

# Improvement Plan to reduce operating costs in a Textile company in the city of Trujillo, 2024

Arroyo-Aguilar Joseph<sup>1</sup> , Pereda-Rivertte Sofia<sup>2</sup> 

<sup>1,2</sup>Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, Perú, N00245041@upn.pe, N00234873@upn.pe

*Abstract-- The objective of this project was to reduce the operating costs of a textile company. To carry out the study, a diagnosis of the company's current situation was made, identifying the main problems as equipment downtime, labor accidents, excessive fabric waste, loss of profits due to lack of raw material, and cost overruns resulting from noncompliance. To address these challenges, strategies such as the implementation of Total Preventive Maintenance (TPM), a Safety Management System (SG-SST), Total Quality Management (TQM), the use of the Kardex system and the Poka Yoke methodology were proposed. The actions designed included the review of technical data sheets, training in autonomous maintenance, a plan for cleaning, adjustment, and lubrication of critical equipment, as well as occupational safety protocols focused on risk assessment and personnel training. The economic analysis of the project shows an estimated total cost of S/ 4663.33 for its implementation, highlighting the feasibility and importance of these tools for reducing operating costs and continuously improving long-term efficiency. The financial results of the project are promising, with an Internal Rate of Return (IRR) of 440%, a Net Present Value (NPV) of S/. 125,551 and a Benefit/Cost (B/C) ratio of 1.49, thus consolidating a significant impact on the management and operation of the company.*

*Keywords-- Engineering design, Engineering tools, Simulation, Improvement, Cost reduction.*

# Plan de Mejora para reducir los costos operativos en una empresa Textil en la ciudad de Trujillo, 2024

Arroyo-Aguilar Joseph<sup>1</sup> , Pereda-Rivertte Sofia<sup>2</sup> 

<sup>1,2</sup>Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, Perú, N00245041@upn.pe, N00234873@upn.pe

**Resumen**– El presente proyecto tuvo como objetivo reducir los costos operativos de una empresa textil. Para llevar a cabo el estudio, se realizó un diagnóstico de la situación actual de la empresa, identificando como problemas principales el tiempo de inactividad de los equipos, los accidentes laborales, el exceso de merma de tela, el lucro cesante por falta de materia prima y los sobrecostos derivados de incumplimientos. Para abordar estos desafíos, se propusieron estrategias tales como la implementación del Mantenimiento Preventivo Total (TPM), un Sistema de Gestión de Seguridad (SG-SST), la Gestión de Calidad Total (TQM), el uso del sistema Kardex y la metodología Poka Yoke. Las acciones diseñadas incluyeron la revisión de fichas técnicas, capacitación en mantenimiento autónomo, un plan de limpieza, ajuste y lubricación de equipos críticos, así como protocolos de seguridad laboral enfocados en la evaluación de riesgos y la capacitación del personal. El análisis económico del proyecto muestra un costo total estimado de S/ 4663.33 para su implementación, destacando la viabilidad y la importancia de estas herramientas para la reducción de costos operativos y la mejora continua de la eficiencia a largo plazo. Los resultados financieros del proyecto son prometedores, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 440%, un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 125,551 y una relación Beneficio/Costo (B/C) de 1.49, consolidando así un impacto significativo en la gestión y operación de la empresa.

**Palabras clave**- Diseño de ingeniería, Herramientas de ingeniería, Simulación, Mejora, Reducción de costos.

## I. INTRODUCCIÓN

La industria textil en Trujillo, Perú, ha desempeñado un papel significativo en el desarrollo y crecimiento económico de la ciudad, mostrando una evolución continua a lo largo del tiempo [1]. En línea con las tendencias globales y el aumento de la población, el sector textil ha visto un incremento constante en la demanda.

La empresa ha presentado problemas significativos en el área operativa que pueden causar grandes pérdidas económicas si no se controlan a tiempo. Se han identificado cinco problemas principales que afectan la operatividad, la productividad del personal y el cumplimiento de los plazos acordados: el tiempo de inactividad de los equipos, los accidentes laborales, el exceso de merma de tela, lucro cesante por falta de materia prima y los sobrecostos derivados de incumplimientos, se pudo confirmar que la mayoría de las fallas se deben a la falta de mantenimiento preventivo y a deficiencias en la gestión de la seguridad laboral. Sin embargo, no se pueden descartar problemas adicionales como la falta de materia prima que también contribuyen a los sobrecostos y al lucro cesante. Por ello, es fundamental implementar herramientas como el Mantenimiento Preventivo Total (TPM), que reduce los costos operativos y contribuye al

buen funcionamiento de los equipos [5], y el Sistema de Gestión de Seguridad en el Trabajo (SG-SST), que reduce los accidentes laborales [2]. Además, la Gestión de Calidad Total (TQM) fomenta la mejora continua de los procesos y el compromiso gerencial, mientras que el sistema Kardex asegura un control eficiente del inventario y la metodología Poka Yoke previene errores en la fabricación [6]. Este conjunto de herramientas es crucial para el desarrollo operativo de la empresa, evitando así pérdidas económicas significativas.

El propósito es identificar las causas subyacentes que afectan los procedimientos y los costos operativos de la empresa. El diagrama de Ishikawa, ampliamente reconocido por facilitar la identificación de las causas raíz principales [3], se destaca como una de las herramientas de calidad más utilizadas en los procesos de la mayoría de las organizaciones [4].

El primer problema identificado como tiempo de inactividad de los equipos, se observó que en las áreas operativas de la empresa (Cortado, Confección, bordado y estampado) habían paradas inesperadas de maquinaria en el tiempo productivo de la empresa, esto se debe al mal plan de mantenimiento y antigüedad de los equipos en la empresa, este genera un costo de S/ 26,068.25 anuales.

En el segundo problema, hace referencia a los accidentes laborales en la empresa, esta genera un costo por días de licencia médica y nueva contratación de personal operativo por los días que deja de laborar el colaborador que percibe el accidente, para esto se clasifico los accidentes que pueden tener en leve, grave y agudo y haciendo un recuento el anterior año, la empresa registro un total de 41 accidentes, lo cual le genero un costo anual de S/. 7, 004.17.

El tercer problema identificado como exceso de merma de tela se encontró distintas pérdidas por el mal uso de la materia prima de las telas: jersey 20/1 con reactivo y antipiling, jersey 30/1 con reactivo y antipiling, pique 24/1 con reactivo, pique 30/1 con reactivo y dray fit. Se hallo una perdida por el costo del material mal utilizado es S/. 61, 135.20 y un valor de recuperación de la venta de esta de S/ 4, 632.00 y se obtuvo como resultado del costo perdido anual de S/. 56, 473.00 lo cual es perjudicial para la empresa.

El cuarto problema identificado como lucro cesante por falta de materia prima, ha generado pérdidas anuales significativas, estimadas en S/ 24.605.13. Estos costos perdidos son el resultado de una gestión ineficiente en la adquisición de materiales necesarios para la producción, lo que conlleva a situaciones como la escasez o el exceso de stock, así como la

perdida de horas hombre por paradas productivas y la perdida de la producción de estas.

