

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN  
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA  
REDUCIR LOS FALLOS EN MÁQUINAS DE  
PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE UNA  
EMPRESA COMERCIALIZADORA DE CARBÓN  
MINERAL, TRUJILLO 2020”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autores:**

Ronaldo Ramirez Vasquez  
Kevin Anderson Lavado Aguilar

**Asesor:**

Luis A. Mantilla Rodriguez

<https://orcid.org/0000-0002-5497-4826>

Trujillo - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	Miguel Ángel Rodríguez Alza	18081624
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Oscar Alberto Goicochea Ramírez	18089007
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Cesar Enrique Santos Gonzales	41458690
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme vida, salud y la oportunidad de seguir cumpliendo mis metas propuestas, a mis padres y hermano (a) que siempre están brindándome ese apoyo incondicional que necesito del día a día para seguir superándome a mí mismo y guiándome por el lado bueno de la vida para ser siempre una persona de grandes cualidades para todos los que me rodean.

(Ronaldo Ramírez Vásquez)

A Dios por mantenerme con salud y perseverancia ante las adversidades que se cruzaron en el camino.

A mi hija Aixa Abigail Lavado Espinoza que es el gran amor de mi vida, que a pesar de su corta edad a tenido que entender mis días de trabajo y estudios para poder completar mi meta, así de esta manera lograr con éxito una etapa de estudios satisfactoria.

A mi familia que aposto por mí, apoyándome en todo momento y siendo el empuje día a día.

(Kevin Anderson Lavado Aguilar)

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer primeramente a Dios por guiarme por el lado positivo de la vida, seguidamente a mis padres por sus consejos que me han sido importantes para mi superación del día a día.

A la empresa por brindarme la información y los permisos necesarios para llevar a cabo la elaboración de este informe.

Al asesor el Ingeniero Luis mantilla Rodriguez por brindarme su enseñanza en el proceso de la elaboración del proyecto.

(Ronaldo Ramírez Vásquez)

Mi agradecimiento a Dios por la dicha de mantenerme con bienestar y cada una de sus bendiciones, a su vez a mis padres y familiares, que se han convertido en un motor fundamental para cumplir mis metas, a nuestra institución y maestros que contribuyeron a la formación y desarrollo este proyecto de tesis de una manera que represente en mi formación profesional.

A la empresa por darme la oportunidad y el apoyo de realizar mi tesis.

(Kevin Anderson Lavado Aguilar)

## Tabla de contenido

<b>JURADO EVALUADOR</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>4</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Bases teóricas</b>	<b>16</b>
<b>1.3. Formulación del problema</b>	<b>21</b>
<b>1.4. Objetivos</b>	<b>23</b>
<b>1.5. Hipótesis</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	<b>24</b>
<b>2.1. Tipo de investigación</b>	<b>24</b>

<b>2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)</b>	<b>26</b>
<b>2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos</b>	<b>27</b>
<b>Fuente: Elaboración propia</b>	<b>30</b>
<b>2.4. Procedimientos de recolección de datos</b>	<b>30</b>
<b>2.5. Aspectos éticos</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>32</b>
<b>3.1. Diagnóstico situacional de la empresa</b>	<b>32</b>
3.1.1. Diagnóstico del área problemática	32
3.1.2. Matriz de prorización de causas raíces	33
3.1.3. Descripción de causas raíces y monetización	36
3.1.4. Matriz de indicadores	40
3.1.5. Análisis de la hoja de verificación	42
3.1.6. Análisis de la encuesta	43
3.1.7. Análisis de la tabla de incidencias	50
3.1.8. Calculo de los indicadores de gestión actuales	59
3.1.9. Costos del mantenimiento correctivo	62
<b>3.2. Implementación del plan de mantenimiento preventivo</b>	<b>64</b>
3.2.1. Programa de capacitación	81
<b>3.3. Inversión en plan de mantenimiento preventivo</b>	<b>83</b>
<b>3.4. Costo del programa de capacitación</b>	<b>87</b>
<b>3.5. Resultados de causas raíces</b>	<b>90</b>
<b>3.6. Comparación de la reducción de los fallos en máquinas de producción y transporte</b>	<b>96</b>
<b>3.7. Evaluación económica - financiera de la implementación</b>	<b>100</b>

<b>3.8. Cálculo del VAN, TIR, PRI y B/C</b>	<b>104</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>106</b>
<b>4.1. DISCUSIONES</b>	<b>106</b>
<b>4.2. CONCLUSIONES</b>	<b>109</b>
<b>4.3. RECOMENDACIONES</b>	<b>110</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>117</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	25
Tabla 2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
Tabla 3 Métodos de análisis de datos.....	29
Tabla 4 Resumen Matriz de priorización.....	34
Tabla 5 Cálculo de la pérdida monetaria de CR7.....	36
Tabla 6 Cálculo de pérdida de la CR5.....	37
Tabla 7 Cálculo de pérdida de la CR8.....	37
Tabla 8 Cálculo de pérdida de la CR3.....	38
Tabla 9 Cálculo de pérdida de la CR6.....	39
Tabla 10 Cálculo de pérdida de la CR2.....	40
Tabla 11 Matriz de indicadores resultantes.....	41
Tabla 12 Resultados de la hoja de verificación.....	42
Tabla 13 Tipo de mantenimiento de la empresa.....	44
Tabla 14 Acuerdo o desacuerdo del personal con el mantenimiento aplicado a la empresa.....	45
Tabla 15 Secuencia de trabajo del área de mantenimiento.....	46
Tabla 16 Realización de capacitaciones sobre el uso de máquinas.....	48
Tabla 17 Acuerdo o desacuerdo de la implementación del mantenimiento preventivo.....	49
Tabla 18 Máquinas críticas de la empresa.....	51
Tabla 19 Incidencias de fallas de la máquina zaranda eléctrica.....	52
Tabla 20 Incidencias de fallas de la máquina cargador frontal.....	53
Tabla 21 Incidencia de fallas de la máquina volquete.....	54
Tabla 22 Calculo del total de H-M y el % de paradas al año de maquinaria.....	55
Tabla 23 Lista de repuestos de las fallas de la zaranda eléctrica.....	56
Tabla 24 Lista de repuestos para las fallas del cargador frontal.....	57
Tabla 25 Lista de repuestos para cada falla del volquete.....	58
Tabla 26 Cálculo de los indicadores de gestión actual de la zaranda eléctrica.....	59
Tabla 27 Cálculo de indicadores de gestión actual del cargador frontal.....	59
Tabla 28 Calculo de los indicadores de gestión actual del volquete.....	60
Tabla 29 Ganancia por hora de las maquinas cuando están funcionando correctamente....	63
Tabla 30 Costo total de mantenimiento correctivo.....	63

Tabla 31 Elaboración del puesto de trabajo del jefe de mantenimiento.....	67
Tabla 32 Elaboración del puesto de trabajo del técnico mecánico de mantenimiento.....	68
Tabla 33 Elaboración del puesto de trabajo del practicante de Ingeniería Industrial.....	70
Tabla 34 Análisis del modo de fallas del volquete.....	72
Tabla 35 Análisis del modo de fallas del cargador frontal.....	75
Tabla 36 Análisis del modo de fallas de la zaranda eléctrica.....	77
Tabla 37 Descripción del taller de capacitación al personal.....	81
Tabla 38 Cronograma de capacitación personal de producción.....	82
Tabla 39 Cronograma de capacitación personal de transporte y mtto.....	82
Tabla 40 Costos de contratación de personal.....	83
Tabla 41 Costos de compras de herramientas de implementación.....	84
Tabla 42 Costos de compras de repuestos para la implementación del cargador frontal....	85
Tabla 43 Costos de compras de repuestos para la implementación del volquete.....	86
Tabla 44 Costos de compras de repuestos para la implementación de la zaranda eléctrica.	86
Tabla 45 Capacitación a personal de producción.....	87
Tabla 46 Capacitación a personal de transporte y mtto.....	88
Tabla 47 Resultados CR7.....	90
Tabla 48 Resultados CR5.....	91
Tabla 49 Resultado CR8.....	92
Tabla 50 Resultado CR3.....	93
Tabla 51 Resultado CR6.....	94
Tabla 52 Resultado CR2.....	95
Tabla 53 Indicadores aplicando la mejora.....	96
Tabla 54 Comparación de fallas antes y después de la implementación.....	97
Tabla 55 Indicadores de la zaranda eléctrica después de la implementación.....	98
Tabla 56 Indicadores del cargador frontal después de la implementación.....	98
Tabla 57 Indicadores del volquete después de la implementación.....	99
Tabla 58 Estado de resultados proyectado.....	100
Tabla 59 Depreciación de compras de activos.....	101
Tabla 60 Reinversión por vida útil de los componentes.....	102
Tabla 61 Flujo de caja proyectado.....	103
Tabla 62 Cálculo del VAN, TIR, PRI y B/C de la implementación.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Formula de la disponibilidad .....	20
Figura 2: Formula de tiempo medio de reparaciones (MTTR) .....	20
Figura 3: Formula del tiempo medio entre fallas(MTBF).....	20
Figura 4: Diagrama Ishikawa .....	32
Figura 5: Matriz de priorización (resultados de la encuesta).....	33
Figura 6: Diagrama Pareto.....	35
Figura 7: Porcentaje del tipo de mantenimiento en la empresa.....	45
Figura 8: Porcentaje de acuerdo o desacuerdo del personal con el mantenimiento .....	46
Figura 9: Porcentaje de secuencia de trabajo en el área de mantenimiento .....	47
Figura 10: Porcentaje de realización de capacitaciones sobre el uso de las máquinas.....	48
Figura 11: Porcentaje de acuerdo o desacuerdo de la implementación del mantenimiento preventivo .....	50
Figura 12: Histograma de las fallas de la zaranda eléctrica. ....	60
Figura 13: Histograma de las fallas del cargador frontal.....	61
Figura 14: Histograma de fallas del volquete.....	62
Figura 15: Elaboración del plan de mantenimiento preventivo para el volquete .....	74
Figura 16: Elaboración del plan de mantenimiento preventivo para el cargador frontal ....	76
Figura 17: Elaboración del plan de mantenimiento preventivo para la zaranda eléctrica... ..	78
Figura 18: Elaboración del procedimiento del plan de mantenimiento preventivo.....	79
Figura 19: Orden de trabajo del mantenimiento preventivo.....	80
Figura 20: Beneficio obtenido CR7.....	90
Figura 21: Beneficio obtenido CR5.....	91
Figura 22: Beneficio obtenido CR8.....	92
Figura 23: Beneficio obtenido CR3.....	93
Figura 24: Beneficio obtenido CR6.....	94
Figura 25: Resultado obtenido CR2 .....	95
Figura 26: Comparación de fallas antes y después de la implementación .....	97

## RESUMEN

El presente trabajo titulado Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los fallos en máquinas de producción y transporte de una empresa comercializadora de carbón mineral, Trujillo, 2020, está caracterizado por ser un mantenimiento que se rige en realizar actividades planificadas mediante cronogramas de tareas en determinadas fechas, generando que las máquinas que se hayan sometido al plan aumenten su confiabilidad y disponibilidad para que estas aumenten la vida su vida útil, además reducen los costos por fallas imprevistas ya que estas no ocurrirán de gran frecuencia cuando se haya realizado el plan de mantenimiento preventivo, evitando paradas de producción por fallas inesperadas. Como objetivo fue realizar una propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los fallos en máquinas de producción y transporte. La tesis presenta una investigación por orientación aplicada y por el diseño es diagnóstica y propositiva. Se analizó la situación actual del mantenimiento mediante encuestas presenciales, donde se obtuvo que solamente el 37.5% de los Ítems de la hoja de verificación cumplen la gestión de mantenimiento, mientras que el 81.82% de los encuestados están de acuerdo a que la implementación del plan de mantenimiento preventivo reducirá las fallas de las máquinas en la empresa, además se calculó la pérdida total antes de la implementación de S/. 115,763.94 para sus causas raíces, la pérdida mejorada total S/.33,823.17. Obteniendo un beneficio de S/. 81,940.78. Por último, se calculó el VAN con un valor de S/. 103,920.76, una tasa interna de retorno del 79.87%, el periodo de retorno de la inversión de 1.87 años y el beneficio – costo de 1.83 por cada nuevo sol de la inversión, llegando a la conclusión que la implementación que se realizará si es viable.

**PALABRAS CLAVES:** Mantenimiento preventivo y fallas

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Desde la antigüedad en la creación de las grandes empresas ya sean de diferentes rubros, el mantenimiento ha sido muy esencial ya sea en maquinaria por la parte de producción o en equipos de la implementación de oficinas, este ha ido creciendo su valor añadido a través de los años dentro de las organizaciones.

En la segunda guerra mundial (1939 – 1945), se sistematizan los trabajos de mantenimiento preventivo, y en Estados Unidos se empieza a abandonar el control estadístico de calidad, que había sido establecido por Deming y Shewhart, pero de tal manera el mantenimiento no garantizaba que las máquinas entreguen productos de alta calidad, por esta parte se crea la Sociedad Americana de Calidad, lo cual obtuvieron mejoras en la calidad de productos, además John Moubray y asociados establecieron el Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), que empezaron primero a utilizarlo en Sudáfrica e Inglaterra para mejorar la confiabilidad de las máquinas (Narvárez y Zhigue, 2015).

Al pasar el tiempo y las empresas ya estaban implementando este tipo de mantenimiento en sus respectivas máquinas.

En el Perú también las empresas pusieron un valor añadido implementando este plan de mantenimiento preventivo, una de las empresas que lo hizo fue la minera de Cajamarca, que presentaba una lista amplia de fallas constantes en las máquinas y presentaba problemas con la mantenibilidad de los equipos de acarreo, por lo que tiene que ver con la duración de las paradas por mantenimiento o el tiempo que se demora en realizar el mantenimiento. Al implementar el plan de mantenimiento preventivo las fallas imprevistas fueron reduciendo donde para el tiempo de reparación fue de 3 a 5 horas (Altamirano y Zavaleta, 2016).

En la actualidad las empresas de Trujillo ya algunas han ido poniendo en marcha de implementar un plan de mantenimiento que les ayude a reducir paradas de máquinas imprevistas.

La empresa Danper Trujillo S.A.C., Curtiembre piel Trujillo S.A.C, además la que también obtuvo resultados favorables al implementar este mantenimiento es la empresa Vicarela S.A.C., que esta tenía el problema con sus máquinas inyectoras y pintoras, lo que provocaba un elevado mantenimiento correctivo. Al aplicar este mantenimiento redujeron sus paradas no programadas y evitaron que haya más pérdida en la producción (Laguna y Sánchez, 2017).

La empresa posee una amplia área de trabajo de 18000m<sup>2</sup> ubicada en el Parque Minero Mz. F Lt. 8 Pasaje El Milagro – Huanchaco – Trujillo - La Libertad, dedicada al rubro de compra, selección y venta de carbón mineral; además, cuenta con 13 trabajadores y sus principales productos en venta son el carbón de tipo A, fragua, cisco o llamado también polvo y el chancadito. La empresa distribuye un aproximado de 3000 toneladas por mes a todo el Perú siendo su principal cliente la empresa GLORIA y PACASMAYO, tiene grandes carencias en el área de mantenimiento al momento de iniciar sus labores productiva.

Presenta una gran cantidad de mantenimiento correctivo de las máquinas, la principal máquina que tiene el proceso del carbón está definido por el de clase A, en el cual está la maquina zaranda que esta está fallando demasiadas veces al año y esto genera una gran pérdida en la venta de carbón lo que genera menos ingresos.

## Trabajos previos

Palacios (2019) en su tesis titulada *“Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el parque automotor y máquinas de la empresa JARMA INGENIERÍA S.A.S”*, publicado por la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia, concluye que el plan de mantenimiento preventivo le permitirá a la empresa reducir gastos y paradas de equipos, aportando al mejoramiento continuo del área de mantenimiento de la empresa JARMA INGENIERÍA S.A.S

Vega (2017) en su tesis titulada *“Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América SAC Santa Anita, 2017”*, publicado por la universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú, concluye que la disponibilidad incrementó de 0.893 a 0.961 lo que equivale a un aumento de 7.6% a su vez mejora la mantenibilidad de la maquinaria, la mantenibilidad disminuyó en promedio de 0.26 horas/falla.

Castro (2017) en su tesis titulado *"IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LAS CHANCADORAS PRIMARIAS DE LA CIA.MINERA CASAPALCA S.A."*, publicado por la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú, concluye que al aplicar el programa de mantenimiento preventivo se llegó a aumentar el rendimiento de la chancadora C-110 de 70.6% a 75.10%; la chancadora 102 C-116 de 72,00% a 76,00%, debido a que en el programa se especifica los trabajos y actividades que se deben de realizar juntamente con el intervalo de tiempo.

Chávez (2017) en su tesis titulado *“Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la planta de inyección de la empresa*

*Industrias Plásticas Reunidas S.A.C*”, publicado por la Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, implementa un plan de mantenimiento preventivo llegando a una conclusión que se incrementó la disponibilidad de la máquina inyectora KM 1000, las paradas por avería de máquina disminuye mes a mes conforme se cumple con la implementación, y esto lleva a tener la máquina mayor tiempo disponible para producir, es decir la disponibilidad ha tenido un incremento mayor al 9% comparando el año 2014 vs. el año 2015.

García (2016) en su tesis titulado *“Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad de la empresa UESFALIA ALIMENTOS S.A”*., publicado por la Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, la implementación estuvo enfocado en los equipos del proceso productivo, el cual se obtuvo una mejora de la disponibilidad en sus equipos del 97.14% a un 99.36%, además se mejoró la confiabilidad de los equipos con un MTBF de 54.62 a 61.22 horas.

Alayo (2019) en su tesis titulada *“Plan de gestión de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la máquina excavadora CAT 345-DL de la empresa SERVI-SAP SRL”*, publicado por la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, concluye que al implementar un plan de mantenimiento preventivo mejora los indicadores de mantenimiento, aumentando la disponibilidad en el 2018 en un 97%, a comparación de los años anteriores que arrojaban la disponibilidad menor al 95%. El retorno de inversión del programa de mantenimiento resulto con un tiempo de 7 meses, con un beneficio de 31,924.7 soles al año.

Hora (2018) en su tesis titulado *“Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de las unidades de transporte TRACTOCAMIÓN INTERNATIONAL I9200 en la empresa de transportes NICMAR*

S.A.C.”, publicado por la Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú, la implementación está enfocado en las unidades de transporte, obteniendo una mejor confiabilidad lo que ha generado un trabajo más continuo es por ello que las maquinas realizan más viajes en menos tiempo, además se aumentó la disponibilidad de un 13 a 15% en general, esto genera que los costos de mantenimiento sean menores debido a que se previene las fallas.

## 1.2. Bases teóricas

### **Mantenimiento**

Ruiz (2006) afirma. “El mantenimiento es una serie de técnicas y sistemas que se realizan en los equipos con el fin de prevenir, efectuar revisiones y corregir fallas” (p.21)

Sanzol (2010) afirma. “El mantenimiento engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, y contribuyendo a los beneficios de la empresa” (p.8).

### **Objetivos del mantenimiento**

(Chusin, 2008, p.7) el mantenimiento está establecido mediante los siguientes objetivos:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o para de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.

- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

### **Tipos de mantenimiento**

“Tradicionalmente se han registrado 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen. Los cuales son: el mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo, cero horas, en uso” (Garrido, 2010, p.17).

