

“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU  
INFLUENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LOS  
EQUIPOS PARA LA EXTRACCIÓN DE  
MINERALES EN LA EMPRESA WIÑAYQ S.R.L.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autores:**

Carlos Alfonso Ramos Salazar

Jackeline Margarita Villanueva Pachamango

**Asesor:**

Mg. Ing. Roberto Antonio Encarnación Sotelo

<https://orcid.org/0000-0003-2462-9607>

Cajamarca - Perú

2024

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Nestor Miguel Geldres Rosales
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	<b>Katherine Del Pilar Arana Arana</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	<b>Roberto Antonio Encarnacion Sotelo</b>
	Nombre y Apellidos

# INFORME DE SIMILITUD



## 13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidos las fuentes supuestas, para ca...

### Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas
- N.º de coincidencias excluidas

### Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 5% 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 coincidencias que permitan distinguir de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarla. Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades de la vida sin perder nunca la fe ni desfallecer en el intento.

A mi familia, en especial a mis queridos padres Leoncio y Violeta a mis hermanos por su apoyo, consejos, comprensión, amor incondicional y apoyarme en los momentos difíciles, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mi carácter, mi empeño y el coraje de conseguir mis objetivos.

**Carlos Ramos.**

A mi mamá e hijo, por su apoyo incondicional, por la persistencia en todos estos años de estudio, por enseñarme e inculcarme ese sabio don de la responsabilidad, porque me enseñaron que la más hermosa de las victorias, es la que nos cuesta esfuerzo y nos agota hasta el cansancio y sobre todo por creer en mis metas.

**Jackeline Villanueva.**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi guía y sostén en la realización de mis proyectos y metas, así como por ser quien me da la sabiduría, la capacidad para poder culminar la carrera y darme la salud para lograr mis objetivos.

A mis padres, quienes son los responsables de formar en mí la persona que soy en la actualidad, le debo mucho de mi éxito, ya que me educaron con excelentes valores. A mis hermanos por confiar en mí en cada peldaño a alcanzar, brindarme su apoyo y motivarme a través de sus sinceros deseos de mi crecimiento personal.

A mis maestros por brindarme los conocimientos y ayudarme a avanzar en mi formación académica, quienes marcaron cada etapa de nuestro camino universitario. Gracias a mi asesor de tesis, Roberto Antonio Encarnación Sotelo, quien nos brindó su apoyo y contribuyó con sus instrucciones y sabios consejos para la elaboración de dicha tesis.

**Carlos Ramos**

En primer lugar, agradecer a Dios por darme salud, brindarme la oportunidad de seguir superándome y lograr mis metas trazadas en mi vida profesional, luego, agradecer a mi hijo, madre y hermanos, que siempre me motivaron para seguir alcanzando mis objetivos propuestos.

**Jackeline Villanueva**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

JURADO EVALUADOR .....	ii
INFORME DE SIMILITUD .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN.....	ix
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	33
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	39
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	69
REFERENCIAS .....	77
ANEXOS.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	36
Tabla 2	Matriz de operacionalización de variables.....	38
Tabla 3	Impacto económico de las causas raíces priorizadas.....	42
Tabla 4	Listas de herramientas de mejora e indicadores .....	44
Tabla 5	Determinación de ingresos y egresos del plan de mantenimiento propuesto .....	61
Tabla 6	Inversión estimada para la implementación del plan de mantenimiento.....	63
Tabla 7	Principales indicadores del análisis económico del plan de mantenimiento.....	64
Tabla 8	Descripción de planteamiento de prueba de hipótesis general .....	66
Tabla 9	Prueba de normalidad Shapiro-Wilk – Costos mensuales de mantenimiento.....	66
Tabla 10	Prueba t Student para hipótesis general.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Ishikawa de la problemática .....	40
Figura 2 Análisis de Pareto para la priorización de causas raíces .....	41
Figura 3 Procedimiento del Plan de mantenimiento preventivo.....	45
Figura 4 Diagrama de Gantt del plan de mantenimiento propuesto .....	48
Figura 5 Procedimiento de implementación de AMEF .....	49
Figura 6 Proyección del Tiempo medio entre fallas (MTBF) (horas).....	51
Figura 7 Procedimiento de implementación de Gestión de Repuestos .....	53
Figura 8 Proyección de la Tasa de reemplazo de componentes .....	54
Figura 9 Procedimiento de implementación del Mantenimiento Autónomo .....	56
Figura 10 Proyección del tiempo medio de reparación (MTTR) .....	57
Figura 11 Procedimiento de implementación de Estandarización de procesos.....	59
Figura 12 Proyección de la eficacia del mantenimiento.....	60

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de un Plan de Mantenimiento Preventivo sobre la disponibilidad de los equipos para la extracción de minerales en la empresa Wiñayq S.R.L. La metodología empleada incluyó un diagnóstico inicial utilizando el Diagrama de Ishikawa y el Análisis de Pareto para identificar y priorizar las causas raíces. Se diseñó un plan de Mantenimiento Preventivo basado en la estandarización de procesos, el análisis AMEF, la Gestión de Repuestos y el Mantenimiento Autónomo. Además, se realizó una evaluación económica del plan utilizando indicadores financieros clave como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Los principales resultados encontrados mostraron una reducción significativa del Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de 3.46 a 1.73 horas y un aumento del Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) de 52 a 78 horas. La evaluación económica del plan indicó su alta rentabilidad con un VAN de S/. 228,810.38 y una TIR del 27.43%. se concluye que mediante la implementación del Plan del Mantenimiento Preventivo mejoró significativamente la disponibilidad de los equipos y demostró ser económicamente viable, subrayando la importancia de una gestión de mantenimiento integral y preventiva.

**Palabras claves:** Mantenimiento Preventivo, Disponibilidad de equipos, AMEF, Evaluación Económica.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

Los planes de mantenimiento preventivo de acuerdo con Correa (2021) son cruciales para el funcionamiento eficiente y eficaz de las operaciones industriales y empresariales, ya que desempeñan un papel vital en asegurar la máxima disponibilidad de maquinaria y equipos. Al adoptar un enfoque proactivo hacia el mantenimiento, las empresas pueden identificar y solucionar pequeños problemas antes de que se conviertan en fallos mayores, lo que reduce significativamente el tiempo de inactividad no planificado y mantiene las líneas de producción en movimiento sin interrupciones. Según Hernández et al. (2020) esta mejora continua en la disponibilidad de las máquinas no solo optimiza la producción, sino que también aumenta la eficiencia operativa, reduciendo los costos asociados con reparaciones de emergencia, tiempos de parada y pérdida de producción. Los efectos positivos buscados con la implementación de planes de mantenimiento preventivo incluyen la prolongación de la vida útil de los equipos, la reducción de los costos operativos totales y el incremento de la seguridad laboral. Además, estas prácticas sustentan la confiabilidad y la calidad del producto, fortaleciendo así la reputación de la empresa y la satisfacción del cliente (Flores y Dumont, 2021).

En el contexto de las empresas medianas en Perú, según Sanabria et al. (2020) sostienen que los sistemas de mantenimiento enfrentan desafíos particulares que afectan directamente la disponibilidad de las máquinas y, por ende, la capacidad de producción. Muchas de estas empresas aún se apoyan en enfoques de mantenimiento reactivos, es decir, actúan principalmente en respuesta a fallos ya ocurridos en lugar de prevenirlos. Esta situación se debe, en parte, a limitaciones de recursos, falta de personal cualificado o desconocimiento de las tecnologías y prácticas de mantenimiento avanzadas. Además, la falta de inversión en sistemas de gestión de mantenimiento adecuados puede llevar a una

mala planificación y programación de las actividades de mantenimiento, lo que resulta en un uso ineficiente de los recursos y aumenta la probabilidad de fallos inesperados. Estos problemas no solo disminuyen la productividad y aumentan los costos operativos, sino que también pueden afectar la calidad de los productos finales, poniendo en riesgo la reputación de la empresa y su relación con los clientes (Chávez y Espinoza, 2018).

Hoy en día, a nivel internacional, la maquinaria de movimiento de tierras suele averiarse por la falta de planes de mantenimiento y el trabajo riguroso que muchas empresas han optado por desarrollar sus sistemas de mantenimiento (Julca y Sáenz, 2020). Debido a este problema, algunas empresas han desarrollado un mantenimiento preventivo centrado en maximizar la disponibilidad del equipo medida por las métricas MTTR y MTBF aplicadas al equipo (Ribeiro, 2016, pp. 15-34).

A nivel nacional, diversas empresas estatales han aplicado mantenimiento preventivo en el campo del mantenimiento para mejorar la disponibilidad del servicio, alcanzando el 66%. Sin embargo, luego de implementar el mantenimiento preventivo, lograron aumentar su tiempo de actividad al 87% (Estrada, 2017, p. 86), es importante introducirlo en el proceso de ingeniería civil y asegurar la disponibilidad de los equipos que utiliza y el mantenimiento de los nuevos equipos para asegurar su tiempo de actividad y aumentar la producción (Pacheco, 2010, p. 63).

También en la coyuntura local es claro que se necesita algo más para satisfacer las necesidades del cliente, y aquí la gerencia de mantenimiento está preocupada porque las empresas se enfrentarán a nuevas reglas de competencia con un número cada vez mayor de consumidores, será muy importante como mercado competitivo, arma estratégica que debe desarrollarse para quienes tienen mayores exigencias sobre los servicios prestados y el cumplimiento de dichos servicios (Vidal y Espejo, 2020). Las empresas buscan constantemente formas de mejorar la eficiencia de los procesos. Esta búsqueda de la

perfección nace de la necesidad de lograr una ventaja competitiva que coloque a la empresa en una posición ventajosa frente a sus competidores (Salas, 2019). Por ello, debemos centrarnos en la prevención y no descuidar la corrección. Básicamente, desde un punto de vista preventivo, el mantenimiento de toda la producción reduce el número de operaciones de mantenimiento. Los errores son inaceptables y deben corregirse antes de que sucedan (Orrillo, 2019).

La empresa encuestada tenía constantes problemas con la eficiencia de los equipos de línea amarilla en el área de mantenimiento. El análisis de estos problemas reveló que el desgaste de los componentes era constante, lo que resultaba en pérdida o variación en el tiempo y los costos de reparación, y que esta mejora a través del mantenimiento preventivo debería analizarse. Sin embargo, esta mejora no ha sido evaluada para entender su impacto. Por lo tanto, es importante contar con una herramienta de gestión de procesos que utilice medidas operativas para analizar la mejora.

### **Antecedentes**

En un contexto internacional, se consideró un estudio de Bonzi (2018), que identificó 13 desafíos operativos y brindó 15 recomendaciones de mejora. Además, se levantaron cuatro requerimientos en el área regulatoria y cinco en el área operativa. Entre las propuestas evaluadas figuraba la posibilidad de instalar un sistema de visión integrado con mantenimiento preventivo y un sistema de monitorización en tiempo real para la detección temprana de la caída de elementos de desgaste en el balde.

Asimismo, Bahamóndez (2019) afirma que las piezas que no cumplen con su vida útil esperada son los motores de tracción en equipos de transporte y los cables y cangilones en equipos de carga. Este plan de acción se enfoca en mejorar la implementación de buenas prácticas de mantenimiento preventivo y tiene el potencial de reducir la cantidad de accidentes industriales mensuales causados por camiones en un 52% y 20% respectivamente.

Finalmente, López (2018) toma el pilar del mantenimiento preventivo y lo fundamenta al incluir servicios de mantenimiento preventivo, impulsando los primeros pasos hacia un posicionamiento estratégico de 'integración total'. En comparación con los últimos cuatro meses de 2013, la prueba de concepto de 2014 vio un aumento promedio en el tiempo de actividad de los dispositivos estudiados de casi un 5 %. Estas son las horas de producción y las horas de servicio.

Para el contexto nacional, se consideró el estudio de Corrales (2018), se identificaron componentes o sistemas clave y se tomaron medidas para reducir la rotación de equipos y el tiempo de inactividad. El resultado fue un aumento del 8,39% en la disponibilidad y una reducción de las acciones preventivas y correctivas. El costo de mantenimiento es de \$131,395.00.

Chau (2018) señala que las soluciones que aprovechan el software de sistema integrado se centran en mejorar la gestión de activos fijos, mantenimiento, almacenamiento, adquisiciones, finanzas, contabilidad y operaciones para implementar las mejores prácticas en los procesos de software. Concluyo que existe una necesidad.

Guevara y Tapia (2019) identificaron las causas de la falla del equipo y el tiempo de inactividad no planificado. Evalué la disponibilidad y el rendimiento de los equipos y elaboré un plan estratégico general de mantenimiento. Se introdujo el mantenimiento preventivo y uno de los hallazgos clave es que la disponibilidad de equipo pesado en Ángeles fluctúa entre 97:08 y 9:96, lo cual es un factor clave en la toma de decisiones entre los talleres mecánicos, la logística y la gerencia. la claridad está surgiendo entre los campos.

Para el contexto local, un estudio de Chávez y Espinoza (2018) introdujo el mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos en la planta de alimentos de la empresa minera La Zanja S.R.L., y sacó conclusiones de los resultados de 2018. Este indicador muestra que la iniciación y ejecución de proyectos aumenta la

rentabilidad, reduce los costos de mantenimiento de equipos y aumenta la productividad a través de una mayor disponibilidad.

Martínez (2017) concluyó que la empresa carecía de un sistema integral de mantenimiento. Se proporcionan herramientas especiales para este propósito: Reorganización del organigrama para definir actividades. Lista de verificación para la recopilación de datos. Mantenga registros de historial para realizar un seguimiento de las máquinas y los usuarios que interactuaron con ellas. Creemos que una vez que estas herramientas estén en su lugar, la integración de la gestión del suministro entrante/reservado y la gestión del mantenimiento (preventivo, correctivo, predictivo) nos permitirá integrar y trabajar con la gestión del mantenimiento a través del mantenimiento preventivo.

Como justificación de las variables independientes, se establece el mantenimiento preventivo como método de mejora para asegurar la disponibilidad y confiabilidad predecible de las operaciones, equipos y sistemas a través de los conceptos de prevención, cero defectos, cero accidentes y participación (Brand, 2014). Asimismo, Martínez (2017) añade que el mantenimiento preventivo se basa en seis pilares: mejora dirigida, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, seguridad y medio ambiente. Además, Pérez (2014) explica que este tipo de mantenimiento lo realizan todos los empleados y en todos los niveles a través de actividades grupales.

Mantenimiento planificado para mantener equipos y procesos en óptimas condiciones. Es un conjunto sistemático y estructurado de actividades para crear y mejorar continuamente los procesos. La idea detrás del mantenimiento planificado es que el operador diagnostique el defecto y lo marque dentro de la máquina con una etiqueta específica de forma, número y color para que cuando el mecánico venga a reparar la máquina, se identifique el defecto. Siga derecho. Los sistemas de corrección mediante formas, colores y

números son muy efectivos ya que facilitan a los mecánicos y operadores la búsqueda y visualización de errores (Corrales, 2018).

Como justificación de las variables dependientes, encontramos que la disponibilidad depende de la confiabilidad y la capacidad de mantenimiento, es decir, con qué frecuencia falla el dispositivo y cuánto tiempo tarda el dispositivo en volver a las condiciones normales de funcionamiento. (Flores, 2022). También podemos decir que “La disponibilidad es la capacidad que tiene un equipo de realizar adecuadamente las funciones requeridas en un momento determinado o durante un período de tiempo determinado” (Chunga, Hidalgo, Pacherez, 2020). Según Ramos (2018), la disponibilidad es un indicador clave del mantenimiento ya que limita la capacidad de producción. H. Se define como la probabilidad de que una máquina funcione durante un período de tiempo determinado.

Este estudio se justifica por el hecho de que todas las empresas se esfuerzan por mejorar la productividad. La disponibilidad es uno de los factores más importantes para las empresas que poseen equipos y maquinaria. Pero a veces simplemente no recibe la debida atención, para que las empresas aumenten la disponibilidad de sus líneas, deben utilizar herramientas que lo permitan.

Las empresas que buscan mejorar sus procesos analizan cada vez más las propuestas de mantenimiento existentes. Una de esas empresas es WIÑAYQ S.R.L., que se enfoca en la prevención sin dejar de lado la corrección. Esencialmente, la propuesta del Mantenimiento Preventivo, tiene la capacidad de reducir el tiempo de inactividad a través de la prevención. Los errores son inaceptables y deben corregirse antes de que sucedan. Una empresa llamada WIÑAYQ S.R.L. Sin embargo, no se debe asumir que todas las instalaciones son igualmente importantes. Dados los recursos limitados de una empresa, estos deben administrarse mejor y distribuirse de manera óptima a favor de entidades activas más representativas. A través del Mantenimiento Preventivo, WIÑAYQ S.R.L. brinda la oportunidad de aumentar la

disponibilidad de los equipos Yellowline, utilizados para realizar obras de construcción, permitiendo a la empresa, entregar los movimientos de tierra en los plazos establecidos.

El estudio demuestra que bajo un enfoque Preventivo puede mejorar la productividad, eliminando actividades las actividades que no agregan valor. Mientras ayuda a las empresas que luchan con la eficiencia de los equipos de línea amarilla (maquina pesada). Esta propuesta es económicamente viable, aumentando la disponibilidad de equipos.

### **Marco teórico**

El presente estudio se fundamenta en un análisis exhaustivo de las variables clave que influyen en la eficiencia operativa de los equipos industriales. A través de la revisión de conceptos y teorías relevantes, se busca proporcionar una comprensión profunda de las dinámicas que afectan el mantenimiento preventivo. A continuación, se presenta el marco teórico que sustenta esta investigación.

### **Mantenimiento**

El mantenimiento es una función esencial en cualquier organización, cuyo propósito es garantizar que los equipos y sistemas operen en condiciones óptimas, minimizando las interrupciones no planificadas y extendiendo la vida útil de los activos. Este concepto se ha ampliado en los últimos años para incluir no solo la reparación de fallos, sino también la prevención y mejora continua, adaptándose a las exigencias de un entorno industrial cada vez más competitivo (González & Pérez, 2019).

En cuanto a su alcance, el mantenimiento abarca una serie de actividades que van desde la inspección y diagnóstico, hasta la reparación y sustitución de componentes críticos. Estas acciones son fundamentales para asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, aspectos vitales para la continuidad de las operaciones y la productividad

empresarial (Martínez & Rodríguez, 2020). El mantenimiento, por tanto, no solo se limita a intervenciones correctivas, sino que también incluye estrategias preventivas y predictivas que buscan optimizar el rendimiento de los activos.

