

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE MINERAL DE LA EMPRESA JOSTRONICS INGENIERÍA, MANTENIMIENTO Y CONSTRUCCIÓN S.R.L, CAJAMARCA, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Alex Cueva Sánchez

**Asesor:**

Ing. Luis Roberto Quispe Vasquez

<https://orcid.org/0000-0002-6150-1912>

Cajamarca - Perú

### JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Ana Rosa Mendoza Azañero</b>	<b>45512232</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Fanny Emelina Piedra Cabanillas</b>	<b>47602202</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Ricardo Fernando Ortega Mestanza</b>	<b>40508943</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### “DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE MINERAL DE LA EMPRESA JOSTRONICS INGENIERÍA MANTENIMIENTO CONSTRUCCIÓN S.R.L, CA

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>9%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta tesis a mis amados hijos, quienes son la motivación constante de mi superación, a mi amada esposa y gran madre por el amor y apoyo incondicional en todas mis decisiones y a mis padres por haberme formado con cariño para ser una persona de bien.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por bendecirme, permitirme llevar una carrera profesional y por brindarme una hermosa familia. A mi familia por apoyarme y estar siempre a mi lado en los buenos y malos momentos. A los profesores de Ingeniería Industrial por sus conocimientos impartidos.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>JURADO EVALUADOR .....</b>	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.1 Realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema .....	18
1.3. Objetivos .....	18
1.4. Hipótesis.....	19
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>20</b>
2.1. Tipo de investigación .....	20
2.2. Población y muestra .....	21
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	23
2.4. Confiabilidad de instrumentos .....	24
2.5. Herramientas para el análisis de datos .....	24
2.6. Aspectos éticos.....	25
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
3.1. Resultados del diagnóstico del Sistema de mantenimiento preventivo actual:.....	26
3.2. Diseño de sistema de mantenimiento preventivo.....	32
3.3. Resultados de mejora del Sist. de mantenimiento preventivo y la disponibilidad.....	55
3.4. Resultados de la evaluación económica de la aplicación del sistema de gestión del mantenimiento preventivo.....	61
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
4.1. Discusión.....	64
4.2. Conclusiones .....	66
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Operacionalización de variables</i> .....	22
<b>Tabla 2</b> <i>Instrumentos de investigación</i> .....	23
<b>Tabla 3</b> <i>Técnicas e instrumentos para el análisis de datos</i> .....	24
<b>Tabla 4</b> <i>Indicadores actuales</i> .....	31
<b>Tabla 5</b> <i>Plan del Mantenimiento Productivo Total</i> ... ..	37
<b>Tabla 6</b> <i>Utensilio de limpieza por operario</i> .....	38
<b>Tabla 7</b> <i>Plan de mantenimiento autónomo</i> .....	40
<b>Tabla 8</b> <i>Plan de formación y educación del personal</i> .....	43
<b>Tabla 9</b> <i>Amef de las chancadoras</i> .....	46
<b>Tabla 10</b> <i>Temas principales de la capacitación</i> .....	52
<b>Tabla 11</b> <i>Plan de capacitación para el área de mantenimiento</i> .....	52
<b>Tabla 12</b> <i>Detalle del presupuesto de la implementación del plan de capacitación</i> .....	55
<b>Tabla 13</b> <i>Indicadores después de la mejora</i> .....	59
<b>Tabla 14</b> <i>Inversión</i> .....	61
<b>Tabla 15</b> <i>Ahorro con la mejora</i> .....	62
<b>Tabla 16</b> <i>Evaluación económica</i> .....	63

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Diagrama de Pareto de las causas de la baja disponibilidad</i> .....	26
<b>Figura 2</b> <i>Sistema de mantenimiento preventivo</i> .....	32
<b>Figura 3</b> <i>Proceso de mantenimiento de las chancadoras</i> .....	35
<b>Figura 4</b> <i>Formato control de limpieza</i> .....	39
<b>Figura 5</b> <i>Evaluación de cumplimiento del mantenimiento autónomo</i> .....	41
<b>Figura 6</b> <i>Cronograma de mantenimiento planificado</i> .....	42
<b>Figura 7</b> <i>Ficha de sugerencias</i> .....	44
<b>Figura 8</b> <i>Ficha control de indicador OEE</i> .....	45
<b>Figura 9</b> <i>Diagrama de Gantt del plan de capacitación</i> .....	54



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Existencia de politicas de Mtto.....	27
Ecuación 2: Existencia de procedimientos de Mtto.....	27
Ecuación 3: Cumplimiento .....	28
Ecuación 4: Tiempo medio entre fallas (MTBF).....	28
Ecuación 5: Tiempo medio de reparación (MTTR) .....	29

## RESUMEN

Esta tesis tuvo como objetivo, diseñar un sistema de Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos de procesamiento de mineral de la empresa JOSTRONICS Ingeniería, Mantenimiento y Construcción S.R.L. Se diagnosticó que las causas de la baja disponibilidad de los equipos fueron la falta de mantenimiento preventivo de los equipos, falta de políticas de mantenimiento y a la falta de un procedimiento de mantenimiento, generándose una baja disponibilidad de 80.3%, de igual forma, se aplicaron como herramientas de mejora una políticas de mantenimiento, procedimiento de mantenimiento, TPM, AMEF y un plan de capacitación, generándose un alza de la disponibilidad de los equipos en 6.1%. Con la realización de la evaluación económica se determinó que el diseño fue rentable ya que se tuvo un VAN de S/394,482.63 un TIR de 185% y un B/C de 7.56.

**Palabras clave:** mantenimiento, disponibilidad, procesamiento de mineral.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

En general, la globalización de los servicios ha generado las necesidades de los clientes que saben elegir con decisión lo que quieren y como lo quieren (Valdivia, 2013). Según Aguilar e Hilario (2020), en los últimos años, diferentes áreas de negocio han sufrido tremendos cambios, requiriendo calidad, innovación y mejora continua de los servicios. Esto no es ajeno a aquellas compañías que ofrecen servicios de mantenimiento a la maquinaria minera, estas unidades cuentan con equipos esenciales para el procesamiento de los minerales, el cierre de estos equipos ha provocado enormes pérdidas económicas. (Narro, 2016).

Las fallas frecuentes de los equipos pueden tener efectos negativos, como el cierre completo de las operaciones planificadas, lo que resultará en paros de producción, perjudicando la entrega de productos o la continuidad de las actividades de producción (Mosqueira, 2015). Para ello, las empresas de mantenimiento deben realizar mejoras para garantizar una respuesta segura, correcta y oportuna a los cortes de energía y asegurar la corriente para toda la operación de producción, además de evitar posibles fallas en estos equipos (Espinoza, 2015).

Los antecedentes para este estudio son:

Una buena gestión de mantenimiento es indispensable en todas las industrias estatales o privadas por lo que, Baño y Cárdenas (2022) en sus investigación denominada "Desarrollo de un sistema de gestión de mantenimiento para la línea de procesamiento de quinua de la empresa COPROBICH del cantón Colta", tuvo por objetivo desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento para la línea de procesamiento de quinua de la empresa COPROBICH del cantón Colta, con su metodología pre experimental propositiva, debido a esto se desarrollaron herramientas de mejora al Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Autónomo, obteniendo

como resultado una reducción de los costos en 71% para el 2022, asimismo se logró incrementar la disponibilidad en 5.3%.

Por otro lado, Pinedo (2018) en su investigación denominada "Aplicación del mantenimiento preventivo para disminuir los costos de mantenimiento de la empresa pesquera ICEF S.A.C.", identificó en la empresa como problema los altos costos operativos debido a la gran cantidad de fallas de la maquinaria, esto le generó a la empresa una pérdida de S/. 74,458.80, debido a ello se tuvo como objetivo aplicar el mantenimiento preventivo para disminuir los costos de mantenimiento de la empresa pesquera, el estudio es de tipo aplicada pre experimental, la población seleccionada fue los equipos electromecánicos de la empresa pesquera ICEF S.A.C y la muestra fue los equipos críticos de la empresa pesquera ICEF S.A.C, es por ello que se desarrolló como herramienta de mejora el Mantenimiento Preventivo, teniendo como resultado una reducción de los costos a un monto de S/. 6,192.50. y un incremento de la disponibilidad de los equipos del 83% a 89%.

Así también, Salgado et al. (2018) en sus investigación denominada "programación óptima del mantenimiento preventivo de generadores de sistemas de potencia con presencia eólica." detectaron que los equipos de potencia eólica presentaron una baja de capacidad estática debido a la falta de una buena programación de mantenimiento preventivo, lo cual le generó elevados costos al empresa de servicios; el fin de la investigación fue implementar el diseño de un mantenimiento preventivo para los equipos de potencia y así reducir el costo operativo de mantenimiento; es por ello que se implementó como herramienta de mejora el mantenimiento preventivo junto con un modelo de optimización. Se tuvo como resultado una disminución de los costos operativos en 21% y de los costos de mantenimiento en 36%.

Además, Romero y Rubio (2019) en su investigación denominada "Mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones para reducir costos de mantenimiento en COPEINCA

S.A.C.”, presentó problemas de paradas imprevistas de los equipos lo que no permite que se produzcan la cantidad de toneladas de harina de pescado requeridas, por lo que representó una pérdida de S/. 201,413.00, el objetivo de la investigación fue evaluar la reducción los costos de mantenimiento mediante el análisis vibracional en la planta de harina COPEINCA SAC – Chimbote 2019, el tipo de estudio es pre experimental propositivo, se tomó a todos los equipos rotativos de la planta de harina de pescado COPEINCA SAC que en su totalidad constan de 17 equipos como población y a los 14 equipos rotativos que presentan fallas tanto en la planta de harina de pescado como en la de agua de colas COPEINCA SAC como muestra, debido a esto se seleccionó como herramienta de mejora al análisis del comportamiento vibracional que es una técnica del mantenimiento predictivo, teniendo como resultado una reducción de los costos de S/. 108,763.29.

También tenemos que, Bereche y Gonzales (2022) en sus investigación denominada “Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento y logística para incrementar la rentabilidad de una empresa de transportes de carga ubicada en la ciudad de Trujillo 2021”,encontraron que la empresa presentó un deficiente plan de mantenimiento preventivo y mala ubicación del apoyo móvil, los cuales generaron baja rentabilidad y pérdidas monetarias por S/ 26,313, el objetivo de la presente investigación fue determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento y logística, en la rentabilidad de una empresa de transportes de carga ubicada en la ciudad de Trujillo, 2021, con un tipo de investigación propositiva, la población fueron todos los procesos de la empresa de transportes de carga ubicada en la ciudad de Trujillo y la muestra, los procesos de mantenimiento y logística, de la empresa de transportes de carga ubicada en la ciudad de Trujillo. Las herramientas de mejora empleadas fueron el Plan de mantenimiento preventivo y Weber, obteniendo un aumento de la

rentabilidad de 3.39% y un ahorro de S/ 25,208. En los indicadores económicos se tuvo como resultado un VAN de S/ /8,143, un TIR de 60.75% y un B/C de 1.7.

Como bases teóricas tenemos las siguientes:

Teniendo en cuenta que actualmente las empresas tienen la función de optimizar sus procesos de producción, es importante que se tenga un adecuado sistema de mantenimiento preventivo que permita asegurar la disponibilidad de los equipos y la reducción de paros no programados de la producción, al respecto Pillado et al. (2022) concibe que un sistema de mantenimiento es un grupo de tecnologías diseñadas para conservar los activos el mayor tiempo viable (en búsqueda de la máxima disponibilidad) y los servicios con el mayor rendimiento, de manera que se cumplan las políticas y procedimientos de mantenimiento preventivo.

Un aspecto relevante en el mantenimiento de los equipos de producción es la disponibilidad de activos y la confianza en que las piezas, equipos o sistemas reparados pueden realizar sus funciones de forma correcta en un tiempo específico, y también constituye el % de tiempo que el activo es adecuado para su empleo y operatividad. (Pillado et al., 2022), asimismo es un factor relevante para toda compañía o entidad que quiera brindar servicios o procesar productos, el contar con un grado de mantenimiento suficiente para estas actividades y debe ser considerada una inversión en la compañía (Peinado et al., 2022).

