



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM PARA LA MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE CARGA Y TRANSPORTE EN UNA EMPRESA MINERA, LIMA 2018”

Modalidad de Suficiencia Profesional para optar el título de:
Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Peter Vilca Yaranga.

Asesor:

MBA. Roger Ucañan Leyton

Lima – Perú

2018

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el Bachiller **Peter Vilca Yaranga**, denominado:

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM PARA LA MEJORA
DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE CARGA Y
TRANSPORTE EN UNA EMPRESA MINERA, LIMA 2018”**

Ing. Roger Ucañan Leyton

ASESOR

Ing. Alejandro Ortega Saco

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Aldo Guillermo Rivadeneyra Cuya

JURADO

Ing. Manuel Mondragon Vilela

JURADO

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre Joaquina, que me inculco valores, humildad y apoyo en el crecimiento profesional.

A mi esposa Diana por el apoyo y comprensión en todo momento.

A mi hijo recién nacido Thiago Gael, porque es mi motor y motivo a seguir creciendo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la bendición que derrama en mi vida, la sabiduría y el amor que nos une como familia.

A la universidad UPN y docentes por ayudarme en mi formación profesional.

A mis compañeros con quienes compartí la experiencia y lograr las metas.

Muchas Gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Antecedentes	13
1.1.1. <i>En el ámbito nacional</i>	14
1.1.2. <i>En el ámbito internacional</i>	15
1.2. Realidad Problemática	17
1.3. Formulación del Problema	18
1.3.1. <i>Problema General</i>	18
1.3.2. <i>Problemas Específicos</i>	18
1.3.2.1. <i>Problema Especifico nro. 01.</i>	18
1.3.2.2. <i>Problema Especifico nro. 02.</i>	18
1.3.2.3. <i>Problema Especifico nro. 03.</i>	18
1.4. Justificación.....	18
1.4.1. <i>Justificación Teórica</i>	19
1.4.2. <i>Justificación Práctica</i>	19
1.4.3. <i>Justificación Cuantitativa</i>	19
1.4.4. <i>Justificación Académica</i>	19
1.5. Objetivo	20
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	20
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	20
1.5.2.1. <i>Objetivo Especifico nro. 01.</i>	20
1.5.2.2. <i>Objetivo Especifico nro. 02.</i>	20
1.5.2.3. <i>Objetivo Especifico nro. 03.</i>	20
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	21

2.1.	Bases teóricas.....	21
2.1.1.	<i>Mantenimiento</i>	21
2.1.1.1.	<i>Evolución Histórica de Mantenimiento</i>	21
2.1.1.2.	<i>Niveles de Mantenimiento</i>	24
2.1.1.3.	<i>La Curva de Davis</i>	24
2.2.	Tipos de Mantenimiento.....	26
2.2.1.	<i>Mantenimiento Correctivo</i>	26
2.2.2.	<i>Mantenimiento Preventivo</i>	26
2.2.3.	<i>Mantenimiento Predictivo</i>	26
2.2.4.	<i>Mantenimiento en Uso</i>	26
2.3.	Metodología de Mantenimiento RCM.....	27
2.3.1.	<i>Definición</i>	27
2.3.2.	<i>Historia</i>	27
2.3.3.	<i>Objetivos de la Metodología de Mantenimiento RCM</i>	28
2.3.4.	<i>Evolución en el tiempo</i>	29
2.3.5.	<i>Análisis de Criticidad</i>	30
2.4.	Disponibilidad.....	32
2.5.	Indicadores:.....	33
2.5.1.	<i>Tiempo medio entre fallas - Mid Time Between Failure (MTBF)</i>	33
2.5.2.	<i>Tiempo medio por reparar - Mean Time To Repair (MTTR)</i>	34
2.6.	Método de Incremento Porcentual.....	34
2.7.	Sistema de Carga y Transporte de Mineral.....	35
2.7.1.	<i>Definición mina subterránea</i>	35
2.7.2.	<i>Proceso de Extracción de Mineral</i>	35
2.8.	Definición de términos básicos.....	39
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS		40
3.1.	Situación encontrada en el equipo del sistema de carguío.....	40
3.2.	Desarrollo del Objetivo Específico nro. 01.....	49
3.2.1.	<i>Identificación la composición del sistema de carguío y transporte de mineral</i>	50
3.2.2.	<i>Descripción del proceso Sistema de Carga y Transporte</i>	51
3.2.3.	<i>Descripción de sistemas y componentes, designando su respectivo código</i>	51

3.3.	Desarrollo del Objetivo Específico nro. 02.....	54
3.3.1.	<i>Análisis de Criticidad para identificación de equipos.</i>	54
3.4.	Desarrollo del Objetivo Específico nro. 03.....	57
3.4.1.	<i>Determinar los sistemas críticos y los modos de mantenimiento</i>	57
3.4.2.	<i>Determinar los tipos de fallos y su clasificación:</i>	58
3.4.3.	<i>Determinar las medidas preventivas a los fallos detectados.</i>	62
3.4.4.	<i>Elaboración de la Matriz AMEF</i>	68
3.5.	Objetivo General	71
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES		103
4.1.	Resultados	103
4.1.1.	<i>Situación inicial año 2016.</i>	103
4.1.2.	<i>Situación año 2017.</i>	104
4.1.3.	<i>Situación proyectada con la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo año 2018.</i>	105
4.2.	Conclusiones.....	106
4.3.	Recomendaciones	107
REFERENCIAS		108
ANEXOS		110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Evolución Histórica de Mantenimiento.....	23
Figura 2.2 Evolución de las Técnicas de Mantenimiento.....	23
Figura 2.3 La Curva de Davis.....	25
Figura 2.4 Crecientes expectativas en el Mantenimiento	30
Figura 2.5 Clasificación de los Equipos	30
Figura 2.6 Matriz de Análisis de Criticidad.....	32
Figura 2.7 Ciclo de extracción de mineral de una mina subterránea.....	35
Figura 2.8 Fases de la Producción	36
Figura 2.9 Punto de carguío y limpieza de mineral subterráneo	37
Figura 2.10 Alimentación de mineral.....	37
Figura 2.11 Zona de Acumulación	38
Figura 3.1 <i>Esquema de Ishikawa</i>	45
Figura 3.2 <i>Diagrama de Pareto</i>	48
Figura 3.3 Diagrama de Sistema de Carga y Transporte	50
Figura 3.4 Portada de Propuesta de Plan de Mantenimiento	71
Figura 3.5 Formato de Check list para Mantenimiento equipo pesado a las 250 horas.....	93
Figura 3.6 Diagrama de tiempos de ejecución de labores de mantenimiento a las 250 horas	94
Figura 3.7 Formato de Check list para Mantenimiento equipo pesado a las 500 horas.....	95
Figura 3.8 Diagrama de tiempos de ejecución de labores de mantenimiento a las 500 horas	96
Figura 3.9 Formato de Check list para Mantenimiento equipo pesado a las 1000 horas.....	97
Figura 3.10 Diagrama de tiempos de ejecución de labores de mantenimiento a las 1000 horas ...	98
Figura 3.11 Formato de Check list para Mantenimiento equipo pesado a las 2000 horas.....	99
Figura 3.12 Diagrama de tiempos de ejecución de labores de mantenimiento a las 2000 horas .	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Descripción del proceso de extracción del mineral.....	36
Tabla 3.1 Detalle de costo de reparación falla marzo 2016.....	40
Tabla 3.2 Detalle de costo de reparación falla junio 2016	41
Tabla 3.3 Detalle de costo de reparación falla noviembre 2016.....	42
Tabla 3.4 Tabla de disponibilidad de equipos año 2016.....	42
Tabla 3.5 Detalle de costo de reparación falla febrero 2017	43
Tabla 3.6 Detalle de costo de reparación falla mayo 2017	43
Tabla 3.7 Detalle de costo de reparación falla octubre 2017.....	44
Tabla 3.8 Tabla de disponibilidad de equipos año 2017.....	44
Tabla 3.9 Principales causas del bajo índice de disponibilidad de los equipos de carga y transporte.	46
Tabla 3.10 Nivel y Valores de Ponderación	47
Tabla 3.11 Proceso y equipamiento del Sistema de Carga y Transporte	51
Tabla 3.12 Identificación y codificación del sistema	51
Tabla 3.13 Identificación y codificación por componentes (1° parte).....	52
Tabla 3.14 Identificación y codificación por componentes (2° parte).....	53
Tabla 3.15 Identificación y codificación del sistema	54
Tabla 3.16 Análisis de Criticidad – Equipos del Sistema de Acarreo	55
Tabla 3.17 Tabla de Ponderación de Criticidad de los equipos del Sistema de Acarreo	56
Tabla 3.18 Criticidad y modelos de mantenimiento	56
Tabla 3.19 Cuadro de Criticidad y Modelo de Mantenimiento	57
Tabla 3.20 Tabla de fallas técnicas de motor.	58
Tabla 3.21 Tabla de fallas técnicas de tren de potencia.....	58
Tabla 3.22 Tabla de fallas técnicas de parte eléctrica y electrónica.....	59
Tabla 3.23 Tabla de fallas técnicas en la parte de Dirección	59
Tabla 3.24 Tabla de fallas técnicas en la parte de Hidráulico	60
Tabla 3.25 Tabla de fallas técnicas en la parte de Frenos	61
Tabla 3.26 Tabla de fallas técnicas en la parte de Neumáticos	61
Tabla 3.27 Tabla de fallas técnicas en la parte de Corona y mandos finales	62
Tabla 3.28 Principales Medidas Preventivas para Fallos Detectados (1° parte)	62
Tabla 3.29 Principales Medidas Preventivas para Fallos Detectados (2° parte)	63
Tabla 3.30 Principales Medidas Preventivas para Fallos Detectados (3° parte)	64
Tabla 3.31 Principales Medidas Preventivas para Fallos Detectados (4° parte).....	65
Tabla 3.32 Principales Medidas Preventivas para Fallos Detectados (5° parte)	66
Tabla 3.33 Principales Medidas Preventivas para Fallos Detectados (6° parte)	67

Tabla 3.34 Análisis de Modo de Fallas y Efectos para los equipos del Sistema de Carga y Transporte (1° Parte)	69
Tabla 3.35 Análisis de Modo de Fallas y Efectos para los equipos del Sistema de Carga y Transporte (2° Parte)	70
Tabla 4.1 Gestión de presupuesto de Mantenimiento año 2016	103
Tabla 4.2 Gestión de presupuesto de Mantenimiento año 2017	104
Tabla 4.3 Gestión de presupuesto de Mantenimiento año 2018	105

RESUMEN

En la presente tesis se propone la Implementación de un Plan de Mantenimiento con el objetivo de mejorar la disponibilidad de los equipos que están directamente relacionados con el sistema de carguío y transporte de mineral, permitiendo así incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos.

La investigación se inicia con un diagnóstico general mediante un diagrama de Ishikawa, donde se menciona las causas básicas y con esta información se realizó un diagrama de Pareto; y con los resultados de los diagramas se aplica una serie de pasos, teniendo como referencia la metodología RCM, para después lograr un plan de mantenimiento de los equipos del sistema de carguío y transporte.

Pasos de la metodología:

- Realizar la descripción de los procesos, inventario y la respectiva codificación de los equipos.
- Aplicar el análisis de criticidad, la cual ayuda a reconocer los equipos más críticos.
- Identificar las fallas de los equipos críticos, saber sus causas e identificar los tipos de mantenimiento para evitar fallas.

Datos iniciales de la investigación

- En el año 2016 la disponibilidad mecánica del sistema se encontró en un 89.2 % y los costos de mantenimiento programado fueron de \$/. 114,382.22; durante el año en mención se presentaron mantenimientos no programados que tuvieron un costo de \$/. 19,400.00 elevando el presupuesto un 16.96% con un valor total de \$/. 133,782.22.
- En el año 2017 la disponibilidad mecánica del sistema se encontró en un 90.2 % y los costos de mantenimiento programado fueron de \$/. 128,108.09; durante el año en mención se volvieron a presentar mantenimientos no programados que tuvieron un costo de \$/. 31,800.00, elevando el presupuesto en un 24.82% con un valor total de \$/. 159,908.09
- Con la propuesta de implementación de un Plan de Mantenimiento en el año 2018, se proyecta los siguientes resultados: mejorar el índice de disponibilidad en un 92%, reducir los índices de gastos de mantenimiento en un 20%.

Palabras claves: Mantenimiento, Disponibilidad, Fallas, Equipos Críticos.

ABSTRACT

In this thesis the Implementation of a Maintenance Plan is proposed with the aim of improving the availability of equipment that is directly related to the ore loading and transport system, thus increasing the mechanical availability of the equipment.

The investigation begins with a general diagnosis using an Ishikawa diagram, where the basic causes are mentioned and with this information a Pareto diagram was made; and with the results of the diagrams a series of steps is applied, having as a reference the RCM methodology, to then achieve a maintenance plan for the loading and transport system equipment.

Steps of the methodology:

- Carry out the description of the processes, inventory and the respective coding of the equipment.
- Apply the criticality analysis, which helps to recognize more critical equipment.
- Identify the failures of the critical equipment, know its causes and identify the types of maintenance to avoid failures.

Initial data of the investigation

- In 2016, the mechanical availability of the system was found at 89.2% and the scheduled maintenance costs were \$ / . 114,382.22; during the year in question, unscheduled maintenance costs of \$ / . 19,400.00 raising the budget by 16.96% with a total value of \$ / . 133,782.22.
- In 2017, the mechanical availability of the system was found at 90.2% and the scheduled maintenance costs were \$ / . 128.108.09; During the year in question, unscheduled maintenance operations that cost \$ / . 31,800.00, raising the budget by 24.82% with a total value of \$ / . 159,908.09
- With the proposed implementation of a Maintenance Plan in 2018, the following results are projected: improve the availability index by 92%, reduce the maintenance expense indexes by 20%.

Keywords: Maintenance, Availability, Failures, Critical Equipment.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La actividad minera tiene un papel importante en la economía peruana porque genera mayores ingresos para el desarrollo del país, ya que representa un gran porcentaje de exportaciones nacionales, genera divisas y empleos.

Dentro de sus procesos la extracción y movimiento de material, siendo unas de las actividades principales, se requiere de diversos equipos de maquinaria pesada, la cual con el transcurrir del tiempo estos equipos fueron modernizándose y haciéndose más complejas, teniendo un valor económico considerable.

Los equipos de maquinaria pesada cumplen funciones específicas dentro del proceso y se espera que funcionen adecuadamente en las condiciones que se encuentren y que no presenten paradas imprevistas.

Por estos motivos la disponibilidad de los equipos, requieren no solo de un personal calificado, sino también de un plan de mantenimiento eficiente, efectivo y oportuno.

En los últimos años la actividad de mantenimiento se ha convertido en uno de los protagonistas dentro de la producción minera, sin embargo, esta actividad requiere de lineamientos que pueda permitir su trabajo sin afectar la producción.

En este trabajo se propone la Implementación de un Plan de Mantenimiento para una empresa minera cuya principal actividad es la extracción y movimiento de mineral. Esta propuesta de plan permitirá mejorar la disponibilidad en los equipos de carga y transporte, de tal manera que pueda reducir las paradas imprevistas y así mejorar la disponibilidad.

1.1. Antecedentes

Un equipo que trabaja en el interior de la mina, denominado cargador subterráneo, trabaja las 24 horas al día, todos los días del año. Las actividades rutinarias son de carga de material, transporte y acumulación. Estas operaciones están dentro del proceso cíclico de extracción de mineral.

Las empresas mineras presentan una organización bien estructurada y definida según sus roles por cada área, la cual dentro de sus procesos principales es la extracción y movimiento de mineral extraído del sub suelo, cumpliendo con todas las normas internas de la empresa y las normas gubernamentales de protección ambiental.

Dentro de su sistema de producción se encuentran etapas de actividades los cuales son: exploración, perforación, carguío y transporte, acarreo y concentración de mineral.

En cuanto a los equipos actuales dentro del sistema de carga y transporte por su uso y sus reparaciones ya se encuentran con deficiencia, en la actualidad presentan una disminución de disponibilidad mecánicas.

Con respecto a los repuestos hay retrasos y falta de comunicación con el Área de Logística, ya que conlleva a realizar adaptaciones de piezas lo cual perjudica a otros componentes del equipo.

El mantenimiento en la actualidad que vienen desarrollando muchas empresas se caracteriza por disminuir la cantidad de los fallos y ocurrencias imprevistas, encontrándose en una etapa de mantenimientos preventivos y correctivos, en su mayor parte estas actividades, que son reparaciones, dan operatividad por un tiempo determinado dado que presenta deficiencias de control en el Plan de Mantenimiento, o, no cuenta con un Plan de Mantenimiento Anual.

1.1.1. En el ámbito nacional

Li & Mescua (2016), en su trabajo de tesis denominado, “Propuesta de Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Aplicado a una Flota de Camiones fuera de Carretera en una Mina de Tajo Abierto”, nos relata que en la flota de camiones presenta insuficiencia de Gestión de Mantenimiento, debido a una inadecuada estrategia de mantenimiento; por ende, presenta un número de paradas de equipos no programadas, que generan gastos excesivos por trabajos de correctivos. Luego de identificar todos los problemas (aplicando una estrategia de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad), hubo una reducción de horas de paradas, que traduciendo esto generara mayores ingresos y beneficios., la cual deja un margen de

ganancia de 2 millones por año, en base a los resultados trazados de, 92% de disponibilidad y 56 % de confiabilidad.

Torres (2017), en su trabajo de tesis denominado, “Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Mejorar la Disponibilidad de la Chancadora 60 x 113 de la Minera Chinalco”, nos muestra que durante el periodo de la fecha de julio de 2015 a junio del 2016 hubo un descenso de disponibilidad mecánica de 88.91%, ya que en periodo se observó que la disponibilidad de la chancadora primaria no ha superado lo requerido por la minería que es de 90%, lo cual es perjudicial para la compañía generando pérdidas económicas. Aplicando ya el método hubo una serie de análisis comenzado por el AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla) posteriormente el Análisis de Criticidad que es fundamental para la clasificación de componentes, para evaluar el porcentaje de criticidad que presenta. En el periodo de julio de 2016 a junio de 2017 hubo un impacto significativo de los resultados obtenidos, consiguiendo un aumento de 3.17% en la disponibilidad mecánica.

