



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
Mantenimiento Preventivo para mejorar la  
disponibilidad de maquinaria en una empresa  
molinera de arroz, Chiclayo - 2024**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER  
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Autor**

**Ruiz Marcelo Favio Andre  
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4241-7763>**

**Línea de Investigación**

**Gestión, Innovación, Emprendimiento Y Competitividad Que  
Promueva El Crecimiento Económico Inclusivo Y Sostenido**

**Sublínea de Investigación**

**Institucionalidad y Gestión de las Organizaciones**

**Pimentel – Perú**

**2024**

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE  
MAQUINARIA EN UNA EMPRESA MOLINERA DE ARROZ, CHICLAYO - 2024**



## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, Soy **Favio Andre Ruiz Marcelo** del Programa de Estudios de **Ingeniería Industrial** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

"Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad de maquinaria en una empresa molinera de arroz, Chiclayo - 2024"

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

Ruiz Marcelo Favio Andre	DNI: 74034385	
--------------------------	---------------	---

Pimentel, 14 de julio de 2024.

## REPORTE DE SIMILITUD DE TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**TUR RUIZ MARCELO.docx**

RECuento DE PALABRAS

**10289 Words**

RECuento DE CARACTERES

**51938 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**42 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**916.1KB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 11, 2024 10:53 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 11, 2024 10:53 AM GMT-5**

### ● 14% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de

- 7% Base de datos de trabajos entregados

**Crossref**

Derechos Reservados - Copyright  
Dirección de Tecnologías de la Información  
Desarrollo de Sistemas  
eSeuss@uss.edu.pe

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

	<b>ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Código:	F3,PP2-PR.02
		Versión:	02
		Fecha:	18/04/2024
		Hoja:	1 de 1

Yo, Jorge Tomás Cumpa Vásquez, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial, he realizado el segundo control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de pregrado según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final del trabajo de investigación titulado: **Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad de maquinaria en una empresa molinera de arroz, Chiclayo - 2024**, elaborado por el egresado **RUIZ MARCELO FAVIO ANDRE**.

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **14%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Derechos Reservados - Copyright  
Dirección de Tecnologías de la Información  
Desarrollo de Sistemas  
eSeuss@uss.edu.pe

Pimentel, 16 de septiembre de 2024



**Mg. Jorge Tomás Cumpa Vásquez**

**Coordinador de Investigación Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**

**DNI N° 42851553**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo completamente a nuestro amado Dios, quien me ha dado la vida y me ha permitido culminar mis estudios con éxito, llegando a la finalización de esta investigación. A mis padres y familia, que han estado a mi lado durante esta trayectoria de profesionalización, agradezco su apoyo y amor constante, los cuales me impulsaron a terminar y alcanzar este logro académico.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme estos años de estudios universitarios, ayudándome a superar cada prueba y llevarme a este momento de conclusión de mis estudios. A mis padres, quienes me han brindado su apoyo incondicional y me han motivado a superarme día a día durante el transcurso de mi formación académica.

## ÍNDICE.

RESUMEN.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Realidad Problemática.....	10
1.2 Formulación del problema.....	15
1.3 Hipótesis.....	15
1.4 Objetivos.....	15
1.5 Teorías Relacionadas al tema.....	15
II. MATERIAL Y MÉTODO.....	17
III. RESULTADOS.....	24
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	70
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
VI. ANEXOS.....	75
Tabla 1: Frecuencia de las causas.....	24
Tabla 2: Acumulado de causas.....	25
Tabla 3: Fallas durante Enero - Febrero.....	27
Tabla 4: Horas para la reparación TTR.....	29
Tabla 5: Tiempo total programado - TTP.....	31
Tabla 6: Tiempo Total de Operación – TTO.....	32
Tabla 7: Tiempo Medio para Restaurar - MTTR.....	34
Tabla 8:Tiempo Medio entre falla - MTBF.....	36
Tabla 9: Confiabilidad.....	37
Tabla 10: Disponibilidad.....	39
Tabla 11: Costos y Actividades por fallas.....	41

Tabla 12: Costos de mano de obra.....	43
Tabla 13: Costo total de fallas.....	44
Tabla 14: Cronograma de capacitación.....	44
Tabla 15: Formato para Mantenimiento preventivo.....	47
Tabla 16: Fallas durante Abril - Mayo.....	49
Tabla 17: Horas para la reparación TTR.....	51
Tabla 18: Tiempo total programado - TTP.....	52
Tabla 19: Tiempo Total de Operación – TTO.....	54
Tabla 20: Tiempo Medio para Restaurar - MTTR.....	56
Tabla 21:Tiempo Medio entre falla - MTBF.....	57
Tabla 22: Confiabilidad.....	59
Tabla 23: Disponibilidad.....	61
Tabla 24: Costo de Mantenimiento Preventivo.....	63
Tabla 25: Análisis comparativo.....	64
Tabla 26: Costo por Fallas de máquinas.....	69
Tabla 27: Total de costos.....	69
Figura 1:Diagrama de Ishikawa.....	24
Figura 2: Diagrama de Pareto.....	25

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicado, con alcance descriptivo y diseño no experimental. El objetivo general de la presente investigación fue elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de máquinas de una empresa molinera de arroz. Los objetivos específicos fueron diagnosticar el estado actual de la disponibilidad de las máquinas en la empresa, desarrollar un plan de gestión de mantenimiento preventivo, calcular el incremento de disponibilidad de las máquinas y calcular el beneficio costo. Los cálculos detallados muestran un incremento promedio significativo en la disponibilidad de las máquinas de una empresa molinera de arroz, destacándose máquinas como la pre limpia y elevador 2 que ahora operan con disponibilidades del 99.30% y 99.65% respectivamente y a nivel general la disponibilidad promedio aumentó del 96.41% al 99.09%, lo que representa un incremento porcentual de 2.78%.

**Palabras Clave:** Disponibilidad, mantenimiento, preventivo, maquinaria.

## **ABSTRACT**

This research work is of an applied type, with a descriptive scope and non-experimental design. The general objective of this research was to develop a preventive maintenance management plan to improve the availability of machines in a rice milling company. The specific objectives were to diagnose the current state of the availability of the machines in the company, develop a preventive maintenance management plan, calculate the increase in machine availability and calculate the cost benefit. The detailed calculations show a significant average increase in the availability of the machines in a rice milling company, highlighting machines such as the pre-cleaner and elevator 2 that now operate with availability of 99.30% and 99.65% respectively and at a general level the average availability increased from 96.41% to 99.09%, which represents a percentage increase of 2.78%.

**Keywords:** Availability, maintenance, preventive, machinery.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **I.1 Realidad Problemática**

En Colombia, el mantenimiento preventivo radica en la coordinación y el control efectivos de cuándo llevar a cabo las tareas de mantenimiento, el problema se resume en la falta de conciencia por parte de los empresarios sobre la valiosa inversión realizada en un sistema de mantenimiento preventivo. Documentar y planificar las actividades y requisitos de mantenimiento del mecanismo y equipos no tiene sentido si no se ejecutan de manera adecuada. [1]

En Ecuador, entre las principales razones que contribuyen al problema en la industria metalmeccánica, relacionado con el proyecto en estudio, se encuentra la interrupción de la producción. Esto se debe a que las máquinas sufren daños debido a que sus componentes alcanzaron el fin de su vida útil, como las cadenas, piñones, ejes de transmisión, cojinetes, sellos de retención de grasa, pedestales, ejes de matricería, cajas reductoras y las matrices. Además, solo hay tres técnicos de mantenimiento disponibles, lo que no permite atender toda la maquinaria y equipo en el área de fabricación. [2]

La empresa AgroPucalá S.A.A, la prolongación excesiva de los períodos de mantenimiento que se realiza anualmente durante los meses de febrero y marzo, está asociada a una paralización de producción y escasez de azúcar en el mercado local, lo cual genera pérdidas financieras para la compañía. Es importante destacar que la variedad de equipos carece de un sistema de mantenimiento preventivo que pueda mejorar su confiabilidad y aumentar su disponibilidad para su empleo en el procedimiento de fabricación de azúcar. [3]

En Molinera Ademmy SAC, los directivos dedican una considerable proporción de tiempo a la preparación, investigación y comunicación del proceso de gestión estratégica, lo que puede complicar las operaciones diarias y tener un impacto negativo en el negocio. Se genera el descuido de los problemas cotidianos que requieren atención inmediata, lo que inadvertidamente provoca una reducción en la productividad de los empleados y las ventas a corto plazo desencadenando una mayor rotación de personal, lo que podría llevar a la

empresa a redirigir recursos críticos, descuidando así las iniciativas de gestión estratégica.

[4]

La organización exhibe un índice de Eficiencia Global de Rendimiento (OEE) del 41,23%, señalando que incurre en pérdidas al no alcanzar el rendimiento óptimo del 100%. A su máxima capacidad de producción, se anticiparía la obtención de 12,480 sacos mensuales de sal seca de 50 kg. Esto se refleja en una tasa de disponibilidad del 70,39%, un tiempo fuera de servicio promedio de 5,36 horas y un intervalo medio entre fallos de 12,73 horas, que equivalen a 739,08 horas de inactividad al año. Estos resultados evidencian la ausencia de políticas, medidas preventivas, identificación de procesos, formatos técnicos e instructivos en la industria. [5]

En Chiclayo, una empresa molinera de arroz enfrenta desafíos operativos que afectan su objetivo de ser reconocida por la calidad de su arroz, incluyendo retrasos en la entrega, averías inesperadas en la maquinaria, reprocesos y pérdidas, así como altos niveles de desperdicios industriales. Estas fallas son causadas por la falta de información y capacitación de los operarios y la ausencia de un mantenimiento predictivo y preventivo. Para resolver estos problemas, la empresa debe implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo, invertir en capacitación continua para los operarios, mejorar la gestión de información sobre el rendimiento de la maquinaria, optimizar los procesos productivos y mejorar la planificación y gestión logística. Estas acciones no solo mejorarán la calidad del producto y aumentarán la productividad, sino que también reducirán costos, incrementarán la satisfacción del cliente y contribuirán a una operación más sostenible.