- **Mantenimiento correctivo:**

Depestre (2012) afirma:

Se puede realizar una reparación efectiva, pues como el equipo se encuentra paralizado, no se requiere de una gran infraestructura, ni de personal altamente calificado y puede ser rentable si el equipo está fuera de la línea de producción. Pero si el equipo está en la línea de producción cada minuto de paralización representa una pérdida igual a la cantidad de tiempo paralizado, por el rendimiento de la fábrica, por el valor de la producción. (p.8)

- **Mantenimiento preventivo**

Sacristán (2001) afirma:

Este tipo de mantenimiento comprende todas las acciones sobre revisiones, modificaciones y mejoras dirigidas a evitar averías y las consecuencias de estas en un área de la empresa. Además, se realizan sobre las instalaciones, maquinaria y equipos de producción antes que haya producido un fallo en pleno funcionamiento de la producción o el servicio que presta. Este tipo de mantenimiento incluye operaciones de inspección y de control programadas de forma sistemática, así como operaciones de cambio de piezas. Para una correcta aplicación del mantenimiento preventivo se realiza previamente un estudio de la vida de los distintos elementos susceptibles de desgastes. (p.106)

- **Mantenimiento predictivo**

Pesántez (2007) afirma:

Consiste en reemplazar o reparar partes, piezas, componentes o elementos justo antes que empiecen a fallar o dañarse. En el programa de mantenimiento Predictivo se analizan las condiciones de equipo mientras este se encuentra en operación. Esto siempre es menos costoso y más confiable que el intervalo de mantenimiento preventivo de frecuencia fija. Al combinar el Mantenimiento preventivo y predictivo ayuda significativamente a reducir al mínimo el Mantenimiento Correctivo no programado o forzado. (p.13)

- **Mantenimiento cero horas**

Valdivieso (2010) afirma:

El mantenimiento a cero horas es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano. (p.51)

- **Mantenimiento en uso**

Valdivieso (2010) afirma:

Este es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del Mantenimiento Productivo Total (TPM). (p.51 – 52)

- **Análisis de fallas**

Arredondo, Morillo, Sandoval y Yáñez (2016) afirman:

Es un proceso de sucesivas acciones de integración y desintegración mediante la cual, a través de razonamiento cuantitativos de cómo ocurrió un evento. El análisis de fallas requiere de la obtención de la mayor cantidad posible de datos de una pieza una vez que ha fallado, además de las condiciones en el momento que se produjo la falla, tales como el ambiente, condiciones de funcionamiento, bases del equipo, tipo de terreno donde se encuentra, entre otras. (p.4)

- **Confiabilidad**

“La confiabilidad puede ser definida como la “confianza” que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un período de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación” (Grajales, Sánchez y Pinzón, 2006, p.156).

- **Disponibilidad**

Con respecto a la disponibilidad Grajales, Sánchez y Pinzón, 2006 afirman:

La disponibilidad puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente. Matemáticamente la disponibilidad  $D(t)$ , se puede definir como la relación entre el tiempo

en que el equipo o instalación quedó disponible para producir TMEF y el tiempo total de reparación TMPR. (p.157).

Es decir, la disponibilidad se formula de la siguiente manera:

$$D(t) = \frac{\sum \text{tiempos disponibles para la pdción}}{\sum \text{tiempos disponibles para la pdción} + \sum \text{tiempos en mto}}$$

Figura 1: Formula de la disponibilidad

- **Tiempo promedio de reparación (MTTR)**

Oliveiro (como se citó en Aldama, 2019), “es la medida de la distribución de los tiempos de reparación del equipo o sistema. Mide la efectividad en restituir la unidad en las condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por falla” (p.41).

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de Mantenimiento}}{\text{Número de reparaciones}}$$

Figura 2: Formula de tiempo medio de reparaciones (MTTR)

- **Tiempo medio entre fallas (MTBF)**

Lombardo (2006) afirma que: “Es un indicador bastante útil que corresponde al tiempo medio entre fallas (Mean Time Between Failures), es el promedio de tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente. Corresponde a la esperanza de vida de un elemento” (p.27)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{tiempo perdido}}{\text{Número de paradas}}$$

Figura 3: Formula del tiempo medio entre fallas(MTBF)

- **Producción**

González (2005) afirma: “Es el estudio de las técnicas de gestión empleadas para conseguir la mayor diferencia entre el valor añadido y el coste incorporado consecuencia de la transformación de recursos en productos finales”.

- **Transporte**

Paredes (2010) afirma.” Movimiento de la materia prima durante el proceso en el sistema de tratar, hay que reducirlo al mínimo, y siempre que se puede debe de ser mano a mano” (p.114).

- **Cronograma de mantenimiento**

Ríos (2018) afirma: “En el cronograma de mantenimiento se encuentra información como: nombre, estado del equipo, localización, actividades a realizar, part number, total de horas ejecutadas y el total de mantenimientos programados al año”.

- **Orden de trabajo**

Según García (como se citó en Ortiz, Rodríguez e Izquierdo, 2013) afirman:

Es el documento en el que la gerencia de mantenimiento informa al operario o al técnico de mantenimiento sobre la tarea que tiene que realizar. Estas órdenes son una de las fuentes de información más importantes de mantenimiento, pues en ella se recogen los datos más importantes de cada intervención. (p.93)

### 1.3. **Formulación del problema**

¿En qué medida la propuesta implementación de un plan de mantenimiento preventivo impacta sobre las fallas en las máquinas de producción y transporte de una empresa comercializadora de carbón mineral, Trujillo, 2020?

## **Justificación**

En el presente proyecto de tesis tiene como finalidad académica obtener el título de profesional en la carrera de Ingeniería Industria. Además, mantiene como objetivo del proyecto la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir las fallas en las máquinas de producción y transporte de una empresa comercializadora de carbón mineral, que se observó a lo largo de realizar las prácticas Pre-profesionales que existía una gran cantidad de paradas de las máquinas en el proceso y transporte, lo cual se obligaba a realizar un mantenimiento correctivo, de tal manera surgió la idea de implementar dicho mantenimiento, que se fue realizando la búsqueda de información y consultando diferentes fuentes de investigación, concluimos que es de gran importancia el mantenimiento preventivo, es por ello que se evaluó el problema que existe en el área de mantenimiento de la empresa.

## 1.4. Objetivos

### General

Determinar en qué medida la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo impacta sobre las fallas en las máquinas de producción y transporte de una empresa comercializadora de carbón mineral, Trujillo, 2020.

### Específicos

- Analizar la situación actual de la empresa comercializadora de carbón mineral.
- Elaborar una propuesta de implementación de un plan de mantenimiento en la empresa comercializadora de carbón mineral.
- Comparar la reducción de los fallos en máquinas de producción y transporte de la empresa comercializadora de carbón mineral.
- Evaluar económica y financieramente el proyecto.

## 1.5. Hipótesis

La propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo reduce un 56% en las fallas de las máquinas de producción y transporte de una empresa comercializadora de carbón mineral, Trujillo, 2020.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

#### **Por la orientación**

La investigación es aplicada, según Murillo (como se citó en Cordero 2009) afirma:

La investigación aplicada recibe el nombre de investigación práctica o empírica, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. (p.159)

#### **Por el diseño**

Presenta un diseño diagnóstica y propositiva.

Según Asencio Ponguillo, I. H., & Saldivia Chuquiana, D. P. (2018) afirma:

Este tipo de diseño utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales, encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas, estudiar la relación entre factores y acontecimientos o generar conocimientos científicos · tiene por objeto el fomentar y propiciar la investigación científica como elemento para la formación integral de los profesionales. Además un mecanismo de conocimiento de las potencialidades de la investigación propositiva y se caracteriza por generar conocimiento. Construye el desarrollo, el fortalecimiento y el mantenimiento de estos colectivos, con el fin de lograr altos niveles de productividad y alcanzar reconocimiento científico interno y externo así como las líneas de investigación.

**Tabla 1:**

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Plan de mantenimiento preventivo (Variable Independiente)</b>	“Se define como un mantenimiento que se realiza mediante una programación previa de actividades que se llevan a cabo de una forma periódica” (Botero, 1991, p.58)	“El plan de mantenimiento preventivo busca reducir la probabilidad de paros imprevistos producidos por fallas” (Buelvas y Martínez, 2014, p.21)	Mantenimiento preventivo	Costos totales del mantenimiento	Razón
			Confiabilidad (R)	$R = e^{\frac{-t}{MTBF}}$ t = tiempo MTBF = tiempo medio entre fallos	Razón
<b>Fallas (Variable Dependiente)</b>	“Una falla se define con el fin de la capacidad de un ítem para desempeñar la función requerida” (Zegarra, 2016, p.32)	Las fallas ocurren en diferentes situaciones, ya sean en el sistema, la planta y en el entorno operativo y no son predecibles con algún grado de confianza (Moubray, 2004)	Disponibilidad	$D = \frac{\text{Total de hrs} - \text{hrs de parada por mtto}}{\text{hrs totales}}$	Razón
			Fallas	La frecuencia de las fallas	Razón

## 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

### **Población**

Con respecto a la población, para esta investigación de estudio se consideró a todas las máquinas de la empresa.

### **Muestra**

Para esta investigación como muestra se consideró a las máquinas que se utilizan en el proceso productivo y de transporte, entre ellas se encuentran: Zaranda clasificadora, faja transportadora 1 y 2, cargador frontal y Volquete.

### **Criterios de inclusión**

Se incluyeron solo las máquinas que están relacionadas con el proceso productivo y de transporte de la empresa.

### **Criterios de exclusión**

Se excluyeron las máquinas que no participan directamente con el proceso productivo y de transporte de la empresa.

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

#### **Encuesta**

Esta técnica sirvió para el obtener la información necesaria que nos ayude a la elaboración del proyecto, para lo cual se empleó el cuestionario como un instrumento de elaboración. Lo cual esta se realizó de una manera online.

#### **Histograma**

Mediante el histograma se visualiza el comportamiento de las fallas de las máquinas.

#### **Programa Excel**

Este programa nos sirvió para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.

#### **Diagrama de operaciones**

Mediante el diagrama de operaciones se pudo observar las operaciones que se están realizando, lo que nos ayuda a identificar las máquinas que se emplean en el proceso.

**Tabla 2:**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>TÉCNICAS</b>	<b>FUENTE DE RECOLECCIÓN</b>
Analizar la situación actual de la empresa comercializadora de carbón mineral	Diagrama de operaciones. ( <b>Anexo 1</b> ).	Toma de tiempos	Área de producción
	Hoja de verificación. ( <b>Anexo 2</b> )	Entrevista	Área de mantenimiento
Implementar un plan de mantenimiento de la empresa comercializadora de carbón mineral.	Cuestionario. ( <b>Anexo 3</b> ).	Encuesta	Área de producción, mantenimiento y transporte
	Cronograma de actividades	Observación	Área de mantenimiento
Comparar la reducción de los fallos en máquinas de producción y transporte de la empresa comercializadora de carbón mineral	Tabla de incidencias de fallas. ( <b>Anexo 4</b> )	Entrevista	Área de mantenimiento

---

Evaluar económica y financieramente el proyecto	Programa Excel	Entrevista e investigación	Área de mantenimiento
---	----------------	----------------------------	-----------------------

---

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3:**

*Métodos de análisis de datos*

---

<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>TÉCNICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Analizar la situación actual de la empresa comercializadora de carbón mineral.	Registro de tiempos	Sumatoria total de tiempos	Mediante el registro se describirá los procesos tanto en el área de producción como el de transporte, lo que nos ayudará a determinar las máquinas que operan en esas áreas.
	Matriz de resultados	Distribución porcentual	La matriz de resultados nos servirá para verificar la situación actual de cómo va el área de mantenimiento
	Tabla de frecuencias	Análisis descriptivo	La tabla de frecuencias nos ayuda a determinar el porcentaje de las preguntas elaboradas en el cuestionario.
Implementar un plan de mantenimiento de la empresa comercializadora	Registro de actividades	Análisis descriptivo	Mediante el registro de actividades se realizará el cronograma del plan de mantenimiento, el cual se va a realizar a lo largo de la implementación.

---

---

<p>de carbón mineral.</p> <p>Comparar la reducción de los fallos en máquinas de producción y transporte de la empresa comercializadora de carbón mineral.</p>	<p>Registro de fallas</p>	<p>Histograma</p>	<p>El registro de fallas se realiza para mostrar las fallas que ocurren antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo.</p>
<p>Evaluar económica y financieramente el proyecto</p>	<p>Matriz de registro de datos</p>	<p>Análisis de datos</p>	<p>La matriz de registro de datos nos ayudará a determinar económica y financieramente si nuestro proyecto es viable y rentable.</p>

---

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4. Procedimientos de recolección de datos

Los datos que se muestran a lo largo del proyecto fueron obtenidos por parte de la empresa, en el cual se tuvo mayor confianza para la recolección de datos ya que en la misma se realizó las practicas pre-profesionales, debidamente por la pandemia que está atravesando nuestro país y el aislamiento que se pronunció a lo largo de estos meses, la recolección de datos se obtuvo mediante

llamadas telefónicas y encuestas online (cuestionarios), lo cual estos datos fueron adjuntos en diferentes hojas de Excel para luego ser analizadas y utilizar en el proyecto que se está presentando.

## 2.5. Aspectos éticos

La presente investigación, respecto a los aspectos éticos, reconoce la posición de cada autor incluido en la investigación mediante sus diferentes teorías y conocimientos en diversos temas, para ello se procedió a citar dicha información y precisando las fuentes bibliográficas en donde se podrá observar lo referenciado. Al respecto Díaz (como se citó en Díaz, 2019), sostiene que:

Es la propiedad intelectual que comprende los derechos del autor y la propiedad industrial; en este contexto la propiedad intelectual escrita propiamente, está referida a los derechos de autor. En esta realidad deben existir mecanismos implementados por el Estado peruano que resguarden al autor.

Además, las bases teóricas se recolectaron de fuentes confiables como Redalyc, Scielo y google académico que en su gran parte fueron citadas de google académico, su propósito fue comparar distintos puntos de vista de cada autor en cada tema generando mucha información a las cuales se incluyeron las que estaban directamente relacionadas con nuestras variables de investigación y el resto fueron excluidas.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Diagnóstico situacional de la empresa

#### 3.1.1. Diagnóstico del área problemática

La empresa carbonera presenta gran dificultad en el área de mantenimiento por el exceso mantenimiento correctivo conllevando a generar elevados costos en sus máquinas de producción y transporte, de esta manera se evalúa sus causas raíces que están generando el problema por la falta de la implementación de un mantenimiento preventivo.

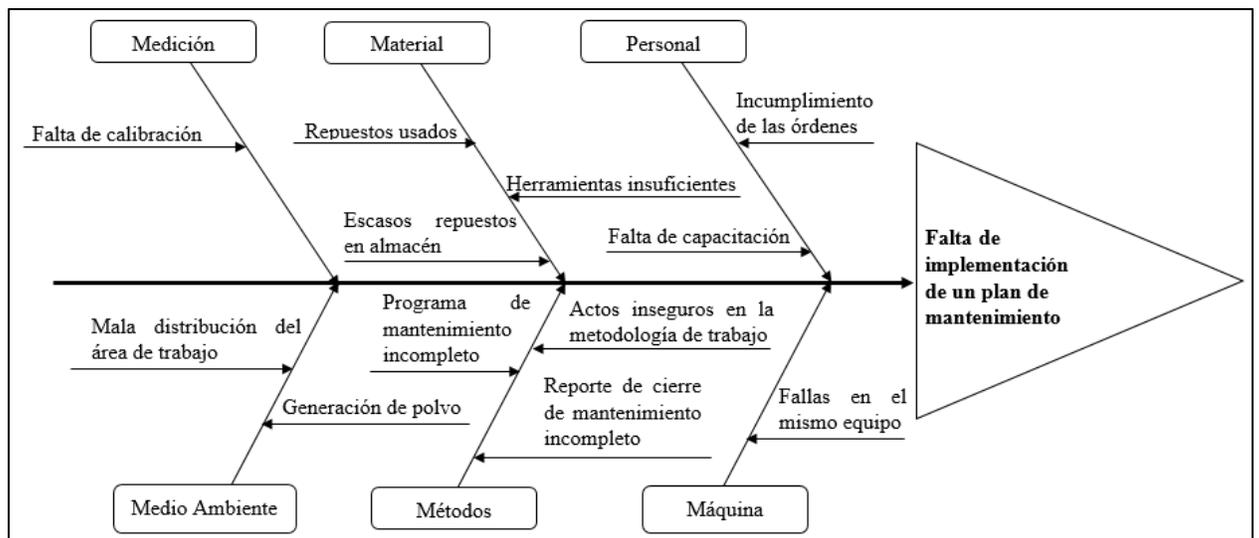


Figura 4: Diagrama Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

En la figura se muestra las causas raíces que están originando una falta de mantenimiento preventivo, de esta manera se realizó una encuesta para determinar nuestra matriz de priorización.

### 3.1.2. Matriz de prORIZACIÓN de causas raíces

Después de haber realizado el diagrama Ishikawa elaboramos la matriz de causas raíces para determinar cuales serán priorizadas de acuerdo a su impacto en las fallas de la maquinaria pesada.

Áreas bajo estudio	Empleados	Causas raíces									
		Escasos repuestos en almacén	Repuestos usados	Fallas en el mismo equipo	Herramientas insuficientes	Reporte de cierre de mantenimiento incompleto	Falta de capacitación	Programa de mantenimiento incompleto	Actos inseguros en la metodología de trabajo	Incumplimiento de las órdenes	Falta de calibración
Área de Producción	Encargado de producción	1	2	3	1	3	3	3	3	1	1
	Operario 1	1	2	2	1	2	2	3	3	1	1
	Operario 2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	1
	Operario 3	1	3	2	1	3	2	3	3	1	1
	Operario 4	1	1	3	1	3	2	2	2	1	1
Transporte	Personal 1	1	2	2	1	3	2	3	2	1	1
	Personal 2	1	1	3	1	2	1	3	3	2	2
Área de Mantenimiento	Encargado de mtto	1	2	2	1	3	3	3	3	2	2
<b>Calificación Total</b>		<b>8</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>11</b>	<b>10</b>

Figura 5: Matriz de priorización (resultados de la encuesta)

Fuente: Elaboración propia

La matriz de priorización fue elaborada con la finalidad de priorizar las causas raíces que son de mayor importancia respecto al problema planteado, para ello se elaboró con una calificación de 3, 2 y 1 (alto, regular y bajo).