### **Tipos de Mantenimiento**

Existen varios tipos de mantenimiento que juegan un papel crucial en la gestión eficiente de los equipos y sistemas industriales. Uno de los más comunes es el mantenimiento correctivo, que se lleva a cabo tras la ocurrencia de un fallo. Este tipo de mantenimiento se enfoca en reparar el daño o sustituir las partes defectuosas del equipo una vez que se ha identificado una avería. Aunque es una estrategia reactiva, el mantenimiento correctivo es necesario cuando los fallos ocurren inesperadamente y deben ser atendidos de inmediato para restaurar la operatividad del sistema (López & Sánchez, 2021). Sin embargo, la dependencia exclusiva de este enfoque puede resultar costosa y generar tiempos prolongados de inactividad.

Por otro lado, el Mantenimiento Preventivo se realiza de manera planificada con el objetivo de evitar fallos antes de que ocurran. Este tipo de mantenimiento implica una programación periódica de actividades, como inspecciones, ajustes, reemplazo de piezas desgastadas y tareas de limpieza, con el fin de mantener los equipos en condiciones óptimas de funcionamiento. Al anticiparse a los posibles problemas, el mantenimiento preventivo ayuda a minimizar los tiempos de inactividad no planificados y a prolongar la vida útil de los activos, lo que lo convierte en una estrategia clave para la continuidad operativa de la empresa (García & Pérez, 2020).

En tercer lugar, el Mantenimiento Predictivo se basa en la monitorización continua de los equipos mediante el uso de sensores y tecnologías avanzadas, como el análisis de vibraciones o la termografía infrarroja. Esta estrategia permite identificar las condiciones de funcionamiento que podrían derivar en fallos, lo que da a las organizaciones la capacidad de

actuar antes de que se presenten problemas críticos. El mantenimiento predictivo ofrece una ventaja significativa, ya que reduce las intervenciones innecesarias y optimiza el uso de los recursos, evitando tanto los fallos imprevistos como las paradas excesivas para revisiones rutinarias (Martínez & Gómez, 2021).

Finalmente, también se puede considerar el Mantenimiento Proactivo, que va más allá del mantenimiento preventivo y predictivo, ya que su enfoque está en identificar y eliminar las causas fundamentales de los problemas recurrentes antes de que causen daños significativos. El Mantenimiento Proactivo busca mejoras constantes en los procesos y equipos a través del análisis de fallos previos y la aplicación de soluciones innovadoras. Esta metodología reduce la posibilidad de futuros fallos y contribuye a una mayor eficiencia operativa, complementando a las otras formas de mantenimiento dentro de una estrategia integral de gestión de activos (Rodríguez & Torres, 2022).

### **Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo se define como un conjunto de actividades planificadas y programadas con el objetivo de mantener los equipos en condiciones operativas óptimas, evitando así fallos imprevistos. Esta estrategia se enfoca en la realización periódica de inspecciones, ajustes, y sustituciones de componentes, antes de que ocurra un fallo crítico, garantizando así la continuidad de las operaciones (Ramírez & Torres, 2020).

### **Fundamentos del mantenimiento preventivo**

Los fundamentos del mantenimiento preventivo se basan en la premisa de que anticipar los fallos y realizar intervenciones programadas es más rentable que corregir problemas después de su aparición. Esta estrategia permite a las organizaciones evitar las costosas consecuencias de las fallas no planificadas, como la interrupción de la producción, el daño a los equipos y el uso ineficiente de los recursos. Estudios previos han demostrado

que el mantenimiento preventivo no solo reduce el tiempo de inactividad de los equipos, sino que también mejora la confiabilidad y prolonga la vida útil de los activos, lo que genera un ahorro significativo en costos operativos a largo plazo (Navarro & López, 2018).

Uno de los pilares del mantenimiento preventivo es la planificación estructurada de intervenciones periódicas. A través de la programación de inspecciones, ajustes y reemplazo de componentes en momentos específicos, las empresas pueden identificar y corregir problemas potenciales antes de que se conviertan en fallos graves. Esta planificación asegura que los equipos mantengan un rendimiento óptimo y evita los picos de mantenimiento reactivo que tienden a ser más costosos. La previsión y la constancia en la ejecución de estas actividades son esenciales para mantener la estabilidad operativa y minimizar el riesgo de fallos imprevistos (Martínez & Gutiérrez, 2020).

El mantenimiento preventivo también se fundamenta en la minimización del desgaste y deterioro de los equipos. Todos los sistemas, independientemente de su calidad, están sujetos a procesos de desgaste natural con el tiempo. El mantenimiento preventivo busca reducir el impacto de estos procesos mediante la aplicación de lubricantes, la limpieza regular de componentes críticos y el ajuste de piezas. Estas actividades ayudan a mantener los equipos en las mejores condiciones posibles, lo que no solo mejora su eficiencia operativa, sino que también aumenta su confiabilidad (Fernández & Ortega, 2021).

Otro fundamento clave es la gestión eficiente de los recursos, tanto materiales como humanos. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo permite un uso más racional y planificado de los repuestos y del personal de mantenimiento. En lugar de reaccionar ante fallos inesperados, que generalmente implican una demanda urgente de recursos, el mantenimiento preventivo facilita la previsión y la adquisición anticipada de piezas, así como la asignación adecuada de técnicos capacitados. Esto permite optimizar los

tiempos de intervención y reducir los costos asociados con la gestión de crisis y reparaciones de emergencia (Vargas & Jiménez, 2020).

Finalmente, el mantenimiento preventivo se basa en la mejora continua de los procesos. A medida que se lleva a cabo de manera regular, el análisis de los datos recogidos en cada intervención permite identificar patrones de desgaste y fallos recurrentes, lo que contribuye a una mejor toma de decisiones. Las organizaciones pueden ajustar sus planes de mantenimiento basándose en los hallazgos obtenidos, lo que les permite ser más proactivas en la prevención de fallos futuros. Este ciclo de retroalimentación continua fortalece la eficiencia operativa a largo plazo y consolida el mantenimiento preventivo como una estrategia clave para la sostenibilidad industrial (Rodríguez & Pérez, 2022).

### **Objetivos del mantenimiento preventivo**

Los objetivos del mantenimiento preventivo son fundamentales para garantizar la eficiencia y continuidad operativa de los equipos en cualquier organización. Uno de los principales objetivos es la maximización de la vida útil de los equipos, lo que se logra mediante intervenciones planificadas que evitan el desgaste prematuro y los fallos críticos. Al realizar inspecciones periódicas, ajustes y reemplazos de piezas antes de que ocurran fallos importantes, se alarga considerablemente la durabilidad de los activos. Esto no solo reduce la necesidad de reemplazar equipos con frecuencia, sino que también optimiza el retorno de la inversión realizada en los mismos (Pérez & González, 2020).

Otro objetivo clave del mantenimiento preventivo es la reducción de costos asociados a las reparaciones emergentes y el tiempo de inactividad no planificado. Las reparaciones imprevistas suelen ser más costosas debido a la urgencia de los repuestos y la necesidad de mano de obra especializada en un corto plazo. El mantenimiento preventivo permite programar las intervenciones en momentos estratégicos, evitando costosos tiempos de inactividad en la producción. De esta manera, las organizaciones pueden distribuir mejor sus

recursos financieros y operativos, reduciendo las contingencias económicas derivadas de averías inesperadas (López & Martínez, 2021).

La mejora de la seguridad en el lugar de trabajo también es un objetivo central del mantenimiento preventivo. Los equipos que se encuentran en mal estado o que presentan fallos inesperados pueden representar un riesgo significativo para los trabajadores. Un programa de mantenimiento preventivo bien estructurado permite identificar y corregir problemas de seguridad antes de que se conviertan en amenazas, lo que protege al personal y reduce la probabilidad de accidentes laborales. Además, contribuye al cumplimiento de normativas de seguridad industrial, lo que es esencial para cualquier organización moderna (Gutiérrez & Ramírez, 2022).

El Mantenimiento Preventivo también busca aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los activos. Los equipos que son mantenidos de forma regular tienden a presentar menos fallos y, cuando estos ocurren, son menos severos. Esto incrementa la confiabilidad del equipo, lo que a su vez mejora la disponibilidad operativa. Un aumento en la disponibilidad significa que los equipos están listos para ser utilizados cuando se necesitan, sin interrupciones imprevistas, lo cual es crucial para mantener una producción continua y evitar pérdidas operativas (Vargas & Sánchez, 2020).

Por último, un objetivo esencial es la optimización de los recursos organizacionales. Al implementar un mantenimiento preventivo, las empresas pueden gestionar de manera más eficiente tanto los repuestos como el personal técnico, ya que se anticipan las necesidades de mantenimiento. Esta planificación evita el exceso de inventario de repuestos innecesarios y la sobrecarga de trabajo del personal, lo que contribuye a un uso más racional de los recursos. En consecuencia, el mantenimiento preventivo no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también optimiza la estructura de costos de la organización (Fernández & Torres, 2021).

## **Técnicas del mantenimiento preventivo**

Las técnicas preventivas en mantenimiento se refieren a un conjunto de acciones diseñadas para prever y evitar la ocurrencia de fallos en los equipos y sistemas. Estas técnicas incluyen actividades programadas y sistemáticas que buscan detectar posibles problemas antes de que afecten la operatividad del equipo, garantizando así su funcionamiento continuo y eficiente (Paredes & Gómez, 2021).

Una de las principales técnicas preventivas es la inspección periódica, la cual consiste en la revisión regular de los equipos para identificar signos de desgaste, deterioro o mal funcionamiento. Esta práctica permite a las organizaciones anticipar fallos potenciales y realizar las correcciones necesarias de manera oportuna, evitando paradas inesperadas y costosas en la producción (Vargas & Sánchez, 2022).

Otra técnica esencial es la lubricación y limpieza, que implica el mantenimiento de las condiciones óptimas de operación de los equipos mediante la aplicación regular de lubricantes y la eliminación de contaminantes. Estas acciones no solo reducen el desgaste y prolongan la vida útil de los componentes, sino que también mejoran la eficiencia energética y el rendimiento general de los sistemas (Hernández & Ruiz, 2020).

## **Planificación del Mantenimiento**

La planificación del mantenimiento es un proceso estratégico que implica la determinación de las actividades de mantenimiento necesarias para garantizar la operación eficiente y continua de los equipos. Esta planificación abarca la identificación de los recursos, el establecimiento de prioridades y la definición de los objetivos a alcanzar, con el fin de minimizar el tiempo de inactividad y maximizar la productividad de los activos (López & Fernández, 2021).

La programación de tareas dentro del mantenimiento se refiere a la organización y asignación específica de las actividades de mantenimiento en un cronograma detallado. Este proceso asegura que las tareas se realicen en el momento adecuado, con los recursos disponibles, y de manera coordinada para evitar conflictos operacionales y optimizar el uso del tiempo y los recursos humanos (Martínez & Gutiérrez, 2022).

El calendario del mantenimiento es una herramienta clave que visualiza el cronograma de las actividades de mantenimiento a lo largo de un periodo específico. Este calendario permite a las organizaciones anticipar las necesidades de mantenimiento, programar las intervenciones de manera eficiente y garantizar que todas las tareas críticas se ejecuten sin retrasos, lo cual es esencial para mantener la continuidad operativa (Ramírez & Pérez, 2020).

### **Gestión de Repuestos**

La gestión de repuestos es un pilar fundamental en la eficiencia del mantenimiento industrial, ya que garantiza que las piezas necesarias para la reparación y el mantenimiento de los equipos estén disponibles en el momento preciso. Este proceso no solo asegura la continuidad de las operaciones, sino que también optimiza el uso de los recursos financieros y materiales de la empresa. La correcta gestión de repuestos permite planificar con antelación las necesidades de mantenimiento, evitando la acumulación innecesaria de inventarios o la falta crítica de componentes durante una avería imprevista (González & Martínez, 2021).

Un aspecto clave de la gestión de repuestos es la planificación y adquisición. Esto implica prever cuáles son los repuestos más críticos para los equipos y mantener un stock suficiente sin caer en excesos. La planificación eficiente se basa en el historial de uso de los equipos, en análisis de fallos recurrentes y en la frecuencia de intervenciones de mantenimiento. Este enfoque permite optimizar las compras de repuestos y negociar

condiciones más favorables con los proveedores, garantizando tanto la calidad como la disponibilidad de los componentes a tiempo (López & Ramírez, 2020).

El control de inventario es otro componente esencial en la gestión de repuestos. A través de un sistema de control eficiente, las organizaciones pueden monitorear la cantidad de repuestos en stock, las entradas y salidas de inventario, y el estado de cada pieza en cuanto a su vida útil. Esto permite anticipar cuándo será necesario reabastecerse de repuestos antes de que se agoten, minimizando los riesgos de interrupciones operativas debido a la falta de componentes. El control de inventario también incluye la gestión del espacio de almacenamiento, asegurando que los repuestos sean almacenados correctamente para evitar daños o deterioro prematuro (Sánchez & Fernández, 2022).

Finalmente, la gestión de repuestos está estrechamente ligada a la eficiencia operativa de la organización. Al contar con un sistema de gestión adecuado, se reducen los tiempos de inactividad de los equipos, ya que los técnicos pueden realizar reparaciones y mantenimientos sin demoras relacionadas con la falta de piezas. Esto no solo mejora la disponibilidad de los activos, sino que también optimiza el rendimiento global de la planta, reduciendo costos y aumentando la productividad. Además, una gestión de repuestos eficaz facilita la toma de decisiones estratégicas al proporcionar datos precisos sobre el uso y la demanda de repuestos en la operación diaria (Vargas & Pérez, 2021).

### **Inventario de Repuestos**

El inventario de repuestos es un elemento fundamental dentro de la gestión de mantenimiento, ya que asegura que las piezas necesarias para las reparaciones y el mantenimiento estén disponibles cuando se requieran. La correcta gestión de este inventario implica la catalogación detallada de cada repuesto, incluyendo su ubicación, estado y cantidad disponible. Este control exhaustivo permite a las organizaciones reaccionar de

manera eficiente ante fallos imprevistos, evitando tiempos muertos por la falta de piezas críticas y optimizando el uso de los recursos (Pérez & López, 2020).

Una de las principales ventajas de un inventario de repuestos bien gestionado es la reducción de costos asociados con el almacenamiento. Mantener un equilibrio entre tener suficientes repuestos para garantizar la continuidad operativa sin incurrir en el exceso de inventario es crucial. Un inventario sobredimensionado puede llevar a costos innecesarios por almacenamiento y deterioro de las piezas, mientras que un inventario insuficiente puede resultar en la necesidad de adquisiciones de emergencia, que suelen ser más costosas y pueden generar interrupciones prolongadas en la operación (Gutiérrez & Sánchez, 2021).

Además, el inventario de repuestos contribuye a la optimización de la planificación del mantenimiento. Al tener un conocimiento preciso de los repuestos disponibles y sus características, las organizaciones pueden programar mantenimientos preventivos con mayor precisión, minimizando la posibilidad de retrasos debido a la falta de piezas. Esta planificación no solo mejora la disponibilidad de los equipos, sino que también ayuda a gestionar de manera más eficiente los recursos financieros, al evitar compras innecesarias o la acumulación excesiva de repuestos (Vargas & Martínez, 2022).

Las políticas de almacenamiento de repuestos son directrices que regulan la forma en que los repuestos son almacenados, manipulados y distribuidos dentro de la organización. Estas políticas aseguran que los repuestos se conserven en condiciones óptimas, minimizando el riesgo de deterioro o pérdida, y que estén accesibles de manera eficiente cuando sean necesarios, lo cual es fundamental para mantener la continuidad operativa (Ruiz & Sánchez, 2022).

## **Impacto en la Disponibilidad**

El impacto en la disponibilidad se refiere a la influencia directa que las actividades de mantenimiento tienen sobre el tiempo en que los equipos están operativos y listos para su uso. Una alta disponibilidad indica que los equipos están en condiciones de funcionamiento la mayor parte del tiempo, lo cual es crucial para la continuidad de las operaciones y la maximización de la producción en cualquier industria (Fernández & Ortega, 2021).

## **Tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio de reparaciones (MTTR)**

Los indicadores MTBF (Mean Time Between Failures) y MTTR (Mean Time To Repair) son métricas clave en la evaluación de la disponibilidad de los equipos. El MTBF mide el tiempo promedio entre fallos de un equipo, mientras que el MTTR indica el tiempo promedio que se tarda en reparar un fallo. Un incremento en el MTBF y una disminución en el MTTR son señales de un mantenimiento efectivo, ya que ambos indicadores reflejan mejoras en la confiabilidad y rapidez de las reparaciones (Gómez & Ramírez, 2022).

La reducción de fallos es uno de los principales objetivos del mantenimiento preventivo, y se refiere a la disminución en la frecuencia y severidad de los fallos en los equipos. Implementar estrategias que anticipen y prevengan fallos no solo mejora la disponibilidad, sino que también optimiza la eficiencia operativa y reduce los costos asociados con reparaciones de emergencia y tiempos de inactividad (López & Torres, 2020).

## **Costos de Mantenimiento**

Los costos del mantenimiento representan la inversión necesaria para garantizar que los equipos y sistemas operen de manera eficiente y continua. Estos costos incluyen no solo el gasto en repuestos y mano de obra, sino también los recursos destinados a la implementación de estrategias preventivas y correctivas. Una gestión eficiente de estos

costos es crucial para maximizar la rentabilidad de las operaciones industriales (Vargas & Jiménez, 2021).

La evaluación económica del mantenimiento es un proceso clave que permite determinar la viabilidad financiera de las actividades de mantenimiento. A través de esta evaluación, se analizan los costos y beneficios asociados con diferentes estrategias de mantenimiento, permitiendo a las organizaciones tomar decisiones informadas que optimicen tanto la eficiencia operativa como la sostenibilidad económica (Rodríguez & Pérez, 2022).

Dentro del marco de los costos de mantenimiento, es esencial distinguir entre los costos directos e indirectos. Los costos directos se relacionan con los gastos inmediatos, como repuestos y mano de obra, mientras que los costos indirectos incluyen aspectos como la pérdida de producción debido a paradas no planificadas. Ambos tipos de costos deben ser gestionados cuidadosamente para minimizar su impacto en la rentabilidad general de la empresa (López & Hernández, 2020).

### **Disponibilidad**

El concepto de disponibilidad se refiere a la capacidad de un equipo o sistema para estar en condiciones operativas y listo para su uso cuando se necesita. Este concepto es fundamental en el ámbito industrial, ya que un alto nivel de disponibilidad asegura que los procesos productivos no se vean interrumpidos por fallos o mantenimientos inesperados, lo que a su vez maximiza la eficiencia y la productividad (Gómez & López, 2021).