Con el objetivo de mantener la alta calidad de sus productos y servicios, la empresa CORONA decidió revisar su filosofía de mantenimiento en la planta de Superficies, Materiales y Pinturas ubicada en Madrid, Cundinamarca. Esta revisión puso de manifiesto la necesidad de actualizar las estrategias empleadas en uno de sus equipos más críticos para la producción, el Molino MRV 200. Corona aplica estrategias de mantenimiento tipo Overhaul de manera bianual, además de realizar mantenimientos correctivos en el Molino MRV 200. [6]

Planificar el mantenimiento preventivo y mantener el equipo en condiciones reales, se debe tener en cuenta la posibilidad de utilizar herramientas de diagnóstico técnico a la hora de organizar el mantenimiento de equipos industriales. Se presentan correlaciones y modelos matemáticos de cambios en señales de diagnóstico. Utilizar el parámetro OEE como criterio para el mejor intervalo entre inspecciones, donde con el tiempo se revelan fallas en los equipos industriales, es decir, la necesidad de mantenimiento, y la máquina en sí se opera durante el proceso de producción, teniendo en cuenta el pronóstico y modelo matemático. [7]

Poner en práctica un plan de mantenimiento que tome en cuenta el comportamiento real del equipo y los efectos de las fallas será más sencillo y práctico. El objetivo principal de este estudio es desarrollar un programa de mantenimiento para equipos mineros que sea altamente efectivo, incorporando indicadores de riesgo y desempeño, así como teniendo en cuenta los factores ambientales. Dado que todos los modos de falla presentan un riesgo bajo, el mantenimiento correctivo resulta ser la opción más adecuada. Es más fácil y práctico realizar un plan de mantenimiento que tenga en cuenta el funcionamiento práctico real del equipo y las consecuencias de las averías. [8]

La compañía Transportes Palomino Estrada EIRL se encontraba confrontando el desafío de una productividad reducida, atribuida a diversas problemáticas. Se identificó la carencia de accesorios de trabajo, vinculada a la falta de repuestos y lubricantes en el material. En cuanto a las máquinas, se registraban detenciones frecuentes de camiones debido a averías continuas. En cuanto al personal laboral, se observaron errores en el trabajo, derivados de la falta de capacitación del personal. Respecto al método, se detectó un mantenimiento inadecuado, relacionado con procedimientos deficientes y la falta de registros. En consecuencia, se planteó como objetivo general el desarrollo de un modelo de administración de mantenimiento para los camiones con el fin de aumentar la productividad en Transportes Palomino Estrada EIRL. Se utilizó una metodología aplicada que se basó en teorías ya existentes, con un diseño no experimental, y se tomó una muestra que incluyó a 13 empleados del departamento de mantenimiento y los 16 camiones de la compañía. Los

resultados comprendieron la presentación de un modelo de gestión de mantenimiento que incluía un plan de mantenimiento autónomo, uno preventivo y otro predictivo, junto con procedimientos detallados para su implementación, además de capacitación para técnicos y choferes. [9]

Mediante una gestión de mantenimiento, se buscó incrementar la eficiencia en el sector de Trapiche de ANORSAC S.A.C., se llevó a cabo una evaluación de la condición actual como parte de este proceso de mejora y la criticidad de los equipos en dicha área. El investigador llevó a cabo encuestas y entrevistas, validadas por expertos, en un enfoque descriptivo con un diseño no experimental. La población muestra incluyó todas las máquinas y equipos del área de trapiche, y se empleó el diagrama de Pareto para identificar los equipos críticos, revelando una disponibilidad del 85%. Con el objetivo de mejorar este rendimiento, se implementó la herramienta RCM, siguiendo 10 fases que abarcan desde la definición de indicadores clave hasta el seguimiento de la implementación. El resultado fue un plan de mantenimiento adaptado a las necesidades de la empresa, logrando un aumento en la disponibilidad al 92% y una eficiencia del 88%. [10]

Cada que se genera un error o falla este provoca paradas no planificadas, lo que a su vez afecta a la productividad y provoca enormes pérdidas económicas a la empresa. Por ello, es necesario desarrollar un programa de mantenimiento preventivo con el objetivo de evitar y reducir al mínimo posibles fallas en las máquinas de la línea de producción y mejorar la productividad. Luego realizar diagnósticos de mantenimiento de rutina en momentos específicos utilizando AMEF, árboles de problemas y técnicas para analizar la importancia crítica. [11]

Se diseñó un sistema de gestión de mantenimiento productivo total para mejorar la productividad y disponibilidad de las máquinas en la empresa Molino Don Julio S.A.C. Se establecieron indicadores de control con el objetivo de reducir la frecuencia de paradas de las máquinas, incrementando así su disponibilidad y productividad. Para ello, se implementaron estrategias como el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado, capacitaciones y la implementación de las 3S, promoviendo la concienciación de los

trabajadores sobre la metodología TPM. Las técnicas de recolección de información incluyeron observación directa, entrevistas individuales, y análisis de documentos y registros, permitiendo obtener datos precisos para optimizar la gestión del mantenimiento usando los recursos de la empresa de manera eficiente. La implementación de este sistema de gestión de mantenimiento resultó en un incremento del 52% en los índices de productividad y un aumento del 85% en la eficiencia global de los equipos (OEE), mejorando significativamente la confiabilidad de las máquinas y reduciendo el índice de paradas. [12]

Esta investigación del Molino San Fernando tuvo como objetivo elaborar un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para aumentar la productividad . Utilizando un enfoque descriptivo, exploratorio y aplicativo, con un diseño no experimental, se recolectaron datos mediante encuestas y cuestionarios aplicados a los trabajadores de la empresa y al gerente general. Se implementó una filosofía de trabajo orientada a exponer errores y eliminar desperdicios en el área de mantenimiento, encaminando a la empresa hacia la eficiencia, alta productividad y calidad total. Esto abarcó desde la estructura organizacional y los procesos hasta la motivación interna y la calidad personal en el trabajo. Los resultados mostraron que el 90% de los encuestados está en desacuerdo con el incumplimiento del mantenimiento; el 57% está en desacuerdo con la falta de eliminación de fallas en los equipos; y el 71% está en desacuerdo con la falta de detección de fallas en cada máquina y la ausencia de inspecciones preventivas y trabajos de mantenimiento. [13]

Se busca lograr una mejora significativa en la productividad de la línea de envasado de carne de la central de distribución de Cencosud Retail Perú S.A.C. Para ello, se medirá la disponibilidad de los equipos involucrados en el proceso. Inicialmente, se realizará un diagnóstico de la situación actual para obtener una visión completa del proceso y, a partir de esto, aplicar la metodología adecuada para aumentar la productividad. El diagnóstico incluye conocer los antecedentes de cada equipo, determinar si ha habido alguna gestión de mantenimiento previa, analizar el historial de fallas frecuentes, y definir las acciones a tomar antes y después de que ocurra una falla en los equipos. La gestión del mantenimiento

abarca desde la adquisición de repuestos e insumos, solicitudes, inventario de equipos, verificación, fichas de reporte, órdenes de ejecución de trabajos y servicios, entre otros. Los indicadores de mantenimiento se calcularán utilizando la información histórica de las fallas frecuentes de los equipos que operan en la línea de envasado de carne, determinando la disponibilidad, la mantenibilidad, el tiempo medio de reparación (MTTR) y el tiempo medio entre fallos (MTBF). En el contexto de la confiabilidad de los procesos, es importante considerar que la gestión del mantenimiento de la empresa se realiza mediante servicios de terceros, ya que no cuenta con personal propio para ejecutar dichas labores, ni con un almacén de repuestos básicos para los equipos. [14]

## **I.2 Formulación del problema**

¿De qué manera el mantenimiento preventivo mejorará la disponibilidad de máquinas de una empresa molinera de arroz, Chiclayo 2024?

## **I.3 Hipótesis**

El Mantenimiento Preventivo mejorará la disponibilidad de máquinas de una empresa molinera de arroz.

## **I.4 Objetivos**

### **Objetivo General**

Elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de máquinas de una empresa molinera de arroz.

### **Objetivos Específicos.**

- Diagnosticar el estado actual de la disponibilidad de las máquinas en la empresa.
- Desarrollar un plan de gestión de mantenimiento preventivo.
- Calcular el incremento de disponibilidad de las máquinas.
- Calcular el beneficio costo.

## **I.5 Teorías Relacionadas al tema.**

### **1. Mantenimiento Preventivo**

**A. Definición de mantenimiento:** El mantenimiento industrial juega un papel crucial en asegurar el funcionamiento de un componente, preservar el valor de la inversión de capital y asegurar una ventaja competitiva en tanto productos como servicios proporcionados. [15]

**B. Mantenimiento Preventivo:** El mantenimiento preventivo constituye una acción que se lleva a cabo mediante actividades de planificación previa para evitar la mayor cantidad posible de daños inesperados, reducir los tiempos de inactividad de la producción por averías y así reducir los costes de producción. Los altos niveles de productividad que se exigen hoy en día requieren la instalación de sistemas de mantenimiento preventivo para mejorar la eficiencia productiva. [16]

**C. Plan de Mantenimiento:** Un plan de mantenimiento constituye un conjunto de instrucciones detalladas para los empleados, las áreas correspondientes y todas las actividades llevadas a cabo dentro de la empresa. En este plan se especifican tanto las piezas de repuesto como los proveedores. Este documento, al estar programado en un calendario, posibilita la reducción de gastos de mantenimiento, maximiza la vida útil de cada operación y mejora la rentabilidad. Se incorpora a este tipo de mantenimiento una serie de equipos que comúnmente se consideran no sujetos a mantenimiento preventivo, lo que resulta muy beneficioso para implementar una estrategia principalmente correctiva a través de este enfoque. [17]

## **2. Disponibilidad**

[18] La disponibilidad en mantenimiento se refiere a la probabilidad de que un activo, sistema, máquina o equipo pueda realizar su función estándar cuando sea necesario. Este indicador es crucial ya que refleja el tiempo durante el cual el activo debe estar operando y requiere un seguimiento constante. La disponibilidad se puede calcular comparando las horas en las que la máquina o activo estuvo operativa con las horas de operación programadas.

La operación para determinar la disponibilidad es la siguiente:

$$\text{Disponibilidad} = (\text{Horas de trabajo disponibles} / \text{Horas de trabajo planificadas}) \times$$

100%

En un escenario ideal, los activos deberían tener una disponibilidad del 99.999%. En la realidad, se debe aspirar a lograr una disponibilidad del 90% o más. Para incrementar la disponibilidad, se pueden implementar estrategias como programar el mantenimiento preventivo fuera del horario laboral, para detectar cambios en la operación de las maquinarias antes de que se produzca una parada completa.

**A. Definición de productividad:** La productividad se puede definir como el proceso de utilizar los factores de producción de manera eficiente para generar bienes y servicios, con el fin de optimizar el uso de los recursos disponibles. Este concepto se incorpora en las metas organizacionales para lograr una ventaja competitiva en el mercado. Asimismo, la productividad es vista como la eficiencia en la producción, determinando la cantidad producida en relación con los insumos empleados. [18]

**B. Índice de producción:** Hay dos métodos principales para medir la productividad: la medición física, que se enfoca en la cantidad cuantitativa de producción, y la medición por valor agregado, que se centra en el valor económico generado a través de diversas actividades.[19]

## **II. MATERIAL Y MÉTODO**

### **Tipo y Diseño de Investigación**

#### **Tipo de investigación**

Este trabajo de investigación es de carácter aplicado, ya que incluye un análisis comparativo de las condiciones de las máquinas antes y después del mantenimiento. Su alcance es descriptivo, dado que emplearemos conocimientos prácticos y teóricos preexistentes. Este estudio busca comprender la realidad actual, permitiendo visualizar una situación específica en un contexto definido de tiempo y espacio, y así realizar una descripción detallada de cada máquina en el área de pilado del molino.