El problema de Sobrecostos por no cumplimiento se debe a un mal uso de la máquina de estampado al no estar calibrada, los operarios colocan los polos y hace que estos se estampen de manera incorrecta y produce una pérdida para la empresa, por lo que se debe pagar horas extras para completar la producción diaria. Además, se debe realizar todo el proceso desde cero, también hay un costo de tela extra para producir los polos faltantes y hay costo de recuperación por la venta de estos, pero a un precio menor. Este problema le genera a la empresa un costo de S/ 8263.25 anual.

Los problemas identificados demuestran que la empresa está experimentando pérdidas económicas que se están viendo reflejadas en sus utilidades. Por ello, es crucial implementar estrategias que aborden estos problemas y lograr la reducción de costos mediante el uso de herramientas de ingeniería.

## II. METODOLOGÍA

### A. Diseño de la investigación

En el presente trabajo aplicativo se emplea un tipo de investigación Pre - test y Post - test [7], donde se presenta un punto inicial de referencia para analizar cómo se comporta la variable dependiente. El tipo de investigación tiene la orientación pre-experimental, se menciona que este diseño recibe ese nombre debido a que presenta un control limitado en comparación con un diseño experimental real.

El diseño de la investigación se representa de la siguiente manera en la Tabla I.

TABLA I  
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Gm	O1	X	O2
Muestra	Pre-Test	Propuesta	Post-Test

Donde:

- Gm: Muestra
- X: Tratamiento o condición experimental (Variable independiente, Plan de Mejora para la reducción de costos en la empresa Textil en la ciudad de Trujillo, 2024)
- O1: Pre - Test, Costos operativos actuales, antes de aplicar las herramientas.
- O2: Post - Test, Costos operativos después de aplicar las herramientas de ingeniería para la reducción de costos en la empresa Textil en la ciudad de Trujillo, 2024.

### B. Diagnóstico integral

La investigación actual empleó técnicas y herramientas analíticas, tales como las 5 Fuerzas de Porter, el Diagrama de Ishikawa y la Matriz FODA. Esto facilitó la comprensión del entorno operativo de la empresa, permitiendo un análisis detallado de los factores internos y externos que afectan su desempeño.

La falta de indicadores de gestión de mantenimiento, la falta de limpieza en el área de las máquinas, la falta de supervisión de las maquinarias, entre otros trae consigo el

tiempo de inactividad de los equipos de cortado, bordado, confección y estampado.

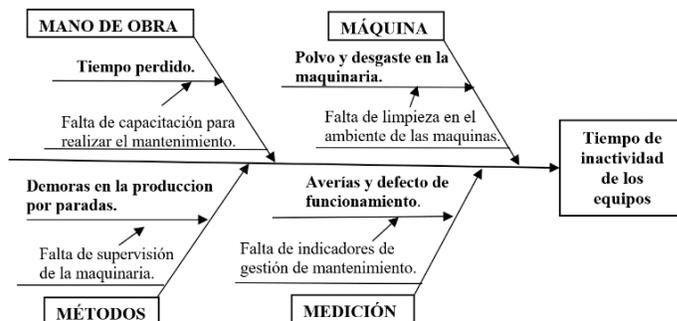


Fig. 1 Ishikawa de la empresa problema 1

Los accidentes laborales se producen por una serie de razones, como condiciones laborales inseguras, falta de formación adecuada, cansancio y estrés, estos factores interactúan en el entorno laboral, aumentando la probabilidad de que ocurran incidentes. Esto se evidencia en el número de accidentes registrados y el aumento del costo anual dirigido a este problema.

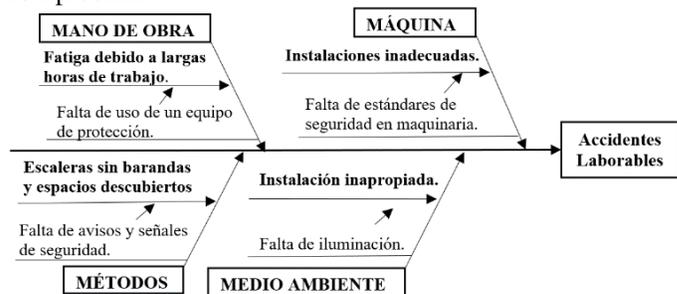


Fig. 2 Ishikawa de la empresa problema 2

Así mismo, el exceso de merma de tela se produce por una mala manipulación de la materia prima en el área de cortado, los operarios al no saber cómo utilizar, ocasiona que esta se desperdicie y produzca una pérdida significativa para la empresa siendo el problema que nos conlleva al costo operativo más alto.

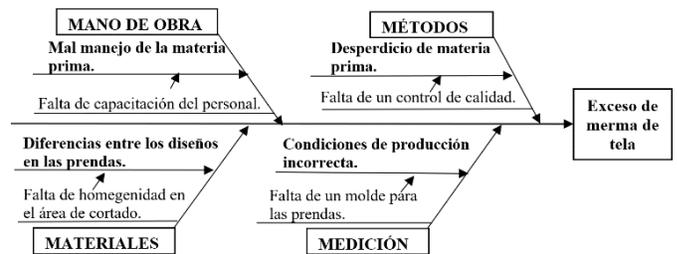


Fig. 3 Ishikawa de la empresa problema 3

El lucro cesante por falta de materia prima se debe a que la empresa al no contar con un planeamiento de pedidos de insumos, en muchas ocasiones se queda desabastecida de materiales para continuar con la producción con normalidad y así cumplir con la demanda requerida.

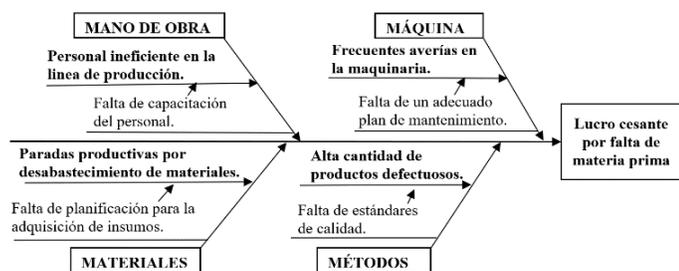


Fig. 4 Ishikawa de la empresa problema 4

Sobrecostos por no cumplimiento, la baja motivación de los operadores, los equipos no calibrados entre otras causas nos conllevan a no cumplir con el plan de producción.

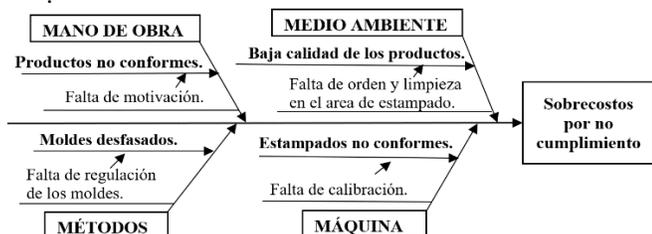


Fig. 5 Ishikawa de la empresa problema 5

Se visualiza en la Tabla II, los problemas de orden de mayor a menor según la pérdida.