**Tabla 4:**

*Resumen Matriz de priorización*

CR	Causas identificadas	Calificación total	Frecuencia
1	Escasos repuestos en almacén	8	5%
2	Repuestos usados	15	10%
3	Fallas en el mismo equipo	19	13%
4	Herramientas insuficientes	8	5%
5	Reporte de cierre de mantenimiento incompleto	21	14%
6	Falta de capacitación	17	11%
7	Programa de mantenimiento incompleto	22	14%
8	Actos inseguros en la metodología de trabajo	21	14%
9	Incumplimiento de las órdenes	11	7%
10	Falta de calibración	10	7%

Fuente: Elaboración propia

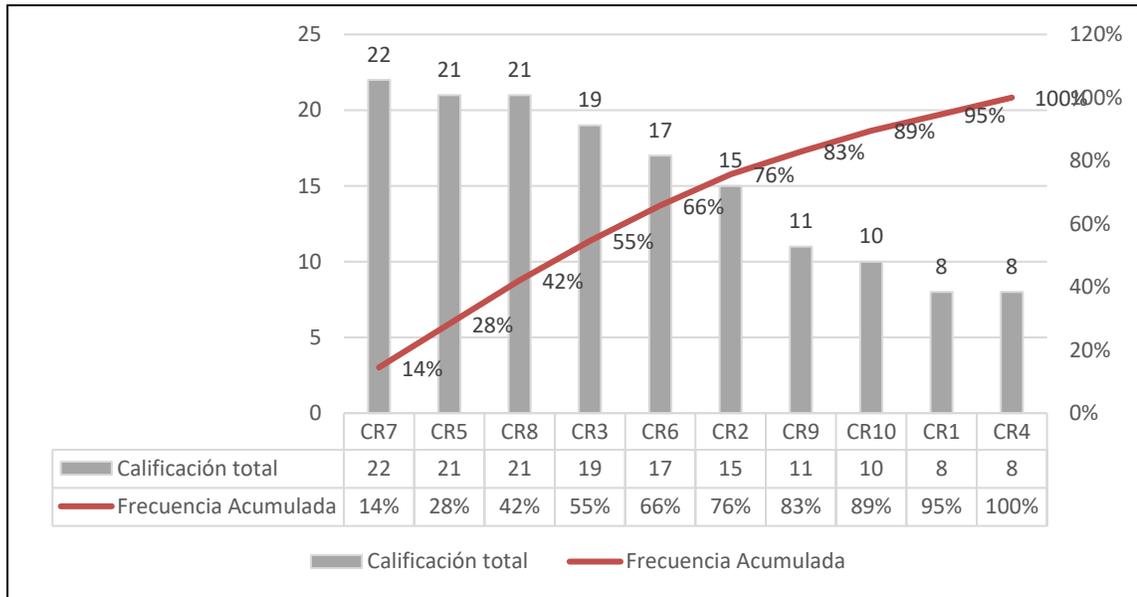


Figura 6: Diagrama Pareto

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura (80 – 20) que las causas raíces que se deben mejorar son la: CR7, CR5, CR8, CR3, CR6 y CR2, obteniendo un puntaje de 22, 21, 21, 19, 17 y 15.

### 3.1.3. Descripción de causas raíces y monetización

#### CR7: Programa de mantenimiento incompleto

La principal causa raíz encontrado en el mantenimiento de las máquinas de producción y transporte de la empresa carbonera es que se ejecuta con totalidad en programa de mantenimiento, de esta manera al no realizarse a travez del tiempo se presentan fallas mayores lo que conllevan a generar un costo mayor por el exceso mantenimiento correctivo.

**Tabla 5**

*Cálculo de la pérdida monetaria de CR7*

Año	Máquina	Marca	Pérdida en hrs	Pérdida en S/.	N° de fallas
2019	Zaranda eléctrica	WEG	7	S/ 7,467.99	4
	Cargador frontal	VOLVO	4	S/ 4,267.42	1
	Volquete	SCANIA	14	S/ 14,935.98	4
	<b>Total</b>		<b>25</b>	<b>S/ 26,671.40</b>	<b>9</b>

Fuente: Elaboración propia

En el año 2019, se obtuvo una pérdida de 25 horas por paradas imprevistas ocasionando una pérdida total de S/. 26,671.40.

#### CR5: Reporte de cierre de programa de mantenimiento incompleto

Esta es una causa raíz que también viene siendo de gran importancia a mejorar, ya que de esta depende un buen funcionamiento del la implementación del plan de mantenimiento y en la actualidad no se le da gran importancia y de esta manera no se obtiene un gran control por lo que existen fallas que no se reportan y a través del tiempo estas generan paradas en la producción o transporte.

**Tabla 6**

*Cálculo de pérdida de la CR5*

Año	Máquina	Marca	Pérdida en hrs	Pérdida en S/.	N° de fallas
2019	Zaranda eléctrica	WEG	4.5	S/ 4,800.85	5
	Cargador frontal	VOLVO	3	S/. 3,200.57	2
	Volquete	SCANIA	4	S/ 8,534.85	2
<b>Total</b>			<b>11.5</b>	<b>S/ 16,536.27</b>	<b>9</b>

Fuente: Elaboración propia

En el año 2019 se obtuvo una pérdida de 11.5 horas en la producción, obteniendo una pérdida de S/. 16,536.27.

**CR8: Actos inseguros en la metodología de trabajo**

Esta causa raíz esta siendo relacionada a los accidentes o incidentes que los trabajadores han tenido por no seguir la metodología de trabajo, de tal manera se ocasiona paradas en la producción y en el transporte del carbón.

**Tabla 7**

*Cálculo de pérdida de la CR8*

Año	Máquina	Marca	N° de accidentes o incidentes	Horas perdidas	Pérdida en S/
2019	Zaranda eléctrica	WEG	2	12	1,725.15
	Cargador frontal	VOLVO	3	88	12,651.11
	Volquete	SCANIA	1	24	3,450.30

---

**Total** **6** **124** **17,826.57**

---

Fuente: Elaboración propia

En el año 2019 se obtuvo una pérdida de S/. 17,826.57 por actos inseguros en la metodología de trabajo y un total de 124 horas perdidas.

### **CR3: Fallas en un mismo equipo**

Esta causa raíz está direccionada a las fallas que se dan en el mismo equipo, debido a que no se realiza un mantenimiento adecuado o se utiliza repuestos de segunda lo que provoca una misma falla en un tiempo corto.

**Tabla 8**

*Cálculo de pérdida de la CR3*

<b>Año</b>	<b>Máquina</b>	<b>Marca</b>	<b>Pérdida en hrs</b>	<b>Pérdida en S/.</b>	<b>N° de fallas</b>
2019	Zaranda eléctrica	WEG	11.5	S/ 12,268.84	4
	Cargador frontal	VOLVO	6	S/ 6,401.14	2
	Volquete	SCANIA	8.5	S/ 9,068.28	2
<b>Total</b>			<b>26</b>	<b>S/ 27,738.25</b>	<b>8</b>

---

Fuente: Elaboración propia

En el año 2019 se obtuvo una pérdida de S/. 27,738.25 con un total de 26 horas perdidas por realizar actos inseguros en la metodología de trabajo.

### CR6: Falta de capacitación

La falta de capacitación es una causa que es de gran importancia solucionar ya que el personal esta generando fallas imprevistas en las máquinas por no tener un buen conocimiento de funcionamiento de dichas máquinas lo que esta ocasionando gran pérdida en la empresa carbonera.

#### Tabla 9

##### *Cálculo de pérdida de la CR6*

<b>Año</b>	<b>Máquina</b>	<b>Marca</b>	<b>Pérdida en hrs</b>	<b>Pérdida en S/.</b>	<b>N° de fallas</b>
2019	Zaranda eléctrica	WEG	6	S/ 6,401.14	2
	Cargador frontal	VOLVO	2	S/ 2,133.71	1
	Volquete	SCANIA	6.5	S/ 6,934.56	2
<b>Total</b>			<b>14.5</b>	<b>S/ 15,469.41</b>	<b>5</b>

Fuente: Elaboración propia

En el año 2019 se obtuvo una pérdida de 14.5 horas lo que corresponde a S/ 15,469.41 por falta de capacitación al personal.

## CR2: Repuestos usados

La causa raíz de repuestos usados también se está presentando por la falta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo, ya que cuando se realiza dicha reparación, esta se realiza con piezas en mal estado o repuestos ya usados lo que esta provocando mas fallas en las máquinas.

**Tabla 10**

*Cálculo de pérdida de la CR2*

Año	Máquina	Marca	Pérdida en hrs	Pérdida en S/.
2019	Zaranda eléctrica	WEG	1.5	S/ 1,600.28
	Cargador frontal	VOLVO	4.5	S/. 4,800.85
	Volquete	SCANIA	4.8	S/ 5,120.91
<b>Total</b>			<b>10.8</b>	<b>S/ 11,522.04</b>

Fuente: Elaboración propia

En el año 2019, se obtiene una pérdida de S/. 11,522.04 en un total de 10.8 horas por la utilización de repuestos usados para la reparación de las fallas.

### 3.1.4. Matriz de indicadores

La matriz de indicadores se realizó con la finalidad de medir un antes y después de aplicar las herramientas de mejora. En la siguiente tabla se muestra las causas raíces y el beneficio que genera al realizar el mtto preventivo y el plan de capacitación.

**Tabla 11**

*Matriz de indicadores resultantes*

Ítem	Causas raices	Indicador	Fórmula	Valor actual	Pérdida actual	Valor meta	Pérdida mejorada	Beneficio obtenido	Herramienta de mejora
CR7	Programa de mantenimiento incompleto	% de cumplimiento del mantenimiento	$\frac{\text{Total de programas de mtto incompletos}}{\text{Total de programas de mtto}} \times 100$	47.1%	S/ 26,671.40	90%	S/ 9,601.70	S/ 17,069.69	
CR5	Reporte de cierre de mantenimiento incompleto	% de cumplimiento reportes de cierre de mantenimiento	$\frac{\text{Total de reportes de cierre de mtto incompletos}}{\text{Total de reportes de cierre de mtto}} \times 100$	0%	S/ 16,536.27	90%	S/ 4,267.42	S/ 12,268.84	Plan de mantenimiento preventivo
CR2	Repuestos usados	% de repuestos usados	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de repuestos usados}}{\text{total de repuestos}} \times 100$	9%	S/ 11,522.04	0%	S/ 1,066.86	S/ 10,455.19	
CR3	Fallas en el mismo equipo	% de fallas en el mismo equipo	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de fallas en el mismo equipo}}{\text{Total de fallas}} \times 100$	47%	S/ 27,738.25	0%	S/ 9,601.70	S/ 18,136.55	
CR8	Actos inseguros en la metodología de trabajo	% de reportes de incidentes o accidentes en labores	$\sum$ de reportes de incidentes o accidentes laborales	36.4%	S/ 17,826.57	0%	S/ 3,737.83	S/ 14,088.74	Cronograma de capacitación
CR6	Falta de capacitación	% de fallas por falta de capacitación	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de fallas por falta de capacitación}}{\text{total de fallas}} \times 100$	27.3%	S/ 15,469.41	0%	S/ 5,547.65	S/ 9,921.76	

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.5. Análisis de la hoja de verificación

El propósito de su aplicación fue identificar como se está gestionando el área de mantenimiento de la empresa, el cual estuvo dirigida al jefe del área de mantenimiento, que se realizó la información por una encuesta telefónica, que anteriormente se planteó un breve cuestionario que forman parte de la hoja de verificación

**Tabla 12**

*Resultados de la hoja de verificación*

<b>HOJA DE VERIFICACIÓN</b>			
		<b>Fecha:</b>	
<b>Área:</b> Mantenimiento			
<b>ITEMS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	
Proceso de trabajo del mantenimiento		X	
Políticas en el área de mantenimiento		X	
Muestra objetivos a seguir		X	
Tiene una visión en la que se enfoca	X		
Presenta una misión para el área	X		
Existe un manual con sus respectivas funciones		X	
Se asignan responsabilidades en el personal del área	X		

Realiza capacitación a los trabajadores de esa área

X

---

Fuente: Datos de la empresa

A través de los resultados de la encuesta telefónica se observa que solo el 37.5% corresponde al cumplimiento de la gestión de mantenimiento, de acuerdo con este resultado se implementará un plan de gestión en el área de mantenimiento el cual beneficie en administrar dicha área.

### **3.1.6. Análisis de la encuesta**

Este instrumento tiene como objetivo identificar el tipo de mantenimiento que se aplica en la empresa, si el personal de trabajo conoce las funciones específicas dentro del área de mantenimiento, además se realizó para saber si están de acuerdo con el tipo de mantenimiento que se requiere implementar. La encuesta fue aplicada al personal del área de producción, mantenimiento y transporte de la empresa, el cual se tomó una muestra de 8 de un total de 15 trabajadores del área de producción, 2 trabajadores del área de transporte y 1 del área de mantenimiento, obteniendo la encuesta a un total de 11 trabajadores que laboran en las tres áreas, se aplicó al personal de producción para tener en cuenta su participación en el funcionamiento de las máquinas de los procesos del carbón.

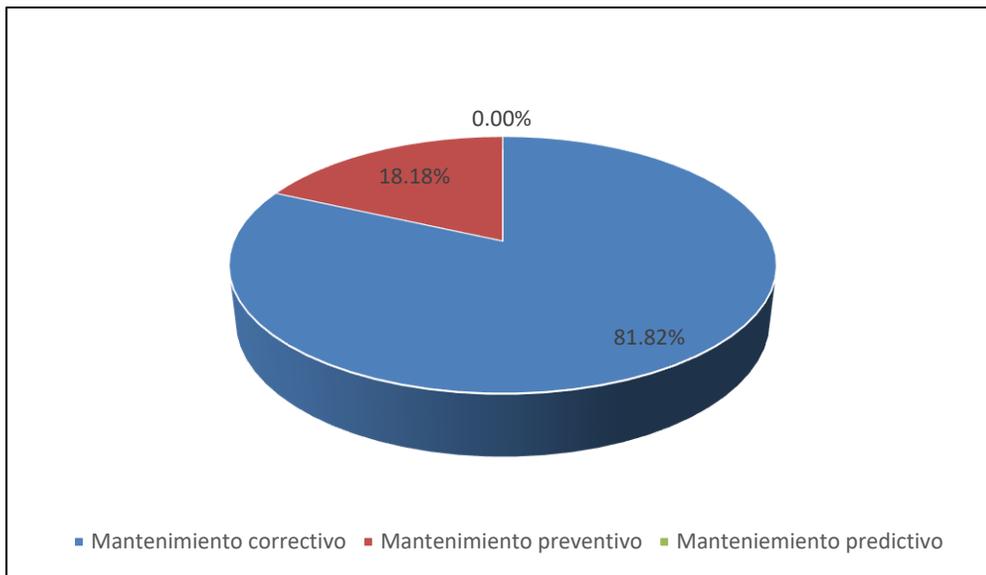
**Tabla 13**

*Tipo de mantenimiento de la empresa*

<b>Valor</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Mantenimiento correctivo	9	81.82%	81.82%
Mantenimiento preventivo	2	18.18%	100.00%
Mantenimiento predictivo	0	0.00%	100.00%
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración propia

Se muestra la frecuencia con la cual fueron obtenidas las respuestas con respecto a la pregunta planteada como se observa que 9 encuestados consideran que el tipo de mantenimiento que se aplica en la empresa es de tipo correctivo y 2 consideran que son de tipo preventivo.



*Figura 7: Porcentaje del tipo de mantenimiento en la empresa*

De los encuestados se indica que el 81.82% considera que el mantenimiento que se aplica en la empresa es de tipo correctivo, mientras que el 18.18% considera que es de tipo preventivo.

**Tabla 14**

*Acuerdo o desacuerdo del personal con el mantenimiento aplicado a la empresa*

Valor	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
si	3	27.27%	27.27%
no	8	72.73%	100.00%
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de la pregunta 2 se obtuvo que 8 de los 11 encuestados consideran que no están de acuerdo con el mantenimiento que se está aplicando a la empresa.

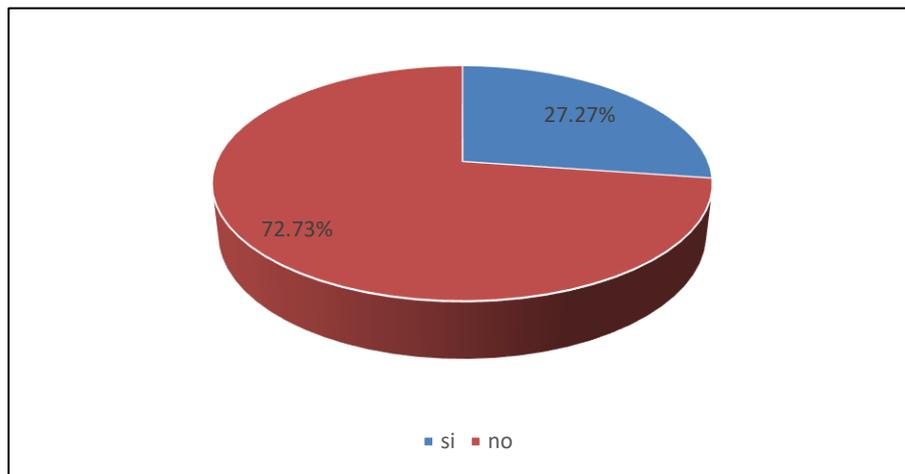


Figura 8: Porcentaje de acuerdo o desacuerdo del personal con el mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

De los encuestados se indica que el 72.73% no está de acuerdo con el mantenimiento que se está aplicando, mientras que el 27.27% si está de acuerdo.

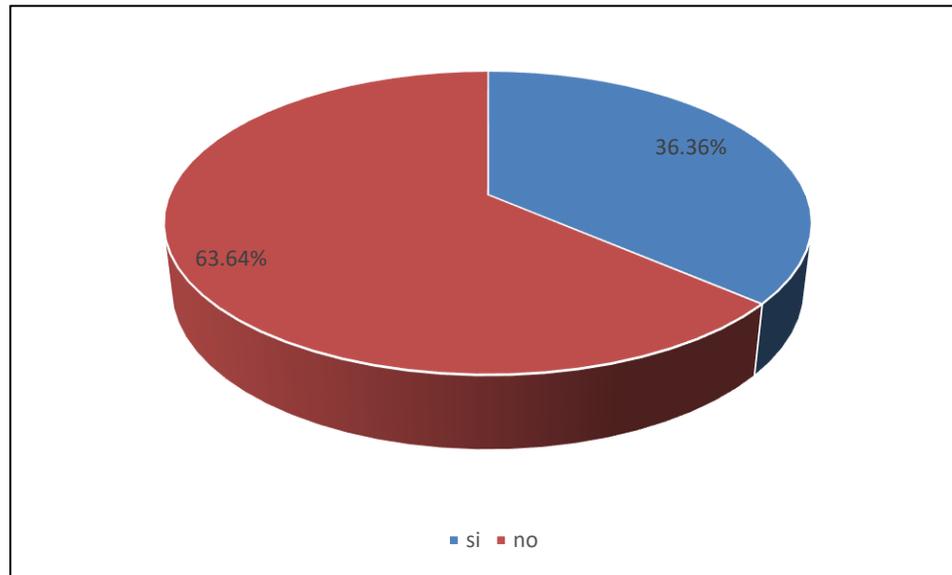
**Tabla 15**

*Secuencia de trabajo del área de mantenimiento*

Valor	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
si	4	36.36%	36.36%
no	7	63.64%	100.00%
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración propia

La frecuencia de los encuestados en la pregunta 3 del cuestionario, se obtuvo que 7 de los 11 encuestados sostuvieron que la empresa no presenta con una secuencia de trabajo en el área de mantenimiento.



*Figura 9:* Porcentaje de secuencia de trabajo en el área de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Del total de los encuestados se indica que el 36.36% si presenta una secuencia de trabajo, mientras que el 63.64% sostiene que no hay una secuencia de trabajo, de estas respuestas se llega a la conclusión que el área no tiene bien definida su secuencia de trabajo.

