



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE LA LIBERTAD”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Any Katherine Martínez Durand
Porfirio Minchan Pompa

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Alvarez León

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios, por permitirme ser parte de su maravillosa creación, a mi abuelita María por sus sabias enseñanzas y a mi querido esposo por su paciencia y apoyo desde el inicio de esta maravillosa aventura a punto de terminar.

Any Katherine Martínez Durand.

A Dios, a mis padres, hermanos y a mi esposa que siempre me brindaron su apoyo y confianza, para poder seguir creyendo y logrando mis metas trazadas

Porfirio Minchán Pompa

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios porque en su voluntad está lograr todo lo que él tiene preparado para nosotros.

Así mismo agradecemos a nuestros padres, familiares y amigos por incentivarnos a seguir con las metas propuestas y participar con nosotros para lograr nuestros objetivos.

A nuestra casa de estudios, la Universidad Privada del Norte, por abrimos las puertas para formar parte de un nuevo futuro como profesionales competentes.

Finalmente nuestro más sincero y especial agradecimiento a nuestro asesor, el ingeniero Víctor Eduardo Álvarez León por su apoyo y tiempo incondicional para la elaboración de este proyecto.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESÚMEN.....	7
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Realidad problemática	8
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Objetivos	15
1.4. Hipótesis	15
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	17
2.1. Tipo de investigación.....	17
2.2. Población y muestra.....	17
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	19
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	22
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	46
6.1. Discusión	46
6.2. Conclusiones.....	47
REFERENCIAS	49
ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla1. Flota de maquinaria pesada de la Empresa Minera.....	18
Tabla 2. Problemas identificados por cada área de la empresa minera.....	26
Tabla3. Procedimientos Escritos de Trabajo Implementados para la flota de excavadoras.....	41
Tabla 4. Procedimientos Escritos de Trabajo para la Flota de Camiones.....	41
Tabla 5. Costo de Mantenimientos Correctivos.....	43
Tabla 6. Presupuesto de la mejora en la gestión de Mantenimiento de la Maquinaria.....	44
Tabla 7. Costos Totales Por Tipo de Maquinaria y Mano de Obra.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama del área de mantenimiento de la empresa minera.....	22
Figura 2: Ruptura de componentes por fatiga.....	24
Figura 3: Mala ejecución de mantenimientos preventivos.....	24
Figura 4: Falta de programación de mantenimientos.....	25
Figura 5: Formato propuesto para el control de actividades.....	30
Figura 6. Formato propuesto para el reporte de avería.....	31
Figura 7. Formato propuesto para historial de máquina.....	32
Figura 8. Formato propuesto para salida de materiales – equipos.....	34
Figura 9. Cronograma propuesto para la capacitación.....	37
Figura 10: Diseño del curso Importancia de Plan de Gestión de Mantenimiento.....	39
Figura 11. Presupuesto total por tipo de maquinaria para el plan de mantenimiento.....	45

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo realizar la mejora en la gestión de mantenimiento en una Empresa Minera de la Libertad, donde se pretende incrementar la disponibilidad mecánica aplicada a la flota de camiones en la marca Mercedes Benz modelo Actros 4144K y excavadoras en la marca CAT modelo 390D, para lo cual el diseño de investigación que se desarrolló es de tipo descriptivo, llegando así a los siguientes resultados.

Se logró identificar y analizar las causas que produjeron la baja disponibilidad mecánica, en la cual se pudo apreciar que la maquinaria no cumple con el programa de mantenimiento preventivo programado, tiene una mala gestión en la compra de repuestos, falta de procedimientos de trabajo, falta de registros de las fallas mecánicas y falta de capacitación del personal. Con la investigación se realizó la mejora en la gestión de mantenimiento en la empresa minera de la Libertad para incrementar la disponibilidad mecánica.

Palabras clave: Plan de mantenimiento, gestión, disponibilidad, mantenimiento preventivo, flota.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado por diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las maquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas de estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos (García, 2010).

En la actualidad la gran demanda de un mercado global solicita productos o servicios de alta calidad, obligando a los fabricantes acogerse a las altas inversiones en maquinaria y a la automatización, no obstante la progresiva competencia obliga a disminuir costos, por ende el equipo o la maquinaria tiene que ser confiable y capaz mantenerse en estado operativo sin que se den retrasos en el proceso de producción o la presencia de reparaciones costosas con la finalidad de recuperar la inversión agrandando la disponibilidad, no llegando al 100% de efectividad pero si controlando los índices de indisponibilidad de equipos de manera que no intervengan en el proceso de producción (Ramírez, Antonio & Portal, 2017).

Según la tesis de Martin Da Costa Burga, denominada "Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción", nos muestra los problemas que dificultan la maximización de la función

de los motores a gas de dos tiempos a través del Análisis de modo, fallas, causas y efectos (AMEF). Al definirse los modos y las causas de las fallas se pudieron establecer la criticidad de cada una ellas y el impacto en las metas de producción, mantenimiento, salud y medio ambiente; así como su priorización. Mediante el desarrollo de la metodología a lo largo del desarrollo del tema se determinaron las siguientes estrategias de mantenimiento para la eliminación de las causas de las fallas identificadas: optimización del mantenimiento preventivo, implementación de mantenimiento predictivo, identificación de repuestos críticos. Como resultado de la aplicación de la metodología se logró incrementar la vida útil de los componentes de los equipos, así como la disponibilidad de los mismos al disminuir las fallas y sus consecuencias, incrementando así, las ventas por la recuperación de petróleo crudo a un menor costo de mantenimiento.

En la tesis desarrollada por Montaña L., “Diseño de un plan de mantenimiento para el sistema de medición de gas del Complejo Santa Rosa, PDVSA – GAS, Distrito Social Anaco”; las conclusiones más resaltantes se citan las siguientes: los equipos críticos son la cámara de presión diferencial (DPU), el resorte Bourdon y el reloj, por cuanto tiene la mayor influencia sobre la medición y se obtuvieron tres tareas de reacondicionamiento cíclico, nueve tareas de sustitución cíclica, cuatro tareas de búsqueda de fallo, tres de ningún mantenimiento programado y un rediseño obligatorio.

En el trabajo desarrollado en el 2007 por Torres R., se definió las estrategias para el mejoramiento del plan de mantenimiento de las bombas de doble tornillo ubicadas en el Terminal Orimulsión. Las conclusiones que causaron mayor impacto son las siguientes:

El sistema de lubricación de las bombas es el mayor causante de fallas en las mismas y acumula el 52% de las fallas totales en el período de estudio y el programa de mantenimiento propuesto presenta un 68% de actividades preventivas y 32% de actividades correctivas.

Manuel R. Prando (1996) señala que “El mantenimiento consiste en prevenir fallas en un proceso continuo, principiando en la etapa inicial de todo proyecto y asegurando la disponibilidad planificada a un nivel de calidad dado, al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía y uso y de las normas de seguridad y medio ambiente aplicables”.

Alejandro J. Pistarelli (2010) señala que “La mantenibilidad es una característica interesante en aquellos equipos que se reparan cuando fallan y con tiempos de reparación específicos, La efectividad de la Gestión de mantenimiento jugará un papel muy importante para el grado de mantenibilidad. Dentro del tiempo para realizar las tareas de reparación se debe considerar también el grado de dificultad en disponer de las piezas de recambio. La política de gestión de repuestos asume, entonces, un rol preponderante”.

La Mantenibilidad está inversamente relacionada con la duración y el esfuerzo requerido por las actividades de Mantenimiento. Puede ser asociada de manera inversa con el tiempo que se toma en lograr acometer las acciones de mantenimiento, en relación con la obtención del comportamiento deseable del sistema. Esto incluye la duración (horas)

o el esfuerzo (horas-hombre) invertidos en desarrollar todas las acciones necesarias para mantener el sistema o uno de sus componentes para restablecerlo o conservarlo en una condición específica. Depende de factores intrínsecos al sistema y de factores propios de la organización de Mantenimiento. Entre otros muchos factores externos está el personal ejecutor, su nivel de especialización, sus procedimientos y los recursos disponibles para la ejecución de las actividades (talleres, máquinas, equipos especializados, etc.). Entre los factores intrínsecos al sistema está el diseño del sistema o de los equipos que lo conforman, para los cuales el diseño determina los procedimientos de Mantenimiento y la duración de los tiempos de reparación.

Un mismo sistema puede poseer un alta "Mantenibilidad" para unos tipos de fallo, pero otra muy baja para otros. (Como en un coche, que respecto del reemplazo de un neumático puede ser catalogado como de alta mantenibilidad, pero no lo es para un reemplazo del cigüeñal, por ejemplo.) En estos casos la Figura de Mantenibilidad general provendrá de una ponderación respecto de probabilidad de ocurrencia de los distintos posibles tipos de fallos y el esfuerzo a la actividad de mantenimiento”.

Para explicar el significado físico de la mantenibilidad, vamos a establecer el enlace entre una tarea especificada de mantenimiento y el tiempo empleado en su realización. La mantenibilidad es inversamente proporcional al área considerada, es decir, el elemento con mantenibilidad más deseable cubrirá un área más pequeña, y viceversa. Es necesario hacer hincapié en que el tamaño del área considerada, depende principalmente de las decisiones tomadas durante la fase de diseño. En cierto modo, el orden de magnitud del tiempo empleado exigido para la recuperación de la funcionalidad (5

minutos, 5 horas o 2 días), sólo se puede tomar en una etapa muy al inicio del proceso de diseño del elemento, por medio de decisiones relacionadas con la complejidad de la tarea de mantenimiento, accesibilidad de los elementos, seguridad de recuperación, facilidad de prueba, localización física del elemento, así como con las relacionadas con los requisitos de los recursos de apoyo del mantenimiento (instalaciones, repuestos, herramientas, personal cualificado, etc.).

Así, la mantenibilidad podría ser expresada cuantitativamente, mediante el tiempo T empleado en realizar la tarea de mantenimiento especificada en el elemento que se considera, con los recursos de apoyo especificados. La pregunta que surge inmediatamente aquí es: ¿Cuál es la naturaleza de T ? En otras palabras, ¿es T constante para cada ejecución de la tarea de mantenimiento considerada, o difiere de un ensayo a otro?