Albán (2017), En su trabajo de tesis titulada, “Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en las Confiabilidad de las Maquinarias en la Empresa Construcciones Reyes para Incrementar la Productividad”, describe la situación de la empresa que presta servicio a la industria pesquera, petrolera y minera, la cual presenta fallas y avería en su proceso de actividades de producción, que con lleva a un mal manejo general de mantenimiento. El método que se empleo es la matriz de criticidad, que posteriormente se elaboró hojas de trabajo. El enfoque principal es buscar los estados de falla posible en los equipos (tornos) y minimizarlos con este método. Después de la Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo se obtuvo un incremento de la producción de 50 %, y que por cada S/. 1.00 invertido en el plan de mantenimiento, obtendría S/. 0.76 de ganancia.

1.1.2. En el ámbito internacional

Pezantes & Sarzoza (2007), En su trabajo de tesis que lleva por nombre “Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón”, donde menciona que para toda su línea de producción cuenta con un programa básico de mantenimiento y propone un plan de mantenimiento anual de equipos críticos, para así mantener la

calidad de sus productos. Empleando la metodología se realizó a la recolección de datos de equipos, elaboración de la matriz de criticidad, donde se clasificaron los equipos de manera directa e indirectamente, ya que dentro de sus conclusiones del proyecto menciona que en la etapa crítica del proceso productivo es el congelador por ende el plan va directamente enfocado a los equipos que están dentro del sistema, también llevar un adecuado control de registro de los mantenimientos para garantizar el plan propuesto. Concluyendo que es necesario establecer políticas de mantenimiento, capacitación a los técnicos y rotación de flota de equipos por antigüedad.

Becerra & Bohórquez (2007), en su trabajo de tesis denominado “Diseño e Implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria de la Empresa Mejía Villegas Constructores s.a.”, nos relata que la empresa implementa este programa debido a las grandes fallas que presentaba las maquinas ya que con el antiguo programa todo era correctivo, no contaban con formatos adecuados, teniendo una deficiencia de información, falta de historial de equipos lo cual no hay precisión en cuanto a la fallas recurrentes que presenta, ya aplicando el programa se realizó una reestructuración contable ya que tanto como el preventivo y correctivo utilizaban solo una cuenta lo cual dificulta la realización de cálculos invertidos. Se crearon órdenes de trabajo, políticas de trabajos de las actividades del proceso, mejorando así la mantenibilidad y disponibilidad de los equipos de producción de la empresa en estudio.

Ruiz (2012), en su tesis denominado “Modelo para la Implementación de Mantenimiento Predictivo en las facilidades de la producción del petróleo”, la meta establecida por la empresa era conseguir una disponibilidad mecánica de 95% y lograr un máximo margen de ganancia, debido a que la disponibilidad mecánica se encontraba muy debajo de los parámetros establecidos, producto de las fallas recurrentes de los equipos. Con la metodología se determinó equipos críticos, la cual se debe aplicar el mantenimiento predictivo y con ello determinar indicadores de eficiencia y efectividad para demostrar los beneficios económicos. La implementación de este plan consiguió mejorar la disponibilidad mecánica de un 95% a 97%, reduciendo las pérdidas de producción y costos de mantenimiento. Teniendo como conclusiones que la implementación del mantenimiento predictivo es una herramienta

principal, aunque la inversión sea alta, se tiene un retorno económico al aumentar la eficiencia de la producción y el ahorro que genera en cuanto a costo de mantenimiento, por ende, los riesgos operativos disminuyeron con la aplicación del plan de mantenimiento.

1.2. Realidad Problemática

Benavides (2018), Menciona que en estos últimos años el sector minero ha contribuido significativamente en el desarrollo del país, siendo Perú el segundo productor de plata en América Latina, con una producción acumulada de 8,679 toneladas métricas finas para el periodo 2016–2017. Asimismo, la producción argentífera fue de 1 012 toneladas métricas finas en el primer trimestre del 2018.

La industria minera en el Perú presenta un crecimiento acelerado, pero este crecimiento no muchas veces va a la par con las actividades de apoyo que conforman la gestión de mantenimiento, dentro de ello se encuentra el sistema de carguío y transporte de mineral que forman parte del proceso de extracción de minerales, que a su vez está conformado por un conjunto de equipos, así como la mano de obra calificada, conjuntamente ellos permiten lograr la producción y calidad, que requiere el proceso del sistema. Y es aquí donde debemos dar más énfasis, puesto que el mantenimiento de equipos en minera, equivale a un porcentaje del presupuesto de la empresa y por ende debe ser manejado con una buena gestión y un plan estructurado que evite paradas, accidentes, impacto ecológico, etc.

En la empresa minera la gestión de mantenimiento de los equipos de carguío y transporte, que es materia de estudio, se observa que por día de trabajo se tiene dos a tres paradas inesperadas, por ejemplo: equipos inoperativos esperando mecánico, equipos inoperativos en espera de repuesto y/o componentes, equipos inoperativos por sistema electrónico y eléctrico, equipos inoperativos por tema de soldadura, accidentes de equipos, etc.

Estas paradas imprevistas afectan directamente en la disponibilidad mecánica de equipos la cual en el año 2016 se llegó en un 89% y 2017 en un 90%, de disponibilidad lo cual no era favorable para la empresa ya que su rango para la empresa es de 92% de disponibilidad.

Teniendo claro que hay muchos atrasos de las operaciones que son consecuencia de la no disponibilidad de equipos que se relaciona directamente, nos planteamos la pregunta que sigue en el problema general.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿Cómo a partir de la Propuesta de la Implementación de un Plan de Mantenimiento, basado en la Metodología RCM mejorará la disponibilidad de los equipos del sistema de carga y transporte en una Empresa Minera, Lima 2018?

1.3.2. Problemas Específicos

1.3.2.1. Problema Especifico nro. 01.

¿Cómo realizar el reconocimiento de los principales componentes de los equipos del Sistema de Carga y Transporte en una Empresa Minera, Lima 2018?

1.3.2.2. Problema Especifico nro. 02.

¿Cómo determinar la criticidad de los equipos del Sistema de Carga y Transporte en una Empresa Minera, Lima 2018?

1.3.2.3. Problema Especifico nro. 03.

¿Cómo establecer los tipos y modelos de mantenimiento que requiere los componentes críticos de los equipos del Sistema de Carga y Transporte en una Empresa Minera, Lima 2018?

1.4. Justificación

Los equipos en una Empresa Minera, sufren fallas que provocan paradas imprevistas las mismas que afectan la productividad, ya que estos equipos están directamente relacionados con la carga y transporte de materiales, por tal motivo es importante tomar acciones preventivas para reducir y minimizar el impacto y de esta manera dar resultados positivos en la producción.

1.4.1. Justificación Teórica

La presente investigación utiliza la teoría de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), en donde se realiza la identificación de criticidad de equipos y por consiguiente propone herramientas, técnicas y estrategias que nos permitan mantener los equipos en óptimas condiciones de trabajo, teniendo una mejora continua, para así mantener la disponibilidad de los equipos que forman parte del sistema de carga y transporte de mineral y de esta manera garantizar la continuidad y calidad de sus operaciones.

1.4.2. Justificación Práctica

La de proponer la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo que permita contar con la disponibilidad de los equipos del Sistema de Carga y transporte de mineral, para ello se realizará la identificación de los componentes críticos, y consecuentemente se elaborará la documentación respectiva, mencionando las asignaciones y ejecuciones de trabajo de acuerdo a las características y la vida útil del equipo.

1.4.3. Justificación Cuantitativa

Con la realización de un plan de mantenimiento adecuado a las necesidades de la empresa se lograría reducir el costo de mantenimiento no programado que se puedan presentar. Ya que, al disminuir dicho costo se pretende contar con una disponibilidad de 92%, que tendría un impacto positivo en la producción. Un plan de mantenimiento eficaz tiene como uno de los objetivos alargar la vida útil de los equipos, por consiguiente, un ahorro en los costos reparación de los mismos.

1.4.4. Justificación Académica

El presente tema de investigación ha sido elegido por la experiencia adquirida en los trabajos relacionados con el mantenimiento preventivo de equipos de minería subterránea, ya que a ello se suma todos los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Industrial, por ende, servirá de referencia para investigaciones futuras.

1.5. Objetivo

1.5.1. Objetivo General

Proponer la Implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la Metodología RCM para la mejora de la disponibilidad de los equipos del Sistema de Carga y Transporte en una Empresa Minera, Lima 2018.

1.5.2. Objetivos Específicos

1.5.2.1. Objetivo Especifico nro. 01.

Identificar, reconocer y codificar los equipos del Sistema de Carga y Transporte en una Empresa Minera, Lima 2018.

1.5.2.2. Objetivo Especifico nro. 02.

Realizar la clasificación de los componentes críticos de los equipos el Sistema de Carga y Transporte en una Empresa Minera, 2018.

1.5.2.3. Objetivo Especifico nro. 03.

Describir los tipos y modelos de mantenimiento para los componentes críticos de los equipos del Sistema de Carga y Transporte en una Empresa Minera, 2018.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Mantenimiento.

Dounce (2007), nos plantea una filosofía moderna de mantenimiento, con un enfoque a la calidad y servicio de un sistema que debe brindar: “Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada”

García (2003), define la actividad de mantenimiento como un “conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”

Podemos definir entonces el mantenimiento como un conjunto de actividades destinado a conservar en un tiempo determinado todo tipo de equipos, con el propósito de conservar el máximo rendimiento, con las operaciones seguras, disponibles, confiables y económicas.

2.1.1.1. Evolución Histórica de Mantenimiento

A finales del siglo XIX, el mantenimiento ha pasado por varias etapas, comenzando con las maquinas a vapor, de acuerdo lo que describe García (2003).

- **Primera Generación:**

En esta etapa las industrias no eran muy mecanizadas, ya que las paradas de equipos no importaban. Siendo estos equipos tan sencillos y con un solo propósito, que esto hacía que fuera más fácil de reparar y por ende los propios operarios eran los encargados de realizar los trabajos correctivos de reparación de equipos.

- **Segunda Generación:**

Durante la etapa de la segunda guerra mundial, las maquinarias se hicieron más complejas y sofisticadas, llevando a las industrias a mecanizarse por

la necesidad que lo ameritaba por ende los costos en reparación y mantenimiento fueron incrementándose, teniendo como resultado el nacimiento del mantenimiento programado, que significa prevenirse antes que ocurra una falla.

• **Tercera Generación:**

Surge a principios de los 80, donde esta filosofía de trabajo, cambio por las nuevas tendencias tecnológicas.

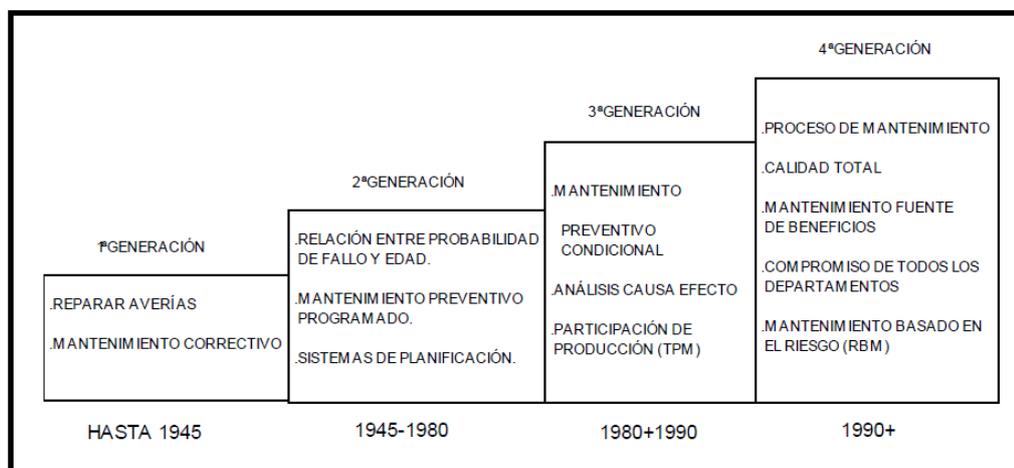
Se empieza a realizar estudios de causa y efecto, con el fin de encontrar el origen de los problemas, es en esta generación donde surge el Mantenimiento Predictivo que va dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que genera y que lleva a una falla en los equipos. Posteriormente aparece el Mantenimiento Proactivo, donde ya hace partícipe a la línea de producción en la detección de fallos.

• **Cuarta Generación:**

Nace en los primeros años 90, donde se crearon nuevos modelos de mantenimiento, esto era para lograr una excelente calidad en la producción y servicio teniendo como concepto la calidad total. Surgen metodologías como:

- TPM (Mantenimiento productivo Total)
- KAISSEN (Mejora continua)
- 5s (Metodología de 5S – Toyota)
- RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad)

Figura 2.1 Evolución Histórica de Mantenimiento



Fuente: Adaptado de Dounce (2007)

Dounce (2007), Nos muestra en la evolución del mantenimiento industrial en 4 etapas de forma sintetizada, desde sus inicios hasta nuestros días.

Figura 2.2 Evolución de las Técnicas de Mantenimiento

TÉCNICA ORIENTADA AL:			
Cuidado físico de la máquina		Cuidado del servicio que proporciona la máquina	
I	II	III	IV
¿¿ - 1914	1914 - 1950	1950 - 1970	1970 - ??
CORRECTIVO (MC)	PREVENTIVO (MP)	PRODUCTIVO (PM)	PRODUCTIVO TOTAL (TPM)
Enfoque máquina	Enfoque máquina	Enfoque al servicio que prestan las máquinas	Enfoque al servicio que prestan las máquinas
Solo se interviene en caso de paro o falla importante	Establecimiento de acciones preventivas	Importancia de la fiabilidad para la entrega del servicio al cliente. Se busca la eficiencia económica en el diseño de la planta	Lograr eficiencia PM a través de un sistema comprensivo y participativo total de los empleados de producción y planta

Fuente: Adaptado de Dounce (2007)

2.1.1.2. Niveles de Mantenimiento

Mora Gutiérrez (2009), hace mención de los niveles de mantenimiento y los clasifico en instrumental, operacional, táctico y estratégico, que se verá a continuación.

Nivel 1 – Instrumental

Para realizar las acciones de mantenimiento se adjunta los elementos físicos y tangibles. En este nivel se encuentran herramientas de orden técnico como el manejo de inventarios, análisis de falla (AMEF), pronósticos, causa raíz, también instrumentos como las “5S” y mejora continua.

Nivel 2 – Operacional

En este nivel se realizan las tareas necesarias para cubrir las necesidades de equipos, entre ellos tenemos las correctivas, preventivas y predictivas.

Nivel 3 – Táctico

En este nivel se realizan las tareas siguiendo normas y reglas establecidas. En este grupo se encuentran el RCM, TPM, entre otros.

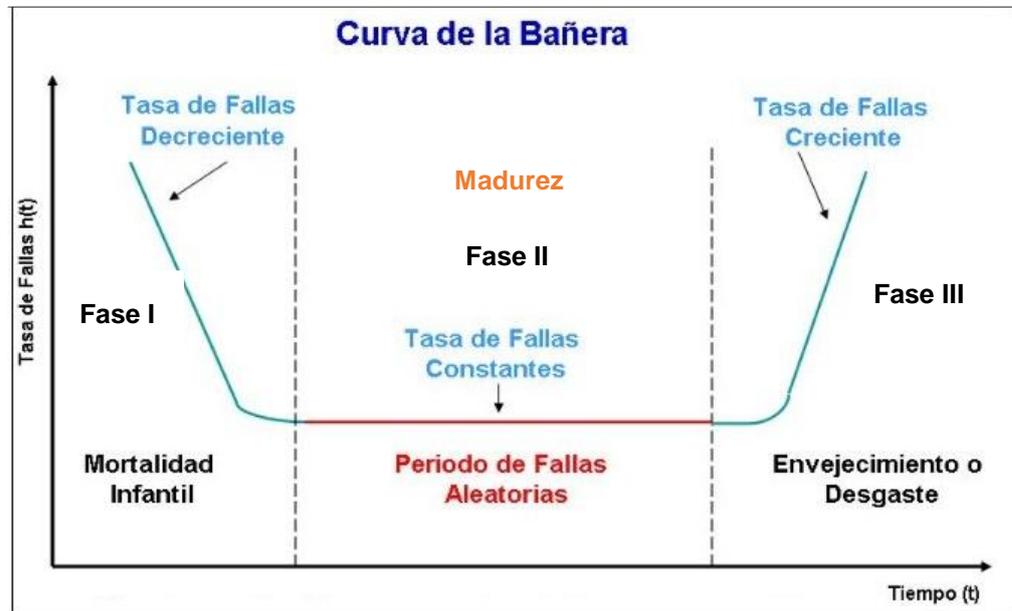
Nivel 4 – Estratégico

Agrupados por metodología para evaluar el grado de éxito de las tácticas aplicadas, lo que nos permite establecer indicadores de rendimiento, utilizando la tero tecnología, MCD (índice de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad), etc.

2.1.1.3. La Curva de Davis

Llamada comúnmente como la curva de la bañera, en la gráfica muestra las probabilidades de falla de un equipo durante su vida útil, siendo que la vida útil es la duración estimada de un equipo cumpliendo sus estándares de funcionamiento.

Figura 2.3 La Curva de Davis



Fuente: Adaptado de Mora (2009)

Fase mortalidad infantil: En esta fase se caracteriza por tener una elevada tasa de fallos que a lo largo del tiempo va descendiendo rápidamente, estos fallos pueden ser por varios motivos como equipos defectuosos, instalaciones incorrectas, errores de diseño, desconocimiento de equipo por parte de los operarios y en esta fase las tareas son correctivas.

Fase de madurez: etapa en la cual los errores son menores y constantes, las cuales las fallas se producen por causas externas como mala operación, condiciones inadecuadas, accidentes fortuitos, etc.