#### **Diseño de investigación**

Este estudio cuenta con un diseño no experimental, lo que significa que no se

manipulan variables independientes para observar sus efectos sobre variables dependientes. En este caso, se realizará un análisis descriptivo de las máquinas antes y después del mantenimiento en el área de pilado del molino, utilizando conocimientos teóricos y prácticos ya existentes para entender y describir la situación sin intervenir directamente en el proceso.

## Variables, Operacionalización

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos	Tipo de variable	Escala de medición

Mantenimiento Preventivo	El mantenimiento preventivo se basa en la realización sistemática de actividades programadas como inspecciones, ajustes y reparaciones menores para prevenir fallos en equipos y maquinarias. Su objetivo es prolongar la vida útil de los equipos, mejorar su fiabilidad, reducir el tiempo de inactividad no planificado, aumentar la seguridad y optimizar la eficiencia operativa.	La teoría operacional del mantenimiento preventivo implica la implementación práctica de estas actividades a través de un plan detallado. Este plan incluye la programación regular de mantenimiento, creación de listas de verificación específicas para cada equipo, mantenimiento de registros precisos, capacitación adecuada del personal y evaluación continua de la efectividad del mantenimiento para realizar mejoras según sea necesario.	Mejora de procesos	<i>T.de Jornad</i>	Análisis documental/ Entrevista	N umérica	Ra zón
Disponibilidad	La disponibilidad de máquinas se refiere a la capacidad de las máquinas de estar operativas y listas para	Operacionalmente, la disponibilidad de máquinas se gestiona mediante la implementación de estrategias de	Fiabilidad	Form ula de disponibilidad	Análisis documental/ Entrevista	N umérica	Ra zón

	<p>su uso en cualquier momento requerido. Conceptualmente, la disponibilidad es un indicador crítico de la eficiencia operativa, ya que refleja la proporción de tiempo durante el cual una máquina está en condiciones de funcionamiento adecuado en comparación con el tiempo total que debería estar disponible. Factores como la confiabilidad de las máquinas, la calidad y frecuencia del mantenimiento, y la eficacia de las reparaciones influyen en su disponibilidad.</p>	<p>mantenimiento preventivo, la rápida atención a fallos y la optimización de los tiempos de reparación. Esto incluye la programación regular de mantenimiento para prevenir averías, la creación de procedimientos de monitoreo continuo para detectar problemas antes de que afecten la operación, y la capacitación del personal para realizar reparaciones eficaces y rápidas. Además, el análisis de datos históricos sobre el rendimiento y fallos de las máquinas permite identificar patrones y aplicar mejoras continuas para maximizar la disponibilidad.</p>		<p>y fiabilidad</p>		
--	---	---	--	---------------------	--	--

## **Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

### **Población**

Actualmente, la población son todos los trabajadores relacionados en el mantenimiento, producción y las 21 máquinas del área de producción en el pilado de arroz que pertenecen a una empresa molinera de arroz. Se tomará un plazo de 8 semanas para la implementación de la propuesta cabe resaltar que en la empresa se trabaja de lunes a sábado 8 horas al día incluido feriados.

### **Muestra**

Está conformada por las 21 máquinas que se utilizan para el proceso de pilado de arroz.

## **Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **Técnica e instrumentos de recolección de datos**

Se utilizaron diversas técnicas y herramientas en función del tipo de investigación para recopilar información de manera efectiva, siendo las siguientes:

#### **Técnicas**

- Observación: Se realiza un registro visual de las operaciones y el rendimiento de las máquinas y equipos en su entorno real, seleccionando los aspectos más relevantes..
- Revisión documentaria: Proceso sistemático y cuidadoso de examinar y evaluar documentos con el objetivo de verificar su calidad, exactitud y cumplimiento de requisitos específicos.

#### **Instrumentos**

- Hoja de observación: Se puede utilizar una hoja de observación para registrar las particularidades y dificultades del rendimiento actual de las máquinas mediante la observación en campo.
- Cuestionario: Un cuestionario puede ser utilizado para evaluar el mantenimiento actual de las máquinas y obtener una visión más completa del mantenimiento en la empresa.

- Guía de revisión documentaria: Conjunto de pautas y procedimientos diseñados para evaluar de manera sistemática y efectiva la calidad y exactitud de la documentación.

### **Validez**

La precisión de la medición de una variable en un estudio se conoce como validez, y se refiere a la capacidad de un instrumento para medir con precisión la variable en cuestión. Se considera que un instrumento es válido cuando logra evaluar de manera precisa el concepto y/o la variable que se busca medir. En el proyecto de investigación, los instrumentos empleados fueron sometidos a validación por parte de tres Ingenieros Industriales expertos en el tema.

### **Confiabilidad**

Se dio la confiabilidad para el buen uso de sus datos, considerando que la información obtenida en el periodo de estudio es confiable. Los datos recopilados para este estudio provienen de fuentes confiables y serán utilizados exclusivamente con fines académicos. Por ende, se tiene la autorización del responsable del área.

### **Procedimientos de análisis de datos.**

Para ejecutar el proyecto, se recolectó información mediante la observación directa y una entrevista con el supervisor de producción. Esta información fue validada con recursos provenientes de libros, tesis y normativas de mantenimiento, utilizando el análisis documental. Se emplearon diversos instrumentos, como la hoja de observación, cuestionario, guía de entrevista y guía de revisión de documentos, con el fin de evaluar la condición actual del mantenimiento.

Para identificar los problemas operativos y evaluar el estado actual del mantenimiento de las máquinas esenciales para la investigación, se aplicaron la hoja de observación y el cuestionario. Estos instrumentos facilitaron la determinación del rendimiento y mantenimiento actuales de las máquinas críticas.

Para examinar la eficacia presente de la maquinaria en la empresa, se emplearon la

hoja de observación y la guía de entrevista como herramientas. Estas facilitaron la evaluación de la eficiencia actual de la maquinaria y otros aspectos pertinentes.

### **Criterios éticos**

Los criterios éticos considerados fueron:

Criterios	Características éticas del criterio
Confidencialidad	Los datos que se recopilarán provendrán exclusivamente de la empresa en cuestión y solo serán utilizados para los propósitos de esta investigación, beneficiando así únicamente a la propia empresa, sin ser empleados para otros fines. Además, se garantiza la protección de la identidad de los empleados que participan como informantes dentro de la investigación.
Originalidad	Se citaron todas las fuentes bibliográficas con fines de demostrar la inexistencia de plagio dentro de la investigación.
Derechos laborales	La propuesta de mejora y solución se centró en asegurar el cumplimiento y respeto de los derechos laborales dentro de la empresa objeto de estudio.
Manejo de Riesgos	Se informó previamente los motivos de la investigación y de cómo se manejaría el resultado, y se le dejó claro que no se produciría ningún daño ni a nivel profesional, organizativo ni personal. Asimismo, como investigadores nos comprometemos a no asignar los resultados a ningún propósito distinto al originalmente planteado.
Normativa	Se cumplieron todas las normas establecidas por la empresa para poder hacer el respectivo estudio de esta, tanto en las visitas realizadas como la información brindada.

### III. RESULTADOS

#### Diagnóstico situacional de la empresa

### DIAGRAMA ISHIKAWA

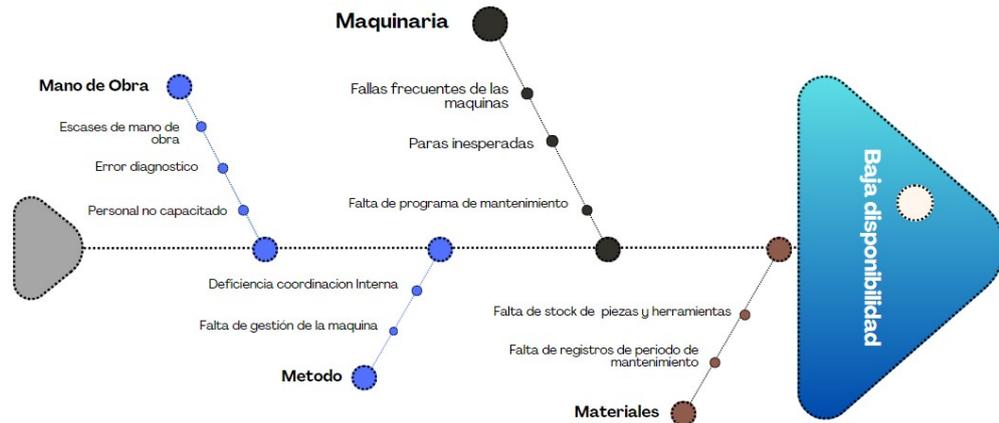


Figura 1: Diagrama de Ishikawa

Se realizó una revisión documentaria del historial de mantenimiento de la empresa, para identificar los principales propulsores de los problemas en el área de pilado, en la cual se dividió en 4 etapas y posteriormente fue ordenado en un diagrama de Ishikawa.

### DIAGRAMA DE PARETO

Tabla 1: Frecuencia de las causas

Lista de causas	C							Total
	olaborador 1	olaborador 2	olaborador 3	olaborador 4	olaborador 5	olaborador 6	olaborador 7	
Falta de programa de mantenimiento	4	4	5	4	4	5	40	3
Fallas frecuentes	4	4	5	3	4	5	4	2

de las máquinas								9
Falta de registros de periodo de mantenimiento	3	3	4	4	5	5	37	2
Personal no capacitado	3	3	3	4	4	2	32	2
Paras inesperadas	2	2	3	3	2	2	26	1
Falta de stock de piezas y herramienta	2	2	1	2	2	3	24	1
Error diagnóstico	2	1	2	1	1	1	20	1
Falta de gestión de la máquina	1	1	1	2	1	2	1	9
Escases de mano de obra	1	1	2	1	1	1	1	8
Deficiencia coordinación Interna	1	1	1	1	1	1	1	7

Tabla 2: Acumulado de causas

CAUSAS	FRECUE NCIA	PORCENT AJE	ACUMUL ADO
Falta de programa de	30	17%	17%

mantenimiento			
Fallas frecuentes de las máquinas	29	17%	34%
Falta de registros de periodo de mantenimiento	27	16%	50%
Personal no capacitado	22	13%	63%
Paras inesperadas	16	9%	72%
Falta de stock de piezas y herramienta	14	8%	80%
Error diagnóstico	10	6%	86%
Falta de gestión de la maquina	9	5%	91%
Escases de mano de obra	8	5%	96%
Deficiencia coordinación Interna	7	4%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>172</b>	<b>0%</b>	



#### Interpretación

El análisis de las causas muestra cómo se acumulan los problemas en la molinera. y permite identificar las áreas más críticas a abordar. La falta de un programa de

mantenimiento y las fallas frecuentes de las máquinas juntas representan el 34% de los problemas acumulados, siendo las principales áreas de enfoque. La falta de registros de periodos de mantenimiento eleva el acumulado al 50%, lo que indica que la mitad de los problemas se relacionan directamente con la gestión y el seguimiento del mantenimiento. La capacitación insuficiente del personal lleva el acumulado al 63%, sugiriendo que más de la mitad de los problemas podrían mitigarse con mejor entrenamiento y planificación de mantenimiento. Las paradas inesperadas suman un 9%, alcanzando un 72% acumulado, mientras que la falta de stock de piezas y herramientas eleva el acumulado al 80%. Errores de diagnóstico, falta de gestión de la máquina, escasez de mano de obra y deficiencia en la coordinación interna completan el acumulado al 100%.