Hay varios factores adicionales que están estrechamente relacionados con las medidas de mantenimiento descritas, de las que dependen considerablemente. Se incluyen varios factores logísticos, como:

1. Respuesta de aprovisionamiento o probabilidad de tener un repuesto disponible cuando se necesite, tiempos de demora en la entrega de ciertos elementos, niveles de inventario, etc.
2. Efectividad de equipos de prueba y apoyo, fiabilidad y disponibilidad del equipo de prueba, uso del equipo de prueba, minuciosidad de la prueba del sistema, etc.
3. Disponibilidad y uso de las instalaciones de mantenimiento.

4. Tiempos de transporte entre las instalaciones de mantenimiento.
5. Eficacia de la organización del mantenimiento y del personal.

La mantenibilidad, como característica de diseño, está estrechamente relacionada con el área del apoyo del sistema, ya que los resultados de la mantenibilidad afectan directamente a los requisitos de mantenimiento. Así, cuando se especifican los factores de la mantenibilidad, se deben también considerar los requisitos cualitativos y cuantitativos para apoyo del sistema, a fin de determinar los efectos de un área en otra.

El indicador clave para la mantenibilidad es frecuentemente el tiempo medio para reparar (MTTR).

$MTTR = \text{Horas de paralización} / \text{Número de paralizaciones}$.

La baja mantenibilidad en la gestión de mantenimiento afecta directamente en la disponibilidad de los equipos. La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionabilidad de un elemento/Equipo. Es una medida extremadamente importante.

$\text{Disponibilidad mecánica: (\%)} = \text{Horas operación} / (\text{Horas Operación} + \text{Hrsdowntime})$

La gestión de mantenimiento puede ser definida como “la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento. La gestión del mantenimiento industrial moderno se presenta como un conjunto de técnicas para cuidar la tecnología de los sistemas de producción a lo

largo de todo su ciclo de vida, llegando a utilizarlos con la máxima disponibilidad y siempre al menor costo, garantizando, entre otras cuestiones, una asistencia técnica eficaz a través de una buena formación y gestión de competencias en el uso y mantenimiento de dichos sistemas asegurando la disponibilidad planeada dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos e instalaciones.

Un sistema es un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común. El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción.

Los sistemas de mantenimiento también contribuyen en el logro de las metas al incrementar las utilidades y la satisfacción del cliente. Estas se logran reduciendo el mínimo el tiempo muerto de la planta, mejorando la utilidad, incrementando la productividad y entregando oportunamente los pedidos a los clientes.

El Objetivo del mantenimiento es asegurar la competitividad de la empresa por medio de:

- Garantía de la disponibilidad y confiabilidad planeada.
- Satisfacción de todos los requisitos de calidad.
- Maximizar el beneficio global.
- Adecuada disponibilidad de equipos e instalaciones al costo más conveniente.

1.2. Formulación del problema

¿De qué forma la mejora de la gestión de mantenimiento logrará incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo de una empresa minera de la Libertad?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Demostrar como la mejora de gestión de mantenimiento incrementará la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo de una empresa minera de La Libertad.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los factores y causas que incurren en constantes paradas por fallas imprevistas de los equipos de carguío y acarreo de la empresa minera de La Libertad.
- Diseñar el plan Mejora en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo de la Empresa Minera de La Libertad.
- Determinar el costo de inversión de la disponibilidad mecánica en la gestión de mantenimiento de la empresa Minera de la Libertad.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Con la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento se logrará incrementar la disponibilidad mecánica para lograr mayores resultados en el carguío y acarreo de una empresa minera de la Libertad

1.4.2. Hipótesis específicas

- Con la entrevista sobre la gestión de mantenimiento realizada al Ingeniero Jefe de equipos y a los jefes de área de la empresa minera, se identificarán los

factores y causas que incurren en constantes paradas por fallas imprevistas de los equipos de carguío y acarreo.

- La mejora del plan de gestión de mantenimiento se basa en la asignación de herramientas de gestión y establecer programas de capacitación en mantenimiento de equipos.
- Para mejorar la disponibilidad mecánica se tiene un costo total de S/. 9,000,000 por año.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es Aplicada porque se necesita de un marco teórico, sobre el cual se basará para tener una solución al problema específico que se quiera resolver. Es No experimental porque la investigación se basa principalmente en la observación; con diseño longitudinal porque se recaban datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución, sus causas y sus efectos. (Hernández, 2010).

Variable dependiente: Disponibilidad mecánica de equipos

Variable independiente: Gestión de mantenimiento.

2.2. Población y muestra

Población: Maquinaria pesada de empresas mineras a tajo abierto en la Libertad.

Muestra: 27 camiones volquete y 4 excavadoras de una Empresa Minera en La Libertad.

Tabla 1

Flota de maquinaria pesada de la Empresa Minera

Item	Descripción	Marca / Modelo	Código
1	Excavadora Hidráulica	Caterpillar 390D	RE-20
2	Excavadora Hidráulica	Caterpillar 390D	RE-21
3	Excavadora Hidráulica	Caterpillar 390D	RE-22
4	Excavadora Hidráulica	Caterpillar 390D	RE-23
5	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-157
6	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-258
7	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-259
8	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-260
9	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-261
10	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-262
11	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-263
12	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-264
13	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-265
14	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-266
15	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-267
16	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-268
17	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-269
18	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-270
18	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-271
20	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-272
21	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-273
22	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-274
23	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-275
24	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-276
25	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-277
26	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-278
27	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-279
28	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-280
29	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-281
30	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-382
31	Camión Volquete	Mercedes Benz Actros 4144k 8x4	V-383

Fuente: Registro de equipos de carguío y acarreo de la Empresa Minera.

En la tabla 1 se muestra la flota de equipos que existe en la empresa minera donde se desarrolla las actividades de explotación, carguío y acarreo de mineral. Según las actividades que se desarrollan. Se cuenta con 4 excavadoras hidráulicas con una capacidad de carguío de 5.75 m³ y 27 camiones con una capacidad de 22 m³ que se encargan del carguío y acarreo del mineral removido hacia los Pads de lixiviación.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para realizar el levantamiento de la información se utilizó las técnicas de la observación directa y la entrevista.

- Observación directa: Se realizaron observaciones en las diferentes paradas no programadas, para así poder identificar y tener un registro de las averías, fallas y tiempos de reparación de las mismas. Se observaron también el deterioro de los equipos al no existir una forma de alerta temprana de fallas, el objetivo aquí, es demostrar la disminución de la vida útil de los equipos por fallas críticas. Con la observación directa nos ha permitido interactuar con los operadores de los equipos y técnicos, para poder experimentar la realidad durante el desarrollo de actividades de reparación, registrando cada falla mecánica de los equipos y reconociendo su criticidad.
- Entrevista: Con la entrevista nos ha permitido realizar un diagnóstico de la situación actual de los técnicos que realizan la reparación de equipos en dicha empresa. Se realizaron entrevistas a la gerencia, a los distintos niveles de jefaturas de las áreas, para tener un diagnóstico de la situación de la empresa desde el interior, o desde el punto de vista de sus propios jefes de área. Para tal fin se realizó una entrevista a la jefatura de Mantenimiento, Operaciones Mina, Logística, Administración y recursos Humanos.

Los instrumentos utilizados consisten en:

- Instrumento 1: Ficha de Entrevista (Anexo 1).
- Análisis documental: Se realizó un análisis de la información con la que cuenta actualmente el área de mantenimiento de equipos, en los cuáles se tiene un cuaderno cambio de guardia donde están anotados:

Trabajos Normales (Horas Maquina diarias)

Trabajos de reparaciones

Paradas no programadas y registro de averías.

2.3.2 Técnicas e instrumentos de análisis de datos

Para el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados, los datos de las correspondientes de la encuesta fue ingresada en hojas de cálculo del programa Excel 2010, que nos permitió ordenar, agrupar y clasificar los datos obtenidos de la muestra objeto de estudio, con el fin de facilitar su análisis. Para la presentación de los resultados del estudio, los resultados de cada una de las variables se presentaron en tablas y gráficos estadísticos.

2.4. Procedimiento

2.4.1 Coordinaciones en la zona de estudio

- Preparación de los instrumentos para la toma de datos mencionados anteriormente (entrevistas, observación y cuaderno cambio de guardia).
- Coordinación con Gerencia y las jefaturas de Mantenimiento, Operaciones Mina, Logística, Administración y recursos Humanos.

2.4.2 Toma de datos

- Se realizó un diagnóstico de acuerdo a las características de la investigación. La entrevista fué integral tratando de profundizar el problema a investigar.
- Se realizó el levantamiento de la información cumpliendo el rol de fechas establecido por los responsables de la empresa y el investigador.