TABLA II  
PROBLEMAS SEGÚN SU CRITICIDAD

Descripción	Perdida	Costo Anual acumulado	%Costo acumulado	%Número de problema acumulado
Exceso de merma de tela	S/ 56,473.20	S/ 56,473.20	47%	20%
Tiempo de inactividad de los equipos	S/ 26,068.25	S/ 82,541.45	68%	40%
Lucro cesante por falta de materia prima	S/ 23,057.13	S/ 105,598.58	87%	60%
Sobrecostos por no cump	S/ 8,263.75	S/ 113,862.33	94%	80%
Accidentes laborables	S/ 7,004.17	S/ 120,866.50	100%	100%

### C. Alternativa de solución

Después de un análisis detallado que identificó los costos asociados a los problemas, se han desarrollado propuestas para minimizar dichos costos de la empresa textil. Estas propuestas se organizan en alternativas, cada una integrando diversas herramientas y técnicas de la ingeniería industrial, con el fin de optimizar los procesos y aumentar la eficiencia.

TABLA III  
ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

PROBLEMAS	HERRAMIENTA
Tiempo de inactividad de los equipos	Mantenimiento Productivo Total (TPM) Mantenimiento Preventivo
Accidentes laborables	Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)
	Seguridad Basada en el Comportamiento (SBC)

	Total, Quality Management (TQM)
Exceso de merma de tela	Manual de procedimientos
Lucro cesante por falta de materia prima	Kardex Material Requirements Planning (MRP)
Sobrecostos por no cumplimiento	Poka Yoke 5S

### D. Selección de la alternativa

Se analizaron las herramientas para abordar los problemas, es de vital importancia clasificar estas herramientas en grupos de alternativas, basándose en su interrelación y su capacidad para resolver los cinco problemas identificados. La selección de la alternativa más adecuada debe considerar factores como el costo, el tiempo, el alcance y la disponibilidad de recursos humanos.

TABLA IV  
LISTADO DE ALTERNATIVAS CON HERRAMIENTAS

ALTERNATIVA	HERRAMIENTA
1	Mantenimiento Productivo Total (TPM), Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), Total Quality Management (TQM), Kardex y Poka Yoke
2	Mantenimiento Preventivo, Seguridad Basada en el Comportamiento (SBC), Manual de procedimientos, Material Requirements Planning (MRP) y 5S

Posterior a ello, agrupamos las herramientas en alternativas, estas herramientas se separaron de manera tal que todas pueden resolver los problemas encontrados, tomando en consideración las restricciones que tiene la empresa se procede a realizar la selección de la mejor alternativa.

TABLA V  
RESTRICCIONES REALISTAS PARA LAS ALTERNATIVAS

Restricciones reales	Alternativa 1	Alternativa 2
<b>Altos costos operativos</b>	TPM, SG-SST, TQM, KARDEX, POKA YOKE	Mantenimiento Productivo, SBC, Manual de Procedimientos, MRP, 5S
Costo: Presupuesto para la implementación de las herramientas no debe sobrepasar: S/8,000.00	S/ 7,630.87	S/ 13,408.13
Tiempo: La empresa dispone de 6 meses.	7 meses	8 meses
Adaptabilidad: La empresa dispone de personal estable y permanente, con 24 colaboradores dispuestos al nuevo método de trabajo.	24 colaboradores	11 colaboradores
Efectividad: La empresa pretende disminuir sus costos hasta en un 25%.	35%	18%

Para el problema tiempo de inactividad de los equipos, se propone la herramienta del mantenimiento producto total (TPM) como una alternativa efectiva para abordar el tiempo de inactividad de los equipos en entornos industriales. A diferencia del Mantenimiento Preventivo, que se basa en intervalos predefinidos para reparaciones, el TPM se centra en maximizar

la eficiencia de la maquinaria, eliminando pérdidas y fomentando la participación de los empleados en el cuidado de los equipos [10]. Además, establece una base sólida para mejorar la eficiencia operativa y aumentar la productividad de la empresa.

Para contrarrestar el problema de accidentes laborales, en primer lugar, se propuso la implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), esta herramienta tiene como objetivo generar importantes beneficios para la organización, como la reducción de costos asociados a accidentes y enfermedades laborales. Además, se ha comprobado su gran eficiencia para evitar accidentes dentro de las zonas de trabajo [14]. No solo se centra en prevenir accidentes, sino también en promover un entorno laboral seguro y saludables, asegurar el éxito y la mejoras en seguridad, lo que resulta en una reducción significativa de los accidentes laborales a largo plazo. Por otro lado, la SBC se enfoca en modificar las conductas y actitudes de los empleados hacia la seguridad a través de capacitación, retroalimentación y refuerzo positivo. Aunque puede mejorar la conciencia y el compromiso con la seguridad, su efecto a largo plazo puede ser limitado sin un marco de gestión de riesgos sólido como el proporcionado por el SG-SST.

Para contrarrestar el problema lucro cesante por falta de materia prima, se consideró como primera opción Total Quality Management (TQM) buscando mejorar la calidad en todos los aspectos de la organización con estándares de calidad en todo el proceso productivo [12], centrándose en identificar las causas raíz del desperdicio y promoviendo soluciones a largo plazo. Por otro lado, un Manual de Procedimientos específico detallaría prácticas para minimizar la merma de tela, pero su efectividad podría ser limitada sin un enfoque más integral como el TQM. En resumen, el TQM emerge como la alternativa más adecuada para abordar el exceso de merma de tela, promoviendo mejoras sostenibles en la eficiencia y la calidad a largo plazo.

Ante el desafío de contrarrestar el lucro cesante debido a la falta de materia prima, evaluamos dos alternativas: el sistema Kardex y el sistema MRP. El sistema Kardex es una opción eficiente para mantener un registro detallado del inventario de materia prima disponible. Este sistema proporciona información actualizada sobre los niveles de existencias, los movimientos de inventario, las necesidades de reposición efectiva para gestionar el inventario y prevenir la escasez de materia prima, reduciendo así el riesgo de lucro cesante. Por otro lado, el sistema MRP se centra en planificar y programar la producción en función de las necesidades de materia prima y los tiempos de entrega. Por lo tanto, consideramos que el sistema Kardex emerge como la alternativa más adecuada para contrarrestar el lucro cesante por falta de materia prima ofrece una solución práctica y rentable para gestionar el inventario y garantizar un suministro adecuado de materiales [13], lo que nos ayudará a evitar interrupciones en la producción y pérdidas económicas.