La definición y alcance de la disponibilidad abarcan tanto la frecuencia con la que un equipo está disponible como el tiempo durante el cual se mantiene operativo. Este alcance incluye la evaluación de factores como el tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo

medio de reparación (MTTR), los cuales son cruciales para calcular y mejorar la disponibilidad en entornos industriales (Martínez & Pérez, 2022).

La importancia operativa de la disponibilidad radica en su influencia directa sobre la capacidad de producción y la rentabilidad de una empresa. Equipos con alta disponibilidad permiten un flujo de trabajo continuo, reducen los tiempos de inactividad y optimizan el uso de recursos, lo que se traduce en menores costos operativos y una ventaja competitiva en el mercado (Fernández & Ruiz, 2020).

### **Confiabilidad**

La confiabilidad de los equipos se define como la probabilidad de que un equipo o sistema funcione sin fallos durante un período específico bajo condiciones operativas establecidas. Este concepto es fundamental en la gestión de mantenimiento, ya que una alta confiabilidad reduce la frecuencia de fallos y, por ende, disminuye los costos asociados con reparaciones y tiempos de inactividad (Rodríguez & Torres, 2021).

### **Mantenibilidad**

La mantenibilidad, por su parte, se refiere a la facilidad con la que un equipo o sistema puede ser reparado y devuelto a su estado operativo tras un fallo. Este concepto incluye la rapidez y eficiencia con la que se pueden realizar tareas de mantenimiento, lo que impacta directamente en la disponibilidad de los equipos y la continuidad de las operaciones (García & Hernández, 2022).

Ambos conceptos, confiabilidad y mantenibilidad, están intrínsecamente ligados, ya que la confiabilidad reduce la necesidad de intervenciones de mantenimiento, mientras que una alta mantenibilidad asegura que cuando las intervenciones sean necesarias, se realicen de manera rápida y efectiva, minimizando el impacto en la producción (Martínez & Ramírez, 2020).

## **Cálculo de la disponibilidad**

El cálculo de disponibilidad es un proceso esencial en la gestión de equipos industriales, ya que permite cuantificar el tiempo durante el cual un equipo está operativo y listo para su uso. Este cálculo se basa en la relación entre el tiempo de operación efectiva y el tiempo total disponible, proporcionando un indicador clave para evaluar la eficiencia de los sistemas de mantenimiento y la confiabilidad de los equipos (Pérez & Sánchez, 2021).

Las fórmulas utilizadas para calcular la disponibilidad suelen incluir parámetros como el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) y el Tiempo Medio para Reparar (MTTR). La fórmula básica de disponibilidad se expresa como la razón entre el MTBF y la suma del MTBF y el MTTR, lo que permite determinar el porcentaje de tiempo que un equipo permanece en funcionamiento sin interrupciones (López & Jiménez, 2022).

Además de las fórmulas tradicionales, existen métodos avanzados como la simulación y el análisis estadístico que permiten un cálculo más preciso de la disponibilidad, considerando variables complejas y condiciones operativas específicas. Estos métodos son cada vez más utilizados en la industria para optimizar la gestión de activos y mejorar la toma de decisiones estratégicas (Rodríguez & Morales, 2020).

## **Justificación**

La presente investigación se justificó teóricamente en la necesidad de profundizar en la comprensión de cómo las estrategias de mantenimiento preventivo influyen en la disponibilidad de equipos industriales, un tema de creciente relevancia en la literatura especializada. Se consideró que, aunque existen estudios previos que abordan los beneficios del mantenimiento en términos generales, se evidenció una brecha en el análisis específico de su impacto cuantitativo y cualitativo en la disponibilidad operativa de los equipos. Este enfoque permitió aportar nuevos conocimientos y herramientas teóricas que enriquecen el

campo de la gestión de mantenimiento, proporcionando un marco analítico robusto para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la industria.

La presente investigación se justificó metodológicamente en la elección de un enfoque cuantitativo, que permitió medir de manera precisa y objetiva el impacto del mantenimiento preventivo en la disponibilidad de los equipos industriales. Se optó por un diseño pre-experimental debido a la necesidad de evaluar los cambios producidos antes y después de la implementación del plan de mantenimiento, garantizando así una comparación válida y confiable. Además, la utilización de indicadores como MTBF y MTTR proporcionó una base sólida para la cuantificación de la disponibilidad, permitiendo un análisis detallado de los resultados y asegurando la rigurosidad científica del estudio.

La presente investigación se justificó en términos prácticos por la necesidad de mejorar la eficiencia operativa de la empresa objeto de estudio, donde la baja disponibilidad de equipos estaba afectando significativamente la producción. Se identificó que, al implementar un plan de mantenimiento preventivo, se podría reducir el tiempo de inactividad de los equipos, optimizando así los procesos productivos y aumentando la rentabilidad de la empresa. Este enfoque práctico permitió no solo abordar un problema específico dentro de la organización, sino también ofrecer soluciones aplicables que podrían ser replicadas en otras empresas del sector, contribuyendo a la mejora continua de la gestión de mantenimiento en la industria.

La presente investigación se justificó socialmente en la medida en que abordó la mejora de la disponibilidad de equipos industriales, lo cual tiene un impacto directo en la productividad y, por ende, en la generación de empleo y el desarrollo económico de la comunidad. Al optimizar los procesos de mantenimiento y reducir las interrupciones en la producción, la empresa pudo operar de manera más eficiente, contribuyendo a la estabilidad laboral de sus empleados y al bienestar económico de las familias involucradas. Además, al

promover prácticas de mantenimiento más eficientes, se fomentó una cultura de prevención y sostenibilidad en el entorno industrial, beneficiando a la sociedad en su conjunto.

La presente investigación se justificó económicamente al enfocarse en la implementación de un plan de mantenimiento preventivo que tuvo como objetivo reducir los costos operativos asociados con la baja disponibilidad de equipos. Se consideró que al mejorar la eficiencia y prolongar la vida útil de los equipos, la empresa podría disminuir los gastos derivados de reparaciones emergentes y tiempos de inactividad, lo cual se tradujo en un ahorro significativo en sus operaciones. Además, la optimización de los recursos permitió incrementar la productividad sin la necesidad de invertir en nuevos equipos, generando un impacto positivo en la rentabilidad y competitividad de la organización en el mercado.

## **1.2. Planteamiento del problema**

¿Cómo influye un Plan de Mantenimiento Preventivo sobre la disponibilidad de los equipos para la extracción de minerales en la empresa Wiñayq S.R.L.?

## **1.3. Objetivos**

### **Objetivo General:**

Determinar la influencia de un Plan de Mantenimiento Preventivo sobre la disponibilidad de los equipos para la extracción de minerales en la empresa Wiñayq S.R.L.

### **Objetivos específicos:**

- Diagnosticar la situación actual de la empresa y del proceso de extracción de minerales
- Identificar indicadores para mejorar el proceso de extracción de minerales
- Diseñar una mejora en el proceso extracción de minerales, aplicando el Mantenimiento preventivo
- Evaluar económicamente la implementación del Mantenimiento preventivo en el proceso de extracción de minerales.

#### **1.4. Hipótesis**

El Plan de Mantenimiento Preventivo aumenta la disponibilidad de los equipos para la extracción de minerales en la empresa Wiñayq S.R.L.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La tesis adoptó un enfoque cuantitativo debido a la naturaleza específica y mensurable de los objetivos planteados, centrados en evaluar la influencia de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos en la extracción de minerales. Esta decisión se sustentó en la necesidad de obtener datos precisos y cuantificables que permitieran una evaluación objetiva de las variables en estudio. Cabe mencionar que según Alban et al. (2020), una investigación cuantitativa se caracteriza por su capacidad para proporcionar resultados sistemáticos y replicables, empleando métodos estadísticos para el análisis.

La investigación se clasificó como aplicada debido a su orientación hacia la resolución de problemas específicos y la implementación práctica de soluciones en el contexto de la empresa Wiñayq S.R.L. El propósito fundamental de esta tesis fue trascender el ámbito teórico para aplicar conocimientos directamente en incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada a través de un Plan de Mantenimiento Preventivo.

La presente investigación por su alcance es del tipo explicativa, debido principalmente a la intención de no solo identificar y describir la relación entre el Plan de Mantenimiento Preventivo y la disponibilidad de maquinaria pesada, sino también de comprender y explicar las causas y efectos subyacentes de esta relación dentro de la empresa Wiñayq S.R.L. Según Serrano (2020) Las investigaciones explicativas se caracterizan por su enfoque en dilucidar las razones o causas que subyacen a los fenómenos específicos, permitiendo no solo la descripción de tendencias y patrones sino también la interpretación de las dinámicas causales entre variables.

La tesis se estructuró bajo un diseño pre experimental debido a las condiciones específicas y controladas bajo las cuales se llevó a cabo el estudio, enfocado en la implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo y su influencia en la disponibilidad

de maquinaria en Wiñayq S.R.L. Este enfoque fue seleccionado por la naturaleza inicial del estudio dentro de un contexto real y específico, donde se aplicaron intervenciones sin la utilización de grupos de control o asignaciones al azar, características fundamentales de los diseños experimentales completos. Según Concepción (2019) una investigación pre experimental se caracteriza por su capacidad para observar y registrar los efectos de una intervención en un grupo específico, sin la necesidad de compararlo con un grupo control.

En el desarrollo de la presente investigación, la población de estudio estuvo constituida por la totalidad de los procesos operativos y de gestión implementados en Wiñayq S.R.L., abarcando una amplia gama de actividades que van desde la adquisición de materia prima hasta la comercialización del producto final, pasando por todas las etapas intermedias de producción y mantenimiento. Esta amplia perspectiva permitió tener una comprensión holística de la dinámica organizacional y de los diversos factores que inciden en la eficiencia y efectividad de las operaciones de la empresa.

Dentro de este amplio contexto, se optó por un enfoque de muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a limitaciones específicas relacionadas con el tiempo, los recursos y el acceso a la totalidad de los procesos en estudio. Esta modalidad de muestreo se caracteriza por la selección de elementos de la población basada en su accesibilidad y relevancia para los objetivos de la investigación, más que en la representatividad estadística.

Consecuentemente, la muestra seleccionada para el estudio se centró específicamente en el proceso de mantenimiento de maquinarias dentro de la empresa. Esta elección se fundamenta en la relevancia de este proceso para la investigación, dado que el mantenimiento de las máquinas es un factor crítico que influye directamente en la disponibilidad de la maquinaria y, por ende, en la capacidad productiva de la empresa.

En el desarrollo de la presente investigación, se optó por implementar la observación como una de las principales técnicas de recolección de datos. Esta metodología fue

seleccionada debido a su capacidad para proporcionar una visión interna y detallada de los procesos reales de mantenimiento de maquinaria en Wiñayq S.R.L. La observación, llevada a cabo de forma sistemática y estructurada, permitió a los investigadores capturar información en tiempo real, facilitando una comprensión más profunda de las prácticas actuales, los procedimientos operativos y las interacciones humanas dentro del contexto laboral.

Por otro lado, el análisis documental se estableció como la segunda técnica principal para la recopilación de datos. Esta elección se fundamentó en la necesidad de entender el marco teórico y normativo que rige las operaciones de mantenimiento en la empresa, así como de analizar registros históricos, informes técnicos y documentación interna.

La Tabla 1 presenta un resumen estructurado de las técnicas e instrumentos de recolección de datos empleados en las distintas etapas de la investigación, orientada a evaluar el impacto del Plan de Mantenimiento Preventivo en la disponibilidad de la maquinaria en Wiñayq S.R.L. En la etapa de diagnóstico inicial, se utilizó la observación directa junto con hojas de registro específicas para identificar las causas raíces de los problemas de disponibilidad de la maquinaria, complementada por un análisis documental de registros históricos del año 2023 para obtener una perspectiva de la situación previa. Durante el diseño del proceso de implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo, se continuó con la observación para detectar potenciales mejoras, utilizando un enfoque similar para documentar estas mediante fichas especializadas. La evaluación económica de la implementación se basó exclusivamente en análisis documental, centrando la atención en los estados financieros y en la determinación de indicadores económicos relevantes.

**Tabla 1***Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>Etapa de la investigación</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento de recolección de datos</b>
Diagnóstico de la situación inicial de la disponibilidad de maquinaria	Observación	Hoja de registro de observación de causas raíces del problema
	Análisis documental	Ficha de análisis documental del registro histórico de la disponibilidad de maquinaria de la empresa – Año 2023
Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo	Observación	Hoja de registro de observación de potenciales mejoras en el proceso de mantenimiento
	Análisis documental	Ficha de análisis documental para el registro de mejoras
Evaluación económica de la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo	Análisis documental	Ficha de análisis documental para el registro de estados financieros y cálculo de indicadores económicos
Cálculo de la variabilidad de la disponibilidad de maquinaria después de la aplicación del Plan de Mantenimiento Preventivo	Análisis documental	Ficha de análisis documental de la medición final de la disponibilidad de maquinaria – Año 2024

*Nota.* Este esquema metódico asegura una recopilación de datos coherente y orientada hacia la obtención de resultados concretos y medibles en cada fase del estudio

En la fase de análisis de datos de la presente investigación, se siguió un procedimiento sistemático y riguroso para evaluar la efectividad de la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo sobre la disponibilidad de maquinaria en Wiñayq S.R.L. Inicialmente, se realizaron pruebas de normalidad sobre los indicadores de disponibilidad recolectados, lo que es fundamental para determinar la distribución de los datos y, por ende, la aplicación correcta de pruebas estadísticas posteriores. El propósito de esta prueba de normalidad fue verificar si los datos seguían una distribución gaussiana, lo cual es un requisito para la aplicación de muchas técnicas estadísticas paramétricas. El uso de software estadístico facilitó este proceso, permitiendo una evaluación precisa y confiable de la normalidad de los datos mediante pruebas como la de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk, dependiendo del tamaño de la muestra y las características de los datos.

Una vez confirmada la normalidad de los datos, se procedió a la aplicación de la prueba t de Student para comparar las medias de la disponibilidad de la maquinaria antes y después de la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo. La selección de esta prueba estadística se basó en su capacidad para determinar si existen diferencias significativas entre dos grupos cuando los datos cumplen con los presupuestos de normalidad y varianzas homogéneas. Este análisis proporcionó una base cuantitativa para evaluar el impacto de las intervenciones del Plan de Mantenimiento Preventivo en la operatividad y eficiencia de la maquinaria. Al comparar las medias de las dos muestras, se buscó establecer de manera concreta si la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo resultó en mejoras significativas en la disponibilidad de los equipos, lo cual es esencial para validar la hipótesis planteada y extraer conclusiones válidas y aplicables a la realidad de la empresa

En el desarrollo de esta investigación, se prestaron especial atención y cuidado a las consideraciones éticas, asegurando que todos los procedimientos y prácticas se alinearan con los estándares más altos de integridad académica y profesional. Se adoptaron las normas de la American Psychological Association (APA) séptima edición, que proporcionan directrices claras sobre la ética de la investigación, el respeto por los sujetos y la propiedad intelectual. Esto incluyó la correcta atribución de fuentes, la transparencia en la recolección y análisis de datos, y el compromiso con la veracidad y la objetividad.

Por otro lado, el cumplimiento del código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú fue igualmente fundamental. Por lo tanto, se adoptaron medidas para garantizar que todos los aspectos del Plan de Mantenimiento Preventivo fueran considerados desde una perspectiva que respetara los principios éticos de la ingeniería, incluyendo la seguridad, la salud y el bienestar de la comunidad y el medio ambiente.

**Tabla 2***Matriz de operacionalización de variables*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Plan de Mantenimiento Preventivo	Márquez (2019) define el plan de mantenimiento preventivo como un conjunto de actividades planificadas que tienen como objetivo minimizar las paradas no programadas de los equipos y mejorar su rendimiento mediante la inspección, limpieza, ajuste y sustitución de componentes, siguiendo una periodicidad definida.	El plan de mantenimiento preventivo es un programa estructurado que organiza actividades periódicas para inspeccionar, limpiar, ajustar y reemplazar piezas de los equipos, buscando reducir las fallas imprevistas y aumentar su rendimiento mediante la correcta gestión de las intervenciones.	Frecuencia	Número de mantenimientos realizados Frecuencia = $\frac{\text{Mantenimientos realizados}}{\text{Periodo}}$	Razón
			Ejecución	Tiempo de ejecución del mantenimiento Tiempo medio = $\frac{\sum \text{Tiempo de trabajos de mantenimientos}}{\text{Número de reparaciones}}$	Razón
			Confiabilidad	Tasa de fallas prevenidas Tasa = $\frac{\text{Fallas prevenidas}}{\text{Total de fallas}}$	Razón
Disponibilidad de los equipos	Moubray (2020) define la disponibilidad de los equipos como la proporción de tiempo en que un equipo está en condiciones de operar en comparación con el tiempo total en el que se espera que funcione, considerando tanto tiempos de parada programada como no programada.	La disponibilidad de los equipos se entiende como la capacidad de los equipos para operar durante el tiempo planificado, minimizando las interrupciones a través de un adecuado mantenimiento preventivo que garantice la continuidad de los procesos productivo.	MTBF (Mean Time Between Failures)	MTBF = $\frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallos}}$	Razón
			MTTR (Mean Time to Repair)	MTTR = $\frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de reparaciones}}$	Razón

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Diagnóstico de la situación actual

El primer paso fundamental para abordar el problema de la baja disponibilidad de los equipos de extracción de minerales en la empresa Wiñayq S.R.L. consistió en realizar un diagnóstico exhaustivo de la situación actual. Para este propósito, se utilizó el Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto o diagrama de espina de pescado. Esta herramienta permitió identificar y clasificar las diversas causas que contribuyen a la problemática observada.