### Fallas Totales entre los meses de Enero - Febrero

Tabla 3: Fallas durante Enero - Febrero

Total de fallas durante el periodo 2024				
N°	Máquina	ENE RO	FEBRE RO	TOT AL
1	Pre limpia	2	1	3
2	Elevador 2	1	1	2
3	Segundo pre limpia	1	3	4
4	Elevador 3	2	2	4
5	Descascaradora	1	3	4
6	Mesa paddy	3	2	5
7	Elevador 7	1	2	3
8	Calibrador	1	3	4
9	Elevador 8	1	1	2
0	1 Pulidora 1	3	1	4
1	Pulidora 2	2	1	3

1					
2	1	Elevador 9	3	1	4
3	1	Pulidora 3	2	2	4
4	1	Pulidora de agua	1	2	3
5	1	Elevador 10	2	1	3
6	1	Mesa rotex	1	2	3
7	1	Clasificador	1	1	2
8	1	Elevador 11	3	2	5
9	1	Tolva de selector	1	1	2
0	2	Elevador 12	2	1	3
1	2	Tolva de envase	1	2	3
<b>TOTAL</b>					<b>70</b>

Interpretación:

Durante el periodo de enero y febrero de 2024, la empresa registró un total de 70 fallas en sus diferentes máquinas. La máquina con el mayor número de fallas fue la Mesa Paddy, con 5 incidencias, seguida de la Descascaradora, Elevador 3, Segunda Pre Limpia, Calibrador, Pulidora 1, Pulidora 3 y Elevador 9, cada una con 4 fallas. Otras máquinas como

la Pre Limpia, Elevador 7, Pulidora 2, Pulidora de Agua, Elevador 10, Mesa Rotex, Elevador 12 y Tolva de Envase tuvieron 3 fallas cada una. Finalmente, los equipos Elevador 2, Elevador 8, Clasificador y Tolva de Selector registraron 2 fallas cada uno. Este análisis destaca áreas críticas que requieren mayor atención y posible intervención mediante estrategias de mantenimiento preventivo para reducir el número de fallas y mejorar la eficiencia operativa.

### Cálculo de indicadores de Mantenimiento

#### ✓ Horas para la reparación TTR

Tabla 4: Horas para la reparación TTR

Horas para la reparación o para la restauración de las maquinas (TTR)				
N°	Máquina	ENE RO	FEBRE RO	TOT AL
1	Pre limpia	10	12	22
2	Elevador 2	7	14	21
3	Segundo pre limpia	14	9	23
4	Elevador 3	6	12	18
5	Descascaradora	12	9	21
6	Mesa paddy	16	4	20
7	Elevador 7	7.6	8	15.6
8	Calibrador	2.3	6.9	9.2
9	Elevador 8	16	9	25
10	Pulidora 1	5.2	16	21.2
11	Pulidora 2	7	13	20

1					
2	1	Elevador 9	12	8	20
3	1	Pulidora 3	13	13	26
4	1	Pulidora de agua	8	16	24
5	1	Elevador 10	12	8	20
6	1	Mesa rotex	7	6	13
7	1	Clasificador	8	14	22
8	1	Elevador 11	15	14	29
9	1	Tolva de selector	6	11	17
0	2	Elevador 12	12	8	20
1	2	Tolva de envase	9	15	24
<b>TOTAL</b>					<b>431</b>

Interpretación:

Durante el periodo de enero y febrero de 2024, las máquinas acumularon un total de 431 horas de reparación (TTR). Las máquinas con mayores tiempos de reparación fueron el Elevador 11 con 29 horas, la Pulidora 3 con 26 horas, y el Elevador 8 con 25 horas. Le siguen la Pulidora de Agua y la Tolva de Envase con 24 horas cada una. Por otro lado, el Calibrador tuvo el menor tiempo de reparación con 9.2 horas, seguido por la Mesa Rotex

con 13 horas.

### Tiempo Total Programado

Tabla 5: Tiempo total programado - TTP

Tiempo total programado para producir en horas				
Días laborables por mes	26	26		
Máquina	ENE RO	FEBR ERO	TOT AL	
Pre limpia	286	286	572	
Elevador 2	286	286	572	
Segunda pre limpia	286	286	572	
Elevador 3	286	286	572	
Descascaradora	286	286	572	
Mesa paddy	286	286	572	
Elevador 7	286	286	572	
Calibrador	286	286	572	
Elevador 8	286	286	572	
Pulidora 1	286	286	572	
Pulidora 2	286	286	572	
Elevador 9	286	286	572	
Pulidora 3	286	286	572	
Pulidora de agua	286	286	572	
Elevador 10	286	286	572	
Mesa rotex	286	286	572	
Clasificador	286	286	572	
Elevador 11	286	286	572	
Tolva de selector	286	286	572	

Elevador 12	286	286	572
Tolva de envase	286	286	572
<b>TOTAL</b>			<b>120</b>
			<b>12</b>

Interpretación:

Durante los meses de enero y febrero de 2024, las máquinas tuvieron un tiempo total programado para producir de 572 horas cada una, con un total de 12,012 horas para todas las máquinas combinadas, registrándose 70 fallas y 431 horas de reparación. Las máquinas con mayores tiempos de reparación fueron el Elevador 11, Pulidora 3 y Elevador 8, mientras que el Calibrador tuvo el menor tiempo de reparación.

✓ **Tiempo Total de operación TTO**

Teniendo ya el tiempo total de reparación y el tiempo total programado, se halló con la fórmula:

$$TTO = TTP - TTR$$

Tabla 6: Tiempo Total de Operación – TTO

<b>Tiempo Total de Operación por Máquina (horas) PERIODO 2024</b>				
<b>N</b>	<b>Máquina</b>	<b>Tiempo total programado (TTP)</b>	<b>Tiempo total de reparación (TTR)</b>	<b>Tiempo Total de Operación (TTO)</b>
1	Pre limpia	572	22	550.00
2	Elevador 2	572	21	551.00
3	Segunda pre	572	23	549.00

	limpia			
4	Elevador 3	572	18	554.00
5	a Descascarador	572	21	551.00
6	Mesa paddy	572	20	552.00
7	Elevador 7	572	15.6	556.40
8	Calibrador	572	9.2	562.80
9	Elevador 8	572	25	547.00
0	1 Pulidora 1	572	21.2	550.80
1	1 Pulidora 2	572	20	552.00
2	1 Elevador 9	572	20	552.00
3	1 Pulidora 3	572	26	546.00
4	1 Pulidora de agua	572	24	548.00
5	1 Elevador 10	572	20	552.00
6	1 Mesa rotex	572	13	559.00
7	1 Clasificador	572	22	550.00
8	1 Elevador 11	572	29	543.00
9	1 Tolva de selector	572	17	555.00

0	2	Elevador 12	572	20	552.00
1	2	Tolva de envase	572	24	548.00
<b>TOTAL</b>					<b>11581.00</b>

#### Interpretación

Durante los meses de enero y febrero de 2024, las máquinas tuvieron un tiempo total programado para producir de 572 horas cada una, con un total combinado de 12,012 horas. El tiempo total de reparación acumulado fue de 431 horas, resultando en un tiempo total de operación de 11,581 horas para todas las máquinas. Las máquinas con los tiempos más altos de operación fueron el Calibrador (562.80 horas) y la Mesa rotex (559.00 horas), mientras que el Elevador 11 y la Pulidora 3 tuvieron los tiempos más bajos de operación, con 543.00 y 546.00 horas respectivamente.

#### ✓ **Mantenibilidad o Tiempo Medio de Restauración**

Tiempo promedio que se requiere para la reparación o restauración de máquinas. Se usa la siguiente fórmula:

$$MTTR = \frac{TTR}{N^{\circ} FALLAS}$$

Tabla 7: Tiempo Medio para Restaurar - MTTR

<b>Tiempo medio para restaurar por maquina en horas (MTTR)</b>			
<b>Máquina</b>	<b>(TT R)</b>	<b>Núme ro de fallas</b>	<b>(MTTR)</b>
Pre limpia	22	3	7.3
Elevador 2	21	2	10.5

Segunda pre limpia	23	4	5.75
Elevador 3	18	4	4.5
Descascaradora	21	4	5.25
Mesa paddy	20	5	4
Elevador 7	15.6	3	5.2
Calibrador	9.2	4	2.3
Elevador 8	25	2	12.5
Pulidora 1	21.2	4	5.3
Pulidora 2	20	3	6.7
Elevador 9	20	4	5
Pulidora 3	26	4	6.5
Pulidora de agua	24	3	8
Elevador 10	20	3	6.77
Mesa rotex	13	3	4.3
Clasificador	22	2	11
Elevador 11	29	5	5.8
Tolva de selector	17	2	8.5
Elevador 12	20	3	6.7
Tolva de envase	24	3	8
<b>PROMEDIO</b>			<b>6.66</b>

Interpretación:

El análisis de los tiempos medios para restaurar por máquina (MTTR) durante el periodo de 2024 revela importantes insights para la planificación de mantenimiento. La máquina Elevador 8 tiene el mayor MTTR con 12.5 horas, lo que sugiere que las reparaciones son más complejas o que la máquina sufre fallas más severas. Le sigue el

Clasificador con un MTTR de 11 horas y el Elevador 2 con 10.5 horas. En contraste, el Calibrador tiene el menor MTTR de 2.3 horas, indicando que sus reparaciones son más rápidas y posiblemente menos complicadas.

