



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“PROPUESTA DE MEJORA EN GESTIÓN DE  
MANTENIMIENTO PARA REDUCIR LOS  
SOBRECOSTOS POR PARADAS NO  
PROGRAMADAS EN UNA EMPRESA DEL  
SECTOR AGROINDUSTRIAL, TRUJILLO, 2024”**

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Autor:**

Joseph Fernando Carrascal Gordillo

**Asesor:**

Ing. Miguel Angel Rodríguez Alza

<https://orcid.org/0000-0002-1939-5343>

**Trujillo – Perú**

**2024**

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Erick Humberto Rabanal Chavez</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	<b>Carlos Marcelo Perez Heredia</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	<b>Miguel Angel Rodriguez Alza</b>
	Nombre y Apellidos

## INFORME DE SIMILITUD

**Joseph Fernando Carrascal Gordillo**

### PROPUESTA DE MEJORA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA REDUCIR LOS SOBRECOSTOS POR PARADAS NO PROG...

- Quick Submit
- Quick Submit
- Asesores

#### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3139117886

Fecha de entrega

27 ene 2025, 4:59 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

27 ene 2025, 5:02 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis\_Joseph\_Carrascal\_Gordillo.pdf

Tamaño de archivo

804.1 KB

49 Páginas

11,772 Palabras

61,047 Caracteres



Página 2 of 58 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3139117886

## 20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




#### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

#### Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas

#### Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## **DEDICATORIA**

A mis padres por apoyarme  
en todo momento, por los valores que me han  
inculcado, su respaldo incondicional,  
por sus consejos y su apoyo  
para alcanzar mis objetivos y metas  
planteadas en mi vida

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por cuidarme siempre y ser mi guía

A mi madre, por su apoyo incondicional, su  
esfuerzo y por estar conmigo en cada etapa de mi vida. A mi

padre, por todo su apoyo y respaldo siempre.

A mi asesor apoyarme en el desarrollo de mi tesis  
orientándome cada decisión que tome.

A la Universidad Privada del Norte, por acogerme en su casa  
de estudios y permitirme el cumplimiento de una de mis  
metas personales

## TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR .....	pág. 2
INFORME DE SIMILITUD.....	pág. 3
DEDICATORIA .....	pág. 4
AGRADECIMIENTO .....	pág. 5
ÍNDICE DE TABLAS .....	pág. 7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	pág. 8
RESUMEN .....	pág. 9
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>pág. 10</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>pág. 14</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>pág. 18</b>
<b>CAPÍTULO II. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>pág. 40</b>
REFERENCAS.....	pág. 44
ANEXOS .....	pág. 47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Matriz de operacionalización de variables	15
<b>Tabla 2.</b> Técnica e instrumentos de recolección de datos	16
<b>Tabla 3.</b> Paradas no programadas enero – junio 2024	18
<b>Tabla 4.</b> Tiempos empleados por mantenimiento correctivo, enero – junio 2024	19
<b>Tabla 5.</b> Sobrecostos actuales por mantenimiento deficiente	20
<b>Tabla 6.</b> Frecuencias de causas raíz mantenimiento	22
<b>Tabla 7.</b> Priorización de causas raíz identificadas	22
<b>Tabla 8.</b> Matriz de indicadores	24
<b>Tabla 9.</b> Monetización por falta de planes de mantenimiento preventivo	25
<b>Tabla 10.</b> Monetización por tiempos improductivos por paradas en el proceso	26
<b>Tabla 11.</b> Monetización por lucrocesantes por paradas	26
<b>Tabla 12.</b> Monetización por falta de controles en el proceso de mantenimiento	27
<b>Tabla 13.</b> Monetización por falta de formatos de gestión en mantenimiento	27
<b>Tabla 14.</b> Actividades para la ejecución del Plan de Mantenimiento Preventivo	28
<b>Tabla 15.</b> Codificación de máquinas de la empresa agroindustrial	31
<b>Tabla 16.</b> Costo de adquisición de equipos para mantenimiento	38
<b>Tabla 17.</b> Capacitación de equipos para mantenimiento	38
<b>Tabla 18.</b> Indicadores de gestión propuestos	39
<b>Tabla 19.</b> Comparativos de los sobrecostos antes y después	40
<b>Tabla 20.</b> Inversión propuesta	41
<b>Tabla 21.</b> Evaluación económica y financiera	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Relación de variables según diseño empleado	14
<b>Figura 2.</b> Diagrama Ishikawa de la situación actual	21
<b>Figura 3.</b> Diagrama Pareto de la situación actual	23
<b>Figura 4.</b> Ficha Técnica para el Plan de Mantenimiento Preventivo	32
<b>Figura 5.</b> Hoja de Control de Fallos para el Plan de Mantenimiento Preventivo	34
<b>Figura 6.</b> Hoja de Reporte de Mantenimiento Preventivo	35
<b>Figura 7.</b> Hoja Check List para el Plan de Mantenimiento Preventivo	36
<b>Figura 8.</b> Diagrama de Flujo para el Plan de Mantenimiento Preventivo	37
<b>Figura 9.</b> Comparativo de los sobrecostos	40
<b>Figura 10.</b> Beneficio de la propuesta	41

## RESUMEN

La tesis tuvo como objetivo determinar en qué medida la propuesta de mejora en gestión de mantenimiento reduce los sobrecostos por paradas no programadas en una empresa agroindustrial. La tesis fue de tipo aplicada, con naturaleza cuantitativa y con un diseño diagnóstica – propositiva; la muestra fueron 10 máquinas críticas en la línea del proceso de producción. Los instrumentos de recolección empleados fueron la guía de entrevista, la encuesta, la observación y el análisis documental. Los resultados fueron Disponibilidad de 72.85% e Índice de Rendimiento de 56.09%; por otro lado, el sobrecosto diagnosticado fue de S/ 422,343.98. El desarrollo de la propuesta de mejora permitió incrementar la Disponibilidad a 87.36% y el Índice de Rendimiento a 84.47%. De igual forma, las paradas se redujeron de 77 a 13, significando una reducción de los sobrecostos a S/ 14,423.16. El comparativo del antes y después de los sobrecostos permitió identificar que la mejora en gestión de mantenimiento, le permitió a la empresa obtener un beneficio de S/ 401,226.78; siendo una mejora del 95%. La evaluación económica y financiera fueron VAN de S/ 104,450.57, TIR de 84.25%, PRI de 2 meses y un B/C de 1.41; resultado permitió aceptar la hipótesis.

## PALABRAS CLAVES

Gestión de mantenimiento; Optimización de máquinas; Paradas no programadas;  
Costos de mantenimiento

## CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Hoy por hoy las máquinas, los equipos y las instalaciones están expuestas a poder perder su capacidad de funcionamiento, por circunstancias tales como el desgaste, el mismo envejecimiento o por fallas tales como en el diseño y fabricación, en la instalación, en la inapropiada manipulación o incluso a una mala ejecución del mantenimiento realizado (López y Merayo, 2013). Por esta razón, el mantenimiento en las empresas supone una estrategia que les permita ser más productivas y competitivas; basados en la reducción de costos (Zambrano et al., 2015) y en la reducción y control de paradas no programadas (Milton et al., 2015).

Cao et al. (2019) elaboraron un modelo de mantenimiento preventivo logrando una reducción del costo de mantenimiento de \$ 3,500.00 a \$ 3,000.00, una reducción corta, pero extendieron la vida útil de las máquinas a 1 año más. De igual manera, Farahani (2019) buscó optimizar de manera integrada la carta de control de calidad, parámetros y mantenimiento preventivo mediante la cadena de Márkov, logrando reducir el costo de mantenimiento de \$ 139,748.00 a \$ 71,220.00, además se mejoró la disponibilidad del equipo en 83% reduciendo las paradas del equipo de 5 a 3.

Jiawen, et al. (2017), aplicaron un mantenimiento preventivo a partir de un sistema de producción por lotes logrando reducir los costos en \$ 5,427.00, mejorando los tiempos por inactividad de las máquinas. Cerna et al., (2018), aplicaron el mantenimiento preventivo con el cual lograron reducir las fallas de máquinas en un 27%, generando ahorros para la empresa. García (2018) realizó mejorar la gestión de mantenimiento tomando en consideración la metodología lean TPM, con la cual logró reducir las paradas en un 8%, logrando un beneficio de S/ 2000.00.

El mantenimiento es el conjunto de actividades que buscan prevenir las posibles fallas, alargando su vida útil; con el propósito de incrementar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad garantizando la seguridad de las personas y aumentando la rentabilidad de las empresas (Montilla, 2016). El beneficio de adaptar el mantenimiento es la extensión de la vida útil de las máquinas, así como también el incremento de su disponibilidad aminorando costos por correctivos y disminuyendo los tiempos de inactividad (Mora, 2015). La gestión de mantenimiento es el conjunto de operaciones que permite adoptar estrategias de gestión bajo es un esquema estandarizado y disciplinado con el cual se mejora el desempeño de las máquinas a niveles óptimos Narváez (2017).

En referencia los costos, Aponte et al. (2008) mencionan que son muy pocas las empresas que conocen de manera exacta sus costos por mantenimientos correctivos, debido a que no cuentan con herramientas y/o metodologías de gestión que les permita contar con una adecuada disponibilidad y mantenibilidad de las maquinas. En relación al mantenimiento, Pastor (2019) expresa que los costos de mantenimiento suelen ser excesivamente altos, puesto que, se es necesario contar con los repuestos por lo que se deben mantener inventarios, se incurren en tiempos muertos por paradas no programadas y se le suma los costos por lucrocesantes. Por tal razón, Serrano (2015) expone que el no hacer mantenimiento es más costoso que hacerlo, ya que esto haría que las empresas incurran en paradas no programadas.

La tesis se realiza en una empresa agroindustrial dedicada a la producción y comercialización de productos de trigo en la ciudad de Trujillo; contando actualmente con 3 productos: fideo tipo rosca, fideo tipo pasta corta y harina de trigo. Pero, actualmente está presentando paradas no programadas de máquina debido a una inadecuada gestión de mantenimiento que presenta. Por tal, esta problemática es crítica puesto que genera que la empresa incurra en sobrecostos de operación los cuales, a la

larga, podrían ocasionar que la empresa se vea afectada en su solidez económica y pueda caer en un punto crítico de quiebre.

La tesis se justifica bajo tres factores importantes: teórico, práctico y metodológico. De tal manera que, la tesis se sustenta en la importancia que representa la mejora de la gestión del mantenimiento en la empresa agroindustrial, puesto que una parada fuera de programación le representan sobrecostos, por ende, se ve necesario emplear metodologías de la Ingeniería Industrial que permitan corregir la problemática actual mejorando de esta manera el funcionamiento eficiente de las máquinas en la empresa agroindustrial en estudio.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en gestión de mantenimiento sobre los sobrecostos por paradas no programadas en una empresa del sector agroindustrial, Trujillo, 2024?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el impacto de la propuesta de mejora en gestión de mantenimiento sobre los sobrecostos por paradas no programadas en una empresa del sector agroindustrial, Trujillo, 2024.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- ✓ Diagnosticar de la situación actual de la gestión de mantenimiento y de los sobrecostos por paradas no programadas en una empresa del sector agroindustrial, Trujillo, 2024.
- ✓ Desarrollar la propuesta de mejora en gestión de mantenimiento para reducir los sobrecostos actuales en una empresa del sector agroindustrial, Trujillo, 2024.
- ✓ Comparar el antes y después de los sobrecostos por paradas no programadas en una empresa del sector agroindustrial, Trujillo, 2024.