Asimismo, el mantenimiento abarca actividades progresivas para mantener su capacidad y asegurar su disponibilidad dentro del tiempo requerido por el plan de producción o incrementar dicho plan sin deteriorar el activo, porque esto afectaría la calidad del bien y su adecuada implementación para mejorar el desempeño del producto, ya que el correcto mantenimiento de los activos permite lograr el objetivo sin tantos problemas o contratiempos (Peinado et al., 2022).

Cabe resaltar que el mantenimiento preventivo engloba medidas proactivas destinadas a evitar fallos en los equipos y bajar el riesgo de que se tengan paradas imprevistas; es una forma de mantenimiento programado que se ejecuta con independencia del estado de funcionamiento actual de un equipo (Pei et al., 2023), por otro lado, limpiar los filtros de climatización, realizar una revisión visual y lubricar las piezas móviles son ejemplos de mantenimiento rutinario, también se tienen programas de calibración, el descubrimiento de fugas de gas y otras evaluaciones periódicas forman parte de esta categoría (Pei et al., 2023).

Según Pei et al (2023), se puede clasificar el mantenimiento preventivo en dos clases fundamentales:

- Basado en el tiempo, en evaluaciones periódicas realizadas en periodos predeterminados, al margen del uso de los activos.
- Basado en el uso o en la aplicación práctica, los activos se utilizan de determinadas formas, como la lubricación periódica de un equipo tras un número determinado de ciclos de producción o el mantenimiento integral de las unidades de transporte al alcanzar un umbral de kilometraje designado.

Por el contrario, existen activos que muestran una tendencia creciente a fallar con el paso del tiempo y el empleo; en tales casos, surge un patrón discernible que nos permite planificar estratégicamente las actividades de mantenimiento basándonos en análisis estadísticos del rendimiento previsto de los equipos y en las directrices del fabricante, por consiguiente, el mantenimiento programado facilita la ampliación de la vida útil operativa del activo y la preservación de la productividad durante un periodo prolongado (Pei et al., 2023).

Asimismo, para Werbińska y Winiarska (2023) la disponibilidad define la capacidad de un sistema, una máquina o un recurso para funcionar y estar a disposición cuando sea preciso. Una elevada disponibilidad asegura una producción incesante, reduce los costos de paradas y

aumenta la satisfacción de los usuarios; por el contrario, la baja disponibilidad puede acarrear a tener pérdidas de rendimiento, demoras en el despacho de bienes, y baja competitividad de la organización (Pertwi et al., 2019). Los indicadores de disponibilidad de los activos proporcionan una perspectiva global de la eficacia operativa de estos y son esenciales para tomar decisiones fundamentadas en materia de mantenimiento, planificación de la producción y mejora continua (Alavedra et al., 2016). Para calcular la disponibilidad se divide en la "duración real del funcionamiento de los activos" y en la "duración total del período de funcionamiento programado", es importante garantizar que ambas duraciones estén representadas en la misma unidad de medida (De Andrade et al., 2022). Cabe resaltar que la disponibilidad es básica para la superación de una compañía, ya que cuando se tiene una buena disponibilidad las operaciones son más eficaces, menos tiempos muertos, los procesos son más fiables y las empresas pueden reaccionar rápidamente a los cambios del mercado (Lu et al., 2022).

Como resultado de la naturaleza dinámica del panorama empresarial moderno, las empresas manufactureras deben adaptarse continuamente para seguir el ritmo de las últimas tendencias y dificultades de la industria, ejemplo de ello son las dificultades de mantenimiento de los equipos que también deben resolverse con éxito para que sus operaciones se desarrollen de forma fluida y productiva (Alavedra et al., 2016). Diversas variables determinantes del panorama empresarial actual han elevado la importancia del mantenimiento en los últimos años, por lo que las compañías están bajo una presión grande para agilizar sus procesos y ofrecer bienes y servicios de calidad superior, como consecuencia de la globalización y la feroz competencia, en este sentido, la fiabilidad y disponibilidad de los activos pueden verse muy favorecidas por un mantenimiento periódico (Salgado et al., 2018). El mantenimiento de los equipos desempeña un papel significativo al momento de garantizar la eficacia, la



competitividad y la productividad de las operaciones de las empresas de manufactura, ya que esta metodología garantiza que los equipos estén operativos cuando sea necesario, proporcionando continuidad a la producción y una rápida entrega de los bienes (Becerril et al., 2018).

Actualmente en el Perú, el desarrollo y crecimiento económico de mediano y largo plazo requieren de la innovación de empresas dedicadas al mantenimiento de equipos, que ven obligadas a mejorar la calidad del servicio, es decir, aumentar su potencia instalada y / o mejorar la eficiencia de sus operaciones y equipamiento, asimismo cabe destacar que el sector minero es de vital importancia debido a que aporta ingresos significativos para el país y es por ello que se busca constantemente mejorar la disponibilidad de los equipos de producción (Llano, 2017).

Cabe destacar que Cajamarca, no está ajena a esta problemática de mantenimiento de los equipos de producción ya que la minería es uno de sus principales sectores productivos, la inversión privada ha impulsado a las empresas a buscar opciones competitivas y métodos de gestión empresarial más efectivos que puedan brindar mejores soluciones para la optimización de sus procesos productivos y en este aspecto es relevante tener un adecuado sistema de mantenimiento preventivo que asegure la disponibilidad de los equipos, ya que de lo contrario las empresas perderán mucho dinero por el cierre de plantas metalúrgicas, equipos y talleres de mantenimiento.

JOSTRONICS Ingeniería, Mantenimiento y Construcción S.R.L. tiene el compromiso de brindar servicios de mantenimiento electromecánico para la planta Yanacocha Norte, sin embargo, la disponibilidad promedio de sus equipos no ha podido alcanzar el objetivo de la compañía (90%). Este problema provocó que la producción se detuviera, ya que una vez que ocurre una falla, el equipo deja de funcionar, lo que tiende a generar un impacto económico

negativo para la empresa. Entre los mayores problemas que afectaron a la disponibilidad de las unidades se pudo identificar la falta de una política de mantenimiento preventivo, la falta de un procedimiento de mantenimiento y la falta de capacitación del personal de mantenimiento. Cabe resaltar que, en el año 2021, se tuvo una disponibilidad del 80.3% en las chancadoras, debido a las fallas correctivas y la falta de mantenimiento preventivo, lo cual es deficiente de acuerdo con las especificaciones del fabricante de estos equipos mineros, asimismo no alcanza la meta de disponibilidad de la empresa (90%).

## **1.2. Formulación del problema**

¿En qué medida el diseño de un sistema de mantenimiento preventivo incrementará la disponibilidad de los equipos de procesamiento de mineral de la empresa JOSTRONICS Ingeniería, Mantenimiento y Construcción S.R.L., Cajamarca 2021?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General:**

Diseñar un sistema de Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos de procesamiento de mineral de la empresa JOSTRONICS Ingeniería Mantenimiento y Construcción S.R.L.

### **1.3.2. Objetivos específicos:**

- Diagnosticar la situación actual de la disponibilidad y el mantenimiento preventivo de los equipos de procesamiento de mineral de la empresa JOSTRONICS Ingeniería Mantenimiento y Construcción S.R.L.
- Elaborar el diseño del sistema de Mantenimiento en la empresa JOSTRONICS Ingeniería Mantenimiento y Construcción S.R.L.

- Estimar la mejora de la disponibilidad y el mantenimiento preventivo de los equipos de procesamiento de mineral de la empresa JOSTRONICS Ingeniería Mantenimiento y Construcción S.R.L.
- Realizar la evaluación económica del diseño de un sistema de mantenimiento preventivo.

#### **1.4. Hipótesis**

El diseño de un sistema de Mantenimiento preventivo incrementará la disponibilidad de los equipos de procesamiento de mineral de la empresa JOSTRONICS Ingeniería Mantenimiento y Construcción S.R.L., Cajamarca 2021.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

El enfoque de este estudio es cuantitativo, ya que según Pereyra (2020) permite examinar y analizar la realidad empleando diversos métodos basados en la medición y la recopilación de datos mediante un proceso secuencial. Y en el caso de esta investigación se analizará datos cuantitativos con la finalidad de determina la disponibilidad actual y esperada.

El diseño es no experimental ya que según Vargas (2020) estos estudios que se realizan sin una modificación considerable de los factores y se limitan a observar sucesos o cambios en su entorno natural, haciendo hincapié en la observación y la recopilación de datos. En esta investigación se tratará de hacer una proyección del impacto de la mejora en la disponibilidad.

Por la profundidad esta investigación es explicativa, ya que según Pereyra (2020) estudia fenómenos precisos o que no se han tocado a fondo y tiene por fin brindar conocimientos notables sobre ellos. En esta investigación se tratará de explicar cómo el sistema de mantenimiento ayuda a elevar la disponibilidad de los activos de procesamiento de mineral.

Asimismo, es un estudio transversal ya que según Pereyra (2020) implica la observación de un grupo de individuos o la recopilación de información específica en un momento concreto o durante un breve periodo de tiempo. En el caso de esta investigación se analizará datos del 2021 de los equipos de procesamiento de mineral, concernientes al sistema de mantenimiento preventivo y la disponibilidad de activos.

## **2.2 Población y muestra**

### **2.2.1 Población**

Según Vargas (2020) la población es el grupo de componentes o datos cuyas cualidades son similares entre sí y que pueden ser potencialmente relevantes para una investigación y en algunos contextos, la población también se denomina universo, es por ello que la población en este estudio está conformada por todos los equipos de procesamiento de mineral de la empresa JOSTRONICS Ingeniería Mantenimiento y Construcción S.R.L.

### **2.2.2 Muestra**

Según Vargas (2020) la muestra de un estudio es una porción de la población objetivo que se ha seleccionado para que tenga elementos que sean altamente típicos del comportamiento real del conjunto de datos que se está evaluando en esa investigación, es por ello que la muestra para esta investigación fue las 5 chancadoras de la empresa JOSTRONICS Ingeniería Mantenimiento y Construcción S.R.L. Cabe destacar que el muestreo fue tomado por conveniencia, ya que estas chancadoras son equipos indispensables en el procesamiento de minerales y presentan baja disponibilidad y fallas recurrentes lo cual provoca paralizaciones del proceso y grandes pérdidas económicas.

En la tabla 1 se presenta la operacionalización de variables.

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

VARIABLE(S)	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Independiente</b> Sistema de mantenimiento preventivo	Un sistema de mantenimiento preventivo es un conjunto de tecnologías diseñadas en función de políticas de mantenimiento donde se determinan los procedimientos adecuados para realizar el mantenimiento de acuerdo con requerimientos y especificaciones técnicas establecidas, de tal forma que se cumplan todas las actividades de mantenimiento planificadas (Pillado et al., 2022).	Políticas de mantenimiento	Existencia de políticas de mantenimiento
		Procedimiento de mantenimiento	Existencia de procedimientos de mantenimiento
		Cumplimiento de los mantenimientos preventivos	N.º de actividades ejecutadas x 100% / N.º de actividades programadas
<b>Dependiente</b> Disponibilidad.	La disponibilidad es la relación entre el tiempo de actividad y el tiempo total (tiempo de actividad más tiempo de inactividad), y mide la probabilidad de que un recurso esté operativo y listo para comprometerse con una tarea cuando se solicite en un momento aleatorio (Nieto, 2022):	Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	Tiempo total de funcionamiento / N° total de fallas
		Tiempo medio de reparaciones (MTTR)	Tiempo total de reparación correctiva / N° total de fallas
		Tiempo disponible	$MTBF \times 100\% / (MTBF + MTTR)$

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

La encuesta, observación directa y el análisis documental como instrumentos, para lo cual se tiene una validación de encuesta adaptada de la tesis “Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas de la empresa ROAD SOLUTIONS E.I.R.L. – 2020” (Fernández y Neyra, 2020).