Para contrarrestar el problema de Sobrecostos por no cumplimiento, se destacan 2 herramientas como alternativas:

Poka Yoke y las 5S. Sabemos que el Poka Yoke es una técnica que busca prevenir errores humanos o de procedimiento mediante la implementación de dispositivos que eviten la ocurrencia de defectos [14]. De esta manera no solo se evitan los reprocesos, sino también las mermas de producción [11] mejorando así la calidad del producto y reduciendo los costos asociados con la devolución de productos defectuosos. Por otro lado, la metodología 5S se centra en la organización y limpieza del lugar de trabajo para mejorar la eficiencia y reducir los errores. Aunque esta metodología puede ayudar crear un entorno de trabajo más ordenado y eficiente, su impacto directo en la prevención de productos defectuosos puede ser limitado en comparación con la herramienta Poka Yoke. Es por ello, que consideramos a Poka Yoke como la alternativa más adecuada para solucionar esta problemática, ofrece una solución rentable y efectiva, lo que resulta en ahorros significativos a largo plazo para la empresa.

### E. Diseño de la alternativa seleccionada

En el flujograma presentado en la figura 6, se muestran las herramientas seleccionadas para su implementación en la empresa textil.

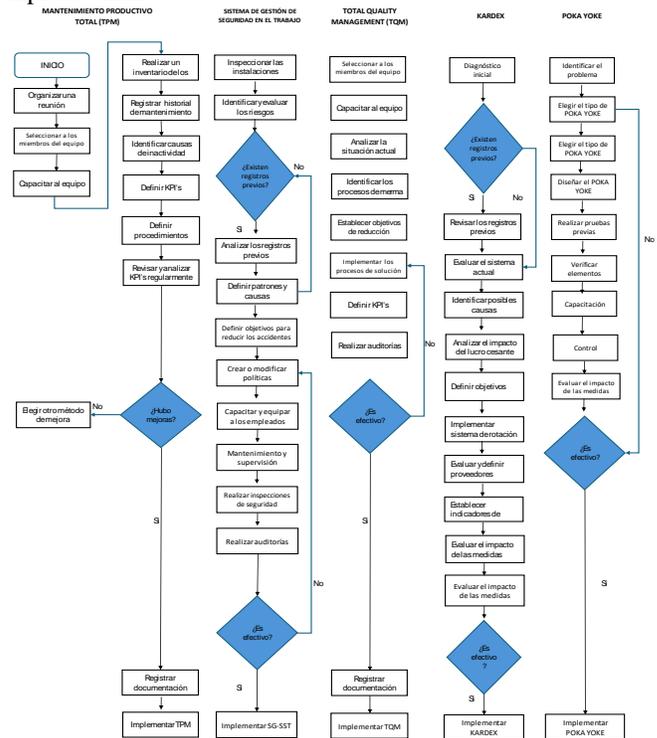


Fig. 6 Alternativa de solución

Entre las metodologías seleccionadas está el TPM, el Sistema de Gestión de Seguridad en el Trabajo, el TQM, el Kardex y el Poka Yoke. Cada una de estas metodologías representa una pieza importante en la búsqueda de la reducción de costos y la mejora continua en la empresa. En el contexto del flujograma, se ha determinado un plan de acción específico para cada una de estas herramientas. Este plan de acción abarca desde la fase inicial de diagnóstico y evaluación hasta la fase final de seguimiento y retroalimentación; con una duración aproximada de siete meses a cargo de la gerencia de producción.

### F. Identificación y selección de estándares de ingeniería

Las operaciones estándar representan el método óptimo para ejecutar procesos, constituyendo una regla fundamental que los operadores deben seguir. Es crucial investigar los estándares relevantes para la organización, los cuales deben abarcar de manera integral tanto el producto final como los procedimientos de manufactura.

TABLA VI  
ESTÁNDARES SELECCIONADOS

Nº	Ley, Norma o Estándar de Ingeniería	Descripción
1	Norma Internacional - ISO 45001:2018	El propósito de la norma es mejorar el sistema de gestión para ofrecer un entorno laboral seguro y saludable, con el fin de evitar el ausentismo por lesiones y problemas de salud entre los trabajadores
2	Norma Internacional ISO 17359:2018 Monitorización del estado y diagnóstico de máquinas: directrices generales	Esta norma se encarga del análisis de vibraciones y daños. En este caso, los estándares se emplean para la recolección y procesamiento de datos de vibraciones, como método para evaluar el estado de las máquinas involucradas en los procesos industriales.
3	Norma Internacional - ISO 9001:2015 Determinación del alcance del sistema de gestión de la calidad	La información documentada del sistema de gestión de la calidad de la organización debe incluir el alcance, el cual debe ser accesible y constantemente actualizado
4	Norma Internacional GSI: Identificación de unidades de producto ISO/IEC 27001:2013	Este estándar global define un sistema único de identificación de productos para facilitar el seguimiento y la trazabilidad en toda la cadena de suministro. Además, asigna un código único a cada producto, permitiendo una identificación precisa, optimizando la gestión de inventarios y reduciendo errores.
5	Norma Internacional ISO 8559-1:2017	Esta norma establece las definiciones de las distintas medidas corporales para designar la talla de las diferentes prendas confeccionadas y nos indica un procesamiento normalizado para realizar esas medidas.

TABLA VII  
ESTÁNDARES SELECCIONADOS

Leyes, Normas y Estándares de Ingeniería	Apartado	Herramienta	Formatos incluidos en la herramienta
Norma Internacional - ISO 45001:2018	4.1 Comprensión de la organización, 6.1.1. Generalidades, 6.1.2.1 Identificación de Peligros, 9.1. Auditoría interna.	Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST)	1. Formato de datos para registro estadístico de seguridad y salud en el trabajo. 2. Registro de inducción, capacitación, entrenamiento y simulacros. 3. Registro de auditorías.
Norma Internacional ISO 17359:2018 Monitorización del estado y diagnóstico de máquinas: directrices generales	2.2.4 Sistemas externos 2.2.5 Archivo de datos 8.4. Condiciones del funcionamiento del seguimiento	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	1. Formato de información típica del monitorear la máquina. 2. Formulario para registrar activos.
Norma Internacional - ISO 9001:2015 Determinación del alcance del sistema de	4.3. Determinación del alcance del sistema de gestión de la calidad. 7.5. Información documentada	Gestión de la calidad total (TQM)	1. Manual de calidad. 2. Formato listado de documentación del sistema. 3. Formato de listado de formatos.

gestión de la calidad      8.5.1. Control de la producción y de la provisión del servicio      4. Formato de registro de entregas de documentos.

Norma Internacional GSI: Identificación de unidades de producto ISO/IEC 27001:2013	6. Planificación 10. Mejora	Kardex	1. Formato de revisión. 2. Formato de distribución.
Norma Internacional ISO 8559-1:2017	5. Medidas corporales básicas	Poka Yoke	1. Manual de Procedimientos. 2. Formato de medidas hombre. 3. Formato de medidas mujer.