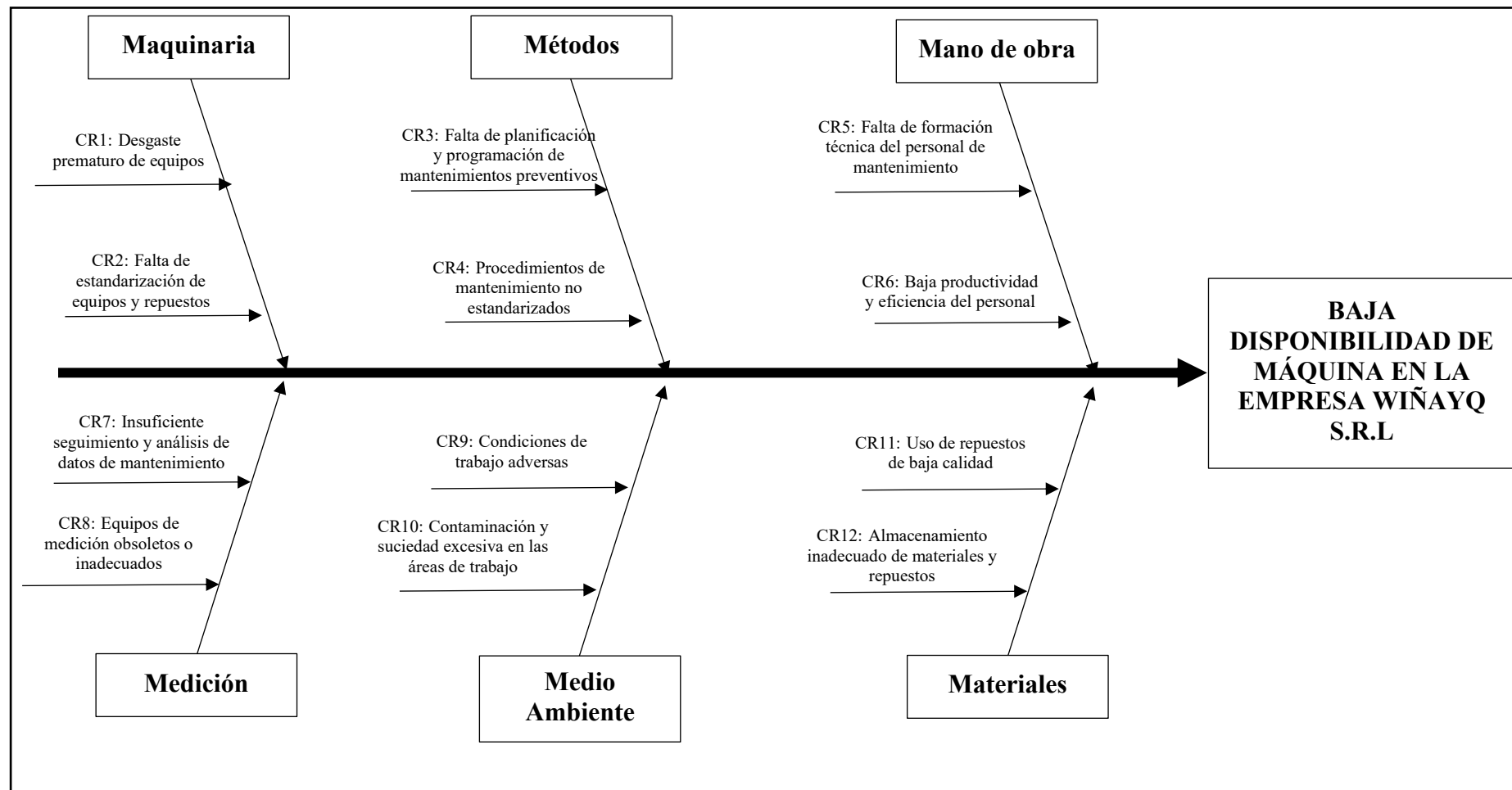
La figura 1 presenta un Diagrama de Ishikawa, en el que se desglosa de manera sistemática y clara los factores que influyen en la baja disponibilidad de los equipos. Las causas se agrupan en seis categorías principales: Maquinaria, Métodos, Mano de obra, Medición, Medio Ambiente y Materiales, cada una de ellas abarcando aspectos críticos que afectan el desempeño y la eficiencia de los equipos.

En la categoría de Maquinaria, se destacan problemas relacionados con el desgaste prematuro de equipos y la falta de estandarización, lo que resalta la necesidad de un enfoque más riguroso en la selección y mantenimiento de estos activos. Los métodos deficientes, como la falta de planificación y procedimientos no estandarizados, señalan lagunas en la gestión operativa que requieren atención inmediata para asegurar una programación adecuada del mantenimiento preventivo.

La formación y eficiencia del personal de mantenimiento se identifican como factores cruciales bajo la categoría de Mano de obra. La falta de formación técnica y la baja productividad del personal indican la necesidad de inversiones en capacitación y en la mejora de las condiciones laborales para potenciar el rendimiento del equipo humano.

**Figura 1**

*Diagrama de Ishikawa de la problemática*



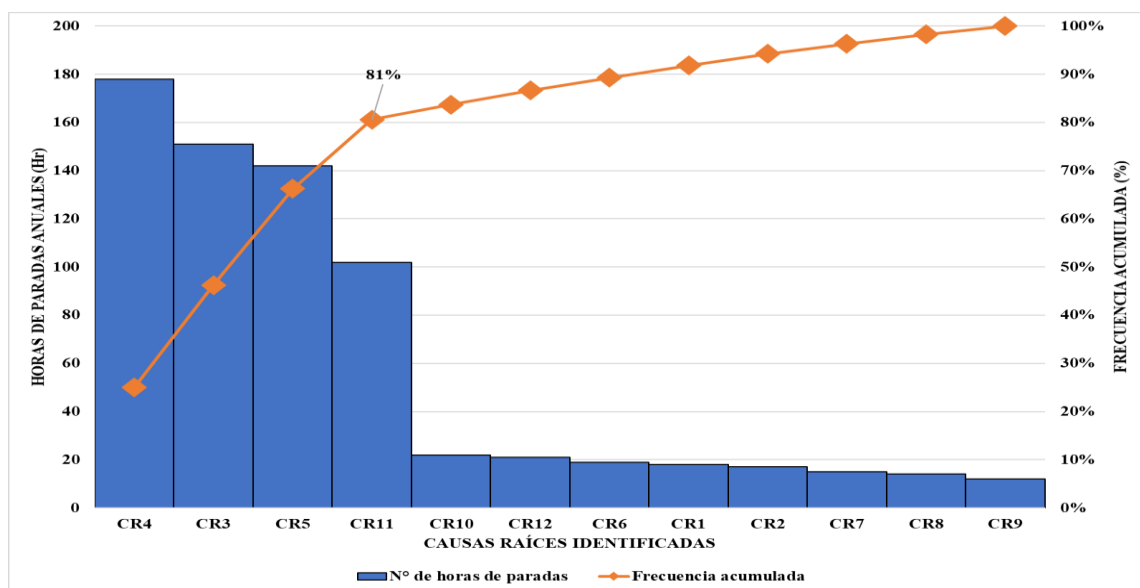
*Nota.* Cada rama del diagrama representa una categoría de factores que podrían estar contribuyendo al problema, lo que permite una visión integral y sistémica de la situación problemática para facilitar la toma de decisiones estratégicas en la mejora de la gestión de mantenimiento

Luego de identificar las causas raíces de la baja disponibilidad de los equipos, fue necesario priorizarlas de acuerdo a las horas de paradas que cada una genera anualmente. Para este propósito, se utilizó un Diagrama de Pareto, como se muestra en la figura 2. Este análisis permitió visualizar claramente cuáles son las causas que tienen un mayor impacto en las paradas de los equipos, facilitando la focalización de los esfuerzos de mejora en aquellas que generan el mayor número de interrupciones.

La figura 2 muestra que las causas raíces: CR4, CR3, CR5 y CR11 son las que más contribuyen a las horas de paradas anuales, representando un 81% del total acumulado. Esto indica que estas cuatro causas deben ser abordadas con prioridad para lograr una mejora significativa en la disponibilidad de los equipos. Las otras causas identificadas, aunque también relevantes, tienen un impacto menor en comparación. Este enfoque de priorización es esencial para aplicar el principio de Pareto, que sugiere que un pequeño número de causas principales suelen ser responsables de la mayor parte de los problemas, permitiendo así una asignación eficiente de recursos y esfuerzos en la solución de las causas más críticas.

**Figura 2**

*Análisis de Pareto para la priorización de causas raíces*



*Nota.* Las barras azules representan el número de horas de parada atribuidas a cada causa, ordenadas de mayor a menor. La línea anaranjada indica la frecuencia acumulada, resaltando cómo un porcentaje menor de causas es responsable de la mayoría de las paradas.

Luego de priorizar las causas raíces utilizando el Diagrama de Pareto, se procedió a analizar el impacto económico de estas causas, como se presenta en la Tabla 2. Esta tabla detalla las horas de paradas anuales y el sobrecosto anual generado por cada una de las causas raíces priorizadas. Los procedimientos de mantenimiento no estandarizados generan 178 horas de paradas anuales, resultando en un sobrecosto de S/ 195,524.57. La falta de métodos para identificar fallos potenciales en las máquinas ocasiona 151 horas de paradas con un sobrecosto de S/ 165,866.35, mientras que la falta de formación técnica del personal de mantenimiento contribuye con 142 horas de paradas y un sobrecosto de S/ 155,980.28. Finalmente, el uso de repuestos de baja calidad provoca 102 horas de paradas, con un sobrecosto de S/ 112,042.17. En conjunto, estas causas suman 573 horas de paradas anuales y un sobrecosto total de S/ 629,413.37, destacando la necesidad urgente de implementar estrategias de mejora en estas áreas críticas para reducir tanto las interrupciones operativas como los costos asociados.

**Tabla 3**  
*Impacto económico de las causas raíces priorizadas*

<b>Causa raíz priorizada</b>	<b>Horas de paradas anuales</b>	<b>Sobre costo anual generado</b>
Procedimientos de mantenimiento no estandarizados	178	S/ 195,524.57
Falta de métodos para identificar fallos potenciales en máquinas	151	S/ 165,866.35
Falta de formación técnica del personal de mantenimiento	142	S/ 155,980.28
Uso de repuestos de baja calidad	102	S/ 112,042.17
<b>Totales</b>	<b>573</b>	<b>S/ 629,413.37</b>

Nota. El costo promedio por hora de parada que tiene la empresa es de S/ 1,098.45

### **3.3. Identificación de indicadores para mejora del proceso**

La Tabla 3 presenta un análisis detallado de las herramientas de mejora e indicadores claves asociados a las principales causas raíces que afectan la disponibilidad de los equipos en la empresa. Este enfoque permite identificar soluciones específicas para cada problema, así como establecer metas claras y medibles que faciliten el seguimiento del progreso y la evaluación de los resultados.

Para abordar la falta de estandarización en los procedimientos de mantenimiento, se propone la implementación de la estandarización de procesos, con el objetivo de aumentar la eficacia del mantenimiento. Este indicador, actualmente en un 60.87%, tiene como meta alcanzar el 91%. La utilización del Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF) se plantea como herramienta para mejorar la identificación de fallos potenciales en las máquinas, incrementando el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) de 52 horas a 78 horas.

En cuanto a la formación técnica del personal de mantenimiento, se recomienda la adopción del mantenimiento autónomo, lo cual permitirá reducir el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de 3.46 horas a 1.73 horas. Asimismo, para enfrentar el problema del uso de repuestos de baja calidad, la gestión de repuestos es la herramienta indicada para reducir la tasa de reemplazo de componentes de 2.10 repuestos por hora a 1.05 repuestos por hora. Estas acciones estratégicas no solo mejorarán la eficiencia operativa, sino que también contribuirán a la sostenibilidad de los procesos de mantenimiento en la empresa.

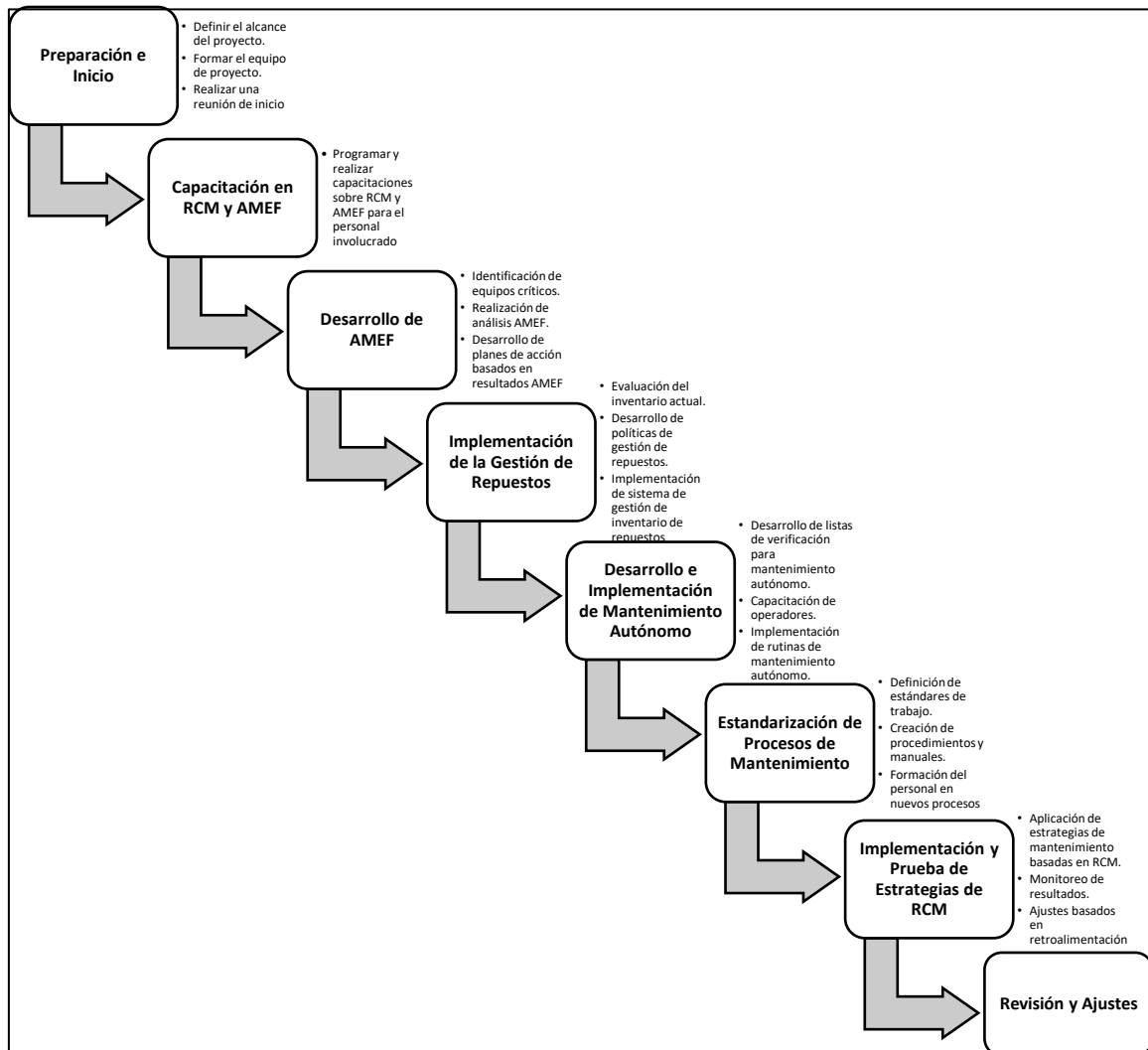
**Tabla 4***Listas de herramientas de mejora e indicadores*

<b>Causa raíz</b>	<b>Herramienta de mejora</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor actual</b>	<b>Valor meta (50%)</b>
Procedimientos de mantenimiento no estandarizados	Estandarización de procesos	Eficacia del mantenimiento	60.87%	91%
Falta de métodos para identificar fallos potenciales en máquinas	AMEF	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	52 horas	78 horas
Falta de formación técnica del personal de mantenimiento	Mantenimiento autónomo	Tiempo medio de reparación (MTTR)	3.46 horas	1.73 horas
Uso de repuestos de baja calidad	Gestión de repuestos	Tasa de reemplazo de componentes	2.10 repuestos/hora	1.05 repuestos/hora

### **3.4. Diseño del plan de mantenimiento preventivo**

Habiéndose diagnosticado la situación inicial de los costos de mantenimiento de la empresa y seleccionado las principales herramientas de mejora, se procedió con el diseño de un plan detallado en busca de la optimización de los procesos de mantenimiento mediante la aplicación de la metodología del mantenimiento preventivo. Este plan se articuló en varias etapas secuenciales, cada una con actividades específicas y responsables claramente definidos.

**Figura 3**  
*Procedimiento del Plan de mantenimiento preventivo*



*Nota.* El diseño captura el flujo y las conexiones entre cada fase, desde el inicio del plan hasta las etapas de seguimiento, alineándose con el enfoque estructurado de mantenimiento preventivo.

Inicialmente, se definió el alcance del proyecto, que comprendía la determinación precisa de objetivos y límites del plan de mantenimiento preventivo, seguido por la formación del equipo de proyecto que integraba puestos claves de la empresa, tales como el investigador, gerente de mantenimiento, y gerente de producción y logística. Una reunión de inicio se llevó a cabo, donde se alinearon las expectativas y se estableció el rumbo del proyecto.

Posteriormente, se programaron y realizaron sesiones de capacitación en mantenimiento preventivo y AMEF, dirigidas al personal técnico de mantenimiento y

operadores de máquina. Estas capacitaciones tuvieron como finalidad asegurar la comprensión uniforme de los principios y técnicas subyacentes en mantenimiento preventivo y AMEF por parte de todos los involucrados en el proceso de mantenimiento.

La etapa siguiente abarcó el desarrollo del AMEF, empezando con la identificación de los equipos críticos. Se realizó un meticuloso análisis AMEF, que permitió el desarrollo de planes de acción enfocados en la prevención y mitigación de fallos. Los resultados del AMEF orientaron la toma de decisiones estratégicas en la gestión de mantenimiento.

En lo que concierne a la gestión de repuestos, se evaluó el inventario existente, lo que llevó al desarrollo e implementación de políticas de gestión de repuestos y un sistema de gestión de inventario, optimizando así la disponibilidad y utilización de los mismos.

El mantenimiento autónomo se desarrolló a través de la creación de listas de verificación y la capacitación de los operadores, culminando en la implementación de rutinas de mantenimiento autónomo, lo que promovía una mayor participación del personal operativo en la conservación de sus equipos.

La estandarización de los procesos de mantenimiento fue un paso crucial. Se definieron estándares de trabajo, se crearon procedimientos y manuales, y se formó al personal en los nuevos procesos estandarizados, garantizando así la coherencia y eficacia en las operaciones de mantenimiento.

La implementación y prueba de las estrategias de mantenimiento preventivo incluyeron la aplicación de estrategias de mantenimiento basadas en mantenimiento preventivo, el monitoreo de los resultados obtenidos, y la realización de ajustes basados en la retroalimentación recibida. Este ciclo iterativo de revisión y mejora permitía afinar continuamente el plan de mantenimiento.