La encuesta realizada contenía 8 ítems con preguntas relacionadas a las principales causas de la baja disponibilidad de los equipos de procesamiento de mineral en la empresa JOSTRONICS Ingeniería, Mantenimiento y Construcción, el modelo de la encuesta se obtuvo de la investigación realizada por Fernández y Neyra (2020) y fue útil para determinar las causas con mayor impacto en la disponibilidad de las chancadoras. Está encuesta fue destinada a todo el personal de mantenimiento y los operarios de producción. Cabe destacar que se hizo el análisis de la confiabilidad del instrumento con el alfa de Cronbach, el cual fue aceptable y esto se puede apreciar en el anexo 5.

**Tabla 2**  
*Instrumentos de investigación.*

Técnica	Justificación	Instrumentos	Aplicado a
Encuesta (Anexo 1)	Determinar los principales componentes que contribuyen a la disponibilidad.	Cuestionario	A los colaboradores de mantenimiento
Observación directa	Determine la problemática que afecta a la disponibilidad de las unidades.	Formato de Observación directa. (Anexo 2)	Área de mantenimiento
Análisis documental (Anexo 3 y 4)	Proporcione información actualizada sobre la administración del mantenimiento y las reparaciones.	Ficha de registro de mantenimiento	Área de mantenimiento

## 2.4. Confiabilidad de instrumentos

Para recoger información se utilizó una encuesta conformada por 8 ítems, cuya confiabilidad ha sido validada a través del alfa de Cronbach el cual tuvo un valor aceptable de 0.967 y esto se puede apreciar en el anexo 5.

La ficha de observación (ver Anexo 2) fue validado por una investigación publicada en la base de datos de la Universidad Privada del Norte redactada por Nazario (2021).

Con respecto al análisis documental, se obtuvo las fichas de registro de fallas de la empresa.

## 2.5. Herramientas para el análisis de datos

Luego de aplicar el instrumento, se organizó la información empleando estas herramientas:

**Tabla 3**

*Técnicas e instrumentos para el análisis de datos*

Herramientas para procesar datos	Justificación
Microsoft Office Excel	Se utilizó en la producción de tablas, gráficos y documentos formateados.
Microsoft Office Word	La información se registró tomando como referencia este programa.



## **2.6. Aspectos éticos**

La principal característica ética de este trabajo es el poder discrecional de la información proporcionada por la empresa JOSTRONICS Ingeniería, Mantenimiento y Construcción S.R.L, esta información no será divulgada y será plenamente respetada y retenida.

Asimismo, se realiza de acuerdo con la normativa académica en cuanto a la presentación de informes de investigación, teniendo en cuenta todos los lineamientos del manual APA; también brinda parámetros sobre cómo citar correctamente la información de otros autores, de manera que resalta en cuanto a cumplir con los derechos de atribución del autor.

Finalmente, se considerará que toda la información presentada en este informe de investigación es verídica y proviene de fuentes confiables, por lo que este trabajo muestra la verdadera situación de la empresa estudiada.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados del diagnóstico del Sistema de mantenimiento preventivo actual:

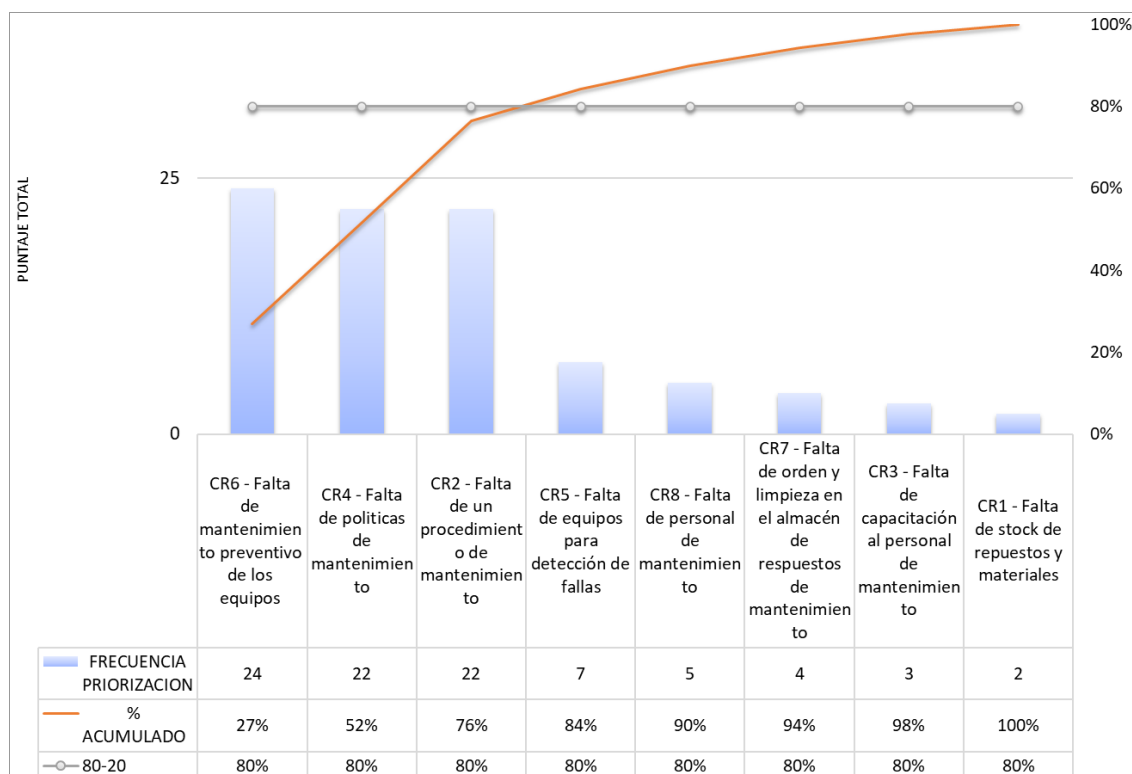
Cabe mencionar que según la empresa se tomó como unidades críticas para este estudio a las 5 chancadoras que forman parte importante del procesamiento de minerales, a causa de la baja disponibilidad y las fallas recurrentes.

Asimismo, cabe mencionar que, para hallar las causas de la baja disponibilidad, se aplicó una encuesta a los trabajadores de mantenimiento, la cual se procesó y tabuló, para una superior visualización se desarrolló un diagrama de Pareto (ver figura 1).

Resultados de la encuesta:

**Figura 1**

*Diagrama de Pareto de las causas de la baja disponibilidad*



Según el diagrama de Pareto el cual fue elaborado en función de los resultados de las encuestas se puede indicar que el 80% de las causas más significativas de la baja disponibilidad de las 5 chancadoras, se generó principalmente debido a la falta de mantenimiento preventivo de los equipos, falta de políticas de mantenimiento y a la falta de un procedimiento de mantenimiento.

### **3.1.1. Diagnóstico de la variable independiente: Sistema de mantenimiento preventivo**

#### **3.1.1.1. Dimensión: Política de mantenimiento**

Una política de mantenimiento puede reducirse a su nivel más elemental, que es un planteamiento que se sigue para mantener un activo en condiciones generales satisfactorias (Jiménez, 2018). Para el cálculo del indicador se usó la siguiente fórmula:

$$\textit{Existencia de politicas de mtto} = 0\% (1)$$

Como puede observarse, el porcentaje de políticas de mantenimiento era del 0%. Esto se debe a que la organización no tiene ninguna política de mantenimiento establecida o publicada.

#### **3.1.1.2. Dimensión: Procedimiento de mantenimiento**

En términos generales, según Jiménez (2018) un procedimiento es la forma en que se lleva a cabo un conjunto de operaciones que contribuyen a un mismo proceso, lo que esto significa es que el procedimiento se refiere al orden exacto en el que llevamos a cabo una tarea de mantenimiento determinada, paso a paso.

Para el cálculo del indicador se usó la siguiente fórmula:

$$\textit{Existencia de procedimientos de mtto} = 0\% (2)$$

Como se puede apreciar, debido a que actualmente en la empresa no tiene procedimientos de mantenimiento, a pesar de que, si desarrolla actividades de mantenimiento correctivos, es por ello que el porcentaje de procedimientos de mantenimiento fue del 0%.

### **3.1.1.3. Dimensión: Cumplimiento del mantenimiento preventivo de los equipos.**

Para evitar averías y prolongar la vida útil de los activos, las empresas deben aplicar un plan de MP que incluya inspecciones, revisiones y reparaciones rutinarias. Asimismo, se procedió a realizar el cálculo anual.

$$\text{Cumplimiento} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Actividades ejecutadas} \times 100\%}{\text{N}^{\circ} \text{ de Actividades programadas}} \quad (3)$$

$$\text{Cumplimiento} = 0\%$$

Como se puede apreciar, el porcentaje de cumplimiento fue del 0%, ya que no se tiene un plan de MP de los equipos productivos, y en específico de los más críticos es decir las chancadoras.

## **3.1.2. Diagnóstico de la variable dependiente: Disponibilidad**

### **3.1.2.1. Dimensión: Tiempo promedio entre fallas**

Según Nieto (2022) el MTBF (tiempo medio entre fallos) es la media de tiempo entre fallos reparables de un equipo. Además, la empresa sabe el tiempo operativo a la semana y al mes de cada activo de procesamiento de mineral. También se sabe que, en ese intervalo de tiempo, estos equipos se descompusieron cierto número de veces. En consecuencia, para tener la cantidad exacta del MTBF, se ejecutará el cálculo siguiente:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{N}^{\circ} \text{ de fallas}} \quad (4)$$

Se realizó el cálculo anual con los datos mostrados en el anexo 3, el cual abarca los indicadores de las 5 chancadoras a las cuales va dirigido este estudio, con la finalidad de hallar indicador MTBF de las unidades.

$$MTBF = \frac{22548 \text{ horas}}{712 \text{ fallas}}$$

$$MTBF = 31.67 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}$$

Como se puede apreciar en el año 2021, las 5 chancadoras tuvieron un tiempo promedio de funcionamiento entre fallas de 31.67 horas.

### 3.1.2.2. Dimensión: Tiempo medio de reparaciones

El MTTR (tiempo medio de reparación) es la media de tiempo que se tarda en reparar un equipo en el que normalmente es una cuestión técnica o mecánica (Nieto, 2022). Para alcanzar la medida exacta del MTTR, se ejecutará el cálculo siguiente:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Nº de fallas}} \quad (5)$$

Se realizó el cálculo anual con los datos mostrados en el anexo 3, el cual abarca los indicadores de las 5 chancadoras, a las cuales va dirigido este estudio, con la finalidad de hallar indicador MTTR de las unidades.

$$MTTR = \frac{5532 \text{ horas}}{712 \text{ fallas}}$$

$$MTTR = 7.77 \text{ horas/falla}$$

Como se puede apreciar en el año 2021, las chancadoras han tenido un tiempo promedio de reparaciones de 7.77 horas por cada falla.

### 3.1.2.3. Dimensión: Tiempo disponible

El porcentaje de tiempo disponible es la relación entre el tiempo de actividad y el tiempo total, y mide la probabilidad de que un recurso esté operativo y listo para comprometerse con una tarea cuando se solicite en un momento aleatorio. Por lo que, para alcanzar la medida exacta de la disponibilidad se ejecutará el cálculo siguiente:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF \times 100}{MTBF + MTTR} \quad (6)$$

Se realizó el cálculo anual con los datos mostrados en el anexo 3, el cual abarca los indicadores de las 5 chancadoras, a las cuales va dirigido este estudio, con la finalidad de hallar la disponibilidad global.

$$Disponibilidad = \frac{31.67 \times 100}{31.67 + 7.77}$$

$$Disponibilidad = 80.3\%$$

Como se puede apreciar en el año 2021, las 5 chancadoras en conjunto tuvieron una disponibilidad del 80.3%, debido a las fallas correctivas y la ausencia de mantenimiento preventivo.

La figura 1 ilustra que las cuestiones mencionadas influyen claramente en la disponibilidad de los equipos. Es importante destacar que los problemas de disponibilidad suponen pérdidas económicas para la organización. Además, estos problemas repercuten negativamente en la confianza de los clientes.

La tabla 4 resume los indicadores actuales alcanzados.