Fase de envejecimiento: en esta fase la tasa es creciente por el mismo hecho de que la máquina ya tiene desgaste por el tiempo, como fatiga, corrosión de componentes y otros factores.

2.2. Tipos de Mantenimiento

2.2.1. Mantenimiento Correctivo:

García Garrido (2003) menciona “que es un conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos”. Estas tareas presentan dos modalidades, las reparaciones detectadas en el mantenimiento preventivo, que se puede programar de acuerdo a la disponibilidad del área de la producción, y la otra reparación como consecuencia de un fallo imprevisto o paradas de emergencia la cual genera una interrupción en el proceso.

2.2.2. Mantenimiento Preventivo:

García Garrido (2003), menciona “Tiene como misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento oportuno”. Este tipo de mantenimiento es programable y su meta es evitar una falla, algunas acciones son: ajuste limpieza, lubricación, calibración, etc.

2.2.3. Mantenimiento Predictivo:

Doucen (2007) manifiesta que es un “Sistema permanente de diagnóstico que permite detectar con anticipación la posible pérdida de calidad de servicio que esté entregando un equipos”. Este tipo de mantenimiento se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros, para ello utilizan instrumentos como equipos de análisis vibracional, termógrafos, etc.

2.2.4. Mantenimiento en Uso:

García Garrido (2003), Lo define como un tipo de mantenimiento básico que puede ser realizado por personal de mantenimiento. Son tareas elementales como la toma de datos, limpieza, inspecciones visuales, lubricación y ajuste de tornillos. Para estas tareas no es necesario una formación sino un adecuado entrenamiento, ya que este es el pilar fundamental del TPM (Mantenimiento Productivo Total).

2.3. Metodología de Mantenimiento RCM

2.3.1. Definición

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) Reliability Centered Maintenance. Es una técnica más dentro de las posibles para poder elaborar un Plan de Mantenimiento, que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente desarrollada para el sector de aviación, donde los altos costes derivados de la sustitución sistemática de piezas amenazaban la rentabilidad de las compañías aéreas, fue trasladada posteriormente al campo industrial, después de tener resultados en el campo aeronáutico. (García 2003).

2.3.2. Historia

El RCM es uno de los procesos desarrollados en varias industrias, durante a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de activos físicos.

Ya en los años setenta los Estados Unidos de América quiso saber de esta filosofía y solicitó un reporte a la industria área, que dicho reporte fue escrito por los empleados United Airlines Tom Matteson, Stanley Nowlan y Howard Heap.

Empezó con unas anotaciones de reporte, gracias a esos reportes dieron inicio a su libro denominado “Reliability Centered Maintenance” (1978), los reportes que dieron inicio fueron: Guía MSG – 1: Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa (1968) y Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes de Aerolíneas (1971). Ambos de autoría de Nowlan y Heap y patrocinados por ATA (Air Transport of América – Asociación de Transportadores Aéreos de los USA).

Ese reporte ha sido desde entonces como base fundamental para varios modelos, y actividades no relacionadas a la aviación.

2.3.3. Objetivos de la Metodología de Mantenimiento RCM

- Eliminar las averías de las maquinas
- Minimizar los costos de mano de obra por reparación.
- Anticipar y planificar las necesidades del mantenimiento.
- Participación coordinada conjuntamente con el área de producción y mantenimiento, para mantener la capacidad de producción.

El RCM se basa en el cuestionamiento de las actividades del mantenimiento para seguir un sistema lógico, coherente y normativo. En primer lugar, se conoce los activos que tienen la empresa y cuáles van a estar en el proceso, para después formular las siguientes preguntas:

a) ¿Cuáles son las funciones de los equipos que se están analizando?

Para este caso de estudio se toma un activo (cargador subterráneo), cuya función principal es de cargar, trasladar y acumular el mineral extraído del proceso.

b) ¿Cuáles son los estados de falla asociados con estas funciones?

Estos equipos pueden fallar por dos razones:

- **Las Fallas Técnicas:** No impide su funcionamiento, pero trabaja de manera irregular que con el tiempo producirá una falla funcional.
- **Las Fallas Funcionales:** Es aquel que impide que el equipo realice de manera parcial o total su funcionamiento.

c) ¿Cuáles son las causas de cada uno de estos estados de falla?

Las causas se pueden originar de muchas maneras de acuerdo a la actividad en que se desempeña.

- Mala operación del equipo
- Ineficiente mantenimiento
- Colocación de repuestos alternativos
- Seguimiento y control en los mantenimientos y operación.
- Por antigüedad del equipo.
- Equipo realizando otras actividades la cual no fue diseñado.

d) ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?

Ante la presencia de una de estas fallas presentadas durante el proceso de carga y transporte, esto afectara en la paralización parcial o total de la producción, por ende un retraso de todo el sistema.

e) ¿Cuál es la consecuencia de las fallas?

Como consecuencia se verá reflejada en las pérdidas económicas de producción de mineral, sobrecostos de mantenimientos y baja disponibilidad en cuanto a los activos.

f) ¿Cómo se puede predecir, prevenir cada falla?

- Realizar un diagnóstico del origen de las fallas
- Identificar su función
- Identificar la criticidad del componente
- Gestionar repuestos
- Realizar seguimientos y observaciones

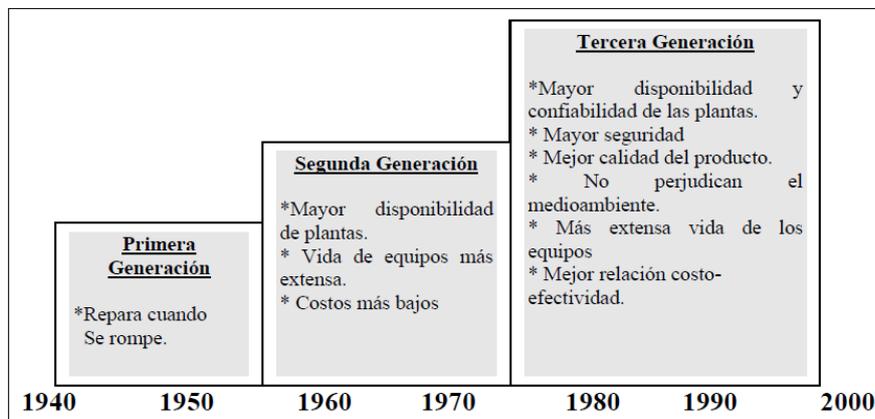
g) ¿Qué acciones se debe ejecutar para controlar la falla cuando no pueda prevenirse?

- Coordinar con el área de mantenimiento para programar un activo en stock para cualquier emergencia o situaciones que no se pueda controlar.

2.3.4. Evolución en el tiempo

Desde 1930 el mantenimiento ha evolucionado a través de las tres generaciones.

Figura 2.4 Crecientes expectativas en el Mantenimiento



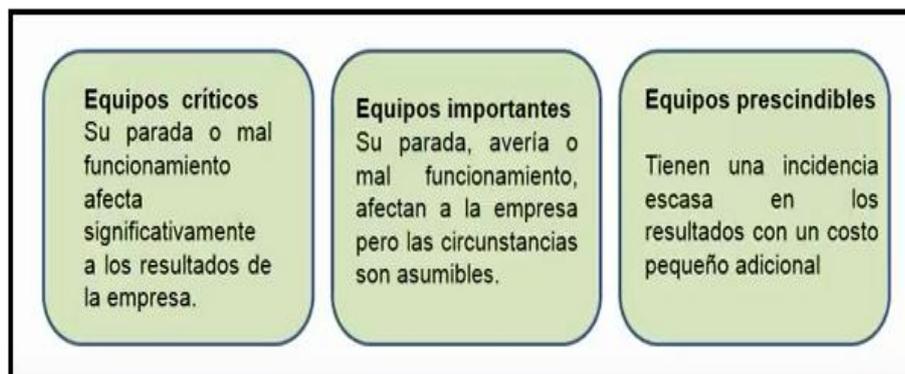
Fuente: Adaptado de Moubray (2004)

2.3.5. Análisis de Criticidad

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. (Huerta, 2001).

Las clasificaciones de los equipos según sus niveles de importancia o criticidad son:

Figura 2.5 Clasificación de los Equipos



Fuente: Adaptado de Barragán (2016)

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, tiempo de fallas y tiempo de reparación principalmente. Duffua (2000)

Los aspectos relacionados en la influencia en una anomalía según lo que describe Barragán (2016) y son:

- **Producción:**
Cuando valoramos la influencia que tiene un equipo en la producción, nos preguntamos
¿Cómo afecta a esta un posible fallo?
Dependiendo de ello clasificaremos al equipo en A, B o C.
- **Calidad:**
El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final.
- **Mantenimiento:**
El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un costo medio en mantenimiento o incluso nulo
- **Seguridad y Medio Ambiente:**
Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tengan cierta probabilidad de fallo.

La Matriz de Criticidad nos permite clarificar e identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el Valor de Criticidad de la instalación, sistema, equipo bajo análisis.

Figura 2.6 Matriz de Análisis de Criticidad

	Seguridad y Medio Ambiente	Operaciones	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO (8 pts)	Puede originar accidente muy grave	Su parada afecta al Plan de Operaciones	Es clave para la calidad de los servicios	Alto costo de reparación en caso de avería
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales)		Es el causante de un alto porcentaje de atrasos	Averías muy frecuentes
	Ha producido accidentes en el pasado		Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales)	
B IMPORTANTE (4 pts)	Necesita revisiones periódicas (anuales)	Afecta a las operaciones, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Operaciones)	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático	Costo medio en mantenimiento
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas			
C PRESCINDIBLE (2 pts)	Poca influencia en seguridad	Poca influencia en las operaciones	No afecta a la calidad	Bajo costo de mantenimiento

Fuente: Adaptado de García (2003)

2.4. Disponibilidad

La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. (Meza, 2006).

Entendemos que es una probabilidad de que un equipo o sistema se encuentre operativo cuando se requiere su utilización.

$$D = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas paradas por Mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

$$D = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$$

2.5. Indicadores:

Los indicadores son una expresión cuantitativa de un proceso que al ser comparados con un nivel de referencia muestra una tendencia que permite tomar decisiones para mantener o mejorar resultados del proceso de referencia (García, 2007).

Los indicadores son un forma clave de retroalimentar un proceso, de monitorear el avance o ejecución de un proyecto y de los planes estratégicos entre otros. (Jaramillo & it, 1992).

2.5.1. Tiempo medio entre fallas - *Mid Time Between Failure* (MTBF):

Según, Améndola (2003), describe que el indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado.

$$MTBF = \frac{HROP}{\Sigma NTFALLAS}$$

Dónde:

MTBF= Tiempo medio entre fallos (*Mid Time Between Failure*)

HROP= Horas de operación.

NTFALLAS= Numero de fallas detectadas.

2.5.2. Tiempo medio por reparar - *Mean Time To Repair (MTTR)*:

Es la probabilidad de que un equipo o sistema en estado de fallo, puede ser reparado en un tiempo determinado.

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ Horas por correctivos}}{N^{\circ} \text{ correctivos}}$$

2.6. Método de Incremento Porcentual

Se basan en procedimientos mecánicos o modelos matemáticos que se apoyan en datos históricos o en variables causales para producir resultados cuantitativos. (Whelsh & Hilton, 2005)

Se determina el incremento del último año conocido, con respecto al primero, tanto en valor como en porcentaje, posteriormente se saca el promedio para determinar el incremento porcentual del periódico y se aplica dicho incremento al último valor real conocido y así sucesivamente. (Whelsh & Hilton, 2005)

La fórmula a aplicar es:

$$\Delta \text{ Porcentual} = \frac{Y_0}{Y_1} - 1$$

Yo: Último periodo

Yi: Periodo anterior

$$\text{Promedio} = \frac{\sum \text{total } \Delta \text{ Porcentual}}{n - 1}$$

N: variación porcentual

$$Y(x) = \text{último periodo} + (\text{último periodo} * \text{Promedio})$$

X: Es el periodo buscado

2.7. Sistema de Carga y Transporte de Mineral

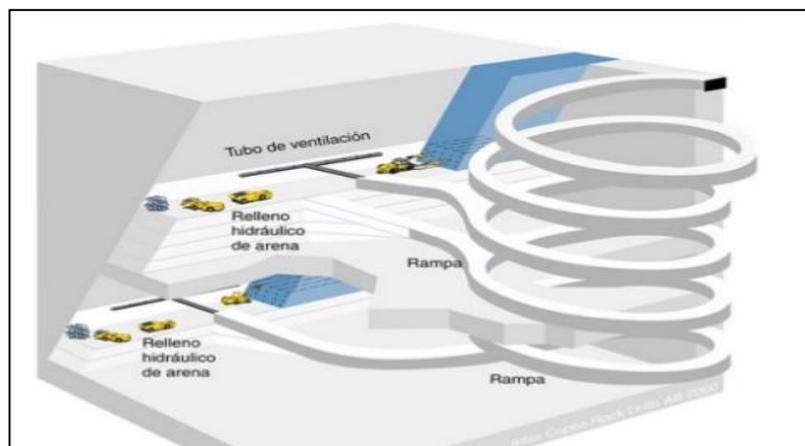
El carguío y el transporte constituyen las acciones que definen la principal operación en una faena minera. Estas son las responsables del movimiento del mineral, que ha sido fragmentado en un proceso de voladura. (Eyzaguirre, 2015).

2.7.1. Definición mina subterránea:

Una mina subterránea es aquella explotación de recursos mineros que se desarrolla por debajo de la superficie del terreno.

Para la minería subterránea se hace necesaria la realización de túneles, pozos, chimeneas y galerías, así como cámaras. (Concepto minero 2015)

Figura 2.7 Ciclo de extracción de mineral de una mina subterránea



Fuente: Adaptado de Consejo de Competencia Minera (2015)

2.7.2. Proceso de Extracción de Mineral:

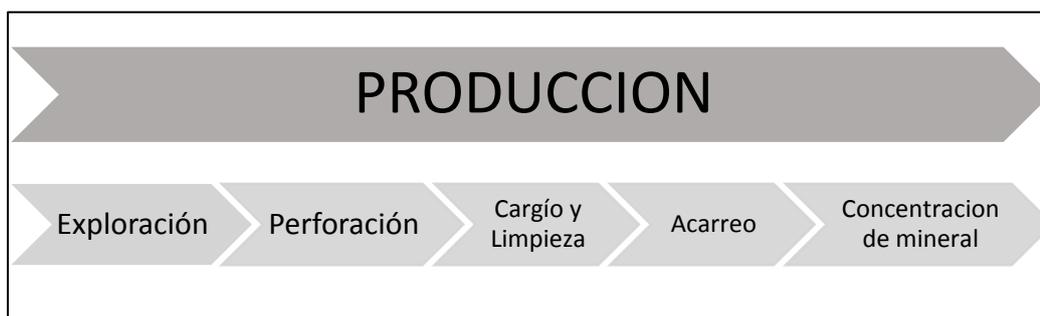
Este proyecto se basa en la etapa de construcción ya que se usa mayor cantidad de maquinarias que están sujetos al proceso de extracción de mineral y por ende presenta ciertas etapas donde nos enfocaremos solo en la tercera etapa donde se presenta mayores acontecimientos.

Tabla 2.1 Descripción del proceso de extracción del mineral

Exploración	Perforación	Carguío y transporte	Acarreo	Concentración de mineral
Determina la forma y extensión de la mina siguiendo un plan de minado estructurado.	Se usan equipos para perforar las áreas donde se colocarán dispositivos a transformar el mineral duro en partículas del mineral.	En esta etapa se usan equipos bajo perfil llamados cargadores para mina subterránea R1300G, para realizar el carguío a camiones que lo van a transportar	Transporte el producto de la voladura a la zona de chancado de mineral	Se realiza el chancado de mineral con molinos de gran tonelaje para disminuir el tamaño del mineral, para luego pasar por un proceso del mineral.

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Figura 2.8 Fases de la Producción



Fuente: Adaptado de Consejo de Competencia Minera (2015)

La presente investigación se enfocará en la etapa de carguío y acarreo de mineral, la cual en una empresa minera está distribuido por niveles y secciones de exploración, tomaremos como referencia a una de las secciones, que denominaremos sección II (nivel 1800), donde se encuentran cuatro equipos, llamados cargadores subterráneos R1300G.

La antigüedad de esos equipos en promedio es mayor de 8 años, ya que tuvieron reparaciones parciales y modificaciones de componentes, en cuanto a sus mantenimientos de estos equipos la mayoría son correctivos. Con un mantenimiento preventivo básico con respecto al motor y por ende no se lleva buen un control, respecto a las horas trabajadas.

A) Etapa de Carga y Transporte

Para esta parte del proceso se requiere el uso de equipos de carguío con acarreo mínimo llamados equipos subterráneos, los cuales permiten limpiar la carga de mineral que se sitúa en un frente (o llamada labor) después que se realizó el proceso de voladura.

Figura 2.9 Punto de carguío y limpieza de mineral subterráneo



Fuente: Adaptado de Equipo Minero (2014)

B) Traslado de mineral

En esta etapa el cargador subterráneo se desplaza 200m, con la carga en la cuchara del equipo que tiene como capacidad de 4.2 yardas³, de un nivel a otro, llevando la carga a una zona de alimentación llama chimenea, la cual este conducto lleva el mineral triturado hacia la faja transportadora.

Figura 2.10 Alimentación de mineral



Fuente: Adaptado de CODELCO (2005).

C) Acumulación de Material

Es la capacidad de almacenaje de mineral extraído de las cámaras de voladura con una capacidad aproximada de 30 tn. De mineral, pueden situarse dentro mina la cual es trasladado mediante fajas transportadoras hacia las chancadoras o fuera de ella, ya que después de extraída el mineral es trasladado mediante volquetes hacia la planta y todo ello, con sus respectivas normas medioambientales que están sujetas por la empresa.

Figura 2.11 Zona de Acumulación



Fuente: Adaptado de Cámara Minera del Perú (2018)

2.8. Definición de términos básicos

Acarreo: es el traslado del material mineralizado desde el punto de trabajo hacia la zona de acumulación de mineral que es llevado después a la chancadora.