✓ **Tiempo Medio entre fallas**

Es el resultado de la división entre el tiempo total y el número de fallas. Se usó la siguiente fórmula:

$$MTBF = \frac{TTO}{N^{\circ} FALLAS}$$

Tabla 8: Tiempo Medio entre falla - MTBF

<b>MTBF (Tiempo medio entre falla en horas)</b>			
<b>Máquina</b>	<b>(TTO)</b>	<b>Número de fallas</b>	<b>(MTBF)</b>
Pre limpia	550.00	3	183.33
Elevador 2	551.00	2	275.5
Segunda pre limpia	549.00	4	137.25
Elevador 3	554.00	4	138.5
Descascaradora	551.00	4	137.75
Mesa paddy	552.00	5	110.4
Elevador 7	556.00	3	185.7

	40		
	562.		
Calibrador	80	4	140.7
	547.		
Elevador 8	00	2	273.5
	550.		
Pulidora 1	80	4	137.7
	552.		
Pulidora 2	00	3	184
	552.		
Elevador 9	00	4	138
	546.		
Pulidora 3	00	4	136.5
Pulidora de agua	00	3	182.67
	552.		
Elevador 10	00	3	184
	559.		
Mesa rotex	00	3	186.33
	550.		
Clasificador	00	2	275
	543.		
Elevador 11	00	5	108.6
Tolva de selector	00	2	277.5
	552.		
Elevador 12	00	3	184
Tolva de envase	548.	3	182.67

	00		
<b>PROMEDIO</b>			<b>179.02</b>

### Interpretación

El análisis del tiempo medio entre fallas (MTBF) revela que la máquina con el mayor MTBF es la Tolva de selector, con 277.5 horas, seguida por el Elevador 2 con 275.5 horas y el Clasificador con 275 horas. Estas máquinas presentan intervalos más largos entre fallas, lo que indica una mayor fiabilidad. Por otro lado, las máquinas con los menores MTBF son el Elevador 11 con 108.6 horas, seguido por la Mesa paddy con 110.4 horas y la Descascaradora con 137.75 horas, lo que sugiere que estas máquinas fallan con mayor frecuencia y pueden necesitar un enfoque más intensivo en el mantenimiento preventivo para mejorar su disponibilidad.

### ✓ **Confiabilidad**

La confiabilidad se determinó mediante la división del tiempo total programado y el tiempo total de operación.

$$CONFIABILIDAD = \left( \frac{TTO}{TTP} \right) * 100\%$$

Tabla 9: Confiabilidad

<b>CONFIABILIDAD</b>			
<b>Máquina</b>	<b>T TP</b>	<b>TTO</b>	<b>Confiabilidad</b>
Pre limpia	57 2	550. 00	96.15%
Elevador 2	57 2	551. 00	96.33%
Segunda pre	57	549.	95.98%

limpia	2	00	
	57	554.	96.85%
Elevador 3	2	00	
	57	551.	96.33%
Descascaradora	2	00	
	57	552.	96.50%
Mesa paddy	2	00	
	57	556.	97.27%
Elevador 7	2	40	
	57	562.	98.39%
Calibrador	2	80	
	57	547.	95.63%
Elevador 8	2	00	
	57	550.	96.29%
Pulidora 1	2	80	
	57	552.	96.50%
Pulidora 2	2	00	
	57	552.	96.50%
Elevador 9	2	00	
	57	546.	95.45%
Pulidora 3	2	00	
	57	548.	95.80%
Pulidora de agua	2	00	
	57	552.	96.50%
Elevador 10	2	00	
	57	559.	97.73%
Mesa rotex	2	00	
	57	550.	96.15%
Clasificador	2	00	

	2	00	
Elevador 11	57	543.	94.93%
	2	00	
Tolva de selector	57	555.	97.03%
	2	00	
Elevador 12	57	552.	96.50%
	2	00	
Tolva de envase	57	548.	95.80%
	2	00	
<b>PROMEDIO</b>			<b>96.41%</b>

### Interpretación

El análisis de la confiabilidad de las máquinas durante el periodo 2024 revela que las máquinas con mayor confiabilidad son la Mesa rotex (97.73%), el Calibrador (98.39%), y el Elevador 7 (97.27%), indicando desconfianza en la disponibilidad y media tasa de fallas, mientras que las máquinas con menor confiabilidad son el Elevador 11 (94.93%), la Pulidora 3 (95.45%), y el Elevador 8 (95.63%), sugiriendo la necesidad de mayor atención en el mantenimiento preventivo con una confiabilidad promedio del 96.41%.

### ✓ Disponibilidad

$$DISPONIBILIDAD = \left( \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \right) * 100\%$$

Tabla 10: Disponibilidad

DISPONIBILIDAD				
N°	Máquina	MT BF	MT TR	Disponibilid ad
1	Pre limpia	183.	7.3	96.15%

		33	3	
2	Elevador 2	275. 50	10. 50	96.33%
3	Segunda pre limpia	137. 25	5.7 5	95.98%
4	Elevador 3	138. 50	4.5 0	96.85%
5	Descascaradora	137. 75	5.2 5	96.33%
6	Mesa paddy	110. 40	4.0 0	96.50%
7	Elevador 7	185. 47	5.2 0	97.27%
8	Calibrador	140. 70	2.3 0	98.39%
9	Elevador 8	273. 50	12. 50	95.63%
0	Pulidora 1	137. 70	5.3 0	96.29%
1	Pulidora 2	184. 00	6.6 7	96.50%
2	Elevador 9	138. 00	5.0 0	96.50%
3	Pulidora 3	136. 50	6.5 0	95.45%
4	Pulidora de agua	182. 67	8.0 0	95.80%
1	Elevador 10	184.	6.6	96.50%

5		00	7	
6	1	186.	4.3	
	Mesa rotex	33	3	97.73%
7	1	275.	11.	
	Clasificador	00	00	96.15%
8	1	108.	5.8	
	Elevador 11	60	0	94.93%
9	1	277.	8.5	
	Tolva de selector	50	0	97.03%
0	2	184.	6.6	
	Elevador 12	00	7	96.50%
1	2	182.	8.0	
	Tolva de envase	67	0	95.80%
<b>PROMEDIO</b>				<b>96.41%</b>

### Interpretación

El análisis de la disponibilidad de las máquinas durante el periodo 2024 muestra que, en promedio, las máquinas mantuvieron una disponibilidad del 96.41%, con las más destacadas siendo el Calibrador (98.39%) y la Mesa rotex (97.73%), gracias a su alta frecuencia de operación y tiempos de reparación relativamente cortos. Las máquinas con menor disponibilidad, como el Elevador 11 (94.93%) y la Pulidora 3 (95.45%), reflejan la necesidad de optimizar los procesos de mantenimiento correctivo y preventivo para minimizar tiempos de inactividad.

### Costo por falla de maquina en uso/cambio de materiales (Enero – febrero 2024)

Tabla 11: Costos y Actividades por fallas.

MAQUINA	N	Tiem	FALLA	Cos	ACTIVIDAD
	o	po de paro		to de	

	<b>FALLAS</b>	<b>(horas)</b>		<b>Materiales (S/)</b>	<b>PARA REALIZAR</b>
Pre limpia	3	22	Rotura tensora	230 PEN	Cambiar Tensor, Lubricar, Ajustar y limpiar
Elevador 2	2	21	Rotura de Gapacho	35 PEN	Cambiar gapacho y ajustar
Segundo pre limpia	4	23	Rotura de perno de la plancha	110 PEN	Cambiar perno
Elevador 3	4	18	Rotura de cadena	30 PEN	Soldar, Limpiar y Lubricar
Descascara dora	4	21	Descalibración del paso de grano	150 PEN	Ajustar rodillos
Mesa paddy	5	20	Rotura de Planchas internas	20 PEN	Soldar las bandejas nuevas
Calibrador	4	9.2	Calibracion del sensor	80 PEN	Cambio de sensores
Elevador 8	2	25	Rotura de perno	20 PEN	Cambiar, armar y soldar
Pulidora 1	4	21.2	Desgaste de la Botella	70 PEN	Soldar, lubricar y limpiar
Pulidora 2	3	20	Rotura de faja	55 PEN	Cambio de Faja y Lubricación
Pulidora 3	4	26	Desgaste de cribas	30 PEN	Extraer, cambiar pernos, ajustar
Pulidora de agua	3	24	Rotura de Cribas	70 PEN	Cambio de Cribas, Lubricar, Ajustar

					y limpiar
Elevador 10	3	20	Problemas con los sensores	90 PEN	Reemplazo de sensores
Mesa rotex	3	13	Cambio de cribas desgastadas por nuevas	250 PEN	Extraer, cambiar cribas, ajustar
Clasificador	2	22	Rotura de malla de zaranda	160 PEN	Cambio de malla de zaranda, limpiar, ajustar y lubricar
Elevador 11	5	29	Desalineación de polea	35 PEN	Soldar, lubricar y limpiar
Tolva de selector	2	17	Agrietamiento y corrosión	60 PEN	Cambio y Soldado de plancha
Tolva de envase	3	24	Rotura de faja	50 PEN	Cambiar planchas o soldar
<b>TOTAL</b>				<b>1.5</b> <b>45 PEN</b>	

### Costos mano de obra

Los gastos asociados al personal de mantenimiento en la empresa son esenciales para asegurar la continuidad y eficiencia de las operaciones. Estos gastos incluyen los salarios del jefe de Mantenimiento y sus asistentes los cuales a ellos se les pagan S/45 por día, lo cual asistieron 40 días entre el mes de enero y febrero por las constantes fallas de las máquinas.

Tabla 12: Costos de mano de obra

ENERO - FEBRERO	
Puesto	Salario

Jefe de Mantenimiento	3000
Asistente de Mantenimiento 1	1800
Asistente de Mantenimiento 2	1800
<b>Total</b>	<b>6600</b>

#### Costo total de Fallas

El costo total de las fallas en la maquinaria de pilado se refiere al monto total de los gastos incurridos debido a las interrupciones y reparaciones necesarias cuando estas máquinas experimentan averías. Este costo incluye no solo el precio de los materiales y piezas de repuesto, sino también el tiempo de inactividad de las máquinas y la mano de obra requerida para realizar las reparaciones.

*Tabla 13: Costo total de fallas*

<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>DE</b>
<b>FALLAS</b>		
Mano de Obra	6600	
Costo de Materiales	1545	
<b>Total</b>	<b>8145</b>	

El costo total del mantenimiento correctivo realizado en el mes de enero y febrero es un total de 8145 soles los cuales están divididos entre enero y febrero.

**Programa de Capacitación:** Este programa estará dirigido a todo el personal que participa en el proceso de mantenimiento y maquinistas, abarcando desde los directivos hasta los operarios del área con una duración de 30 días (marzo).

**Temas:** Los temas para tratar han sido la importancia del mantenimiento preventivo, las herramientas que se emplean y los nuevos procedimientos.

## Cronograma de capacitación

Tabla 14: Cronograma de capacitación

N.º	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	N.º HORAS	FECHA
1	Introducción	1	1 - 10 MARZO
2	Indicadores	2	
3	Supervisiones	4	
TOTAL		7	

N.º	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	N.º HORAS	FECHA
1	Introducción	1	13-20 MARZO
2	Descripción	3	
3	Seguimiento de procedimiento	2	
TOTAL		6	

### Plan de Mantenimiento Preventivo para una empresa molinera de arroz.

#### ✓ **Mantenimiento Preventivo:**

**Objetivo Principal:** El propósito esencial del mantenimiento preventivo es asegurar que las máquinas permanezcan en óptimas condiciones de funcionamiento a través de la realización de tareas programadas, para lo cual el jefe de mantenimiento es el encargado de planificar y llevar a cabo estas actividades.