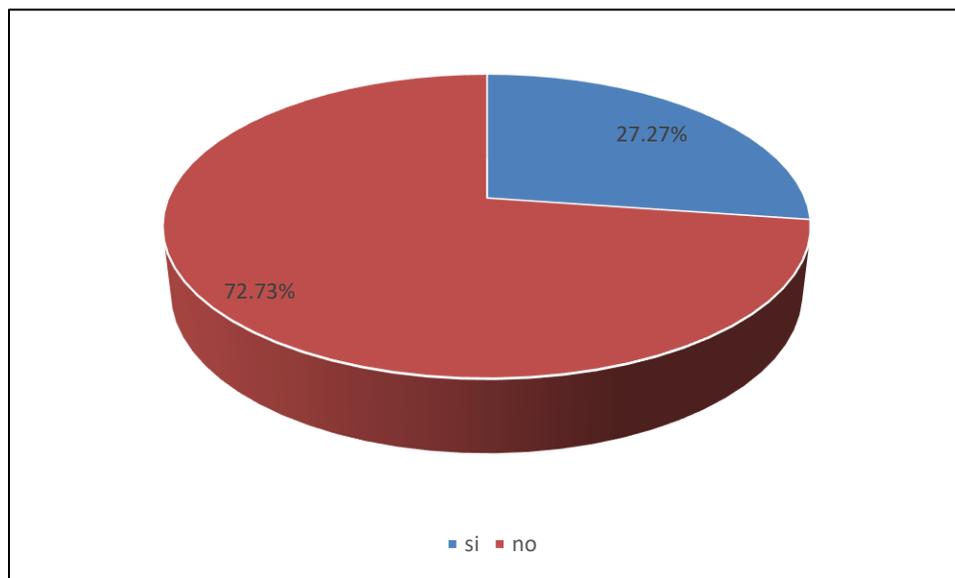
**Tabla 16**

*Realización de capacitaciones sobre el uso de máquinas*

Valor	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
si	3	27.27%	27.27%
no	8	72.73%	100.00%
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene que 8 de los encuestados dijeron que, no se realiza capacitaciones sobre el uso de máquinas, mientras que solo 3 personas sostuvieron que si se realiza.



*Figura 10:* Porcentaje de realización de capacitaciones sobre el uso de las máquinas

Fuente: Elaboración propia

De los encuestados se obtiene que el 72.73% establece que no se realizan capacitaciones para el uso de las máquinas, de lo contrario el 27.27% señaló que si existen capacitaciones para su determinado uso.

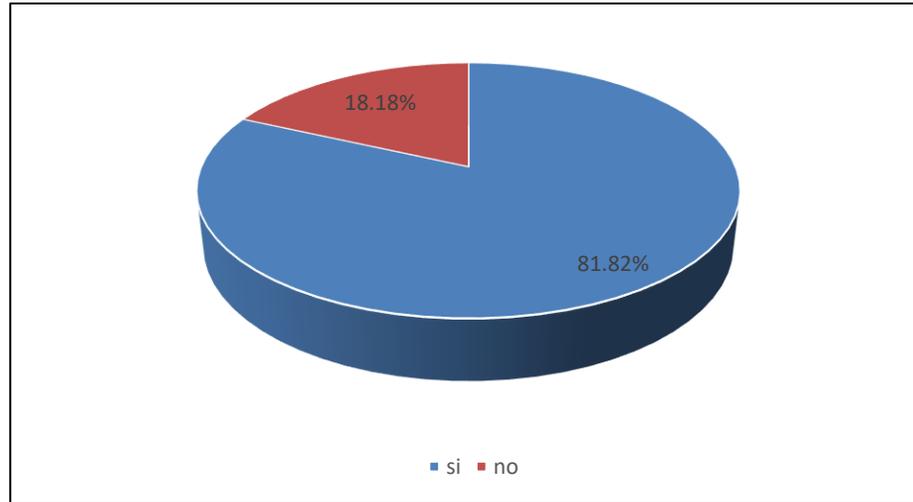
**Tabla 17**

*Acuerdo o desacuerdo de la implementación del mantenimiento preventivo*

<b>Valor</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
si	9	81.82%	81.82%
no	2	18.18%	100.00%
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se refleja la frecuencia de resultados, el cual como resultado se obtuvo que 9 personas están de acuerdo con que se implemente el mantenimiento preventivo y solo 2 estuvieron en desacuerdo.



*Figura 11:* Porcentaje de acuerdo o desacuerdo de la implementación del mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de esta pregunta se obtuvo que el 81.82% si considera que es importante implementar el mantenimiento preventivo, el 18.18% indicaron que no estaban de acuerdo. De esta manera se puede llegar a una conclusión que es importante realizar un plan de mantenimiento preventivo, ya que la empresa está teniendo problemas aumentando sus gastos innecesarios.

### **3.1.7. Análisis de la tabla de incidencias**

Este instrumento tiene como finalidad identificar los reportes de paradas de las máquinas (zaranda eléctrica, cargador frontal y el volquete), el cual se obtuvo a partir de información de la empresa sobre las fallas de sus máquinas de proceso de producción y transporte. A continuación, se muestra las fallas que obtuvieron cada una de las máquinas y las horas que han sido necesarias para solucionarlas.

**Tabla 18**

*Máquinas críticas de la empresa*

Máquinas	Descripción
	<p><b>Zaranda:</b></p> <p>Es una máquina que sirve para seleccionar el tipo de carbón (cisco, fragua y tipo A) que va a pasar al siguiente proceso a través de su movimiento vibratorio,</p>
	<p><b>Cargador frontal:</b></p> <p>La función de esta máquina es transportar el carbón que llega desde la mina hacia el proceso de zarandeo.</p>
	<p><b>Volquete:</b></p> <p>Su función es traer la materia prima de la mina hasta la empresa para ser procesada en diferentes tipos de carbón.</p>

Fuente: Elaboración propia

La tabla presentada muestra las máquinas más críticas de toda la empresa, ya que estas presentan una clasificación clase A ya que están directamente relacionadas con la

producción y transporte de materia prima y producto terminado, además se toma en cuenta la cantidad de paradas que estas ocasionan una parada total de planta generando pérdidas de tiempo y dinero.

**Tabla 19**

*Incidencias de fallas de la máquina zaranda eléctrica*

	AÑO (2019)	Frecuencia de fallas	Horas empleadas (horas/falla)
	<b>Zaranda eléctrica</b>	Enero	2
Febrero		3	3 + 2 + 1.5
Marzo		1	2.5
Abril		2	3 + 2
Mayo		0	0
Junio		1	5
Julio		0	0
Agosto		0	0
Septiembre		3	1.5 + 2 + 2.8
Octubre		2	3.5 + 2
Noviembre		0	0
Diciembre		2	2.3 + 3 + 1.6
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>42.2</b>	

Fuente: Datos de la empresa

La tabla muestra la frecuencia de fallas que presenta la zaranda eléctrica y el total de horas que han tomado los técnicos en solucionar esa falla, se tomó como muestra el año 2019, obteniendo un total de 16 fallas y 42.2 horas anuales.

**Tabla 20**

*Incidencias de fallas de la máquina cargador frontal.*

	AÑO	Frecuencia	Horas empleadas
	2019	de fallas	(hr/falla)
<b>Cargador frontal</b>	Enero	1	3
	Febrero	0	0
	Marzo	1	4
	Abril	1	3
	Mayo	0	0
	Junio	1	4
	Julio	1	4.5
	Agosto	0	0
	Setiembre	1	2
	Octubre	0	0
	Noviembre	0	0
	Diciembre	1	3
	<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>23.5</b>

Fuente: Datos de la empresa

La tabla muestra la incidencia de fallas que ha presentado el cargador frontal, el cual se obtuvo un total de 7 fallas al año y 23.5 horas para la solución de dicha falla.

**Tabla 21**

*Incidencia de fallas de la máquina volquete*

	AÑO	Frecuencia de	Horas empleadas
	2019	fallas	(hr/fallas)
<b>Volquete</b>	Enero	2	3 + 4
	Febrero	0	0
	Marzo	2	4.8 + 3
	Abril	1	4
	Mayo	1	5
	Junio	0	0
	Julio	1	4
	Agosto	1	6
	Setiembre	0	0
	Octubre	2	2 + 2.5
	Noviembre	0	0
	Diciembre	1	3.5
	<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>41.8</b>

Fuente: Datos de la empresa

La tabla muestra el total de fallas del volquete a lo largo del año 2019, el cual tuvo un total de 11 fallas y para ello requirieron un total de 41.8 horas.

**Tabla 22**

*Calculo del total de H-M y el % de paradas al año de maquinaria.*

<b>Maquinaria</b>	<b>Uso al mes (hrs)</b>	<b>Numero de fallas al año</b>	<b>Total de paradas en horas</b>
Zaranda eléctrica	144	16	42.2
Cargador frontal	168	7	23.5
Volquete	192	11	41.8
<b>Total HM mes</b>	<b>504</b>	<b>34</b>	<b>103.5</b>
<b>Total HM anual</b>		<b>6048 hrs</b>	

Fuente: Datos de la empresa

En esta tabla se muestra que existe un total de 6048 horas anuales que trabajan las tres máquinas (zaranda eléctrica, cargador frontal y el volquete), esto nos sirve para el cálculo del tiempo medio entra fallas, que posteriormente calcular la confiabilidad actual de las máquinas.

**Tabla 23**

*Lista de repuestos de las fallas de la zaranda eléctrica.*

Mes	Falla	Pieza Fallida
Enero	Falla 1	Ventilador
	Falla 2	Faja
Febrero	Falla 1	Rodaje
	Falla2	Malla
Marzo	Falla 1	Motor
Abril	Falla 1	Receptor
	Falla 2	Bastidor
Mayo		
Junio	Falla 1	Piñones
Julio		
Agosto		
Setiembre	Falla 1	Abrazadera
	Falla 2	Rodaje
	Falla3	Resorte
Octubre	Falla 1	
	Falla 2	Piñones
Noviembre		
Diciembre	Falla 1	Faja
	Falla 2	Rodaje

Falla 3

Malla

Fuente: Datos de la empresa. (**Anexo 4.** Tabla de incidencias)

En esta tabla se muestra las piezas que se han sido solucionadas en cada falla que se ha realizado en la zaranda eléctrica durante un año.

#### Tabla 24

*Lista de repuestos para las fallas del cargador frontal.*

Mes	Falla	Pieza Fallida
Enero	Falla 1	manguera
Febrero		
Marzo	Falla 1	correa a/a
Abril	Falla 1	pistón
Mayo		
Junio	Falla 1	anillo tórico
Julio	Falla 1	empaquetaduras
Agosto		
Setiembre	Falla 1	cable terminal
Octubre		
Noviembre		
Diciembre	Falla 1	Seal_Kit Boom Cylinder

Fuente: Datos de la empresa (**Anexo 4.** Tabla de incidencias)

En esta tabla se muestra las piezas fallidas por cada una de las fallas del cargador frontal desde el mes de enero a diciembre.

**Tabla 25**

*Lista de repuestos para cada falla del volquete.*

Mes	Falla	Pieza Fallida
Enero	Falla 1	Culata
	Falla 2	Filtro de aceite
Febrero		
Marzo	Falla 1	Sensores de presión
	Falla 2	Neumáticos
Abril	Falla 1	Pastilla de freno
Mayo	Falla 1	Chasis
Junio		
Julio	Falla 1	Barra
Agosto	Falla 1	Válvula
Setiembre		
Octubre	Falla 1	Pistones
	Falla 2	Inyectores
Noviembre		
Diciembre	Falla 1	Radiador

Fuente: Datos de la empresa. (**Anexo 4.** Tabla de incidencias)

En esta tabla se muestra la lista de las piezas que representan cada una de las 14 fallas que corresponden al volquete de la empresa.

### 3.1.8. Cálculo de los indicadores de gestión actuales

**Tabla 26**

*Cálculo de los indicadores de gestión actual de la zaranda eléctrica.*

Ítem	Resultado
MTTR	2.48
MTBF	101.65
Confiabilidad	37.39%
Disponibilidad	97.62%

Como resultado se obtuvo una confiabilidad de 37.39% lo que está totalmente por debajo de lo normal y la disponibilidad que esta presenta es adecuada ya que tiene un 97.62%.

**Tabla 27**

*Cálculo de indicadores de gestión actual del cargador frontal*

Ítem	Resultado
MTTR	3.36
MTBF	288.00
Confiabilidad	70.66%
Disponibilidad	98.99%

En esta tabla se muestra el cálculo de los indicadores de gestión actual del cargador frontal, lo cual su confiabilidad es de 70.66% y la disponibilidad de esta máquina es de 98.99%.

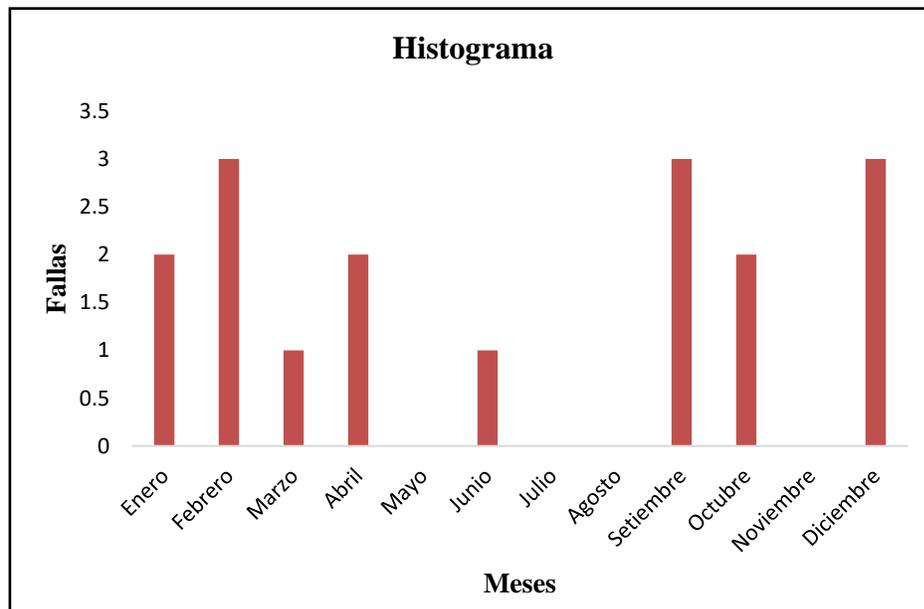
**Tabla 28**

*Calculo de los indicadores de gestión actual del volquete*

Ítem	Resultado
MTTR	3.80
MTBF	209.45
Confiabilidad	64.04%
Disponibilidad	98.22%

En esta tabla se muestra el cálculo de los indicadores de gestión del volquete en su situación actual, el cual nos indica que posee una confiabilidad del 64.04% y una disponibilidad de un 98.22%.

**Representación gráfica mediante histogramas de las fallas actuales de las máquinas.**



*Figura 12:* Histograma de las fallas de la zaranda eléctrica.

Fuente: Datos de la empresa. (**Anexo 4.** Tabla de incidencias)

En esta figura se muestra el comportamiento de las fallas de la zaranda eléctrica durante los meses del año 2019, el cual se puede observar que en los meses de febrero, septiembre y diciembre ocasiona con más frecuencia.

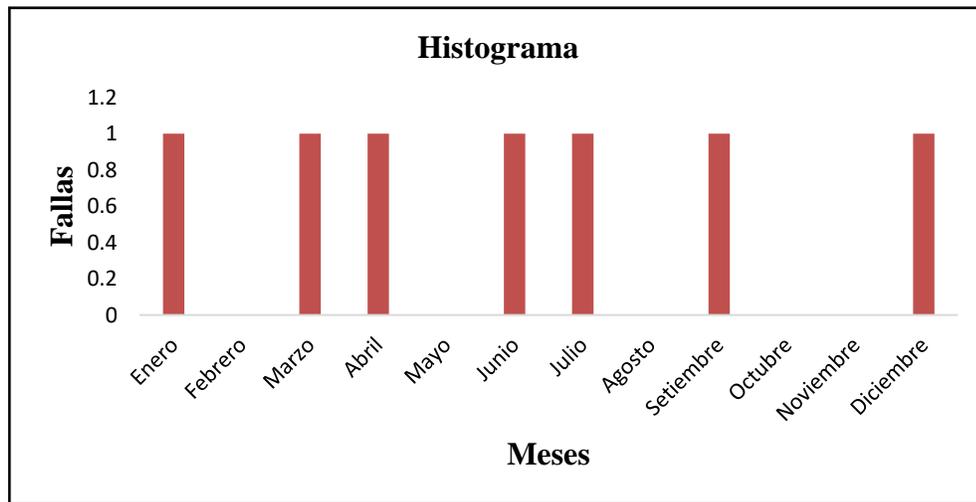


Figura 13: Histograma de las fallas del cargador frontal.

Fuente: Datos de la empresa. (Anexo 4. Tabla de incidencias)

En esta figura se muestra el comportamiento de las fallas del cargador frontal, se observa que solo presenta 1 falla en algunos meses, pero hay fallas que se ocasionan en

meses consecutivos como es el caso de marzo – abril y junio – julio.

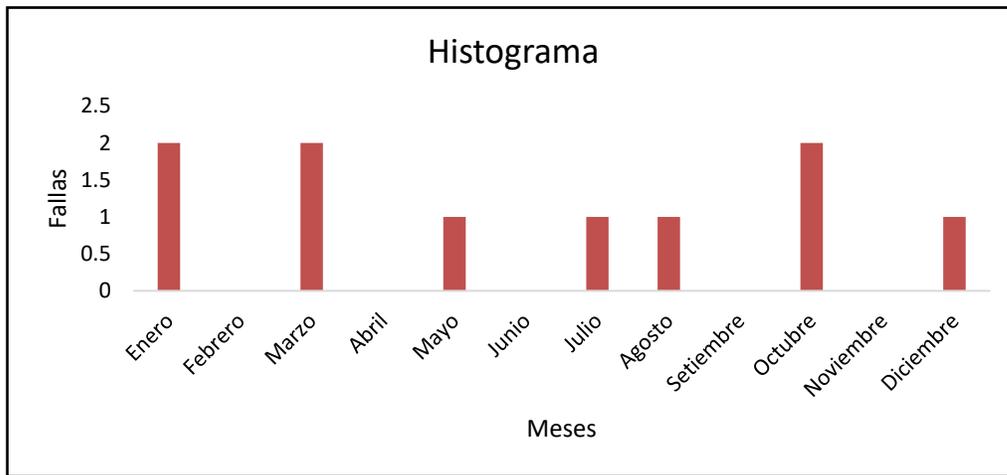


Figura 14: Histograma de fallas del volquete.

Fuente: Datos de la empresa. (Anexo 4. Tabla de incidencias)

En esta figura se muestra el comportamiento de las fallas del volquete durante el año 2019, se puede observar que los meses de enero, marzo y octubre ocurren las fallas más frecuentes con respecto al resto de meses, el cual se produjo por la mayor rotación del volquete hacia la mina para generar mayor materia prima para la producción.

### 3.1.9. Costos del mantenimiento correctivo

La implementación del mantenimiento preventivo que se realizará dependerá del costo del mantenimiento correctivo ya que si este es de gran cantidad estaría ocasionando grandes pérdidas en la empresa y por lo tanto se tomaría la decisión de realizar el plan de mantenimiento, de esta manera se pasa a calcular los costos de mantenimiento correctivo.

