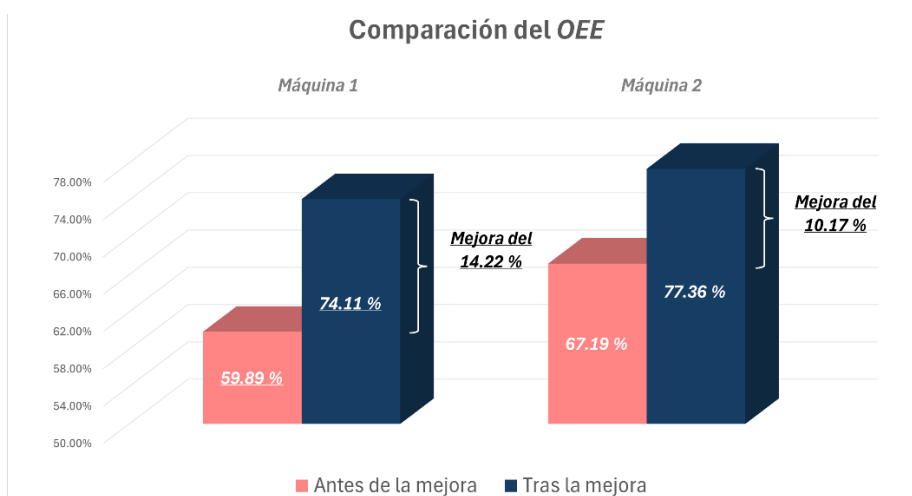


Figura 4.2 Comparación del OEE antes y después de la mejora. (Diseño propio, 2025).

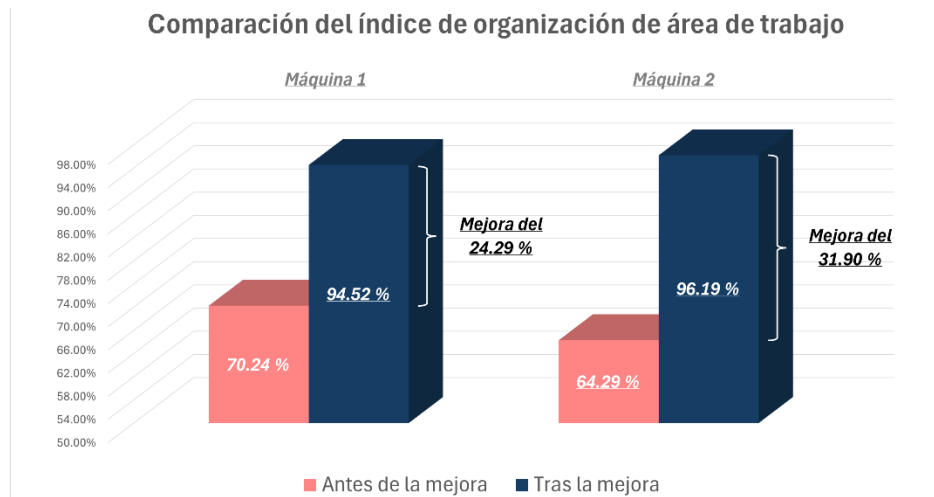


Figura 4.3 Comparación del índice de organización del área de trabajo antes y después de la mejora.
(Diseño propio, 2025).

En particular, la implementación de *SMED* permitió reducir los tiempos de preparación de las máquinas de bordado de **81.40 minutos** a **26.34 minutos**, lo que **representó un ahorro de 55.06 minutos**, equivalente a una **reducción del 67.64%** respecto a la medición inicial. Por su parte, la aplicación de las *5S* mejoró el control visual del área de trabajo, lo que se reflejó en un incremento del índice de organización. Asimismo, el diseño e implementación de hojas de trabajo estandarizadas permitieron establecer métodos de operación consistentes, lo que disminuyó la variabilidad del proceso. En conjunto, estas acciones contribuyeron a mejorar el *OEE* al impactar positivamente en la disponibilidad, el rendimiento y la calidad del proceso de bordado.

Al finalizar el estudio, los resultados obtenidos respaldan la hipótesis planteada, al evidenciar que la implementación de técnicas de *Lean Manufacturing* mejoró el sistema de producción de bordado de la empresa en estudio. Esto se reflejó en las mejoras observadas en los indicadores de desempeño, que demuestran el impacto positivo de estas metodologías en entornos de producción de bordado, al reducir los tiempos improductivos y mejorar la eficacia operativa.