- ✓ Evaluar económica y financieramente la propuesta de mejora en gestión de mantenimiento en una empresa del sector agroindustrial, Trujillo, 2024.

#### **1.4. Hipótesis**

La propuesta de mejora en gestión de mantenimiento reduce los sobrecostos por paradas no programadas en una empresa del sector agroindustrial, Trujillo, 2024.

#### **1.5. Justificación**

La tesis busca solucionar la problemática que afronta la empresa agroindustrial actualmente con el propósito de reducir los sobrecostos por paradas no programadas debido a la deficiente gestión de mantenimiento. De igual forma, la tesis busca que la empresa agroindustrial se beneficie, ya que al no contar con una acorde gestión esto podría verse afectado en otras áreas de esta; además de incurrir en la pérdida de ventas, de clientes, de la rentabilidad, entre otros.

Por otra parte, la tesis se justifica de forma práctica, puesto que, se busca solucionar la problemática actual de la empresa agroindustrial que es el sobrecosto que viene afrontando, por tal se pretende que, a partir de las herramientas de la Ingeniería Industrial esto ayude a subsanar dicha problemática.

Por último, la tesis se justifica de forma valorativa, puesto que, al disminuir los sobrecostos por las paradas no programadas de la empresa agroindustrial se ve una oportunidad de mejora que impacte de manera positiva también en su rentabilidad, lo que la hace una empresa atractiva y bien vista en el mercado.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

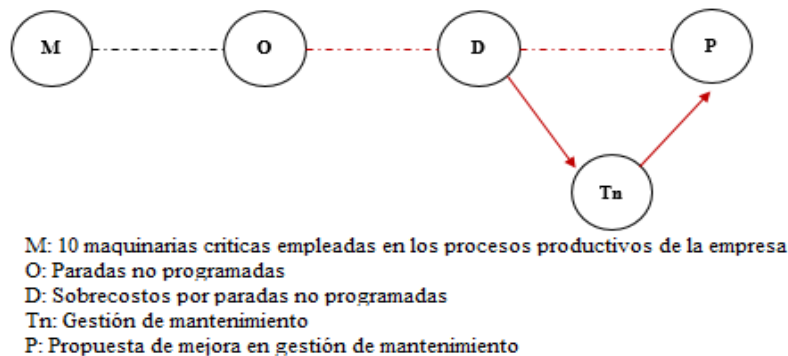
### 2.1. Tipo de investigación

La tesis en función a su propósito fue aplicada, ya que tuvo como objetivo utilizar teorías, metodologías y técnicas ya existentes con el propósito de diagnosticar, proponer y solucionar la problemática actual de la empresa agroindustrial. Del mismo modo, la tesis en función de los datos fue cuantitativa, ya que la información obtenida tuvo representación numérica a partir de los cuales se realizó una interpretación para conocer la situación inicial y después de la mejora.

A partir de lo anterior, la tesis tuvo un diseño diagnóstico – propositivo, ya que se diagnosticó, se propuso y se solucionó la problemática inicial mediante una representación de resultados numéricos, a partir de las teorías, metodologías y técnicas de la ingeniería industrial. La Figura 1 muestra la relación de variables en el diseño mencionado.

#### Figura 1.

*Relación de variables según diseño empleado*



*Nota:* Elaboración propia.

### 2.2. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables permitió realizar la medición de las variables estudiadas a partir del recojo de información con los instrumentos de recolección. La Tabla 1 muestra la matriz desarrollada.

**Tabla 1.**  
*Matriz de operacionalización de variables*

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Fórmula	Escala
<b>Variable Independiente</b>  Gestión de Mantenimiento	Cuatrecasas y Torrell (2010), argumentan que la gestión de mantenimiento representa una innovadora metodología en las instalaciones de producción, que permite centrarse en el mantenimiento tomando en cuenta otros aspectos, tales como la implicación del personal, la eficacia integral, los sistemas de gestión y los diseños de los equipos con el fin de contar con una prevención de los problemas.	La gestión de mantenimiento permite a la empresa agroindustrial gestionar de manera eficiente medir y controlar la disponibilidad y rendimiento de las máquinas con el propósito de evitar cualquier posible fallo y/o paradas no programadas, que representen para esta una pérdida monetaria.	Disponibilidad	$D = \frac{T_o - T_x}{T_o} \times 100 \%$ D: Disponibilidad To: Tiempo de Operación (horas) Tx: Tiempo Muerto (horas)	Razón
			Rendimiento	$Ir = \frac{T_o \times Qp}{Tro}$ Ir: Índice de Rendimiento To: Tiempo de operación (horas) Qp: Cantidad de Paradas Tro: Tiempo Real de Operación (horas)	Razón
<b>Variable Dependiente</b>  Sobrecostos por paradas no programadas	Cuatrecasas y Torrell (2010), argumentan que las no paradas programadas repercuten una prolongación innecesaria del tiempo disponible de operación para que el activo vuelva a estar operativo, por lo que las actividades se centran exclusivamente sobre esto, lo que genera que una organización incurra en altos costos por mantenimientos correctivos.	Las paradas no programadas generan para toda una línea productiva de la empresa agroindustrial, por tanto, esta incurre en sobrecostos por las horas paradas, por los productos no fabricados y por los costos de mantenimiento correctivo.	Costos de mantenimiento	$CMtto = C. HP + C. LC + C.MttoC$ CMtto: Costo de Mantenimiento CHH: Costo Horas Paradas CCL: Costo Lucrocesante CMttoC: Costo de Mtto. Correctivo	Razón

*Nota:* Elaboración propia.

### 2.3. Población y muestra

La población estuvo conformada por 10 máquinas críticas que son empleadas en el proceso de producción de la empresa agroindustrial. A partir de esta información, se estableció la muestra, la cual estuvo conformada por estas 10 máquinas críticas empleadas en el proceso de producción de la empresa agroindustrial. Se debe mencionar que, la selección de esta muestra no tuvo una metodología estadística sino fue seleccionado de manera censal a conveniencia del investigador.

### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

#### 2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizadas en la tesis son mostradas en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Técnica e instrumentos de recolección de datos*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Unidad de Análisis</b>
Observación de campo	Guía de Observación de Campo	Diagnosticar de la situación actual de la gestión de mantenimiento	Procesos operativos de las empresas del sector manufactura
Encuesta	Encuesta	Diagnosticar de la situación actual de la gestión de mantenimiento	Personas de las empresas del sector manufactura
Análisis Documental	Ficha de Registro	Diagnosticar de la situación actual de la gestión de mantenimiento	Documentos de las empresas del sector manufactura

*Nota:* Elaboración propia.

La validez de los instrumentos de recolección fue validada a partir del juicio de experto de tres especialistas, en este caso ingenieros industriales con experiencia en gestión del área de mantenimiento y costos asociados a esta gestión.

#### 2.4.2. Procedimiento de recolección

El proceso de recolección de datos se realizó utilizando los instrumentos y siguiendo las pautas siguientes: Se realizó la aplicación de una encuesta al personal

operativo del área de mantenimiento de la empresa. La aplicación de la encuesta fue aplicada al mismo tiempo y tuvo una duración aproximada de entre 25 y 30 minutos. Luego se realizó la observación de campo en el área mantenimiento y producción para de esta manera dictaminar las fallas que se presentaban y ocasionaban paradas. Para el desarrollo de esta observación se realizaron observaciones aleatorias por 15 días. Igualmente se realizó el análisis documental de los registros, controles o documentos que utiliza el área de mantenimiento para la realización oportuna de la gestión y tuvo una duración de duración de 10 días.

### **2.4.3. Análisis de datos**

El análisis de los datos se dio a partir del procesamiento de información recopilada con los instrumentos mencionados anteriormente. Los resultados del análisis se procesaron en el Software Microsoft Excel y se mostraron a partir de tablas y figuras detalladas en la tesis.

### **2.5. Aspectos éticos**

La tesis tuvo aspectos éticos que la información recopilada fue través de citas textuales y bibliográficas, así como materia de estudio para fortalecer la investigación con nuevas teorías y conocimientos respetando a cabalidad la información seleccionada, por tanto, a todo ello se le consideró principios de honestidad y respeto a la propiedad intelectual.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento y los sobrecostos

#### 3.1.1. Diagnóstico de la gestión de mantenimiento

##### ✓ Órdenes de trabajo por mantenimiento correctivo

La empresa ha presentado un total de 77 paradas por problemas mecánicos, eléctricos y numáticos durante los meses de enero a junio del año 2024. Estas paradas de máquina conllevaban a que realicen mantenimientos correctivos ya que la empresa no contaba con un Plan de Manteamiento Preventivo. La Tabla 3 muestra el resultado del diagnóstico obtenido.

**Tabla 3.**

*Paradas no programadas enero – junio 2024*

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Máquina 1	1 paradas	-	1 paradas	2 paradas	1 paradas	2 paradas
Máquina 2	-	-	1 paradas	2 paradas	1 paradas	-
Máquina 3	-	1 paradas	-	2 paradas	1 paradas	1 paradas
Máquina 4	2 paradas	-	1 paradas	1 paradas	2 paradas	1 paradas
Máquina 5	1 paradas	1 paradas	1 paradas	2 paradas	1 paradas	-
Máquina 6	-	1 paradas	2 paradas	-	1 paradas	-
Máquina 7	-	-	1 paradas	-	1 paradas	-
Máquina 8	1 paradas	-	2 paradas	-	-	-
Máquina 9	1 paradas	2 paradas	1 paradas	2 paradas	1 paradas	2 paradas
Máquina 10	2 paradas	2 paradas	1 paradas	1 paradas	1 paradas	1 paradas
<b>Total</b>	<b>12 paradas</b>	<b>10 paradas</b>	<b>16 paradas</b>	<b>16 paradas</b>	<b>14 paradas</b>	<b>9 paradas</b>

*Nota:* Elaboración propia.

Para el cálculo del #Órdenes de trabajo por mantenimiento se tuvo que emplear la fórmula mostrada.

$$\# \text{ Ordenes de Mtto Correctivo} = \sum \text{ Órdenes de trabajo por mantenimiento}$$

$$\# \text{ Ordenes de Mtto Correctivo} = 77$$

Por tanto, se tiene como resultado un indicador de 77 Órdenes de trabajo por mantenimiento correctivo.

## ✓ Disponibilidad

Las paradas registradas generaron un tiempo total de 423.57 hrs durante los meses de enero a junio el año 2024, las cuales, para la empresa, fueron horas no productivos. En la Tabla 4 se muestran los tiempos empleados en cada máquina por mes para la realización de los mantenimientos correctivos.