Finalmente, se llevó a cabo una revisión y ajuste del progreso del plan de mantenimiento preventivo. Se realizaron ajustes estratégicos según fuese necesario y se planificaron actividades de seguimiento para asegurar la sostenibilidad y la mejora continua del mantenimiento basado en la confiabilidad.

Este proceso integral reflejó un compromiso firme con la eficiencia operativa y la reducción de costos de mantenimiento, situando a la empresa WIÑAYQ S.R.L. en un camino hacia la excelencia en el mantenimiento y la operación de sus activos.

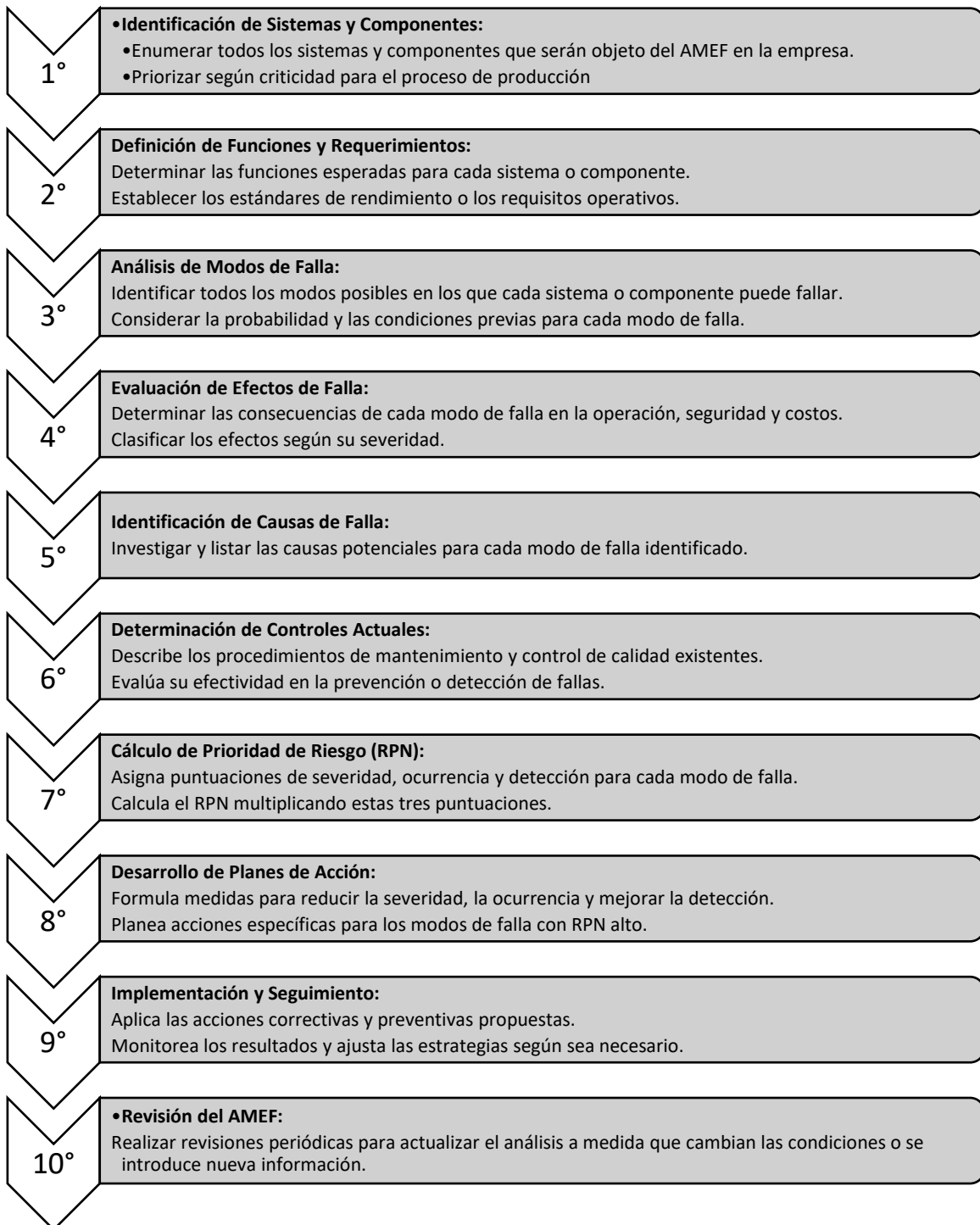
La figura 4 presenta un diagrama de Gantt del plan de mantenimiento, que fue una herramienta de gestión de proyectos que sirvió para programar las actividades y monitorear el avance del plan. Este tipo de gráfico fue esencial para visualizar la duración de las tareas a lo largo del período de tiempo establecido y para identificar cómo estas se relacionan entre sí.

Este diagrama fue particularmente útil en el contexto de la presente investigación que abordó el desarrollo y la implementación de un plan de mantenimiento, ya que permitió al equipo del proyecto y a los Stakeholders tener una representación gráfica clara del calendario del proyecto, facilitando la supervisión del progreso y garantizando que el proyecto se mantenga en el camino previsto.



Dentro del contexto del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para la empresa WIÑAYQ S.R.L., se ejecutó un exhaustivo proceso de Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF). En la figura 5 se muestra el procedimiento ejecutado.

**Figura 5**  
*Procedimiento de implementación de AMEF*



*Nota.* El AMEF se integra dentro de la estrategia de mantenimiento de la empresa para mejorar la confiabilidad y reducir los costos de mantenimiento.

Este proceso comenzó con la meticulosa identificación de todos los sistemas y componentes relevantes para la producción. Cada elemento fue evaluado y priorizado según su importancia y su impacto potencial en la continuidad operativa y la seguridad.

A continuación, se definieron con precisión las funciones y los requisitos de rendimiento para cada sistema y componente. Esto estableció un marco de referencia claro para valorar la adecuación operativa y las expectativas de desempeño. Una vez establecidas estas bases, se procedió al análisis detallado de los modos en los que cada elemento podría fallar, tomando en cuenta la probabilidad y las condiciones previas que podrían conducir a tales fallos.

El siguiente paso involucró la evaluación de los efectos de cada posible falla, donde se consideraron las implicaciones en términos de operatividad, seguridad y costos, clasificando los efectos según su gravedad. Este análisis permitió la identificación de las causas raíz potenciales de las fallas, proporcionando así pistas esenciales para el desarrollo de estrategias de mitigación.

Se llevó a cabo una revisión de los controles existentes para detectar y prevenir fallas, lo que incluyó una valoración de los procedimientos de mantenimiento actuales y las prácticas de control de calidad. La eficacia de estos controles se midió, permitiendo reconocer oportunidades de mejora.

Posteriormente, se calculó la Prioridad de Riesgo (RPN) para cada modo de falla, asignando puntuaciones de severidad, ocurrencia y detección. El RPN proporcionó una cuantificación del riesgo que ayudó a priorizar las acciones correctivas y preventivas.

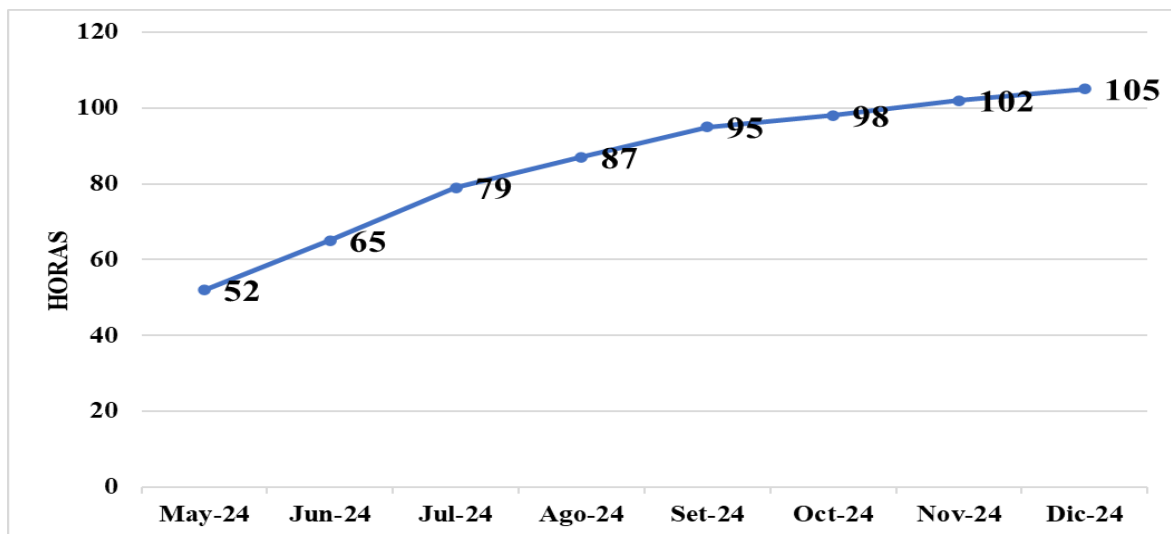
Con base en estas evaluaciones, se formularon y aplicaron planes de acción detallados dirigidos a los modos de falla con los RPN más altos. Estas acciones se enfocaron en reducir la severidad y la ocurrencia, así como en mejorar la detección de fallas.

Finalmente, se implementaron las estrategias propuestas y se estableció un sistema de monitoreo para evaluar la eficacia de las intervenciones. Ajustes se hicieron según fue necesario, basados en la retroalimentación continua y los resultados observados. Este proceso culminó con revisiones periódicas del AMEF, asegurando que el análisis se mantuviera actualizado y reflejara con precisión el entorno operativo cambiante y las mejoras implementadas.

Este riguroso proceso AMEF se desarrolló con el propósito de fortalecer el plan de mantenimiento preventivo, fundamentando las decisiones en datos sólidos y análisis sistemáticos, y demostrando ser un componente esencial en la estrategia global de la empresa para mejorar la confiabilidad y optimizar los costos de mantenimiento.

La Figura 6 muestra la proyección del MTBF desde mayo hasta diciembre de 2024. En donde se observa un aumento progresivo del MTBF, que parte de 52 horas y alcanza las 105 horas al final del periodo proyectado. Este incremento refleja una mejora constante en la confiabilidad de los equipos, producto de la implementación de soluciones derivadas del análisis AMEF.

**Figura 6**  
*Proyección del Tiempo medio entre fallas (MTBF) (horas)*



Nota. Los datos se proyectaron basados en un modelo matemático lineal, considerando una disminución del número de fallas por la cobertura de soluciones que el AMEF desarrolló.

Luego de aplicar AMEF se desarrolló un proceso meticuloso de gestión de repuestos. Inicialmente, se llevó a cabo una evaluación completa del inventario de repuestos, donde se clasificaron y determinaron aquellos críticos, utilizando como referencia el análisis AMEF y la información histórica del mantenimiento. En la figura 7 de la siguiente página se detalla el proceso completo.

Sobre la base de esta evaluación, se formularon políticas detalladas para la adquisición, almacenamiento y reemplazo de repuestos. Estas políticas incluían criterios precisos para definir los niveles óptimos de stock, puntos de Reorden y cantidades económicas para los pedidos, asegurando la disponibilidad continua y evitando excesos onerosos.

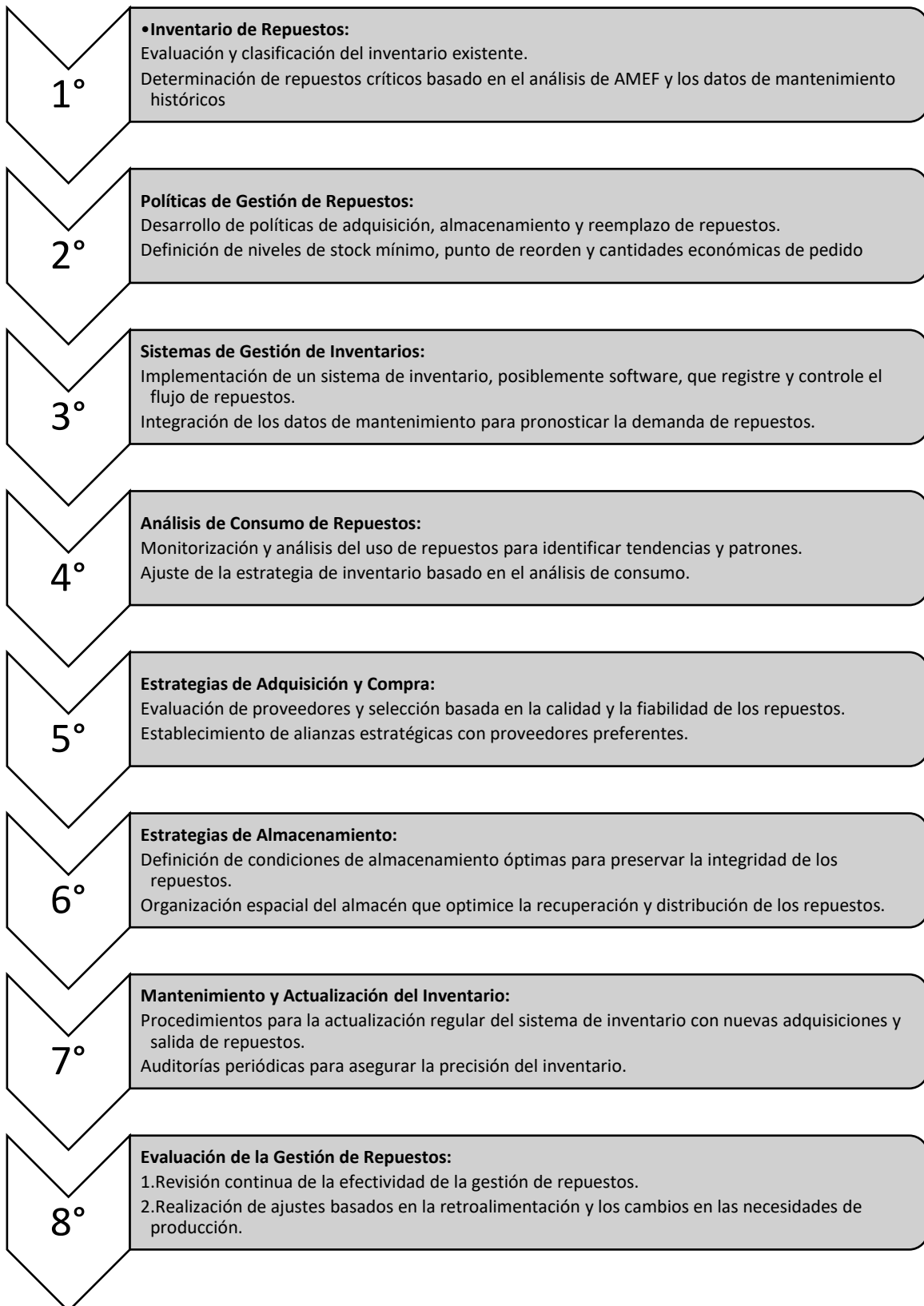
Con las políticas en su lugar, se implementó un avanzado sistema de gestión de inventario. Este sistema no solo registraba la entrada y salida de repuestos, sino que también se integraba con datos de mantenimiento existentes para prever futuras necesidades de repuestos de forma proactiva.

El consumo de repuestos fue monitorizado cuidadosamente para identificar tendencias, lo que facilitó ajustes dinámicos en la estrategia de inventario. Este seguimiento continuo también informaba las estrategias de adquisición, destacando la importancia de seleccionar proveedores que cumplieran con los estándares de calidad y confiabilidad demandados por la empresa.

Además, se definieron estrategias de almacenamiento meticulosas, estableciendo condiciones óptimas para la conservación de los repuestos y una organización del almacén que facilitara un acceso rápido y eficiente. Este enfoque estratégico no solo mejoraba la operatividad, sino que también se alineaba con las mejores prácticas de conservación de recursos

**Figura 7**

*Procedimiento de implementación de Gestión de Repuestos*



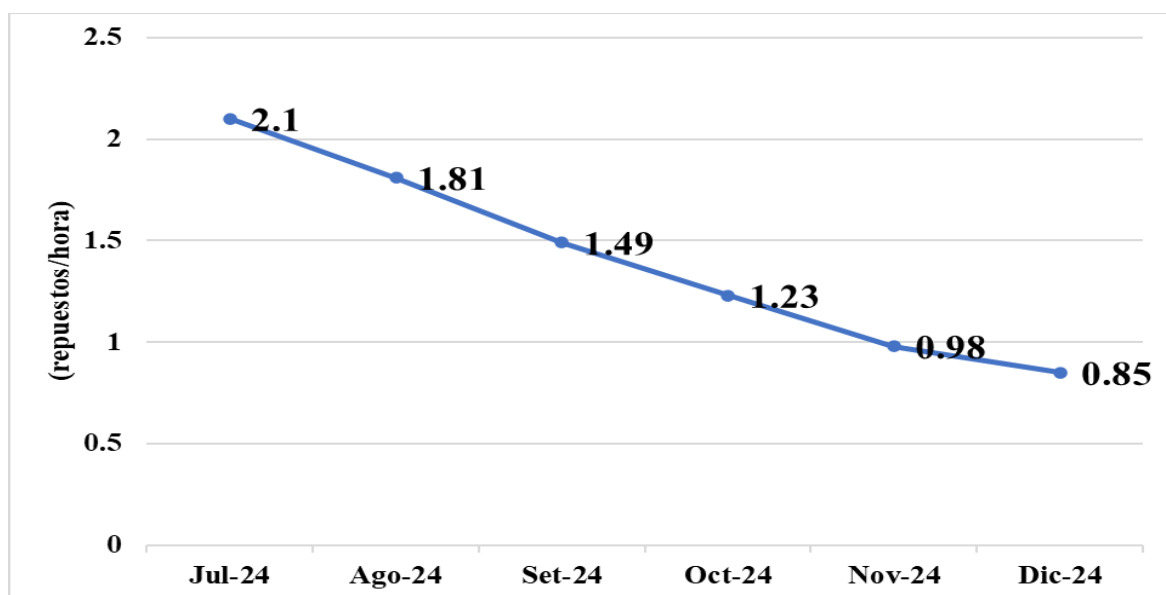
*Nota.* La Gestión de repuestos se integra dentro de la estrategia de mantenimiento de la empresa para mejorar la confiabilidad y reducir los costos de mantenimiento.

El mantenimiento y la actualización del inventario se convirtieron en procedimientos regulares, con actualizaciones tras cada nueva adquisición y uso de repuestos. Auditorías periódicas garantizaban la precisión y la fiabilidad del sistema de inventario.