4.2 Productos académicos

A lo largo del desarrollo del presente estudio se generaron tres productos académicos, la presente tesis y dos artículos científicos: 1) “*Reducción de tiempos de preparación en máquinas de bordado mediante la aplicación de SMED en una PYME textil*” y 2) “*Evaluación de la eficacia global de los equipos (OEE) como indicador de mejora en una máquina de bordado de una PYME textil*”.

El primer artículo abordó la problemática de los tiempos de preparación prolongados en las máquinas de bordado, lo que afectaba la disponibilidad y la eficiencia del sistema de producción. Para ello, se implementó la metodología *SMED*, que consistió en la identificación y clasificación de las actividades de preparación internas y externas, la conversión de actividades internas a externas, la mejora de dichas actividades y la estandarización del nuevo proceso. Asimismo, se realizaron mediciones antes y después de la intervención, lo que evidenció una reducción significativa en los tiempos de preparación. Los resultados obtenidos contribuyeron a mejorar la disponibilidad de las máquinas y la estabilidad del proceso, lo que validó la efectividad de *SMED* en entornos textiles.

El segundo artículo evaluó el desempeño de una máquina de bordado mediante el cálculo del *OEE*, con el objetivo de identificar las pérdidas asociadas a tiempos improductivos y a la variabilidad operativa. Para ello, se determinaron las tasas de disponibilidad, rendimiento y calidad a partir de datos recopilados en condiciones reales de operación. Posteriormente, se implementaron mejoras operativas y se repitió el proceso de medición, lo que permitió comparar el desempeño antes y después de la intervención. Los resultados evidenciaron un incremento en el *OEE*, asociado principalmente a la mejora de la disponibilidad de la máquina, lo que confirma su utilidad como indicador para evaluar el desempeño e identificar oportunidades de mejora en sistemas productivos.

Conclusiones y recomendaciones

En esta sección se presentan de forma resumida las conclusiones y recomendaciones del proyecto, destacando los aspectos más importantes que surgieron durante su desarrollo.

Conclusiones

La presente tesis permitió demostrar que la implementación de herramientas de *Lean Manufacturing*, como las *5S*, *SMED* y el trabajo estandarizado, mejoró el sistema de producción de bordado de la empresa bajo estudio, al incrementar su eficacia operativa y contribuir al fortalecimiento de su productividad.

Para ello, se desarrolló una metodología que permitió obtener los siguientes resultados:

- **El diagnóstico del sistema de producción** permitió identificar las principales deficiencias, relacionadas con tiempos improductivos, la desorganización del área de trabajo y la falta de estandarización de los procesos.
- **La selección del área piloto y de la familia de productos** permitió enfocar los esfuerzos de mejora en los elementos con mayor impacto en el sistema de producción.
- **La definición y medición de indicadores clave de desempeño**, como la tasa de disponibilidad, el *OEE* y el índice de organización, permitieron cuantificar el estado inicial del sistema y establecer una base objetiva para su evaluación.
- **La implementación de técnicas de mejora** permitió abordar las causas raíz de las ineficiencias, destacando la aplicación de *SMED* para reducir los tiempos de preparación, las *5S* para mejorar el orden y el control visual, y el trabajo estandarizado para garantizar la consistencia operativa.
- **La evaluación del impacto de las mejoras**, mediante la comparación de los indicadores antes y después de la intervención, evidenció cambios positivos en la disponibilidad de las máquinas, en el *OEE* y en el índice de organización del área de trabajo, así como una reducción significativa de los tiempos de preparación.

Finalmente, los resultados obtenidos permitieron validar la hipótesis planteada a inicio de la tesis, al evidenciar que la aplicación de herramientas de *Lean Manufacturing* mejoró el desempeño del sistema de producción de bordado, incrementando la eficacia operativa mediante la reducción de tiempos improductivos y la optimización de los procesos, lo que, a su vez, puso de manifiesto la viabilidad y efectividad de su aplicación en entornos textiles, donde su implementación puede contribuir a mejorar el desempeño operativo y a establecer bases para la mejora continua dentro de la organización.