**Tabla 4.**

*Tiempos empleados por mantenimiento correctivo, enero – junio 2024*

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Máquina 1	5.10 hrs	-	5.86 hrs	5.86 hrs	5.74 hrs	5.84 hrs
Máquina 2	-	-	5.08 hrs	5.40 hrs	5.34 hrs	-
Máquina 3	-	5.44 hrs	-	5.06 hrs	5.65 hrs	5.67 hrs
Máquina 4	5.30 hrs	-	5.64 hrs	5.75 hrs	5.59 hrs	5.35 hrs
Máquina 5	5.72 hrs	5.00 hrs	5.37 hrs	5.01 hrs	5.42 hrs	-
Máquina 6	-	5.41 hrs	5.50 hrs	-	5.39 hrs	-
Máquina 7	-	-	5.38 hrs	-	5.43 hrs	-
Máquina 8	5.22 hrs	-	5.37 hrs	-	-	-
Máquina 9	5.31 hrs	5.14 hrs	5.04 hrs	5.21 hrs	5.15 hrs	5.39 hrs
Máquina 10	5.61 hrs	5.51 hrs	5.89 hrs	5.06 hrs	5.36 hrs	5.50 hrs
<b>Total</b>	<b>42.88 hrs</b>	<b>36.83 hrs</b>	<b>66.39 hrs</b>	<b>59.44 hrs</b>	<b>65.31 hrs</b>	<b>38.86 hrs</b>

*Nota:* Elaboración propia.

Para el cálculo de la Disponibilidad se tuvo primero que determinar el indicador MTTB. El Tiempo Disponible se obtiene de la multiplicación de 208 hrs/mes por los 6 meses analizados.

$$MTTB = \frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\# \text{ Paradas}}$$

$$MTTB = \frac{1560 \text{ hrs} - 423.57 \text{ hrs}}{77 \text{ paradas}}$$

$$MTTB = 14.76$$

Por tanto, las máquinas presentan en promedio un tiempo de buen funcionamiento de 14.76 hrs/parada.

Luego se tuvo que determinar el indicador MTTR. El Tiempo disponible se obtiene de la multiplicación de 208 hrs/mes por los 6 meses analizados.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de inactividad}}{\# \text{ Paradas}}$$

$$MTTR = \frac{423.57 \text{ hrs}}{77 \text{ paradas}}$$

$$MTTB = 5.50$$

Por tanto, las máquinas presentan en promedio un tiempo de reparación de 5.50 hrs/mantenimiento.

Con el MTBF y el MTTR calculados se procedió a calcular la Disponibilidad.

$$\text{Disponibilidad } (D) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad } (D) = \frac{14.76}{14.76 + 5.50} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad } (D) = 72.85\%$$

Por tanto, la Disponibilidad actual de las maquinas fue de 72.85%.

### ✓ Rendimiento

Para el cálculo del Índice de rendimiento se tuvo en cuenta la producción real sobre la producción demandada.

$$\text{Índice de rendimiento } (IR) = \frac{\text{Tiempo de operación} * \# \text{ de paradas}}{\text{Tiempo disponible}} * 100\%$$

$$\text{Índice de rendimiento } (IR) = \frac{1136.43 \text{ horas} * 77 \text{ paradas}}{1560 \text{ horas}} * 100\%$$

$$\text{Índice de rendimiento } (IR) = 56.09\%$$

Por tanto, el Índice de rendimiento de las máquinas es de 56.09%.

### 3.1.2. Diagnóstico de sobrecostos por paradas no programadas

El análisis permitió identificar que la situación actual de la empresa, relación a los sobrecostos incurridos asciende a un aproximado de S/ 422,343.98, en lo van de los seis últimos meses debido a diferentes causas. La información se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5.**

*Sobrecostos actuales por mantenimiento deficiente*

Principales Problemas	Sobrecostos por Mtto
Inadecuados controles en los procesos de mantenimiento	
Inadecuados formatos de gestión de mantenimiento	
Inadecuados planes de mantenimiento preventivo	
Inadecuados indicadores en gestión de mantenimiento	
<b>Pérdida Total</b>	<b>S/ 422,343.98</b>

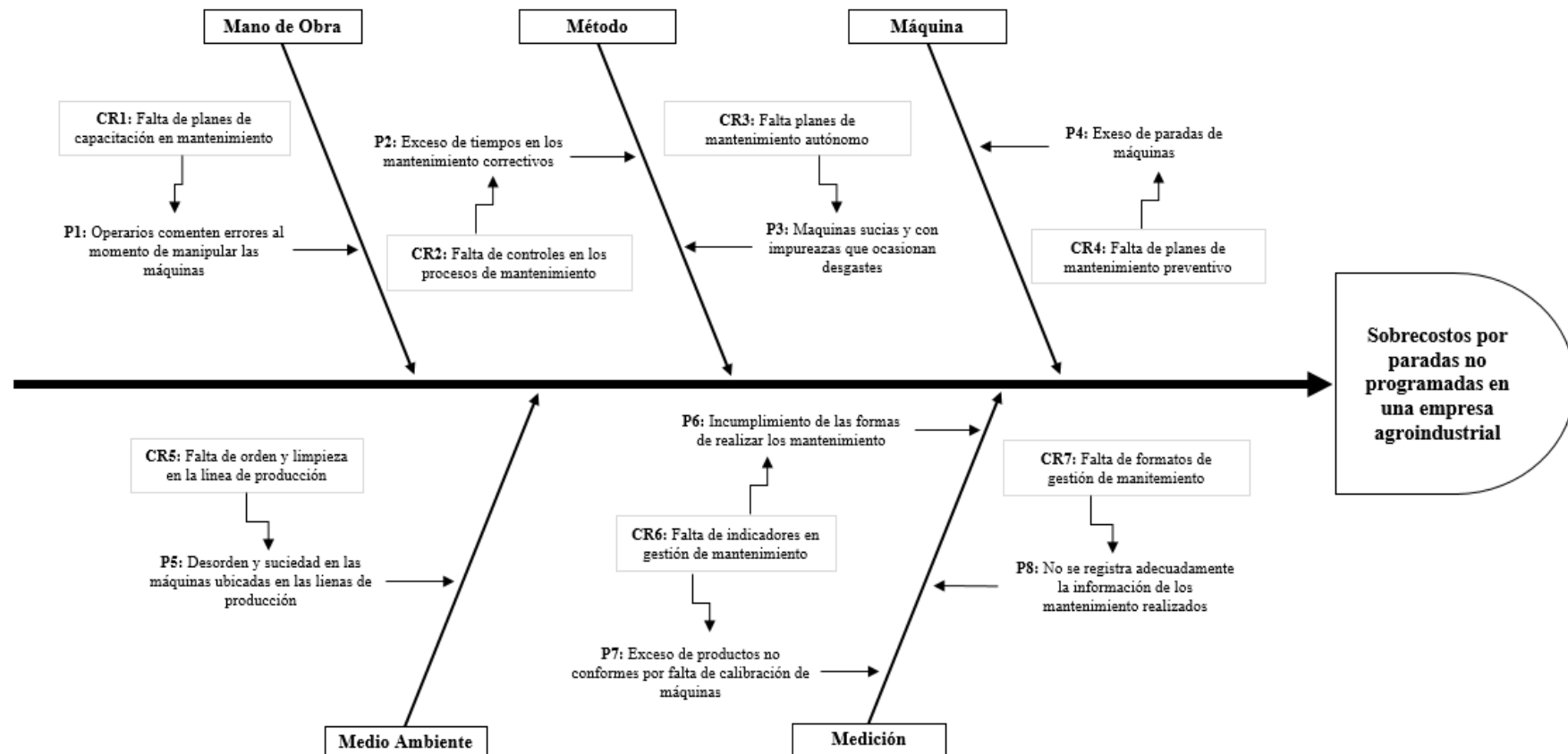
*Nota:* Elaboración propia.

### 3.1.3. Diagnóstico Diagrama Ishikawa de la situación actual

En la Figura 2 se muestra el Diagrama Ishikawa desarrollado para llevar a cabo el diagnóstico de la situación actual de la gestión actual.

**Figura 2.**

*Diagrama Ishikawa de la situación actual*



*Nota:* Elaboración propia.

### 3.1.4. Diagnóstico Diagrama Pareto de la situación actual

Luego de haber identificado las causas raíz que impactan actualmente sobre la gestión de mantenimiento de la empresa utilizando el Diagrama Ishikawa, se realizó la encuesta de priorización con la finalidad de identificar la frecuencia a cada causa raíz. La encuesta se aplicó al jefe de mantenimiento, a los técnicos y a los operarios del área mantenimiento. En la Tabla 6 se muestra el resultado de la priorización.

**Tabla 6.**  
*Frecuencias de causas raíz mantenimiento*

Área	Empleados	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7
Área de Mantenimiento	Jefe Mantenimiento	2	3	2	3	2	3	4
	Técnico 1	2	4	1	2	1	2	2
	Técnico 2	2	4	2	2	1	2	3
	Operario 1	1	3	2	2	2	3	4
	Operario 2	2	3	1	3	2	3	4
	Operario 3	1	3	2	3	1	2	3
	Operario 4	2	4	2	2	1	2	3
<b>Calificación total</b>		<b>12</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>23</b>

*Nota:* Elaboración propia.

En la Tabla 7 se muestra la priorización final realizada en cada una de las causas raíz identificadas en la gestión de mantenimiento actual.