#### **Planificación del Mantenimiento Preventivo:**

Basado en la evaluación preliminar, se elaborará un plan detallado para la reparación de la máquina. Esto incluirá:

- Generar la orden de trabajo.
- Una vez aprobada la orden de trabajo, se lleva a cabo el mantenimiento preventivo según la programación establecida.
- Se evalúa el estado operativo de las máquinas.
- Se confirma la disponibilidad de los materiales, insumos y repuestos necesarios para ejecutar el mantenimiento preventivo, de acuerdo con las máquinas.
- Se realiza el mantenimiento preventivo.
- En caso de que el mantenimiento preventivo requiera el cambio de algún repuesto, se solicita el repuesto y se ejecuta el mantenimiento.
- Si el mantenimiento preventivo no requiere el cambio de repuestos, se realizan las actividades programadas.
- Se evalúa el resultado del mantenimiento preventivo y el estado de la máquina y/o equipo.
- Se mantiene actualizada la información relativa al mantenimiento realizado.

#### **Documentación y Registro:**

Se mantendrá un registro detallado de todas las actividades realizadas durante el mantenimiento preventivo, incluyendo:

- Descripción de la falla y acciones tomadas.
- Horas trabajadas y recursos utilizados.
- Lista de repuestos utilizados, si aplica.
- Resultados de las pruebas de funcionamiento.

## FORMATO PARA MANTENIMIENTO

*Tabla 15: Formato para Mantenimiento preventivo*

REPORTE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				N°:	
ÁREA: PILADO					
MAQUINA:				MARCA:	
RESPONSABLE:				CARGO:	
FECHA	HORA INICIAL	HORA FINAL	DESCRIPCIÓN	PIEZA REQUERIDA CAMBIO	FECHA / PROXIMO MANTIMIENTO


**Análisis de los resultados:**

**Cálculo de indicadores después de la implementación**

✓ **Fallas Totales entre los meses de Abril - Mayo**

*Tabla 16: Fallas durante Abril - Mayo*

<b>Total de fallas durante el periodo 2024</b>				
<b>N</b>	<b>Máquina</b>	<b>ABR</b>	<b>MAYO</b>	<b>TOT</b>
<b>°</b>		<b>IL</b>	<b>AL</b>	
1	Pre limpia		1	1
2	Elevador 2		1	1
3	Segunda pre limpia	1	2	3
4	Elevador 3	1		1
5	Descascaradora	2		2
6	Mesa paddy		1	1
7	Elevador 7	1		1
8	Calibrador	2	1	3
9	Elevador 8		1	1
0	Pulidora 1	1		1
1	Pulidora 2		1	1
2	Elevador 9	1		1
3	Pulidora 3		1	1
1	Pulidora de agua	2		2

4				
5	1	Elevador 10	1	1
6	1	Mesa rotex	1	1
7	1	Clasificador		1
8	1	Elevador 11		1
9	1	Tolva de selector	1	2
0	2	Elevador 12		1
1	2	Tolva de envase	1	1
<b>TOTAL</b>				<b>28</b>

Interpretación:

Después de implementar mantenimiento, se registraron un total de 28 fallas en las máquinas durante el período de 2024. Las fallas se distribuyen entre diversas máquinas y meses según el siguiente desglose: la máquina con más fallas fue la Segunda pre limpia con 3 fallas en total (1 en enero y 2 en febrero), seguida por Calibrador con 3 fallas (2 en enero y 1 en febrero) y Pulidora de agua con 2 fallas en enero. Las demás máquinas presentaron entre 1 y 2 fallas cada una, afectando principalmente a febrero como mes con más incidencias.

✓ **Horas para la reparación TTR**

Tabla 17: Horas para la reparación TTR

Horas para la reparación o para la restauración de las maquinas (TTR)					
°	N	Máquina	ABRI	MAY	TOTA
			L	O	L
	1	Pre limpia	3	1	4
	2	Elevador 2	1	1	2
	3	Segundo pre limpia	5	4	9
	4	Elevador 3	2	0	2
	5	Descascaradora	2	1	3
	6	Mesa paddy	2	2	4
	7	Elevador 7	5	3	8
	8	Calibrador	4	2	6
	9	Elevador 8	3,5	1,5	5
0	1	Pulidora 1	2	1	3
1	1	Pulidora 2	1,5	1,5	3
2	1	Elevador 9	3	2	5
3	1	Pulidora 3	8	5	13
4	1	Pulidora de agua	12	4	16
5	1	Elevador 10	4	8	12
6	1	Mesa rotex	3	6	9

7	1	Clasificador	2	1	3
8	1	Elevador 11	2	0	2
9	1	Tolva de selector	4	2	6
0	2	Elevador 12	2	2	4
1	2	Tolva de envase	2	1	3
<b>TOTAL</b>					<b>109</b>

Interpretación:

Durante los meses de abril y mayo de 2024, se registró un total de 109 horas de tiempo de reparación o restauración (TTR) para varias máquinas específicas en la planta. Las máquinas con mayores tiempos acumulados incluyen Elevador 11 con 43 horas en total (14 en abril y 29 en mayo), seguido por Clasificador con 36 horas (14 en abril y 22 en mayo), y Elevador 12 con 28 horas (8 en abril y 20 en mayo).

✓ **Tiempo Total Programado**

*Tabla 18: Tiempo total programado - TTP*

<b>Tiempo total programado para producir en horas</b>			
<b>Días laborables por mes</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	
	<b>ABRI</b>		<b>TOTA</b>
<b>Máquina</b>	<b>L</b>	<b>MAYO</b>	<b>L</b>
Pre limpia	286	286	572

Elevador 2	286	286	572
Segunda pre limpia	286	286	572
Elevador 3	286	286	572
Descascaradora	286	286	572
Mesa paddy	286	286	572
Elevador 7	286	286	572
Calibrador	286	286	572
Elevador 8	286	286	572
Pulidora 1	286	286	572
Pulidora 2	286	286	572
Elevador 9	286	286	572
Pulidora 3	286	286	572
Pulidora de agua	286	286	572
Elevador 10	286	286	572
Mesa rotex	286	286	572
Clasificador	286	286	572
Elevador 11	286	286	572
Tolva de selector	286	286	572
Elevador 12	286	286	572
Tolva de envase	286	286	572
<b>TOTAL</b>			<b>1201</b>
			<b>2</b>

Interpretación:

Durante los meses de abril y mayo de 2024, el tiempo total programado para producir en horas fue de 12,012 horas, distribuidas entre diversas máquinas en la planta. Cada máquina tuvo asignadas 286 horas de producción programada por mes, sumando un total de 572 horas para ambos meses. Esto refleja la planificación rigurosa para maximizar

la producción durante los 26 días laborables por mes. Este enfoque asegura que cada máquina tenga suficiente tiempo dedicado para operar y contribuir eficientemente al proceso de producción global de la planta.

✓ **Tiempo Total de operación TTO**

Teniendo ya el tiempo total de reparación y el tiempo total programado, se halló con la fórmula:

$$TTO = TTP - TTR$$

*Tabla 19: Tiempo Total de Operación – TTO*

<b>Tiempo Total de Operación por Máquina (horas) PERIODO 2024</b>				
<b>N</b>	<b>Máquina</b>	<b>Tiempo total programado (TTP)</b>	<b>Tiempo total de reparación (TTR)</b>	<b>Tiempo Total de Operación (TTO)</b>
1	Pre limpia	572	4	568.00
2	Elevador 2	572	2	570.00
3	Segunda pre limpia	572	9	563.00
4	Elevador 3	572	2	570.00
5	Descascarador	572	3	569.00
6	Mesa paddy	572	4	568.00

7	Elevador 7	572	8	564.00
8	Calibrador	572	6	566.00
9	Elevador 8	572	6	566.00
0	Pulidora 1	572	3	569.00
1	Pulidora 2	572	3	569.00
2	Elevador 9	572	5	567.00
3	Pulidora 3	572	13	559.00
4	Pulidora de agua	572	16	556.00
5	Elevador 10	572	4	568.00
6	Mesa rotex	572	3	569.00
7	Clasificador	572	3	569.00
8	Elevador 11	572	2	570.00
9	Tolva de selector	572	6	566.00
0	Elevador 12	572	4	568.00
1	Tolva de envase	572	3	569.00
<b>TOTAL</b>				<b>11903.</b>

### Interpretación

Durante el período 2024, se registraron los tiempos totales de operación por máquina en horas. La Pre limpia operó un total de 568 horas después de 4 horas dedicadas a reparaciones, con un tiempo total programado (TTP) de 572 horas. La Descascaradora funcionó 569 horas tras 3 horas de reparación. La Mesa paddy operó 568 horas tras 4 horas de reparación. El resto de las máquinas mostraron operaciones similares con variaciones mínimas en los tiempos de reparación, reflejando un compromiso general con la eficiencia operativa durante todo el período. En total, se acumularon 11,903 horas de operación efectiva en todas las máquinas combinadas.

### ✓ **Mantenibilidad o Tiempo Medio de Restauración**

Tiempo promedio que se requiere para la reparación o restauración de máquinas. Se usa la siguiente fórmula:

$$MTTR = \frac{TTR}{N^{\circ} FALLAS}$$

*Tabla 20: Tiempo Medio para Restaurar - MTTR*

<b>Tiempo medio para restaurar por maquina en horas (MTTR)</b>			
<b>Máquina</b>	<b>(TTR)</b>	<b>Número de fallas</b>	<b>(MTTR)</b>
Pre limpia	4	1	4
Elevador 2	2	1	2
Segundo pre limpia	9	3	3
Elevador 3	2	1	2

Descascaradora	3	2	1.5
Mesa paddy	4	1	4
Elevador 7	8	1	8
Calibrador	6	3	2
Elevador 8	6	1	6
Pulidora 1	3	1	3
Pulidora 2	3	1	3
Elevador 9	5	1	5
Pulidora 3	13	1	13
Pulidora de agua	16	2	8
Elevador 10	4	1	4
Mesa rotex	3	1	3
Clasificador	3	1	3
Elevador 11	2	1	2
Tolva de selector	6	2	3
Elevador 12	4	1	4
Tolva de envase	3	1	3
<b>PROMEDIO</b>			<b>4.12</b>

Interpretación:

Durante el año 2024, se registraron tiempos medios para restaurar por máquina (MTTR) variados. Destacan máquinas como la Pre limpia, que requirió en promedio 4 horas para reparar cada una de sus fallas. En promedio, el MTTR para todas las máquinas fue de 4.12 horas, reflejando los esfuerzos y la eficiencia del equipo de mantenimiento en la restauración rápida de la operatividad de las máquinas después de las fallas registradas.