Recomendaciones

Para asegurar y mantener los resultados alcanzados durante el desarrollo de la presente tesis, se proponen las siguientes acciones:

- 1) **Fortalecer la capacitación del personal operativo**, enfocándose en la correcta aplicación de las herramientas implementadas (las *5S*, *SMED* y el trabajo estandarizado).
- 2) **Dar seguimiento periódico a los indicadores de desempeño** (la tasa de disponibilidad, el *OEE* y el índice de organización del área de trabajo), mediante revisiones sencillas que permitan detectar a tiempo cualquier cambio y tomar acciones cuando sea necesario.
- 3) **Mantener la disciplina en la aplicación de las 5S**, mediante revisiones regulares en el área de bordado, asegurando que el orden y el control visual alcanzados no se pierdan con el tiempo.
- 4) **Profundizar en la implementación de mejoras en las actividades internas y externas del proceso de preparación**, retomando las propuestas desarrolladas durante el estudio, con el fin de seguir reduciendo los tiempos de preparación y fortalecer los resultados obtenidos mediante *SMED*.
- 5) **Dar seguimiento periódico a los tiempos de preparación, con el fin de evitar que vuelvan a incrementarse** y asegurar que las mejoras logradas con *SMED* se mantengan en el tiempo.
- 6) **Dar seguimiento y mejora continua al nuevo método estándar**, actualizándolo según se identifiquen nuevas oportunidades de mejora o cambios en el proceso.

- 7) **Fomentar la comunicación entre los trabajadores y la gerencia** para atender oportunamente las fallas en las máquinas, ya que cualquier paro impacta directamente en la capacidad productiva debido a la limitada disponibilidad de equipos.
- 8) **Evaluar la posibilidad de replicar las mejoras en otras áreas del proceso**, en caso de que la empresa amplíe su capacidad o incorpore nuevos equipos, tomando como base la metodología aplicada en este estudio.

Las recomendaciones propuestas buscan asegurar la permanencia de las mejoras alcanzadas y fortalecer la estabilidad del sistema de producción de bordado. Su aplicación permitirá dar continuidad al seguimiento de los indicadores de desempeño y mantener un enfoque constante de mejora continua en la empresa.

Finalmente, el autor expresa su satisfacción por la culminación del presente proyecto, que representó una experiencia enriquecedora tanto en el ámbito académico como en el profesional. Los retos asociados al análisis y a la mejora del sistema de producción de bordado permitieron aplicar de manera práctica los conocimientos adquiridos durante la formación en la maestría en ingeniería industrial, así como desarrollar habilidades para la identificación y solución de problemáticas reales.

Asimismo, se espera que el presente trabajo sirva de base para futuros proyectos dentro de la empresa, permitiendo retomar y ampliar las propuestas de mejora planteadas, en particular en aquellos aspectos que no pudieron implementarse en su totalidad. De esta manera, la tesis representa una solución a la problemática actual y un punto de partida para el desarrollo de nuevas iniciativas orientadas a mejorar el sistema productivo.