**Tabla 29**

*Ganancia por hora de las maquinas cuando están funcionando correctamente.*

<b>Producción mensual</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Ingresos*día</b>	<b>Ingresos*H</b>
Cisco	S/ 323,796	S/ 13,491.50	S/ 1,686.44
Tipo A	S/ 153,786	S/ 6,407.75	S/ 800.97
Fragua	S/ 136,927	S/ 5,705.29	S/ 713.16
<b>Total</b>	<b>S/ 614,509</b>	<b>S/ 25,604.54</b>	<b>S/ 3,200.57</b>
<b>Ganancia por hora de maquinaria utilizada</b>			<b>S/ 1,066.86</b>

Fuente: Datos de la empresa

Esta tabla muestra la ganancia posible que representa una maquina funcionando correctamente, se obtuvo que las maquinas tienen una ganancia de 1066.86 soles por hora, este cálculo se realizó para posteriormente obtener el costo de lucro cesante.

**Tabla 30**

*Costo total de mantenimiento correctivo*

<b>Costos</b>	<b>Monto</b>
CMOE:	S/ 10,750.00
CMR:	S/ 7,759.52
CI:	S/ 1,290.00
CLC:	S/ 114,687.01
Total anual	S/ 134,487.53
Total mensual	S/ 11,207.21

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se muestra el cálculo del mantenimiento correctivo, el cual nos muestra un total de S/ 11,207.21 mensuales, de tal motivo se va a realizar un plan de mantenimiento preventivo.

CMOE: Costo de mano de obra, CMR: Costo de materiales y repuestos, CI: Costos indirectos, CLC: Costo lucro cesante.

### **Resumen Resultado – 1**

En la elaboración del resultado del objetivo específico 1, se realizó el diagnóstico situacional, mediante el análisis de verificación, el análisis de la encuesta y las incidencias de fallas, se obtuvo una aprobación del 81.82% de los encuestados, además se calculó el costo total de mantenimiento correctivo con un monto de S/. 134,486.53 anualmente, para ello se calculó la producción mensual de los diferentes tipos de carbón para obtener la ganancia total por hora que realizan estas máquinas, el cual fue un monto de S/. 1,066.86 por hora.

### **3.2. Implementación del plan de mantenimiento preventivo**

Una vez que se ha diagnosticado la situación actual de la empresa, identificando los problemas que surgen en el área de mantenimiento como son: no tiene clara su secuencia de trabajo, no presenta un proceso de trabajo, no presenta sus políticas de mantenimiento, no tiene un claro objetivo en el área, no presenta un manual que registre las funciones de las actividades y por último que no realiza las capacitaciones a los trabajadores de esa área, todo esto llegando a una conclusión que los operadores de las máquinas no realicen bien sus funciones teniendo un mal manejo de las máquinas generando paradas imprevistas y retraso en la producción del carbón.

De tal manera se realiza la implementación del mantenimiento preventivo para reducir dichas fallas imprevistas para así aumentar la productividad en la empresa.

### **Responsable**

El jefe de mantenimiento será el responsable de realizar los planes y procedimientos específicos para el mantenimiento de las maquinas en coordinación con el Gerente General y el técnico de mantenimiento.

### **Propósito**

Definir y organizar todas las actividades de mantenimiento preventivo que están sujetas a las máquinas que se usan en el área de proceso y transporte del carbón.

### **Alcance**

Aplicable a todas las maquinas del área de producción y transporte del carbón.

### **Políticas del mantenimiento**

- Determinación del personal que estará a cargo del mantenimiento.
- Fijar la fecha y el lugar donde se va a desarrollar el trabajo.
- Tener previstos el stock de equipos y repuestos en el almacén.
- Información técnica de los repuestos a utilizar.
- Señalización de las áreas de trabajo y áreas de almacenamiento de repuestos.
- Inventario de piezas y repuestos utilizados durante el mantenimiento.
- Respetar los cronogramas establecidos durante la ejecución del mantenimiento.
- Mantener las fechas del cronograma de mantenimiento preventivo

### **Objetivos**

### **Objetivo general**

Afianzar la operatividad de las máquinas que operan en el proceso productivo y transporte de la empresa.

### **Objetivo específicos**

- Obtener un funcionamiento adecuado de las máquinas
- Prevenir las paradas imprevistas en el proceso productivo y transporte
- Reducir los costos por paradas innecesarias de las máquinas.

### **Recursos de personal de mantenimiento**

La empresa cuenta con un personal de mantenimiento, pero este carece de un perfil para asegurar una adecuada gestión del mantenimiento es necesario la creación del puesto de trabajo “Jefe de mantenimiento” para poder ser capacitado y cumplir con las funciones que se requiere para dicha área, además se contratará un el técnico mecánico para el mantenimiento que se desarrollará y un practicante de Ingeniería Industrial, para ello es necesario hacer un análisis y descripción del puesto que defina las funciones y habilidades que deben poseer cada uno de ellos.

### **Creación del puesto de trabajo:**

La creación del puesto de trabajo se basó en las actividades que se ejercen dentro del área de mantenimiento y las cuales el trabajador debe tener en cuenta para ejercer su labor ya sea por su conocimiento o sus habilidades, conductas de sí mismo

### **Tabla 31**

*Elaboración del puesto de trabajo del jefe de mantenimiento.*

---

#### **NOMBRE DEL PUESTO: Jefe de Mantenimiento**

---

##### **1. PROPÓSITO DEL CARGO:**

Área que se encarga de supervisar el correcto funcionamiento de los equipos de trabajo y de las instalaciones de la empresa.

##### **2. FUNCIONES:**

- Revisar diariamente el estado operativo de la maquinaria.
- Analizar y consolidar información de los historiales de mantenimiento.
- Elaboración del programa de mantenimiento programado.
- Elaborar y supervisar el plan y presupuesto de mantenimiento de los activos bajo su responsabilidad.
- Prever las actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.
- Cumplir las normas de seguridad establecidas en la organización.
- Establecer normas y procedimientos de seguridad y control para garantizar el eficaz funcionamiento y la seguridad de máquinas, mecanismos herramientas.
- Mantener actualizados y archivados, toda la información referente a las máquinas.

##### **3. RESPONSABILIDADES:**

Dirigir el funcionamiento, conservación y reparación de máquinas, maquinaria e instalaciones, equipos y sistemas, para conseguir óptimos resultados en los servicios educativos, administrativos y de seguridad en general.

#### **4. AUTORIDAD:**

Reporta a: Gerencia General

Coordina con: Técnico de mantenimiento – Producción

#### **5. COMPETENCIAS:**

Conocimiento y Habilidades Gestión del mantenimiento

Funcionales – Técnicas

Electrónica y electrotecnia industrial

Mantenimiento de plantas industriales equipos de comunicación y telefonía.

Habilidades/Destrezas Conductuales

Liderazgo.

Planificación y organización.

Capacidad de relaciones interpersonales.

#### **6. FORMACIÓN Y EXPERIENCIA:**

Titulado de la carrera de Ingeniería Industrial, ingeniería mecánica o afines

Experiencia mínima de 01 año en puestos de planificación, mantenimiento o proyectos.

---

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32**

*Elaboración del puesto de trabajo del técnico mecánico de mantenimiento.*

---

**NOMBRE DEL PUESTO: Técnico de Mantenimiento**

---

**1. PROPÓSITO DEL CARGO:**

Área que se encarga de realizar el montaje e instalación en planta de maquinaria y equipo industrial y su mantenimiento y reparación, en condiciones de calidad y seguridad.

**2. FUNCIONES:**

Realizar la reparación de la maquinaria de forma eficaz

Proponer modificaciones de las instalaciones de acuerdo con la documentación técnica para garantizar la viabilidad del mantenimiento, resolviendo los problemas de su competencia e informando de otras contingencias.

Realizar las operaciones asociadas al mantenimiento de instalaciones.

Fabricar y/o unir componentes mecánicos para el mantenimiento y montaje de instalaciones electromecánicas.

Organizar y gestionar las intervenciones para el mantenimiento correctivo de acuerdo al nivel de servicio y optimizando los recursos humanos y materiales.

**3. RESPONSABILIDADES:**

Realizar el mantenimiento de máquinas y sistemas mecánicos, realizando tareas de ajuste, instalación, revisión, acondicionamiento y reparación. Realizan revisiones sistemáticas y asistemáticas para localizar e identificar averías y anomalías en el funcionamiento y aplican las acciones correctoras oportunas o la reparación y verificación para poder poner a punto la maquinaria.

**4. AUTORIDAD:**

Reporta a: Jefe de Mantenimiento

---

Coordina con: Jefe de mantenimiento

### 5. COMPETENCIAS:

<p>Conocimiento y Habilidades</p> <p>Funcionales – Técnicas</p>	<p>Capaz de utilizar equipos electrónicos.</p> <p>Conocimientos en sistemas eléctricos y mecánicos.</p> <p>Detecta y repara fallos mecánicos.</p>
<p>Habilidades/Destrezas</p> <p>Conductuales</p>	<p>Destrezas manuales.</p> <p>Capacidad para trabajar en equipo.</p> <p>Organización.</p> <p>Iniciativa.</p> <p>Dinamismo.</p> <p>Flexibilidad.</p> <p>Predisposición para el aprendizaje continuo.</p> <p>Capacidad para trabajar bajo presión.</p>

### 6. FORMACIÓN Y EXPERIENCIA:

Formación de Mecánico de Automóviles - Técnico en Mantenimiento Electromecánico  
- Técnico superior en Mantenimiento electrónico o afines.

Experiencia mínima de 6 meses en puestos de planificación, mantenimiento o proyectos.

Fuente: Elaboración propia

### Tabla 33

*Elaboración del puesto de trabajo del practicante de Ingeniería Industrial.*

**NOMBRE DEL PUESTO: Practicante de Ingeniería Industrial**

### **1. PROPÓSITO DEL CARGO:**

Personal del apoyo para el llenado de formatos del plan de mantenimiento preventivo u otro rol que asigne el jefe de mantenimiento o el técnico mecánico.

### **2. FUNCIONES:**

Apoyo en la elaboración del seguimiento del plan de mantenimiento preventivo.

Realizar ordenes de pedido de los repuestos.

Llenado de formatos del plan de mantenimiento preventivo.

Elaboración de reportes sobre cambios de repuestos de maquinaria.

Registro de entradas y salidas de repuestos del almacén.

Elaboración de reportes sobre el cumplimiento del plan de mantenimiento.

### **3. RESPONSABILIDADES:**

Servicio de apoyo para el jefe de mantenimiento y el técnico mecánico, en el cual estará elaborando reportes sobre el cumplimiento del cronograma de mantenimiento y estar en contacto con el técnico para el llenado de las órdenes de trabajo.

### **4. AUTORIDAD:**

Reporta a: Jefe de Mantenimiento.

Coordina con: Técnico mecánico.

### **5. COMPETENCIAS:**

Conocimiento y Habilidades	Capaz de elaborar registros y órdenes.
Funcionales – Técnicas	Excel a nivel intermedio.
	Conocimientos de control de inventarios.
	Conocimientos en el manejo del Software Kardex.
Habilidades/Destrezas	Capacidad de trabajo en equipo.
Conductuales	Organización.
	Iniciativa.
	Flexibilidad.

---

Adaptación al cambio

Predisposición para el aprendizaje continuo.

## **6. EXPERIENCIA:**

Al término de los últimos ciclos de la carrera de Ingeniería Industrial

---

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34**

*Análisis del modo de fallas del volquete*

---

<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>	<b>SEVERIDAD</b>
----------------	----------------------------	--------------------------	------------------------	------------------

---

Transporte del carbón mineral desde la mina hasta la empresa	Demoras al momento de arranque para el transporte del carbón mineral	Filtro de aceite obstruido	Evita que el aceite ingrese al sistema interno del motor, ocasionando que el motor no reciba ninguna lubricación y se sobrecalienta.	<b>Importante</b>
		Fugas de aceite	Pérdida de aceite y contaminación ambiental	
		Filtro de aire en mal estado	Pérdida de potencia del motor	
		Bomba de combustible en mal estado	El sistema de inyección no recibe la presión adecuada generando que el motor no arranque	

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se realizó con el propósito de notar el efecto de falla que causa el modo de falla del volquete para agregarlo en la elaboración del plan de mantenimiento preventivo, además se obtiene una severidad importante para todos los efectos de falla el cual hace que se debe tener mayor en cuenta a esas fallas.



**Tabla 35**

*Análisis del modo de fallas del cargador frontal*

<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>	<b>SEVERIDAD</b>
Transporte del carbón mineral hacia el proceso de clasificación en la máquina zaranda eléctrica.	Desperfecto en el brazo	Rotura de mangueras	La máquina disminuye su productividad con respecto a su actividad asignada	<b>Importante</b>
		Fallas en línea de succión	El motor trabaja en vacío generando que no haya transmisión de movimiento	
	No puede levantar el material a transportar	Válvula de sobrecarga obstruida	Pérdida de fuerza en la cuchara	
		Fallas en el motor	Desgaste de filtros	
	Batería en mal estado		Parada imprevista de la máquina	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 34 se muestra el efecto de las fallas que causan los modos de falla en el cargador frontal, se presenta con el propósito de obtener los efectos más importantes donde serán considerados para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.



**Tabla 36**

*Análisis del modo de fallas de la zaranda eléctrica.*

<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFEECTO DE FALLA</b>	<b>SEVERIDAD</b>
Realiza la clasificación del carbón mineral	Fallas en la clasificación del carbón	Rupturas de resortes	Disminuye el proceso de clasificación por falta de vibración	<b>Importante</b>
		Desgaste o roturas de mallas	Clasificación deficiente del material	
		Fallas del motor	El proceso de clasificación se paraliza	
		Avería de vibradores	Las piezas se sueltan por el mal ajuste	

Fuente: Elaboración propia

Se muestra el efecto de falla que causan el modo de falla, ocasionando que la zaranda no tenga un buen rendimiento al momento de clasificar los tipos de carbón mineral, llegando a la conclusión de severidad importante.

Máquina		Plan de mantenimiento preventivo																																																					
		Zaranda																																																					
		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre									
Nº	Verificaciones y tareas	Frecuencia	Encargado	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Limpiar cuidadosamente toda la zarandela en general (parte externa)	Semanal	Personal	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
2	Ajuste de piezas más rotativas	Semanal	Personal	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S				
3	Inspección de cada una de las piezas (parte interna)	Trimestral	Técnico	TM											TM																																								
4	Revisión y ajustes de la parte eléctrica	Trimestral	Técnico	TM											TM																																								
5	Lubricar la maquinaria internamente	Trimestral	Técnico	TM											TM																																								
6	Calibración y ajuste de la potencia del motor	Bimestral	Técnico	BM							BM								BM												BM												BM												
7	Limpieza interna de piezas de la zaranda	Semestral	Técnico		SM																																																		
8	Revisión general de la parte mecánica	Semestral	Técnico		SM																																																		
9	Cambio de fajas	Mensual	Técnico			M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M									
9	Revisar la estabilidad de	Trimestral	Técnico	TM											TM																																								
10	Reparación de desgaste de resortes	Semestral	Personal		SM																																																		
Fecha de ejecución del mantenimiento:																																																<b>Leyenda</b>							
Firma del encargado de mantenimiento:																																																S = Semanal							
Observaciones																																																BM = Bimestral							
																																																TM = Trimestral							
																																																M = Mensual							
																																																SM = Semestral							

Figura 17: Elaboración del plan de mantenimiento preventivo para la zaranda eléctrica.

Fuente: Elaboración propia

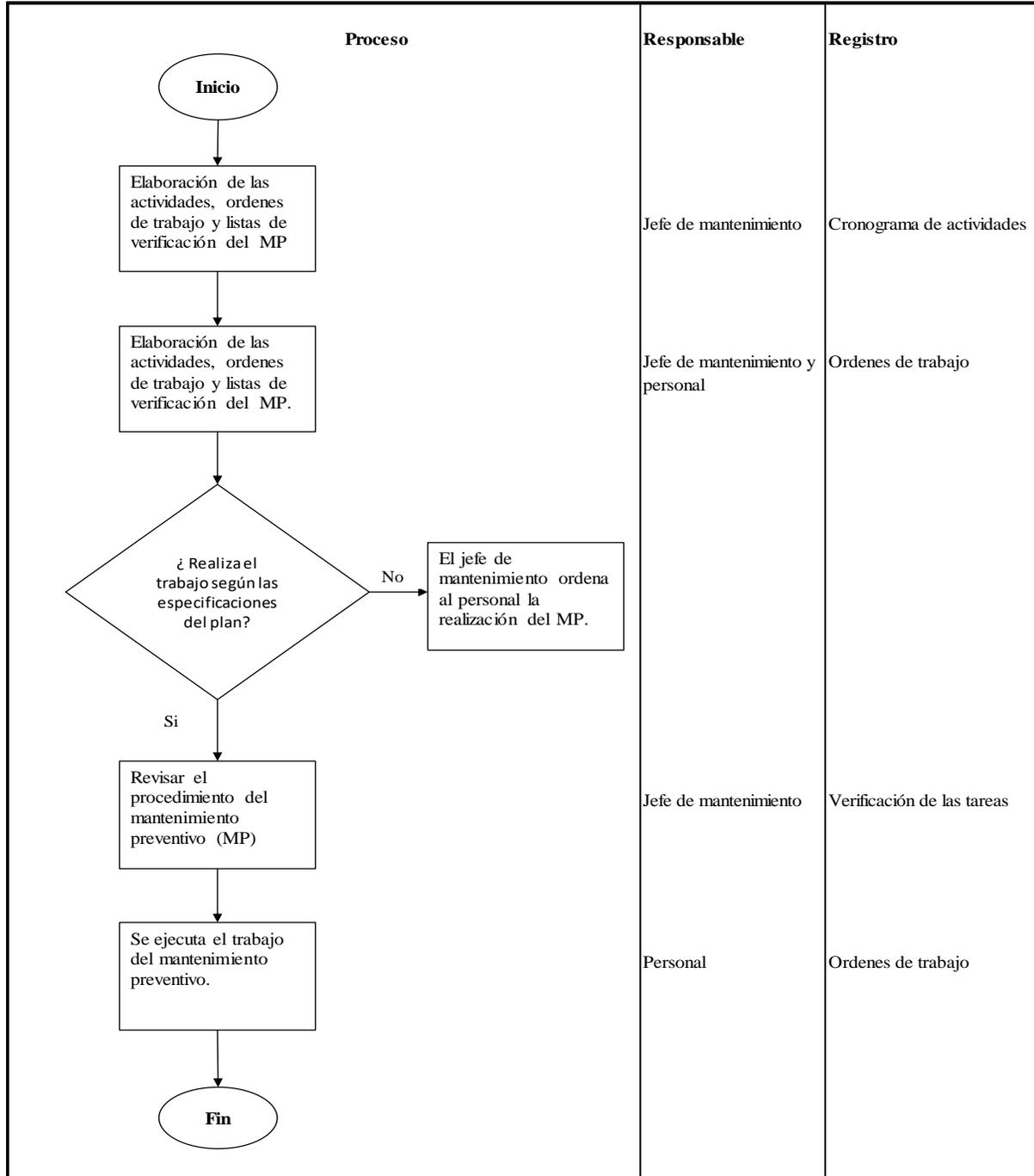


Figura 18: Elaboración del procedimiento del plan de mantenimiento preventivo.

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de producción y transporte (volquete, cargador frontal y la zaranda eléctrica), posteriormente se realizó el procedimiento del mantenimiento preventivo, el cual se realizó con el objetivo de tener una secuencia en el trabajo que se va a realizar.