**Tabla 7.**  
*Priorización de causas raíz identificadas*

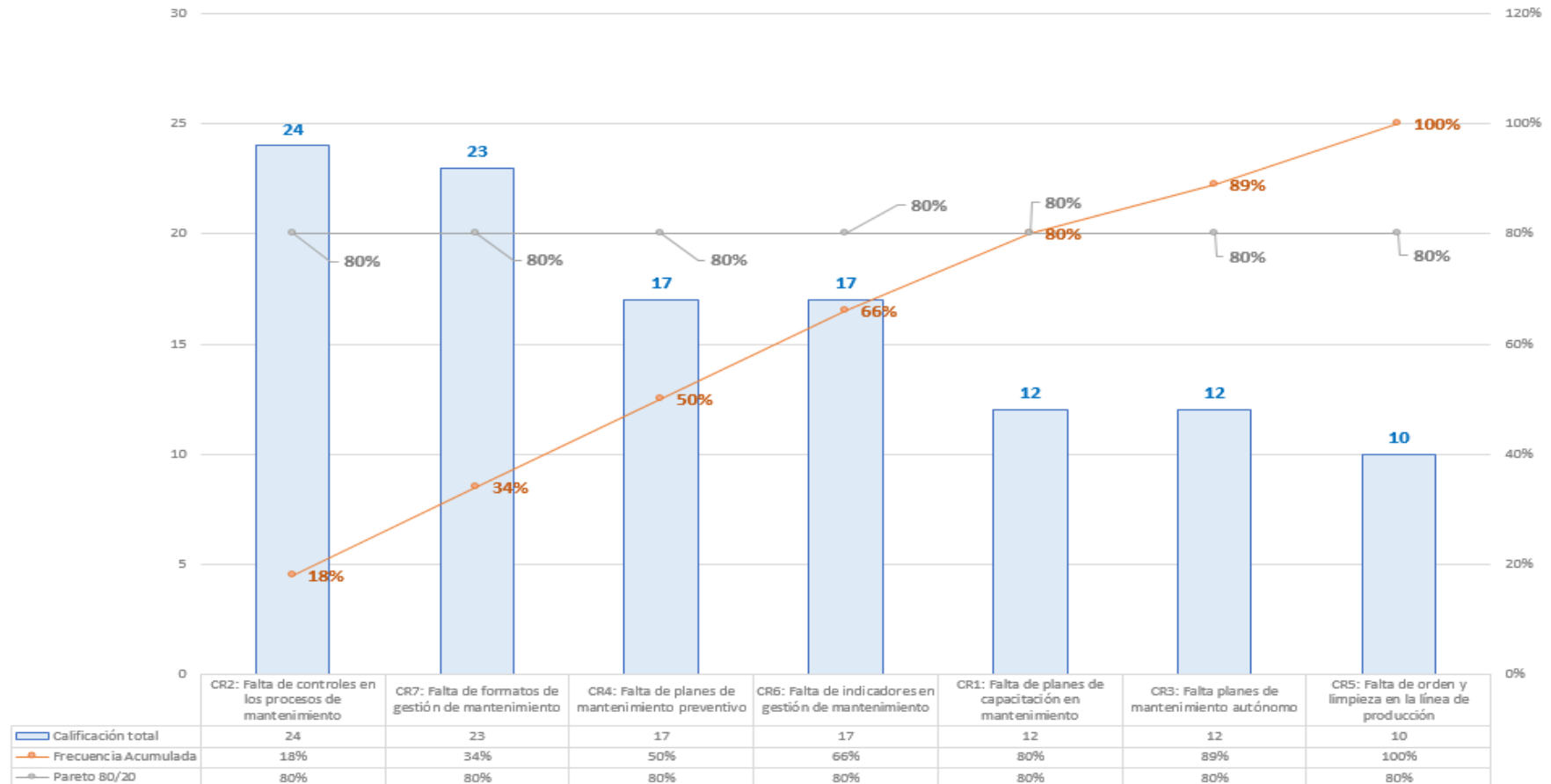
Causas Raíz Identificadas	Frecuencia	f	F
CR2: Falta de controles en los procesos de mantenimiento	24	18%	18%
CR7: Falta de formatos de gestión de mantenimiento	23	16%	34%
CR4: Falta de planes de mantenimiento preventivo	17	16%	50%
CR6: Falta de indicadores en gestión de mantenimiento	17	16%	66%
CR1: Falta de planes de capacitación en mantenimiento	12	14%	80%
CR3: Falta planes de mantenimiento autónomo	12	11%	89%
CR5: Falta de orden y limpieza en la línea de producción	10	11%	100%
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100%</b>	

*Nota:* Elaboración propia.

La priorización de causas raíz permitió tener como resultado que las causas raíz a solución son: CR2: Falta de controles en los procesos de mantenimiento, CR7: Falta de formatos de gestión de mantenimiento, CR4: Falta de planes de mantenimiento preventivo y CR6: Falta de indicadores en gestión de mantenimiento.

En la Figura 3 se muestra el Diagrama Pareto elaborado para llevar a cabo la priorización de causas raíz identificadas en la gestión actual.

**Figura 3.**  
*Diagrama Pareto de la situación actual*



*Nota:* Elaboración propia.

### 3.1.5. Diagnóstico de indicadores de la situación actual

Se realizó el diagnóstico utilizando indicadores con el propósito de determinar el nivel de impacto, además de ofrecer la herramienta de mejora específica para cada una de las causas raíz. Los resultados se encuentran en la Tabla 8.

**Tabla 8.**  
*Matriz de indicadores*

Causas Raíz Priorizadas	Indicador	Fórmula	Valor Actual	Valor Meta	Pérdida Mensual	Pérdida Semestral	Herramienta de Mejora
CR4: Falta de planes de mantenimiento preventivo	Disponibilidad	$D = \frac{T_o - T_x}{T_o} \times 100 \%$	0.00%	100%	S/ 48,077.20	S/ 288,463.18	Plan de Mantenimiento Preventivo
CR6: Falta de indicadores en gestión de mantenimiento			0.00%	100%	S/ 22,246.82	S/ 133,480.90	
CR2: Falta de controles en los procesos de mantenimiento	Rendimiento	$Ir = \frac{T_o \times Qp}{Tro}$	0.00%	100%	S/ 33.32	S/ 199.95	Formatos de Gestión de Mantenimiento Preventivo
CR7: Falta de formatos de gestión de mantenimiento			0.00%	100%	S/ 33.32	S/ 199.95	
<b>Total</b>					<b>S/ 70,390.66</b>	<b>S/ 422,343.98</b>	

*Nota:* Elaboración propia.

✓ **Monetización de la CR4: Falta de planes de mantenimiento preventivo**

Debido a la falta de planes de mantenimiento preventivo, la gestión actual se ha visto afectada por tiempos no productivos los cuales han ascienden a un total de 423.37 hrs entre los meses de enero a junio del año 2024.

Para el cálculo de la monetización se tuvieron en cuenta los costos por hora el cual fue de S/ 477.95. Este valor fue multiplicado por las horas no productivas y se le sumó el costo lucrocesante para el cual se tuvo en cuenta el indicador de producción el cual es de 11.54 productos/hr multiplicado por las horas no productivas y el precio unitario de por producto S/ 52.80.

**Tabla 9.**

*Monetización por falta de planes de mantenimiento preventivo*

Meses 2024	Hrs No Productivas	Costo / Hrs No Productivas	Costo de Lucrocesantes	Pérdida
Enero	65.41 hrs	S/ 31,262.80	S/ 13,283.26	S/ 44,546.07
Febrero	52.66 hrs	S/ 25,168.92	S/ 10,694.03	S/ 35,862.95
Marzo	87.95 hrs	S/ 42,035.83	S/ 17,860.62	S/ 59,896.44
Abril	88.98 hrs	S/ 42,528.12	S/ 18,069.78	S/ 60,597.90
Mayo	74.02 hrs	S/ 35,377.97	S/ 15,031.75	S/ 50,409.72
Junio	54.55 hrs	S/ 26,072.25	S/ 11,077.85	S/ 37,150.10
<b>Total</b>	<b>423.37</b>	<b>S/ 202,445.89</b>	<b>S/ 86,017.29</b>	<b>S/ 288,463.18</b>

*Nota:* Elaboración propia.

Por lo tanto, de la Tabla 9 se tiene que el costo asociado a la falta de planes de mantenimiento fue de S/ 288,463.18 en los últimos seis meses.

✓ **Monetización de la CR6: Falta de indicadores en gestión de mantenimiento**

De igual manera al cálculo anterior, debido a la falta de indicadores en gestión de mantenimiento, la empresa se ha visto afectada a la falta de información al momento que se requiere, por tal razón esto ha generado pérdida de tiempos innecesarios en la búsqueda o preparación de dicha información.

Para fines del cálculo de la monetización se tuvo en cuenta las horas totales pérdidas durante los meses de enero a junio del año 2024 las cuales fueron de 20.80 hrs y se multiplicó el costo por hora de mano de obra el cual es de S/ 3.58

**Tabla 10.**

*Monetización por tiempos improductivos por paradas en el proceso*

Meses 2024	Macroproceso 1	Macroproceso 2	Macroproceso 3	Pérdida
Enero	7 hrs	7 hrs	7 hrs	S/ 10,036.98
Febrero	9 hrs	6 hrs	5 hrs	S/ 9,559.03
Marzo	5 hrs	8 hrs	8 hrs	S/ 10,036.98
Abril	7 hrs	7 hrs	6 hrs	S/ 9,559.03
Mayo	5 hrs	8 hrs	9 hrs	S/ 10,514.93
Junio	8 hrs	9 hrs	8 hrs	S/ 11,948.79
<b>Total</b>	<b>41 hrs</b>	<b>45 hrs</b>	<b>43 hrs</b>	<b>S/ 61,655.74</b>

*Nota:* Elaboración propia.

**Tabla 11.**

*Monetización por lucrocesantes por paradas*

Meses 2024	No Producción	Costo de Lucrocesantes	Pérdida
Enero	325 productos	S/ 17,160.00	S/ 12,968.43
Febrero	357 productos	S/ 18,849.60	S/ 14,245.32
Marzo	276 productos	S/ 14,572.80	S/ 11,013.19
Abril	248 productos	S/ 13,094.40	S/ 9,895.91
Mayo	324 productos	S/ 17,107.20	S/ 12,928.53
Junio	270 productos	S/ 14,256.00	S/ 10,773.77
<b>Total</b>	<b>1800 productos</b>	<b>S/ 95,040.00</b>	<b>S/ 71,825.16</b>

*Nota:* Elaboración propia.

Por lo tanto, de las Tablas 10 y 11 se tiene que el costo asociado a la falta de indicadores en gestión de mantenimiento fue de S/ 133,480.90 en los últimos seis meses.

✓ **Monetización de la CR2: Falta de controles en los procesos de mantenimiento**

Debido a la falta de controles en los procesos de mantenimiento, la empresa se ha visto afectada por altas horas correctivas, lo que implicó también pérdida de producción, por no cumplimiento de las ordenes de trabajo de producción.

Para el cálculo de la monetización de la CR2 se tuvieron en cuenta el costo por hora el cual es de S/ 477.95 multiplicado por las horas no productivas y costo lucrocesante por el número de productos no producidos según las ordenes de trabajo, las cuales ascendieron a un total de 1800 en los últimos seis meses; multiplicadas por el precio de cada una el cual es de S/ 52.80 y por el costo de reprocesar.

**Tabla 12.**

*Monetización por falta de controles en el proceso de mantenimiento*

Meses 2024	Hrs No Productivas Falta de Información	Hrs No Productivas Esperas de Información	Pérdida
Enero	2.86 hrs	5.98 hrs	S/ 31.62
Febrero	3.12 hrs	5.46 hrs	S/ 30.69
Marzo	2.86 hrs	6.24 hrs	S/ 32.55
Abril	4.94 hrs	5.72 hrs	S/ 38.13
Mayo	2.60 hrs	5.98 hrs	S/ 30.69
Junio	4.42 hrs	5.72 hrs	S/ 36.27
<b>Total</b>	<b>20.8 hrs</b>	<b>35.1 hrs</b>	<b>S/ 199.95</b>

*Nota:* Elaboración propia.

Por lo tanto, de las Tablas 12 se tiene que el costo asociado a la falta formatos de gestión de mantenimiento fue de S/ 199.95 en los últimos seis meses

✓ **Monetización de la CR7: Falta de formatos de gestión de mantenimiento**

Debido a la falta de formatos de gestión de mantenimiento, la empresa se ha visto afectada a la falta de información al momento que se requiere, por tal razón esto ha generado perdida de tiempos innecesarios en la búsqueda o preparación de dicha información.

Para fines del cálculo de la monetización se tuvo en cuenta las horas totales pérdidas durante los meses de enero a junio del año 2024 las cuales fueron de 20.80 hrs y se multiplicó el costo por hora de mano de obra el cual es de S/ 3.58.