Carguío: es el recojo y limpieza del mineral fragmentado con ayuda de un equipo.

Confiabilidad: es la capacidad de una máquina de desempeñar una función requerida, en condiciones establecidas durante el periodo de tiempo determinado.

Criticidad: Jerarquía de prioridades que se basan en función de su impacto.

Datos técnicos: facilita el acceso a la información de cada maquinaria, por medio de un formato que recopila información de carácter técnico, operativo y características generales de un equipo en particular.

Falla: Incapacidad del equipo de realizar la función requerida para la cual fue creada.

Inspección: Proceso donde se examina, se mide, se prueba, se calibra, o se detecta cualquier irregularidad con respecto a las especificaciones dadas por el fabricante.

Orden de Trabajo (OT): Es un documento por escrito, que se entrega al operario para la realización del mantenimiento a los equipos, esta orden de trabajo debe contener la fecha de expedición y ejecución, como también el instructivo y equipo al cual se le debe realizar dicho instructivo, una vez ejecutadas, debe ser archivada para futuros estudios.

Sobrecostos: montos que la empresa debe pagar por los servicios realizados de mantenimiento por empresas terceras.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS

3.1. Situación encontrada en el equipo del sistema de carguío

Para las operaciones en el sistema de carga y transporte de materiales se cuenta con unidades vehiculares tipo cargadores subterráneo, la cual su función principal es la de trasladar el material mineral desde el punto de extracción hasta su punto de acopio.

En el transcurso del año 2016, debido a fallas no detectadas con anticipación, surgieron problemas de disponibilidad de los vehículos de carguío, los cuales la reparación por emergencia de los mismos provocó un costo mayor, aquí los detalles.

Tabla 3.1 Detalle de costo de reparación falla marzo 2016

Suceso: Equipo sufre avería en el sistema de inyección en el motor		
Material y repuestos	Cantidad	P.U (US\$)
Motor diésel	01	\$ 4,500.00
Sistema eléctrico	01	\$ 2,900.00
Costo total		\$ 7,400.00

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

La avería es por la rotura de la membrana que separa combustible y aire en la bomba de inyección del motor por consecuencia mala pulverización y contaminación en los inyectores provocando cambios de repuestos y el coste como muestra la figura 3.1

Teniendo un registro de este suceso en el mes de Marzo, que genero mayor costo y una reducción de disponibilidad de 87.5%. Que a medida de ejemplo hallaremos la disponibilidad de ese mes.

$$MTBF = \frac{HROP}{\Sigma NTFALLAS} \rightarrow MTBF = \frac{720}{1} = 720$$

$$MTTR = \frac{HROP}{\Sigma NTFALLAS} \rightarrow MTTR = \frac{90}{1} = 90$$

Hallando la disponibilidad para el mes de marzo:

$$D = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF} \rightarrow D = \frac{720 - 90}{720} * 100 = 87.5 \%$$

Se obtuvo una disponibilidad de 87.5 %, siendo un indicador por debajo de los parámetros establecidos por la empresa.

A continuación describiremos los sucesos siguientes presentados en los meses Junio y Noviembre, del año 2016.

Tabla 3.2 Detalle de costo de reparación falla junio 2016

Suceso: Equipo presenta fallas en el motor		
Material y repuestos	Cantidad	P.U (US\$)
Motor diésel	01	\$ 4,500.00
	Costo total	\$ 4,500.00

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

La avería es provocada por el desprendimiento de material del eje de levas conjuntamente con el buzo de amortiguación hace que las partículas caen sobre los cojinetes de biela provocando sonidos anormales y recalentamiento por ende los costes son altos como menciona la tabla 3.2.

Tabla 3.3 Detalle de costo de reparación falla noviembre 2016

Suceso: Equipo sufre corte y desgaste en los neumáticos		
Material y repuestos	Cantidad	P.U (US\$)
Neumáticos	01	\$ 7,500.00
Costo total		\$ 7,500.00

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Suceso provocado por mala operación y mantenimiento ya que las vías de acceso son de pésimas condiciones de trabajo y el manejo del equipo, por patinar y rodar en operación hace que el desgaste y reparaciones sean prematuros, las cual los costes que generan son altos como menciona la tabla 3.3

Estas ocurrencias provocaron un gasto total de \$/. 19,400.00 que corresponde al año 2016.

En la siguiente tabla se detalla la disponibilidad de los equipos del año 2016

Tabla 3.4 Tabla de disponibilidad de equipos año 2016

DISPONIBILIDAD GENERAL DE EQUIPOS DEL 2016													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	PROMEDIO
MTBF	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
MTTR	75	75	90	75	75	99	75	75	75	75	87	75	79.25
DISP.	89.6	89.6	87.5	89.6	89.6	86.3	89.6	89.6	89.6	89.6	87.9	89.6	89

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

En la tabla se muestra los tres sucesos que ocasionaron la reducción de la disponibilidad mecánica de 89%, debido a fallas no detectadas con anticipación.

En el transcurso del año 2017, ocurrieron fallas similares que no fueron detectados con anticipación, provocando reparaciones no programadas (emergencia) generando costos no programados.

Aquí los detalles:

Tabla 3.5 Detalle de costo de reparación falla febrero 2017

Suceso: Equipo presenta averías en el sistema de levante y volteo		
Material y repuestos	Cantidad	P.U (US\$)
Sistema hidráulico	01	\$ 4,500.00
Sistema eléctrico	01	\$ 2,900.00
Costo total		\$ 7,400.00

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

En este suceso, la avería fue la bomba hidráulica y el recalentamiento en las bobinas de la válvula de control por ende los costes son altos como muestra detallado la tabla 3.4.

Tabla 3.6 Detalle de costo de reparación falla mayo 2017

Suceso: Equipo presenta fallas en el sistema de potencia		
Material y repuestos	Cantidad	P.U (US\$)
Motor diésel	01	\$ 9,000.00
Convertidor de par	01	\$ 5,000.00
Costo total		\$ 14,000.00

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Avería provocada por desprendimiento de pernos de anclaje del cardan flotante superior que sujeta convertidor y motor, dañando ejes internos de convertidor y rodajes de la tapa de distribución del motor.

Tabla 3.7 Detalle de costo de reparación falla octubre 2017

Suceso: Equipo presenta fallas en el sistema de frenado		
Material y repuestos	Cantidad	P.U (US\$)
Frenos	01	\$ 3,000.00
Sistema hidráulico	01	\$ 4,500.00
Sistema eléctrico	01	\$ 2,900.00
Costo total		\$ 10,400.00

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

En el mes de octubre se produjo este suceso se realizó cambios de discos de freno, accionamiento hidráulico de la válvula de carga y sensor de freno, producto recalentamiento en los mandos finales, por ende, los costos se reflejan en la tabla 3.6

En el año 2017 se suscitaron estas ocurrencias provocaron un gasto de \$/. 31,800.00

En la siguiente tabla se detalla el comportamiento de la disponibilidad de los equipos para el año 2017

Tabla 3.8 Tabla de disponibilidad de equipos año 2017

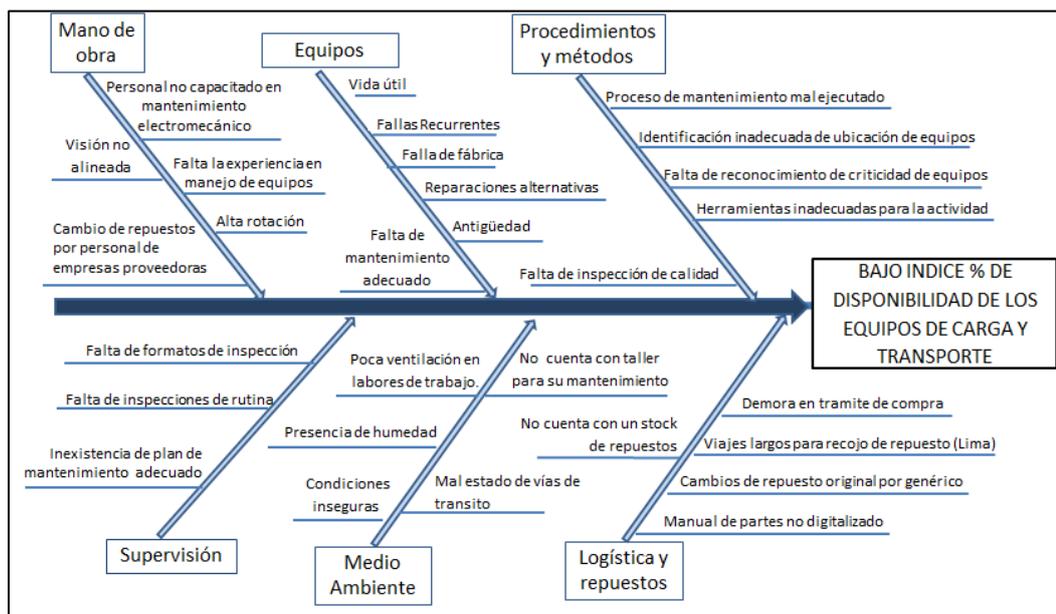
DISPONIBILIDAD GENERAL DE EQUIPOS DEL 2017													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	PROMEDIO
MTBF	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
MTTR	60	84	60	60	108	60	60	60	60	108	60	60	70
DISP.	91.7	88.3	91.7	91.7	85.0	91.7	91.7	91.7	91.7	85.0	91.7	91.7	90.3

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

En la tabla se muestra los tres sucesos que ocasionaron la reducción de la disponibilidad mecánica de 90.3%, debido a fallas no detectadas con anticipación.

Teniendo como evidencia la información que indica los costos elevados durante años 2016 y 2017 y la carencia de Gestión de Mantenimiento, se realiza el diagrama de Ishikawa en el cual indicaremos las causas y efecto de los problemas.

Figura 3.1 Esquema de Ishikawa



Fuente: *Elaborado por el investigador (2018)*

Luego de realizar la representación gráfica, conociendo ya las causas y sus efectos mencionados, se determina la ponderación correspondiente, asignándole un valor según su prioridad donde lo detallaremos a continuación:

Tabla 3.9 Principales causas del bajo índice de disponibilidad de los equipos de carga y transporte.

Detalles	Valor	Porcentaje	Frecuencia acumulada
Fallas recurrentes de los sistemas	10	9%	9%
Antigüedad de equipo	9	8%	17%
Personal no capacitado en mantenimiento	9	8%	25%
Condiciones inseguras	8	7%	32%
No cuenta con un stock de repuestos	8	7%	39%
Falta de mantenimiento adecuado	8	7%	46%
Reparaciones alternativas	7	6%	52%
Alta rotación	7	6%	58%
Falta de inspecciones de rutina	6	5%	64%
Falta de experiencia en operación	6	5%	69%
Presencia de humedad	6	5%	74%
Falla de fabrica	5	4%	79%
Tercerización en repuestos	5	4%	83%
Inexistencia de plan de mantenimiento	5	4%	88%
sustitución de repuesto alternativo	5	4%	92%
Falta de formatos de inspección	4	4%	96%
Retraso en repuestos desde (Lima)	3	3%	98%
Demora en trámite de compras	2	2%	100%
Total	115	100%	100%

Fuente: *Adaptado de Esquema de Ishikawa (Figura n° 3.1)*

Elaborado por el investigador (2018)

Según la tabla se observa que las principales causas que se identificaron con mayor ponderación son: las fallas recurrentes de los sistemas, antigüedad de equipo, personal no calificado en mantenimiento, condiciones inseguras, no cuenta con un stock de repuesto y falta de mantenimiento adecuado.

Dentro de estas causas mencionadas serán consideradas principalmente los más críticos que se describirá en la siguiente tabla de niveles y valores de ponderación.

Se plantea los niveles y valores según la criticidad.

Tabla 3.10 *Nivel y Valores de Ponderación*

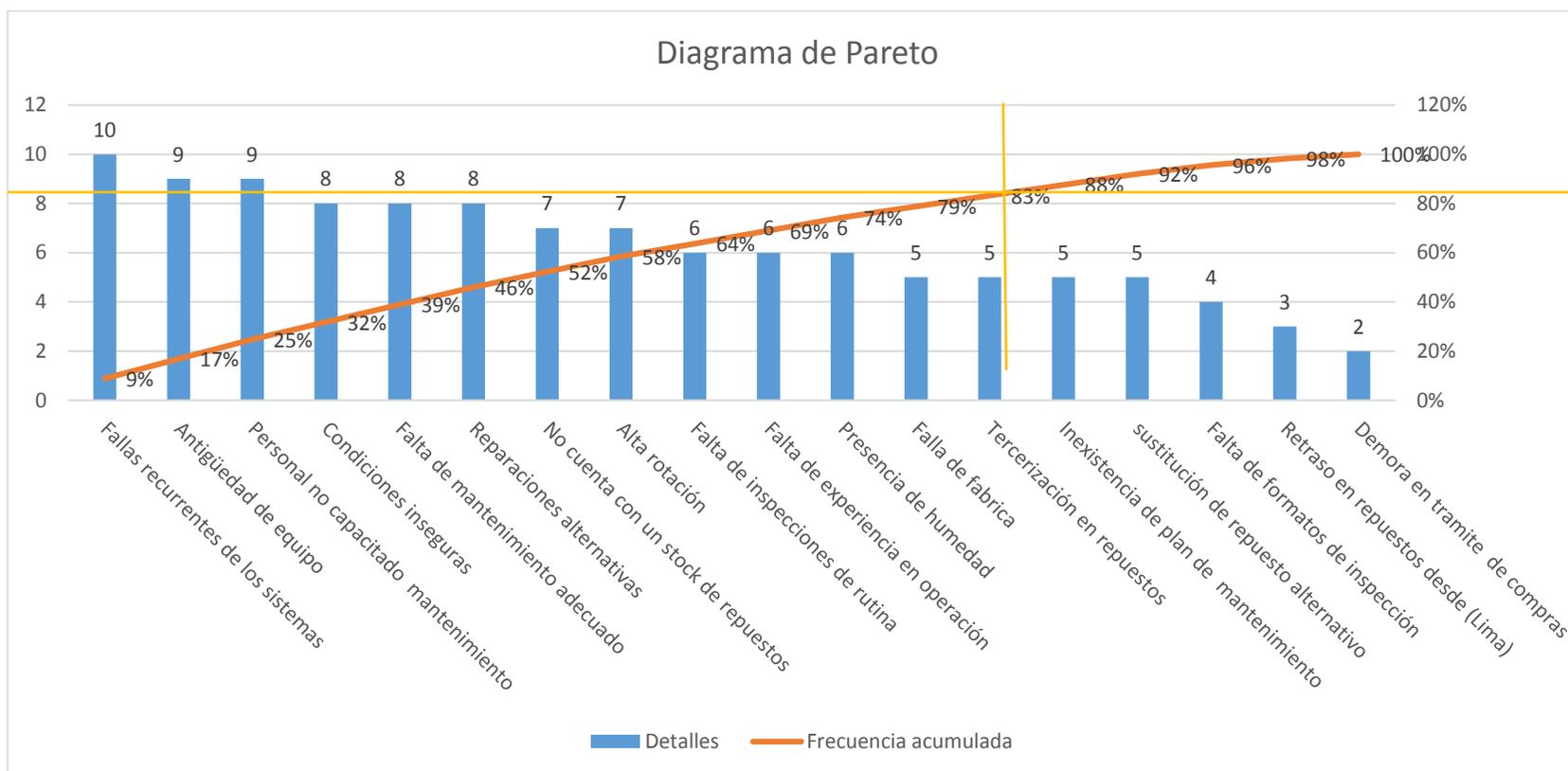
Rango	Nivel
$0 \leq 2$	Prescindible
$> 2 \leq 4$	Semi moderado
$> 4 \leq 6$	Moderado
$> 6 \leq 8$	Semi critico
$> 8 \leq 10$	Critico

Fuente: Adaptado de Esquema de Ishikawa (Figura n° 3.1)

Elaborado por el investigador (2018)

Ya teniendo la información de todas las causas y su respectivo ponderado, se recurre a la elaboración de un diagrama de Pareto para identificar las causas más importantes de la investigación.

Figura 3.2 Diagrama de Pareto



Elaborado por el investigador (2018)

Habiendo culminado con el análisis del diagrama de Ishikawa y el de Pareto, se logró la identificación de la causa más crítica como: Las fallas recurrentes de los sistemas hidráulico, motor, transmisión, eléctrico, dirección, frenos y estructura. Comenzaremos con la resolución de la metodología que mencionaremos en el desarrollo de los objetivos.

3.2. Desarrollo del Objetivo Específico nro. 01

A continuación, se determinará la codificación y reconocimiento de los principales equipos del Sistema de Carga y Transporte de minerales.