✓ **Tiempo Medio entre fallas**

Es el resultado de la división entre el tiempo total y el número de fallas. Se usó la siguiente fórmula:

$$MTBF = \frac{TTO}{N^{\circ} FALLAS}$$

Tabla 21: Tiempo Medio entre falla - MTBF

<b>MTBF (Tiempo medio entre falla en horas)</b>			
<b>Máquina</b>	<b>(TTO)</b>	<b>Número de fallas</b>	<b>(MTBF)</b>
Pre limpia	568.00	1	568.00
Elevador 2	570.00	1	570.00
Segunda pre limpia	563.00	3	187.67
Elevador 3	570.00	1	570.00
Descascaradora	569.00	2	284.50
Mesa paddy	568.00	1	568.00
Elevador 7	564.00	1	564.00
Calibrador	566.00	3	188.67
Elevador 8	566.00	1	566.00
Pulidora 1	569.00	1	569.00

	0		
	569.0		
Pulidora 2	0	1	569.00
Elevador 9	0	1	567.00
Pulidora 3	0	1	559.00
Pulidora de agua	0	2	278.00
Elevador 10	0	1	568.00
Mesa rotex	0	1	569.00
Clasificador	0	1	569.00
Elevador 11	0	1	570.00
Tolva de selector	0	2	283.00
Elevador 12	0	1	568.00
Tolva de envase	0	1	569.00
<b>PROMEDIO</b>			<b>490.71</b>

### Interpretación

Durante el año 2024, se analizó la fiabilidad de diversas máquinas en una planta, calculando el MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas) para cada una. Se observó que las

máquinas mostraron variaciones significativas en sus tiempos medios entre fallas, reflejando tanto periodos de operación estable con largos MTBF, como episodios de mayor frecuencia de fallas con MTBF más cortos. Por ejemplo, máquinas como Elevador 2 y Elevador 11 mostraron una alta fiabilidad con MTBF de 570 horas cada una.

✓ **Confiabilidad**

La confiabilidad se determinó mediante la división del tiempo total programado y el tiempo total de operación.

$$CONFIABILIDAD = \left( \frac{TTO}{TTP} \right) * 100 \%$$

Tabla 22: Confiabilidad

<b>CONFIABILIDAD</b>				
<b>Máquina</b>	<b>P</b>	<b>TT</b>	<b>TTO</b>	<b>Confiabilidad</b>
Pre limpia	2	5700	56800	99.30%
Elevador 2	2	5700	57000	99.65%
Segunda pre limpia	2	5700	56300	98.43%
Elevador 3	2	5700	57000	99.65%
Descascaradora	2	5700	56900	99.48%
Mesa paddy	2	5700	56800	99.30%
Elevador 7		57	564.	98.60%

	2	00	
Calibrador	2	57 00	566. 98.95%
Elevador 8	2	57 00	566. 98.95%
Pulidora 1	2	57 00	569. 99.48%
Pulidora 2	2	57 00	569. 99.48%
Elevador 9	2	57 00	567. 99.13%
Pulidora 3	2	57 00	559. 97.73%
Pulidora de agua	2	57 00	556. 97.20%
Elevador 10	2	57 00	568. 99.30%
Mesa rotex	2	57 00	569. 99.48%
Clasificador	2	57 00	569. 99.48%
Elevador 11	2	57 00	570. 99.65%
Tolva de selector	2	57 00	566. 98.95%
Elevador 12	2	57 00	568. 99.30%
Tolva de envase		57	569. 99.48%

	2	00	
<b>PROMEDIO</b>			<b>99.09%</b>

Interpretación

Después de implementar mantenimiento preventivo durante el año 2024, se observó una mejora significativa en la confiabilidad operativa de las máquinas en la planta. La confiabilidad se calculó comparando el tiempo total programado (TTP), que representa el tiempo teóricamente disponible para operar, con el tiempo total de operación (TTO) efectivamente registrado. Esto permitió determinar que, en promedio, la confiabilidad alcanzó un 99.09%.

✓ **Disponibilidad**

$$DISPONIBILIDAD = \left( \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \right) * 100\%$$

Tabla 23: Disponibilidad

<b>DISPONIBILIDAD</b>					
<b>N</b>	<b>Máquina</b>	<b>MT</b>	<b>MT</b>	<b>Disponibilida</b>	
<b>°</b>		<b>BF</b>	<b>TR</b>	<b>d</b>	
1	Pre limpia	00	568.	4.0	99.30%
2	Elevador 2	00	570.	2.0	99.65%
3	Segunda pre limpia	67	187.	3.0	98.43%
4	Elevador 3	00	570.	2.0	99.65%
5	Descascaradora		284.	1.5	99.48%

		50	0	
6	Mesa paddy	568. 00	4.0 0	99.30%
7	Elevador 7	564. 00	8.0 0	98.60%
8	Calibrador	188. 67	2.0 0	98.95%
9	Elevador 8	566. 00	6.0 0	98.95%
0	Pulidora 1	569. 00	3.0 0	99.48%
1	Pulidora 2	569. 00	3.0 0	99.48%
1	Elevador 9	567. 00	5.0 0	99.13%
3	Pulidora 3	559. 00	13. 00	97.73%
4	Pulidora de agua	278. 00	8.0 0	97.20%
5	Elevador 10	568. 00	4.0 0	99.30%
6	Mesa rotex	569. 00	3.0 0	99.48%
7	Clasificador	569. 00	3.0 0	99.48%
8	Elevador 11	570. 00	2.0 0	99.65%
1	Tolva de selector	283.	3.0	98.95%

9		00	0	
0	2	568.	4.0	
		00	0	99.30%
		Elevador 12		
1	2	569.	3.0	
		00	0	99.48%
		Tolva de envase		
<b>PROMEDIO</b>				<b>99.09%</b>

### Interpretación

En promedio, la planta alcanzó una disponibilidad del 99.09%. Esto indica que, en promedio, las máquinas estuvieron operativas y disponibles para la producción cerca del 99.09% del tiempo total teóricamente disponible. Máquinas como Elevador 2, Elevador 3 y Elevador 11 destacaron con disponibilidades superiores al 99.6%, lo cual refleja una combinación eficaz de tiempos prolongados entre fallas y tiempos cortos de reparación.

### Costo de Mantenimiento Preventivo

Tabla 24: Costo de Mantenimiento Preventivo

<b>MARZO</b>	
<b>Puesto</b>	<b>Salario</b>
Jefe de Mantenimiento	4000
Asistente de Mantenimiento 1	2240
Asistente de Mantenimiento 2	2240
<b>Total</b>	<b>8480</b>

El costo del personal de mantenimiento durante el mes de marzo, calculando a los 2 asistentes S/80 diarios asistiendo 28 días, más el jefe de mantenimiento S/4000 fue un total de S/ 8480.

**Comparación de resultados**

*Tabla 25: Análisis comparativo*

Quina	Máximas Antes (Total 2024)	Fallas	TR	TR	TP	TP	TO	TO	TTR	M TTR	M TBF	M onf.	C onf.	C isp.	D isp.	
		Actuales (Total 2024)	Antes (Total)	Actuales (Total)	Antes (Total)	Actuales (Total)	Actuales (Total)	Antes	Actuales	Antes	Actuales	Antes	Actuales	Antes	Actuales	
Pre limpia	3	1	2	4	5	5	5	5	7	4	1	5	9	9	9	9
Elevador 2	2	1	2	2	5	5	5	5	1	2	2	5	9	9	9	9
Segunda pre limpia	4	3	2	9	5	5	5	5	5	3	1	1	9	9	9	9
Elevador 3	4	1	1	2	5	5	5	5	4	2	1	5	9	9	9	9

Des cascarador a	4	2 1	2	3 72	5 72	5 51	5 69	5 .25	5 .5	1 37.75	1 84.5	2 6.33%	9 9.48%	9 6.33%	9 9.48%	9
Mes a paddy	5	1 0	2	4 72	5 72	5 52	5 68	5 4	5 4	4 10.4	1 68	5 6.50%	9 9.30%	9 6.50%	9 9.30%	9
Elev ador 7	3	1 5.6	1	8 72	5 72	5 56.4	5 64	5 .2	5 8	8 85.7	1 64	5 7.27%	9 8.60%	9 7.27%	9 8.60%	9
Cali brador	4	3 .2	9	6 72	5 72	5 62.8	5 66	5 .3	5 2	2 40.7	1 88.67	1 8.39%	9 8.95%	9 8.39%	9 8.95%	9
Elev ador 8	2	1 5	2	5 72	5 72	5 47	5 66	5 2.5	5 1	6 73.5	2 66	5 5.63%	9 8.95%	9 5.63%	9 8.95%	9
Puli dora 1	4	1 1.2	2	3 72	5 72	5 50.8	5 69	5 .3	5 3	3 37.7	1 69	5 6.29%	9 9.48%	9 6.29%	9 9.48%	9
Puli dora 2	3	1 0	2	3 72	5 72	5 52	5 69	5 .7	6 3	3 84	1 69	5 6.50%	9 9.48%	9 6.50%	9 9.48%	9
Elev ador 9	4	1 0	2	5 72	5 72	5 52	5 67	5 5	5 5	5 38	1 67	5 6.50%	9 9.13%	9 6.50%	9 9.13%	9
Puli	4	1	2	1	5	5	5	5	6	1	1	5	9	9	9	9

dora 3			6	3	72	72	46	59	.5	3	36.5	59	5.45%	7.73%	5.45%	7.73%
Puli dora de agua	3	2	2	1	5	5	5	5	8	8	1	2	9	9	9	9
		4	6	72	72	48	56				82.67	78	5.80%	7.20%	5.80%	7.20%
Elev ador 10	3	1	2	1	5	5	5	5	6	4	1	5	9	9	9	9
		0	2	72	72	52	68	.77			84	68	6.50%	9.30%	6.50%	9.30%
Mes a rotex	3	1	1	9	5	5	5	5	4	3	1	5	9	9	9	9
		3		72	72	59	69	.3			86.33	69	7.73%	9.48%	7.73%	9.48%
Cla sificador	2	1	2	3	5	5	5	5	1	3	2	5	9	9	9	9
		2		72	72	50	69	1			75	69	6.15%	9.48%	6.15%	9.48%
Elev ador 11	5	1	2	2	5	5	5	5	5	2	1	5	9	9	9	9
		9		72	72	43	70	.8			88.6	70	4.93%	9.65%	4.93%	9.65%
Tolv a de selector	2	2	1	6	5	5	5	5	8	3	2	2	9	9	9	9
		7		72	72	55	66	.5			77.5	83	7.03%	8.95%	7.03%	8.95%
Elev ador 12	3	1	2	4	5	5	5	5	6	4	1	5	9	9	9	9
		0		72	72	52	68	.7			84	68	6.50%	9.30%	6.50%	9.30%
Tolv	3	1	2	3	5	5	5	5	8	3	1	5	9	9	9	9

a	de			4		72	72	48	69			82.67	69	5.80%	9.48%	5.80%	9.48%
envase																	

## Interpretación

En comparación con el período anterior, se observa una mejora notable en la disponibilidad de las máquinas durante el año actual. La mayoría de las máquinas mostraron aumentos significativos en su disponibilidad, por ejemplo, la Pre Limpia pasó de una disponibilidad del 96.15% a un 99.30%, y el Elevador 2 mejoró de un 96.33% a un 99.65%. Estos incrementos en la disponibilidad son resultado directo de reducciones en el tiempo medio para reparaciones (MTTR) y en el tiempo medio entre fallas (MTBF), indicando una mayor eficiencia operativa y una menor frecuencia de fallas durante el período evaluado.