**Tabla 13.**

*Monetización por falta de formatos de gestión en mantenimiento*

Meses 2024	Hrs No Productivas Falta de Información	Hrs No Productivas Esperas de Información	Pérdida
Enero	2.86 hrs	5.98 hrs	S/ 31.62
Febrero	3.12 hrs	5.46 hrs	S/ 30.69
Marzo	2.86 hrs	6.24 hrs	S/ 32.55
Abril	4.94 hrs	5.72 hrs	S/ 38.13
Mayo	2.60 hrs	5.98 hrs	S/ 30.69
Junio	4.42 hrs	5.72 hrs	S/ 36.27
<b>Total</b>	<b>20.8 hrs</b>	<b>35.1 hrs</b>	<b>S/ 199.95</b>

*Nota:* Elaboración propia.

Por lo tanto, de las Tablas 13 se tiene que el costo asociado a la falta formatos de gestión de mantenimiento fue de S/ 199.95 en los últimos seis meses.

### 3.2. Diseño de la propuesta de mejora

#### 3.2.1. Propuesta de mejora CR4 y CR6: Plan de Mantenimiento Preventivo

##### ✓ Plan de acción del Plan de Mantenimiento Preventivo

Se realizó la propuesta del Plan de Mantenimiento Preventivo para la empresa para el periodo entre los meses julio a diciembre del año 2024 a partir de tres etapas, las cuales se describen a continuación.

Se realizó la planificación de las actividades para la elaboración de la propuesta de mejora del Plan de Mantenimiento Preventivo. El propósito de esta etapa fue la de mejorar la disponibilidad de las máquinas de la empresa optimizando sus condiciones de mantenimiento con la finalidad de evitar más déficits (paradas no previstas) en la gestión de mantenimiento actual. A pesar que la empresa cuenta actualmente con un área de mantenimiento, se identificó que esta no cuenta con políticas de mantenimiento y las atenciones de mantenimiento son atendidas de manera correctiva. De igual manera, se definieron las siguientes actividades para el desarrollo de la propuesta de mejora las cuales se muestran en la Tabla 14.

**Tabla 14.**

*Actividades para la ejecución del Plan de Mantenimiento Preventivo*

<b>Descripción de las Actividades</b>
1° Elaboración de una política de mantenimiento, definiendo de propósito, alcance y descripción.
2° Elaborar codificación de las máquinas.
3° Elaboración de los objetivos de mantenimiento.
4° Definición de indicadores de control de gestión de mantenimiento.
5° Elaboración de formatos para el control y gestión del plan de mantenimiento.
6° Definición del nuevo diagrama de flujo de mantenimiento

*Nota:* Elaboración propia.

El diseño se realizó la ejecución de las actividades para el desarrollo de la propuesta de mejora del Plan de Mantenimiento Preventivo y se describieron a continuación.

✓ **Políticas del Plan de Mantenimiento Preventivo**

1. Propósito: Establecer un marco de referencia para el desarrollo de la propuesta de mejora del Plan Mantenimiento Preventivo para el área de mantenimiento de la empresa.
2. Alcance: Generar un impacto de conciencia y conocimiento sobre el Plan de Mantenimiento Preventivo en todo el personal operativo del área de mantenimiento de la empresa.
3. Descripción: Se presenta lo siguiente.
  - a) Es política de mantenimiento en la empresa que:
    - Todas las máquinas se adaptan al Plan de Mantenimiento Preventivo, basado en prácticas de gestión programadas y ya no correctivas.
    - Todas las máquinas se adaptan en un inicio al Plan Mantenimiento Preventivo teniendo en cuenta los intervalos programados, pero que, por medio de la experiencia y el análisis de los datos recopilados, se genera una evolución del modelo de gestión actual el cual es correctivo a un modelo de gestión preventivo.
    - Todas las máquinas tengan sus programas de mantenimiento basados en las indicaciones técnicas y específicas del fabricante, pero que gradualmente se deban realizar ajustes basados en la data histórica obtenida con el propósito de buscar la excelencia.
    - Es política de la empresa garantizar el correcto uso y conservación de todas las máquinas en la línea de producción, así como, de las herramientas y equipos empleados en la realización de los mantenimientos preventivos programados.
  - b) Se desarrollará, ejecutará y mantendrá un Plan de Mantenimiento Preventivo el cual debe completar los siguientes criterios:

- Las órdenes de trabajo por mantenimiento tendrán una prioridad programación establecidas, las cuales estarán basadas en los niveles de criticidad de las máquinas.
  - Garantía de un correcto registro de los problemas que se presenten en las maquinas durante el proceso de producción con la finalidad de obtener una data acerca de los mantenimientos la cual permita ser usada como herramienta de referencia para futuros mantenimientos.
  - Mantener actualizado los inventarios de repuestos para las atenciones básicas, considerando siempre las piezas y sistemas críticos. Asimismo, se debe tener una adecuada comunicación efectiva con el área encargada de compras.
  - Control sobre las horas de mantenimiento, mediante el uso de indicadores y formatos que permitan, con el tiempo, generar un estándar en el desarrollo de las atenciones de hojas de trabajo por mantenimiento.
- c) Es responsabilidad del jefe del área de mantenimiento preparar, ejecutar y verificar los planes y procedimientos específicos propuestos en el Plan de Mantenimiento Preventivo de las máquinas en coordinación con la gerencia.

#### ✓ **Codificación de máquinas para el Plan de Mantenimiento Preventivo**

Se realizó la codificación de las máquinas con el fin de otorgarles un código único y se más rápida y sencilla su ubicación.

El sistema de codificación empleado fue el no significativo o codificación alfanumérica, este permitió que se le asignen números o códigos correlativos a cada una de las máquinas en la línea de producción. Esta codificación no aporta una información adicional, solamente permite reconocer y ubicar a la máquina en el área de producción y en la línea de producción. La codificación va relacionada a cada una de las máquinas y según la cantidad de cada una de estas. La codificación se muestra en la Tabla 15.

**Tabla 15.**

*Codificación de máquinas de la empresa agroindustrial*

<b>Máquinas / Línea de Producción</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Etapa</b>	<b>Código</b>	<b>Código Alfanumérico</b>
Máquina 1	Maq1	RI	01-A	Maq1-RI-01-A
Máquina 2	Maq2	RI	01-B	Maq2-RI-01-B
Máquina 3	Maq3	RI	01-C	Maq3-RI-01-C
Máquina 4	Maq4	CU	01-A	Maq4-CU-01-A
Máquina 5	Maq5	CU	01-A	Maq5-CU-01-A
Máquina 6	Maq6	CU	01-A	Maq6-CU-01-A
Máquina 7	Maq7	CU	01-A	Maq7-CU-01-A
Máquina 8	Maq8	AC	01-A	Maq8-AC-01-A
Máquina 9	Maq9	AC	01-A	Maq9-AC-01-A
Máquina 10	Maq10	AC	01-A	Maq10-AC-01-A

*Nota:* Elaboración propia.

### ✓ **Objetivos del Plan de Mantenimiento Preventivo**

Se establecen los objetivos a perseguir con el Plan de Mantenimiento Preventivo:

1. Objetivo 1: Aumentar al máximo la disponibilidad de las máquinas en la línea de producción de la empresa.
2. Objetivo 2: Conservar la integridad física tanto de las máquinas en la línea de producción, así como, la de los empleados operativos con el propósito de evitar accidentes por fallas.
3. Objetivo 3: Prolongar la vida útil de las máquinas en la línea de producción asegurando sus óptimas condiciones.

### ✓ **Definición del Plan de Mantenimiento Preventivo**

Se define como Plan de Mantenimiento Preventivo al conjunto de intervenciones u operaciones preventivas que se deben realizar en las máquinas y/o equipos u activos de la empresa, basándose en protocolos de mantenimiento preestablecidos para cada tipo de activo con la finalidad de mantener siempre la disponibilidad de estos.

Realizar un Plan de Mantenimiento Preventivo permite reducir todos los costos asociados a las paradas de máquina y a la actividad de producción (lucrosesantes); además, se ven reducidas las intervenciones, las horas empleadas y los costos de mantenimiento correctivo.

### 3.2.2. Formatos de Gestión de Mantenimiento Preventivo

#### ✓ Fichas técnicas

Para poder llevar a cabo la propuesta de mejora del Plan de Mantenimiento Preventivo primero se elaboró el Formato de Fichas Técnicas para cada máquina puesto que se evidenció que la empresa no cuenta con estas. Estas fichas mostraron los datos más sobresalientes de cada una de las máquinas que se emplean en la línea de producción. Se elaboraron estas fichas partiendo de las máquinas más significativas en la línea de producción. Se muestra el diseño en la Figura 4.

**Figura 4.**

*Formato Ficha Técnica para el Plan de Mantenimiento Preventivo*

Ficha Técnica: “Nombre de la maquinaria”			
Datos del equipo		Código	
Descripción:		“Imagen referencial de la máquina”	
Marca:			
Año de fabricación:			
Posee manual:			
Dimensiones:			
Procedencia:			
Fecha instalación:			
Color:			
Número de serie:			
Especificaciones del motor		Especificaciones de la máquina	
Peso:		Peso:	
Consumo eléctrico:		Capacidad:	
Número de serie:		Presión máxima:	
Voltaje:		Presión mínima:	
Amperaje:		Velocidad:	
Mantenimiento Preventivo			
Tipo de Mantenimiento:		Criticidad de la Máquina:	
Herramientas especiales:		Repuestos críticos:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción del mantenimiento necesario para la máquina:</li> <li>• Observaciones:</li> </ul>			

*Nota:* Elaboración propia.

Una vez que se elaboradas las fichas de las máquinas de la empresa con la información importante de cada una, se procedió a elaborar el formato de las hojas de control de fallos.

### ✓ **Hojas de control de fallos**

Con este formato se buscó recopilar toda la información necesaria para generar un historial de paradas de las máquinas de manera más fehaciente, con el fin de poder desarrollar la propuesta de mejora del Pla de Mantenimiento Preventivo considerando las necesidades de la maquinaria, la cual posee la empresa en su línea de producción.

En el caso de la empresa, ya existe un historial de las paradas de las máquinas, sin embargo, en la gestión actual está información es anotada en blocks o cuadernos que luego no se encuentran a la mano cuando se solicita dicha información, generado que en reiteradas veces no se registren algunas paradas, los mantenimientos que se realizan y pérdidas de tiempo. Además, lo que se buscó con la propuesta de este formato es registrar la información necesaria que no se puede registrar en los formatos actuales, por tal motivo se elaboró el Formato de Hojas de Control de Fallos para la empresa.

En las hojas de control de fallos la información que se recopiló fueron: los tiempos que se tardaron realizando el mantenimiento, los tipos de repuestos reemplazados y los detalles de los mismos, el personal operativo que realizó el mantenimiento, el tipo de fallo identificado (mecánico, eléctrico y/o numáticos).

La elaboración de este formato permitió recopilar la información necesaria con la cual pudo elaborar el Plan de Mantenimiento Preventivo para las máquinas. Se muestra el diseño en la Figura 5.