**Tabla 4**

*Indicadores actuales*

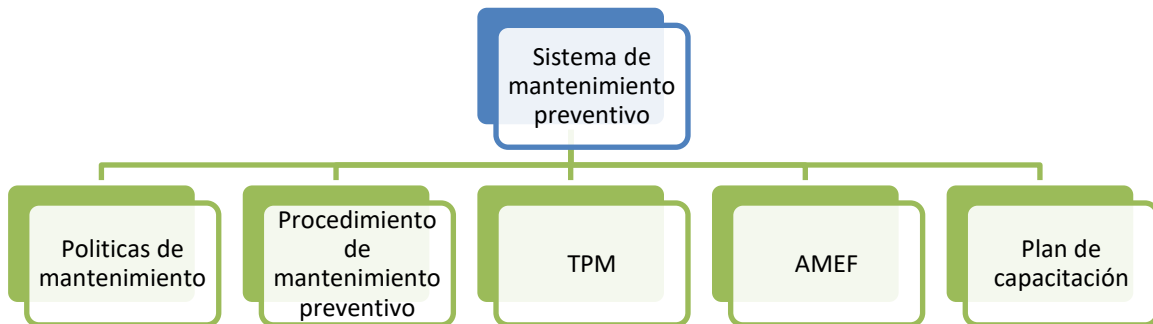
VARIABLE(S)	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Unidad de medida	Indicador actual
<b>Independiente</b> Sistema de mantenimiento preventivo	Un sistema de mantenimiento preventivo es un conjunto de tecnologías diseñadas en función de políticas de mantenimiento donde se determinan los procedimientos adecuados para realizar el mantenimiento de acuerdo con requerimientos y especificaciones técnicas establecidas, de tal forma que se cumplan todas las actividades de mantenimiento planificadas (Pillado et al., 2022).	Políticas de mantenimiento	Existencia de políticas de mantenimiento	%	0%
		Procedimiento de mantenimiento	Existencia de procedimientos de mantenimiento	%	0%
		Cumplimiento de los mantenimientos preventivos	N.º de actividades ejecutadas x 100% / N.º de actividades programadas	%	0%
<b>Dependiente</b> Disponibilidad.	La disponibilidad es la relación entre el tiempo de actividad y el tiempo total (tiempo de actividad más tiempo de inactividad), y mide la probabilidad de que un recurso esté operativo y listo para comprometerse con una tarea cuando se solicite en un momento aleatorio (Nieto, 2022):	Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	Tiempo total de funcionamiento / N` total de reparaciones	Horas	31.67
		Tiempo medio de reparaciones (MTTR)	Tiempo total de reparación correctiva / N` total de reparaciones	Horas	7.77
		Tiempo disponible	MTBF x 100% / (MTBF + MTTR)	%	80.3%

### 3.2. Diseño de sistema de mantenimiento preventivo

El sistema de mantenimiento preventivo se detalla en la siguiente figura.

**Figura 2**

*Sistema de mantenimiento preventivo*





### 3.2.1. Políticas de mantenimiento preventivo

<b>POLITICA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>EMPRESA JOSTRONICS INGENIERÍA MANTENIMIENTO CONSTRUCCIÓN S.R.L.</b>
<p>Se enumeran las políticas y normas que se aplicaron tras contabilizar el número de promesas realizadas tanto por los trabajadores como por la empresa.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ El acatamiento de los planes de mantenimiento preventivo que se hayan diseñado para las chancadoras, así como el uso de formularios, documentación y hojas de mantenimiento, además del acatamiento de los requisitos de seguridad industrial, serán los principales factores que determinarán la calidad del trabajo que se realice para el mantenimiento preventivo.</li><li>➤ Demandar al área de mantenimiento el acatamiento de las normas de seguridad en la ejecución de las tareas de mantenimiento.</li><li>➤ Concientizar al personal de mantenimiento de la relevancia de la calidad del servicio prestado a las trituradoras durante su respectivo mantenimiento.</li><li>➤ Buscar siempre la mejora continúa desarrollando una mayor eficacia y rapidez de los procedimientos de servicio de mantenimiento.</li><li>➤ Evaluar anualmente el servicio prestado por el área y el personal de mantenimiento a las cinco chancadoras, aumentando la probabilidad de mejora en el rendimiento de las mismas.</li></ul> <p style="text-align: center;">_____ Sello y firma Gerente General</p>	

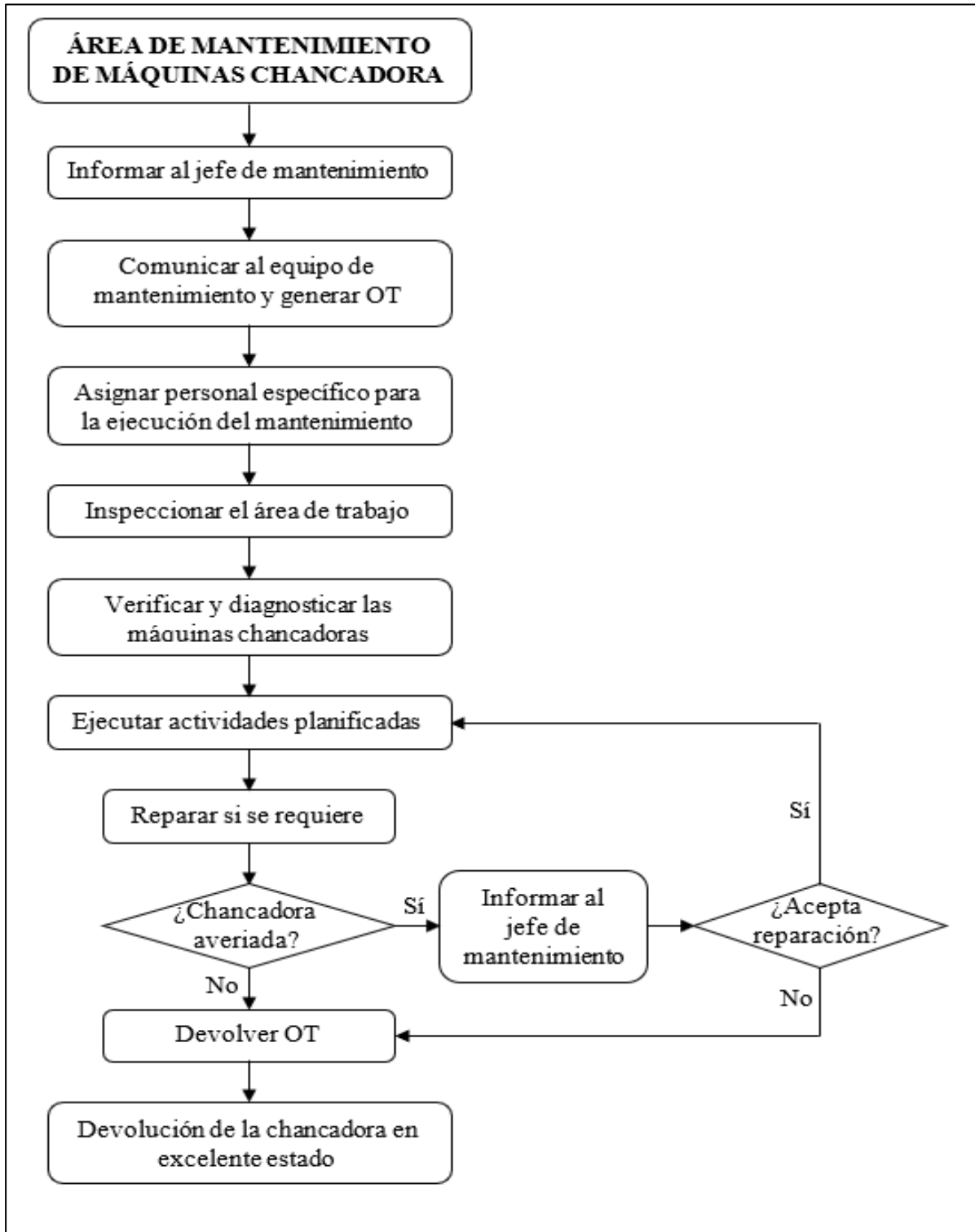
### **3.2.2. Procedimiento de mantenimiento preventivo propuesto**

A continuación, se presenta un flujograma en donde se determinan los pasos para el desarrollo de los mantenimientos de las chancadoras.

Este procedimiento inicia con el informe que se realiza al jefe de mantenimiento sobre el mantenimiento a realizar, luego se procede a comunicar lo que debe realizar el equipo de mantenimiento y se genera la orden de trabajo, luego se asigna al personal para la ejecución de la actividad de mantenimiento. Asimismo, antes de iniciar la actividad se hace una inspección del área de trabajo, y se procede a verificar y diagnosticar las fallas de las máquinas chancadoras (aquí es importante siempre tener presente la herramienta AMFE). Para finalizar se cierra la OT cuando se verifica que se hizo la actividad planificada de forma correcta.

**Figura 3**

*Proceso de mantenimiento de las chancadoras*



### **3.2.3. Mantenimiento Productivo Total**

Se consideró importante desarrollar el TPM como mejora en la empresa, el cual se desarrolla a continuación:

#### **1. Mejora enfocada**

##### **- Principios:**

1. Producir con calidad al tener la maquinaria 100% confiable y disponible
2. Aplicar la mejora continua para llegar a eliminar las fallas inesperadas de la maquinaria.
3. Mejorar cada vez más los procesos del mantenimiento de la maquinaria.
4. Crear un ambiente de participación y compromiso con el mantenimiento productivo total.

##### **- Objetivos**

1. Disminuir las fallas de la maquinaria de producción.
2. Aumentar la disponibilidad de los equipos de producción.
3. Capacitar al 100% del personal de producción y mantenimiento.

#### **2. Plan de TPM**

En el plan del Mantenimiento Productivo Total se encuentra descritas las etapas de implementación del mantenimiento autónomo, así como también las áreas responsables que en el caso de la formación y educación del personal es realizada por personal externo; también se menciona a quién va dirigido y el periodo de implementación.

**Tabla 5**

*Plan del Mantenimiento Productivo Total*

N.º	ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN	ÁREA RESPONSABLE	ALCANCE	DURACIÓN
1	Mantenimiento autónomo	Producción	Maquinaria	Julio - diciembre 2023
2	Mantenimiento planificado	Mantenimiento	Maquinaria	Julio - diciembre 2023
3	Formación y educación del personal	Personal externo	Personal producción y mantenimiento	Mayo - junio 2023
4	Filosofía de la mejora continua	Producción y mantenimiento	Maquinaria	Julio - diciembre 2023
5	Gestión temprana de equipos	Producción y mantenimiento	Maquinaria	Julio - diciembre 2023

### 3. Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo como su nombre lo dice es el mantenimiento realizado por sí mismo, es decir que cada trabajador sea capaz de realizar tareas como la limpieza, lubricación, inspección e incluso reparaciones menores a los equipos de la planta. Es por ello, que para que el mantenimiento autónomo sea realmente eficiente es necesario que el personal tenga todos los conocimientos respecto al mantenimiento de la maquinaria para que con el tiempo estas se encuentren en buenas condiciones.

Como paso inicial para la limpieza general se realizarán charlas de difusión para todo el personal de producción haciendo hincapié en lo importante que es la realización de una limpieza e inspección de los equipos y del lugar de trabajo; asimismo, se dispone la inspección como una actividad que se realiza durante el proceso de limpieza.

Por otro lado, se hace una pequeña introducción respecto a los procedimientos de limpieza que se debe realizar de acuerdo al tipo de equipo o maquinaria.

A la vez se promueve el perfeccionamiento de la capacidad de análisis y solución de complicaciones, proactividad enfocada a la mejora y metodologías que se centran en el mantenimiento.

Para el desarrollo de la limpieza general de los equipos y maquinaria se hace entrega de utensilios de limpieza para cada zona de trabajo en el área de producción; entonces, cada operador antes de iniciar con sus actividades asignada hace uso de estos implementos para dejar limpia su zona de trabajo.