Finalmente, se instituyó una evaluación continua de la gestión de repuestos, que permitía una revisión constante y la introducción de mejoras basadas en la retroalimentación operativa y los cambios en los requisitos de producción. Este proceso no solo afirmaba el compromiso con la eficiencia y la optimización de costos, sino que también aseguraba que la gestión de repuestos se mantuviera como un pilar clave en la estrategia general de mantenimiento de la empresa.

La Figura 8 ilustra la proyección de la Tasa de Reemplazo de Componentes en la empresa WIÑAYQ S.R.L. a lo largo de la segunda mitad del año 2024. Esta tasa muestra una tendencia decreciente, partiendo de 2.1 repuestos por hora en julio y disminuyendo a 0.85 en diciembre. La progresiva reducción sugiere que las medidas adoptadas para la gestión de repuestos han sido efectivas.

**Figura 8**  
*Proyección de la Tasa de reemplazo de componentes*



Nota. Los datos se proyectaron basados en un modelo matemático lineal, considerando una disminución del número de repuestos reemplazados por la cobertura de soluciones que la gestión de repuestos desarrolló.

En paralelo al desarrollo de la gestión de repuestos, se estableció la implementación del Mantenimiento Autónomo, diseñado para fortalecer la confiabilidad de los equipos y la eficiencia operacional. Este proceso se inició estableciendo los fundamentos del Mantenimiento Autónomo, cuya finalidad era la de empoderar a los operadores y crear un ambiente de mantenimiento proactivo, en consonancia con los principios de mantenimiento preventivo. En la figura 9 se detalla el proceso completo.

Se desarrollaron estándares operativos, que proporcionaron una guía clara para las inspecciones y el mantenimiento regular, alineados con las directrices estratégicas del análisis AMEF. La creación de listas de verificación detalladas facilitó la implementación de inspecciones rutinarias y procedimientos de mantenimiento esenciales que los operadores podían llevar a cabo de manera independiente.

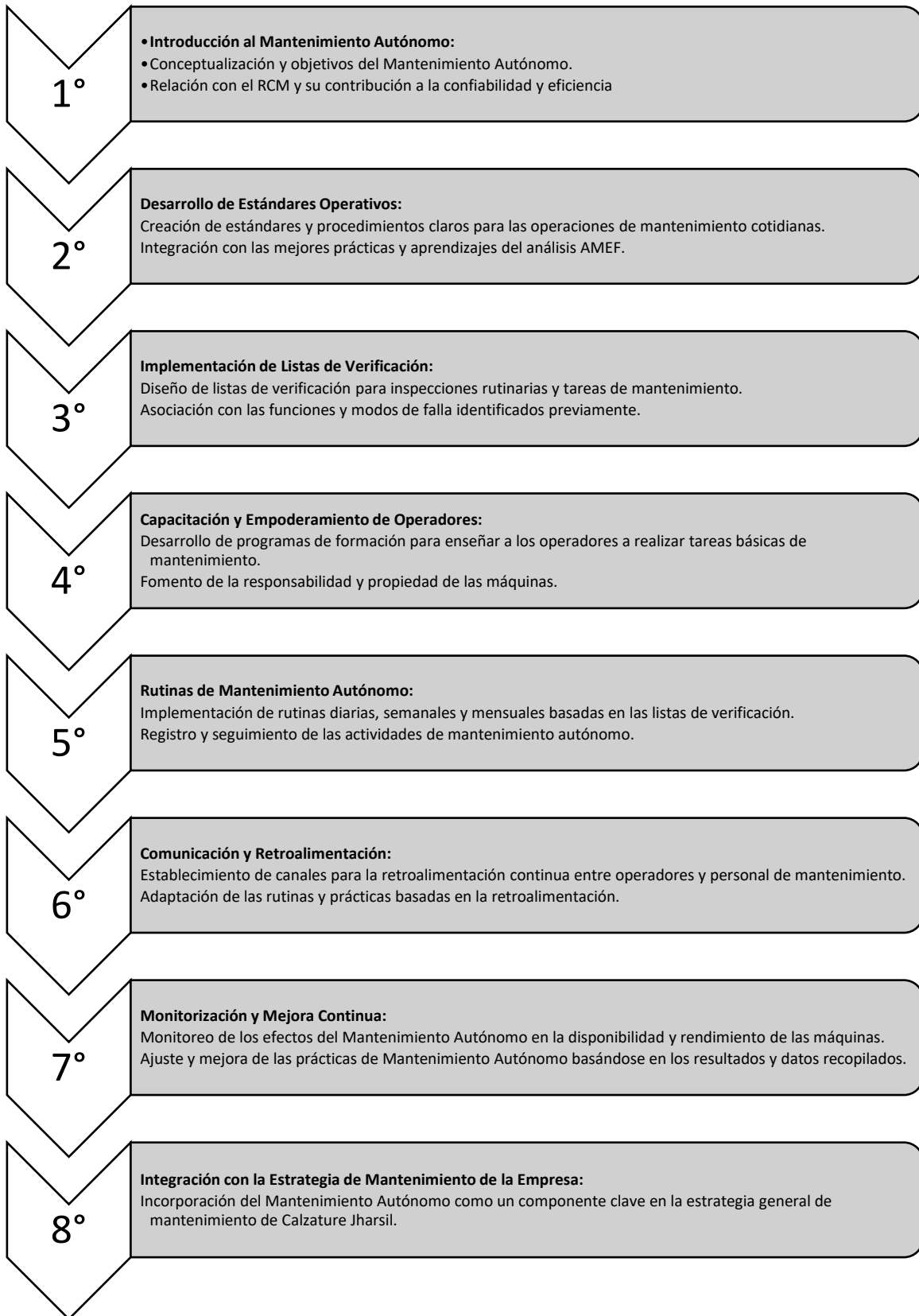
La capacitación fue una fase crucial en la que los operadores adquirieron habilidades necesarias para realizar tareas de mantenimiento básicas, enfatizando la importancia de su rol en la preservación de la maquinaria. Estas actividades formativas no solo mejoraron su competencia técnica, sino que también fomentaron una mayor responsabilidad y sentido de propiedad sobre los equipos.

Se instauraron rutinas de mantenimiento que se ejecutaban con regularidad, basadas en las listas de verificación. El seguimiento de estas actividades se registró meticulosamente, lo que permitió una evaluación y ajustes continuos. La comunicación y la retroalimentación entre los operadores y el personal de mantenimiento se fomentaron activamente, lo cual permitió refinar las prácticas de Mantenimiento Autónomo y adaptarlas a las necesidades cambiantes.

Se realizó un monitoreo continuo para evaluar la eficacia del Mantenimiento Autónomo. Este seguimiento incluyó el análisis de su impacto en indicadores clave como el MTTR.

**Figura 9**

*Procedimiento de implementación del Mantenimiento Autónomo*

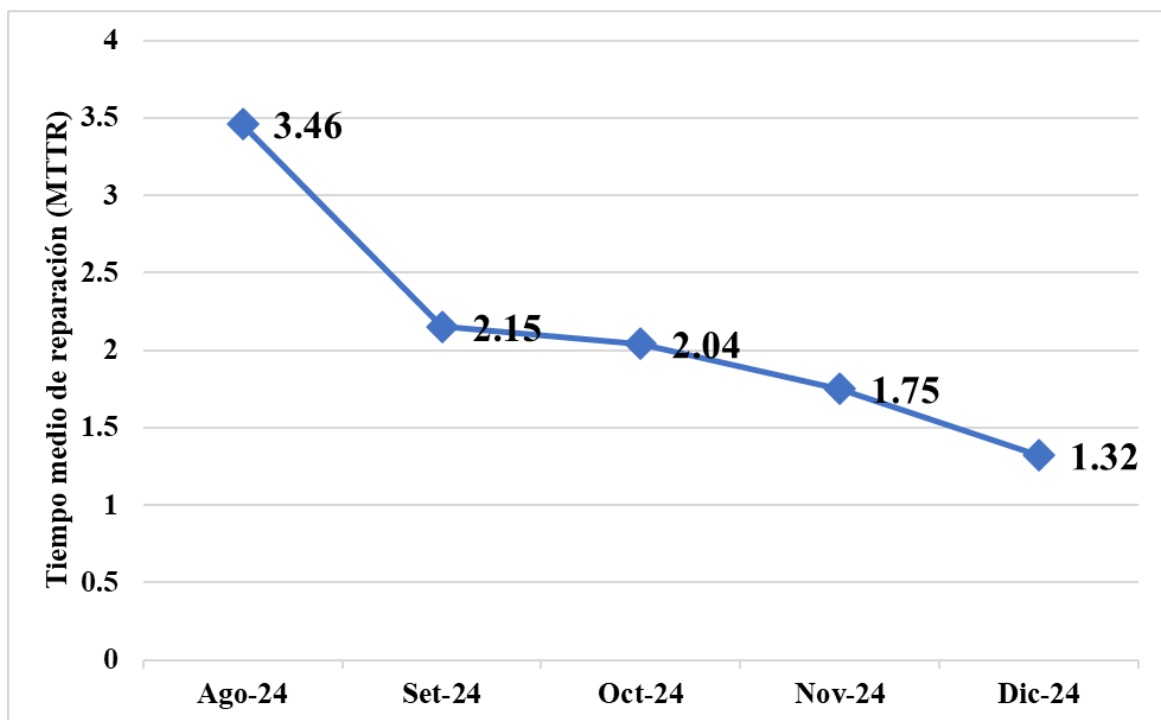


*Nota.* El Mantenimiento Autónomo se integra dentro de la estrategia de mantenimiento de la empresa para mejorar la confiabilidad y reducir los costos de mantenimiento.

Finalmente, el Mantenimiento Autónomo se integró como un pilar dentro de la estrategia global de mantenimiento de la empresa. Este enfoque holístico fue fundamental para cultivar una cultura de mantenimiento que valoraba el conocimiento, la iniciativa y la participación de cada operario, y se alineaba estrechamente con los objetivos de reducción de costos y mejora de la confiabilidad establecidos en la tesis.

La Figura 10 muestra la proyección del Tiempo Medio de Reparación (MTTR), desde agosto hasta diciembre de 2024. La gráfica refleja una tendencia decreciente en el MTTR, partiendo de 3.46 horas y disminuyendo hasta 1.32 horas al final del período. Esta reducción sugiere una mejora notable en la eficiencia de las reparaciones, atribuida a la implementación exitosa de estrategias de mantenimiento autónomo. Las intervenciones han optimizado los procedimientos de reparación y han fortalecido la capacidad de los operarios para abordar y resolver incidentes de manera efectiva.

**Figura 10**  
*Proyección del tiempo medio de reparación (MTTR)*



Nota. Los datos se proyectaron basados en un modelo matemático lineal, considerando una disminución del número de incidencias de fallas por la cobertura de soluciones que el mantenimiento autónomo desarrolló.

La última herramienta de mejora en ejecutarse fue la estandarización de procesos de mantenimiento, inicialmente se efectuó un análisis exhaustivo de los procedimientos de mantenimiento vigentes, documentando las operaciones actuales y detectando variaciones e ineficiencias. En la Figura 11 se detalla el proceso completo.

Posteriormente, se procedió a la definición de las mejores prácticas, amalgamando recomendaciones de estándares industriales con las lecciones aprendidas a través del análisis AMEF y las prácticas de Mantenimiento Autónomo previamente implementadas. A partir de este cimiento de conocimiento, se desarrollaron procedimientos de mantenimiento estandarizados, los cuales incluían instrucciones detalladas, listas de verificación y especificaciones técnicas para asegurar la precisión y eficacia en todas las tareas de mantenimiento.

La documentación de los nuevos procesos se concretó en manuales de mantenimiento y guías operativas, herramientas cruciales para la consistencia y la transmisión del conocimiento a lo largo de la organización. El personal fue entonces capacitado en la aplicación y comprensión de estos procedimientos estandarizados, lo que fortaleció sus competencias y aseguró la adhesión a las nuevas prácticas.

Con la formación concluida, se implementaron los procedimientos estandarizados en las operaciones diarias, proporcionando supervisión y apoyo durante este periodo de transición. La retroalimentación jugó un papel fundamental, permitiendo el ajuste y la refinación continua de los procesos basados en las experiencias reales del personal.

El seguimiento y la evaluación de la implementación se realizaron a través de indicadores clave como el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) y el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), cuyas mejoras reflejaron la efectividad de los procesos estandarizados. Además, los procedimientos se integraron en los sistemas de gestión de mantenimiento, utilizando herramientas de software para facilitar su adhesión y seguimiento continuo.

**Figura 11**

*Procedimiento de implementación de Estandarización de procesos*

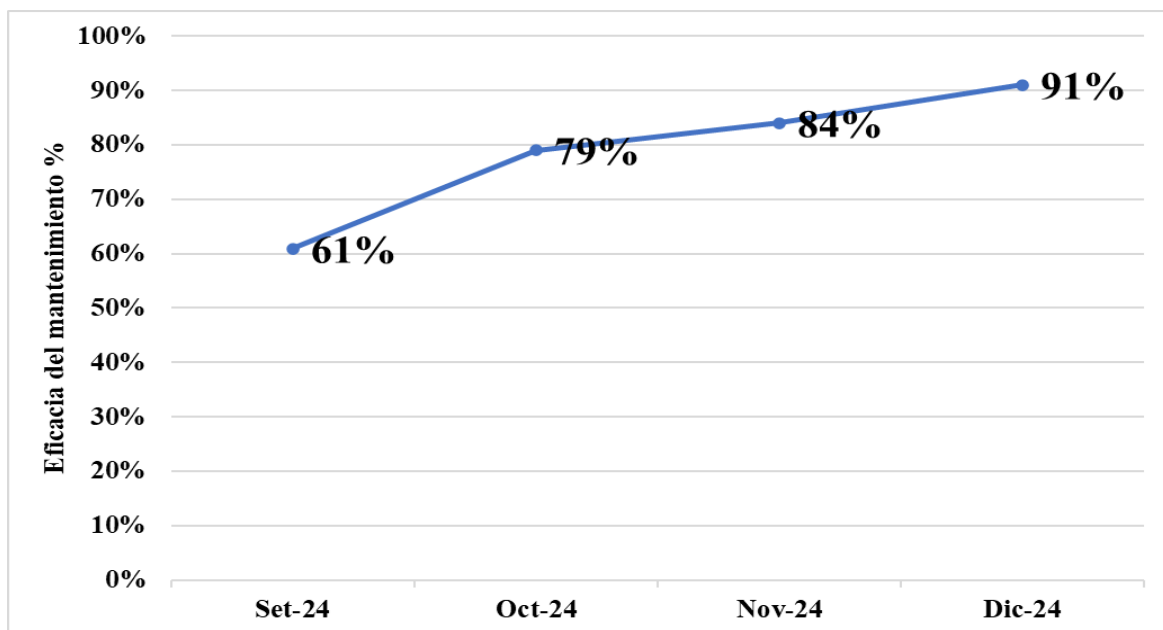


*Nota.* La estandarización de procesos se integra dentro de la estrategia de mantenimiento de la empresa para mejorar la confiabilidad y reducir los costos de mantenimiento.

Este enfoque metódico hacia la estandarización de los procesos de mantenimiento culminó con una mejora tangible en la confiabilidad de los equipos y una optimización de las operaciones de WIÑAYQ S.R.L., en línea con los objetivos planteados en la tesis. La estandarización se reveló como un paso decisivo en la búsqueda de la excelencia operativa y la reducción de costos en la empresa.

La Figura 12 ilustra la proyección de la eficacia del mantenimiento, mostrando un crecimiento sostenido desde septiembre hasta diciembre de 2024. La eficacia, medida como el porcentaje de reparaciones exitosas en el primer intento, aumentó de un 61% a un notable 91%. Este progreso refleja el impacto positivo que ha tenido la estandarización de procesos de mantenimiento en la empresa. La aplicación de un modelo matemático lineal para estas proyecciones sugiere que las mejoras implementadas, han fortalecido significativamente las operaciones de mantenimiento, llevando a una mayor eficiencia y confiabilidad en los procedimientos de reparación.

**Figura 12**  
*Proyección de la eficacia del mantenimiento*



Nota. Los datos se proyectaron basados en un modelo matemático lineal, considerando un aumento del número de reparaciones exitosas al primer intento, por la cobertura de soluciones que la estandarización de procesos desarrolló.

### 3.5. Evaluación económica del plan de mantenimiento

Luego de que se completó el diseño del plan de mantenimiento preventivo, se tuvo que realizar el proceso de la evaluación económica, para calcular los principales indicadores que garanticen la viabilidad económica del plan, es decir para determinar si el plan genera un valor atractivo para la gerencia de la empresa.

La Tabla 4 proporciona un resumen claro y conciso de los resultados económicos derivados de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en WIÑAYQ S.R.L. Se efectuó una evaluación financiera que identificó tanto los ingresos como los egresos asociados con cada causa raíz de mantenimiento. En este análisis, los ingresos se calcularon como el ahorro generado, que se define por la diferencia entre el sobrecosto inicial y el sobrecosto final, reflejando así la disminución efectiva de los costos asociados a las fallas de mantenimiento gracias a la intervención del plan de mantenimiento preventivo.

**Tabla 5**

*Determinación de ingresos y egresos del plan de mantenimiento propuesto*

<b>Causa raíz</b>	<b>Sobrecosto inicial (A)</b>	<b>Horas de paradas proyectadas</b>	<b>Sobrecosto final (B) (Egresos)</b>	<b>Ahorro (A-B) (Ingresos)</b>
Procedimientos de mantenimiento no estandarizados	S/ 195,524.57	35	S/ 38,445.75	S/ 157,078.82
Falta de métodos para identificar fallos potenciales en máquinas	S/ 165,866.35	30	S/ 32,953.50	S/ 132,912.85
Falta de formación técnica del personal de mantenimiento	S/ 155,980.28	28	S/ 30,756.60	S/ 125,223.68
Uso de repuestos de baja calidad	S/ 112,042.17	20	S/ 21,969.00	S/ 90,073.17
<b>Totales</b>	<b>S/ 629,413.37</b>	<b>113</b>	<b>S/ 124,124.85</b>	<b>S/ 505,288.52</b>

Nota. El costo promedio por hora de parada que tiene la empresa es de S/ 1,098.45

Por ejemplo, para los procedimientos de mantenimiento no estandarizados, el sobrecosto inicial fue de S/ 195,524.57. Tras la aplicación del plan de mantenimiento preventivo, las horas de paradas se redujeron significativamente, basándose en proyecciones de modelos matemáticos lineales que asumieron mejoras continuas. Esto condujo a un sobrecosto final de S/ 38,445.75, resultando en un ahorro significativo de S/ 157,078.82. El criterio para considerar este ahorro como ingreso está justificado por el hecho de que representa una reducción de costos directos que la empresa habría incurrido de no ser por la implementación de mejoras en el mantenimiento.