### G. Formulación y cálculo de indicadores

Para la formulación y cálculos de los indicadores se realizó teniendo en cuenta:

Indicador de Mantenimiento Productivo Total (TPM): Este indicador se determinó por el porcentaje de tiempo perdido de las máquinas. Para la máquina de cortado, se registraron 0.66 horas perdidas de las 176 horas disponibles mensualmente. En la máquina de bordado, el tiempo perdido fue de 0.7 horas. La máquina de confección tuvo una pérdida de 2.54 horas. Finalmente, la máquina de estampado registró 0.52 horas perdidas entre las 176 horas disponibles. Estas pérdidas resultaron en una pérdida mensual de S/ 2,574.15.

$$\frac{\text{(Tiempo perdido de máquina)}}{\text{(Tiempo total disponible)}} * 100\%$$

Indicador de Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST): Se registraron 4 accidentes, cada uno resultando en 4 días de trabajo perdidos. Multiplicando esta cifra por el sueldo diario de S/ 32.00, se obtiene una pérdida mensual de S/ 544.00.

$$N.º \text{ accidentes al mes}$$

Indicador de Gestión de la calidad total (TQM): Este indicador se refiere al porcentaje de merma de tela, que se calcula utilizando los kilogramos de merma de tela y los kilogramos de tela utilizados en la producción. Para determinar el indicador de TQM, primero se identificaron los kilogramos de tela perdidos, que ascienden a 155.4 kg, y se multiplicaron por el precio de la tela. Este desperdicio resulta en una pérdida de S/891.13 mensuales.

$$\frac{\text{(Kilogramo de merma de tela)}}{\text{(Kilogramo de tela utilizada)}} * 100\%$$

Indicador Kardex: Este indicador mide el porcentaje de inactividad en el trabajo. Para calcularlo, se utilizaron las 4.2 horas perdidas de las 176 horas programadas. Además, se consideró el costo de la tela, resultando en una pérdida mensual de S/ 295.31.

$$\frac{\text{(Nº de horas perdidas)}}{\text{(Nº de horas programadas)}} * 100\%$$

Indicador Poka Yoke: El indicador se determinó cómo el porcentaje de productos no conformes. Este indicador considera los productos terminados no conformes, que ascienden a 51 unidades, en comparación con los productos terminados totales,

que son 12,480 unidades. Esta tasa de productos no conformes ocasiona una pérdida mensual de S/126.92.

$$\frac{(\text{Productos terminados no conformes})}{(\text{Productos terminados totales})} * 100\%$$

**H. Elección de modelos de simulación**

En este contexto se dice que simular tiene como objetivo reflejar características y comportamientos de sistemas reales, simular es el estudio de un sistema o sus partes mediante manipulación de su representación matemática [5]. Para el siguiente estudio se hace uso de métodos o softwares de simulación, seleccionando los más viables para nuestras herramientas de ingeniería con el fin de reflejar resultados con la mayor exactitud posible y. Además, utiliza la metodología se utiliza la metodología fases de un estudio de simulación [15].

Para determinar las mejoras y cálculos de los indicadores post implementación de la alternativa propuesta, se consideró hacer un listado de softwares y métodos para realizar las simulaciones, los cuales están conformados por ProModel, Montecarlo, Arena, Flexsim, Anylogic, Power sim, Odo ERP y Witness. Una vez identificados los posibles software, se procedió a seleccionar los más adecuados para el diseño de la simulación mediante una calificación en base al costo, conocimiento del simulador y facilidad de manejo, donde se determinó al software ProModel por ser capaz de simular de manera acertada cualquier proceso de manufactura, para simular las herramientas de Balance de Línea y Metodología 5S y además, se seleccionó al método Montecarlo con el cual generamos valores aleatorios para determinar en base a probabilidades la demanda no atendida por falta de stock, para simular las herramientas de Just in Time y TPM.