**Tabla 6**  
*Utensilio de limpieza por operario*

Detalle	Cantidad	Und Medida
Trapo	2	Und
Franela	2	Und
Escobillón	1	Und
Limpiador líquido	1	Und
Brocha	1	Und
Espanja	2	Und

También se elaboró un formato de control de limpieza donde se registra la limpieza diaria realizada cada día junto con la hora en la que inicia y termina el proceso; también es importante la firma del responsable y comentarios de cualquier observación que tenga respecto a lo encontrado.

**Figura 4**

*Formato control de limpieza*

"FORMATO DE CONTROL DE LIMPIEZA"					
Equipo y/o máquina:					
Responsable:					
Área:					
Nº	Fecha	Hr Inicio	Hr Fin	Firma	Comentarios
1	__/__/__				
2	__/__/__				
3	__/__/__				
4	__/__/__				
5	__/__/__				
6	__/__/__				
7	__/__/__				
8	__/__/__				
9	__/__/__				
10	__/__/__				
11	__/__/__				
12	__/__/__				
13	__/__/__				
14	__/__/__				
15	__/__/__				

Luego de la limpieza general se procede a identificar los focos de contaminación y se establecen acciones para poder erradicarlos:

- Retirar la suciedad y lubricantes (grasa y aceite) acumulados en los engranajes de los equipos y máquinas.
- Verificar las conexiones de las mangueras de los diversos fluidos, debido a que usualmente se encuentran fugas o suciedad.
- Controlar e inspeccionar el nivel del pozo séptico.
- Verificar a fondo la cocina y el secador porque son propensos a tener fugas.

Es de vital importancia que se difunda como parte de la cultura de la organización que el personal de producción sepa identificar las fuentes o posibles fuentes de contaminación, así como también se le dé el seguimiento respectivo.

Como tercer paso del mantenimiento autónomo se deben establecer estándares para las actividades de limpieza, en este caso se muestran de las cuatro máquinas que más fallas, paradas han presentado y que son críticas.

**Tabla 7**

*Plan de mantenimiento autónomo*

MÁQUINA	ZONA	TAREA	TIEMPO ESTIMADO	SUPERVISOR
Chancadoras	Poleas de transmisión	Limpiar e inspeccionar	7 min	Jefe mantenimiento
	Transportadores	Limpiar e inspeccionar	3 min	
	Cortinas del descargue	Inspeccionar	3 min	
	Motor	Inspeccionar	4 min	
	Caja reductora	Inspeccionar	1.5 min	
	Bomba	Inspeccionar y lubricar	2 min	
	Sistema hidráulico	Inspeccionar y lubricar	2 min	
	Válvulas	Inspeccionar	3 min	
	Mangueras	Inspeccionar	4 min	
	Chute de descarga	Inspeccionar	5 min	
Superficie	Inspeccionar	9 min		

Asimismo, con el fin de realizar un control del mantenimiento autónomo ejecutado por los trabajadores de producción, semanalmente se realizará una evaluación de cumplimiento donde se inspeccionarán las máquinas para ver si se realizó o no la tarea o si quizás se dejó a medias. La siguiente figura presenta el formato de la evaluación de cumplimiento mencionado.



**Figura 5**

*Evaluación de cumplimiento del mantenimiento autónomo*

<b>"EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DEL MANT. AUTÓNOMO"</b>					
<b>Responsable:</b> _____				<b>Frecuencia:</b> 1 vez x semana	
<b>Área:</b> _____				<b>Fecha:</b> __/__/__	
MÁQUINA	TAREA	EJECUTADA	INCOMPLETO	REPROGRAMADO	OBSERVACIONES

#### **4. Mantenimiento planificado**

El mantenimiento planificado tiene como principal objetivo prevenir que se presente cualquier tipo de daño o falla en la maquinaria mediante diversas técnicas de mantenimiento. Esta actividad no se realiza de forma repentina, sino que se planifica qué y cuándo se ejecutará teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante, el horario laboral de la empresa y las necesidades de la maquinaria según la experiencia del personal de mantenimiento.

Se diseñó un cronograma de mantenimiento planificado de las máquinas críticas del área de producción donde se detallan las tareas especificar a ejecutar y la frecuencia en que se deben dar.

**Figura 6**

*Cronograma de mantenimiento planificado*

<b>CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO</b>					
<b>MÁQUINA: CHANCADORA</b>					
TAREA	FRECUENCIA				
	SEMANAL	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
Inspeccionar y cambiar mallas desaguadoras			X		
Cambiar el aceite de la caja reductora				X	
Cambiar el aceite de la caja de transmisión				X	
Dar mantenimiento y lubricar al motor y cadena de transmisión				X	
Cambiar filtros					X
Dar mantenimiento a la bomba			X		
Inspeccionar sistema eléctrico					X
Inspeccionar fugas de aceite u otro producto					X
Dar mantenimiento al motor		X			
Cambiar filtros					X
Inspeccionar los sistemas de lubricación	X				

## 5. Formación y educación del personal

**Tabla 8**

*Plan de formación y educación del personal*

N°	Tema de formación	Duración	Mayo					Junio			Costo Total
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	
1	El Mantenimiento Productivo Total	3 hrs	X								
2	Identificación y análisis de fallas de la maquinaria	3 hrs	X								
3	Fichas y formatos del TPM	1.5 hs		X							
4	Indicadores del TPM	1.5 hrs		X							S/ 10,800.00
5	Actividades del Mantenimiento Autónomo	6 hrs			X	X					
6	Actividades del Mantenimiento Planificado	6 hrs					X	X			
7	Electricidad	3 hrs							X		
8	Mecánica	3 hrs								X	

En la tabla 8 se muestra el plan de formación y educación propuesto, esta formación será realizada para el área de producción y de mantenimiento ya que estas dos áreas participan en la ejecución de la herramienta del TPM. Como se puede ver se tienen ocho temas de formación, los cuales tiene una duración de entre 1.5 a 6 horas por semana y se dará durante el periodo de mayo y junio. Asimismo, tendrá un costo de 10,800 soles debido a que será impartida por personal externo a la empresa.

## 6. Filosofía de la mejora continua

Este punto se tomará como filosofía para la empresa y de forma mensual se entregará una ficha al personal para que nos brinden las observaciones o ideas de mejora las cuales serán analizadas y pulidas para su futura implementación.

En la figura 7 se presenta la ficha de sugerencias donde inicialmente se debe completar los nombres y apellidos, el área en la que trabaja y la fecha del día. Luego se pasa al propósito de su sugerencia u observación, detallar cuáles son las sugerencias que se tiene y los resultados que se obtendrían si se llegara a implementar su sugerencia.

**Figura 7**

*Ficha de sugerencias*

<b>"FICHA DE SUGERENCIAS"</b>			
Nombres y apellidos: _____			
ÁREA		FECHA	
PROPÓSITO			
SUGERENCIAS/OBSERVACIONES		RESULTADOS ESPERADOS	

## 7. Gestión temprana de equipos

Como parte de la gestión temprana de equipos se planea tener un control diario del indicador Eficacia Global de Equipos Productivos (OEE) con el objetivo de medir la eficiencia de un equipo o máquina mediante tres factores los cuales son la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.

Se elaboró una ficha para el control del OEE la cual se debe emplear de forma diaria y detallar todo lo solicitado en la ficha.

**Figura 8**  
*Ficha control de indicador OEE*

"FICHA CONTROL DE INDICADOR OEE"								
MÁQUINA				FECHA				
DISPONIBILIDAD				OEE				
RENDIMIENTO								
CALIDAD								
Turno	Lote de producción	Hora de inicio	Hora de fin	Cantidad en buen estado	Cantidad defectuosa	Tiempo de break	Tiempo de para	Razón de para

### 3.2.4. Análisis de Modos y Efecto de Fallas (AMEF)

Como alternativa de mejora para reforzar el mantenimiento se propuso el desarrollo del AMEF, el cual se muestra a continuación:

**Tabla 9**

*AMEF de las chancadoras*

MÁQUINA		SUPERVISOR		FECHA			FIRMA	
CHANCADORA		EFECTO	MODO DE FALLA	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	ACCIÓN CORRECTIVA
COMPONENTE	MODO DE FALLA							
Estructura	Rajadura de cóncavos	Pérdida de producción	Atascamiento por un elemento que no se puede triturar	7	6	3	126	Evitar presencia de estos elementos cerca de la cámara chancadora
			Cóncavos son muy finos	7	6	4	168	reemplazar manto
	Deterioro de la superficie de la estructura inferior		Acción de desgaste de la piedra chancada	7	6	4	168	Cambiar revestimientos
	Rompimiento de anillo de segmentación		Deteriorado por retirar cóncavos	7	5	4	140	Cambiar anillo de segmentación y verificar si se puede arreglar
	Rompimiento de tornillos de la estructura		Mala torsión de tornillos	5	5	3	75	Cambiar tornillos rotos y verificar el torque de cada uno
	Rompimiento de mantos		Demasiada corrosión del manto	2	4	3	24	Verificar regularmente que el manto esté bien ajustado
Eje principal	Desajuste de tuerca de la cabeza del eje	Pérdida de producción	Balanceo del manto en el centro	2	4	3	24	Analizar la unión entre el manto y la tuerca para ver si hay balanceo

Spider	Dificultad para retirar spider	Pérdida de producción	Tornillos del spider muy ajustados	2	5	2	20	Seguir el giro normal de la tuerca sin ajustar demás
			Extremos del spider en mal estado	2	6	3	36	Retirar la contaminación o asperezas
			Ausencia de lubricación	2	5	4	40	Arreglar el sistema de lubricación del spider y verificar si no hay fugas en las mangueras de suministro
	Avería en la chumacera del spider	Pérdida de producción	Ausencia de lubricación	2	5	4	40	Cambiar tapa y ver las medidas de la presión en la tapa del spider
			Deterioro de apriete entre la tapa del spider y el spider	5	5	4	100	
	Desajuste de la tapa del spider	Pérdida de producción	Estiramiento de la tapa por golpes de los materiales ingresados	5	4	3	60	Cambiar tapa
Término de su vida útil			8	8	7	448	Cambiar acoplamiento o cambiar acoplamiento y verificar el estado de los filtros, de ser necesario reemplazar piezas	
Avería prematura			9	7	7	441	Pulir filos y cambiar acoplamiento	
Excéntrica	Pérdida de producción	Deterioro del acoplamiento cónico	9	7	7	441	Rellenar la conexión de acoplamiento e introducir grasa para que circule por el sello	
		Elemento extraño intra a excéntrica	9	5	4	180		
Sistema de actuadores	Pérdida de producción	Ausencia de lubricación	9	6	7	378		

Minicentral	Inoperatividad de la máquina chancadora	Deteriorado, término de su vida útil	9	6	7	378	Cambiar conexión de acoplamiento
		Acoplamiento en chancadora	7	7	5	245	Limpiar cámara de chancadora y ajustar el motor Quitar los residuos de metal
		Residuos de metal	3	5	4	60	atascados y ajustar el motor
	Ajuste deficiente	Conexión de tubería rota	9	6	7	378	Verificar la conexión de tubería buscados fugas o grietas grandes; cambiar toda la conexión dañada
		Fuga de lubricantes en el ajuste hidráulico	7	5	4	140	
		Fuga de válvula de relé	7	6	3	126	Cambiar empaquetadura de la válvula
		Fuga de válvula de verificación	6	7	4	168	
	Pérdida de producción	Regulador motorizado sin buen funcionamiento	5	3	4	60	Cambiar regulador motorizado
		Enfriador sin buen funcionamiento	5	3	4	60	Verificar el funcionamiento del enfriador y solucionar averías
	Lubricante recaliente al entrar al chancador	Ajuste excesivo de chancador	5	3	4	60	Verificar el ajuste del chancador y desajustar si es necesario
Inicio de inconvenientes en chumaceras		5	3	4	60	Verificar el depósito de lubricante para ver si hay residuos de plomo o bronce	



			Acopio de piedras en la chancadora	5	3	4	60	Inspeccionar descarga de piedras y el ajuste de la chancadora
	Fuga de lubricante por el sello		Deterioro del sello por uso, término de su vida útil	5	6	5	150	Cambiar el sello
Sistema de captación de polvo	Exceso de suciedad en el lubricante	Pérdida de producción	En la descarga de material se deja entrar polvo por el sello	7	4	5	140	Inspeccionar descarga de piedras para determinar si eso hace que ingrese polvo
	Rompimiento del sello del sistema		Estropeado en la instalación	7	6	5	210	Cambiar sello del sistema

*Nota.* Muestra el detalle de cada falla de las chancadoras

### 3.2.5. Plan de capacitación para el personal de mantenimiento

Se propuso desarrollar un plan de capacitación para el personal de mantenimiento, ya que esto permitirá llevar de mejor forma el sistema de mantenimiento preventivo propuesto.