Fuentes de información

- Abubakar, B. S., Hameeda, K., Jamila, M. F., Irfana, A., Murtaza, S., Qaisera, M., & Bilal, M. (2021). Performance improvement through value stream mapping – A manufacturing case study. *Jurnal Kejuruteraan*, 33(4), 1007–1018 [https://doi.org/https://doi.org/10.17576/jkukm-2021-33\(4\)-22](https://doi.org/https://doi.org/10.17576/jkukm-2021-33(4)-22)
- Agrahari, R. S., Dangle, P. A., & Chandratre, K. V. (2015). Improvement of process cycle efficiency by implementing a lean practice: a case study. *International Journal of Advance Research and Innovation*, 3(1), 271–280. <https://doi.org/https://doi.org/10.51976/ijari.311545>
- Ahmad, A., Jk, H., & Yonathan, A. (2021). Meminimasi pemborosan dengan lean manufacturing pada proses produksi di PT IE. *Prosiding SENAPENMAS*, 1451–1460. <https://doi.org/https://doi.org/10.24912/psenapenmas.v0i0.15217>
- Aldavert, J., Vidal, E., Lorente, J. J., & Aldavert, X. (2018). *Guía práctica 5S para la mejora continua: la base del Lean*. Alda Talent Editorial.
- Arciniegas, J. (2025). *Normalización y estandarización: herramientas clave para la innovación y competitividad*. Ediciones de la U.
- Arias Morán, J. G. (2021). *Aplicación de SMED en el cambio de artículo para mejorar la productividad en el área de tejeduría de una textil en el 2021* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Tecnológica del Perú]. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4686/J.Arias_Trabajo_de_Suficiencia_Profesional_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arrijo Rodríguez, M. L. (2019). *Estadística aplicada a la evaluación de proyectos*. Tecnológico Nacional de México, I.T. Orizaba.
- Arroyo López, M. P. E., & Cárcamo Solís, M. L. (2010). La evolución histórica e importancia económica del sector textil y del vestido en México. *Economía y Sociedad*, 14(25), 51–68. <https://www.redalyc.org/pdf/510/51015546004.pdf>
- Baca Urbina, G., Cruz Valderrama, M., Cristóbal Vázquez, I. M. A., Baca Cruz, G., Gutiérrez Matus, J. C., Pacheco Espejel, A. A., Rivera González, I. A., & Rivera González, A. E. (2014). *Introducción a la ingeniería industrial* (2.^a ed.). Grupo Editorial Patria.
- Brandl, E. (2025). *Los 7 principios de una vida plena*. Brandl, Edenilson.
- Buzón Quijada, J. A. (2019). *Lean manufacturing*. Editorial Elearning, S.L.
- Cabrera Jerónimo, J. Y., & Serpa Osos, M. D. R. (2023). *Propuesta de un modelo de mejora para incrementar la eficiencia basado en la aplicación de herramientas SLP, 5S y SMED en una empresa textil* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/672097/Cabrera_JJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cahuas Egúsqiza, M. L., & Jiménez Carrasco, A. F. (2024). *Implementación del TPM y poka yoke para incrementar la productividad en una línea de exportación de una empresa textil de Lima* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/674502/Cahuas_EM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cañedo Fernández, M. Á. (2015). *Programación de la producción en industrias de proceso*. Editorial Elearning, S.L.
- Caso Neira, A. (2006). *Técnicas de medición del trabajo*. Fundación Confemetal.
- Castañeda Urriza, G. M. (1999). *Manual de calidad para la pequeña y mediana empresa*. Universidad Iberoamericana, Dirección de Difusión Universitaria.

- Castillo Lou, L. E. (2025). *Diseño de investigación para la estandarización en el proceso operativo de marcateje del área de bordado para el incremento de la eficiencia y productividad en una empresa de maquila ubicada en san José, villa nueva, Guatemala* [Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Castro Martínez, A. (2015). *Planificación y gestión de la demanda* (5.ª ed.). Editorial Elearning, S.L.
- Chang, R. Y., & Niedzwiecki, M. E. (1999). *Las herramientas para la mejora continua de la calidad* (Vol. 1). Granica–Tec Consultores.
- Cruelles Ruiz, J. A. (2009). *La teoría de la medición del despilfarro* (2.ª ed.). Artef, S.L.
- De la Fuente, D., Fernández, I., & García, N. (2006). *Administración de empresas en ingeniería*. Universidad de Oviedo.
- Díaz Garay, B., & López Saldarriaga, J. (2025). *La fábrica que habla: manual de lean manufacturing* (1.ª ed.). Fondo Editorial.
- Díaz Jara, M. J. (2022). *Aplicación de la metodología SMED y la filosofía 5S para mejorar el proceso en las líneas de costura de una empresa de confecciones* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal].
https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/7113/UNFV_EUPG_Diaz_Jara_Maytee_Junet_Maestria_2022.pdf;jsessionid=632DF179C28F36E6EDE0EEF72D8AF1CE?sequence=1
- Escalante, A., & González, J. D. (2015). *Ingeniería industrial: métodos y tiempos con manufactura ágil*. Alpha Editorial.
- Escalante Vázquez, E. J. (2005). *Seis Sigma: metodología y técnicas*. Limusa.
- Escalante Vázquez, E. J. (2006). *Análisis y mejoramiento de la calidad*. Limusa.
- Fuente García, D. (2006). *Organización de la producción en ingenierías*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.
- Gairín Sallán, J., & Ion, G. (2021). *Prácticas educativas basadas en evidencias*. Narcea Ediciones.
- Galgano, A. (1995). *Los siete instrumentos de la calidad total*. Díaz de Santos.
- García Román, R. A., & Rivera Graus, E. K. (2021). *Implementación de la metodología 5S para mejorar la productividad en el almacén de la empresa textil Vianny S.A.C., Lima, 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/82575/Garcia_RRA-Rivera_GEK-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García Solarte, M., Murillo Vargas, G., & González Campo, C. H. (2011). *Los macro-procesos: un nuevo enfoque al estudio de la gestión humana*.
- Gelves Alarcón, O. M., & Guarín Cortés, N. L. (2025). *Estrategias avanzadas para la gestión de la producción*. Editorial Universidad Militar Nueva Granada.
- Gómez Fretes, M. M. (2023). Aplicación de las 5S de calidad como propuesta de mejora en el área de producción de industrias textiles. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 3808–3821. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7229
- Gonçalves Ventura, A. H., Passos Oliveira, B. S., Soares Aquino, E., Silva Nascimento, N., & Teixeira de Souza, J. (2020). Implantação de um dispositivo à prova de erros (poka yoke) em um atelier de costura. 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.5151/viisimep-315708>
- González Velásquez, E. O. (2006). *Directrices para el incremento de la productividad en la industria del bordado sobre prenda* [Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala].
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1591_IN.pdf
- Habib, A., Ahmed, S., Khatun, M. T., & Babaarslan, O. (2023). Applying lean tools to improve the sewing line efficiency: a case study. *Asian Journal of Economics, Business and Accounting*, 23, 157–169. <https://doi.org/https://doi.org/10.9734/ajeaba/2023/v23i161035>
- Hernández C., C. A., & Guárate Echenique, A. Y. (2017). *Modelos didácticos: para situaciones y contextos de aprendizaje*. Narcea, S.A. de Ediciones.
- Herrera, R. (2024). *Evolución de la industria textil en la última década*. XTextile Provider.
<https://www.xtextileprovider.com/blogs/news/evolucion-de-la-industria-textil-en-la-ultima->