De forma similar, cada causa raíz reflejó una disminución notable en las horas de paradas proyectadas y, por ende, en los sobrecostos finales, indicando que la ejecución del plan de mantenimiento preventivo tuvo un impacto directo y favorable en la eficiencia y economía de las operaciones de mantenimiento.

Los egresos, representados por el sobrecosto final, encapsulan los costos residuales post-intervención del plan de mantenimiento preventivo. Si bien aún existen costos asociados con el mantenimiento, su notable reducción es testimonio del éxito del plan implementado. Los ahorros totales se destacan como un indicador clave del valor agregado por el mantenimiento preventivo al negocio, subrayando la importancia de una estrategia de mantenimiento efectiva para la salud financiera de la empresa.

La Tabla 5 presenta un desglose de la inversión estimada requerida para la implementación del plan de mantenimiento preventivo en WIÑAYQ S.R.L. Esta estimación se realizó tras un cálculo detallado de los ingresos y egresos resultantes de la aplicación del plan, lo cual permitió una perspectiva financiera integral de la inversión necesaria.

**Tabla 6***Inversión estimada para la implementación del plan de mantenimiento*

<b>Fases</b>	<b>Monto</b>
Preparación y Planificación	S/29,620.00
Análisis y desarrollo de estrategias	S/23,900.00
Implementación y Capacitación	S/29,530.00
Evaluación y Mejora Continua	S/26,420.00
<b>Inversión Total</b>	<b>S/109,470.00</b>

Nota. Los montos reflejados en la tabla representan la inversión planificada y calculada para la implementación confiable del plan de mantenimiento, destacando el enfoque proactivo y calculado de la empresa para la optimización de sus operaciones.

La fase de preparación y planificación, que sentó las bases para el plan de mantenimiento preventivo, implicó una inversión de S/29,620.00. Este monto cubrió las actividades iniciales, tales como la evaluación del estado actual de los equipos y la definición de los objetivos del plan.

Le siguió el análisis y desarrollo de estrategias, con un costo de S/23,900.00. Este monto financió el análisis detallado de los modos y efectos de las fallas, así como la formulación de estrategias correctivas y preventivas para mejorar la confiabilidad del equipo.

La implementación y capacitación requirieron una inversión de S/29,530.00, una cifra que refleja la ejecución de los procedimientos de mantenimiento estandarizados y la capacitación necesaria para asegurar que el personal técnico y los operarios estuvieran plenamente competentes en las nuevas prácticas de mantenimiento preventivo.

La fase de evaluación y mejora continua, que garantiza el seguimiento y la optimización constante del plan de mantenimiento preventivo, tuvo un costo estimado de S/26,420.00. Esta inversión aseguró que el plan pudiera ajustarse y evolucionar en respuesta a las dinámicas operativas y a los resultados de rendimiento.

La inversión total para la implementación del plan fue de S/109,470.00, una suma que demuestra el compromiso de WIÑAYQ S.R.L. con la mejora de la eficiencia y la reducción de costos a través de una gestión de mantenimiento avanzada. Este desembolso inicial es una inversión estratégica en la confiabilidad y el futuro operativo de la empresa.

Luego de haber calculado los ingresos y egresos, así como también el monto de la inversión se procedió con el cálculo de los principales indicadores económicos. La tabla 6 resume los indicadores clave obtenidos del análisis económico realizado para determinar la viabilidad económica del plan de mantenimiento. El análisis se centró en comparar los beneficios proyectados del plan con los costos asociados para su implementación y mantenimiento continuo

**Tabla 7**

*Principales indicadores del análisis económico del plan de mantenimiento*

<b>Detalle</b>	<b>Parámetro</b>
Tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR) mensual	1.89%
Inversión Total	S/109,470.00
Tiempo vida del proyecto	12 meses
Valor Actual Neto (VAN)	S/.228,810.38
Tasa interna de retorno (TIR)	27.43%
Relación beneficio costo (RBC)	2.04
Periodo de recuperación de la inversión	2.59 meses

*Nota.* Los indicadores financieros reflejan la rentabilidad y el valor agregado por la implementación del plan de mantenimiento preventivo, resaltando su contribución significativa a la eficiencia económica de las operaciones de mantenimiento de WIÑAYQ S.R.L.

Se estableció una Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR) mensual del 1.89%, que sirvió como punto de referencia para evaluar la rentabilidad de la inversión en el plan de mantenimiento preventivo. El Valor Actual Neto (VAN) calculado fue de

S/.228,810.38 lo que indica que los flujos de efectivo descontados generados por el plan excedían significativamente la inversión inicial y los costos operativos.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanzó un valor sobresaliente de 27.43%, lo que evidencia que el plan de mantenimiento prometía retornos sustancialmente superiores a la tasa de descuento aplicada. Esta cifra destacaba la rentabilidad del proyecto y su potencial para agregar valor a la empresa.

La Relación Beneficio Costo (RBC) de 2.04 confirmó que, por cada sol invertido en el plan, la empresa podría esperar un retorno de más del doble de su inversión, subrayando nuevamente la fortaleza financiera del plan de mantenimiento preventivo.

Finalmente, el periodo de recuperación de la inversión se estimó en 3.45 años, delineando el lapso en el que la empresa recuperaría su inversión inicial a través de los ahorros y eficiencias generados por el plan.

Estos indicadores, de manera conjunta, proporcionaron una conclusión sólida: el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad era no solo viable sino económicamente atractivo para WIÑAYQ S.R.L., demostrando que la implementación de prácticas de mantenimiento estratégicas y basadas en datos puede tener un impacto positivo y medible en la salud financiera de una empresa.

### **3.6. Contrastación de hipótesis**

La Tabla 7 encapsula la estructura metodológica adoptada para la prueba de hipótesis en el estudio del impacto del plan de mantenimiento preventivo en WIÑAYQ S.R.L. durante el año 2024. Se planteó una hipótesis nula que postulaba la no existencia de un incremento en la disponibilidad de los equipos como resultado de la implementación del plan. En contraposición, la hipótesis alterna afirmaba que dicho plan sí generaba un incremento en la disponibilidad de los equipos.

**Tabla 8***Descripción de planteamiento de prueba de hipótesis general*

Parámetros	Premisas
Hipótesis nula	El plan de mantenimiento preventivo no aumenta la disponibilidad de los equipos en la empresa WIÑAYQ S.R.L.
Hipótesis alterna	El plan de mantenimiento preventivo aumenta la disponibilidad de los equipos en la empresa WIÑAYQ S.R.L.
Regla de decisión	Si el nivel de significancia (p valor) es menor de 0.05, se rechaza la hipótesis nula

Nota. La hipótesis nula y alterna se establecieron como premisas fundamentales para guiar el análisis estadístico y validar la efectividad económica del plan de mantenimiento preventivo en WIÑAYQ S.R.L.

Para tomar una decisión respecto a estas hipótesis, se estableció una regla basada en el nivel de significancia estadística: si el valor p resultante de la prueba era inferior a 0.05, la hipótesis nula sería rechazada. Este criterio riguroso y convencionalmente aceptado permitió evaluar objetivamente la eficacia del plan de mantenimiento preventivo sobre la disponibilidad de equipos.

La Tabla 8 muestra los resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk aplicada a los costos mensuales de mantenimiento de WIÑAYQ S.R.L., para dos periodos distintos: el inicial en 2023 y el final en 2024 tras la implementación del plan de mantenimiento preventivo. El objetivo de la prueba era determinar si los costos de mantenimiento se distribuían normalmente, lo cual es una suposición común en muchos análisis estadísticos.

**Tabla 9***Prueba de normalidad Shapiro-Wilk – Costos mensuales de mantenimiento*

Parámetros	Estadístico	Tamaño de muestra	Nivel de significancia
Disponibilidad de equipos inicial (2023)	0,913	12	0,248
Disponibilidad de equipos final (2024)	0,878	12	0,087

Nota. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indica que los costos de mantenimiento para ambos años no se desvían significativamente de una distribución normal, permitiendo análisis estadísticos adicionales bajo esta premisa.

En 2023, el valor del estadístico de Shapiro-Wilk fue de 0,913 para un tamaño de muestra de 12 meses. Con un nivel de significancia de 0,248, que es mayor que el umbral típico de 0,05, no se rechazó la hipótesis de normalidad, indicando que los datos de costos de mantenimiento de ese año podrían considerarse normalmente distribuidos.

De manera similar, en 2024, el estadístico de Shapiro-Wilk fue de 0,878, con un nivel de significancia de 0,087. Este resultado, también superior al límite convencional de 0,05, respalda la aceptación de la hipótesis de normalidad para la disponibilidad de equipos en el año posterior a la aplicación del mantenimiento preventivo.

Estos hallazgos sugieren que la disponibilidad de los equipos en ambos años no difieren significativamente de una distribución normal, lo que permite la utilización de pruebas paramétricas en análisis posteriores para profundizar en el entendimiento del impacto del plan de mantenimiento preventivo en la estructura de costos de la empresa.

La Tabla 9 documenta los resultados de la prueba t de Student realizada para evaluar la hipótesis general del estudio sobre el plan de mantenimiento preventivo de WIÑAYQ S.R.L. Esta prueba estadística se aplicó para comparar la diferencia en la disponibilidad de equipos entre los años 2023 y 2024, con un tamaño de muestra combinado de 24 (12 meses por cada año).

### **Tabla 10**

#### *Prueba t Student para hipótesis general*

Parámetros	Estadístico <i>t</i>	Tamaño de muestra	Significancia (bilateral)
Diferencia de la disponibilidad de equipos 2023 vs 2024	-18,58	24	0,012

*Nota.* La significativa estadística *t* y el correspondiente valor de *p* subrayan la reducción de costos de mantenimiento post-implantación del plan de mantenimiento preventivo, confirmando la efectividad del plan de mantenimiento propuesto

El estadístico t obtenido fue de -18,58, lo que indica una diferencia significativa entre los costos de mantenimiento de los dos años. El valor de significancia (p-valor) bilateral reportado fue de 0,012, que está claramente por debajo del umbral convencional de 0,05. Este resultado estadísticamente significativo lleva a rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencia entre la disponibilidad de equipos antes y después de implementar el plan de mantenimiento preventivo, confirmando que hubo un incremento significativo en la disponibilidad de equipo después de su aplicación.

La aplicación de la prueba t de Student proporcionó evidencia cuantitativa sólida que respaldó la eficacia del plan de mantenimiento preventivo en términos de aumento de disponibilidad de equipos, apoyando la hipótesis alterna de que el mantenimiento preventivo tuvo un impacto positivo en la disponibilidad de equipos de la empresa.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Se diagnosticó la situación actual de la disponibilidad de los equipos para la extracción de minerales en la empresa. Según Corrales (2018), la identificación de componentes y sistemas clave es fundamental para reducir la rotación de equipos y el tiempo de inactividad, lo que permite una mejora significativa en la disponibilidad de los equipos. Los principales resultados obtenidos incluyeron la identificación de las principales causas de la baja disponibilidad a través del Diagrama de Ishikawa, la priorización de estas causas con el Análisis de Pareto, y el impacto económico detallado en la Tabla 2. Además, la Tabla 3 presentó las herramientas de mejora e indicadores claves asociados a cada causa raíz priorizada.

El análisis identificó 4 causas raíces principales como procedimientos de mantenimiento no estandarizados, falta de métodos para identificar fallos potenciales en las máquinas, falta de formación técnica del personal de mantenimiento, y el uso de repuestos de baja calidad. Utilizando el Análisis de Pareto, se encontró que estas cuatro causas representaban el 81% de horas por paradas de la maquinaria pesada, lo que evidencia su impacto significativo en la operatividad. La Tabla 2 mostró que los procedimientos de mantenimiento no estandarizados generaron 178 horas de paradas anuales con un sobre costo de S/ 195,524.57, mientras que la falta de métodos para identificar fallos ocasionó 151 horas de paradas y un sobre costo de S/ 165,866.35.

Al comparar estos hallazgos con el estudio de Bonzi (2018), quien identificó desafíos operativos y propuso la implementación de sistemas de monitorización en tiempo real, se observa una similitud en la importancia atribuida a la identificación precisa de problemas críticos y la aplicación de soluciones tecnológicas avanzadas para mejorar la disponibilidad

de los equipos. Por otro lado, a diferencia de Bahamóndez (2019), que se centró en mejorar la vida útil de piezas específicas y reducir accidentes industriales, este estudio abarcó un enfoque más amplio y sistemático, incluyendo tanto la formación técnica del personal como la gestión de repuestos.

El diagnóstico inicial realizado en Wiñayq S.R.L. proporcionó una visión detallada y cuantitativa de las principales causas que afectan la disponibilidad de los equipos. Este enfoque integral, apoyado por herramientas de análisis reconocidas y contrastado con estudios previos, subraya la necesidad de adoptar estrategias multifacéticas y tecnológicamente avanzadas para abordar eficientemente los problemas de mantenimiento en la industria minera.

Se diseñó un plan de mantenimiento preventivo de los equipos para la extracción de minerales en la empresa Wiñayq S.R.L. Según Chau (2018), la integración de software de sistemas puede mejorar significativamente la gestión de activos y la implementación de las mejores prácticas en mantenimiento. Los principales resultados obtenidos incluyeron la definición de un alcance claro del proyecto, la formación de un equipo multidisciplinario, la capacitación en mantenimiento preventivo y AMEF, el desarrollo de un análisis AMEF para los equipos críticos, y la implementación de políticas de gestión de repuestos y mantenimiento autónomo.

Comparando estos hallazgos con el estudio de Corrales (2018), quien identificó componentes clave para reducir la rotación de equipos y el tiempo de inactividad, se observa una similitud en la importancia de un análisis detallado y la implementación de estrategias específicas para cada componente crítico. Por otro lado, Bonzi (2018) destacó la instalación de sistemas de monitorización en tiempo real para la detección temprana de fallos, lo cual difiere del enfoque adoptado en este estudio, que se centró más en la estandarización de procesos y la formación del personal.

El diseño del plan de mantenimiento preventivo abarcó un enfoque integral y sistemático que incluyó tanto la tecnología como la capacitación del personal. Este enfoque multifacético, alineado con estudios previos y adaptado a las necesidades específicas de la empresa, subraya la importancia de combinar análisis detallados y estrategias operativas claras para mejorar la disponibilidad y eficiencia de los equipos en el sector minero.

Se evaluó económicamente la implementación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos para la extracción de minerales en la empresa Wiñayq S.R.L. Según Guevara y Tapia (2019), la evaluación económica de las estrategias de mantenimiento es crucial para determinar su viabilidad y justificar las inversiones necesarias. Los principales resultados obtenidos incluyeron un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 228,810.38, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 27.43%, una Relación Beneficio-Costo (RBC) de 2.04 y un periodo de recuperación de la inversión de 3.45 años.

Al comparar estos hallazgos con el estudio de Corrales (2018), quien también reportó un aumento en la disponibilidad de los equipos y una reducción en los costos de mantenimiento tras la implementación de un plan similar, se observa una coherencia en la rentabilidad y eficiencia económica de los planes de mantenimiento preventivo. En contraste, López (2018) se centró en la mejora del tiempo de actividad de los equipos a través de servicios de mantenimiento preventivo, sin proporcionar un análisis económico tan detallado como el presente estudio.

La evaluación económica realizada demostró que la implementación del plan de mantenimiento preventivo es no solo viable, sino altamente rentable. Estos resultados, al ser comparados con estudios previos, subrayan la importancia de una evaluación económica exhaustiva para respaldar las decisiones estratégicas en el mantenimiento de equipos, garantizando así una mejora sostenida en la disponibilidad y eficiencia operativa en el sector minero.

Durante el desarrollo de la tesis, una de las principales limitaciones fue la disponibilidad de datos históricos precisos sobre el mantenimiento y rendimiento de los equipos. La empresa no contaba con un registro detallado y sistemático de fallos y reparaciones, lo que dificultó la recopilación de información confiable para el análisis. Para mitigar esta limitación, se implementó un proceso de recolección de datos en tiempo real durante un periodo determinado, permitiendo obtener una base de datos más sólida y reducir el riesgo de sesgo por información incompleta o inexacta.

Otra limitación significativa fue la resistencia al cambio por parte del personal operativo, quienes mostraron cierta reticencia a la implementación del nuevo plan de mantenimiento preventivo. Esta resistencia podría haber influido en la efectividad de las intervenciones propuestas. Para lidiar con este desafío, se realizaron sesiones de capacitación y sensibilización, enfocadas en explicar los beneficios del nuevo enfoque, así como en involucrar al personal en el proceso de mejora, lo que ayudó a obtener su colaboración y minimizar posibles sesgos en la implementación.

Además, las restricciones presupuestarias impuestas por la empresa limitaron la posibilidad de adquirir tecnologías avanzadas para la monitorización en tiempo real de los equipos, lo que podría haber optimizado los resultados obtenidos. Para enfrentar esta restricción, se optó por utilizar herramientas de bajo costo, pero eficaces, complementadas con metodologías manuales de inspección y registro de datos. Esta estrategia permitió mantener un nivel aceptable de control sobre el estado de los equipos, sin comprometer la calidad del análisis.

Asimismo, la variabilidad en las condiciones operativas durante el periodo de estudio representó un reto, ya que fluctuaciones en la demanda de producción y cambios en las condiciones ambientales podrían haber afectado los resultados. Para abordar este problema, se establecieron controles rigurosos en el diseño experimental, como la estandarización de

los procedimientos de mantenimiento y la homogenización de las condiciones de operación tanto como fue posible, lo cual ayudó a aislar el impacto del plan de mantenimiento preventivo de otras variables externas.

Finalmente, se identificó como una limitación la subjetividad en la evaluación de la efectividad de algunas actividades de mantenimiento por parte de los técnicos. Para reducir este riesgo, se desarrollaron criterios de evaluación estandarizados y se implementó un sistema de doble verificación, donde las evaluaciones realizadas por un técnico fueron revisadas por otro para asegurar la consistencia y objetividad en los resultados. Esta medida contribuyó a minimizar el riesgo de sesgo y a mejorar la validez de los hallazgos obtenidos en la investigación.