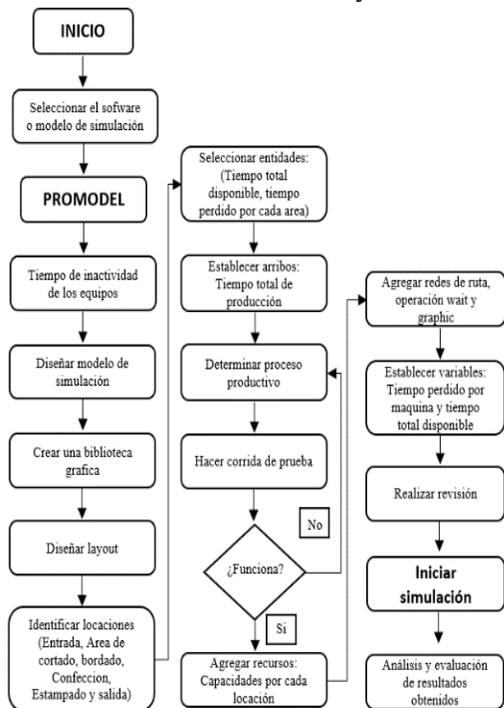


Fig. 7 Flujoograma de diseño de la simulación del problema 1

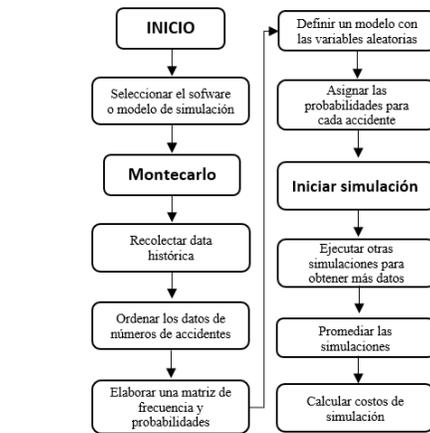


Fig. 8 Flujoograma de diseño de la simulación del problema 2

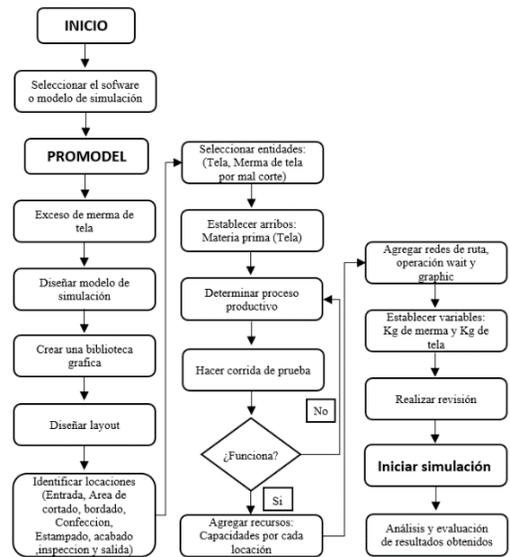


Fig. 9 Flujoograma de diseño de la simulación del problema 3

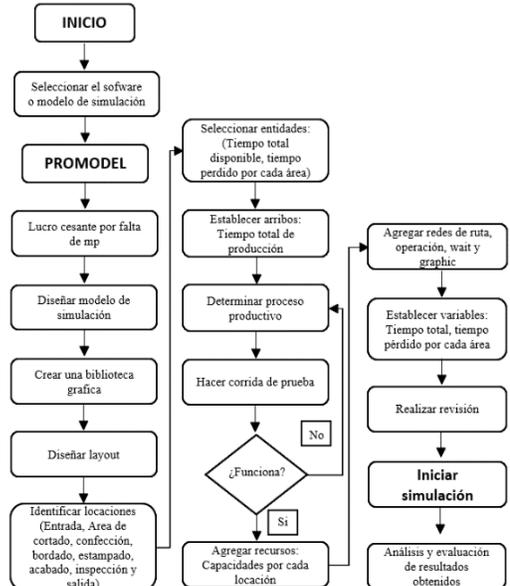


Fig. 10 Flujoograma de diseño de la simulación del problema 4

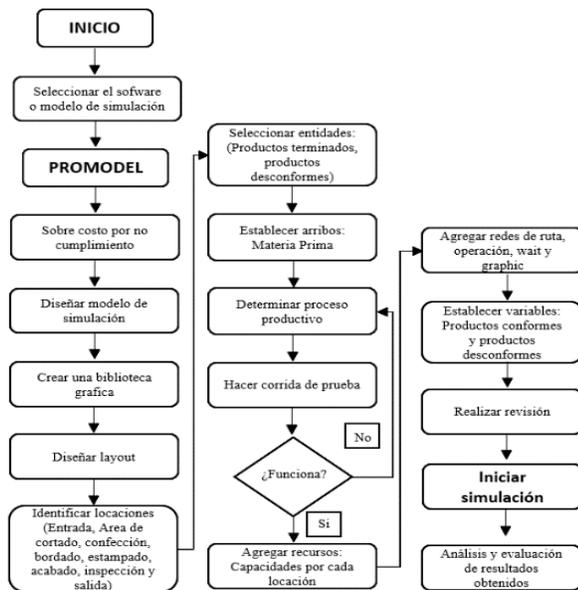


Fig. 11 Flujo de diseño de la simulación del problema 5

### G. Ejecución de Simulación

#### Simulación del TPM:

El modelo de simulación desarrollado en el software ProModel incluyó 6 locaciones y 5 entidades, las cuales representaban el tiempo neto de producción y el tiempo perdido por cada máquina. Para los arribos, se consideró el número máximo de producción mensual, que alcanzaba los 10560 polos. La simulación fue configurada para operar durante 176 horas, utilizando el comando lógico “Wait” para indicar el tiempo de permanencia de las entidades en cada locación. Además, se incorporó el porcentaje de tiempo perdido por máquina en el apartado de FIRST.

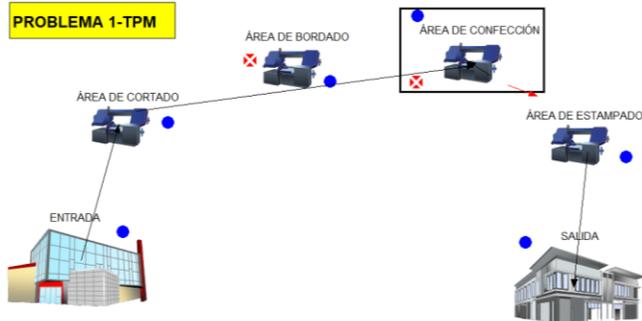


Fig. 12 Simulación en ProModel

#### Simulación del SG-SST:

Para abordar este problema, se utilizó el método Monte Carlo. El proceso incluyó la recopilación de datos históricos de accidentes durante un período de 3 años, clasificados en leves, moderados y graves, seguido de un análisis estadístico descriptivo para calcular la media, mediana y desviación estándar. Con esta información, se determinaron las probabilidades de ocurrencia de cada tipo de accidente, configurada con 10 iteraciones. Durante la simulación, se

generaron números aleatorios basados. En esa probabilidad es para la simularla el número de accidentes por categoría y calcular los costos asociados a los días de licencia médica. Al finalizar, se analizaron y monetizaron los resultados, proporcionando una estimación de costos totales asociados a los días de licencia médica no trabajados debido a accidentes laborales.

TABLA VIII  
ANÁLISIS ESTADÍSTICO  
Nº accidentes 2023

Media	3.416666667
Error típico	0.514315275
Mediana	3
Moda	3
Desviación estándar	1.781640375
Varianza de la muestra	3.174242424
Curtosis	-1.247662066
Coficiente de asimetría	0.163695649
Rango	5
Mínimo	1
Máximo	6
Suma	41
Cuenta	12

Los resultados indicaron que no se presentarían accidentes moderados o graves, debido a la ausencia de accidentes moderados y graves en los datos históricos y un número bajo de accidentes leves.

TABLA IX  
SIMULACIÓN DE ACCIDENTES

Simulación 2023 Nº Accidentes												
Nº de meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Iteraciones												
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
3	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
PROM AL MES	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.1	0.2	0.1

#### Simulación del TQM:

La simulación en el software ProModel se enfocó en abordar el problema del exceso de merma de tela mediante la implementación de Total Quality Management (TQM). El modelo desarrollado incluyó 8 locaciones, 2 entidades, utilizando como indicador principal el porcentaje de merma de tela. La materia prima (tela) ingresó como entidad inicial, y la merma de tela por mal corte como entidad de salida al final del proceso. Se consideraron 42,240 metros de tela como arribos, representando la capacidad máxima mensual. Durante la simulación, se estableció una duración de 176 horas. Además, se utilizó el comando lógico “Wait” para gestionar el tiempo de permanencia de las entidades en cada locación, y el porcentaje de merma de tela se integró en el enrutamiento, específicamente

en el apartado “FIRST”, adaptando este porcentaje según las características de cada máquina.

**PROBLEMA 3-TQM**

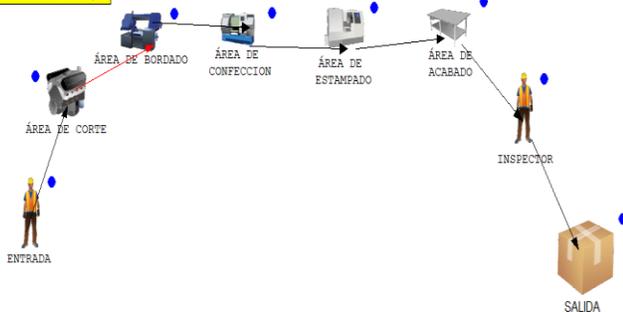


Fig. 13 Simulación en ProModel

**Simulación del KARDEX:**

El modelo propuesto en ProModel contó con 7 locaciones y 2 entidades: el tiempo programado y el tiempo perdido. La simulación se basó en un arribo equivalente a la producción máxima mensual de 10560 polos. La duración de la simulación fue de 176 horas, empleando el comando lógico “Wait” para controlar el tiempo de permanencia de la entidad en cada una de las locaciones. Para la implementación del KARDEX, se consideró el porcentaje de tiempo perdido debido a la inactividad del trabajo por falta de materia prima, integrándolo en el enrutamiento en el apartado “FIRST”.