[decada?srsItd=AfmBOorW14j-1hGX9HvOTKjGIAW-eG8SZoc0yJ3kO-qpD8uIqABb8AQ](#)

- Hirano, H. (2018). *5 pilares de la fábrica visual: la fuente para la implantación de las 5S*. Productivity Press, Inc.
- Ikatrinasari, Z. F., & Kosasih, D. (2018). Improving quality control process through value stream mapping. *International journal of engineering and technology*, 7(2), 219–225. <https://doi.org/https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.29.13321>
- Kennedy, I., Plunkett, A., & Haider, J. (2013). Implementation of lean principles in a food manufacturing company. *Manchester Metropolitan University*, 23, 1579–1589. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-00557-7_127
- Levin, R. I., & Rubin, D. S. (2004). *Estadística para administración y economía* (7.^a ed.). Pearson Educación.
- Llanos Solórzano, D., Barboza-Quispe, Y. D., & Vidal Endara, R. F. (2025). Case study: implementation of Lean logistics at Inversiones Karmont S. A. C. for enhancing distribution productivity. *Engineering Proceedings*, 83(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/engproc2025083017>
- Mendoza Ocaña, C. E., Cruz Salinas, L. E., & Anticona Yupanqui, L. R. (2023). Aplicación de herramientas lean manufacturing para incrementar la productividad en una empresa de calzados de Perú. *Proceedings of the 3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship*, 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.18687/leird2023.1.1.351>
- Mercado Ramírez, E. (1991). *Calidad integral empresarial e institucional*. Limusa.
- Meyers, F. E. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos*. Pearson Educación.
- Meyers, F. E., & Stephens, M. P. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales* (3.^a ed.). Pearson Prentice Hall.
- 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/https://doi.org/10.1108/ijlss-10-2021-0176>
- Moore, D. S. (2005). *Estadística aplicada básica* (2.^a ed.). Antoni Bosch.
- Niebel, B. W., & Andris, F. (2009). *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo* (12.^a ed.). McGraw-Hill.
- Olavarrieta de la Torre, J. (1999). *Conceptos generales de productividad, sistemas, normalización y competitividad para la pequeña y mediana empresa*. Universidad Iberoamericana.
- Ortiz Porras, J., Salas Bacalla, J., & Huayanay Palma, L. (2022). Modelo de gestión para la aplicación de herramientas lean manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antifiama de Lima, Perú. *Industrial Data*, 25(1), 103–135. <https://doi.org/https://doi.org/10.15381/idata.v25i1.2150>
- Palom Izquierdo, F. J. (1991). *Círculos de calidad: teoría y práctica*. Marcombo.
- Pérez Rodríguez, J. V., & Ledesma, J. L. (2021). *Introducción a las técnicas de muestreo*. Ediciones Pirámide.
- Rajadell Carreras, M. (2010). *Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Editorial Díaz de Santos, S.A.
- Rajadell Carreras, M. (2021). *Lean manufacturing: herramientas para producir mejor* (2.^a ed.). Editorial Díaz de Santos.
- Rey Sacristán, F. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. Fundación Confemetal.
- Rey Sacristán, F. (2003). *Técnicas de resolución de problemas: criterios a seguir en la producción y mantenimiento*. Fundación Confemetal.
- Rey Sacristán, F. (2005). *Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Fundación Confemetal.
- Reza Trosino, J. C. (2006). *Nuevo diagnóstico de necesidades de capacitación y aprendizaje en las organizaciones*. Panorama Editorial, S. A. de C. V.
- Rojas López, M. D., Correa Espinal, A., & Gutiérrez Roa, F. (2012). *Sistemas de control de gestión*. Ediciones de la U.