	<b>ORDEN DE TRABAJO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>REGISTRO</b>	
			<b>FECHA</b>	
			<b>HORA</b>	
<b>MÁQUINA</b>		<b>CÓDIGO</b>		
<b>PARTE DE LA MÁQUINA</b>		<b>TURNO</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>		<b>PERIODICIDAD</b>		
<b>ESPECIALIDAD/PERSONAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TIEMPO (Hr)</b>		
<b>REPUESTOS/MATERIALES/EQUIPOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNIT. (S/.)</b>	<b>TOTAL</b>	

Figura 19: Orden de trabajo del mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

Estas órdenes serán reportadas una vez realizado la reparación de la parte fallida, será reportado por el practicante al jefe de mantenimiento.

### 3.2.1. Programa de capacitación

La capacitación se realizará al personal de la empresa del área de producción, transporte y mantenimiento, con la finalidad de aumentar su conocimiento del plan de mantenimiento preventivo y evitar contradicciones por la mala organización.

**Tabla 37**

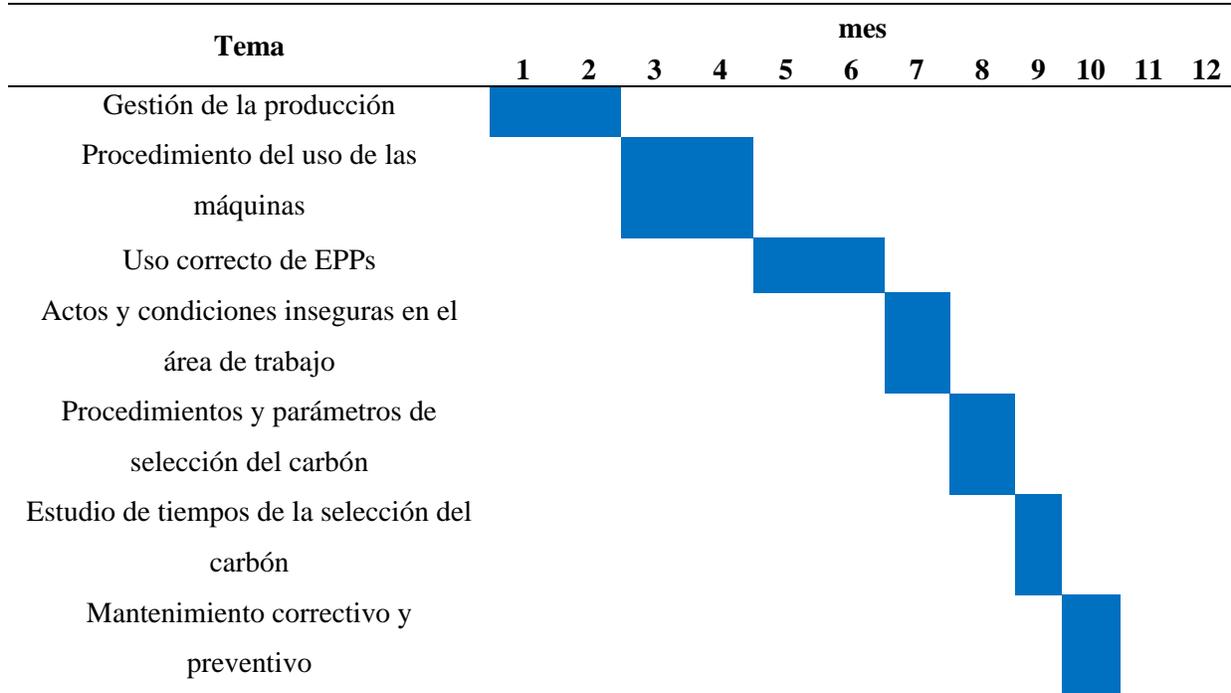
*Descripción del taller de capacitación al personal*

<b>USO ADECUADO DE LA HERRAMIENTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	
<b>Dirigido a:</b>	Personal del área de producción, transporte y mantenimiento
<b>Justificación:</b>	Dar a conocer el significado de la implementación del mantenimiento preventivo, así mismo el manejo del cronograma que se ha planteado, de tal manera que el personal contribuya de manera efectiva al momento de realizar su actividad.
<b>Objetivo general:</b>	Minimizar costos de pérdida por mantenimiento correctivo
<b>Metodología de trabajo</b>	Taller presencial
<b>Estrategia de evaluación</b>	Evaluación escrita y práctica.
<b>Material de apoyo</b>	Laptop, PPT, folleto informativo.
<b>Fuentes de información</b>	Serán proporcionadas por el capacitador
<b>OBSERVACIONES:</b> El espacio debe estar ambientado para poder realizar la meta cognición de manera cómoda (mesas y sillas).	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38**

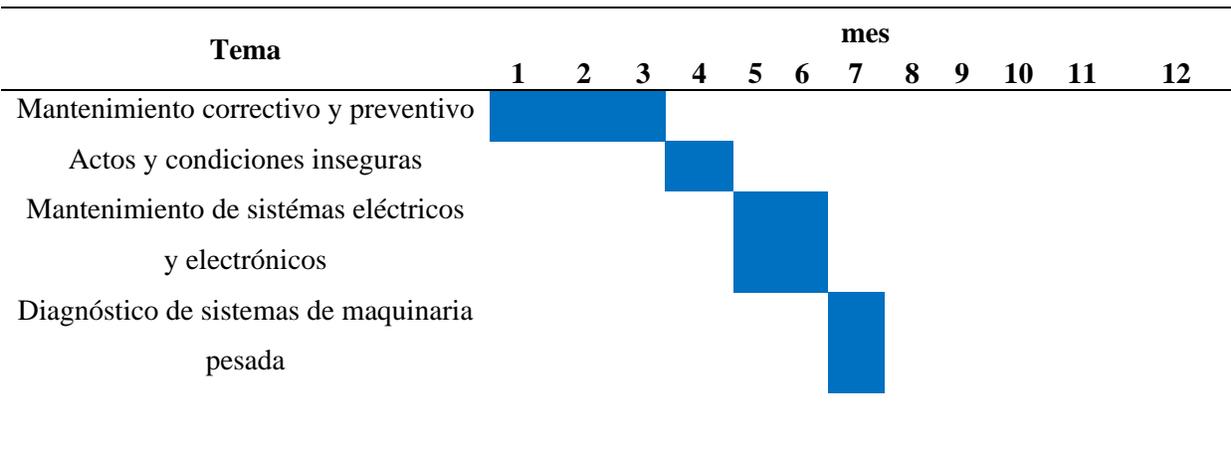
*Cronograma de capacitación personal de producción*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39**

*Cronograma de capacitación personal de transporte y mto*



Lubricación en maquinarias (volquete  
y cargador frontal)  
Inspección, calibres, evaluación y  
fallas comunes



Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Inversión en plan de mantenimiento preventivo

Los costos de implementación del mantenimiento preventivo se realizaron para sustentar contablemente el costo de nuestro plan, el cual este será presentado a la gerencia de la empresa y este determinará si está interesado de invertir el monto que nos arrojará el total de los costos.

**Tabla 40**

*Costos de contratación de personal*

Descripción	Monto	
técnico	S/	1,900.00
Egresado de Ingeniería Industrial	S/	1,800.00
Total S/. Mensual	S/	3,700.00
<b>Total S/. Anual</b>	<b>S/.</b>	<b>51,800.00</b>

Fuente: Elaboración propia

El total que genera contratar a un personal técnico mecánico y a un practicante de ingeniería industrial, se consideró un sueldo promedio generado en el mercado laboral, obteniendo un costo total de 51,800 soles en un año.

**Tabla 41**

*Costos de compras de herramientas de implementación*

<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sub total</b>
Archivador para registros de mantenimiento.	4.8	5	S/. 24.00
Escritorio Málaga	220	1	S/. 220.00
Lapiceros	2.5	4	S/. 10.00
Mouse	20	2	S/. 40.00
Silla	59	3	S/. 177.00
Estantes metálicos	150	2	S/. 300.00
PC HP EliteDisplay E233 LED 23"	659	2	S/. 1,318.00
Impresión de formatos a utilizar	0.5	156	S/. 78.00
<b>Total, S/. anual</b>			<b>S/. 2,167.00</b>

Fuente: Elaboración propia

El costo total de las compras que serán parte de la implementación del plan, las cantidades esta n regidas a lo que se empleará durante un año, obteniendo un costo total de 2,167.00 soles.

**Tabla 42**

*Costos de compras de repuestos para la implementación del cargador frontal.*

<b>Descripción</b>	<b>Precio (S/.)</b>	<b>Cantidad (und)</b>	<b>Sub total</b>
Filtros de aceite	50	6	S/ 300.00
Filtro hidráulico	210	2	S/ 420.00
Mangueras hidráulicas	280	3	S/ 840.00
Otros Lubricantes	160	4	S/ 640.00
Separador de agua	25	12	S/ 300.00
Aceite de motor	130	6	S/ 780.00
Neumáticos	3837	4	S/ 15,348.00
<b>Total, S/. Anual</b>			<b>S/ 18,628.00</b>

Fuente: Elaboración propia

El costo anual de repuestos para el cargador frontal, obteniendo un costo total anual de S/. 18,628.00, las cantidades están relacionadas a las veces de mantenimiento que se va a realizar dicho repuesto al cabo de un año.

**Tabla 43**

*Costos de compras de repuestos para la implementación del volquete.*

<b>Descripción</b>	<b>Precio (S/.)</b>	<b>Cantidad (und)</b>	<b>Sub total</b>
Lubricación para tornillos	160	12	S/ 1,920.00
Grasa	12	4	S/ 48.00
Filtro de aire	343	12	S/ 4,116.00
Neumáticos	928	10	S/ 9,280.00
Aceites	160	8	S/ 1,280.00
<b>Total, S/. anual</b>			<b>S/ 16,644.00</b>

Fuente: Elaboración propia

El costo total anual que corresponde a los repuestos establecidos en el plan de mantenimiento preventivo del volquete, resultando un monto de S/. 16,644.00, para ello anteriormente se calculó las cantidades necesarias para cada uno de los repuestos en el cual se muestran en el plan este se caracteriza por ser (mensual, bimestral, trimestral, semestral o anual).

**Tabla 44**

*Costos de compras de repuestos para la implementación de la zaranda eléctrica.*

<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sub total</b>
Resortes	120	8	S/ 960.00
Lubricación	130	4	S/ 520.00
Grasas	12	6	S/ 72.00

Fajas	20	12	S/	240.00
malla	400	3	S/	1,200.00
Rodajes	80	4	S/	320.00
<b>Total, S/. anual</b>			<b>S/</b>	<b>3,312.00</b>

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se presenta el monto total del costo de compras de repuestos para la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la zaranda eléctrica, obteniendo un total de S/. 3,312.00, las cantidades se estableció mediante las veces que realiza dicho cambio de repuestos ya sea mensual, bimestral, trimestral, semestral o anual. Por lo tanto, se resulta el costo total de mantenimiento preventivo de S/ 92,521.00

### 3.4. Costo del programa de capacitación

**Tabla 45**

*Capacitación a personal de producción*

<b>Tema</b>	<b>N° de veces</b>	<b>Encargado</b>	<b>Duración (horas - anual)</b>	<b>Costo</b>
Gestión de la producción	1	Producción	18	S/. 1,800.00
Estudio de tiempos de la selección del carbón	1	Producción	6	S/. 600.00
Procedimientos y parámetros de selección del carbón	1	Producción	6	S/. 600.00
Actos y condiciones inseguras en el área de trabajo	1	Producción	12	S/. 1,200.00
Uso correcto de EPPs	1	Producción	6	S/. 600.00

Mantenimiento correctivo y preventivo	1	Mantenimiento	24	S/. 2,400.00
Procedimiento del uso de la máquina (zaranda eléctrica)	1	Mantenimiento	12	S/. 1,200.00
<b>Total</b>	<b>7</b>			<b>S/. 8,400.00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 46**

*Capacitación a personal de transporte y mtto*

<b>Tema</b>	<b>N° de veces</b>	<b>Encargado</b>	<b>Duración (horas - anual)</b>	<b>Costo</b>
Gestión de la producción	1	Producción	18	S/. 1,800.00
Estudio de tiempos de la selección del carbón	1	Producción	6	S/. 600.00
Procedimientos y parámetros de selección del carbón	1	Producción	6	S/. 600.00
Actos y condiciones inseguras en el área de trabajo	1	Producción	12	S/. 1,200.00
Uso correcto de EPPs	1	Producción	6	S/. 600.00
Mantenimiento correctivo y preventivo	1	Mantenimiento	24	S/. 2,400.00
Procedimiento del uso de la máquina (zaranda eléctrica)	1	Mantenimiento	12	S/. 1,200.00
<b>Total</b>	<b>7</b>			<b>S/. 8,400.00</b>

Fuente: Elaboración propia

## Resumen Resultado – 2

Para el desarrollo de este resultado enfocado en el objetivo específico 2, se obtuvo la información gracias a la empresa, con ello se realizó la implementación donde se hizo el cronograma de actividades para las tres máquinas, se calculó el costo de los activos fijos y las depreciaciones de los mismos, luego se calculó el costo de la implementación donde se obtuvo un costo total de **S/. 92,521.00** al año y un costo total de capacitación de **S/. 8,400.00** al año este monto está incluido las compras de los repuestos, obteniendo un beneficio de **S/. 168,858.00**. Además, se realizó las ordenes de trabajo de la implementación y la elaboración de procedimiento de dicho plan.

### 3.5. Resultados de causas raíces

#### CR7: Programa de mantenimiento incompleto

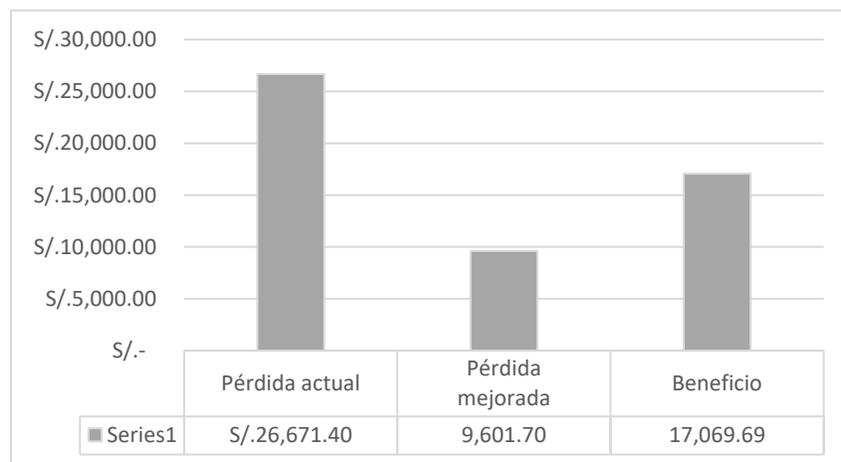
**Tabla 47**

*Resultados CR7*

Año	Máquina	Marca	Pérdida en hrs	Pérdida en S/.	N° de fallas
2020	Zaranda eléctrica	WEG	2.5	S/ 2,667.14	2
	Cargador frontal	VOLVO	2	S/ 2,133.71	1
	Volquete	SCANIA	4.5	S/ 4,800.85	2
<b>Total</b>			<b>9</b>	<b>S/ 9,601.70</b>	<b>5</b>

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un costo de total de S/. 9,601.70, de esta manera se observa que existe un total de 5 fallas que se dieron por realizar el programa de mantenimiento incompleto, por lo tanto se calcula que se mejora a un **70.59 %**



*Figura 20: Beneficio obtenido CR7*

Fuente: Elaboración propia

CR5: Reporte de cierre de mantenimiento incompleto

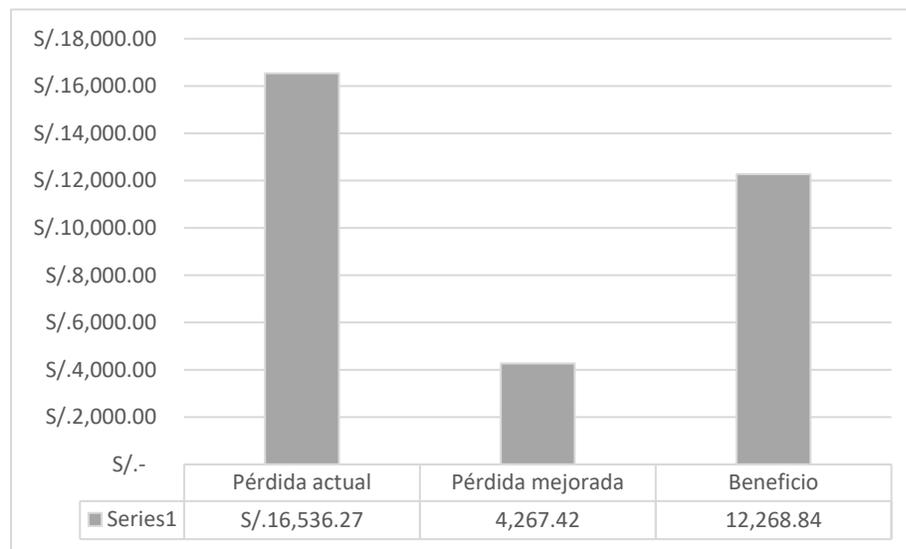
**Tabla 48**

*Resultados CR5*

Año	Máquina	Marca	Pérdida en hrs	Pérdida en S/.	N° de fallas
2020	Zaranda eléctrica	WEG	1.5	S/ 1,600.28	1
	Cargador frontal	VOLVO	0.5	S/ 533.43	1
	Volquete	SCANIA	2	S/ 2,133.71	1
<b>Total</b>			<b>4</b>	<b>S/ 4,267.42</b>	<b>3</b>

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un costo de total de S/. 4,267.42, de esta manera se observa que existe un total de 3 fallas que se dieron por realizar el reporte de mantenimiento incompleto, por lo tanto se calcula que se mejora a un **82.35%**.



*Figura 21: Beneficio obtenido CR5*

Fuente: Elaboración propia

**CR8: Actos inseguros en la metodología de trabajo**

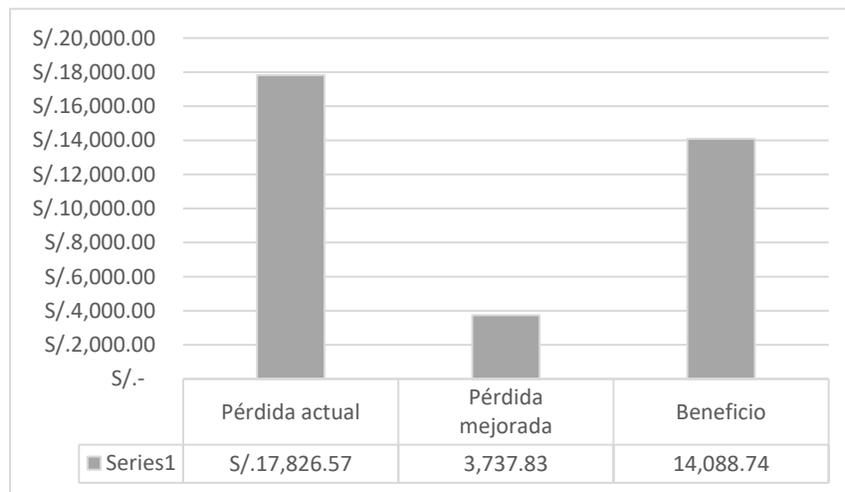
**Tabla 49**

*Resultado CR8*

Año	Máquina	Marca	N° de accidentes o incidentes	Horas perdidas	Pérdida en S/
2020	Zaranda eléctrica	WEG	1	6	862.58
	Cargador frontal	VOLVO	1	4	575.05
	Volquete	SCANIA	1	16	2,300.20
	<b>Total</b>		<b>3</b>	<b>26</b>	<b>4,025.35</b>

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un costo de total de S/. 4,025.35, de esta manera se observa que existe un total de 3 accidentes o incidentes presentados que se dieron por realizar actos inseguros en la metodología de trabajo, por lo tanto se calcula que se mejora a un **54.60%**.