2.4.3 Análisis y procesamiento de datos

- El procesamiento de datos se realizó mediante la aplicación de técnicas e instrumentos antes indicados, recurriendo a las fuentes e informantes también indicados anteriormente, que fueron ingresados al Office Excel y con ellos se obtuvieron tablas y gráficos, donde se trató toda la información obtenida con el objetivo de tener evidencia necesaria para poder diseñar la mejora en la Gestión de Mantenimiento.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

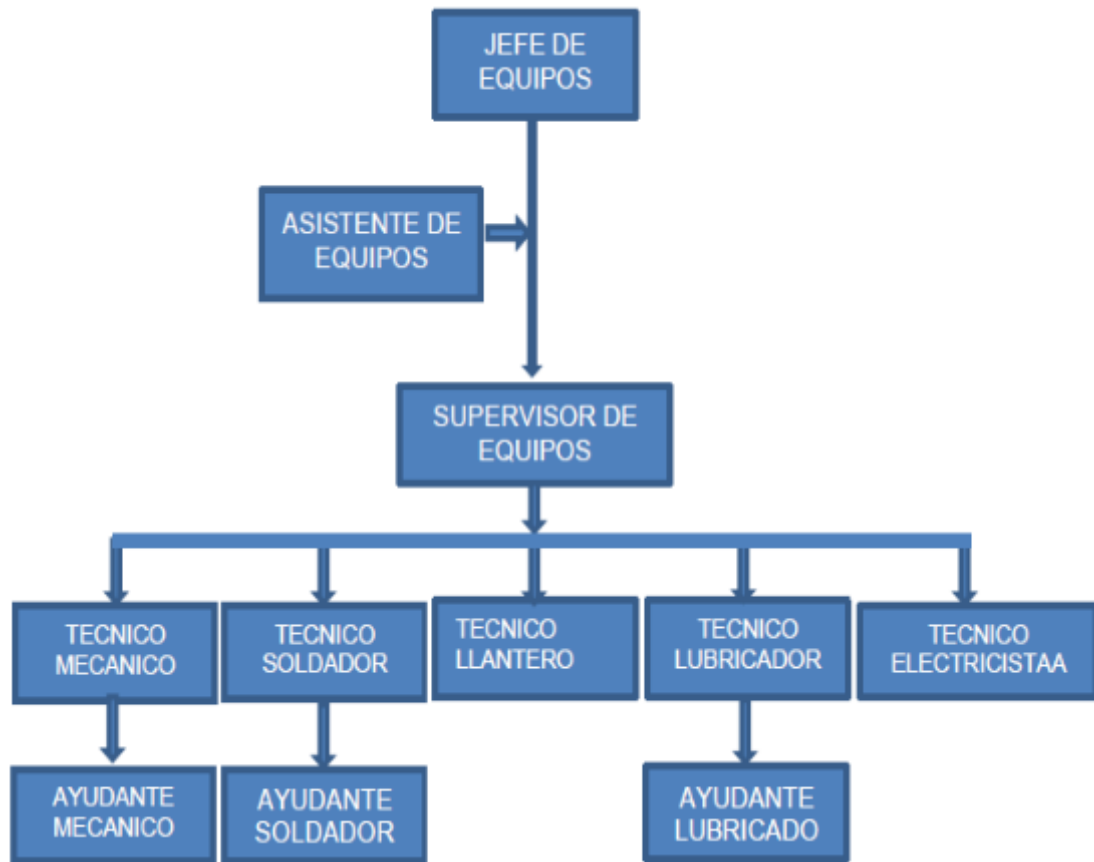


Figura 1. Organigrama del área de mantenimiento de la empresa minera.

Fuente: Empresa Minera en La Libertad.

En la figura 1 se observa que la empresa minera cuenta con un Jefe de equipos, que se encarga de la Gestión del Área de Mantenimiento para mantener en buen estado los equipos; el área cuenta con 33 colaboradores desde el mismo jefe de equipos, supervisores de mantenimiento, técnicos asistentes de equipos, técnicos mecánicos línea amarilla, técnicos mecánicos línea blanca, técnico electricista, soldadores, y llanteros.

3.1 Identificación de los factores y causas que incurren en constantes paradas por fallas imprevistas de los equipos de carguío y acarreo de la empresa minera de la Libertad.

En esta etapa de la investigación se identifica las causas de las constantes paradas no programadas de los equipos en la empresa Minera de La Libertad. Estas causas han sido identificadas mediante la utilización de métodos de investigación y planificación en las diversas áreas involucradas con el proceso, cantidad de maquinaria que se utiliza en cada actividad, cada mantenimiento correctivo realizado a los equipos en el periodo anterior, que traen como consecuencia una baja disponibilidad mecánica; teniendo como finalidad la mejora de gestión de mantenimiento dentro de las normas y estándares de calidad a las que se rigen las empresas exitosas dentro de un mercado competitivo.

Se analizó las causas que originan la baja disponibilidad. Esta identificación presenta las deficiencias que se encuentran en diferentes áreas de la empresa, como administración, operaciones, logística, recursos humanos y el área de mantenimiento como se muestra en las siguientes figuras.



Figura 2: Ruptura de componentes por fatiga

Fuente: Galería propia



Figura 3: Mala ejecución de mantenimientos preventivos

Fuente: Galería propia



Figura 4: Falta de programación de mantenimientos

Fuente: Galería propia

En las figuras 2, 3 y 4, se muestra una recopilación de fotografías en el área de mantenimiento, donde se puede evidenciar que en la empresa minera se está llevando una gestión de mantenimiento basada en la inspección, en donde se verifica el mal estado de los componentes para luego recurrir a las tareas de mantenimientos correctivos, no cumpliendo con un programa de mantenimiento preventivo, donde existen fechas de ejecución de mantenimiento recomendados por los fabricantes, careciendo de una buena organización.

Problemas por áreas

Mediante entrevistas con los encargados de cada área de la Empresa Minera, se logró determinar en la siguiente tabla, los principales problemas que se presentan y que sumaría a la causa raíz de este problema.

Tabla2

Problemas identificados por cada área de la empresa minera

Ítem	Area	Problema
1	Mantenimiento	Demora en la solución de fallas mecánicas
2	Mantenimiento	Mala gestión logística en stock de repuestos.
3	Mantenimiento	No se cuenta con una gestión de proveedores de garantía.
4	Gerencia	Tiempos prolongados de aprobación de pedidos
5	Mantenimiento	Solución deficiente de la fallas mecánicas
6	Operaciones Mina	Mantenimiento de vías deficiente.
7	Administración	Incumplimiento de pagos a Proveedores.
8	Logística	Horarios de atención inadecuada
9	Recursos humanos	Mala selección de personal
10	Mantenimiento	Contrato deficiente con soporte de marca de los equipos.

Fuente: Resultados de la entrevista

3.2 Diseño del Plan de Mejora en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo en una Empresa Minera de la Libertad.

La mejora plan de gestión de mantenimiento se basa en seguir la secuencia de los siguientes pasos:

- Difundir el plan de mantenimiento.
- Asignación de herramientas de gestión.
- Establecer programas de capacitaciones.
- Desarrollo de la mejora de la gestión de mantenimiento.
- Evaluación de la gestión de mantenimiento en la empresa Minera de la Libertad.

a) Difundir la mejora del Plan de Mantenimiento

Esta mejora del plan de mantenimiento será expuesto dentro de la empresa minera de La Libertad de manera general, desde las líneas de mando hasta el personal técnico permitiendo involucrarse a uno de ellos con la misión, visión y objetivos del nuevo plan de mantenimiento con la finalidad de garantizar una mejor disponibilidad mecánica evitando paradas inesperadas y aumentando la producción plasmadas en mejores ingresos económicos para la empresa.

El objetivo es Crear Conciencia de la Importancia de una Buena Gestión de Mantenimiento. Según García (2009) para gestionar eficazmente el desempeño es necesario vencer la resistencia al cambio que es una conducta natural del ser humano ante cada situación novedosa, cada propuesta diferente o todo aquello que transforma el esquema de pensamiento y acción vigente. Gestionar el cambio es

una tarea fundamental de alta dirección, desarrollando un clima organizacional donde técnicos, facilitadores y líderes, asuma riesgos y orienten nuevas iniciativas y una clara búsqueda de objetivos comunes. De acuerdo al concepto antes mencionado el personal en esta fase es un factor importante para el buen funcionamiento del nuevo diseño.

b) Asignación de Herramientas de Gestión

Esta actividad consiste en proveer todos los recursos relacionados con el registro, control acciones y herramientas de gestión con el objetivo de tomar una decisión de asignar según corresponda a los ingenieros y mecánicos del área de mantenimiento, minimizando el costo y maximizando la satisfacción hacia el cliente que equivale a menos paradas inesperadas de los equipos.

En esta fase los recursos y herramientas de gestión de mantenimiento ayudara a obtener una buena recopilación de datos necesarios, siendo registradas en el sistema para la buena toma de decisiones tales como optimizar la utilización de maquinaria, prolongando su tiempo de vida, controlar las fallas; evitar el desperdicio de recursos y así disponer de datos en cada historial de máquina para la medición correcta a través de los indicadores de gestión de mantenimiento. Estas herramientas son las siguientes:

Formato de Ordenes Trabajo

Este documento escrito permite detallar las características de una maquinaria y las acciones mantenimiento realizadas o por realizar. Según el formato propuesto tendrá el siguiente proceso de ejecución:

- El supervisor de mantenimiento será el responsable de recibir cada maquinaria que presenta una falla y es enviado al taller, suscribirá la respectiva Orden de Trabajo (OT) describiendo de manera clara y detallada el mantenimiento, falla o avería a realizar y gestionar el mantenimiento respectivo. Luego el documento ser entregado al mecánico asignado para llevar a cabo el trabajo, el cual una vez finalizado el trabajo llenara los apartados correspondientes relacionados con su intervención: Diagnostico, Causa y solución de la avería o falla, trabajos realizados, repuestos y trabajos externos solicitados.
- Concluido el trabajo el supervisor de mantenimiento realizara el control de la intervención indicando la hora y fecha que finalizo la reparación. Aprobado el control de calidad, la orden de trabajo será entregada al jefe de mantenimiento o al asistente del área para completar los datos de costo total de los repuestos utilizados, valoración del costo de mano de obra empleada y el costo total de la intervención. Concluido este proceso todos los datos serán introducidos en un sistema de gestión de mantenimiento asistido por ordenador, luego este documento pasaría a ser archivado junto con los respaldos.

Formato de Control de actividades diarias

Este tipo de formato está diseñado para registrar las diversas actividades realizadas diariamente por los mecánicos que laboran en el área de mantenimiento, en la cual se apunta el tiempo empleado en cada actividad de la orden de trabajo.


		CONTROL DE ACTIVIDADES					
							Fecha: / /
Turno:	Noche	Día	Horade ingreso:	_____	Hora de salida:	_____	
Apellidos y Nombres: _____			DNI: _____				
Ítem	Equipo	Horometro	Sistema	Hora inicio	Hora Final	Total Hrs	Descripción del trabajo
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
				Total Horas			
Firma del Trabajador _____				Firma del supervisor _____			

Figura 5: Formato propuesto para el control de actividades.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se muestra el formato propuesto para el control de las actividades diarias que realiza cada mecánico. Según (Fayol, 1918) el control “consiste en verificar si todo se realiza conforme al programa adoptado, a las órdenes impartidas y a los principios administrativos; tiene la finalidad de señalar las fallas y los errores a fin de que se pueda reparar y evitar su repetición”, en base al concepto antes mencionado este tipo de formato ayuda en la recolección de información diaria de los trabajos y el tiempo que tarda en realizarlos, controlando el costo de mano de obra por la empresa y a formar el historial de cada equipo.