**PROBLEMA 4-KARDEX**

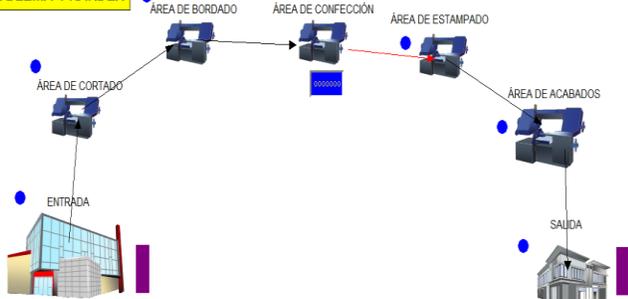


Fig. 14 Simulación en ProModel

**Simulación del POKA YOKE:**

Para esta herramienta, el modelo propuesto en el software ProModel cuenta con 8 locaciones, un arribo y 2 entidades: productos terminados totales y productos no conformes. El objetivo de esta simulación es determinar el porcentaje de productos no conformes. La simulación abarcó un periodo de 176 horas, utilizando el comando lógico “Wait” para controlar el tiempo de permanencia de las entidades en cada locación. Por último, se consideró el porcentaje de productos no conformes en el enrutamiento, especificado en la sección “FIRST”.

**PROBLEMA 5-POKA YOKE**

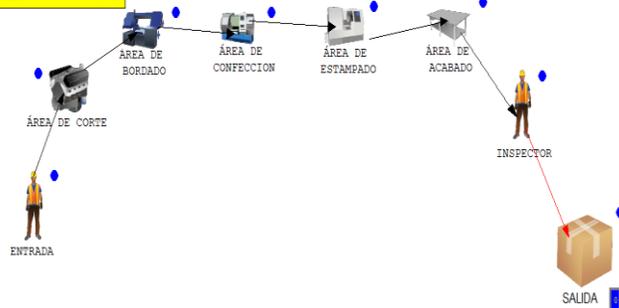


Fig. 15 Simulación en ProModel

Luego de completar las simulaciones, procedemos a comparar los indicadores para calcular el beneficio obtenido.

TABLA X  
COMPARACIÓN DE INDICADORES

Herramientas	Indicador	Valor actual		Valor Mejorado		Variación %	Monetaria
		Cálculo	Monetario	Cálculo	Monetario		
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	%Tiempo perdido maquina (Mq. Cortado)	0.38%	S/ 384.38	0.26%	S/ 267.90	- 0.11%	S/ 116.48
	%Tiempo perdido maquina (Mq. Bordado)	0.40%	S/ 407.67	0.23%	S/ 238.78	- 0.16%	S/ 168.89
	%Tiempo perdido maquina (Mq. Confección)	1.44%	S/ 1,479.26	0.72%	S/ 739.63	- 0.72%	S/ 739.63
	%Tiempo perdido maquina (Mq. Estampado)	0.30%	S/ 302.84	0.21%	S/ 215.48	- 0.09%	S/ 87.36
Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST)	% Accidentes Laborales	66.67 %	S/ 544.00	33.30 %	S/ 136.00	- 33.37 %	S/ 408.00
Gestión de la calidad total (TQM)	% Merma de tela	5.60%	S/ 891.13	3.64%	S/ 376.50	- 1.96%	S/ 514.63
Kardex	% Inactividad de trabajo	2.39%	S/ 295.31	1.55%	S/ 191.95	- 0.84%	S/ 103.36
Poka Yoke	% Productos no conformes	0.41%	S/ 126.92	0.27%	S/ 53.63	- 0.14%	S/ 73.30
<b>Total</b>			<b>S/ 4,431.51</b>		<b>S/ 2,219.87</b>	<b>37.39 %</b>	<b>S/ 2,211.64</b>

Se evidencia que los beneficios son favorables, alcanzando un 37.39%.

*I. Evaluación económica*

Para la evaluación económica, se aplicó el flujo de caja del plan de mejora. En primer lugar, se consideraron los costos o egresos asociados con la implementación de cada herramienta.

Esta evaluación se realizó en un período de 6 años. Posteriormente, se calcularon los beneficios de cada herramienta, tomando en cuenta la inversión inicial.

TABLA XI  
EVALUACIÓN ECONÓMICA

EGRESOS	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	S/ 1,588.8 0	S/ 3,720.00	S/ 3,840.0 0	S/ 3,720.00	S/ 3,600.00	S/ 4,200.00	S/ 3,600.00
Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST)	S/ 3,423.6 0	S/ 6,240.00	S/ 6,240.0 0	S/ 5,040.00	S/ 5,040.00	S/ 5,040.00	S/ 5,040.00
Gestión de la calidad total (TQM)	S/ 1,088.8 0	S/ 1,200.00	S/ 4,800.0 0	S/ 1,200.00	S/ 1,200.00	S/ 3,600.00	S/ 1,200.00
Kardex	S/ 1,732.0 0	S/ -	S/ 2,040.0 0	S/ 1,800.00	S/ 2,040.00	S/ 1,800.00	S/ 1,920.00
Poka Yoke	S/ 1,280.0 0	S/ 1,200.00	S/ 3,360.0 0	S/ 1,200.00	S/ 1,200.00	S/ 3,360.00	S/ 1,200.00
<b>TOTAL EGRESOS</b>	S/ 9,113	S/ 12,360	S/ 20,280	S/ 12,960	S/ 13,080	S/ 18,000	S/ 12,960.0 0
<b>INGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	S/	S/ 13,348	S/ 13,348	S/ 13,348	S/ 13,348	S/ 13,348	S/ 13,348
Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST)	S/	S/ 4,896	S/ 4,896	S/ 4,896	S/ 4,896	S/ 4,896	S/ 4,896
Gestión de la calidad total (TQM)	S/	S/ 6,176	S/ 6,176	S/ 6,176	S/ 6,176	S/ 6,176	S/ 6,176
Kardex	S/	S/ 1,240	S/ 1,240	S/ 1,240	S/ 1,240	S/ 1,240	S/ 1,240
Poka Yoke	S/	S/ 880	S/ 880	S/ 880	S/ 880	S/ 880	S/ 880
<b>TOTAL INGRESOS</b>	S/ 0	S/ 26,540	S/ 26,540	S/ 26,540	S/ 26,540	S/ 26,540	S/ 26,540
<b>FLUJO MENSUAL DE CAJA</b>	S/ 9,113	S/ 38,900	S/ 46,820	S/ 39,500	S/ 39,620	S/ 44,540	S/ 39,500

Finalmente, los indicadores obtenidos de la evaluación económica del proyecto muestran que esta viable económicamente pues se tiene un VAN positivo por un valor de S/ 125.551, una TIR mayor a la tasa de descuento del proyecto por un valor de 440% y un B/C de 1.49 soles lo que indica que por cada sol invertido en el proyecto la empresa estaría obteniendo un beneficio de 0.49 soles.