*Figura 22: Beneficio obtenido CR8*

Fuente: Elaboración propia

### CR3: Fallas en el mismo equipo

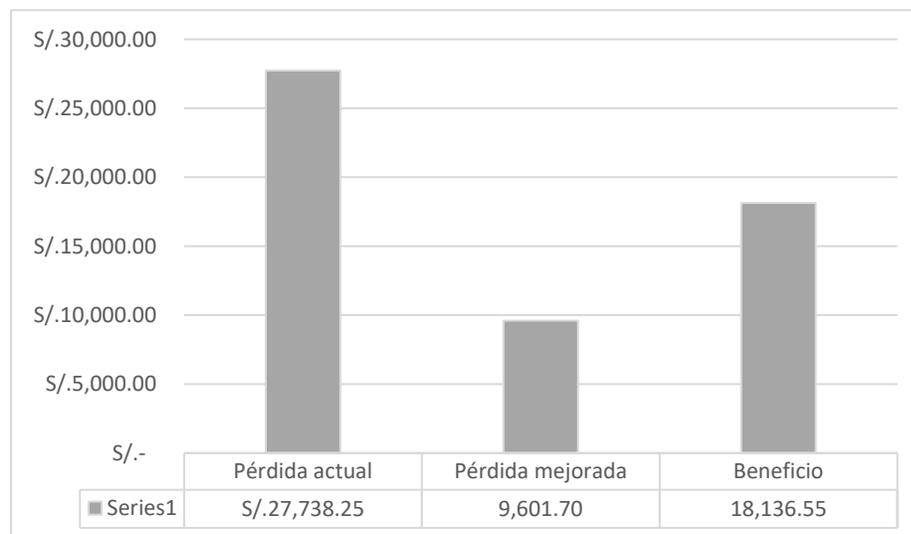
**Tabla 50**

*Resultado CR3*

Año	Máquina	Marca	Pérdida en hrs	Pérdida en S/.	N° de fallas
2020	Zaranda eléctrica	WEG	2	S/ 2,133.71	1
	Cargador frontal	VOLVO	3	S/. 3,200.57	1
	Volquete	SCANIA	4	S/ 4,267.42	1
<b>Total</b>			<b>9</b>	<b>S/ 9,601.70</b>	<b>3</b>

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un costo de total de S/. 9,601.70, de esta manera se observa que existe un total de 3 fallas que se dan por utilizar repuestos usados generando un tiempo de reparación mas breve de la misma falla, por lo tanto se calcula que se reduce a un 17.65%.



*Figura 23: Beneficio obtenido CR3*

Fuente: Elaboración propia

## CR6: Falta de capacitación

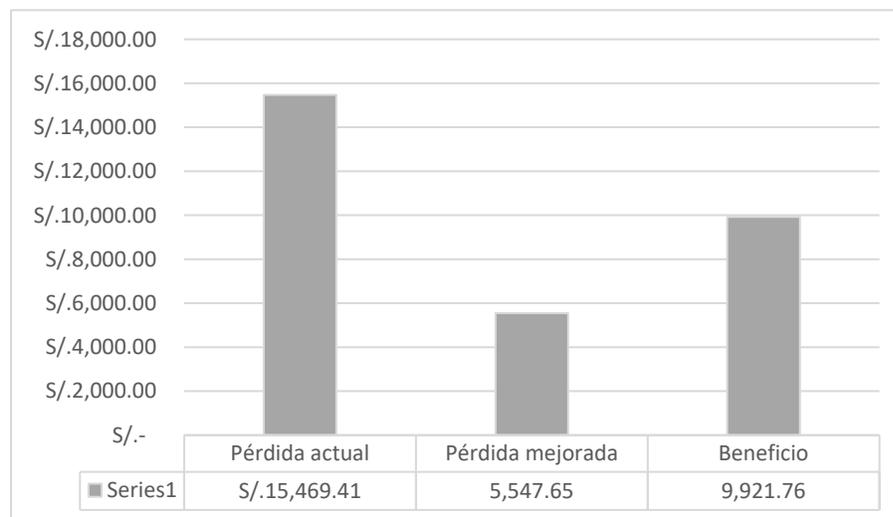
**Tabla 51**

*Resultado CR6*

Año	Máquina	Marca	Pérdida en hrs	Pérdida en S/.	N° de fallas
2020	Zaranda eléctrica	WEG	1.2	S/ 1,280.23	1
	Cargador frontal	VOLVO	0	S/ -	0
	Volquete	SCANIA	4	S/ 4,267.42	1
<b>Total</b>			<b>5.2</b>	<b>S/ 5,547.65</b>	<b>2</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Se obtuvo un costo de total de S/. 5,547.65, de esta manera se observa que existe un total de 2 fallas que se dan porque el personal no siendo capacitado al 100%, de tal manera se obtiene que se reduce de 27.3% a un 10.92%.



*Figura 24: Beneficio obtenido CR6*

**Fuente: Elaboración propia**

## CR2: Repuestos usados

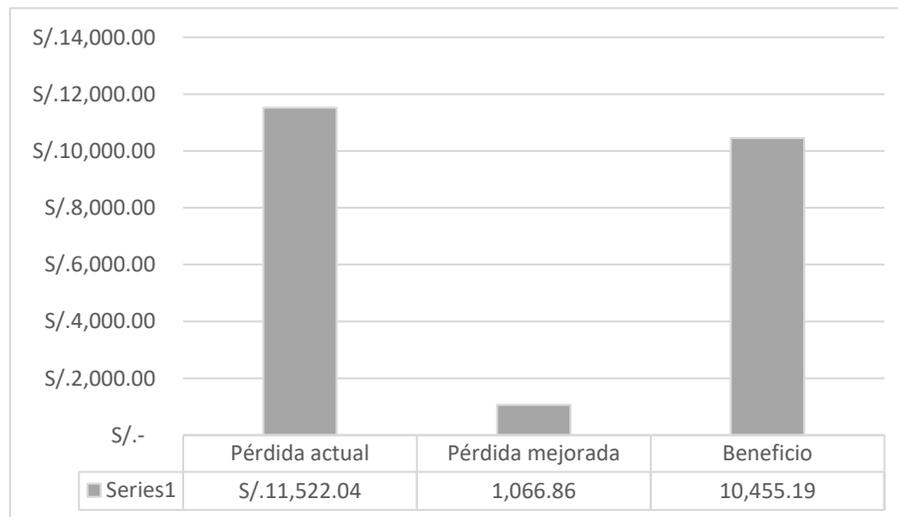
**Tabla 52**

*Resultado CR2*

Año	Máquina	Marca	Pérdida en hrs	Pérdida en S/.	N° de fallas
2020	Zaranda eléctrica	WEG	1	S/ 1,066.86	1
	Cargador frontal	VOLVO	0	S/ -	0
	Volquete	SCANIA	0	S/ -	0
<b>Total</b>			<b>1</b>	<b>S/ 1,066.86</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un costo de total de S/. 1,066.86, de esta manera se observa que existe un total de 1 falla que se sigue realizando por realizar el cambio de una pieza de segundo uso, de tal manera se obtiene que se reduce de 9% a un 2.86%.



*Figura 25: Resultado obtenido CR2*

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Comparación de la reducción de los fallos en máquinas de producción y transporte

Con respecto al tercer objetivo para comparar la reducción de los fallos en máquinas de producción y transporte de la empresa, esta comparación de las fallas actuales y las que ocurren después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

**Tabla 53**

*Indicadores aplicando la mejora*

<b>Maquinaria</b>	<b>Uso al mes(Hrs)</b>	<b>Numero de fallas al año</b>	<b>Total de paradas en horas</b>
Zaranda eléctrica	144	6	8.2
Cargador frontal	168	3	5.5
Volquete	192	6	14.5
<b>Total HM</b>	<b>504</b>	<b>15</b>	<b>28.2</b>

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo al aplicar el plan de mantenimiento preventivo, un total de 15 fallas al año de las 3 máquinas y 28.2 horas de paradas de maquinaria.

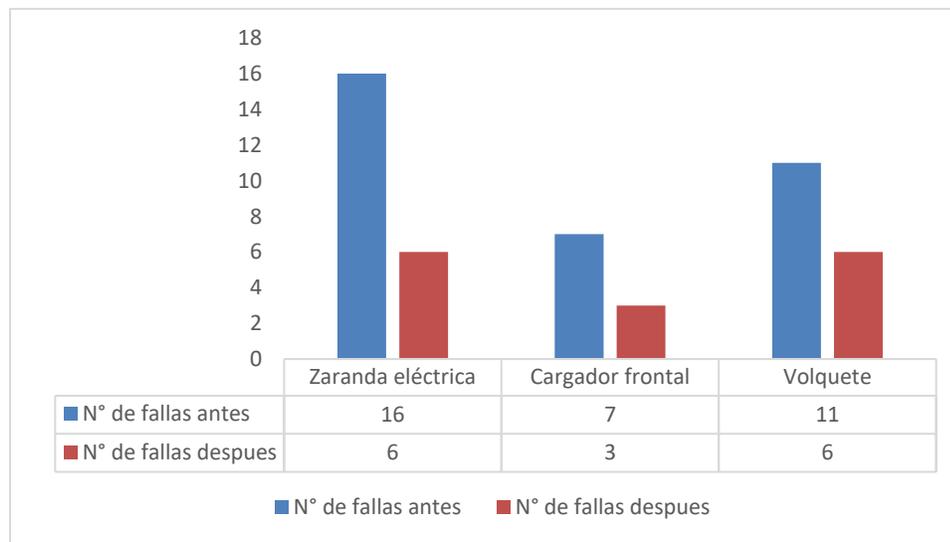
**Tabla 54**

*Comparación de fallas antes y después de la implementación.*

Maquinaria	N° de fallas antes	N° de fallas despues
Zaranda eléctrica	16	6
Cargador frontal	7	3
Volquete	11	6
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>15</b>

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la implementación del mantenimiento preventivo las fallas se reducen de 34 a 15 en un año.



*Figura 26: Comparación de fallas antes y después de la implementación*

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura la comparación entre las fallas actuales y las generadas después de la implementación, esto se reduce en un **55.9%**

**Tabla 55**

*Indicadores de la zaranda eléctrica después de la implementación*

<b>Ítem</b>	<b>Resultado</b>
MTTR	1.37
MTBF	288.00
Confiabilidad	70.66%
Disponibilidad	99.53%

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla está representada por los nuevos indicadores de confiabilidad y disponibilidad de la zaranda eléctrica, aumentado de 37.39% a un 70.66% de confiabilidad y la disponibilidad se incrementó de 97.62% a un 99.53%.

**Tabla 56**

*Indicadores del cargador frontal después de la implementación.*

<b>Ítem</b>	<b>Resultado</b>
MTTR	1.83
MTBF	672.00
Confiabilidad	86.17%
Disponibilidad	99.73%

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla está representada por los nuevos indicadores de confiabilidad y disponibilidad del cargador frontal, aumentado de 70.66% a un 86.17% de confiabilidad y la disponibilidad se incrementó de 98.99% a un 99.73%.

**Tabla 57**

*Indicadores del volquete después de la implementación*

<b>Item</b>	<b>Resultado</b>
MTTR	2.42
MTBF	384.00
Confiabilidad	77.07%
Disponibilidad	99.37%

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla está representada por los nuevos indicadores de confiabilidad y disponibilidad del volquete, aumentado de 62.04% a un 77.07% de confiabilidad y la disponibilidad se incrementó de 98.22% a un 99.37%.

**Resumen Resultado – 3**

La comparación de las fallas se obtuvo mediante la implementación del mantenimiento preventivo, donde se comparó las fallas antes y después de la implementación, para la zaranda eléctrica se redujo de 16 a 6 fallas anuales, el cargador frontal se redujo de 7 a 3 fallas anuales y el volquete redujo de 11 a 6 fallas anuales, generando que cada una de las maquinas aumenten su disponibilidad y confiabilidad y las fallas reduzcan en un 55.9%.

### 3.7. Evaluación económica - financiera de la implementación

**Tabla 58**

*Estado de resultados proyectado*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Ingresos (+)	S/. 182,156.97	S/. 191,264.82	S/. 200,828.06	S/. 210,869.46	S/. 221,412.93	
Costos operativos (-)	S/. 51,800.00	S/. 54,390.00	S/. 57,109.50	S/. 59,964.98	S/. 62,963.22	
Depreciación activos (-)	S/. 433.62	S/. 433.62				
GAV (-)	S/. 5,180.00	S/. 5,439.00	S/. 5,710.95	S/. 5,996.50	S/. 6,296.32	
<b>Utilidad antes de impuestos</b>	<b>S/. 124,743.35</b>	<b>S/. 131,002.20</b>	<b>S/. 137,573.99</b>	<b>S/. 144,474.37</b>	<b>S/. 151,719.77</b>	
Impuestos (30%) (-)	S/. 37,423.00	S/. 39,300.66	S/. 41,272.20	S/. 43,342.31	S/. 45,515.93	
<b>Utilidad después de impuestos</b>	<b>S/. 87,320.34</b>	<b>S/. 91,701.54</b>	<b>S/. 96,301.79</b>	<b>S/. 101,132.06</b>	<b>S/. 106,203.84</b>	

Fuente: Elaboración propia

Se calculó de la utilidad después de impuestos, se proyectó el estado de resultados para 5 años, los ingresos para el segundo año en adelante se consideró un aumento del 5% del total de ingresos del año anterior, de la misma manera para los costos operativos.

**Tabla 59**

*Depreciación de compras de activos.*

<b>Descripción</b>	<b>Vida útil</b>	<b>Depreciación</b>	
Archivador para registros de mantenimiento.	3	S/	0.67
Escritorio Málaga	8	S/	2.29
Mouse	3	S/	1.11
Silla	7	S/	2.11
Estantes metálicos	10	S/	2.50
PC HP EliteDisplay E233 LED 23"	4	S/	27.46
Total, depreciación S/. mensual		S/	36.13
<b>Total, depreciación S/. anual</b>		<b>S/</b>	<b>433.62</b>

Fuente: Elaboración propia

La depreciación de activos se calculó mediante la vida útiles de cada uno de los elementos obteniendo un total de S/. 433.62.

**Tabla 60***Reinversión por vida útil de los componentes.*

<b>Reinversión</b>	<b>Monto</b>
Reinversión (3 años)	S/. 64.00
Reinversión (4 años)	S/. 1,318.00
Reinversión (7 años)	S/. 177.00
Reinversión (8 años)	S/. 220.00
Reinversión (10 años)	S/. 300.00

Fuente: Elaboración propia

El costo de reinversión fue calculado mediante la vida útil de cada elemento, el cual será considerada como un punto clave al momento de realizar nuestro flujo de caja proyectado.

**Tabla 61**

*Flujo de caja proyectado*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Utilidad después de impuestos (+)		S/. 87,320.34	S/. 91,701.54	S/. 96,301.79	S/. 101,132.06	S/. 106,203.84
Depreciación (-)		S/. 433.62				
Inversión (-)	S/. -62,351.00	S/. 38,584.00	S/. 38,584.00	S/. 38,648.00	S/. 39,902.00	S/. 38,584.00
<b>Flujo neto de efectivo</b>	<b>S/. -62,351.00</b>	<b>S/. 48,302.73</b>	<b>S/. 52,683.92</b>	<b>S/. 57,220.17</b>	<b>S/. 60,796.44</b>	<b>S/. 67,186.22</b>

Fuente: Elaboración propia

El flujo de caja proyectado para 5 años se realizó con el objetivo de calcular el valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión (PRI). El monto de la inversión del año dos en adelante está sujeta a la reinversión que se hace cuando el activo vence la vida útil que presenta, como se presenta en la **tabla 48**, para el primer año se obtuvo un flujo neto de caja de S/. 48,302.73 que se observa que para los próximos años existe un incremento.

### 3.8. Cálculo del VAN, TIR, PRI y B/C

**Tabla 62**

*Cálculo del VAN, TIR, PRI y B/C de la implementación*

<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>
VAN	S/. 103,920.76
TIR	79.87%
PRI (años)	1.87
B/C	1.93

Fuente: Elaboración propia

Se consideró un costo de oportunidad del capital de un 20%, el valor actual neto (VAN) se representa por un monto de S/. 103,920.76 lo que significa que nuestro proyecto de implementación es viable. La tasa interna de retorno (TIR) es de 79.87% siendo este mayor al costo de oportunidad del capital por lo que nuestra implementación es rentable. Por otro lado, el beneficio – costo es de 1.93 soles, este nos indica que por cada sol invertido la empresa obtendrá un beneficio de 0.93 soles. Por último, el periodo de recuperación de la inversión (PRI) nos señala que la inversión se recuperará en un periodo de 1.87 años.

#### **Resumen Resultado – 4**

En el resultado de este objetivo se calculó la evaluación económica y financiera para validar la viabilidad del proyecto presentado, el cual se consideró un costo de oportunidad del 20%, este se consideró debido a que la empresa evalúa sus proyectos en el sentido que al desarrollarse un proyecto el costo de oportunidad no debe ser menor al 20%, ya que estos lineamientos vienen siendo regla fundamental impuesta por el dueño, el cual se obtuvo un TIR de 79.87% lo cual es mayor al costo de oportunidad establecido por el dueño de la empresa.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. DISCUSIONES

La actual tesis titulada “Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los fallos en máquinas de producción y transporte de la empresa nos ha concedido comprobar que es fundamental el plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de proceso productivo y de transporte en la producción de trabajos en plantas carboneras de mineral, al inicio la empresa no contaba con un plan de mantenimiento, lo cual representaba un elevado costo en pérdidas económicas para la empresa, después de realizar la propuesta de implementación del mantenimiento preventivo se puede afirmar que se reducen las fallas en las máquinas por lo que se reducen los costos por mantenimiento correctivo y otras causas que estas la estén generando elevado costos, de la misma manera Palacios (2019) en su tesis titulada “*Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el parque automotor y máquinas de la empresa JARMA INGENIERÍA S.A.S*”, publicado por la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia, concluye que el plan de mantenimiento preventivo le permitirá a la empresa reducir gastos y paradas de equipos, aportando al mejoramiento continuo del área de mantenimiento de la empresa.

Alayo (2009), en su tesis titulada “*Plan de gestión de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la máquina excavadora cat 345-dl de la empresa SERVI-SAP SRL*”, muestra las actividades de mantenimiento preventivo que se deben realizar mediante un cronograma de actividades de planes de mantenimiento de 200 horas, 500 horas, 1000

horas y 6 meses, obteniendo un beneficio de S/. 31,924.7 al año. De tal manera en nuestro proyecto se elabora un cronograma de actividades del plan de mantenimiento preventivo mediante tareas semanales, bimestrales, trimestrales, semestrales y anuales para las máquinas (zaranda eléctrica, cargador frontal y volquete) lo que se obtuvo un beneficio de S/. 81,940.78. Por otra parte, Fernández (2019) en su tesis titulada “*Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo del sistema de filtrado de la empresa TALSA (fundo UPAO) para incrementar su productividad y reducir costos de operación*”, nos indica las actividades de mantenimiento, este lo elabora mediante diagrama de flujos de procesos productivos, pero no muestra un cronograma de actividades como parte de su plan de mantenimiento preventivo, este obtuvo un beneficio de S/. 51,030.4 al cabo de 6 meses.