## PLAN DE CAPACITACIÓN

### 1. Nombre de la empresa

JOSTRONICS INGENIERÍA, MANTENIMIENTO Y CONSTRUCCIÓN S.R.L.

### 2. Actividad comercial

Extracción de recursos minerales

### 3. Justificación

La presencia de empleados comprometidos y colaboradores es una piedra angular fundamental sobre la que las organizaciones que mantienen su presencia en el mercado construyen sus resultados de rendimiento. Más allá de su importancia para aumentar la competitividad de una empresa, la gestión eficaz se considera un elemento fundamental

de los principios de gestión contemporáneos. Dentro de esta perspectiva, se presenta un plan de capacitación para los empleados que trabajan en el área de mantenimiento de una empresa minera.

#### **4. Público objetivo**

El presente plan de capacitación está dirigido a los empleados de una empresa minera que trabajan en el área de mantenimiento, los cuales son un eslabón esencial del sistema de valor para el buen funcionamiento de la empresa minera.

#### **5. Propósito**

El presente plan de capacitación pretende ayudar a aumentar el nivel de competitividad de los empleados en el área de mantenimiento de una empresa minera con el fin de reducir la cantidad de paradas no planificadas de la maquinaria.

#### **6. Objetivos**

##### **6.1. Objetivo General**

Formar a los empleados del área de mantenimiento para la ejecución correcta de sus actividades, para que así se mejore la operatividad de la maquinaria de la empresa.

##### **6.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Impartir información y mejorar las capacidades de los empleados del área de mantenimiento de la empresa.
- ✓ Actualizar y mejorar los conocimientos requeridos para las actividades de los empleados de mantenimiento.
- ✓ Ayudar a mantener y ampliar el desarrollo personal de los empleados de mantenimiento de la empresa.

## **7. Metodología**

- ✓ Aprendizaje dirigido por un instructor
- ✓ Entrenamiento por simulación

## **8. Recursos**

### **8.1. Recurso Humano**

- ✓ Instructor externo a la empresa
- ✓ Operarios del área de mantenimiento
- ✓ Jefe del área de mantenimiento

### **8.2. Recurso Material**

- ✓ Las capacitaciones se llevarán a cabo en las instalaciones de la empresa, la cual designará un espacio específico para que se realicen sin problemas.
- ✓ El material de oficina como lapiceros, hojas bond, separatas, entre otros serán suministrados por el instructor contratado.
- ✓ Recursos como proyector, laptop y ecran serán suministrados por la empresa minera.

## **9. Temario**

El plan de capacitación se enfocará en temas principales relacionados al mantenimiento de maquinaria y equipos, los cuales tiene un propósito específico que se detalla a continuación.

**Tabla 10**

*Temas principales de la capacitación*

<b>Temario</b>	<b>Propósito</b>
El mantenimiento de equipos	Dar a conocer todo lo básico acerca del mantenimiento de equipos, incluyendo importancia, objetivos, entre otros.
Programas de mantenimiento	Detallar las formas de mantenimiento que se pueden aplicar en los equipos, como preventivo, productivo total, entre otros.
Fiabilidad de los equipos y medidas	Describir las formas de fiabilidad y los indicadores para medir la fiabilidad de los equipos.
Análisis de modos de fallos y sus efectos	Dar a conocer cómo se evalúa el efecto de los posibles fallos y a reconocer los puntos del proceso que se deben cambiar.

**10. Detalle del plan de capacitación**

A continuación, se detallarán puntos importantes del plan de capacitación como son las fechas, duración, ubicación, entre otros.

**Tabla 11**

*Plan de capacitación para el área de mantenimiento*

<b>Temario</b>	<b>Sesiones</b>	<b>Duración</b>	<b>Fecha</b>	<b>Itinerario</b>	<b>Ubicación</b>
El mantenimiento de equipos	Introducción e importancia del mantenimiento de equipos en la gestión de mantenimiento	1.5 hr	7/10/2023	3:30 pm - 5:00pm	SALA DE JUNTAS DE LA EMPRESA MINERA

	Reparaciones de equipos	1.5 hr	14/10/2023	3:30 pm - 5:00pm
	Mantenimientos de emergencia	1.5 hr	21/10/2023	3:30 pm - 5:00pm
Programas de mantenimiento	Introducción e importancia del mantenimiento por parte de los operarios	1.5 hr	28/10/2023	3:30 pm - 5:00pm
	Mantenimiento preventivo	1.5 hr	4/11/2023	3:30 pm - 5:00pm
	Mantenimiento productivo total	1.5 hr	11/11/2023	3:30 pm - 5:00pm
Fiabilidad de los equipos y medidas	Fundamentos de la fiabilidad de equipos	1.5 hr	18/11/2023	3:30 pm - 5:00pm
	Formas de aumentar la fiabilidad	1.5 hr	25/11/2023	3:30 pm - 5:00pm
	Índice de fallos y TMEF	1.5 hr	2/12/2023	3:30 pm - 5:00pm
Análisis de modos de fallos y sus efectos	Fundamentos del análisis de modos de fallos y sus efectos	1.5 hr	9/12/2023	3:30 pm - 5:00pm
	Matriz AMFE	1.5 hr	16/12/2023	3:30 pm - 5:00pm
	Análisis de la matriz AMFE	1.5 hr	23/12/2023	3:30 pm - 5:00pm

## 11. Diagrama de Gantt

Figura 9

Diagrama de Gantt del plan de capacitación

DIAGRAMA DE GANTT		Oct-23					Nov-23					Dic-23	
Temario	Sesiones	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 1	Semana 2
El mantenimiento de equipos	Introducción e importancia del mantenimiento de equipos en la gestión de mantenimiento												
	Reparaciones de equipos												
	Mantenimientos de emergencia												
Programas de mantenimiento	Introducción e importancia del mantenimiento por parte de los operarios												
	Mantenimiento preventivo												
	Mantenimiento productivo total												
Fiabilidad de los equipos y medidas	Fundamentos de la fiabilidad de equipos												
	Formas de aumentar la fiabilidad												
	Índice de fallos y TMEF												
Análisis de modos de fallos y sus efectos	Fundamentos del análisis de modos de fallos y sus efectos												
	Matriz AMFE												
	Análisis de la matriz AMFE												

## 12. Presupuesto

**Tabla 12**

*Detalle del presupuesto de la implementación del plan de capacitación*

Nº	Descripción	Cantidad	Unidad De Medida	Costo Unitario	Costo Total
1	Proyector	1	unidad	S/ 280.00	S/ 280.00
2	Ecran	1	unidad	S/ 190.00	S/ 190.00
3	Honorarios de instructor	18	horas	S/ 48.00	S/ 864.00
Total					S/ 1,334.00

De acuerdo con la tabla anterior, se puede observar que el presupuesto total de la propuesta del plan de capacitación para el área de mantenimiento es de S/ 1,334.00.

### 3.3. Resultados de mejora del Sistema de mantenimiento preventivo y la disponibilidad

#### 3.3.1. Diagnóstico de la variable independiente con la mejora

##### 3.3.1.1. Dimensión: Política de mantenimiento con la mejora

*Existencia de políticas de mantenimiento = 100%*

Inicialmente no se contaba con política de mantenimiento, por lo que luego de la implementación de la política de mantenimiento, se incrementó el % de políticas de mantenimiento al 100%, y esto basándonos en el resultado obtenido por Minchan y Vasquez (2022), el cual fue similar. Asimismo, cabe mencionar que se elaboró como parte de las mejoras una política de mantenimiento para la empresa.

### 3.3.1.2. Dimensión: Procedimiento de mantenimiento con la mejora

$$\text{Existencia de procedimientos de mtto} = \frac{1}{1} \times 100\% \text{ (2)}$$

Así también, debido a que inicialmente no se contaba con ningún procedimiento de mantenimiento, con la implementación y desarrollo de un procedimiento de mantenimiento, el nuevo porcentaje de este se incrementó al 100%, también dicho resultado es el esperado ya que así lo obtuvo Minchan y Vasquez (2022).

### 3.3.1.3. Dimensión: Cumplimiento de los mantenimientos preventivos con la mejora

$$\text{Cumplimiento} = \frac{\text{Nº de Actividades ejecutadas} \times 100\%}{\text{Nº de Actividades programadas}}$$

$$\text{Cumplimiento} = 100\%$$

Con la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo se logra contar con una cantidad determinada de actividades programadas, las cuales se realizarán en su totalidad permitiendo incrementar el % de cumplimiento de los mantenimientos preventivos de las chancadoras al 100%, como lo demuestran en su investigación Minchan y Vasquez (2022).

## 3.3.2. Diagnóstico de la variable dependiente: Disponibilidad con la mejora

### 3.3.2.1. Dimensión: Tiempo promedio entre fallas con la mejora

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Nº de fallas}}$$

Para el desarrollo del cálculo se utilizó el cuadro del anexo 4, en el que se hace una previsión en función de la disponibilidad prevista de las chancadoras

$$MTBF = \frac{24265}{491}$$



$$MTBF = 49.42 \text{ horas/fallas}$$

Como puede observarse, se prevé que el MTBF aumente del valor actual de 31,67 horas a un nuevo valor de 42.42 horas tras implantar el sistema de mantenimiento preventivo, lo cual indica que tenemos una mejora de 10.75 horas en el tiempo promedio de funcionamiento entre fallas de las chancadoras.

### 3.3.2.2. Dimensión: Tiempo medio de reparaciones con la mejora

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaiones}}{\text{Nº de fallas}}$$

Para el desarrollo del cálculo se utilizó el cuadro del anexo 4, en el que se hace una previsión en función de la disponibilidad prevista de las chancadoras.

$$MTTR = \frac{3815}{491}$$

$$MTTR = 7.77 \text{ horas}$$

A pesar de la mejora, el tiempo medio de reparación de 7,77 horas por incidencia no se modificó, pero el número total de horas de reparación se redujo en 1.717.

### 3.3.2.3. Dimensión: Tiempo disponible con la mejora

Para evaluar en qué medida se ampliará la disponibilidad, se tomó como base el resultado obtenido en la investigación de Valderrama (2020) la cual tiene por título en "Diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de una flota de cargadores frontales modelo 966-G de la empresa Auto centro Cajamarca S.R.L. Cajamarca, Perú", donde se logró incrementar la disponibilidad de 6.1%. En base a este dato se realizó el cálculo del indicador de la disponibilidad actual.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF \times 100}{MTBF + MTTR}$$

$$Disponibilidad = \frac{49.42 \times 100}{49.42 + 7.77}$$

$$Disponibilidad = 86.4\%$$

Como puede observarse, realizando el cálculo con los nuevos valores obtenidos del tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparaciones, se tiene previsto que la disponibilidad de las chancadoras de la empresa pase del 80,3% al 86,4%, logrando una disponibilidad aumentada en 6.1% gracias al sistema de mantenimiento preventivo implantado. A pesar de no lograr la meta de disponibilidad del 90% de la empresa, la mejora es aceptable según resultado obtenido en la investigación de Valderrama (2020).

El resultado obtenido para cada indicador se puede ver en la tabla 13.