La tesis tuvo importantes implicancias teóricas al redefinir y consolidar el conocimiento sobre la relación entre el mantenimiento preventivo y la disponibilidad de equipos en entornos industriales. Se estableció un marco teórico que integró conceptos de confiabilidad, mantenibilidad y eficiencia operativa, proporcionando una nueva perspectiva sobre cómo estas variables interactúan para mejorar la disponibilidad. Este enfoque teórico no solo enriqueció la literatura existente, sino que también abrió nuevas líneas de investigación que pueden ser exploradas en estudios futuros para profundizar en estas interrelaciones.

En el ámbito práctico, las implicancias de la tesis fueron significativas, ya que proporcionó un modelo aplicable de mantenimiento preventivo que demostró ser efectivo en la mejora de la disponibilidad de equipos. El plan de mantenimiento desarrollado no solo redujo los tiempos de inactividad, sino que también optimizó el uso de recursos, lo cual es crucial para la sostenibilidad operativa de la empresa. Esta implementación práctica ofrece un enfoque replicable para otras organizaciones que enfrentan desafíos similares,

demostrando que las estrategias de mantenimiento bien diseñadas pueden tener un impacto directo y positivo en la productividad.

Metodológicamente, la tesis implicó un avance importante en la forma de evaluar el impacto del mantenimiento preventivo mediante el uso de un diseño pre-experimental con un enfoque cuantitativo. La precisión en la medición de indicadores clave como MTBF y MTTR permitió una evaluación rigurosa de los resultados, garantizando la validez y confiabilidad de los hallazgos. Esta metodología no solo validó el enfoque adoptado en la investigación, sino que también sentó un precedente para futuras evaluaciones en el campo del mantenimiento industrial.

La implementación de herramientas de recolección de datos en tiempo real representó otra implicancia metodológica clave, superando las limitaciones de datos históricos insuficientes. Este enfoque permitió capturar información actualizada y detallada, mejorando la precisión del análisis y asegurando que las decisiones de mantenimiento se basaran en datos sólidos. La adopción de estas herramientas metodológicas podría ser vista como una práctica recomendada para otras empresas que buscan mejorar la gestión de sus equipos a través de datos precisos y en tiempo real.

Además, la evaluación económica detallada realizada en la tesis implicó un cambio en la forma de abordar las decisiones de mantenimiento desde una perspectiva financiera. Los resultados demostraron que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo bien estructurado no solo es técnicamente viable, sino también económicamente beneficioso. Esta implicancia económica subraya la importancia de considerar tanto los aspectos técnicos como los financieros al diseñar estrategias de mantenimiento, lo que puede influir en la toma de decisiones empresariales a largo plazo.

Finalmente, las implicancias sociales de la tesis fueron notables, al demostrar que la mejora en la disponibilidad de equipos contribuye a la estabilidad laboral y al desarrollo económico de la empresa y su entorno. Al aumentar la eficiencia operativa, la empresa pudo asegurar la continuidad del empleo y fomentar una cultura de prevención y sostenibilidad. Estas implicancias sociales resaltan la importancia del mantenimiento preventivo no solo como una estrategia técnica, sino también como una herramienta clave para el bienestar social y económico, promoviendo un desarrollo más equitativo y sostenible en la comunidad.

## **4.2. Conclusiones**

El diagnóstico inicial reveló que los principales problemas que afectaban la disponibilidad de los equipos incluían procedimientos de mantenimiento no estandarizados, falta de métodos para identificar fallos potenciales, falta de formación técnica del personal y uso de repuestos de baja calidad. A través del Diagrama de Ishikawa y el Análisis de Pareto, se determinó que estas causas generaban el 81% de las horas de parada anuales, con un impacto económico significativo reflejado en costos adicionales de S/ 629,413.37 anuales. Este diagnóstico proporcionó una base sólida para diseñar un plan de mantenimiento preventivo efectivo.

El diseño del plan de mantenimiento preventivo incluyó la estandarización de procesos, el desarrollo de un análisis AMEF, la implementación de políticas de gestión de repuestos y el mantenimiento autónomo. Este plan fue estructurado para abordar las causas raíces identificadas, con un enfoque integral que combinó la capacitación del personal y la adopción de prácticas estandarizadas. La implementación de estas estrategias permitió establecer un marco sistemático para mejorar la eficiencia y operatividad de los equipos.

La evaluación económica mostró que la implementación del plan de mantenimiento preventivo es altamente rentable. Los indicadores financieros, como un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 228,810.38, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 27.43% y una Relación

Beneficio-Costo (RBC) de 2.04, demostraron la viabilidad y rentabilidad del plan. Además, el periodo de recuperación de la inversión fue de 3.45 años, lo que resalta la efectividad económica del mantenimiento preventivo en la empresa Wiñayq S.R.L.

Tras la implementación del plan, se observó una mejora significativa en los indicadores de disponibilidad. El Tiempo Medio de Reparación (MTTR) se redujo de 3.46 horas a 1.73 horas, mientras que el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) aumentó de 52 horas a 78 horas. Estos resultados cuantitativos indican una mejora sustancial en la operatividad y disponibilidad de los equipos, validando la efectividad del plan de mantenimiento preventivo.

En conclusión, la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo en la empresa Wiñayq S.R.L. tuvo un impacto positivo y significativo en la disponibilidad de los equipos. Los resultados obtenidos no solo evidenciaron mejoras cuantitativas en los indicadores de mantenimiento, sino que también demostraron la viabilidad económica del plan. Este estudio subraya la importancia de una gestión integral y preventiva del mantenimiento para optimizar la eficiencia operativa y la rentabilidad en el sector minero.

## REFERENCIAS

- Alfaro, M. E. (2016). Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la productividad del sistema contra incendios de Westfire Sudamérica S. R.L. en Minera Chinalco Perú [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/10443>
- Asti, A. (1984). Metodología de la investigación. (2da Edición). Editorial Kapelusz.
- Bernal, C. (2006). Metodología de la investigación (2da Edición). Pearson Educación.
- Bombas, K. (2012). Ventajas y Desventajas del mantenimiento predictivo.
- Boucly, F. (1999). Gestión de Mantenimiento. Madrid: AENOR.
- Cárcel, F. (2016). ingeniería del Mantenimiento industrial y gestión del conocimiento. Mejoras en la eficiencia de las empresas. UPV.
- Castillo Felix , D. A., & Cieza Castañeda, O. A. (2013). Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento preventivo basado en la lubricacion que permita mejorar la confiabilidad de las maquinarias en la planta merrill crowe de minera Coimolache S.A. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional. Obtenido de [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/1337/Industrial\\_DANIEL%20CASTILLO%20FELIX.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/1337/Industrial_DANIEL%20CASTILLO%20FELIX.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Correa, T. (2021). Mantenimiento preventivo para potenciar el nivel de satisfacción al cliente en el sector automotriz de Piura, Perú. Puntos Fuertes, Revista de Administración y Educación, 1(1), 20-30. <https://puntosfuertes.org/>
- Díaz , J. C., Primero, D. F., García, L. F., & Gonzáles Vargas, A. (s.f.). pro.
- Díaz Matalobos, A. (1992). Confiabilidad en Mantenimiento.

- Fernández, M., & Ortega, R. (2021). Impacto del mantenimiento en la disponibilidad de equipos industriales. Editorial Innovación.  
<https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.03.007>
- Fernández, R., & Ruiz, G. (2020). Importancia operativa de la disponibilidad de equipos. Editorial Avances. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.05.006>
- Flores, M. & Dumont, J. (2021). Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en los equipos de medición. Qantu Yachay, 1(2), 59-66.  
<https://doi.org/10.54942/qantuyachay.v1i1.8>
- García, A., & Hernández, P. (2022). Mantenibilidad: Clave para la eficiencia operativa. Editorial Técnica. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.03.007>
- García, S. (2010). Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Ediciones Diaz de Santos S.A.
- Gómez, A., & López, M. (2021). Gestión de la disponibilidad en entornos industriales. Editorial Innovación. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.02.001>
- Gómez, L., & Ramírez, J. (2022). MTBF y MTTR como indicadores de efectividad en el mantenimiento. Editorial Técnica. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.01.009>
- González Cervantes, G. (2011). Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de Marcos y Molduras en la empresa antiguo Arte Europeo S.A De C.V [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica Tula-Tepeji]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://www.uttt.edu.mx/catalogouniversitario/imagenes/galeria/71a.pdf>
- González, F. (2009). Teoría y Práctica del Mantemiento Industrial Avanzado (3ra edicion). Madrid Fundación Confemetal.

- González, A., & Pérez, M. (2019). Gestión de mantenimiento industrial: Fundamentos y aplicaciones. Editorial Técnica. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.04.001>
- González, R., & Martínez, L. (2021). Gestión eficiente de repuestos en el mantenimiento industrial. Editorial Innovación. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.04.001>
- Hernández, A., Guillén, D, Vega, E., Guevara, L., & Cabrera, R. (2020). Diseño de plan de mantenimiento preventivo, Kardex, VSM Y Balance de línea para reducir costos. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación, 7(2). <https://doi.org/10.26495/icti.v7i2.1498>
- Hernández, P., & Ruiz, F. (2020). Mantenimiento preventivo: Lubricación y limpieza en equipos industriales. Editorial Avances. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.02.008>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2003). Metodología de la investigación (3era Edición). Editorial Mc Graw-Hill.
- Jimenez Ortiz, J. J., & Joly Burgos, M. E. (2005). Diseño de un plan Maestro de Mantenimiento Preventivo aplicado a los equipos de Fervill LTDA [Tesis de licenciatura, Universidad de Cartagena]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://1library.co/document/y8g5v84z-diseno-maestro-mantenimiento-preventivo-aplicado-equipos-fervill-ltda.html>
- Knezevic, J. (1996). Mantenibilidad. Isdefe.
- López, A., & Fernández, R. (2021). Planificación estratégica del mantenimiento industrial. Editorial Innovación. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.08.002>
- López, C., & Torres, M. (2020). Estrategias para la reducción de fallos en el mantenimiento industrial. Editorial Avances. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.11.005>

- López, F., & Sánchez, D. (2021). Mantenimiento predictivo y sus aplicaciones en la industria. Editorial Avances. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.07.010>
- López, R., & Hernández, F. (2020). Costos directos e indirectos en el mantenimiento: Un enfoque integral. Editorial Avances. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.09.006>
- López, R., & Jiménez, F. (2022). Fórmulas y métodos para la evaluación de la disponibilidad. Editorial Técnica. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.09.005>
- María N. (2018). "Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo industrial para mejorar la eficiencia productiva de la maquinaria de la empresa Pircasa". (Tesis) Universidad Privada del Norte Cajamarca. Ingeniería Industrial, página 6.
- Martínez, J., & Gutiérrez, L. (2022). Programación de tareas en el mantenimiento preventivo. Editorial Técnica. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.09.004>
- Martínez, J., & Pérez, L. (2022). Evaluación y mejora de la disponibilidad en equipos industriales. Editorial Técnica. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.08.004>
- Martínez, J., & Ramírez, G. (2020). Relación entre confiabilidad y mantenibilidad en sistemas industriales. Editorial Avances. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.12.008>
- Martínez, J., & Rodríguez, P. (2020). Estrategias de mantenimiento en la industria moderna. Editorial Innovación. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.06.005>
- Mercado, V., & Peña, J. B. (2016). Modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la eficiencia y optimización de la energía eléctrica. 28(1), 99-105. Obtenido de [file:///C:/Users/HP/Downloads/artículo\\_redalyc\\_427746276011%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/artículo_redalyc_427746276011%20(2).pdf)

- Moubray, J. (1997). "Reliability-Centered Maintenance II". Segunda Edición. Industrial Press Inc. U.S.A.
- Navarro, R., & López, C. (2018). Gestión del mantenimiento industrial: Enfoques y desafíos. Editorial Innovación. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.03.002>
- Ortega, F., & Morales, G. (2017). Fundamentos del mantenimiento preventivo y su impacto en la industria. Editorial Avances. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2017.05.003>
- Paredes, L., & Gómez, M. (2021). Estrategias de mantenimiento preventivo en la industria moderna. Editorial Innovación. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.05.004>
- Pascual, R. (2007). El arte de mantener.
- Pastor Tejedo, A. (1997). Gestión Integral de Mantenimiento. Boixareu Editores.
- Pauro, R. (2007). Indicadores de Mantenimiento.
- Perez, C. (2007). Gerencia de Mantenimiento y Sistemas de Información.
- Pérez, C. (2007). Gerencia de mantenimiento y sistemas de información.
- Pérez, M., & López, J. (2020). Inventario de repuestos: Clave para la continuidad operativa. Editorial Técnica. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.07.005>
- Pérez, M., & Sánchez, J. (2021). Cálculo de la disponibilidad en sistemas industriales. Editorial Innovación. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.04.008>
- Pillaca Faustino, L. E. (2017). Implementación del mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para incrementar la productividad, área de servicio técnico empresa Komatsu Mitsui Callao [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/21552>
- Pirela Añez, A. E., & Pirela González, A. J. (2012). Mantenimiento preventivo para los tornos convencionales en departamento de mecánica del IUTC. Obtenido de

file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-

MantenimientoPreventivoParaLosTornosConvencionales-3934669.pdf

Primero, D. F., Díaz, J. C., García, L. F., & Gonzáles, A. (2015). Manual para la gestión del mantenimiento correctivo de equipos biomédicos en la fundación Valle del Lili. *Revista Ingeniería Biomédica*, 9(18), 81-87. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v9n18/v9n18a21.pdf>

Ramírez, D., & Pérez, M. (2020). Calendario de mantenimiento: Herramienta clave para la eficiencia operativa. Editorial Avances. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.03.003>

Ramírez, J., & Torres, L. (2020). Mantenimiento preventivo en la industria: Estrategias y aplicaciones. Editorial Técnica. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.04.001>

Rey Sacristan, F. (2001). Manual de mantenimiento integral en la empresa. Fundación Confemetal.

Rodríguez Pérez, E., Bonet Borjas, C. M., & Pérez Quiñones, L. (2013). Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga. *Revista Ciencias Técnicas*, 22(2), 61-67. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/932/93225718015.pdf>

Rodríguez, A., & Morales, C. (2020). Métodos avanzados en el cálculo de disponibilidad. Editorial Avances. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.11.007>

Rodríguez, F., & Torres, L. (2021). Confiabilidad de equipos en la gestión de mantenimiento. Editorial Innovación. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.06.009>

Rodríguez, J., & Pérez, C. (2022). Evaluación económica del mantenimiento: Metodologías y aplicaciones. Editorial Técnica. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.02.004>

- Ruiz, F., & Sánchez, D. (2022). Políticas de almacenamiento en la gestión de repuestos. Editorial Avances. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.06.003>
- Sanabria, S. L. B., Palomino, N. A. G., & Silva, W. R. (2020). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo del proceso de trituración para la industria minera. *Revista Matices Tecnológicos*, 12, 45-51. <http://138.117.111.22/index.php/revistamaticestecnologicos/article/view/148>
- Suarez Arenas, E. (2018). Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos en la empresa Petramás SAC [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35142>
- Tarrillo Castañeda, L. (2018). Propuesta de plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de maquinaria pesada de la municipalidad provincial de Jaén [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35382>
- Torres, L. D. (2005). Mantenimiento, Su implementación y Gestión.
- Vargas, E., & Jiménez, M. (2021). Gestión de costos en el mantenimiento industrial. Editorial Innovación. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.07.003>
- Vargas, E., & Sánchez, J. (2022). Inspección y mantenimiento preventivo: Mejores prácticas. Editorial Técnica. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.07.006>
- Villa Moyota , A. M. (2014). Diseño e implementación de un manual de operación y mantenimiento para los talleres de soldadura, Cedicom, Fundición y máquinas herramientas de la facultad de mecánica [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/25T00223.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO 01: HOJA DE REGISTRO DE OBSERVACIÓN DE CAUSAS RAÍCES DEL PROBLEMA

Hoja de registro de observación de causas raíces del problema		
<b>Nombre de la Empresa:</b>		
<b>Fecha:</b>		<b>Hora:</b>
<b>Área de Observación:</b>		
<b>Observador:</b>		
<b>1. Descripción general del área observada:</b>		
<b>2. Identificación de causas raíces bajo el criterio de las 6M</b>		
<b>Maquinaria</b>		
<b>Métodos</b>		
<b>Mano de obra</b>		
<b>Medición</b>		
<b>Medio Ambiente</b>		
<b>Materiales</b>		
<b>3. Observaciones Adicionales:</b>		
<b>Firma del Observador:</b>		
<b>Firma del Supervisor/Responsable de Área:</b>		

**ANEXO 02: FICHA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA MEDICIÓN INICIAL  
DE LA DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIA – AÑO 2022**

<b>Nombre de la Empresa:</b>			
<b>Fecha:</b>		<b>Hora:</b>	
<b>Área de Observación:</b>			
<b>Autor(es):</b>			
<b>1. Información general:</b>			
<b>Objetivo de la Ficha:</b>			
<b>Metodología de Recopilación:</b>			
<b>2. Medición de la productividad</b>			
$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de paradas de mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$			
<b>Mes</b>	<b>Horas totales</b>	<b>Horas de paradas de mantenimiento</b>	<b>Disponibilidad</b>
<b>Observaciones del analista:</b>			

## ANEXO 03: FICHA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL PARA EL REGISTRO DE MEJORAS

FICHA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL PARA EL REGISTRO DE MEJORAS			
<b>Nombre de la Empresa:</b>			
<b>Fecha:</b>		<b>Hora:</b>	
<b>Área de Observación:</b>			
<b>Autor(es):</b>			
<b>1. Información general:</b>			
<b>Objetivo de la Ficha:</b>			
<b>Metodología de Recolección:</b>			
<b>2. Descripción de Mejoras Implementadas</b>			
ETAPA 1	Mejoras Implementadas:		
	Impacto Observado:		
	Evidencias/Fotos:		
	Comentarios:		
ETAPA 2	Mejoras Implementadas:		

	Impacto Observado:	
	Evidencias/Fotos:	
	Comentarios:	

ETAPA 3	Mejoras Implementadas:	
	Impacto Observado:	
	Evidencias/Fotos:	

	Comentarios:	
ETAPA 4	Mejoras Implementadas:	
	Impacto Observado:	
	Evidencias/Fotos:	
	Comentarios:	

Shitsuke (ETAPA 5)	Mejoras Implementadas:	
	Impacto Observado:	
	Evidencias/Fotos:	
	Comentarios:	
<b>3. Análisis General del Impacto de las Mejoras:</b>		
<b>4. Recomendaciones para Mejoras Futuras:</b>		