TABLA XII  
RESULTADOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA

<b>TMAR</b>	<b>21%</b>
<b>TIR</b>	<b>440%</b>
<b>VAN</b>	<b>S/. 125,551</b>
<b>B/C</b>	<b>1.49</b>
<b>VAN Ingresos</b>	<b>S/. 86,111</b>
<b>VAN Egresos</b>	<b>S/. 57,66</b>

Como se puede observar en la Tabla XII el VAN es mayor a 0 y además el TIR es mayor que el TMAR, significa la empresa obtendrá importantes beneficios y por consecuente el proyecto es viable.

### III. DISCUSIONES

Se identifican cinco problemas a los largo de su cadena de producción tales como el tiempo de inactividad de los equipos, debido a las paradas de máquinas por fallas mecánicas con un impacto económico de S/ 26,068.25, los costos relacionados a los días de descansos médicos pagados ocasionado por los accidentes laborales con un impacto económico de S/ 7,004.17, el exceso de merma de tela con un impacto económico de S/ 56,473.20, lucro cesante por falta de materia prima con un impacto económico de S/ 23,057.13 y los sobrecostos por no cumplimiento debido a los productos no conformes al finalizar la jornada con un impacto económico de S/ 8,263.75, para todo lo antes mencionado se aplica herramientas de manufactura esbelta, aplicando un Plan de Mantenimiento Productivo (TPM), Total Quality Management (TQM), implementación Kardex, herramienta Poka Yoke y la implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST). Las mejoras implementadas en diferentes áreas de la empresa han demostrado la viabilidad económica y financiera del proyecto, como lo expuesto por autores realizadas a diversas investigaciones en otras industrias productivas [8]. Esto se refleja en el Valor Actual Neto (VAN) positivo de S/. 125.551 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 440%. Estos indicadores financieros respaldan la efectividad de la propuesta de mejora y sugieren un impacto positivo en la situación económica de la empresa. Esto se contrasta con lo encontrado en el proyecto titulado “Propuesta de mejora para incrementar la eficiencia en la producción de prendas con herramientas de Lean Manufacturing en el sector textil en Lima”, que obtuvo resultados positivos, pero aún están lejos de tener procesos más estandarizados y alineados con el objetivo [9].

### IV. CONCLUSIONES

Se evaluó la gestión operativa actual de la empresa textil, en función a los costos, con el apoyo de las técnicas de recolección de datos y las herramientas de análisis se conoció diferencias entre los procesos de cortado, bordado, estampado y confección.

Se conoció la problemática general de la empresa que afectan a los costos operativos; tales como, accidentes laborales, exceso de merma de tela, lucro cesante por falta de materia prima y sobrecosto por no cumplimiento.

Se empleó software y métodos de simulación para los problemas identificados, como ProModel y Monte Carlo, que dieron el mejor rendimiento según las particularidades de cada situación.

Se aplicó estrategias para mejorar la problemática dentro de la empresa tales como, Mantenimiento Productivo Total (TPM), Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), Kardex y Poka Yoke y Total Quality Management (TQM) y como consecuencia se redujo costos operativos de S/ 53,178.12 a S/ 26,638.43, equivalente a una reducción del 35% de los costos anuales.

## REFERENCIAS

- [1] Suzuki, T. (2017). TPM en industrias de proceso. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780203735343/tpm-en-industrias-de-proceso-tokutaro-suzuki>
- [2] Hirano, H. (2017). Poka-yoke (Spanish): Mejorando la Calidad del Producto Evitando los Defectos. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780203743003/pok-a-yoke-spanish-hirano>
- [3] Loayza Alvarado, A. C. (2021). Propuesta de un sistema de gestión en el área de almacén para aumentar la rentabilidad en la empresa Repalsa SA en la ciudad de Trujillo en el año 2021. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28709>
- [4] Botero, L. F. B. (2021). Principios, herramientas e implementación de Lean Construction. Universidad EAFIT.
- [5] Troncos Rangel, E. O. (2019). Análisis de la industria textil para la creación de una escuela de modas con centro de producción y difusión textil en la ciudad de Trujillo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37483>
- [6] Espinoza Campos, M. P., & Pérez Cabanillas, R. J. (2019). Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo para reducir accidentes laborales en el área de producción de la empresa Cantarana SAC, Chimbote-2019. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43774>
- [7] Serrate-González, S.; Casillas-Martín, S. & Cabezas-González, M.(2019). Factores de calidad determinantes de la formación práctica de los estudiantes de educación. <https://doi.org/10.1590/S010440362019002701625>
- [8] Quiroz Cueva, A., Simbrón Guillen, M., & Saenz Moron, M.; 2023. Improvement proposal to increase the production efficiency of garment with lean manufacturing tools for the textile sector in Lima. Paper presented at the Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology 2023
- [9] Rodríguez, A, Echevarria, V. Martin V. (2023). Aplicación de herramientas de gestión de la calidad para reducir costos en las operaciones de una empresa agroindustrial. Virú- Perú, 2023 (CICIC 2024). <https://doi.org/10.54808/CICIC2024.01.197>
- [10] N.Canahua (2021, junio). Implementacion de la metodología TPM-LeanManufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metal mecánica. Disponible:[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-99932021000100049&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-99932021000100049&script=sci_arttext)
- [11] Alipio-Gordillo, C., La-Cunza-Claudet, A., Martin-Rodriguez, L., Saavedra-Mendoza, K., Geldres-Marchena, T., & Geldres-Marchena, T. (2022). Improvement plan to reduce operating costs of Empresas Chang S.R.L. Proceedings Of The 20th LACCEI International Multi-Conference For Engineering, Education And Technology: "Education, Research And Leadership In Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive And Sustainable Actions". Disponible: <https://doi.org/10.18687/laccei2022.1.1.324>
- [12] M, Coronado, Plan estratégico para la empresa Molinerías Grupo RamS.A.C. para el período 2017-2019, Universidad San Ignacio de Loyola, 2019.
- [13] R. Ahumada, L. Cervantes y R. Martelo (2020, diciembre 30). Sistema de información para la gestión de inventario y actividades en un hato ganadero. Disponible: <http://es.revistaespacios.com/a20v41n50/a20v41n50p15.pdf>
- [14] Olivares Apaza, Anail Beatriz, Salas Cam, Fiorella Alexandra, & Cabrera Gil Grados, Ezilda Maria. (2023). Caso de aplicación: herramienta Poka Yoke en la micro y pequeña empresa Bohemian Brew Peru. Ingeniería Industrial, 44(1), 3-22. Epub 04 de abril de 2023. Recuperado en 10 de julio de 2024, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59362023000100003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362023000100003&lng=es&tlng=es).
- [15] R. Chase y R. Jacobs, Administración de Operaciones y Cadenas de Suministro, Décimoquinta ed., Mexico D.F: Mc Graw Hill Education, 2018.
- [16] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," *IEEE Translated J. Magn. Japan*, vol. 2, pp. 740-741, August 1987 [*Digest 9<sup>th</sup> Annual Conf. Magnetism Japan*, p. 301, 1982].
- [17] M. Young, *The Technical Writer's Handbook*, Mill Valley, CA: University Science, 1989.