**Tabla 13**  
*Indicadores después de la mejora*

VARIABLE(S)	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Unidad de medida	Indicador actual	Indicador con la mejora
<b>Independiente</b>	Un sistema de mantenimiento preventivo es un conjunto de tecnologías diseñadas en función de políticas de mantenimiento donde se determinan los procedimientos adecuados para realizar el mantenimiento de acuerdo con requerimientos y especificaciones técnicas establecidas, de tal forma que se cumplan todas las actividades de mantenimiento planificadas (Pillado et al., 2022).	Políticas de mantenimiento	Existencia de políticas de mantenimiento	%	0%	100%
		Procedimiento de mantenimiento	Existencia de procedimientos de mantenimiento	%	0%	100%
		Cumplimiento de los mantenimientos preventivos	N.º de actividades ejecutadas x 100% / N.º de actividades programadas	%	0%	100%



**Dependiente**

Disponibilidad.	La disponibilidad es la relación entre el tiempo de actividad y el tiempo total, y mide la probabilidad de que un recurso esté operativo y listo para comprometerse con una tarea cuando se solicite en un momento aleatorio (Nieto, 2022):	Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	Tiempo total de funcionamiento / N° total de reparaciones	Horas	31.67	49.42
		Tiempo medio de reparaciones (MTTR)	Tiempo total de reparación correctiva / N° total de reparaciones	Horas	7.77	7.77
		Tiempo disponible	$MTBF \times 100\% / (MTBF + MTTR)$	%	80.3%	86.4%

### 3.4. Resultados de la evaluación económica de la aplicación del sistema de gestión del mantenimiento preventivo

#### a) Inversión para la propuesta de mejora

La aplicación de la mejora propuesta requiere una inversión de S/20,039.70 (ver tabla 14).

**Tabla 14**

*Inversión*

Política de mantenimiento	Inversión total		Costo Unitario	Costo total
	Unidad	Cantidad		
Separatas con las políticas	Und	25	S/. 5.00	S/. 125.00
Capacitación interna	Und	1	S/. 450.00	S/. 450.00
Proyector	Und	1	S/. 850.00	S/. 850.00
<b>Total</b>				<b>S/. 1,425.00</b>
Procedimiento de mantenimiento	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Separatas de procedimientos	Und	30	S/. 5.00	S/. 150.00
Capacitación interna	Und	1	S/. 450.00	S/. 450.00
<b>Total</b>				<b>S/. 600.00</b>
TPM – AMFE -CAPACITACIÓN	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Afiches del TPM	Und	5	S/25.00	S/. 125.00
Computadora	Und	1	S/2,600.00	S/. 2,600.00
Impresora	Und	1	S/750.00	S/. 750.00
Carpetas	Und	4	S/25.00	S/. 100.00
Estabilizador	Und	1	S/170.00	S/. 170.00
Letreros	Und	5	S/25.00	S/. 125.00
Escoba	Und	5	S/11.00	S/. 55.00
Recogedor	Und	5	S/11.00	S/. 55.00
Franela	Mt	10	S/12.00	S/. 120.00
Separatas de procedimientos	Und	15	S/5.00	S/. 75.00
Formatos	Und	50	S/50.00	S/. 2,500.00
Juego de llaves	Und	3	S/179.90	S/. 539.70
Capacitaciones	Und	1	S/10,800.00	S/. 10,800.00
<b>Total</b>				<b>S/. 18,014.70</b>
<b>TOTAL</b>				<b>S/20,039.70</b>

## b) Beneficio anual con las mejoras

Para determinar el beneficio obtenido con la propuesta, se tuvo que restar la pérdida inicial generada por los paros no programados y la pérdida luego de la mejora, obteniendo un beneficio anual de S/. 480,874.95 y un beneficio mensual de S/40,072.91.

**Tabla 15**

*Ahorro con la mejora*

Equipo	Costo por hora	Horas de reparación al año por paros no programados (fallas)	Pérdida actual	Horas de reparación al año por paros no programados (fallas) con la mejora	Pérdida con la mejora	Ahorro anual
CHANCADORA HP400-1	S/. 280.00	1135	S/. 317,800.00	786	S/. 220,015.38	S/. 97,784.62
CHANCADORA HP400-2	S/. 280.00	1144	S/. 320,320.00	787	S/. 220,480.00	S/. 99,840.00
CHANCADORA HP400-3	S/. 280.00	1020	S/. 285,600.00	701	S/. 196,350.00	S/. 89,250.00
CHANCADORA HP400-4	S/. 280.00	1334	S/. 373,520.00	918	S/. 257,133.33	S/. 116,386.67
CHANCADORA HP400-5	S/. 280.00	899	S/. 251,720.00	622	S/. 174,106.33	S/. 77,613.67
<b>Total</b>	S/. 280.00	5532	S/. 1,548,960.00	3815	S/. 1,068,085.05	S/. 480,874.95

## c) Evaluación económica

Se procedió a evaluar económicamente en un horizonte de 12 meses, considerando los valores obtenidos con las mejoras, y se obtuvo una tasa mensual o costo de oportunidad de 1.10%.

**Tabla 16**

*Evaluación económica*

<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>Mes 0</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>	<b>Mes 4</b>	<b>Mes 5</b>	<b>Mes 6</b>	<b>Mes 7</b>	<b>Mes 8</b>	<b>Mes 9</b>	<b>Mes 10</b>	<b>Mes 11</b>	<b>Mes 12</b>	<b>TOTAL</b>
<b>EGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		<b>5</b>							
Política de mantenimiento	S/1,425.00													S/1,425.00
Procedimiento de mantenimiento	S/600.00													S/600.00
TPM -AMFE Y CAPACITACIÓN	S/18,014.70	S/3,010.00	S/3,010.00	S/3,010.00	S/3,010.00	S/3,010.00	S/3,010.00	S/3,010.00	S/3,010.00	S/3,010.00	S/3,010.00	S/3,010.00	S/3,010.00	S/54,134.70
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>S/20,039.70</b>	<b>S/3,010.00</b>	<b>S/3,010.00</b>	<b>S/3,010.00</b>	<b>S/3,010.00</b>	<b>S/3,010.00</b>	<b>S/3,010.00</b>	<b>S/3,010.00</b>	<b>S/3,010.00</b>	<b>S/3,010.00</b>	<b>S/3,010.00</b>	<b>S/3,010.00</b>	<b>S/3,010.00</b>	<b>S/56,159.70</b>
<b>FLUJO ENTRANTE</b>	<b>Mes 0</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>	<b>Mes 4</b>	<b>Mes 5</b>	<b>Mes 6</b>	<b>Mes 7</b>	<b>Mes 8</b>	<b>Mes 9</b>	<b>Mes 10</b>	<b>Mes 11</b>	<b>Mes 12</b>	<b>TOTAL</b>
Ahorro obtenido	S/0.00	S/40,072.91	S/40,072.91	S/40,072.91	S/40,072.91	S/40,072.91	S/40,072.91	S/40,072.91	S/40,072.91	S/40,072.91	S/40,072.91	S/40,072.91	S/40,072.91	S/480,874.95
<b>TOTAL BENEFICIOS</b>	<b>S/0.00</b>	<b>S/40,072.91</b>	<b>S/40,072.91</b>	<b>S/40,072.91</b>	<b>S/40,072.91</b>	<b>S/40,072.91</b>	<b>S/40,072.91</b>	<b>S/40,072.91</b>	<b>S/40,072.91</b>	<b>S/40,072.91</b>	<b>S/40,072.91</b>	<b>S/40,072.91</b>	<b>S/40,072.91</b>	<b>S/480,874.95</b>
<b>FLUJO ANUAL DE CAJA</b>	<b>-S/20,039.70</b>	<b>S/37,062.91</b>	<b>S/37,062.91</b>	<b>S/37,062.91</b>	<b>S/37,062.91</b>	<b>S/37,062.91</b>	<b>S/37,062.91</b>	<b>S/37,062.91</b>	<b>S/37,062.91</b>	<b>S/37,062.91</b>	<b>S/37,062.91</b>	<b>S/37,062.91</b>	<b>S/37,062.91</b>	<b>S/424,715.25</b>
<b>TMAR</b>	<b>1.10%</b>													
<b>TIR</b>	<b>185%</b>													
<b>VAN</b>	<b>S/394,482.63</b>													
<b>B/C</b>	<b>7.56</b>													

De acuerdo con los resultados de la tabla 16, se puede decir que la investigación es totalmente rentable ya que se tuvo un VAN de S/394,482.63 como monto de ahorro anual al implementar el sistema de mantenimiento preventivo, esto concuerda con la TIR de 185% obtenida la cual determina una ganancia considerable en relación a las tasa mensual o costo de oportunidad del 1.10%, finalmente obtenemos un B/C de 7.56, esto quiere decir que por cada sol invertido en la implementación del sistema de mantenimiento preventivo, obtendremos 6.56 soles de utilidad, por lo tanto se aprueba la implementación del sistema de diseño de mantenimiento.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Referente al resultado del objetivo general, se diseñó el sistema de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos de procesamiento de mineral de la empresa JOSTRONICS Ingeniería Mantenimiento y Construcción S.R.L, logrando conseguir un aumento de la disponibilidad en 6.1%, logrando corroborar la hipótesis, debido a que un resultado similar tuvo Guerrero (2021) ya que logró con mejoras de un plan de MP elevar la disponibilidad de 85% a 89%, asimismo Baño y Cárdenas (2022) logró incrementar la disponibilidad en 5.3%. Confirmando así que toda empresa en la que se aplique mejoras de MP se logra una mejora de la disponibilidad de los equipos en los que se pone en práctica.

Referente al resultado del primer objetivo específico, se encontró que los problemas causantes de la baja disponibilidad fueron la falta de mantenimiento preventivo de los equipos, de políticas de mantenimiento y de un procedimiento de mantenimiento, ocasionando no solo la baja disponibilidad sino pérdidas económicas, y esto fue corroborado por Romero y Rubio (2019) en sus investigación presentó problemas de paradas imprevistas de los equipos lo que no permite que se produzcan la cantidad de toneladas de harina de pescado requeridas, lo que representó una pérdida de S/. 201,413.00, de igual forma Pinedo (2018) identificó en la empresa como problema los altísimos costos operativos debido a la gran cantidad de fallas de la maquinaria, trayendo una pérdida de S/. 74,458.80. Se establece que los problemas en mantenimiento provocan un impacto económico significativo para las empresas.

Referente al resultado del segundo objetivo específico, se diseñó el sistema de MP en la empresa JOSTRONICS Ingeniería Mantenimiento y Construcción S.R.L, el cual consistió en el desarrollo de una de una política de mantenimiento, procedimiento de mantenimiento,



TPM, AMFE y un plan de capacitación. Dichas mejoras fueron parecidas a las aplicadas por Guerrero (2021) quien aplicó el mantenimiento preventivo, Baño y Cárdenas (2022) en su investigación desarrollaron herramientas de mejora de Mantenimiento Planificado y Mantenimiento Autónomo.

Referente al resultado del tercer objetivo específico, se estimó que con el diseño propuesto se incrementará la disponibilidad de los equipos de 80.3% a 86.4%, asimismo se elevó el porcentaje de políticas, procedimientos, documentos y actividades de mantenimiento al 100% respectivamente, igualmente se incrementó el MTBF. Dicho resultado fue el previsto ya que también Pinedo (2018) logró incrementar también la disponibilidad de 83% a 89%.

Asimismo, respecto al resultado del cuarto objetivo específico, en nuestro estudio se pudo determinar que la propuesta fue rentable al tener un VAN de S/394,482.63 un TIR de 185% y un B/C de 7.56, y este resultado fue el esperado ya que según las investigaciones de Bereche y Gonzales (2022) luego de aplicar mejoras de mantenimiento obtuvieron un VAN de S/ 8,143, un TIR de 60.75% y un B/C de 1.7.

En las limitaciones del estudio se tuvieron restricciones en lo que se refiere al acceso de información. Dado que la empresa sólo dispone ahora de la guía de usuario proporcionada por el fabricante, que es insuficiente, es vital que se siga el plan de mantenimiento propuesto en este estudio.

Como implicancias, desde un punto de vista académico, nuestro estudio ha permitido corroborar que al realizar mejoras en la gestión de mantenimiento preventivo de una empresa minera ayuda a reducir las pérdidas económicas y por ende se logra un incremento en la disponibilidad., asimismo servirá de referencia para futuras investigaciones que se desarrollen en una empresa del mismo rubro, asimismo desde el punto de vista teórico luego de desarrollar

diversas herramientas de Ingeniería que han ayudado a mejorar la gestión de mantenimiento se pudo corroborar que efectivamente ayudan a reducir las pérdidas económicas de la empresa.