Formato para reporte de avería

Este documento propuesto será utilizado para comunicar al Jefe de Mantenimiento, de una falla o solicitar el mantenimiento de la maquinaria. Este formato será llenado por el operador de la maquinaria y autorizado por el supervisor de operaciones con la respectiva firma se dirigirá al taller de mantenimiento para que el supervisor de mantenimiento le genere una orden de trabajo de acuerdo a la falla mecánica que presenta.

De esta manera la supervisión de mantenimiento y la supervisión de operaciones mina tendrán el conocimiento de la parada del equipo y la duración de la reparación para la toma de medidas respecto a la producción.

		REPORTE DE AVERIAS		N°:
Fecha:		Supervisor de Operaciones:		
Proyecto:		Operador:		
Código:		Año:		
Tipo:		Placa:		
Marca:		Horometro:		
Prioridad:				
Normal ()		Urgente ()		Programado ()
Naturaleza:				
Mantenimiento ()		Avería ()		Re –Ingreso ()
Tipo de Mantenimiento				
Preventivo ()		Correctivo ()		Modificativo ()
DESCRIPCION				
Datos del Operador		Aprobado: Si () No ()		
		Jefe de Operaciones		

Figura 6. Formato propuesto para el reporte de avería

Fuente: elaboración propia

En la figura 6 se muestra el formato propuesto para el reporte de averías, de esta manera según (Castaño, 2014) este tipo de documentos permite la recolección adecuada y el análisis estadístico de los datos de falla, facilitando así la evaluación de confiabilidad y la calidad de servicio.

Formato Historial de máquinas

Fecha		Orden de Trabajo	Trabajos Realizado		Repuestos		Mecánico		Costo Total (S/.)
			N-U-P-R	C-A	S-LL-MP-LUB				
Donde:									
TRABAJOS REALIZADOS			REPUESTOS			MECANICO			
N: Normal U: Urgente P: Programado R: Re- Ingreso	Descripción de los trabajos		C: Cambiado A: Arreglado	Descripción de los Repuestos		Nombres y apellidos		Firma	

Figura 7. Formato propuesto para historial de máquina

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 se muestra el formato para historial de maquina propuesto para mejorar el registro en el área de mantenimiento, donde se identificó la falta de registros de información de la maquinaria. La solución a este problema consiste en proponer la implementación de este nuevo formato que consiste en una ficha que

consta de todos los datos técnicos y económicos de todas las intervenciones realizadas en cada una de las máquinas. Según (Ochoa & Hidalgo, 2010) para eso debe existir una ficha para cada tipo de máquina sobre la cual se irá escribiendo la información de la orden de trabajo:

- Falla de la maquinaria por la cual ingreso al taller
- Detalle de los trabajos realizados
- Número de horas de parada de la máquina
- Número de horas de intervención y costo
- Repuestos utilizados y costos de los mismos
- Costo total de la intervención.

Gestión logística de Mantenimiento

La gestión logística nos brinda la oportunidad de ahorrar en términos económicos y de tiempo por una ordenada administración y gestión de sus materiales para reducir riesgos de afectar a la planificación cuyo mal procedimiento puede generar un impacto económico y puede ser costoso para la empresa. Se propone lo siguiente:

Formato para control de la salida de materiales - equipos

Formato propuesto para el control de salida de repuestos se propone como respuesta a la mala gestión logística que tenía el área de mantenimiento con el área de almacén, por ello se propone el formato de control de salida de materiales para el área de equipos específicamente, con el objetivo de controlar eficazmente los materiales y tener un mayor control de estos activos para mejorar y servir de base para otros factores como es la determinación de stocks

máximos y mínimos. Este documento es de uso exclusivo del personal de repuestos y será impreso con una copia correspondiente para que ambas áreas (Mantenimiento- Almacén) tengan el control de la salida de materiales.

		CONTROL DE SALIDA DE MATERIALES – EQUIPOS					
		SOLICITANTE			ACTIVIDAD		CODIGO EQUIPO
TIPO	ACTIVIDAD		MP		FECHA	/ /	
	LUBRICANTES		MC				
	COMBUSTIBLE		LL				
			TALLER				
OBSERVACION							
ITEM	CODIGO	UNIDAD	N° PARTE	DESCRIPCION	PEDIDO	ENTREGA	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
V°B° JEFE DE AREA			ALMACEN		TECNICO/ MECANICO		

Figura 8. Formato propuesto para salida de materiales - equipos

Fuente: Elaboración propia

Contratación de personal Calificado

Otro de los problemas identificados en relación con la gestión de repuestos es la falta de personal calificado y los horarios de atención, por ello se propone en coordinación con el área de recursos humanos la contratación de dos técnicos almaceneros, que tengan una jornada de 12 horas en dos guardias día y noche, esta contratación tendrá un costo de S/64,400.00 en un periodo anual y tendrá que cumplir con el perfil mostrado en el anexo 9. Según (Camargo,

2014) es muy importante y fundamental contar con un personal calificado que cumpla con las expectativas y condiciones del perfil de la oferta laboral, así se podrá evitar demoras en el proceso de identificación de repuestos, control y tiempos de atención.

Establecer Programa de Mantenimiento

Frente al problema de la mala ejecución de mantenimiento por la carencia de una programación de las actividades en las fechas establecidas y recomendadas por los fabricantes se propone la mejora en la gestión de mantenimiento que permita llevar al área de una manera programada y organizada, asimismo evaluar los puntos más críticos de la maquinaria en la empresa Minera de la Libertad este tipo de programa permite a los componentes cumplir con su ciclo de vida y no recurrir a los constantes mantenimientos correctivos.

c) Establecer Programa de Capacitaciones

En el análisis de datos y mediante las encuestas aplicadas, se pudo evidenciar la falta de conocimiento técnicos - mecánicos por parte del personal del área de mantenimiento en el manejo de flota de camiones y excavadoras; por ello se recomienda la implementación de un programa de capacitación creada según la necesidad de los niveles de conocimiento del personal. Se recomienda capacitaciones del tipo preventivo que ayudara a proveer los cambios que se producen dentro del área de mantenimiento, estas capacitaciones tienen como objetivo la preparación del personal para enfrentar con éxito la adopción de nuevas metodologías de trabajo o la utilización de nuevos equipos, para esto se propone la siguiente planificación para un periodo anual desarrollado de

manera mensual para cada técnico con una duración de 8 horas por día.

Los temas de capacitación son los siguientes:

- Seguridad en maquinaria pesada.
- Mantenimiento y manejo de neumáticos.
- Soldadura para mantenimiento de maquinaria pesada.
- Contaminación en la maquinaria y controles
- Reconocimiento de la maquinaria
- Camión Mercedes Benz Actros 4144k
- Excavadora CAT 390D
- Importancia del Mantenimiento mecánico.
- Lubricación en la maquinaria
- Herramientas informáticas para la detección de fallas.
- Mantenimiento del Sistema hidráulico.
- Mantenimiento Sistema hidráulico de un camión Mercedes Benz Actros 4144k.
- Mantenimiento Sistema hidráulico de una excavadora CAT 390D.
- Funcionamiento del tren de potencia.
- Tren de potencia de un camión Mercedes Benz Actros 4144k.
- Tren de potencia de una excavadora CAT 390D.
- Mantenimiento motor de maquinaria pesada.
- Electrónica de la maquinaria.
- Electrónica de un camión Mercedes Benz Actros 4144k.
- Electrónica de una excavadora CAT 390D.

- Mantenimiento preventivo y el análisis técnico.

Recursos Humanos: Se cuenta con la participación de los mecánicos de las diferentes áreas y expositores de la línea de la marca Caterpillar y Mercedes Benz.

Recursos Materiales: Las diferentes actividades de capacitación se desarrollarán en las instalaciones de la empresa con carpetas, mesas de trabajo, pizarra, plumones, equipos multimedia y los documentos técnicos como encuestas y material de estudio.


	CRONOGRAMA DE CAPACITACION												Expositor	Duración	
	Mes														
Tema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Seguridad en maquinaria pesada.														Ferreyros Divemotor	8 Horas
Mantenimiento y manejo de neumáticos.														Renova	8 Horas
Soldadura de mantenimiento de maquinaria pesada														Soldexa	8 Horas
Contaminación en la maquinaria y controles														Ferreyros Divemotor	8 Horas
Reconocimiento de la maquinaria.														Ferreyros Divemotor	8 Horas
Importancia Mantenimiento mecánico-														Ferreyros Divemotor	8 Horas
Herramientas Informáticas para la detección de fallas														Ferreyros Divemotor	8 Horas
Mantenimiento del sistema hidráulico														Ferreyros Divemotor	8 Horas
Mantenimiento de tren de potencia														Ferreyros Divemotor	8 Horas
Mantenimiento de motores.														Ferreyros Divemotor	8 Horas
Electrónica de la Maquinaria														Ferreyros Divemotor	8 Horas
Mantenimiento y el análisis técnico														Ferreyros Divemotor	8 Horas

Figura 9. Cronograma propuesto para la capacitación
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9 se muestra el cronograma propuesto para el desarrollo de capacitaciones al personal mecánico. Según (Tapia, 2009) la capacitación para lograr eficacia debe ser sistemática y realizada en tiempo y circunstancias adecuadas, además resalta que a mayor capacitación al personal de una empresa se verá como resultado una mayor productividad y más ingreso, por ello se propone dicho programa de capacitación con el convencimiento que mientras los mecánicos fortalezcan su potencial intelectual los niveles en la solución de fallas mecánicas mejorara en tiempo y calidad de servicio.

Para una buena toma de decisiones es necesario contar con diversos procesos tales como capacitación y formación de habilidades; es decir si el personal desconoce los nuevos diseños aplicados a la empresa (procedimientos) y no tiene una cultura preventiva en las actividades mecánicas no las podrá desempeñar correctamente. Por ende, se debe contar con un buen programa de capacitación, lo cual llevará a una política general de la empresa Minera.