Las siguientes actividades a desarrollar son:

- 1. Identificación de la composición del Sistema de carga y transporte**
- 2. Descripción del proceso Sistema de Carga y Transporte.**
- 3. Descripción de los sistemas y componentes, designando su respectivo código.**

3.2.1. Identificación la composición del sistema de carguío y transporte de mineral

Figura 3.3 Diagrama de Sistema de Carga y Transporte



Elaborado por el investigador (2018)

3.2.2. Descripción del proceso Sistema de Carga y Transporte.

Tabla 3.11 Proceso y equipamiento del Sistema de Carga y Transporte

Proceso	Descripción	Equipamiento
Sistema de carga y transporte	Extracción	El mineral extraído es producto de la voladura que se realiza durante el proceso, para luego ser transportado por medio de un equipo
	Traslado	El traslado del mineral es de un nivel a otro la cual para llegar al otro nivel presenta una pendiente por el mismo diseño de la mina subterránea, la cual hace un recorrido de 200 m.
	Almacenamiento	La zona de acumulación tiene una capacidad de 100m ³ de minera.
		Cargador para Minería Subterránea (LHD) R1300G
		Cargador para Minería Subterránea (LHD) R1300G
		Cargador para Minería Subterránea (LHD) R1300G

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

3.2.3. Descripción de sistemas y componentes, designando su respectivo código.

Tabla 3.12 Identificación y codificación del sistema

Concepto	Detalle	Código
Sistemas	Eléctrico y electrónico	EE
	Motor	MO
	Tren de potencia	TP
	Hidráulico	HI
	Dirección	DR
	Frenos	FR
	Corona y mandos finales	CM
	Estructura	ET

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.13 Identificación y codificación por componentes (1° parte)

Concepto	Detalle	Código
Componentes	Motor	MOT
	Alternador	ALT
	Arrancador	ARR
	Turbo Cargador	TCA
	Múltiple de A/E	MEA
	Enfriador de aceite	EDA
	Bomba de aceite	BDA
	Bomba de inyección	BDI
	Interruptor de presión de aceite de frenos	IPF
	Relé de encendido	RDE
	Sensor de temperatura	SDT
	Bomba e dirección	BDI
	Cilindro de dirección	CDO
	Enfriador e aceite	EAC
	Válvula de control	VCR
	Acumulador de freno	ACF
	Válvula reductora	VRE
	Bomba piloto de freno	BPF
	Discos de freno	DFE
	Válvula de parqueo	VPA
Mandos finales	MAN	
Neumáticos	NEU	

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.14 Identificación y codificación por componentes (2° parte)

Concepto	Detalle	Código
	ECM	ECM
	Sensor temperatura de hidráulico	STH
	Sensor de velocidad	SDV
	Sensor de freno	SDF
	<i>Display data link</i>	DDL
	Convertidor de par	CDP
	Caja de transferencia	CTR
	Transmisión <i>power shift</i>	TPS
	Diferenciales	DRE
	Válvula de traba	VTA
	Válvula control	VCT
Componentes	Cilindro de levante	CLE
	Cilindro de volteo	CVO
	Válvula de control piloto	VCP
	Válvula reductora	VRE
	Bomba de aceite piloto	BAP
	Válvula de posicionamiento	VPO
	Válvula control principal	VPR
	Bomba hidráulica	BHY
	Válvula selectora	VSE
	Bomba piloto	BOP
	Neutralizador de puerta	NEP
	Neumáticos	NEU

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

3.3. Desarrollo del Objetivo Específico nro. 02

Después de realizar el objetivo N°1, en la identificación y codificación de los equipos, procedemos a realizar el análisis de Criticidad.

3.3.1. Análisis de Criticidad para identificación de equipos.

Tabla 3.15 Identificación y codificación del sistema

Concepto	Detalle	Código
	Eléctrico y electrónico	EE
	Motor	MO
	Tren de potencia	TP
	Hidráulico	HI
	Dirección	DR
	Frenos	FR
Sistemas	Corona y mandos finales	CM
	Estructura	ET
	Neumáticos	NE
	Conos	CO
	Tacos	TC
	Extintor	EX
	Equipo de primeros auxilios	AX

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Teniendo ya la los datos con su respectiva codificación mencionados en la figura 3.4, estableceremos la criticidad de acuerdo a la siguiente valoración:

- A. Crítico: 8 puntos
- B. Importante: 4 puntos
- C. Prescindible: 2 puntos

Tabla 3.16 Análisis de Criticidad – Equipos del Sistema de Acarreo

	Seguridad y Medio Ambiente	Operaciones	Calidad	Mantenimiento
A CRITICO (8 PUNTOS)	Puede originar accidente muy grave		Es clave para la calidad de los servicios	Alto costo de reparación en caso de avería MO - TP - CM
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales) MO - HI - DR - FR - EE - CM- NE - TP	Su parada afecta al Plan de Operaciones MO - HI - DR - FR - CM- NE - TP	Es el causante de un alto porcentaje de atrasos MO - DR - NE -HI - TP - EE	Averías muy frecuentes HI - NE - MO - TP
	Ha producido accidentes en el pasado HI - FR - NE			Consumo de una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales) HI - NE - MO
B IMPORTANTE (4 PUNTOS)	Necesita revisiones periódicas (anuales) ET - CO - EX - AX	Afecta a las operaciones, pero es recuperable (no llega a afectar clientes o al plan de operaciones) ET - EX	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático	Costo medio en mantenimiento CO - TC - EX - AX - EE
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas			
C PRESCINDIBLE (2 PUNTOS)	Poca influencia en seguridad	Poca influencia en las operaciones	No afecta a la calidad CO - TC - EX - AX	Bajo costo de mantenimiento CO - TC - EX - AX

Fuente: Adaptado de García Garrido (2003)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.17 Tabla de Ponderación de Criticidad de los equipos del Sistema de Acarreo

Equipos	Seguridad y Medio Ambiente	Operaciones	Calidad	Mantenimiento	TOTAL	Modelo de Mantenimiento
Motor	8	8	8	8	4096	A. DISP.
Hidráulico	8	8	8	8	4096	A. DISP.
Frenos	8	8	8	8	4096	A. DISP.
Neumáticos	8	8	8	8	4096	A. DISP.
Corona y mandos finales	4	8	8	8	2048	A. DISP.
Tren de potencia	8	8	4	8	2048	A. DISP.
Dirección	8	8	4	8	2048	A. DISP.
Eléctrico y electrónico	4	8	4	4	512	SISTE.
Estructura	2	4	4	4	128	COND.
Tacos	4	2	4	2	64	CORREC.
Extintor	4	2	4	2	64	CORREC.
Equipo de primeros auxilios	4	2	4	2	64	CORREC.
Conos	4	2	2	2	32	CORREC.

Fuente: Adaptado de García Garrido (2003)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.18 Criticidad y modelos de mantenimiento

CLASIFICACION	MODO MANTENIMIENTO	PONDERADO
Críticos	Alta disponibilidad	2048 - 4096
	Sistemático	512 - 1024
Importante	Condicional	128 - 256
Prescindibles	Correctivo	16 - 64

Fuente: Adaptado de García Garrido (2003)
Elaborado por el investigador (2018).

3.4. Desarrollo del Objetivo Específico nro. 03

Realizar los procedimientos para la identificación de los tipos y modelos de mantenimiento para los sistemas críticos de los equipos de carga y transporte en una empresa minera, 2018.

Después de realizar el objetivo n°2 y reconociendo la clasificación de los sistemas críticos procederemos a realizar lo siguiente.

3.4.1. Determinar los sistemas críticos y los modos de mantenimiento

Tabla 3.19 Cuadro de Criticidad y Modelo de Mantenimiento

Código	Equipos	Valor	Clasificación	Modelo de Mantenimiento
MO	Motor	4096	Crítico	Alta Disponibilidad
HI	Hidráulico	4096	Crítico	Alta Disponibilidad
FR	Frenos	4096	Crítico	Alta Disponibilidad
NE	Neumáticos	4096	Crítico	Alta Disponibilidad
CM	Corona y mandos finales	2048	Crítico	Alta Disponibilidad
TP	Tren de potencia	2048	Crítico	Alta Disponibilidad
DR	Dirección	2048	Crítico	Alta Disponibilidad
EE	Eléctrico y electrónico	512	Crítico	Sistemático
ET	Estructura	128	Importante	Condicional
TC	Tacos	64	Prescindible	Correctivo
EX	Extintor	64	Prescindible	Correctivo
AX	Equipo de primeros auxilios	64	Prescindible	Correctivo
CO	Conos	32	Prescindible	Correctivo

Fuente: Adaptado de García Garrido (2003)
Elaborado por el investigador (2018).

De acuerdo a los resultados de la tabla se visualizan sistemas críticos que son de mucha importancia para este proyecto, las cuales son:

- Motor
- Hidráulico de Implementos
- Frenos
- Neumáticos
- Corona y mandos finales
- Tren de potencia
- Dirección
- Eléctrico y electrónico

3.4.2. Determinar los tipos de fallos y su clasificación:

Tabla 3.20 Tabla de fallas técnicas de motor.

Sistema	Componente	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción del modo de fallo	Clasificación
Motor	Motor		No funciona	Falta de combustible	Evitar
	Alternador	Funcional	No carga	Terminales desgastados	Evitar
	Arrancador		No gira	averiado	Evitar
	Turbo Cargador		Ruido en los rodamientos	Componentes internos con desgaste	Minimizar
	Múltiple de A/E	Técnico	Saturado	Demasiado combustión de combustible	Minimizar
	Enfriador de aceite		Saturado	Falta de limpieza de paneles	Minimizar
	Bomba de aceite		No suministra aceite	Bomba presurizada no funciona	Evitar
	Inyectores	Funcional	No pulveriza combustible	Mala calibración	Evitar
Bomba de inyección		No suministra petróleo	Falla de los elementos de inyección	Evitar	

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.21 Tabla de fallas técnicas de tren de potencia.

Sistema	Componente	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción del modo de fallo	Clasificación
Tren de potencia	Convertidor de par	Funcional	Presión baja	Kit de sellos averiados	Evitar
	Caja de transferencia	Funcional	Recalentamiento	Enfriador saturado	Evitar
	Transmisión power shift	Funcional	Presión debajo de operación	Fuga interna de los ejes	Evitar
	Diferenciales	Funcional	Recalentamiento	Falla en el nivel de aceite	Evitar

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.22 Tabla de fallas técnicas de parte eléctrica y electrónica

Sistema	Componente	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción del modo de fallo	Clasificación
Electricidad y Electrónico	Interruptor de presión de aceite de frenos		Selector funciona a dos fases	Corto circuito	Evitar
	Relé de encendido	Funcional	Relé muy sensible	Des calibración de relé	Evitar
	Sensor de temperatura		No detecta	Sensor averiado	Evitar
	ECM		Mala lectura en el tablero	Cable principal desconectado	Evitar
	Sensor temperatura de hidráulico	Funcional	Voltaje anormal	Cable desconectado	Evitar
	Sensor de velocidad	Funcional	No detecta	Descalabrado	Evitar
	Sensor de freno	Funcional	No llega presión	Baja presión de aceite	Evitar
<i>Display data link</i>	Funcional	Error de lectura	Mucha humedad en los cableados	Evitar	

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.23 Tabla de fallas técnicas en la parte de Dirección

Sistema	Componente	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción del modo de fallo	Clasificación
Dirección	Bomba e dirección	Técnico	Fuga de aceite por el eje	Retén desgastado	Minimizar
	Cilindro de dirección	Funcional	Fuga interna	Kit de sellos averiados	Evitar
	Enfriador e aceite	Funcional	Recalentamiento	Fallo en los paneles saturados	Evitar
	Válvula de control	Funcional	Cavitación	Falla en instalación de mangueras sin purgar	Evitar

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.24 Tabla de fallas técnicas en la parte de Hidráulico

Sistema	Componente	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción del modo de fallo	Clasificación
Hidráulico	Válvula de traba	Funcional	No hay presión	Bobina de traba recalentada	Evitar
	Válvula control	Funcional	Fuga interna	Ejes desgastados	Evitar
	Cilindro de levante	Funcional	Fuga de aceite	Falla en mangueras resacas	Evitar
	Cilindro de volteo	Funcional	Fuga de aceite	Falla en el kit de orines	Evitar
	Válvula de control piloto	Técnico	Baja presión	El asiento de desgastado	Minimizar
	Válvula reductora	Técnico	Baja presión	Falla en regulación	Minimizar
	Bomba de aceite piloto	Funcional	Caudal bajo	Desgaste en los engranajes	Evitar
	motor hidráulico	Funcional	Giro lento	Falla en regulación de la mano rali	Evitar
	Válvula control principal	Funcional	Fallo con los implementos	Fallo en el sol	Evitar
	Bomba hidráulica	Funcional	Bajo caudal	Ejes de engranajes desgastados	Evitar
	Válvula selectora	Funcional	Fallo con el control de cuchara	Conexiones de cables flojos	Evitar
	Bomba piloto	Funcional	No suministra caudal	Nivel de aceite bajo	Evitar
	Neutralizador de puerta	Funcional	No hay transmisión	Fallo en el cableado que conduce la señal	Evitar

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.25 Tabla de fallas técnicas en la parte de Frenos

Sistema	Componente	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción del modo de fallo	Clasificación
Frenos	Acumulador de freno	Funcional	Descargado	Falla en válvula de cierre	Evitar
	Válvula reductora	Funcional	Baja presión	Manipulación inadecuada del regulador	Evitar
	Bomba piloto de freno	Técnico	Recalentamiento	Piñones con bajo aceite	Minimizar
	Discos de freno	Funcional	Desgaste	Los discos con asbesto reducido	Evitar
	Válvula de parqueo	Funcional	No regula	Se queda parqueado el equipo	Evitar
	Mandos finales	Técnico	Recalentamiento	Bajo nivel de aceite	Minimizar
	Cardanes	Técnico	Pernos flojos	Falta de reajuste	Minimizar
	Corona posterior	Funcional	Sonido irregular	Vibraciones	Evitar
Piñón de ataque	Técnico	Pernos flojos	Falla en calibración	Minimizar	

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.26 Tabla de fallas técnicas en la parte de Neumáticos

Sistema	Componente	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción del modo de fallo	Clasificación
Neumáticos	Aros	Técnico	Dañado	Falla en operación	Minimizar
	Pestaña	Funcional	Deformidad y oxidación	Golpes en el traslado de materiales	Evitar
	Seguros	Funcional	Desgaste	Constantemente para sumergido	Evitar

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.27 Tabla de fallas técnicas en la parte de Corona y mandos finales

Sistema	Componente	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción del modo de fallo	Clasificación
Corona y mandos finales	Semi ejes	Técnico	Pandeado	Falla en tracción forzada	Minimizar
	Corona delantera	Funcional	Sonido irregular	Falta de apriete correcto de pernos	Evitar
	Planetarios	Técnico	Fuga por la tapa	Falla por empaquetadura	Minimizar
	Cardanes	Técnico	Pernos flojos	Falta de reajuste	Minimizar
	Corona posterior	Funcional	Sonido irregular	Vibraciones	Evitar
	Piñón de ataque	Técnico	Pernos flojos	Falla en calibración	Minimizar

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

3.4.3. Determinar las medidas preventivas a los fallos detectados.

Tabla 3.28 Principales Medidas Preventivas para Fallos Detectados (1° parte)

Descripción del modo de fallo	Tareas de mantenimiento	Medidas Preventivas		
		Mejoras	Procedimiento de producción	Procedimiento de mantenimiento
Falta de combustible	Filtro primario saturado	Instalar filtro secundario	Indicar al operador el correcto uso de arranque	Indicar el procedimiento de purgar el separador de agua
No arrancar el motor	Comprobar la tensión en los terminales			
Fusibles averiados	Comprobar la limpieza de caja de fusibles del arrancador	Protección contra la humedad a la caja de fusibles		Instalar procedimientos para instalar sin voltaje
Componentes internos con desgaste	Comprobar presencia de aceite en la turbina de la carcasa	Sustituir los filtros de admisión	Inspeccionar estado de filtro de aire	Indicar el procedimiento de desmontaje y montaje.

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.29 Principales Medidas Preventivas para Fallos Detectados (2° parte)

Descripción del modo de fallo	Tareas de mantenimiento	Medidas Preventivas		
		Mejoras	Procedimiento de producción	Procedimiento de mantenimiento
Desgaste de empaquetadura por la tapa de balancines	Comprobar la presencia de fuga de aceite	Sustituir las empaquetaduras dañadas	Indicar el procedimiento de inspección	Indicar procedimiento de desmontaje y montaje
Recalentamiento del sistema de lubricación	Comprobar la limpieza del ventilador.	Instalar medidores de temperatura y así controlar	Indicar el procedimiento de operación de apagar el motor	Realizar la inspección y mantenimiento de los paneles del enfriador
Piezas de la bomba desgastadas	Comprobar presencia de partículas desconocidas	Inspeccionar el nivel de aceite del motor		Indicar en el procedimiento para medir el desgaste acumulado
Presencia de humo negro	Comprobar la presión de inyección a la cámara de combustión		Indicar el procedimiento de inspección.	Indicar el procedimiento para realizar con la herramienta la medición.
Reducción de caudal	Inspeccionar la presión de combustible		Indicar al operador el procedimiento de requerimiento de servicio	
Existe corto circuito en el interruptor de presión	Comprobar el circuito afectado del interruptor	Inspeccionar las conexiones y vibraciones	Indicar procedimiento inspección visual	Indicar procedimiento de medir aislamiento
Se dispara el relé	Comprobar la tensión	Comprobar la regulación del relé y la corriente del motor	Indicar procedimientos de instalación de relé	Estandarizar los pasos de regulación
Sensor averiado	Comprobar circuito eléctrico del sensor			Indicar el procedimiento de situación del sensor

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.30 Principales Medidas Preventivas para Fallos Detectados (3° parte)

Descripción del modo de fallo	Tareas de mantenimiento	Medidas Preventivas		
		Mejoras	Procedimiento de producción	Procedimiento de mantenimiento
Cable principal desconectado	Comprobar el funcionamiento del ramal principal			
Cable desconectado	Comprobar el funcionamiento del ramal principal			
Descalibrado	Comprobar la holgura para la calibración o cambiar por otra			Indicar procedimientos para la regulación
Parqueo total del equipo	Comprobar la tensión de la bobina		Control constante de los sensores debido a humedad	
Mucha humedad en los cableados	Sustituir con protectores que cubran los cables			Indicar procedimientos para sustituir los protectores
Presión baja de convertidor	Inspeccionar con un manómetro la presión del sistema		Control constante en la lectura de manómetros	
Rotura de juntas o brida	Inspección visual de fugas en juntas y bridas			Indicar procedimientos para la sustitución
Fuga interna de los ejes	Comprobar la presión de trabajo de las marchas con un manómetro		Indicar los procedimientos de operación de equipos	
Desprendimientos de partículas de los piñones	Comprobar los niveles de aceite			Indicar procedimientos de ajuste de pernos de corona
Bobina de traba recalentada	Comprobar la tensión de ingreso a la válvula			

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.31 Principales Medidas Preventivas para Fallos Detectados (4° parte)