## 4.2. Conclusiones

- El diagnóstico del área de mantenimiento encargado de mantener y operar los equipos de procesamiento de mineral se encontró una serie de deficiencias al momento de aplicar un mantenimiento preventivo, por lo cual se generaba una baja disponibilidad de los equipos, la cual fue de 80.3%
- El diseño del sistema de mantenimiento preventivo en la empresa JOSTRONICS Ingeniería Mantenimiento y Construcción S.R.L, consistió en el desarrollo de una política de mantenimiento, procedimiento de mantenimiento, TPM, AMFE y un plan de capacitación
- Con el diseño del sistema de mantenimiento preventivo se estimó un incremento de la disponibilidad de los equipos de 80.3% a 86.4%, asimismo se elevó el porcentaje de políticas, procedimientos, documentos y actividades de mantenimiento al 100% respectivamente, asimismo se incrementó el MTBF.
- La evaluación económica del diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos de procesamiento de mineral determinó que fue rentable ya que se obtuvo un VAN de S/394,482.63 un TIR de 185% y un B/C de 7.56.
- El diseño un sistema de Mantenimiento preventivo incrementó la disponibilidad de los equipos de procesamiento de mineral de la empresa JOSTRONICS Ingeniería Mantenimiento y Construcción S.R.L. en 6.1%.

## REFERENCIAS

- Alavedra, C., Gastelu, Y., Méndez, G., Minaya, C., Pineda, B., Prieto, K., Ríos, K., & Moreno, C. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial*, 34, 11-26.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337450992001>
- Baño, H., & Cárdenas, J. (2022). Desarrollo de un sistema de gestión de mantenimiento para la línea de procesamiento de quinua de la empresa Coprobich del cantón Colta. Riobamba, Ecuador. Recuperado de:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16177/1/25T00432.pdf>
- Becerril, I., Gutiérrez, J., & Hurtado, R. (2018). Implantación de un sistema de mantenimiento preventivo para el aumento de la eficiencia de la maquinaria en una planta de fundición. *Revista Ciencia Administrativa*, 16, 588-603.  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bsu&AN=138598784&authType=shib&lang=es&site=eds-live>. Acceso em: 11 maio. 2021.
- Bereche, C., y Gonzales, N. (2022). Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento y logística para incrementar la rentabilidad de una empresa de transportes de carga ubicada en la ciudad de Trujillo 2021. Trujillo, Perú. Recuperado de:  
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30254/Bereche%20Meneses%20Cecybell%20-%20Gonzales%20Mostacero%20Nicole%20del%20Pilar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guerrero, J. (2021). Gestión de un plan de mantenimiento preventivo a buses interprovinciales de la compañía Velotax. Ibarra, Ecuador. Recuperado de:

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11126/2/04%20MAUT%20138%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Héctor, J. (2020): Metodología de la Investigación Científica. [https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%8Da\\_de\\_la\\_Investigaci%C3%93n\\_Cient/WruXzQEACAAJ?hl=es-419](https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%8Da_de_la_Investigaci%C3%93n_Cient/WruXzQEACAAJ?hl=es-419)

Jiménez, F. (2018). Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial. ELEM031 [https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento\\_preventivo\\_de\\_sistemas\\_de/fkwpEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento_preventivo_de_sistemas_de/fkwpEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0)

Minchan, J. y Vasquez, N- (2022). “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA MULTISERVICIOS LEO’S, 2021” [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30916/Minchan%20Huaccha%20Juan%20Leonardi\\_Vasquez%20Bardales%20Nicolas.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30916/Minchan%20Huaccha%20Juan%20Leonardi_Vasquez%20Bardales%20Nicolas.pdf?sequence=7&isAllowed=y)

Minchan, J. y Vasquez, N- (2022). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de maquinaria pesada de la empresa multiservicios LEO’S, 2021” [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30916/Minchan%20Huaccha%20Juan%20Leonardi\\_Vasquez%20Bardales%20Nicolas.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30916/Minchan%20Huaccha%20Juan%20Leonardi_Vasquez%20Bardales%20Nicolas.pdf?sequence=7&isAllowed=y)

Nieto, E. (2022). Mantenimiento industrial práctico (2a Edición). [https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento\\_industrial\\_pr%C3%A1ctico\\_2a\\_Ed/NcVvEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento_industrial_pr%C3%A1ctico_2a_Ed/NcVvEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)

- Nieto, E. (2022). *Mantenimiento industrial práctico* (2a Edición).  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento\\_industrial\\_pr%C3%A1ctico\\_2a\\_Ed/NcVvEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento_industrial_pr%C3%A1ctico_2a_Ed/NcVvEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Nieto, E. (2022). *Mantenimiento industrial práctico* (2a Edición).  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento\\_industrial\\_pr%C3%A1ctico\\_2a\\_Ed/NcVvEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento_industrial_pr%C3%A1ctico_2a_Ed/NcVvEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0)
- Peinado, A., Benmessaoud, T., Entezami, M., & García, F. (2022). Gestión óptima del mantenimiento de aerogeneradores marinos minimizando los costes. *Tecnologías y evaluaciones de energía sostenible*, 52, 102230.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221313882200282X>
- Pereyra, E. (2020). *Metodología de la investigación*.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n/x9s6EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n/x9s6EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Pereyra, E. (2020). *Metodología de la investigación*.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n/x9s6EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n/x9s6EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Pillado, M., Castillo, V., & de la Riva, J. (2022). Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas. *RIDE*, 12(24), e361. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-74672022000100055&lang=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672022000100055&lang=es)
- Pinedo, L. (2018). Aplicación del mantenimiento preventivo para disminuir los costos de mantenimiento de la empresa pesquera Icef S.A.C. Chimbote, Perú. Recuperado de:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/30121/pinedo\\_tl.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/30121/pinedo_tl.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Romero, K., & Rubio, C. (2019). Mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones para reducir costos de mantenimiento en COPEINCA S.A.C. Chimbote, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44453>

Salgado, Y., Martínez del Castillo, A., & Santos, A. (2018). Programación óptima del mantenimiento preventivo de generadores de sistemas de potencia con presencia eólica. *Revista de Ingeniería Energética*, 39(3), 157-167. <http://scielo.sld.cu/pdf/rie/v39n3/rie03318.pdf>

Salgado, Y., Martínez, A., & Santos, A. (2018). Programación óptima del mantenimiento preventivo de generadores de sistemas de potencia con presencia eólica. *Ingeniería Energética*, 39(3), 157-167. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329158816003>

Valderrama, E. (2020). Diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de una flota de cargadores frontales modelo 966-g de la empresa Autocentro Cajamarca S.R.L. Cajamarca, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24859/Valderrama%20Izquierdo%2c%20Ever%20Eli.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Valderrama, E. (2020). Diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de una flota de cargadores frontales modelo 966-g de la empresa Autocentro Cajamarca S.R.L. Cajamarca, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24859/Valderrama%20Izquierdo%2c%20Ever%20Eli.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vargas, J. (2020). Metodología de la Investigación Científica.[https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%8Da\\_de\\_la\\_Investigaci%C3%93n\\_Cient/WruXzQEACAAJ?hl=es-419](https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%8Da_de_la_Investigaci%C3%93n_Cient/WruXzQEACAAJ?hl=es-419)

## ANEXOS



### Anexo 1. Encuesta

#### ENCUESTA

**Área** : **Mantenimiento**

**Problema** : **Baja disponibilidad**

Marque con una "X" según su criterio de significancia de causa en e problema de la los altos costos operativos

Valorización	Puntaje
Alto	3
Medio	2
Bajo	1
Nulo	0

EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE EL NIVEL DE PRIORIDAD QUE AFECTEN A LOS COSTOS OPERATIVOS:

Causa	Preguntas con respecto a las principales causas	Calificación			
		Alto	Medio	Bajo	Nulo
Cr1	Falta de stock de repuestos y materiales				
Cr2	Falta de un procedimiento de mantenimiento				
Cr3	Falta de capacitación al personal de mantenimiento				
Cr4	Falta de políticas de mantenimiento				
Cr5	Falta de equipos para detección de fallas				
Cr6	Falta de mantenimiento preventivo de los equipos				
Cr7	Falta de orden y limpieza en el almacén de repuestos de mantenimiento				
Cr8	Falta de personal de mantenimiento				

Fuente: Nazario (2021)

## Anexo 2. Ficha de observación

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO</b>			
<b>Fecha:</b>			
<b>Hora:</b>			
<b>Proceso:</b>		<b>Gestión de la Calidad</b>	
<b>Nº</b>	<b>Área</b>	<b>Causas Raíz identificadas</b>	<b>Detalle de la observación</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Fuente: Nazario (2021)

### Anexo 3. Reporte de fallas de las chancadoras antes de la mejora

Equipo	N°	Costo por hora	Horas de reparación al año por paros no programados (fallas)	N° de fallas	Tiempo total de funcionamiento (TTF)	Tiempo total disponible del periodo	MTBF (horas)	MTTR (horas)	Disponibilidad	Pérdida actual
CHANCADORA HP400-1	1	S/. 280.00	1135	156	4481	5616	28.72	7.28	79.8%	S/. 317,800.00
CHANCADORA HP400-2	1	S/. 280.00	1144	154	4472	5616	29.04	7.43	79.6%	S/. 320,320.00
CHANCADORA HP400-3	1	S/. 280.00	1020	144	4596	5616	31.92	7.08	81.8%	S/. 285,600.00
CHANCADORA HP400-4	1	S/. 280.00	1334	138	4282	5616	31.03	9.67	76.2%	S/. 373,520.00
CHANCADORA HP400-5	1	S/. 280.00	899	120	4717	5616	39.31	7.49	84.0%	S/. 251,720.00
<b>Total</b>	<b>5</b>	S/. 280.00	5532	712	22548	28080	31.67	7.77	80.3%	S/. 1,548,960.00

Fuente: La empresa JOSTRONICS

#### Anexo 4. Reporte de fallas de las chancadoras luego del diseño

Equipo	N°	Costo por hora	Horas de reparación al año por paros no programados (fallas)	N° de fallas	Tiempo total de funcionamiento (TTF)	Tiempo total disponible del periodo	MTBF (horas)	MTTR (horas)	Disponibilidad	Pérdida actual
CHANCADORA HP400-1	1	S/. 280.00	786	108	4830	5616	44.72	7.28	86.0%	S/. 220,015.38
CHANCADORA HP400-2	1	S/. 280.00	787	106	4829	5616	45.55	7.44	86.0%	S/. 220,480.00
CHANCADORA HP400-3	1	S/. 280.00	701	99	4915	5616	49.64	7.10	87.5%	S/. 196,350.00
CHANCADORA HP400-4	1	S/. 280.00	918	95	4698	5616	49.45	9.70	83.6%	S/. 257,133.33
CHANCADORA HP400-5	1	S/. 280.00	622	83	4994	5616	60.17	7.54	88.9%	S/. 174,106.33
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>S/. 280.00</b>	<b>3815</b>	<b>491</b>	<b>24265</b>	<b>28080</b>	<b>49.42</b>	<b>7.77</b>	<b>86.4%</b>	<b>S/. 1,068,085.05</b>

### Anexo 5: Validación de la encuesta por Alfa de Cronbach

#### → Fiabilidad

[ConjuntoDatos0]

#### Escala: ALL VARIABLES

#### Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	7	87,5
	Excluido <sup>a</sup>	1	12,5
	Total	8	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

#### Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,967	8

	EN1	EN2	EN3	EN4	EN5	EN6	EN7	EN8
Pregunta 1	1	0	0	0	0	0	0	1
Pregunta 2	3	3	2	3	3	2	3	3
Pregunta 3	1	1	0	1	0	0	0	0
Pregunta 4	3	3	2	3	3	2	3	3
Pregunta 5	1	1	1	1	1	1	1	0
Pregunta 6	3	3	3	3	3	3	3	3
Pregunta 7	1	0	1	0	0	1	0	1
Pregunta 8	0	0	1	1	0	1	1	1