- Ross, S. M. (2007). *Introducción a la estadística*. Editorial Reverté.
- Rubio Sánchez, T. (2016). *Recursos humanos: dirección y gestión de personas en las organizaciones*. Ediciones Octaedro.
- Serret Moreno-Gil, J. (1995). *Manual de estadística universitaria inductiva*. ESIC Editorial.
- Socconini Pérez Gómez, L. V., & Reato, C. (2019). *Lean Six Sigma: sistema de gestión para liderar empresas* (1.^a ed.). Marge Books.
- Sosa Pulido, D. (2002). *Manual de calidad total para operarios*. Editorial Limusa, S. A. de C. V.
- Sphere Project Staff. (2004). *Humanitarian charter and minimum standards in disaster response*. Oxfam Publishing.
- Suárez Milián, S. (2022). *Implementación de la metodología 5S para incrementar la productividad en una empresa textil* [Tesis, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30252/Suarez%20Milian%2c%20Salvador.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Suhardi, B., Hermas Putri, M., & Jauhari, W. A. (2020). Implementation of value stream mapping to reduce waste in a textile products industry. *Cogent Engineering*, 7, 1–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1842148>
- Tenorio Angulo, A. M. (2024). *Análisis de estrategias de gestión empresarial para la optimización de procesos y su impacto en la generación de valor en empresas pymes del sector de confecciones de productos textiles: estudio de caso de 3 empresas del municipio de Santiago de Cali* [Tesis, Universidad de Manizales]. <https://ridum.umanizales.edu.co/server/api/core/bitstreams/467d2805-67d1-40eb-b31d-54255d64bc7d/content>
- Triola, M. F. (2018). *Estadística* (12.^a ed.). Pearson Educación.
- Valles, A., Sánchez, J., & Noriega Morales, S. A. (2009). Implementation of Six Sigma in a manufacturing process: a case study. *The International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, 16(3), 171–181.
- Vázquez Navarrete, M. L., Ferreira Silva, M. R., & Mogollón Pérez, A. S. (2011). *Introducción a las técnicas cualitativas de investigación*. Programa Editorial.
- Verdoy, P. J., Mateu Mahiques, J., Sagasta Pellicer, S., & Sirvent Prades, R. (2006). *Manual de control estadístico de calidad: Teoría y aplicaciones*. Universitat Jaume I.
- Vilar Barrio, J. F. (1997). *Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad*. Fundación Confemetal.
- Vilar Barrio, J. F., Gómez Fraile, F., & Tejero Monzón, M. (1997). *Cómo implantar y gestionar la calidad total*. Fundación Confemetal.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., & Myers, S. L. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Pearson Educación.
- Yuvamitra, K., Lee, J., & Dong, K. (2017). Value stream mapping of rope manufacturing: a case study. *International Journal of Manufacturing Engineering*, 17, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2017/8674187>
- Zarza Díaz, R., Martínez-Martínez, T., & Cruz Santiago, L. (2023). 5's en una empresa textil como base de la manufactura esbelta. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 10(19), 29–36. <https://doi.org/https://doi.org/10.29057/escs.v10i19.9605>