Esta capacitación tendrá una duración de 90 minutos donde se reunirá a todo el personal de la empresa en las instalaciones de la empresa minera tendrá un costo de S/ 700 y se desarrollará temas relacionados con la mejora del plan de gestión de mantenimiento según modelo de la capacitación.

Mediante entrevistas con los encargados de cada área se logra determinar el tema de la capacitación: Importancia de un plan de gestión de mantenimiento.


	CURSO IMPORTANCIA DE UN PLAN DE GESTION DE MANTENIMIENTO
OBJETIVO DEL CURSO Proporcionar al personal de toda la empresa minera los conocimientos en base a conceptos de la importancia de la Gestión de Mantenimiento basado en la disponibilidad mecánica	
DIRIGIDO A: Gerente, Jefe de Operaciones, jefe de Logística, Jefe de Mantenimiento, Supervisores de Mantenimiento, Operadores, Mecánicos.	
DURACION: El curso tendrá una duración de 90 minutos	
CONTENIDO:	
Consideraciones Fundamentales del Mantenimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conceptos Básicos de la Gestión de Mantenimiento 2. Tipos de Mantenimiento 3. Ciclo de vida de los Equipos 4. Mantenimiento Preventivo 5. Control de la piezas y Repuestos 6. Importancia de la Gestión de Mantenimiento
Situación Actual del Área de Mantenimiento en la Empresa Minera.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis general del área 2. Importancia de la mano de obra en el área 3. Indicadores actuales de gestión
Mejora del Plan de Mantenimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Objetivos plan de gestión de mantenimiento 2. Importancia plan de gestión de mantenimiento 3. Beneficios plan de gestión de mantenimiento 4. Plan de gestión de mantenimiento 5. Recomendaciones del fabricante
Sugerencias y Preguntas	

Figura 10: Diseño del curso Importancia de Plan de Gestión de Mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 se muestra el contenido propuesto para la inducción que se dará a todo el personal de la empresa Minera en donde se explica la importancia de la mejora en la gestión de mantenimiento en las empresas dedicada al rubro de la minería, como indica Realpe (2010): “ La capacitación es una parte fundamental para el desarrollo de las habilidades y destrezas de los colaboradores que intervienen en el desarrollo de los diferentes procesos y que permiten a la organización continuar con su misión. Por lo tanto, se puede afirmar que la capacitación aporta en crear valor dentro de las empresas”.

d) Desarrollo de la mejora de la gestión de mantenimiento

Para completar el trabajo definido en la mejora de la Gestión de mantenimiento a fin de cumplir con las especificaciones del mismo, lo cual implica coordinar con personas y recursos para realizar actividades del proyecto en conformidad con el plan de mantenimiento se propone la aplicación de los siguientes procedimientos escritos de trabajo (PET):

Tabla 3

Procedimientos Escritos de Trabajo Implementados para la flota de excavadoras.

Código	Descripción
PET-1	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Reforzamiento De Cucharon
PET-2	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Uñas Nuevas Y Seguros Nuevos
PET-3	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Protectores Laterales
PET-4	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Protectores De Labios De Cucharon
PET-5	Procedimiento escrito de Trabajo Para Cambio De Cucharon, Cambio de uñas Nuevas, Soldar Topes De Pines
PET-6	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Adapter Del Cucharon

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Procedimientos Escritos de Trabajo para la Flota de Camiones.

Código	Descripción
PET-1	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Muelles
PET-2	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Dispositivo De Ajuste
PET-3	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Neumáticos Y Rotación
PET-4	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Bocinas De Muelle
PET-5	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Resorte Progresivo
PET-6	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Zapatas De Frenos
PET-7	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Perno De Balancín
PET-8	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Pulmón De Freno
PET-9	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Mantenimiento Preventivo 600 Horas
PET-10	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Mantenimiento Preventivo 300 Horas
PET-11	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Bocinas De Balancín
PET-12	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Correcciones Eléctricas
PET-13	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Mantenimiento Preventivo 1200 Horas
PET-14	Procedimiento Escrito de Trabajo Para Cambio De Espárragos Y Tuercas De Ruedas

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 3 y 4 se muestran la lista de procedimientos para las tareas más críticas de la flota de maquinaria en estudio. Por ello se propone la implementación de procedimiento escritos para las tareas que tienen más frecuencia de ocurrencias, estos procedimientos son documentos que muestran los pasos a seguir de manera detallada. En el presente estudio se identificaron que son 14 actividades repetitivas para la flota de camiones y 6 actividades para la flota de excavadoras.

Aplicación de Check List de maquinaria

Otro de los formatos para cumplir con el trabajo de los mecánicos se propone llenar una lista de revisión cada vez que la maquinaria llegue al taller de mantenimiento o tenga una parada, este documento es de gran importancia pues permite la inspección general de toda maquinaria evitando así paradas posteriores por falta de inspección.

Anexo 2: Check List de Excavadora.

Anexo 3: Check List de camion Volquete

3.3 Evaluación de la situación económica financiera del diseño del plan de mejora en la Gestión de Mantenimiento en la empresa Minera.

Tabla 5

Costo de Mantenimientos Correctivos

Maquina	Tarea	Precio UNID	Cantidad	Precio Total
CAMIONES	Cambio De Muelles	S/. 4,375.12	600	S/. 2,625,072.00
	Cambio De Dispositivo De Ajuste	S/. 645.98	375	S/. 242,242.50
	Cambio De Neumáticos Y Rotación	S/. 1,072.50	300	S/. 321,750.00
	Cambio De Bocinas De Muelle	S/. 109.87	250	S/. 27,467.50
	Cambio De Resorte Progresivo	S/. 402.21	241	S/. 96,932.61
	Cambio De Zapatas De Frenos	S/. 346.19	215	S/. 74,430.85
	Cambio De Perno De Balancín	S/. 35.70	200	S/. 7,140.00
	Cambio De Pulmón De Freno	S/. 1,098.42	200	S/. 219,684.00
	Cambio De Bocinas De Balancín	S/. 120.53	108	S/. 13,017.24
	Correcciones Eléctricas (focos)	S/. 61.28	120	S/. 7,353.60
	Cambio De Espárragos Y Tuercas De Ruedas	S/. 32.17	111	S/. 3,570.87
EXCAVADORAS	Reforzamiento De Cucharon	S/. 10,500.00	243	S/. 2,551,500.00
	Cambio De Uñas Nuevas Y Seguros Nuevos	S/. 612.44	200	S/. 122,488.00
	Cambio De Protectores Laterales	S/. 632.82	200	S/. 126,564.00
	Cambio De Protectores De Labios De Cucharon	S/. 1,232.60	198	S/. 244,054.80
	Cambio De Cucharon	S/. 111.44	150	S/. 16,716.00
	Cambio De Adapter Del Cucharón	S/. 223.61	120	S/. 26,833.20
TOTAL		S/. 21,612.88	3831	S/. 6,726,817.17

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5 se muestra el costo de las fallas más frecuentes en la flota de camiones y excavadoras, considerando el costo del repuesto y la cantidad de fallas que se presentaron el año 2018 se tiene un total de S/. 6,726,817.17.

Este costo que será sumado al presupuesto total del plan de gestión para el año 2019, sin embargo, se propone reducir esta cantidad de fallas con la aplicación de mantenimientos preventivos para el periodo 2019 y 2020 en un 50%.

Presupuesto de la mejora en la Gestión de Mantenimiento de la Maquinaria.

Tabla 6

Presupuesto de la mejora en la gestión de Mantenimiento de la Maquinaria

PRESUPUESTO MEJORA DE GESTION DE MANTENIMIENTO 2018		PRIMER AÑO	SEGUNDO AÑO	TERCER AÑO
Actividad		PRECIO TOTAL	PRECIO TOTAL	PRECIO TOTAL
CAMIONES	Mantenimiento correctivo	S/. 3,638,661.17	S/. 1,819,330.59	S/. 1,819,330.59
	Mantenimiento Preventivo	S/.749,407.63	S/.749,407.63	S/.749,407.63
EXACAVADORAS	Mantenimiento correctivo	S/. 3,088,156.00	S/. 1,544,078.00	S/. 1,544,078.00
	Mantenimiento Preventivo	S/.116,999.01	S/.116,999.01	S/.116,999.01
PERSONAL	Capacitaciones	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00
	Capacitador para el personal	S/.4,000.00		
	Impresión de formatos	S/.400.00	S/.400.00	S/.400.00
	Personal de trabajo	S/. 235,000.00	S/. 235,000.00	S/. 235,000.00
IMPREVISTOS (10%)		S/. 783,462.38	S/. 446,721.52	S/. 446,721.52
FLUJO DE CAJA POR PERIODO DE UN AÑO		S/. 8,618,086.19	S/. 4,913,936.75	S/. 4,913,936.75

Fuente: elaboración propia

En la tabla 6 se muestra el presupuesto general del nuevo plan de gestión de mantenimiento que tiene un costo de S/. 8,618,086.19, resultado que se obtuvo después del análisis de cada uno de los costos por actividad en la cual se incluye el costo de las principales fallas encontradas al inicio del presente estudio, las cuales se pretende mediante el programa de

mantenimiento preventivo reducir en un 50% para el año siguiente, reduciendo así el costo de inversión de la mejora de la gestión de mantenimiento.

Resumen del presupuesto por tipo de maquinaria – 2018

Tabla 7

Costos Totales Por Tipo de Maquinaria y Mano de Obra.