Comparación entre la disponibilidad actual de las máquinas y la disponibilidad proyectada

Disponibilidad anterior: 96.41%

Disponibilidad Actual: 99.09%%

El incremento porcentual del indicador de disponibilidad sería: Incremento porcentual  
 $= (99,09 - 96,41) / 97.42 = 2,78\%$

### **Análisis beneficio – Costo**

Para el análisis del beneficio costo se determinaron los costos que se generaron durante los meses de enero a febrero del 2024 como son los costos de materiales y herramientas, y mano de obra, costos se generaron por las frecuentes fallas de máquinas ocasionando que el personal este reparando más tiempo de lo previsto lo cual genero más gastos.

Costos generados por fallas de maquinas

Tabla 26: Costo por Fallas de máquinas

<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>DE</b>
<b>FALLAS</b>		
Mano de Obra		6600
Costo de Materiales		1545
<b>Total</b>		<b>8145</b>

El costo total mensual asciende a 8145 soles. La presente investigación pretende minimizar estos costos en al menos un 50 % con lo que el costo considerado como beneficio para la investigación seria de 4072,5 soles, con lo cual estimaría nuestro beneficio costo de las mejoras. En cuanto al costo que se estima para la implementación de las mejoras tenemos.

Tabla 27: Total de costos

Detalle	Mon to Soles	Perso nal	Costo mensual
Costo de Implementación	600	-	600
Contrato jefe de Mantenimiento	200	1	2000
	0		PEN
<b>Total</b>			<b>2600</b>
			PEN

**Cálculo del beneficio costo:**

$$B/C = S/4072,5 / S/2600 = 1.60$$

Con lo que se estaría concluyendo que la propuesta es viable económicamente

generando un beneficio de 0.60 soles por cada sol invertido en las propuestas de mejora.

## **IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **Discusión**

En un estudio de Fernández & Heredia [20] se identificó que la baja disponibilidad de máquinas y equipos en una empresa se debe a la mala gestión interna, la falta de repuestos a tiempo y la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo. En una empresa molinera de arroz, se registraron 70 fallas en 12,012 horas de producción programada, con un tiempo de reparación de 431 horas y una disponibilidad promedio del 96.41%.

En un estudio de Urquiza [21] se demostró que la implementación del PMP mejoró la disponibilidad de 16 máquinas críticas en Cynara Perú S.A.C., incrementando del 92.52% al 98.58%. Comparativamente, en una molinera de arroz, la disponibilidad promedio de las máquinas aumentó del 96.41% al 99.09%, con mejoras notables en máquinas como la pre limpia y el elevador 2, que ahora operan con disponibilidades del 99.30% y 99.65% respectivamente.

En el ámbito local la empresa AgroPucalá S.A.A [3] ,el cálculo del indicador beneficio-costos durante el primer mes resulta ser menor a 1, lo cual indica una proyección negativa. Sin embargo, esta situación cambia al evaluar la propuesta al final del primer trimestre, donde el indicador alcanza un valor de 1.18. Esto significa que por cada S/. 1.00 invertido, la empresa ganará S/. 0.18. En comparación al molino donde se realizó la investigación el costo mensual total es de 10,700 soles, buscando reducir estos costos en al menos un 50%, lo que implicaría un costo reducido a 5,700 soles, considerado como el beneficio de la investigación. Para implementar las mejoras, se ha calculado un costo específico, y se concluye que la propuesta es económicamente viable, generando un beneficio de S/. 0.30 por cada sol invertido en las mejoras.

## **Conclusiones.**

Con base en el análisis exhaustivo de la disponibilidad de las máquinas de una empresa molinera de arroz, en el período analizado, las máquinas tuvieron un tiempo total programado para producir de 572 horas cada una, sumando un total combinado de 12,012 horas. Se registraron 70 fallas y un tiempo total de reparación acumulado de 431 horas en donde las maquinas trabajaron un total de 11,581 hora manteniendo una disponibilidad promedio del 96.41%.

El desarrollo del plan de gestión de mantenimiento preventivo ha sido fundamental para estandarizar prácticas y procedimientos que garanticen la confiabilidad y disponibilidad óptima de las máquinas de la empresa. Este plan no solo ha facilitado la programación efectiva de mantenimientos preventivos y correctivos, sino que también ha fortalecido la capacidad del equipo técnico para responder de manera proactiva a los desafíos emergentes. Implementar este plan de manera continua asegurará que las operaciones de pilado se ejecuten de manera eficiente y sin interrupciones significativas.

Los cálculos detallados muestran un incremento promedio significativo en la disponibilidad de las máquinas de una empresa molinera de arroz. Este aumento se ha traducido en mejoras sustanciales en la eficiencia operativa, destacándose máquinas como la pre limpia y elevador 2 que ahora operan con disponibilidades del 99.30% y 99.65% respectivamente y a nivel general la disponibilidad promedio aumentó del 96.41% al 99.09%, lo que representa un incremento porcentual de 2.78%.

Se determinó que los costos generados por fallas de máquinas ascendieron a 10,700 soles mensuales. La investigación proyecta minimizar estos costos en al menos un 50%, con un ahorro estimado de 5,700 soles. El análisis beneficio/costo resultó en un valor de 1.30, indicando que, por cada sol invertido en las mejoras propuestas, se genera un beneficio de 0.30 soles.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1] [ J. A. Calderón Osorio, "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA, Colombia , 2018 .
- 2] [ J. C. MEJÍA ROBLES , DISEÑAR UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ÀREA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA, GUAYAQUIL, 2018.
- 3] [ M. A. Callirgos Gonzales, SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DEL ÀREA DE ELABORACIÓN DE LA EMPRESA AGROPUCALÁ S.A.A, Pimentel – Perú, 2021.
- 4] [ K. Delgado Castro, PROPUESTA DE UN PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO PARA MEJORAR LA GESTIÓN EMPRESARIAL DE LA MOLINERA ADEMMY SAC CHICLAYO 2019, 2021, Pimentel – Perú.
- 5] [ K. A. GUEVARA MONDRAGON, PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA CONFIABILIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA GEMAR GROUP E. I. R. L. PARA DISMINUIR SUS UTILIDADES NO PERCIBIDAS, Chiclayo, 2020.
- 6] [ D. A. R. A. E. J. R. G. Melissa Puentes Elorza, «Universidad ECCI,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1286/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 03 10 2023].
- 7] [ K. O. R. G. Z. N. Shimokhin AV, «SCOPUS,» 20 10 2021 . [En línea]. Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85140304109&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=f42b027293887ee0f4b222b61a1eb165&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28preventive+maintenance+of+industrial+machinery>

- %29&sl=67&sessionSearchId=f42b027293887ee. [Último acceso: 03 10 2023].
- [ A. N. B. A. & S. M. Qarahasanlou, «SCOPUS,» SCOPUS, 2023. [En línea].
- 8] Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85163352466&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=f42b027293887ee0f4b222b61a1eb165&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28preventive+maintenance+of+industrial+machinery%29&sl=67&sessionSearchId=f42b027293887ee>. [Último acceso: 03 10 2023].
- [ R. W. Espinoza Ollero, «Repositorio USS,» 2021. [En línea]. Available:
- 9] <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/10299>. [Último acceso: 17 11 2023].
- [ O. E. Rentería Morales, «Repositorio USS,» 2020. [En línea]. Available:
- 10] <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7637>. [Último acceso: 17 11 2023].
- [ C. J. Monsalve Ramos, «Repositorio USAT,» 2020. [En línea]. Available:
- 11] <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3512>. [Último acceso: 03 10 2023].
- [ C. J. & V. B. K. M. Pineda Pizarro, «Repositorio USS,» 2020. [En línea].
- 12] Available: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4466>. [Último acceso: 17 11 2023].
- [ L. J. ZAMORA BURGA, «Repositorio UCV,» 2018. [En línea]. Available:
- 13] [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26649/Zamora\\_BLJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26649/Zamora_BLJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 11 10 2023].
- [ F. C. L. FERNANDO, «UCV,» 2018. [En línea]. Available: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24472/Felix\\_CLF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24472/Felix_CLF.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- 14] [Último acceso: 11 10 2023].
- [ AENOR, Gestion de mantenimiento, 2011.

- 15] [ C. Botero, «Sistema de Bibliotecas,» [En línea]. Available:  
16] <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/1550>. [Último acceso: 8 11 2023].  
[ sdindustrial, «sdindustrial,» [En línea]. Available:  
17] <https://sdindustrial.com.mx/blog/plan-de-mantenimiento/>. [Último acceso: 17 11  
2023].  
[ E. Guerra López y A. Montes de Oca Risco, «scielo.org.com,» Junio 2019.  
18] [En línea]. Available: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-36302019000100014](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-36302019000100014). [Último acceso: 15 07 2024].  
[ «Scielo,» 23 Mayo 2022. [En línea]. Available:  
19] [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-63882022000200189#B26](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-63882022000200189#B26). [Último acceso: 22 Noviembre 2023].  
[ C. Morales Sandoval , «Dialnet,» Octubre 2014. [En línea]. Available:  
20] <file:///C:/Users/Favio%20Ruiz%20Marcelo/Downloads/Dialnet-LaMedicionDeLaProductividadDelValorAgregado-4808514.pdf>. [Último acceso: 22 Octubre 2023].

## VI. ANEXOS

### ANEXO 1: HOJA DE OBSERVACIÓN

	<b>FECHA</b>		
	<b>DIRIGIDO A</b>		
	<b>PROYECTO</b>	“Gestión de mantenimiento para aumentar la productividad en el área de pilado de la empresa Cereales S.R.L, Lambayeque 2023”	
<b>HOJA DE OBSERVACIÓN</b>			
<b>ÁREA OBSERVADA:</b>			
<b>RESPONSABLE:</b>			
<b>REALIZADO POR:</b>			
N°	PREGUNTA	ALTERNATIVA	
		SI	NO
1	Los ambientes poseen orden y limpieza.		
2	La distribución de planta es adecuada.		
3	Se cumplen las órdenes de producción.		
4	Se cuenta con letreros de identificación del área de trabajo		
5	El área de trabajo cuenta con correcta iluminación.		
6	Posee un control adecuado de mermas.		
7	Cuentan con la correcta		