Descripción del modo de fallo	Tareas de mantenimiento	Medidas Preventivas		
		Mejoras	Procedimiento de producción	Procedimiento de mantenimiento
Ejes desgastados	Comprobar giro suave de los ejes	Sustituir los ejes	Operador realiza solicitud de servicio	Indicar el procedimiento de reemplazo de los ejes
Falla en mangueras resacas	Inspección visual de fuga de aceite			Indicar los procedimientos para la sustitución de mangueras
Falla en el kit de orines	Inspección de visual de manómetros y sus parámetros	Instalar juego completo y original de orines		Indicar los pasos de instalación
El asiento de desgastado	Comprobar las dimensiones internas	Comprobar la hermeticidad de los conectores	Indicar procedimiento de inspección visual	Indicar procedimiento de desmontaje y montaje
Falla en regulación	Comprobar el tornillo de regulación este ajustado	Colocar un protector para el perno de regulación		
Desgaste en los engranajes	Comprobar juego axial del eje		Inspeccionar el procedimiento para verificar el eje	
Falla en regulación de la <i>man relif</i>	Verificar la holgura de regulación	Instalar un protector para las vibraciones		Indicar procedimientos de regulación
Fallo en el <i>spool</i>	Revisar los accionamientos manualmente			
Reducción de caudal	Revisar el caudalímetro		Indicar al operador el procedimiento de requerimiento de servicio	

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.32 Principales Medidas Preventivas para Fallos Detectados (5° parte)

Descripción del modo de fallo	Tareas de mantenimiento	Medidas Preventivas		
		Mejoras	Procedimiento de producción	Procedimiento de mantenimiento
Conexiones de cables flojos	Ajustar tornillos flojos	Comprobar que tenga arandela de presión	Indicar al operador procedimientos de inspección	Indicar procedimientos de apriete de tornillos
Nivel de aceite bajo	Comprobar la regulación de la válvula principal			Indicar el procedimiento de regulación
Fallo en el cableado que conduce la señal	Comprobar la tensión de la bobina	Inspeccionar la tensión y lubricación	Indicar al operador el funcionamiento de arranque de operación	Indicar procedimientos en uso de equipo
El retén desgastado	Comprobar fugas de aceite por el eje	Sustituir el reten		Indicar el procedimiento de desmontaje y montaje de un reten
Kit de sellos averiados	Verificar la presión de trabajo	Inspeccionar manómetro en el display		
Recalentamiento en el sistema hidráulico	Comprobar el suministro de aceite sea el ideal	Comprobar por el visor la limpieza de filtro hidráulico	Indicar al operador procedimientos de inspección	
Falla en válvula de cierre	Comprobar la presión de gas de nitrógeno			Indicar procedimiento de medición de nitrógeno
Manipulación inadecuada de la reguladora	Comprobar la altura de los pernos de regulación		Indicar al operador el procedimiento de solicitud de servicio	Indicar el procedimiento para la regulación
Los discos con asbesto reducido	Comprobar la holgura con un calibrador de laminas			Indicar procedimientos para la medición

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.33 Principales Medidas Preventivas para Fallos Detectados (6° parte)

Descripción del modo de fallo	Tareas de mantenimiento	Medidas Preventivas		
		Mejoras	Procedimiento de producción	Procedimiento de mantenimiento
Se queda parqueado el equipo	Comprobar la tensión de la bobina		Indicar al operador los procedimientos de operación	
Bajo nivel de aceite	Comprobar nivel de aceite			
Falla en operación	Inspección visual de los alojamientos de los pernos		Indicar la verificación del apriete de las tuercas	Indicar el procedimiento de reajuste de las tuercas
Golpes en el traslado de materiales	Inspección visual de las grietas			
Oxidación del material y fracturación	Inspección visual de rajaduras	Instalar doble seguro a los aros		Seguir los procedimientos para la ejecución
Falla en tracción forzada	Reapriete de tornillos de fijación		Indicar al operador procedimientos de operación	
Falta de apriete correcto de pernos	Inspeccionar pernos de sujeción	Color pernos de grado		Indicar procedimientos de apriete con torquímetro
Falla por empaquetadura	Inspección visual de fugas de aceite	Sustituir empaquetaduras dañadas	Indicar el procedimiento de inspección y limpieza	Indicar procedimiento de desmontaje y montaje
Falta de reajuste	Comprobar permanentemente tornillos de sujeción	Reemplazar por tornillos de grado		Indicar procedimiento de desmontaje y montaje
Presión inflada	Comprobar holgura de medición de los neumáticos		Indicar al operador el procedimiento de requerimiento de servicio	

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

3.4.4. Elaboración de la Matriz AMEF

Es una herramienta de calidad la cual ayuda a identificar y prevenir fallas en productos, proceso y sistemas (Sánchez, 2006)

Esta matriz nos ayuda a identificar todas las posibles fallas con el fin el disminuir el riesgo y proponiendo acciones en la cual ayudara a mejorar la gestión.

Tabla 3.34 Análisis de Modo de Fallas y Efectos para los equipos del Sistema de Carga y Transporte (1° Parte)

Elemento / Función	Función	Modo de fallo	Efecto	AMFE				Acciones propuestas
				S	O	D	NPR = S*O*D	
Motor diesel	Parte principal del equipo que convierte la energía de la combustión en energía mecánica	Emana mucho humo negro	Contaminación gases tóxicos Deformación de culata y ejes como cigüeñal, eje de levas Hará un sobre esfuerzo	10	6	5	300	Regulación de la bomba de inyección
		Recalentamiento		9	4	4	144	Comprobar el flujo de ventilación adecuada
		Falta torque	provocando daños a componentes	8	4	4	128	Comprobar presión de combustible
Bomba hidráulica	Encargada de suministrar fluido al sistema hidráulico	No funciona	No hay suministro de aceite	9	4	5	180	Comprobar nivel de fluido
		No gira		9	4	5	180	Comprobar giro suave del eje
		Fuga de aceite a la salida de la bomba	Crea cavitación en la bomba	10	4	5	200	Comprobar que el tanque este presurizado

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Tabla 3.35 Análisis de Modo de Fallas y Efectos para los equipos del Sistema de Carga y Transporte (2° Parte)

AMFE								
Elemento / Función	Función	Modo de fallo	Efecto	S	O	D	NPR = S*O*D	Acciones propuestas
Válvula de control de la transmisión	Encargada de distribuir flujo para las velocidades de transmisión	Pérdida de presión en marcha	No permite la salida del equipo	7	5	3	105	Inspeccionar regular mensualmente
		No indica secuencia de velocidades		6	4	3	72	Realizar las pruebas en cada una de las bobinas de marcha
Mangueras hidráulicas	Conducir y direccionar el fluido	Fuga de fluido por avería y reseca	Paralización del equipo	8	5	4	160	Colocar protectores de cubierta para mantenerlos y alarga la vida
Actuador de levante	Convertir potencia hidráulica en potencia mecánica	No genera presión para levantar material	El ritmo del ciclo de trabajo disminuye	8	5	4	160	Realizar pruebas y protectores para alargar la vida
Válvula de carga del acumulador	Realizar el ciclo de carga y descarga del sistema de freno	Pérdida de presión	Equipo sin frenos	10	6	4	240	Inspección y regulación en cada mantenimiento
Neumáticos	Es el contacto con el equipo y la superficie, que amortigua, guía.	Responde solo en el pisado de freno						
		Neumático desinflado sin la presión de aire adecuado	Paralización del equipo	9	7	5	315	Inspeccionar diariamente
Cortes en la banda de rodadura	Reduce la vida de trabajo							

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

3.5. Objetivo General

Proponer la implementación de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para la mejora de la disponibilidad de los equipos del sistema de carga y transporte en una Empresa Minera, 2018

Aquí detallaremos la descripción del Plan de Mantenimiento Preventivo con sus principales actividades desarrolladas y las acciones que se dará con una frecuencia en horas de trabajo.

Figura 3.4 Portada de Propuesta de Plan de Mantenimiento

PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE UN
PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
METODOLOGÍA RCM PARA LA MEJORA DE LA
DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA
DE CARGA Y TRANSPORTE EN UNA EMPRESA
MINERA



Elaborado por el investigador (2018)

PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGIA RCM PARA LA MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE CARGA Y TRANSPORTE DE MINERAL

1. INTRODUCCION

La operación de un sistema de carga y transporte de minerales forma parte del Sistema de Operación y Producción en una empresa minera; debido a estas actividades es imprescindible contar con un Plan de Mantenimiento preventivo que permita asegurar la disponibilidad de los equipos para minimizar las paradas imprevistas y por lo tanto disminuir las labores de mantenimiento correctivo. Por lo tanto, las actividades de mantenimiento cumplen una función importante dentro del sistema operativo de la empresa minera.

2. OBJETIVO

El objetivo de la presente propuesta de plan de mantenimiento es:

- Identificar las averías y los modos de falla de los equipos mediante las actividades propuestas en este Plan de Mantenimiento para asegurar la disponibilidad de los equipos

El plan presenta una estructura sencilla con fácil interpretación de cada actividad a realizar.

3. ALCANCE

El alcance de este Plan será aplicado por el personal del Área de Mantenimiento, así como también para las empresas contratistas que realicen dicha actividad dentro de la empresa.

4. RESPONSABLES

4.1. Jefe de Mantenimiento

- ✓ Verificar el cumplimiento del Plan de Trabajo.
- ✓ Fomentar la participación del personal de Operaciones mediante las coordinaciones y actividades conjuntas con ambas jefaturas.
- ✓ Realizar la mejora continua del Plan de Mantenimiento mediante revisiones periódicas a los procedimientos de trabajo buscando optimizar actividades y

aplicando modelo de trabajo que cumplan con los objetivos trazados en la confiabilidad de los equipos.

- ✓ Asegurar que los trabajos de mantenimiento se cumplan con lo estipulado en las leyes laborales del sector minero e industrial.

4.2. Asistente de Mantenimiento

- ✓ Mantener actualizado el programa de mantenimiento de acuerdo los cambios y acontecimientos que se presenten durante las operaciones.
- ✓ Realizar un inventario y programar actividades de mantenimiento de equipos y herramientas para la operatividad de los mismos
- ✓ Actualizar la data de los principales materiales consumibles para mantener un stock de repuestos e insumos necesarios para las actividades planificadas
- ✓ Informar a la jefatura de nuevas adquisiciones así como generar retiro de activos en estado de envejecimiento para su disposición final.
- ✓ Coordinar con el área de logística para la adquisición de suministros, materiales y/o herramientas en el plazo correspondiente a las actividades programadas

4.3. Supervisores de grupo de trabajo

- ✓ Coordinar los permisos laborales de acuerdo al requerimiento de las labores programadas
- ✓ Fomentar un buen clima laboral con el personal operario de mantenimiento así como con personal anexo de la empresa (operaciones, logística, seguridad)
- ✓ Dirigir la charla de inducción al trabajo para reconocer los riesgos laborales y aplicar las medidas preventivas que el trabajo requiera.
- ✓ Controlar y supervisar los tiempos y actividades de los trabajos de mantenimientos programados de acuerdo al nuevo plan.
- ✓ Verificar el buen uso de equipos, herramientas e instrumentos de medición en las actividades del mantenimiento.
- ✓ Hacer cumplir los procedimientos de trabajo seguro (PETS) para las actividades de mantenimiento.

- ✓ Suspender las actividades de mantenimiento cuando se presenten condiciones inseguras que no puedan ser resueltas en el más breve plazo (reprogramación de trabajos).
- ✓ Reportar al jefe de mantenimiento de las condiciones de operatividad así como de las incidencias de los trabajos realizado por los equipos de operarios en cada fin guardia.
- ✓ Realizar los reportes de trabajos ejecutados y pendientes, según el caso, y derivarlo al asistente de mantenimiento para la actualización de la data de mantenimiento.

4.4. Personal de mantenimiento

- ✓ Realizar la revisión de sus herramientas y/o equipos para sus labores de mantenimiento
- ✓ Efectuar el(los) Chekc List rutinario de Equipos y EPP requeridos por el Sistema de Gestión de Seguridad.
- ✓ Recibir la charla de inducción al trabajo para reconocer los riesgos laborales y aplicar las medidas preventivas que el trabajo requiera
- ✓ Solicitar el (los) permiso(s) correspondiente(s) que requiera la actividad de mantenimiento
- ✓ Informar al supervisor el inicio de las labores y del estado de los equipos y herramientas.
- ✓ Reportar al supervisor de mantenimiento de toda herramienta y/o equipo en mal estado para la reparación y/o cambio según corresponda
- ✓ Realizar los trabajos de mantenimiento de acuerdo a lo programado
- ✓ Cumplir con los procedimientos de trabajo seguro (PETS) para las actividades de mantenimiento.
- ✓ Paralizar y suspender cualquier actividad de mantenimiento ante la presencia de condiciones inseguras, informar al supervisor para la evaluación correspondiente.

5. TAREAS DE MANTENIMIENTO

Para las tareas de mantenimiento, en los equipos de carga y transporte, se clasifican los equipos por sistemas, los cuales son:

- Sistema motor
- Sistema hidráulico
- Sistema eléctrico
- Sistema transmisión
- Sistema estructura
- Sistema de frenos

Esta clasificación permite optimizar las actividades de mantenimiento, haciendo más práctico la realización de las mismas; y tiene como punto de referencia el control de frecuencia de horas, la cual se detallará a continuación siguiendo un formato:

- Actividades de Mantenimiento a las 250 horas.
- Actividades de Mantenimiento a las 500 horas.
- Actividades de Mantenimiento a las 1000 horas.
- Actividades de Mantenimiento a las 2000 horas.

5.1. SISTEMA DE MOTOR:

Sistema: Motor

Equipo: Cargador Subterráneo R1300G



Detalle:

Motor diésel de la marca Caterpillar modelo 3406B, se caracteriza por tener 6 cilindros en línea, una potencia nominal de 2200.0 rpm, calibre de 120.7, carrera de 152.4mm, una potencia bruta de 123.0 KW.

Trabajos a realizar

- Estacionar el equipo con sus respectivos tacos de seguridad.
- Bloqueo de energía de todo el equipo y rotular.
- Despresurización del sistema hidráulico ante cualquier accidente.
- Se retira la cubierta de la tapa de balancines del motor.
- Se coloca en PMS el motor.
- Se calibra la holgura de los balancines.
- Con un calibrador de láminas se mide la holgura.
- Se regula los balancines para sus respectivos mantenimientos.
- Se cambia empaquetadura de la tapa.
- Se procede a colocar los pernos de la tapa balancines.
- Se calibra y se mide las revoluciones del motor.
- Se realiza las pruebas correspondientes y calado del motor.
- Se revisa el turbo compresor.
- Se toma y se registra los parámetros.
- Se realiza las pruebas correspondientes.
- Se monta todos los accesorios.
- Se retira los tacos de seguridad de los neumáticos.
- Se coloca la tarjeta de operatividad.

Herramientas

- Guantes de badana
- Llaves mixtas de 10mm – 24mm
- Llaves hexagonales
- Tacómetro
- Pirómetro
- Calibrador de laminas
- Linterna de mano
- Llaves y dados rayche
- Llave hexagonal n° 12
- Calibrador de disco
- Herramienta de giro de motor

Actividades de Mantenimiento a las 250 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar ruidos anómalos en piezas móviles internas en el motor	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Toma de parámetros de temperatura	A.D.	SIST.	COND.	
Medir el nivel de aceite	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar el funcionamiento de los indicadores	A.D.	SIST.	COND.	
Inspeccionar las conexiones de los sensores	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Revisar la limpieza de los enfriadores	A.D.	SIST.	COND.	
Inspeccionar los soportes de motor y pernos de sujeción	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Revisar la limpieza de ventilador	A.D.	SIST.	COND.	
Inspeccionar filtros de admisión	A.D.	SIST.		

Actividades de Mantenimiento a las 500 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar los pernos de acoplamiento con la transmisión	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar que el ventilador no roza con otros componentes	A.D.	SIST.	COND.	
Control de funcionamiento de los puntos de lubricación	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar el nivel de aceite y ver presencia de partículas extrañas	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar la holgura de las válvulas de admisión y escape	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar el estado general y limpieza	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar del estado de piñones de sincronización del motor	A.D.	SIST.		
Comprobar los ductos del turbo cargador	A.D.	SIST.		
Cambio de aceite si es necesario	A.D.	SIST.		
Cambio sistemático de filtros	A.D.	SIST.		
Comprobar el punto de sincronización con la bomba de inyección	A.D.	SIST.		
Inspeccionar el ducto de admisión	A.D.	SIST.		

Actividades de Mantenimiento a las 1000 Y 2000 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Reapriete de pernos de culata	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Sustitución de cojinetes de biela y cigüeñal	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Sustitución de anillos del pistón	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Sustitución de inyectores	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar el juego axial del turbo cargador	A.D.	SIST.	COND.	
Reapriete de perno de sujeción de volante de motor	A.D.	SIST.	COND.	
Reapriete general de todas las partes mecánicas	A.D.	SIST.		

5.2. SISTEMA HIDRAULICO:

Sistema: Hidráulico	
Equipo: Cargador Subterráneo R1300G	
	<p>Detalle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cilindro de inclinación • Válvula de flotación y secuencia • Taque hidráulico • Válvula de control piloto joystick • Válvula reductora de presión • Cilindro de levante • Válvula de posicionamiento del cucharón • Válvula de control principal • Válvula selectora y de control de presión • Bomba hidráulica principal • Bomba de aceite piloto
<p>Trabajos a realizar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estacionar el equipo con sus respectivos tacos de seguridad. • Bloqueo de energía de todo el equipo y rotular. • Despresurización del sistema hidráulico ante cualquier accidente. • Se levanta el brazo del chasis y se coloca los seguros. • Desacoplar la manguera de ingreso y salida de cilindro. • Colocar tapones a los nipes desacoplados, evitar derrames. • En seguida se retira los pines de cilindro de levante • Montaje de pines y bocinas al cilindro de levante • Colocar los pines las mangueras de presión y retorno • Retirar los seguros del brazo del chasis. • Comprobar, regular el sistema levante y volteo (presión 1800 +/- 50 psi) • Se realiza las pruebas correspondientes y toma de parámetros • Verificar nivel de aceite • Comprobar la temperatura de los filtros • Comprobar las presiones • Repara las fugas detectadas en mantenimiento diario • Realizar la toma de muestra de aceite antes de su mantenimiento • Comprobar reajuste de los pernos de sujeción de las bombas hidráulicas. 	
<p>Herramientas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kit anti derrame • Bandeja de contingencia • Guantes de badana • Marcadores • Llaves mixtas de 10mm – 24mm • Llaves hexagonales • Desarmadores • Juego de llaves hexagonales • Llaves y dados raychem 	

- Pirómetro
- Manómetros de alta presión
- Manómetros de baja presión
- Caudal metro
- Linterna de mano

Actividades de Mantenimiento a las 250 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Verificar el nivel de aceite hidráulico	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Verificar el estado de los filtros	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar temperatura de aceite	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar ausencia de fugas de aceite	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar funcionamiento de las bombas hidráulicas	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar funcionamiento de las válvulas	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar presiones del sistema	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar funcionamiento de los indicadores de presión	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar estado de las mangueras hidráulicas	A.D.	SIST.		