Tipo de Maquinaria	Presupuesto Total	% de Presupuesto
CAMIONES	S/. 4,388,068.80	50.92%
EXCAVADORAS	S/. 3,205,155.01	37.19%
PERSONAL	S/. 241,400.00	2.80%
IMPREVISTOS	S/. 783,462.38	9.09%
TOTAL	S/. 8,618,086.19	100.00%

Fuente: Elaboración propia

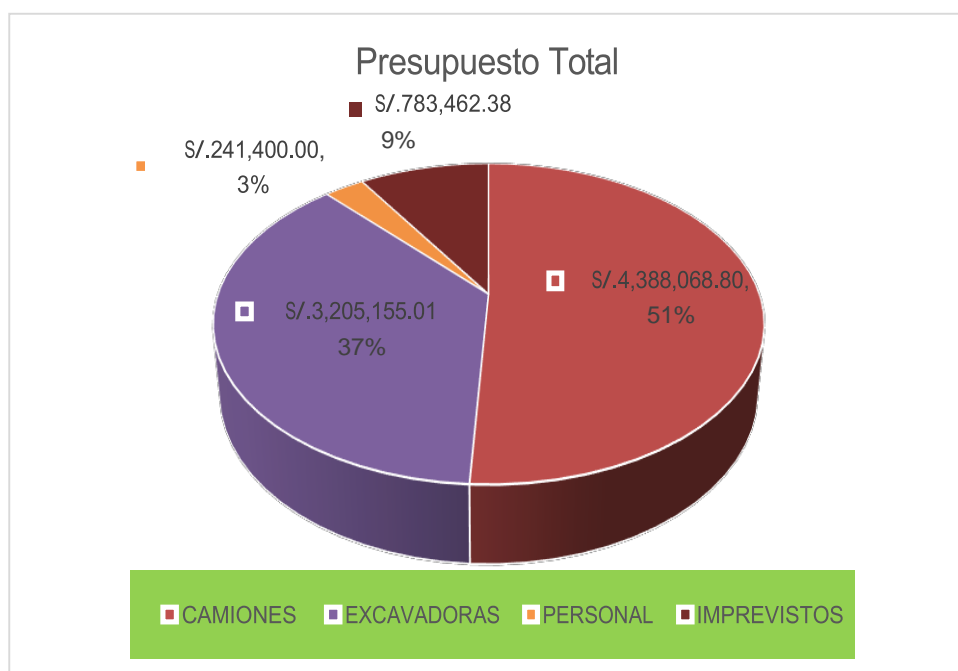


Figura 11. Presupuesto total por tipo de maquinaria para el plan de mantenimiento

En la figura 11 se muestra la gráfica de distribución del presupuesto del nuevo plan de gestión de mantenimiento, en la cual el presupuesto más elevado lo tiene la flota de camiones con un 51%.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Basados en la teoría general del mantenimiento y de la fiabilidad que fundamenta la importancia del mantenimiento se realizó la siguiente discusión en base a los objetivos planteados en la presente investigación.

De acuerdo con el diagnóstico, se logró Identificar y analizar las causas que dan origen a la baja disponibilidad mecánica de los equipos en la empresa minera de la Libertad, donde se pudo evidenciar que la empresa maneja un plan de mantenimiento preventivo no realizado oportunamente por la falta de un programa de actividades y procedimientos, mala gestión logística en la compra de repuestos, falta de un programa de capacitación. Por ello al no contar un solo sistema de mantenimiento preventivo; los equipos, solo se paralizaban cuando uno de sus componentes dejaba de funcionar; ocasionando el incumplimiento en las obligaciones demandando mayor gastos y baja disponibilidad de equipos; esta realidad concuerda con Guevara (2015) quien manifiesta que la baja disponibilidad encontrada en los equipos de su investigación se debe la falta de un sistema de planificación y organización además de la falta de capacitación a los colaboradores para realizar el mantenimiento.

Asimismo, Villegas (2016) afirma que actualmente no se cumple los planes de mantenimiento, por el desconocimiento de la gestión de un mantenimiento preventivo, es decir hay una mala gestión en el cumplimiento de los sistemas de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo.

En el presente estudio se priorizo las fallas más frecuentes que ocurren en la flota de camiones y excavadoras sumando un total de 10 fallas, por lo que concordamos con Días (2014) quien manifiesta que, al identificar las fallas más comunes de los equipos, facilitará el planteamiento de posibles instructivos como solución a estos inconvenientes. Esto nos permitió que se establezca sistemas de mantenimiento orientado al aumento de la disponibilidad mecánica.

Al diseñar la mejora en la gestión mantenimiento en base a las causas que generan las paradas inesperadas de los equipos, se logrará incrementar la disponibilidad mecánica con programas de mantenimiento preventivo, cronogramas de ejecución de tareas, planos de mantenimiento según fabricante y horas de servicio, procedimientos de trabajo seguro en base a las fallas más frecuentes, formatos para el registro de fallas y un programa de capacitación al personal.

4.2 Conclusiones

De la investigación realizada al área de mantenimiento de la empresa minera de la Libertad se obtuvo las siguientes conclusiones.

La identificación y el análisis de las causas para determinar la baja disponibilidad mecánica nos permitió identificar que la maquinaria (camiones y excavadoras) no cumple con un programa de mantenimiento preventivo programado, tiene una mala gestión en la compra de repuestos, falta de procedimientos de trabajo, falta de registros de fallas de cada uno de los equipos y falta de capacitación al personal técnico.

La mejora en la gestión de mantenimiento tiene los siguientes pasos: Presentación del nuevo plan, asignación de herramientas, creación de programas de mantenimiento, desarrollo de mantenimiento lo cual permitió aumentar la disponibilidad mecánica.

La evaluación económica para la mejora en la Gestión de Mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica tiene un costo total de S/. 8,618,086.19 el cual incluye el mantenimiento preventivo de los camiones y excavadoras por un periodo anual; asimismo la capacitación técnica de la mano de obra.

REFERENCIAS


- Caterpillar (2009). *Manual de maquinaria CAT*. Ed. 37/Estados Unidos 1330.
- Días, M. (2014). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa equipos técnicos de Colombia ETECOL SAS*. Colombia: Universidad Técnica de Colombia.
- Díaz, M. 2001. *Manual de maquinaria de construcción*, Ed. 1. España.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. 5ta Edición, McGraw-Hill / Interamericana Editores, Chile.
- Jezdimir Knezevic, (2006). *Gestión de mantenimiento a la medida*.
- Morales, R. 2009. *Maquinaria de construcción*. Facultad de Ingeniería. Mexicali.
- Prado Raúl, Piedra Santa (1996). *Información de la empresa (Área de Mantenimiento, Recursos Humanos y Producción)*. Editorial Edison, Cuarta Edición, Madrid,
- Quiroz, C. E. (2009). *Modelo de un Programa de Capacitación de Personal Para el Trabajo*. México.
- Realpe, L., & Alonso, A. (2011). *Impacto de la capacitación en los niveles de satisfacción laboral, aprendizaje, desempeño y desarrollo de carrera individual en el personal nacional (NRS) de las áreas de investigación del centro internacional de agricultura tropical*. Palmira: Universidad del Valle.
- Villegas, J. (2016). *Mantenimiento para la optimización del desempeño de la empresa "MANFER S.R.L. CONTRATISTAS GENERALES"* Arequipa 2016. Perú: Arequipa.
- <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ9426.pdf>
- http://www.bibliotecadigi.tal.uson.mx/bdg_tesisIndice.aspx?tesis=6999
- <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/GestionBecerra.pdf>
- Tesis Gestión de Mantenimiento TECSUP: Implementación RCM en el planeamiento y gestión estratégica del área de mantenimiento de la empresa de transporte HGEMSA SAC
- Tesis Modelo teórico de un sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos Visitada el 28 de Setiembre 2012

ANEXOS

Anexo 1: Entrevista aplicada a Jefaturas

ENTREVISTA			
NOMBRE	CARGO	GRADO	FECHA:
		
AREA: MANTENIMIENTO			
DESCRIPCIÓN La presente encuesta es de carácter informativo, por lo tanto, la veracidad de las respuestas es de suma importancia para la identificación de las causas raíces a los problemas del presente proyecto.			
			SI NO
1.	Existe planes, políticas, objetivos y programas de mantenimiento debidos en la empresa?		
2.	¿Se realiza evaluaciones del logro de objetivos en el área de mantenimiento?		
3.	¿La actual estructura organizativa del área permite el correcto desarrollo de las actividades de mantenimiento?		
4.	Las áreas de mantenimiento tienen claro conocimiento de sus funciones para el cumplimiento de la misión de la empresa?		
5.	Los mecánicos poseen información técnica para el desarrollo de las actividades programadas?		
6.	La planificación del área de mantenimiento tiene identificada de manera clara la importancia del recurso humano?		
7.	El área de mantenimiento dispone de un inventario de maquinaria, herramientas, materiales, repuestos actualizado existente en el proyecto?		
8.	Existe un plan de vigilancia o supervisión de información de inventarios		
9.	El área tiene el soporte de proveedores para la asistencia técnica, capacitación de personal, operación de equipos entre otros?		
10.	Existe un programa de capacitación para el personal técnico?		
11.	Para la ejecución de las tareas de mantenimiento existe un presupuesto anual destinado?		
12.	El presupuesto actualmente destinado suple la necesidades del área?		
13.	El proceso de compras es eficiente?		
14.	Se cuenta con un programa de stock de seguridad de materiales, repuestos?		
15.	¿El ambiente de trabajo, estructura se encuentra en condiciones óptimas?		


Anexo 2: Check List de Excavadora.