✓ **Hoja de reporte de mantenimiento preventivo**

Tras haber elaborado los formatos anteriores se procedió a elaborar el Formato de Hoja de Reporte de Mantenimiento como parte de la propuesta de mejora, el cual sirvió para registrar los mantenimientos efectuados durante el periodo de evaluación de la propuesta de mejora la cual fue durante los meses de julio a diciembre del año 2024 y llevar un mejor control del proceso de mantenimiento y de los costos involucrados en la operación. Se muestra el diseño en la Figura 6.

**Figura 6.**

*Formato Hoja de Reporte de Mantenimiento Preventivo*

Hoja Reporte de Mantenimiento Preventivo				
Máquina: _____		Código: _____		Área: _____
Responsable del mantenimiento: _____				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción del mantenimiento preventivo realizado</li> </ul>				
Materiales empleados				
Cantidad	Descripción	Lead Time	Proveedor	
Personal operativo empleado				
Nombre	Cargo	Fecha	Horas totales	
Costo de mantenimiento preventivo				
Costo de materiales: _____		Costo de mano de obra: _____		
Costo total por mantenimiento: _____				
Entrega del equipo en funcionamiento				
Entregado por: _____		Recibido por: _____		
Fecha de entrega: _____		Hora de entrega: _____		

*Nota:* Elaboración propia.

✓ Hoja check list

Por otra parte, como parte de la propuesta de mejora también se elaboró un Formato de Hoja Check List en la cual se describe una lista de acciones rutinarias de control, como revisión de presión, revisión del sistema eléctrico de la maquinaria, entre otras actividades. Estas hojas de control pueden ser manejadas por el personal operativo del área de mantenimiento facilitando el entendimiento y manejo para el desarrollo de las actividades operativas. Se muestra el diseño en la Figura 7.

**Figura 7.**

*Formato Hoja Check List para el Plan de Mantenimiento Preventivo*

Hoja check list de diario del mantenimiento preventivo				
Fecha:		Realizado por :		
Máquina :				
Criterios de inspección				
Etapa de producción Actividad	Cumplimiento			Observaciones
	Sí	No	NA	
Revisión de la cantidad de gas en el tanque				
Revisión de los contactos en la boquilla				
Estado de las niquelinas de la boquilla				
Presión en el cilindro				
Presión bomba de carbón				
Presión bomba de gas				
Contador del enrollador				
Sujetador de los tubos del enrollador				
Ventiladores de enfriamiento				
Temperatura del cabezal				
Temperatura del agua de enfriamiento				
Velocidad del motor principal				
Controles de temperatura				
<p>• <b>Indicaciones:</b> Describa a continuación las observaciones referentes a posibles desperfectos mecánicos, eléctrico y/o neumáticos no incluidos en la inspección diaria de las máquinas y que considere conveniente reportar.</p>				

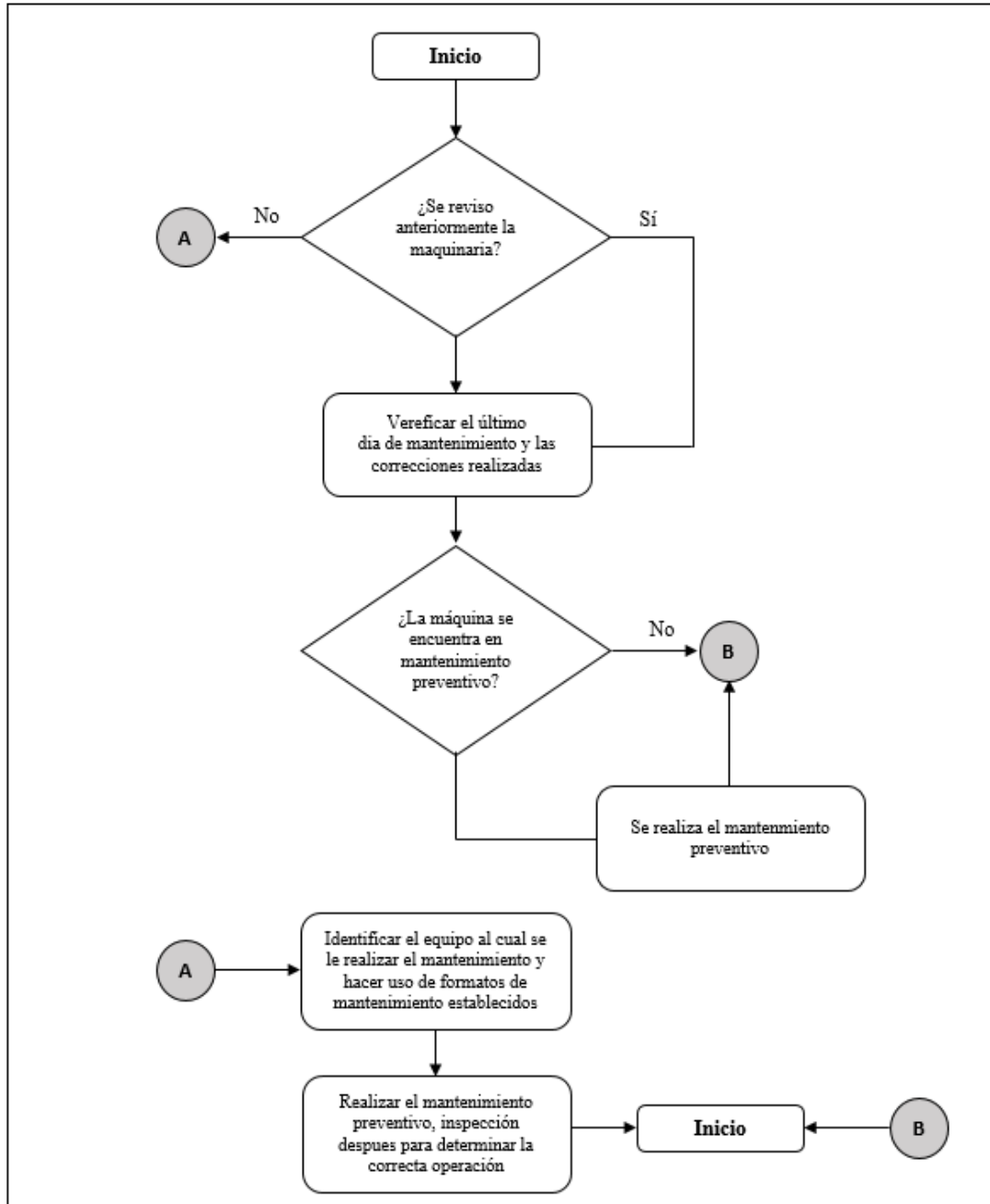
*Nota:* Elaboración propia.

✓ **Diagrama de Flujo de Mantenimiento Preventivo**

Se estableció el Diagrama de Flujo para el proceso de mantenimiento preventivo realizado por la empresa. Se muestra el diseño en la Figura 8.

**Figura 8.**

*Diagrama de Flujo para el Plan de Mantenimiento Preventivo*



*Nota:* Elaboración propia.

Del diseño se determinó que la efectividad de la planta es de 56.76%, el cual representa un indicador muy bajo puesto que el mínimo aceptable es del 85%. Para poder

mejorar este indicador es necesario corregir los problemas ya mencionados y como parte de la propuesta de mejora se realizó una adquisición de equipos para revisión y ajustes básicos como parte del Plan de Mantenimiento Preventivo, por tanto, se realizó una inversión en equipos de mantenimiento y en capacitación en su uso al personal operativo. Las Tablas 16 y 17 muestran lo mencionado.

**Tabla 16.**  
*Costo de adquisición de equipos para mantenimiento*

Descripción	Precio Unitario	Tipo de Cambio	Cantidad	Gasto
Analizador de vibraciones	\$ 478.00	S/ 3.96	1	S/ 1,892.88
Analizador de viscosidad	\$ 515.00	S/ 3.96	1	S/ 2,039.42
Pack analizador de aceite	\$ 560.00	S/ 3.96	1	S/ 2,217.60
Vibro metro	\$ 60.00	S/ 3.96	1	S/ 237.64
<b>Total</b>				<b>S/ 6,387.48</b>

*Nota:* Elaboración propia.

**Tabla 17.**  
*Capacitación de equipos para mantenimiento*

Descripción	Precio Unitario	# Personas	# Capacitaciones	Gasto
Analizador de vibraciones	S/ 250	3	1	S/ 750.00
Analizador de viscosidad	S/ 250	3	1	S/ 750.00
Pack analizador de aceite	S/ 380	3	1	S/ 1,140.00
Vibro metro	S/ 60.00	3	1	S/ 180.00
<b>Total</b>				<b>S/ 2,820.00</b>

*Nota:* Elaboración propia.

Con la propuesta de mejora desarrollada, se procedió aplicarla y evaluarla entre los meses de julio a diciembre del año 2024 con el propósito de determinar el impacto sobre la disponibilidad de las máquinas haciendo uso de los equipos adquiridos.

Las máquinas con mayor criticidad fueron sometidas a una inspección básica de rutina la cual fue realizada por el personal operativo, con el fin de detectar las posibles fallas que pueden presentar las máquinas de la línea de producción evitando de esta manera daños.

Con la mejora se logró obtener un impacto positivo sobre la disponibilidad y por ende sobre la efectividad de la planta. Inicialmente los tiempos por paradas no programadas fueron de 423.57 hrs entre los meses de enero a junio del año 2024, pero para poder tener un match de los resultados se evaluaron estos tiempos entre los meses de abril a junio 2024 y se tuvo un total de 198.54 hrs.

La propuesta de mejora del Plan de Mantenimiento Preventivo logró reducir dichos tiempos a 21.62 hrs; obteniendo una reducción de los tiempos por paradas no programadas en 176.92 hrs con una variación del -81.83%.

Para la propuesta de mejora de Indicadores de Gestión se propusieron tres indicadores básicos de gestión los cuales permitieron medir los objetivos de la empresa en relación a su gestión de mantenimiento actual. Los indicadores propuestos se muestran en la siguiente Tabla 18.

**Tabla 18.**  
*Indicadores de gestión propuestos*

<b>Indicadores de Gestión de Mantenimiento Preventivo</b>	<b>Descripción</b>
Tiempo Downtime	Indicador que permite conocer y controlar los tiempos fuera de línea de una máquina cuando se encuentra en mantenimiento.
MTBF	Indicador que permite medir el tiempo medio entre fallas representa el tiempo medio que transcurre entre dos fallas/averías de un equipo determinado.
MTTR	Indicador que permite conocer el tiempo medio necesario para reparar las averías de un equipo hasta que este vuelva a un estado plenamente funcional. Es un buen indicador que representa el desempeño del equipo de mantenimiento.
Disponibilidad	Indicador que permite cuantificar cuánto tiempo está un equipo funcionando como debe. A mayor disponibilidad, mayor producción, y a mayor es su rendimiento.
Índice de Rendimiento	Indicador que permite medir el rendimiento de una acción determinada. Pueden medir tanto el tiempo ocupado con una parada (planificada o no), como la evolución de la producción.

*Nota:* Elaboración propia.

La propuesta de mejora permitió contar con la información necesaria para una óptima gestión de mantenimiento, por lo cual, los tiempos improductivos que fueron de 29.38 hrs, se redujeron a 0 hrs.