Además, se obtuvo resultados positivos en la baja del porcentaje de fallas ocurridas al año, se redujo en un 55.9% al realizar la implementación del mantenimiento preventivo, llegando a un total de 15 fallas en las máquinas de zaranda eléctrica, cargador frontal y volquete alcanzando una disponibilidad de las máquinas a un incremento de un 1.26%. Sin embargo, Castro (2017) en su tesis titulada “*Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar el rendimiento de las chancadoras primarias de la CIA. Minera Casapalca S.A.*”, redujo sus fallas basándose en el rendimiento de las máquinas y aplicando la política de las 5S, este rendimiento aumento en promedio de un 4.25% en las dos máquinas chancadoras C-110 y C-116, logrando aumentar la disponibilidad de las máquinas en un 7.6%. Asimismo, Chávez (2017) en su tesis titulado “*Implementación de un*

*plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la planta de inyección de la empresa Industrias Plásticas Reunidas S.A.C*”, publicado por la Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, implementa un plan de mantenimiento preventivo llegando a una conclusión que se incrementó la disponibilidad de la máquina inyectora KM 1000, es decir la disponibilidad ha tenido un incremento mayor al 9% comparando el año 2014 vs. el año 2015.

Por otro lado, la propuesta de implementación de mantenimiento preventivo en dichas máquinas logró aumentar el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) de 200 horas que registraba al inicio a 448 horas después de la implementación. Al respecto, García (2016) en su tesis titulado “*Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad de la empresa UESFALIA ALIMENTOS S.A*”., publicado por la Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, la implementación estuvo enfocado en los equipos del proceso productivo, mejoró la confiabilidad de los equipos con un MTBF de 54.62 a 61.22 horas.

## 4.2. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un diagnóstico situacional de la gestión actual de mantenimiento en la empresa, donde se determinó mediante la hoja de verificación que solamente el 37.5% de los Ítems cumplen la gestión de mantenimiento, de tal manera el 81.82% de los encuestados están de acuerdo a que la implementación del plan de mantenimiento preventivo reducirá las fallas de las máquinas en la empresa.

Se pudo determinar las fallas ocurridas en un año de las máquinas de zaranda eléctrica, cargador frontal y el volquete teniendo un total de 34 fallas, representando un total de 107.5 horas de reparación para las fallas, tuvieron una disponibilidad promedio del 98.27% de las tres máquinas.

Se elaboró el plan de mantenimiento preventivo mediante el cronograma de actividades obteniendo un costo total, el cual incluye la compra de repuestos, activos fijos y el pago del personal durante el periodo de un año en un monto de S/. 114,151.00, el cual proyectó a una reducción total de 15 fallas al año con respecto a las tres máquinas (zaranda eléctrica, cargador frontal y volquete), además mejoró la disponibilidad a un promedio de 99.54%, generando un beneficio de S/. 81,940.

Se calculó la evaluación económica – financiera, el cual se obtuvo un valor actual neto (VAN) de S/. 103,920.76, una tasa interna de retorno del 79.87%, el periodo de retorno de la inversión de 1.87 años y el beneficio – costo de 1.93 por cada nuevo sol de la inversión.

#### 4.3. RECOMENDACIONES

Acordar con el personal encargado del manejo del área de mantenimiento para aplicar y seguir todas las actividades o procedimientos que se ha planteado como las políticas, los objetivos, reportes, verificaciones, etc., con el fin de mejorar el sistema de gestión de mantenimiento.

Contar con el apoyo de la Gerencia para realizar las capacitaciones constantes al personal de mantenimiento proyectado en los sistemas mecánicos y eléctricos, para que de esta manera se realice el plan de mantenimiento de una manera más adecuada.

Se recomienda que la gerencia, realice reuniones, mediante esto mejorar la gestión de relaciones entre el área de producción, transporte y mantenimiento para que de esta forma se coordine mejor los tiempos de mantenimiento y no haya interferencias con la producción.

Se debe de plantear hacer un seguimiento al plan de mantenimiento preventivo de tal manera que se pueda mejorar y perfeccionar a través de los resultados obtenidos durante el proceso de aplicación.

## REFERENCIAS

- Alayo, M. (2019). Plan de gestión de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la máquina excavadora Cat 345-dl de la Empresa Servi-Sap SRL (tesis pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Aldama, C. (2019). Gestión del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras S.A (tesis maestría). Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.
- Altamirano, Y, & Zavaleta, M. (2016). Plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejora de la productividad en la empresa NAYLAMP – Chiclayo 2016 (tesis pregrado). Universidad Señor de Sipan, Chiclayo, Perú.
- Arredondo, D., Morillo, L., Sandoval, Y. & Yáñez, N. (2016). Fallas definición, análisis del sistema parcial, intermitente completo o instantáneos y catastróficos. Recuperado de [https://www.academia.edu/25509857/Fallas\\_definici%C3%B3n](https://www.academia.edu/25509857/Fallas_definici%C3%B3n).
- Asencio Ponguillo, I. H., & Saldivia Chuquiana, D. P. (2018). Estrategias metodológicas en la comprensión lectora del subnivel elemental (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación.).

Botero, C. (1991). Mantenimiento preventivo. Recuperado de [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/1550/1/mantenimiento\\_preventivo\\_5.pdf](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/1550/1/mantenimiento_preventivo_5.pdf)

Buelvas, C., & Martínez, K. (2014). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L (tesis pregrado). Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia.

Castro, K. (2017). Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar el rendimiento de las chancadoras primarias de la CIA. MINERA CASAPALCA S.A (tesis pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

Chávez, W. (2017). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la planta de inyección de la empresa INDUSTRIAS PLÁSTICAS REUNIDAS S.A.C (tesis pregrado). Universidad Privada del Norte, Lima, Perú.

Chusin, E. (2008). Mantenimiento industrial. Macas, Ecuador: AulaFácil.

Cordero, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista educación. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>

Depestre, L. (7 de julio del 2012). Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Centro Azúcar. Recuperado de [http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro\\_azucar/article/view/341/333](http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/341/333)

Díaz, J. (2019). Consideraciones éticas en los trabajos de investigación. Recuperado de <https://www.slideshare.net/jdumont77/consideraciones-ticas-trabajos-investigacin>

Fernández, J. (2019). Diseño e Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo del sistema de filtrado de la Empresa TALSA (Fundo UPAO) para incrementar su productividad y reducir costos de operación (tesis pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.

García, E. (2016). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad de la empresa UESFALIA ALIMENTOS S.A. (tesis pregrado). Universidad Privada del Norte, Lima, Perú.

Garrido, S. (2010). Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid, España: Ediciones Díaz de santos.

Gonzáles, M. (2005). Gestión De La Producción. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=FWH7dzN\\_T2UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=FWH7dzN_T2UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Grajales, D., Sánchez Y. & Pinzón, M. (30 de mayo del 2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Dialnet. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4830901>.

Hora, H. (2018). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de las unidades de transporte TRACTOCAMIÓN INTERNATIONAL I9200 en la empresa de transportes NICMAR S.A.C. (tesis pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.

Laguna, L. & Sánchez, C. (2017). Propuesta de un sistema integrado de producción y mantenimiento para reducir los costos de la empresa Vicarela SAC-Trujillo (tesis pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

Lombardo, C. (2006). PLAN DE MEJORAMIENTO DE DISPONIBILIDAD EN PLANTA DE REFINERIA DE COBRE, DIVISIÓN CODELCO NORTE (tesis pregrado). UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA, Valparaíso, Chile.

Moubray, J. (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Recuperado de <https://predictiva21.com/libro-rcm-moubray/>

Narváez, P. & Zhigüe, C. (2015). Implementación de un plan de mantenimiento para los laboratorios de procesos y transformación de materiales del área de ingenierías de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Ecuador (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

Ortiz, A., Rodríguez, C., & Izquierdo, H. (2013). Gestión de mantenimiento en pymes industriales. *Revista Venezolana de Gerencia*, 18 (61), 86 – 104. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29026161004>

Palacios, C. (2019). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el parque automotor y máquinas de la empresa JARMA INGENIERIA S.A.S (tesis doctoral). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Ocaña, Colombia.

Paredes, E. (2010). Modelo de Gestión de Producción y su incidencia en las ventas de la empresa La Raíz del Jeans del Cantón Pilileo (tesis pregrado). Universidad técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Pesántez, A. (2007). Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón (tesis pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Ríos, O. (2018). Planeación de un programa de Mantenimiento preventivo a equipos mayores en la empresa COLOMBIAN ENERGY SERVICES S.A.S. (tesis pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia.

Ruiz, J. (2006). Implementación de un sistema de control del programa de mantenimiento preventivo para tractocamiones de una empresa de transporte de bagazo, carbón, soda y cloro (tesis pregrado). Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia.

Sacristán, F. (2001). Manual del mantenimiento integral en la empresa. Madrid, España: FC Editorial.

Sanzol, L. (2010). Implantación de plan de mantenimiento TPM en planta de cogeneración (Tesis pregrado). Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España.

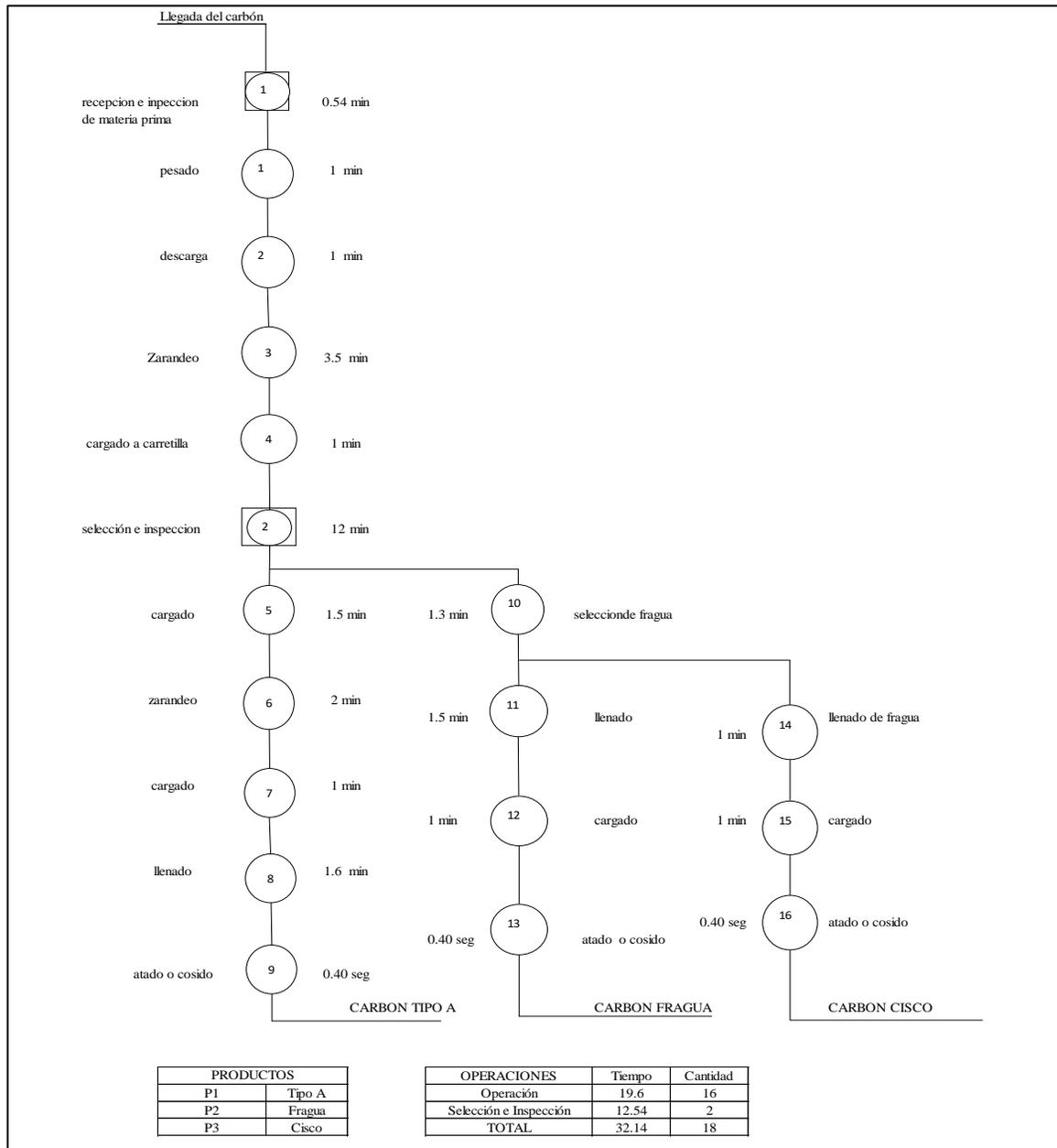
Valdivieso, J. (2010). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la Empresa Extruplas SA (tesis pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador

Vega, A. (2017). Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América SAC Santa Anita, 2017 (tesis pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Zegarra, M. (20 de enero del 2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. Ciencia y desarrollo. Recuperado de <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-nacional-de-ingenieria/dibujo-tecnico/apuntes/indicadores-para-la-gestion-del-mantenimiento-de-equipos-pesados/6204661/view>

**ANEXOS**

**ANEXO N° 1: Diagrama de operaciones de procesos**



Nota: El diagrama de flujo se realizó con el objetivo de obtener las máquinas que están en el área del proceso del carbón y transporte

ANEXO N° 2: Hoja de verificación realizada al representante del área de mantenimiento de la empresa.

<b>HOJA DE VERIFICACIÓN</b>		
Empresa:	Fecha:	
Área:		
<b>ITEMS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
Proceso de trabajo del mantenimiento		
Políticas en el área de mantenimiento		
Muestra objetivos a seguir		
Tiene una visión en la que se enfoca		
Presenta una misión para el área		
Existe un manual con sus respectivas funciones		
Se asignan responsabilidades en el personal del área		
Realiza capacitación a los trabajadores de esa área		

Nota: Este cuestionario se realizó básicamente al representante del área de mantenimiento de la empresa, ya que este posee de la información completa del área de mantenimiento.

ANEXO N° 3: Cuestionario a los trabajadores de la empresa.

<b>Cuestionario mantenimiento</b>	
<b>Empresa:</b> Consorcio Internacional New World S.A.C.	
Que tipo de mantenimiento se aplica en la empresa.	
<input type="checkbox"/> Correctivo	<input type="checkbox"/> Preventivo <input type="checkbox"/> Predictivo
¿Usted está de acuerdo con el mantenimiento que se está aplicando actualmente?	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
¿El área de mantenimiento presenta una secuencia de trabajo?	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
¿ La empresa realiza capacitaciones sobre el uso de máquinas?	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
¿Usted está de acuerdo que la empresa implemente el tipo de mantenimiento preventivo	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No

Nota: La técnica de la encuesta se aplicó mediante el instrumento del cuestionario, en el cual se aplicó a los trabajadores, en el cual se realizó una orientación online de tal manera tengan un conocimiento del mantenimiento preventivo para poder realizar las determinadas preguntas, lo cual nos ayuda para posteriormente ver la situación actual de la empresa en el área de mantenimiento.

ANEXO N° 4: Formato de la frecuencia (incidencia) de fallas por hora empleada para solucionarla.

MÁQUINA	<b>AÑO</b> <b>(2019-2020)</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>	<b>HORAS EMPLEADAS</b> <b>(hr/falla)</b>
	Agosto		
	Septiembre		
	Octubre		
	Noviembre		
	Diciembre		
	Enero		
	Febrero		
	Marzo		
	Abril		
	Mayo		
	Junio		
	Julio		
<b>Total</b>			

Nota: En este formato se considera un año de la frecuencia de fallas de las máquinas, de tal manera para el diagnóstico más reciente de fallas se está considerando desde el mes de agosto del 2019 hasta julio del 2020.

ANEXO N° 5: Matriz de consistencia

Planteamiento del problema	objetivos	hipótesis	variables e indicadores	muestra	diseño	instrumento
<p><b>Pregunta general</b> En qué medida la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo impacta sobre las fallas en las máquinas de producción y transporte de una empresa comercializadora de carbón mineral, Trujillo 2020?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Determinar en qué medida la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo impacta sobre las fallas en las máquinas de producción y transporte de una empresa comercializadora de carbón mineral, Trujillo 2020.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> Analizar la situación actual de la empresa. Implementar un plan de mantenimiento en la empresa. Comparar la reducción de los fallos en máquinas de producción y transporte de la empresa</p>	<p><b>Hipótesis general</b> La propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo reduce las fallas en las máquinas de producción y transporte de la empresa comercializadora de carbón mineral, Trujillo, 2020.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b> Analizar la situación actual de la empresa ayuda a encontrar los problemas actuales que esta presenta. La implementación de un plan de mantenimiento de tipo preventivo eliminará las paradas imprevistas en producción y transporte en la empresa. La comparación de la reducción de los fallos de las máquinas de producción y transporte ayudará a ver la efectividad del plan de mantenimiento preventivo.</p>	<p><b>Variable 1</b> Plan de mantenimiento preventivo (Variable Independiente)</p>	<p><b>Población</b> Con respecto a la población, para esta investigación se consideró a todas las máquinas de la empresa.</p>	<p><b>Método</b> un diseño pre experimental</p> <p><b>Orientación</b> Aplicada</p>	<p>Diagrama de operaciones (Anexo 1) Hoja de verificación (Anexo 2) Tabla de incidencias de fallas (Anexo 4) Cuestionario (Anexo 3)</p>
			<p><b>Variable 2</b> Fallas (Variable Dependiente)</p>	<p>Muestra as máquinas que se utilizan en el proceso productivo y de transporte, entre ellas se encuentran: Zaranda clasificadora, faja transportadora 1 y 2, cargador frontal y Volquete.</p>		

ANEXO N° 6: Encuesta de la matriz de priorización

**Encuesta (Priorización)**

Empresa:

Fecha:

Área:

Nivel	Calificación
Alto	3
Regular	2
Bajo	1

Encuesta dirigida a los trabajadores de la empresa carbonera sobre la falta de implementación de mantenimiento preventivo

1. ¿ En que nivel impacta los escasos repuestos de almacén?

Alto  Regular  Bajo

2. ¿ De que modo influye los repuestos usados?

Alto  Regular  Bajo

3. ¿ De que manera influye las fallas en el mismo equipo?

Alto  Regular  Bajo

4. ¿ En que nivel impacta las herramientas insuficientes?

Alto  Regular  Bajo

5. ¿ De que manera influye el mantenimiento de cierre incompleto?

Alto  Regular  Bajo

6. ¿ De que modo influye la falta de capacitación?

Alto  Regular  Bajo

7. ¿ En que medida influye el programa de mantenimiento incompleto?

Alto  Regular  Bajo

8. ¿ De que manera impacta los actos inseguros en la metodología de trabajo?

Alto  Regular  Bajo

9. ¿ En que nivel impacta el incumplimiento de las órdenes?

Alto  Regular  Bajo

10. ¿ De que modo influye la falta de calibración?

Alto  Regular  Bajo

**Nota: Encuesta realizada a 8 trabajadores de la empresa carbonera en el área de producción, transporte y mantenimiento.**