						
HOJA DE INSPECCION DE EXCAVADORA						
CODIGO						
DESCRIPCION		PROPIETARIO				
MARCA		FECHA DE INSPECCION				
MODELO		LUGAR DE INSPECCION				
SERIE MAQ.						
HOROMETRO						
		B	M	R	NO	OBSERVACIONES
MOTOR						
FILTRO(S) DE ACEITE						
FILTRO(S) DE COMBUSTIBLE						
FILTRO DE AIRE						
BOMBA DE INYECCIÓN REGULADA						
RADIADOR C/ANTICONGELANTE	M					
TURBO ALIMENTADOR						
FAJAS						
TANQUE Y CAÑERÍAS DE COMBUSTIBLE						
TUBO DE ESCAPE						
SILENCIADOR						
NIVEL DE ACEITE (CAMBIO)						
SEPARADOR DE AGUA						
SOPORTES DE MOTOR						
FILTRO DE REFRIGERANTE						
MULTIPLE DE EXC/ADMI						
SISTEMA ELÉCTRICO						
ALTERNADOR						
ARRANCADOR						
BATERÍA(S)						
TABLERO DE CONTROL						
LUCES DEL/POST/INT						
CLAXON						
ALARMA DE RETROCESO						
CIRCULINA						
FAROS NEBLINEROS						
LUCES DEL TABLERO						
LIMPIAPARABRISAS						
LUCES DE ALARMA						
TARJETA ELECTRÓNICA						
FUSIBLES						
SISTEMA DE FRENOS TRAS. Y GIRO						
FRENO DE GIRO						
PRESIÓN HIDR. DE FRENOS						
FRENO DE PARQUEO						
NIVEL DE ACEITE DE ENGRANAJES DE GIRO						
SISTEMA HIDRÁULICO						

NIVEL DE ACEITE					
TANQUE HIDRÁULICO					
FILTROS HIDRÁULICOS					
ENFRIADOR DE ACEITE					
MANGUERAS Y CONEX. HIDRÁULICAS					
RESPIRADOR DE TANQUE					
VARIOS					
CABINA ROP					
PARABRISAS Y LUNAS					
LLAVE DE CONTACTO					
HOROMETRO					
AIRE ACONDICIONADO/CALEFACCIÓN					
EQUIPO DE COMUNICACIÓN – RADIO					
LIMPIEZA INTERIOR					
ASIENTO (S)					
CINTURÓN DE SEGURIDAD					
BOTIQUÍN C/MEDICINAS					
EXTINTOR					
ESPEJO INT + 2 RETROVISORES					
LLANTAS					
CÓDIGO, LOGOTIPO					
PUERTAS Y MANIJAS					
NIVEL DE ACEITE / CAJA DE ENGRANAJE					
PINTURA GENERAL					
CHASIS					
MANUAL DE OPERACIONES, PARTES Y MANTENIMIENTO					
CAPOT DE MOTOR Y PISTONES DE GAS					
ACCESORIOS					
BOON					
MANGUERAS DE BLOCK A BOON : 9					
4 MANGUERAS DE BOTELLAS DE BOON					
2 MANG. DE PUENTE BOTELLAS DE BOON					
BOTELLAS HIDR.					
ABRAZADERAS DE PLÁSTICO PARA MANG.					
CABLEADO ELÉCTRICO					
FAROS DE TRABAJO					
PINES CON SEGUROS Y PERNOS					
TUBERÍAS HIDRÁULICAS					
GRASERAS					
RETEN DE GRASA					
MANGUERAS DE LUBRICACIÓN DE PINES					
STICK					
ACOPLES PARA CUCHARÓN					
PIN DE ACOPLES CON TUERCA Y SEGURO					
BOTELLA HIDR					
BOCINAS					
MANGUERAS					
PINES CON SEGUROS Y PERNOS					
GRASERAS					
CUCHARÓN					
BASE DE UÑAS					
UÑAS CON SEGUROS					
BOCINAS					
PINES CON SEGUROS Y PERNOS					

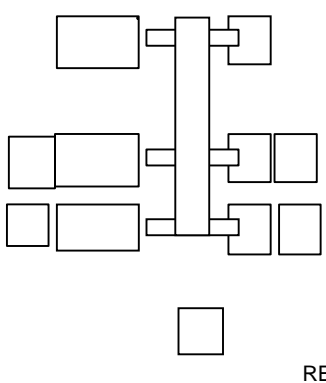
ABRAZADERAS CON O-RING Y PERNOS					
TAPA DE PINES CON PERNOS					
GRASERAS					
CONTRAPESA CON PERNOS					
SISTEMA DE CARRILERIA					
SPROCKET					
RODILLOS INFERIORES					
RODILLOS SUPERIOR					
ESLABONES					
PINES					
ZAPATAS					
TEMPLADOR DE CADENA					
RUEDA GUÍA					
BASTIDOR					
PERNOS DE ZAPATA					
PELDAÑOS					
LEYENDA:					
B : Existe el componente en buen estado					
M : Existe el componente en mal estado, es necesario reemplazar.					
R : Existe el componente en regular estado, puede seguir trabajando.					
NO: No existe el componente. Esto puede ser porque le falta o porque no es parte del equipo.					
OBSERVACIONES					
NIVEL DE COMBUSTIBLE					

Anexo 3: Check list de camion volquete

					
HOJA DE INSPECCION DE CAMION VOLQUETE					
CODIGO					
DESCRIPCION		PROPIETARIO			
MARCA		FECHA DE INSPECCION			
MODELO		LUGAR DE INSPECCION			
SERIE MAQ.					
HOROMETRO					
PLACA					
	B	M	R	NO	OBSERVACIONES
MOTOR					
Funcionamiento de motor					
Tapa de llenado de aceite de motor					
Varilla de medición de nivel de aceite					
Fugas de aceite de motor					
Estado de filtros de aire					
Estado de filtros de aceite					
Estado del turbo alimentador					
Faja de ventilador					
Estado del radiador					
Tapa de radiador					
Estado de mangueras de radiador y enfriador					
Freno de motor					
Bomba de agua					
Compresor					
SISTEMA DE LUBRICACION					
Estado del aceite					
Horómetro y fecha del último cambio					
Consumo de aceite					
Fugas de aceite					
SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE					
Tuberías de múltiple de admisión					
Tuberías de múltiple de escape					
Silenciador					
Soportes de silenciador					
Fugas de gases de escape					
SISTEMA DE COMBUSTIBLE					
Humo por el escape					
Bomba de cebado de combustible					
Filtro de petróleo					
Tanque de combustible					
Tapa de tanque de combustible					
Medidor de nivel de tanque de combustible					
Estado de los inyectores					
Estado de las cañerías					
Fugas de petróleo					
Estado de la bomba de inyección					
Estado del filtro racor					
SISTEMA ELECTRICO MOTRIZ					
Alternador					

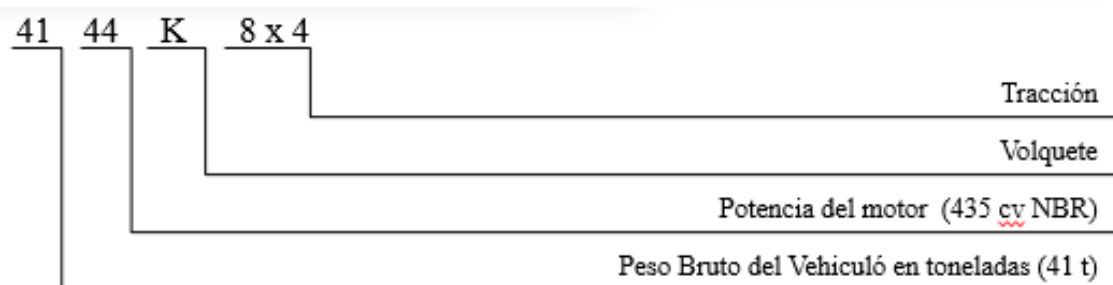
Carga de alternador				
Faja de alternador				
Amperímetro				
Acumuladores (baterías)				
Bornes de baterías				
Cables de baterías				
Cableado del circuito en general				
Luces en general				
Plumilla limpia parabrisas				
Claxon				
Arrancador				
Chapa de contacto				
Luces de alta y baja				
Luces de direccionales				
Luces de estacionamiento				
Luces de frenos				
Luces de la cabina				
Alarma de retroceso				
Faro neblinero y pirata				
Trico				
Tablero de control				
Roceador				
SISTEMA DE TRANSMISION				
Embrague				
Pedal de embrague				
Disco de embrague				
Nivel de líquido				
Nivel de aceite Corona 1				
Nivel de aceite Corona 2				
Bloqueadores de diferencial				
Nivel de aceite de los cubos eje medio				
Nivel de aceite de los cubos posteriores				
CAJA DE CAMBIOS				
Estado y nivel de aceite				
Filtro de aceite				
Ruidos en el interior				
Fugas de aceite				
ACOPLES DE TRANSMISION				
Cardanes				
Crucetas				
Soportes de cardan				
Graseras de cardan y cruceta				
SISTEMA DE FRENO				
Estado de los frenos				
Bomba maestra de freno				
Fugas de aire.				
Compresor				
Estado de los "pulmones" posteriores 04				
Estado de los "pulmones" delanteros 02				
Estado de las zapatas delanteras 2				
Estado de las zapatas posteriores 4				
SISTEMA DE DIRECCION				
Mecanismos de dirección				
Cilindros de dirección				
Bomba hidráulica de dirección				

Alineamiento de dirección					
Terminales de dirección					
Filtro					
Brazo de dirección					
Caja de dirección/Bomba					
SUSPENSION					
Muelles delanteros					
Muelles posteriores					
Resortes progresivos 04					
Amortiguadores					
Barra estabilizadora					
Barras de torque “V”					
SISTEMA DE NEUMATICOS					
Estado de llantas y aros (D,M,P)					
Llanta de repuesto					
Pernos y tuercas de llanta					
Espárragos					
CABINA					
Indicadores					
Controles					
Asiento de copiloto y/o pasajero					
Ventilador/calefacción					
Espejos laterales retrovisores					
Coderas					
Correa de seguridad					
Pisos					
Tapiz de puertas					
Chapas de puertas					
Cremallera de vidrio de puertas					
Manija de levanta vidrio					
Parabrisas y vidrios					
Bisagras de puerta					
Gomas de puerta					
Tapasol					
circulina					
ACCESORIOS Y HERRAMIENTAS					
Extintor (6Kg)					
Gata hidráulica 20 Ton con palanca					
Llave de rueda con palanca					
Triángulo de seguridad					
Llave de contacto					
Herramientas					
Botiquín					
Placas					
Linterna					
Cinta reflectora					
Conos de seguridad / tacos metálicos					
Medidor de aire					
VOLQUETE					
Bomba hidráulica					
cardan de toma fuerza					
Block de válvulas					
Mangueras hidráulicas					
Tanque hidráulico					
Filtro hidra.					
Pistón telescópico					

tolva					
Compuerta de tolva					
pin de anclaje de tolva					
luces de tolva					
Guía de tolva					
Seguro de tolva levantada					
DOCUMENTOS					
SOAT					
Manual de operaciones y/o mantenimiento					
Tarjeta de propiedad					
LEYENDA:					
B : Existe el componente en buen estado					
M : Existe el componente en mal estado, es necesario reemplazar.					
R : Existe el componente en regular estado, puede seguir trabajando.					
NO: No existe el componente. Esto puede ser por que le falta o porque no es parte del equipo.					
OBSERVACIONE					
ESTADO DE LLANTAS					
 <p>Altura de llantas en mm</p> <p>NIVEL DE COMBUSTIBLE</p> <p>REPUESTO</p>					