### 3.3. Comparación del antes y después de los sobrecostos

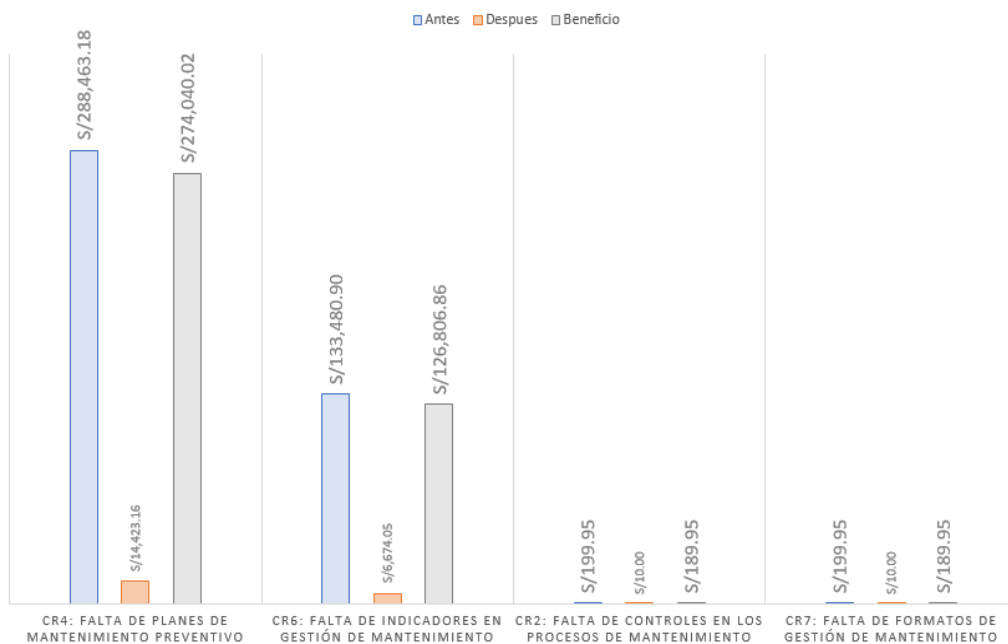
Luego del desarrollo de la propuesta, se realizó la comparativa del antes y después de los costos con el fin de determinar en cuanto fue lo que mejoró la empresa. La Tabla 19 se muestra dicho comparativo a partir de los resultados obtenidos.

**Tabla 19.**  
*Comparativos de los sobrecostos antes y después*

Causas Raíz Monetizadas	Antes	Después	Beneficio	Mejora %
CR4: Falta de planes de mantenimiento preventivo	S/ 288,463.18	S/ 14,423.16	S/ 274,040.02	95.00%
CR6: Falta de indicadores en gestión de mantenimiento	S/ 133,480.90	S/ 6,674.05	S/ 126,806.86	95.00%
CR2: Falta de controles en los procesos de mantenimiento	S/ 199.95	S/ 10.00	S/ 189.95	95.00%
CR7: Falta de formatos de gestión de mantenimiento	S/ 199.95	S/ 10.00	S/ 189.95	95.00%
<b>Total</b>	<b>S/ 422,343.98</b>	<b>S/ 14,423.16</b>	<b>S/ 401,226.78</b>	<b>95.00%</b>

*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 9.**  
*Comparativo de los sobrecostos*



*Nota:* Elaboración propia.

### 3.4. Evaluación económica y financiera de la propuesta

#### 3.4.1. Inversión propuesta

Para llevar a cabo la evaluación económica se tuvo que detallar la inversión necesaria para el desarrollo aplicativo de la propuesta, por ende, la información se muestra a continuación en la Tabla 20.

**Tabla 20.**  
*Inversión propuesta*

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Inversión
Propuesta de Mejora	1	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00
Capacitación	1	S/ 9,210.00	S/ 9,210.00
Tesista	1	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
<b>Total</b>		<b>S/ 26,210.00</b>	<b>S/ 26,210.00</b>

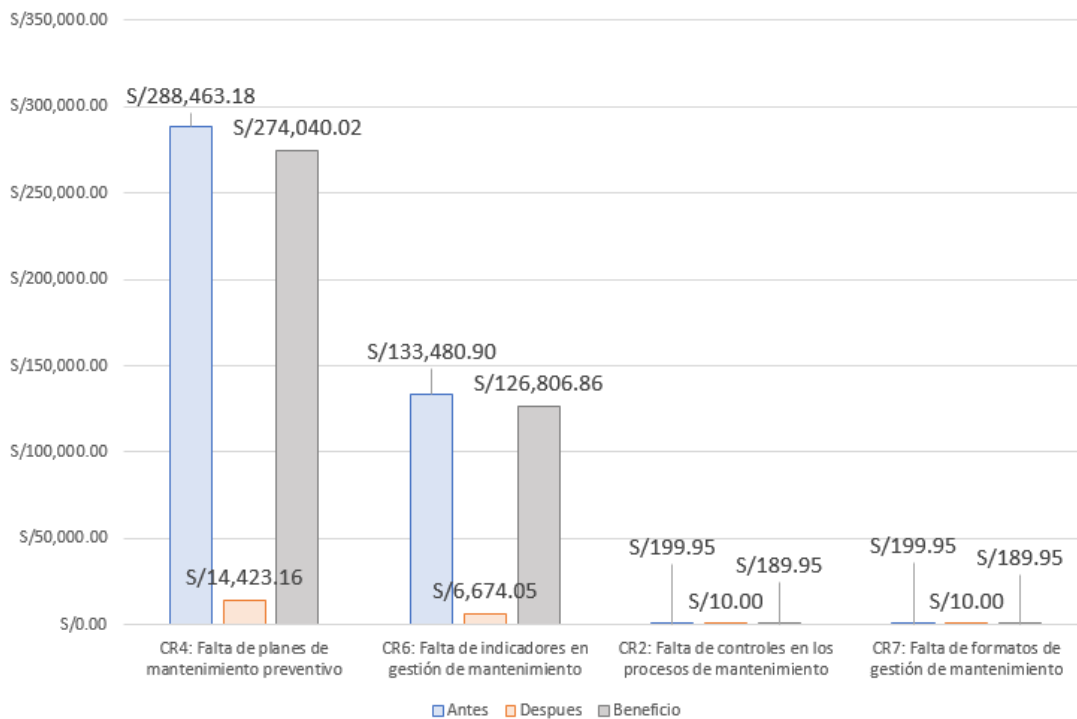
*Nota:* Elaboración propia.

#### 3.4.2. Beneficio propuesta

La propuesta de mejora permitió lograr un beneficio económico de S/ 401,226.78.

El beneficio se muestra en la Figura 10.

**Figura 10**  
*Beneficio de la propuesta*



*Nota:* Elaboración propia.

### 3.4.3. Evaluación propuesta

**Tabla 21.**

*Evaluación económica y financiera*

<b>Estado de Resultado</b>	<b>Jul-24</b>	<b>Ago-24</b>	<b>Set-24</b>	<b>Oct-24</b>	<b>Nov-24</b>	<b>Dic-24</b>	<b>Ene-25</b>
Beneficio obtenido	S/ -	S/ 66,871.13	S/ 66,871.13	S/ 66,871.13	S/ 66,871.13	S/ 66,871.13	S/ 66,871.13
Costos Operativos		S/ 36,779.12	S/ 36,779.12	S/ 36,779.12	S/ 36,779.12	S/ 36,779.12	S/ 36,779.12
Depreciación de Activos		S/ 12,415.45	S/ 12,415.45	S/ 12,415.45	S/ 12,415.45	S/ 12,415.45	S/ 12,415.45
Gastos Administración y Ventas		S/ 7,430.38	S/ 7,430.38	S/ 7,430.38	S/ 7,430.38	S/ 7,430.38	S/ 7,430.38
Utilidad Antes de Impuestos		S/ 10,246.18	S/ 10,246.18	S/ 10,246.18	S/ 10,246.18	S/ 10,246.18	S/ 10,246.18
Impuestos		S/ 3,073.85	S/ 3,073.85	S/ 3,073.85	S/ 3,073.85	S/ 3,073.85	S/ 3,073.85
<b>Utilidad</b>		<b>S/ 7,172.32</b>	<b>S/ 7,172.32</b>	<b>S/ 7,172.32</b>	<b>S/ 7,172.32</b>	<b>S/ 7,172.32</b>	<b>S/ 7,172.32</b>
							6
<b>Flujo de Caja</b>	<b>Jul-24</b>	<b>Ago-24</b>	<b>Set-24</b>	<b>Oct-24</b>	<b>Nov-24</b>	<b>Dic-24</b>	<b>Ene-25</b>
Utilidad antes de impuestos		S/ 10,246.18	S/ 10,246.18	S/ 10,246.18	S/ 10,246.18	S/ 10,246.18	S/ 10,246.18
Depreciación de activos		S/ 12,415.45	S/ 12,415.45	S/ 12,415.45	S/ 12,415.45	S/ 12,415.45	S/ 12,415.45
Inversión	- S/ 26,210.00						
<b>Evaluación Económica</b>	<b>- S/ 26,210.00</b>	<b>S/ 22,661.63</b>	<b>S/ 22,661.63</b>	<b>S/ 22,661.63</b>	<b>S/ 22,661.63</b>	<b>S/ 22,661.63</b>	<b>S/ 22,661.63</b>
<b>VAN</b>	<b>S/ 104,450.57</b>						
<b>TIR</b>	<b>84.25%</b>						
<b>PRI</b>	<b>2 Meses</b>						
<b>Beneficio / Costo</b>	<b>Jul-24</b>	<b>Ago-24</b>	<b>Set-24</b>	<b>Oct-24</b>	<b>Nov-24</b>	<b>Dic-24</b>	<b>Ene-25</b>
Ingresos		S/ 66,871.13	S/ 66,871.13	S/ 66,871.13	S/ 66,871.13	S/ 66,871.13	S/ 66,871.13
Egresos		S/ 47,283.36	S/ 47,283.36	S/ 47,283.36	S/ 47,283.36	S/ 47,283.36	S/ 47,283.36
VNA Ingresos	S/ 385,560.12						
VNA Egresos	S/ 272,622.52						
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>S/1.41</b>						

*Nota:* Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Como primero objetivo específico se planteó diagnosticar de la situación actual de la gestión de mantenimiento y analizar los sobrecostos por paradas no programadas, obteniendo como resultado que la empresa presenta un total de 77 órdenes de trabajo por mantenimiento correctivo entre los meses de enero a junio del año 2021. Además, actualmente la gestión asciende a un sobrecosto de S/ 422,343.98. Asimismo, también se tuvo como resultado que actualmente la gestión no emplea indicadores que le permitan conocer su situación y les permita tomar decisiones de mejora. Por tanto, la gestión de mantenimiento actual es deficiente debido a que no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo que permita evitar las fallas en las máquinas durante el proceso de producción; además se sabe realizar solo mantenimientos correctivos tiene a ser un costo muy elevado para la empresa. Cárcel (2016), menciona que la implementación del plan de mantenimiento establece las tareas de mantenimiento programado tratando de eliminar las causas de las fallas; lo que promueva la mejora de la confiabilidad de las máquinas obteniendo una mayor eficiencia de los equipos e instalaciones. Asimismo, Lefcovich (2009), indica que, un mejor mantenimiento implica no sólo reducir los costes de reparaciones y los costes por improductividades debidos a tiempos ociosos, sino también elimina la necesidad de contar con inventarios innecesarios en el proceso de producción. Se deduce entonces que una mejora de la gestión de mantenimiento permite mejorar la productividad efectiva de los equipos, pues se dispone de un mejor índice de disponibilidad de máquinas, índice de eficiencia en relación al cumplimiento de la producción y productos con mejor calidad. El resultado obtenido es corroborado por Suarez (2015), el cual logró minimizar las fallas frecuentes en la maquinaria y equipos de la línea de esmaltación, además minimizó los paros no programados, así mejorando la

eficiencia y la productividad. En tal sentido, se debe tener en cuenta que el objetivo de la gestión de mantenimiento basada en un plan preventivo permite identificar las fallas tempranas de un defecto para minimizar el riesgo de averías no programadas y reducir la necesidad de realizar mantenimiento correctivo.