Actividades de Mantenimiento a las 500 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Repara las fugas detectadas en mantenimiento diario	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Purgar el tanque hidráulico	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar temperatura de las bombas y válvulas	A.D.	SIST.	COND.	
Cambiar los sellos de juntas de válvulas de control	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Toma de muestra de aceite	A.D.	SIST.	COND.	
Limpieza de filtro , procede	A.D.	SIST.	COND.	
Limpieza de componentes	A.D.	SIST.	COND.	

Actividades de Mantenimiento a las 1000 Y 2000 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar funcionamiento de las válvulas	A.D.	SIST.	COND.	
Sustitución de sellos de pistón hidráulico	A.D.	SIST.	COND.	
Reapriete de tornillos de fijación de motor-bomba	A.D.	SIST.	COND.	
Limpieza con desengrasante a los componentes hidráulicos	A.D.	SIST.		
Cambio de filtro y aceite si requiere	A.D.	SIST.		
comprobar y registrar los parámetros de presión	A.D.	SIST.		
Reapriete general de mangueras hidráulicas	A.D.	SIST.		
Comprobar alineación de las bombas	A.D.	SIST.		
Limpieza de válvulas	A.D.	SIST.		
Ajuste de válvulas proporcionales	A.D.	SIST.		
Desmontaje de bomba , limpieza interior	A.D.	SIST.		
Calibración de manómetros	A.D.	SIST.		
Limpieza del interior del deposito	A.D.	SIST.		

5.3. SISTEMA ELÉCTRICO / ELECTRÓNICO

Sistema: Eléctrico – Eletrônico	
Equipo: Cargador Subterráneo R1300G	
	<p>Detalle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensor de temperatura de motor • Sensor de velocidad • Sensor de presión de aceite de motor • Sensor de temperatura de la transmisión • Módulo de control electrónico (ECM) • Interruptor de presión de aceite de frenos • Relé de encendido • Sensor temperatura de hidráulico • Sensor de freno • Display data link
<p>Trabajos a realizar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bloqueo de energía de todo el equipo y rotular. • Revisar el cableado eléctrico hacia el panel • Comprobar la tensión a cada instrumento en el panel • Revisar los solenoides de cada sistema la activación y desactivación • Descargar la data y eliminar códigos activos del Software del ECM • Realizar la limpieza de tableros de control. • Realizar las pruebas correspondientes con las instrumentaciones del sistema • Inspeccionar el funcionamiento del telemando (emisor y receptor) • Revisar y limpieza de sensores del sistema, regular y calibrar. • Limpieza de batería y bornes. • Inspeccionar cableado a todo el ramal de ingreso de los sensores. • Inspeccionar todos los sensores de cada componente • Comprobar el consumo de general del equipo • Comprobar que los sensores estén colocados y sujetos adecuadamente • Limpieza de cajas eléctricas • Limpieza e contactos con un limpia contactos 	
<p>Herramientas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revelador de tensión, tipo lapicero. • Pinza amperimétrica. • Detector de temperatura. • Multímetro. • Linterna para casco. • Linterna de mano. • Maletín portaherramientas. • Correa porta herramienta. • Herramientas aisladas. • Juego de perilleros • Juego de alicates • Juego de brochas • Llaves Hexagonales. • Llaves y dados Rachen. • Herramientas manuales mecánicas. • Llaves y dados rachen 	

Actividades de Mantenimiento a las 250 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Inspección de cable sueltos	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
comprobación del funcionamiento de tablero de control	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar funcionamiento de indicadores	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar el estado bloqueo de seguridad	A.D.	SIST.	COND.	

Actividades de Mantenimiento a las 500 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	
Inspeccionar visualmente todos los sensores	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar el funcionamiento de carga de alternador	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar funcionamiento de arrancador	A.D.	SIST.	COND.	
comprobar el consumo general del equipo	A.D.	SIST.	COND.	
tomar muestra de los códigos activos	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar funcionamiento de telemando	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar funcionamiento de enlace con receptor	A.D.	SIST.	COND.	

Actividades de Mantenimiento a las 1000 Y 2000 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.		
Comprobar que los sensores funcionen adecuadamente	A.D.	SIST.		
Comprobar que los sensores estén colocados adecuadamente	A.D.	SIST.		
Limpieza de cuadros eléctricos	A.D.	SIST.		
Reapriete de pernos de cuadros eléctricos	A.D.	SIST.		
comprobar tensión de las bobinas de macha	A.D.	SIST.		
Diagnóstico de los códigos de falla activa del ECM	A.D.	SIST.		
Comprobar funcionamiento de las seguridad del sistema	A.D.	SIST.		
Comprobar el funcionamiento de parada de seguridad	A.D.	SIST.		
Análisis termo grafico de cuadros eléctricos.	A.D.	SIST.		

5.4. SISTEMA TRANSMISION:

Sistema: Transmisión	
Equipo: Cargador Subterráneo R1300G	
	<p>Detalle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Convertidor de par • Caja <i>power Shift</i> • Caja de transferencia
<p>Trabajos a realizar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar con un manómetro la presión del sistema • Inspección visual de fugas en juntas y bridas • Comprobar la presión de traba bajo de las marchas con un manómetro • Comprobar los niveles de aceite • Comprobar la tensión de ingreso a la válvula • Comprobar giro suave de los ejes • Inspección visual de rajaduras • Reapriete de tornillos de fijación • Inspeccionar pernos de sujeción • Inspección visual de fugas de aceite • Comprobar permanentemente tornillos de sujeción 	
<p>Herramientas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kit anti derrame • Bandeja de contingencia • Guantes de badana • Marcadores • Llaves mixtas de 10mm – 24mm • Llaves hexagonales • Pirómetro • Manómetros de alta presión • Manómetros de baja presión • Caudal metro • Linterna de mano • Llaves y dados raychem • Desarmadores • Juego de llaves hexagonales 	

Actividades de Mantenimiento a las 250 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Verificar el nivel de aceite transmisión	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Verificar el estado de los filtros	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar temperatura de aceite	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar ausencia de fugas de aceite	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar funcionamiento de la bomba de alimentación	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar funcionamiento de las válvulas	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar presiones del sistema	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar funcionamiento de los indicadores de presión	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar estado de las mangueras	A.D.	SIST.		

Actividades de Mantenimiento a las 500 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Repara las fugas detectadas en mantenimiento diario	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar temperatura de las bombas y válvulas	A.D.	SIST.	COND.	
Cambiar los sellos de juntas de válvulas de control	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Toma de muestra de aceite	A.D.	SIST.	COND.	
Limpieza de filtro , procede	A.D.	SIST.	COND.	
Limpieza de componentes	A.D.	SIST.	COND.	

Actividades de Mantenimiento a las 1000 Y 2000 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar funcionamiento de las válvulas	A.D.	SIST.	COND.	
Sustitución de sello acoplamiento de motor y caja	A.D.	SIST.	COND.	
Cambio de filtro y aceite si requiere	A.D.	SIST.		
comprobar y registrar los parámetros de presión	A.D.	SIST.		
Comprobar parámetros de velocidades	A.D.	SIST.		
Comprobar alineación de las bombas	A.D.	SIST.		
Limpieza de válvulas	A.D.	SIST.		
Ajuste de válvulas proporcionales	A.D.	SIST.		
Desmontaje de bomba , limpieza interior	A.D.	SIST.		
Calibración de manómetros	A.D.	SIST.		
Limpieza del interior del deposito	A.D.	SIST.		

5.5. SISTEMA ESTRCUTURA (CHASIS)

Sistema: Estructura – Chasis	
Equipo: Cargador Subterráneo R1300G	
	<p>Detalle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chasis delantero • Chasis posterior • Cucharón • Cabina • Estructura del oscilante • Brazo de levante
<p>Trabajos a realizar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación de pines y bocinas. • Reajuste de collet. • Medir la holgura de pines y bocinas. • Inspeccionar cantoneras. • Inspección de cuchilla. • Revisar pines superior e inferior de articulación central. • Inspeccionar lubricación en articulación. • Revisar los soportes de amortiguación de cabina. • Inspeccionar cubierta de accesorios. • Inspeccionar cubierta de motor. • Evaluar rajaduras en la estructura de oscilante. 	
<p>Herramientas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Torquímetro • Dados hexagonal de impacto de 27mm,30mm • Guantes de badana • Marcadores • Llaves mixtas de 10mm – 24mm • Llaves hexagonales • Linterna de mano • Llaves y dados raychem • Desarmadores • Juego de llaves hexagonales • Kit de tintas penetrantes 	

Actividades de Mantenimiento a las 250 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Inspección de la presencia de corrosión parte delantera	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Inspeccionar visualmente alguna anomalía como grietas en el chasis	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Inspeccionar Pintura adecuada para evitar la corrosión	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar la lubricación adecuada para acoplamiento del chasis	A.D.	SIST.	COND.	CORR.

Actividades de Mantenimiento a las 500 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Inspeccionar los pernos de sujeción del collet	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar pernos de sujeción de la articulación central	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar funcionamiento del brazo de levante	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar funcionamiento del brazo de volteo	A.D.	SIST.	COND.	
Inspeccionar rajaduras los soportes de base de los componentes	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar desgastes de rotulas de las articulaciones central	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar el desgaste del oscilante	A.D.	SIST.	COND.	

Actividades de Mantenimiento a las 1000 Y 2000 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar el juego de pines y bocinas	A.D.	SIST.		
Comprobar el desgaste de cuchilla de la cuchara	A.D.	SIST.		
Limpieza de los puntos de engrase	A.D.	SIST.		
Reapriete de pernos de sujeción de oscilante	A.D.	SIST.		
Reapriete de pernos de sujeción de la articulación central	A.D.	SIST.		
Reapriete de los pernos de sujeción de los componentes	A.D.	SIST.		
Comprobar funcionamiento del engrase automático	A.D.	SIST.		
Comprobar con las rajaduras con el kit de tintes penetrantes	A.D.	SIST.		
Comprobar el estado de material para renovar si es necesario	A.D.	SIST.		

5.6. SISTEMA DE FRENOS

Sistema: Frenos	
Equipo: Cargador Subterráneo R1300G	
	<p>Detalle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acumulador de freno • Válvula reductora de presión • Bomba piloto de freno • Discos de freno • Válvula de parqueo • Mandos finales • Válvula de freno de servicio • Válvula de control de freno de parqueo y servicio.
<p>Trabajos a realizar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprobar la presión de gas de nitrógeno • Comprobar la altura del pernos de regulación • Comprobar la holgura con un calibrador de laminas • Comprobar la tensión de la bobina • Medir y registrar los parámetros de la presión de freno • Sacar muestra de aceite de los paquetes de los mandos finales • Revisar fugas e aceite de la válvula de carga de acumuladores. • Medir el recorrido del pistón de parqueo 	
<p>Herramientas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guantes de badana • Marcadores • Juego de llaves mixtas • Llaves hexagonales • Manómetros de alta presión • Manómetros de baja presión • Linterna de mano • Llaves y dados raychem • Desarmadores • Juego de llaves hexagonales 	

Actividades de Mantenimiento a las 250 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Inspeccionar fuga de aceite de las válvula de carga	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar el funcionamiento de indicador de presión de freno	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar funcionamiento del freno de servicio	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar funcionamiento del freno de parqueo	A.D.	SIST.	COND.	CORR.

Actividades de Mantenimiento a las 500 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar el gas del nitrógeno de los acumulador	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar la altura del pernos de regulación	A.D.	SIST.	COND.	
Medir el recorrido del pistón de parqueo	A.D.	SIST.	COND.	
Revisar fugas e aceite de la válvula de carga de acumuladores	A.D.	SIST.	COND.	
Sacar muestra de aceite de los paquetes de los mandos finales	A.D.	SIST.	COND.	
Medir y registrar los parámetros de la presión de freno	A.D.	SIST.	COND.	
Comprobar la holgura con un calibrador de lámina.	A.D.	SIST.	COND.	

Actividades de Mantenimiento a las 1000 Y 2000 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar fuga interna de paquete de freno	A.D.	SIST.		
Comprobar las presiones en cada mando final	A.D.	SIST.		
Cambio de mangueras de freno reseco	A.D.	SIST.		
Reapriete de pernos de sujeción de la válvula de carga	A.D.	SIST.		
Reapriete de pernos de sujeción de los acumuladores de freno	A.D.	SIST.		
Reapriete de los pernos de sujeción del paquete de freno	A.D.	SIST.		
Comprobar funcionamiento del ciclo de carga de válvula	A.D.	SIST.		
Comprobar temperatura de cada paquete de freno	A.D.	SIST.		

5.7. SISTEMA NEUMATICO

Sistema: Neumáticos	
Equipo: Cargador Subterráneo R1300G	
	<p>Detalle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neumático 17x 25, marca Goodyear, banda de rodadura tipo liso. • Aros • Pestaña • Seguros
<p>Trabajos a realizar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual de los alojamientos de los pernos • Inspección visual de las grietas • Inspección visual de rajaduras • Medir la altura de desgaste en la banda de rodadura • Comprobar la presión de aire • Inspeccionar en buen estado de la válvula de aire • Revisar cortes laterales • Invertir de posición las llantas • Reajustar tuercas de sujeción de los aros • Cambiar espárragos si es necesario (según estado) • Revisar estado de seguro 	
<p>Herramientas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guantes de badana • Marcadores • Llaves mixtas de 10mm – 24mm • Linterna de mano • Palanca de encaste de ¾ • Dado de impacto de 1 1/16" • Gata hidráulica de 3 toneladas • Tacos de seguridad 	

Actividades de Mantenimiento a las 250 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Inspeccionar la presión inflado del neumático	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Inspeccionar cortes en la banda de rodadura	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Inspeccionar alguna fuga de aire	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar golpes o abolladuras en los seguros de los aros	A.D.	SIST.	COND.	CORR.

Actividades de Mantenimiento a las 500 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar el estado de oxidación el aro	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Comprobar el estado de los seguros	A.D.	SIST.	COND.	
Reapriete los pernos de sujeción de los aros	A.D.	SIST.	COND.	

Actividades de Mantenimiento a las 1000 Y 2000 horas.

Descripción de las tareas	Modelo de mantenimiento al que corresponde			
	A.D.	SIST.	COND.	CORR.
Inspeccionar los espárragos si es necesario cambiarlo	A.D.	SIST.		
Inspeccionar el estado de aro , si es necesario cambiar	A.D.	SIST.		
Inspeccionar el diámetro de los alojamientos de los espárragos	A.D.	SIST.		
Comprobar la rotación de las llantas	A.D.	SIST.		
Inspeccionar los neumáticos , cambiarlos si es necesario	A.D.	SIST.		

6. FORMATOS DE MANTENIMIENTO

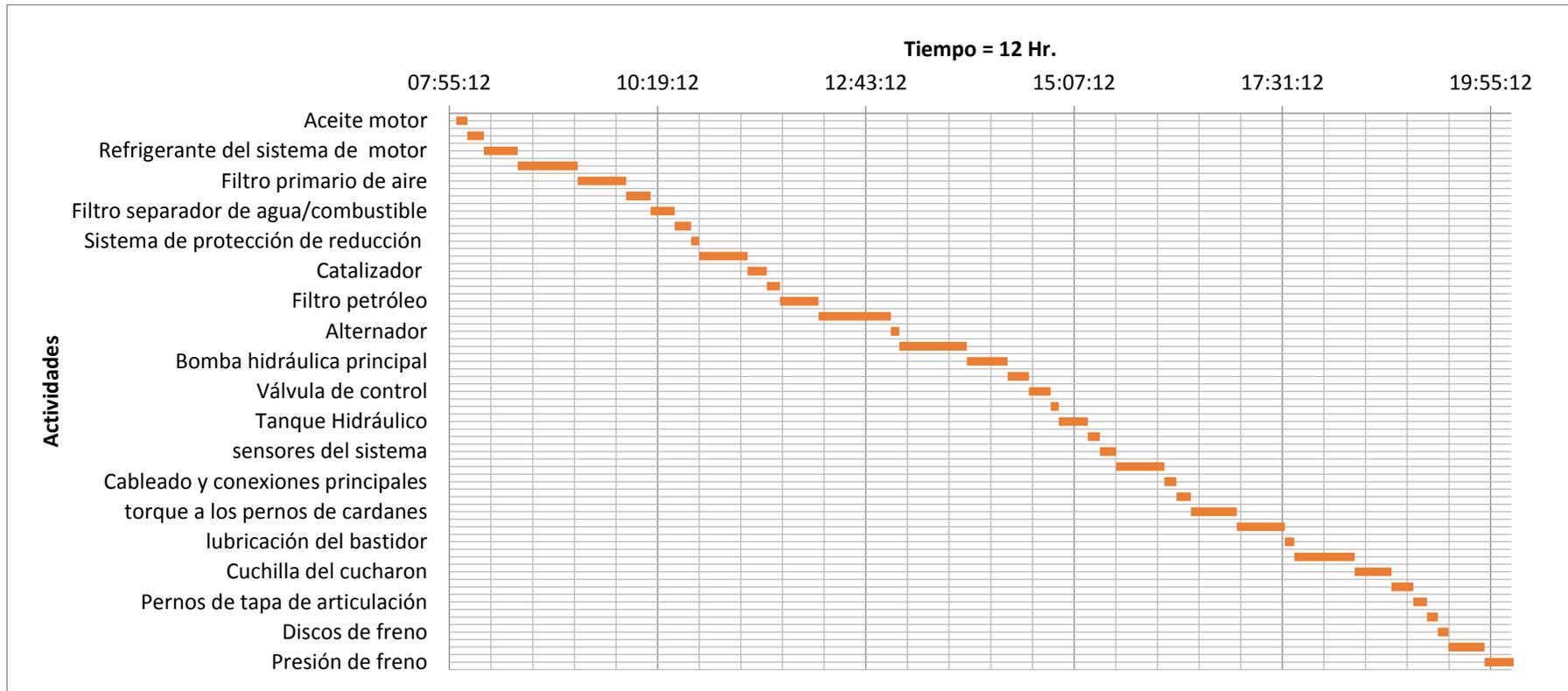
6.1 FORMATO DE CHECK LIST DE 250 HORAS.