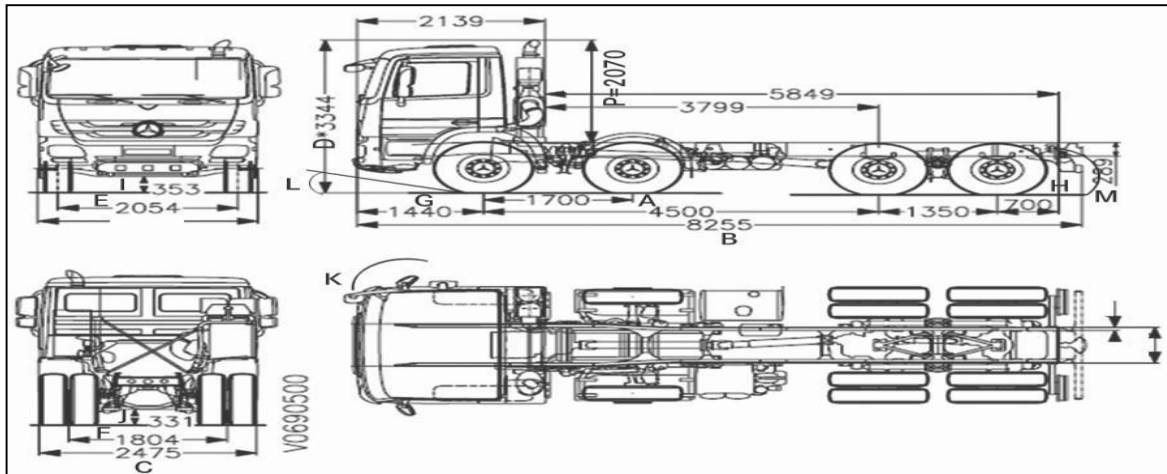
Anexo 4: Ficha Técnica General Camión Mercedes Benz 4144K

ACTROS 4144K



se muestra la descripción principal de los códigos de este modelo de camión por parte del fabricante donde: Los dos primeros dígitos indica el peso del equipo en toneladas, el segundo dígito indica la potencia que tiene el motor en caballos vapor, la letra del presente modelo se utiliza para indicar que es un volquete, y los dos últimos números aplica para el tipo de tracción por parte de los ejes donde el primero indica los puntos de apoyo del vehículo sobre el terreno y el segundo número indica cuantos de los puntos de apoyo son punto motrices o de tracción.

Dimensiones camión Mercedes Benz 4144K.



Chasis con cabina, sin carrocería Actros 4144K

A- Distancia entre ejes (1ro. a 2do. + 2do. a 3ro. + 3ro. a 4to.): 1700+2800+1350

A- Distancia entre ejes (1ro. a 3ro.): 4,500

B- Largo total: 8,255

C- Ancho eje trasero: 2,475

D- Altura total descargado: 3,344

E- Trocha eje delantero: 2,054

F- Trocha eje trasero: 1,804

G- Voladizo delantero: 1,440

H- Voladizo trasero: 700

I- Vano libre eje delantero: 353

J- Vano libre eje trasero HL7: 331

K- Diámetro de giro del vehículo (m): 19.5

L- ángulo de entrada: descargado 23

M- ángulo de salida: descargado 34°

N- Distancia eje delantero/ hasta plano de escape vertical, filtros de aire, etc.: 699

O- Centro de gravedad respecto último eje min. / máx.: 2566 / 2800

P- Altura techo de la cabina/cachis (techo alto): 2,070

se muestra las dimensiones de los camiones en estudio por parte del fabricante, se detalla cada uno de las medidas para satisfacción del cliente dentro de los estándares de seguridad y calidad, potenciando así la fidelidad del cliente.

Sistemas de volquete – especificaciones técnicas.



Motor	Pesos y capacidad(kg)
Modelo: MB OM-501 LA Euro III, con mando electrónico.	Vacío sin carrocería, en orden de marcha <u>Actros 4144K(1)</u>
Tipo: 6 cilindros en “V” turbocooler	1er eje delantero: 3.686
Cilindrada: 11,946 cm ³	2er eje delantero: 3.686
Potencia máxima (ISO 1585): 320 kW (435 cv) a 1.800 rpm.	1er eje trasero: 2.057
	2er eje trasero: 2.057
	Total: 11486
Par motor máximo (ISO 1585): 2.100 Nm (214mkgf) a 1.080 Rpm.	Carga útil máxima (técnica): 36.514
	<i>Pesos Admisibles Técnicamente</i>
	1er eje delantero: 9.000
	2er eje delantero: 9.000
	1er eje trasero: 16.000
	2er eje trasero: 16.000
Consumo Especifico: 190.0 g/kWh (139.7 g/cvh) a 1.200-1400 rpm.	Peso Bruto Vehicular (PBV): 48000
Alternador(V/A): 28/80	(1)Chasis con cabina normal, sin carrocería o implemento; con tanque de combustible lleno, rueda de repuesto, extintor de incendios, caja de herramientas.
Batería (cantidad x V/Ah): 2x12/165	

Anexo 5: Ficha Técnica General de Excavadora Hidráulica 390DL Caterpillar



Motor	Mando
Motor	8 mph
Modelo del motor Cat C18 ACERT™ (ATAAC)	Velocidad máxima de desplazamiento 4,5 km/h 2,8 mph
Potencia neta: ISO 9249 390 kW 523 hp	Tracción máxima en la barra de tiro 590 kN 132.637,25 lb
Potencia neta: SAE J1349 390 kW 523 hp	
Pesos	
Peso en orden de trabajo – Tren de rodaje largo 86.190 kg 190.016 lb	
Fuente: Caterpillar	

Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 390D L	
Motor	Mecanismo de giro
Modelo del motor: Cat C18 ACERT (ATAAC)	Velocidad de giro: 6,2 rpm
Potencia neta: 390 kW 523 hp ISO 9249	Par de giro: 260 kN.m 191.766 lb-pie
Potencia neta : EEC 80/1269	Mando
390 kW 523 hp	Velocidad máxima de desplazamiento: 4,5 km/h 2,8 mph
Calibre: 145 mm 5,71"	Tracción máxima en la barra de tiro: 590 kN 132.637 lb
Carrera: 171 mm 6,73"	Sistema hidráulico
Cilindrada: 18,1 L 1.104,5	Sistema principal- Flujo máximo (Total):: 980 L/min 258,89
<ul style="list-style-type: none"> La 390D L cumple con los requisitos Tier 3 sobre emisiones en todo el mundo. No se requiere reducción de potencia del motor a una altitud menor de 2.300 m (7.500'). La potencia neta especificada es la potencia disponible al volante cuando el motor está equipado con ventilador, filtro de aire silenciador y alternador. 	Sistema de rotación: flujo máximo 460 L/min 121,52 gal/min
Pesos	Presión máxima - Equipo: Normal: 35.000 kPa 5.076,3 lb/pulg ²
Peso en orden de trabajo - Tren de rodaje largo: 86.190 kg 190.016 lb	Presión máxima – Desplazamiento: 35.000 kPa 5.076,3 lb/pulg ²
Pluma de uso general de 8,4 m (27,5'), brazo de 4,4 m (14,4'), cucharón de servicio pesado de 4,6 m ³ (6,0 yd ³) y zapatas de 650 mm (26").	Sistema piloto - flujo máximo: 90 L/min. 23,78 gal EE.UU./min
Cadena	Sistema piloto - presión máxima: 4.120 kPa 597,56 lb/pulg ²
Cantidad de zapatas (por lado) para el tren de rodaje largo: 51	Cilindro de la pluma – Calibre:210 mm 8,27"
Cantidad de rodillos de cadena (por lado) para el tren de rodaje largo: 9	Cilindro de la pluma – Carrera: 1.967 mm 77,44"
Cantidad de rodillos portadores (por lado): 3	Calibre del cilindro del brazo: 220 mm 8,66"
Capacidades de llenado de servicio	cilindro del brazo – Carrera: 2.262 mm 89,05"
Capacidad del tanque de combustible: 1.240 L 327,57 gal EE.UU.	Cilindro del cucharón de la Familia HB2 - Calibre 200 mm 7,87"
Sistema de enfriamiento 101 L 26,68 gal EE.UU.	Cilindro del cucharón de la Familia HB2 – Carrera: 1.451 mm, 57,13"
Aceite del motor: 65 L 17,17 gal EE.UU.	Cilindro del cucharón de la Familia JC – Calibre: 220 mm 8,66"
Mando de giro (cada uno): 19 L 5,02 gal EE.UU.	Cilindro del cucharón de la Familia JC – Carrera: 1.586 mm 62,44"
Mando final (cada uno): 21 L 5,55 gal EE.UU .	Nivel de ruido
	Rendimiento: ANSI/SAE J1166 OCT 98
	<ul style="list-style-type: none"> Cuando se ha instalado correctamente y se le han realizado los procedimientos de mantenimiento establecidos, la cabina ofrecida por Caterpillar, probada las puertas y las ventanas cerradas y de acuerdo con la norma ANSI/SAE J1166 OCT 98, cumple con los requisitos de la OSHA y la MSHA sobre los límites de exposición al ruido para el operador, vigentes en la fecha de fabricación.
	Es posible que se necesite protección auditiva cuando se trabaja durante mucho tiempo en una estación del operador y una cabina abierta (si no cuentan con el mantenimiento correcto o tienen las puertas/ventanas abiertas), o en un entorno ruidoso.

Fuente: Caterpillar.

Anexo 6: Fotos con los equipos de carguío de acarreo



Foto 1. Camiones Volquete de la Empresa Minera.



Foto 2. Camiones Volquete de la Empresa Minera.



Foto 3. Excavadoras de la Empresa Minera.



Foto 4. Tractores de oruga de la Empresa Minera.



Foto 5. Excavadoras en stand by de la Empresa Minera.