Como segundo objetivo específico se planteó Diseñar una propuesta de mejora en gestión de mantenimiento, con la cual se propuso un Plan de Mantenimiento Preventivo e Indicadores de Gestión de Mantenimiento; obteniendo como resultados una reducción de los mantenimientos correctivos, por tanto, las órdenes de trabajo por mantenimiento correctivo se redujeron a 7 en los entre los meses de julio a octubre del año 2024. Por otro lado, la propuesta de mejora logró incrementar los índices de la productividad efectiva de los equipos; la disponibilidad tuvo un incremento de 72.84% a 98.61%, la eficiencia tuvo un incremento de 85.71% a 96.23% y la calidad de 91.43% a 99.27%; mejorando la OEE de 56.76% a 94.21%. Los resultados obtenidos son favorables para la empresa puesto que permite mejorar su gestión y lograr ser más competitiva y rentable. Cabe mencionar que las mejoras permitieron obtener una reducción de los costos incurridos de S/ 213,988.86 a S/ 34,341.53; logrando un beneficio de S/ 179,577.33. Así lo demuestra Flores (2015), con su investigación mediante la aplicación del TPM también logró mejorar la productividad de 101.38 horas a 129.21 horas máquinas y reducir al mínimo las fallas posibles; por tanto, desarrollar un eficiente mantenimiento de los equipos mantiene en óptimas condiciones los equipos de la planta, logrando aumentar las horas efectivas de los equipos y por ende alcanzando una mejor producción diaria. Por su parte, Salas (2012) aplicando también el TPM logra comprometer al personal operativo y administrativo en las actividades de mantenimiento con la finalidad de asegurar la disponibilidad de la máquina y aumentar la eficiencia. El diseño de la propuesta de mejora por tanto es

importante para la gestión de mantenimiento actual ya que ayuda a que la empresa gestione mejor sus recursos, permitiéndola ser más competitiva y rentable.

Como tercer objetivo específico se planteó Comparar el antes y después de los sobrecostos por paradas no programadas, por lo que se tuvo como resultados que antes de la propuesta de mejora la gestión de mantenimiento incurría en un sobrecosto de S/ 422,343.98, por lo que con la propuesta estos se reducen a S/ 14,423.16, lo que significó un ahorro para la empresa de S/ 401,226.78.

Como cuarto objetivo específico se evaluó la viabilidad económica y financiera de la propuesta de mejora en gestión de mantenimiento, dando un valor positivo. Los valores obtenidos de los indicadores económicos fueron: VAN de S/ 104,450.57, TIR de 84.25%%, PRI de 2 meses y un B/C de 1.41. En consecuencia, la empresa está en la capacidad de poder aplicar la propuesta, puesto que se demostró que hay un retorno alto y un beneficio de S/ 0.41 por cada S/ 1.00 invertido.

#### **4.2. Conclusiones**

OE 1: Se concluyó que la situación actual de la empresa afectó de manera negativa la gestión de mantenimiento durante el periodo de enero a junio del año 2024, debido a que se presentaron paradas de máquinas no programadas, por lo cual, se tuvo un total de 77 órdenes de trabajo por mantenimiento correctivo. Además, actualmente la empresa no emplea indicadores de gestión de mantenimiento que le permitan medir sus resultados, sin embargo, es importante adoptar una propuesta de mejora como un plan de mantenimiento preventivo el cual reduzca las paradas no programadas y permita establecer indicadores de gestión. por lo que estos problemas hacían que la gestión actual incurra en un sobrecosto de S/ 422,343.98.

OE 2: Se concluyó que el diseño de la propuesta de mejora afectó de manera positiva a la gestión de mantenimiento, debido a que se presentó un incremento en la

productividad efectiva de los equipos 56.76% a 94.21%, considerando que durante el periodo de evaluación de julio a diciembre del año 2024, se tuvo una reducción de paradas no programadas de 77 a 7 paradas, una reducción de los tiempos improductivos de 423.57 a 21.62 hrs y una reducción de la no calidad de 1800 a 144 productos rechazadas, por tanto, es necesario adaptar y evaluar en el corto y largo plaza la propuesta de mejora con el fin de evitar y controlar los problemas que se presentan.

OE 3: Se concluyó que el comparativo antes de la propuesta de mejora la gestión de mantenimiento incurría en un sobre costo de S/ 422,343.98, por lo que con la propuesta estos se reducen a S/ 14,423.16, lo que significó un ahorro para la empresa de S/ 401,226.78.

OE 4: Se concluyó que la evaluación económica y financiera de la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento fue viabilidad, a partir de los valores los valores de los indicadores económicos: VAN de S/ 104,450.57, TIR de 84.25%%, PRI de 2 meses y un B/C de 1.41; este resultado permitió concluir con la aceptación de la hipótesis.

## REFERENCIAS

- Altamirano (2017). “Auditoría de mantenimiento como herramienta de gestión para la implantación de un programa de mantenimiento preventiva en la empresa Geos Ingenieros”. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Ardila (2016). “La gerencia del mantenimiento: Una revisión de la literatura”. Revista Dimensión Empresarial, Vol. 14, N°2, pp.127-142.
- Alcaraz, Pérez y González (2015). “Factores tecnológicos asociados al éxito del mantenimiento preventivo total en Maquilas”. Revista Cultura Científica y Tecnológica, Vol. 45.
- Almada, López y López (2016). “Aplicación del TPM en una empresa comercializadora de Gas Natural”. Congreso Internacional.
- Álvarez, (2016). “Un modelo de productividad y competitividad para la gestión de operaciones”. Revista Mercados y Negocios, Vol. 14, pp. 61-78.
- Ardila, Ardila, Rodríguez e Hincapié (2016). “La gerencia del mantenimiento: Una revisión de la literatura”. Revista Dimensión Empresarial, Vol. 14, N°2, pp. 127–142.
- Cárcel (2016). “Características de los sistemas Tpm Y Rcm en la ingeniería del mantenimiento”. Revista 3C Tecnología, Vol. 5, N°3, pp. 68–75.
- Carrillo, Alvis, Mendoza y Cohen (2019). “Lean manufacturing: 5s y Tpm, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena”. Revista Dialnet, Vol. 11, N°1, pp. 71–86.
- Cao, Guo, Xiong, Li y Huang (2019). “A preventive maintenance model subject to sequential inspection for a three-stage failure process”. Revista International Journal of Performability Engineering, Vol. 15, N° 1, pp. 76-87.
- Concepción (2017). “Instrumento para evaluar el estado de gestión de mantenimiento en plantas bioproductos: Un caso de estudio”. Revista Chilena de Ingeniería, Vol. 25, N°2, pp. 306-313.
- Chirinos (2016). “Estrategia de diferenciación: el caso de las empresas industriales”. Revista Ingeniería Industrial, N°34, pp. 165-175.
- Díaz, Castillo, y Villar (2017). “Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bioproductos: Un caso de estudio”. Revista Chilena de Ingeniería, Vol. 25, N°2, pp. 306-313.
- Díaz, Villar, Cabrera, Salvador, Henríquez, Alonzo, Rodríguez y Piñeiro (2016). “Mantenimiento centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica”. Revista de Ingeniería Mecánica, Vol. 19, N°3, pp. 137-142.
- Empresarial (2018). “Gestión y planificación del mantenimiento industrial”. IntegraMarkets Escuela de Gestión Empresarial, pp. 1-38.

- Espinosa, Días, y Salinas (2012). “Un procedimiento para evaluar el riesgo de innovación en la gestión de mantenimiento industrial”. Revista Chilena de Ingeniería, Vol. 20, N°2, pp. 242-254.
- Estupiñán (2015). “Mainpack 10.0 Software para la gestión de la actividad de mantenimiento en la industria azucarera”. Revista ICIDCA, Vol. 49, N°2, pp. 3-7.
- Fonseca, Holanda, Cabral y Reyes (2015). “Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de Tpm como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas”. Revista DYNA, Vol. 82, N°194, pp.139- 149.
- García (2013). “Modelo de mejora de la competitividad basada en indicadores críticos de gestión en las empresas de servicios de mantenimiento de equipos pesados”. Revista Industrial Data, Vol. 16, N°1, pp. 37-49.
- Guerra y Montes (2019). “Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería”. Revista Boletín de Ciencias de la Tierra, N°45, pp. 14-21.
- Herrera y Duany (2016). “Metodología e implementación de un programa de Gestión de Mantenimiento”. Revista Ingeniería Industrial, Vol. 37, N°1, pp. 2-13.
- Humberto (2016). “Propuesta para el mejoramiento de la planificación y organización del mantenimiento en el centro industrial Agricornp-Tipitapa. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- ICIDCA (2017). “Actualidad mundial de los sistemas de gestión de mantenimiento”. Revista ICIDCA, Vol. 51, N°2, pp. 10-16.
- Gondres (2018). “Gestión de mantenimiento a interruptores de potencia. Estado del arte”. Revista Chilena de Ingeniería, Vol. 26, N°2, pp.192-202.
- Medina (2015). “Sistema automatizado para la gestión del mantenimiento de equipos (módulos patrimonio y órdenes de trabajo)”. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 24, pp. 79-84.
- Olarte, Botero y Cañon (2010). “IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN”. Revista Scientia Et Technica, Vol. 16, N°44, pp.354-356.
- Ortiz, Rodríguez e Izquierdo (2013). “Gestión de mantenimiento en pymes industriales”. Revista Venezolana de Gerencia, Vol. 18, N°6), pp. 86-104.
- Porlles (2006). “Industrialización y competitividad industrial en el mundo”. Revista Industrial Data, Vol. 9, N°1, pp. 40-49.

- Viveros (2013). “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo”. Revista Chilena de Ingeniería, Vol. 21, N°1, pp. 125-139.
- Vargas, Estupiñán y Díaz (2017). “Actualidad mundial de los sistemas de gestión del mantenimiento”. Revista ICIDCA, Vol. 51, N°2, pp. 10-16.
- Viveros, Pablo, Stegmaier, Raúl, Kristjanpoller, Fredy, Barbera, Luis, Crespo y Adolfo (2013). “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo”. Revista Chilena de Ingeniería, Vol. 21, N°1, pp. 125-138.