Figura 3.5 Formato de Check list para Mantenimiento equipo pesado a las 250 horas

FORMULARIO		CODIGO	FY-MTO-15
MANTENIMIENTO EQUIPO PESADO MINA		REVISION	0
EQUIPO		FECHA	
MARCA		INTERVALO	250 Hr.
N° INTERNO		TIEMPO EJECUCION	12 Hr.
Ítem	Elemento Correspondiente	Tarea	Comentario
Sistema de Motor			
1	Rpm de calado del motor con hidraulico	Evaluar y registrar el parámetro	
2	Rpm del motor en alta en vacío	Evaluar y registrar el parámetro	
3	Presión de combustible	Evaluar y registrar el parámetro	
4	Presión del turbo	Evaluar y registrar el parámetro	
5	Fajas del ventilador y alternador	Inspeccionar y ajustar	
6	Enfriador de aceite de motor	Revisar y probar	
7	Temperatura de ingreso del refrigerante del motor	Evaluar y registrar el parámetro	
8	Temperatura de salida del refrigerante del motor	Evaluar y registrar el parámetro	
9	Mantenimiento de Inyectores	Realizar mantenimiento	
Sistema Hidráulico			
10	Tiempo de levante del brazo	Evaluar y registrar el parámetro	
11	Tiempo de bajada de brazo	Evaluar y registrar el parámetro	
12	Tiempo de Volteo de cuchara	Revisar fugas y comprobar regulación	
13	Presión de levante y volteo	Evaluar y registrar	
14	Presión de Bomba Primaria, secundaria y alimentación	Evaluar y registrar	
15	Presión piloto	Evaluar y registrar	
16	Mangueras hidráulicas	Revisar estado	
17	Fugas externas del sistema hidráulico	Revisar fugas y comprobar regulación	
Sistema Eléctrico			
18	Terminales de conector de batería	Limpiar	
19	sensores del sistema	Probar	
20	Fajas del ventilador y alternador	Inspeccionar y ajustar	
21	Cableado y conexiones principales	Revisar	
Sistema Transmisión			
22	Presión de transmisión F 1	Evaluar y registrar el parámetro	
23	Presión de transmisión F 2	Evaluar y registrar el parámetro	
24	Aceite de mando final P1, P2, P3 y P4	Revisar nivel	
25	Aceite de corona delantera	Revisar nivel	
26	Aceite de corona posterior	Revisar nivel	
27	Aceite de la caja de transferencia	Revisar nivel	
28	Aceite transmisión	Revisar nivel	
29	Presión de transmisión F 3	Evaluar y registrar el parámetro	
30	Convertidor de par	Evaluar y registrar el parámetro	
Sistema Estructura			
31	Lubricación del eje oscilante	Verificar	
32	Lubricación de articulación central	Verificar	
33	Estados de bocinas de cuchara	Revisar y/o cambiar	
34	Topes de cucharón	Revisar desgaste	
35	Pernos de tapa de articulación	Revisar el torque	
36	cojinetes del muñón	Inspeccionar	
Sistema de Freno			
37	Presión de carga salida	Evaluar y registrar el parámetro	
38	Presión de carga ingreso	Evaluar y registrar el parámetro	
39	Fugas externas del sistema de freno	Verificar y eliminar	
40	Presión de precarga de acumulador	Evaluar y registrar el parámetro	

Elaborado por el investigador (2018).

Figura 3.6 Diagrama de tiempos de ejecución de labores de mantenimiento a las 250 horas



Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)

Elaborado por el investigador (2018).

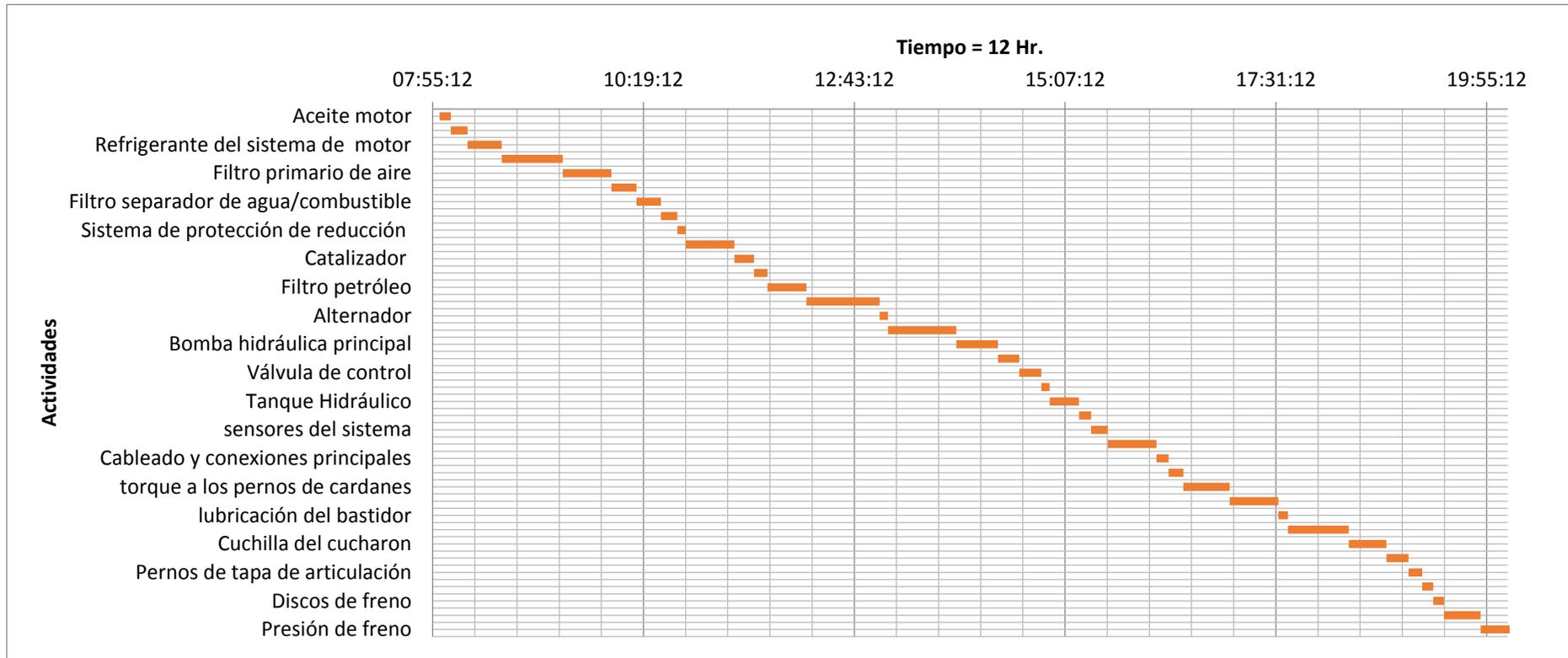
6.2. FORMATO DE CHECK LIST DE 500 HORAS

Figura 3.7 Formato de Check list para Mantenimiento equipo pesado a las 500 horas

FORMULARIO		CODIGO	FY-MTO-15
MANTENIMIENTO EQUIPO PESADO MINA		REVISION	0
EQUIPO		FECHA	
MARCA		INTERVALO	500 Hr.
N° INTERNO		TIEMPO EJECUCION	12 Hr.
Ítem	Elemento Correspondiente	Tarea	Comentario
Sistema de Motor			
3	Aceite motor	Tomar muestra de aceite	
4	Aceite motor	Cambiar aceite	
5	Refrigerante del sistema de motor	Revisar el nivel	
6	Filtro de aceite de motor	Cambiar filtro	
7	Filtro primario de aire	Cambiar el filtro (según condición)	
8	Filtro secundario de aire	Cambiar el filtro (según condición)	
9	Filtro separador de agua/combustible	Cambiar filtro	
10	Filtro de combustible	Cambiar filtro	
11	Sistema de protección de reducción de la velocidad del	Probar	
12	Cojinete del mando del ventilador	Lubricar	
13	Catalizador	Lavar el equipo	
14	Sistema de combustible	Revisar el nivel	
15	Filtro petróleo	Purgar el sistema	
16	Ventilador	Comprobar las conexiones	
17	Alternador	Comprobar las tensión	
18	Soporte de motor	Inspeccionar	
Sistema Hidráulico			
19	Bomba hidráulica principal	Revisar fugas	
20	bomba de aceite	Evaluar y registrar el parámetro	
21	Válvula de control	Revisar fugas y comprobar regulación	
22	Mangueras hidráulicas	Revisar estado	
23	Tanque Hidráulico	Revisar nivel	
Sistema Eléctrico			
24	Motor de arranque	Revisar	
25	sensores del sistema	Probar	
26	Fajas del ventilador y alternador	Inspeccionar y ajustar	
27	Cableado y conexiones principales	Revisar	
Sistema Transmisión			
28	Rpm de calado del motor con transmisión	Evaluar y registrar el parámetro	
29	torque a los pernos de cardanes	Reajustar	
30	Convertidor de par	Revisar fugas	
Sistema de Estructura			
31	lubricación del bastidor	Lubricar	
32	Articulación Central	Lubricar	
33	Cuchilla del cucharón	Revisar y/o cambiar	
34	Topes de cucharón	Revisar desgaste	
35	Pernos de tapa de articulación	Revisar el torque	
36	cojinetes del muñón	Inspeccionar	
Sistema de Freno			
37	Discos de freno	Comprobar	
38	Carcasa de Freno	Revisar el nivel	
39	Presión de freno	Evaluar y registrar el parámetro	

Elaborado por el investigador (2018).

Figura 3.8 Diagrama de tiempos de ejecución de labores de mantenimiento a las 500 horas



Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)

Elaborado por el investigador (2018).

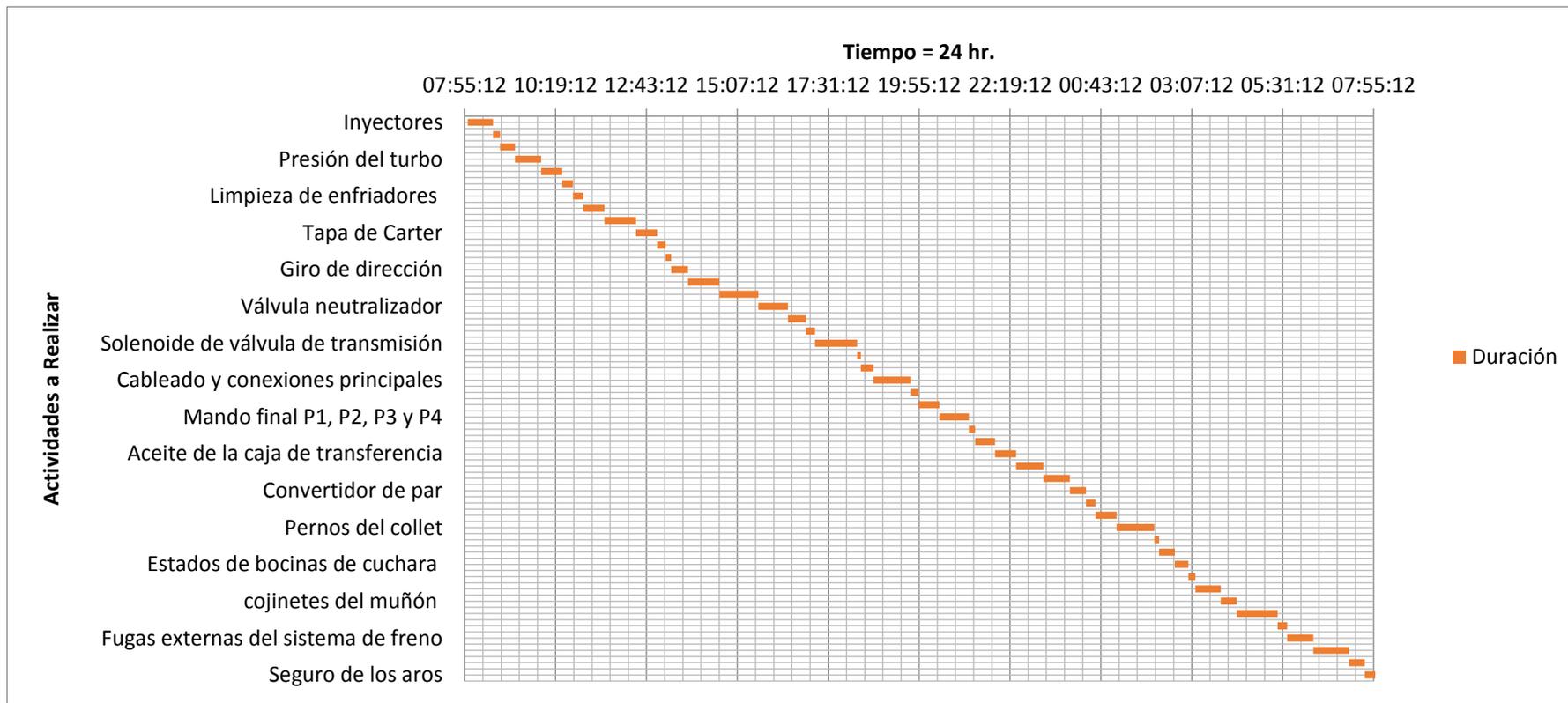
6.3 FORMATO DE CHECK LIST DE 1000 HORAS

Figura 3.9 Formato de Check list para Mantenimiento equipo pesado a las 1000 horas

FORMULARIO		CODIGO	FY-MTO-15
MANTENIMIENTO EQUIPO PESADO MINA		REVISION	0
EQUIPO		FECHA	
MARCA		INTERVALO	1000 Hr.
N° INTERNO		TIEMPO EJECUCION	24 Hr.
Ítem	Elemento Correspondiente	Tarea	Comentario
Sistema de Motor			
1	Inyectores	Evaluar y registrar el parámetro	
2	Toberas de Inyector	Comprobar y cambiar	
3	Pre calentadores	Cambiarlo	
4	Presión del turbo	Evaluar y registrar el parámetro	
5	Calibración del motor	Inspeccionar y ajustar	
6	Empaquetadura de culata	Revisar y eliminar fuga	
7	Limpieza de enfriadores de aceite	Limpiar	
8	Pernos de culata	Reajuste y torque de pernos	
9	Presión del turbo	Evaluar y registrar	
10	Tapa de Carter	Realizar mantenimiento y limpieza	
Sistema Hidráulico			
11	Montaje de tanque hidráulico	Inspeccionar y ajustar	
12	Presión de dirección	Evaluar y registrar el parámetro	
13	Tiempo de giro de dirección	Evaluar y registrar el parámetro	
14	Presión de levante y volteo	Evaluar y registrar	
15	Válvula principal	Medir y comprobar	
16	Válvula neutralizador	Medir y comprobar	
17	Mangueras hidráulicas de alta	Revisar estado	
18	Fugas externas del sistema hidráulico	Revisar fugas y comprobar regulación	
Sistema Eléctrico			
19	Solenoides de válvula de transmisión	Comprobar la tensión de trabajo	
20	sensores del sistema de carga	Comprobar circuito eléctrico del sensor	
21	Fajas del ventilador y alternador	Inspeccionar y ajustar	
22	Cableado y conexiones principales	Revisar	
Sistema Transmisión			
23	Presión de transmisión F 1	Evaluar y registrar el parámetro	
24	Presión de transmisión F 2	Evaluar y registrar el parámetro	
25	Aceite de mando final P1, P2, P3 y P4	Revisar nivel	
26	Aceite de corona delantera	Revisar nivel	
27	Aceite de corona posterior	Revisar nivel	
28	Aceite de la caja de transferencia	Revisar nivel	
29	Aceite transmisión	Revisar nivel	
30	Presión de transmisión F 3	Evaluar y registrar el parámetro	
31	Convertidor de par	Evaluar y registrar el parámetro	
Sistema Estructura			
32	Lubricación del eje oscilante	Verificar	
33	Lubricación de articulación central	Verificar	
34	Par de apriete de los pernos del colleta	Inspeccionar y ajustar	
35	Chasis delantero	Inspeccionar	
36	Chasis posterior	Inspeccionar	
37	Estados de bocinas de cuchara	Revisar y/o cambiar	
38	Topes de cucharón	Revisar desgaste	
39	Pernos de tapa de articulación	Revisar el torque	
40	cojinetes del muñón	Inspeccionar	
Sistema de Freno			
41	Discos de freno	Evaluar la holgura	
42	válvula de rebose de freno	Comprobar y cambiar	
43	Fugas externas del sistema de freno	Verificar y eliminar	
Sistema Neumáticos			
44	neumáticos	Inspeccionar presión de inflado	
45	tuercas y espárragos de llanta	Inspeccionar y/o cambiar	
46	Seguro de los aros	Inspeccionar	

Elaborado por el investigador (2018).

Figura 3.10 Diagrama de tiempos de ejecución de labores de mantenimiento a las 1000 horas



Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)

Elaborado por el investigador (2018).

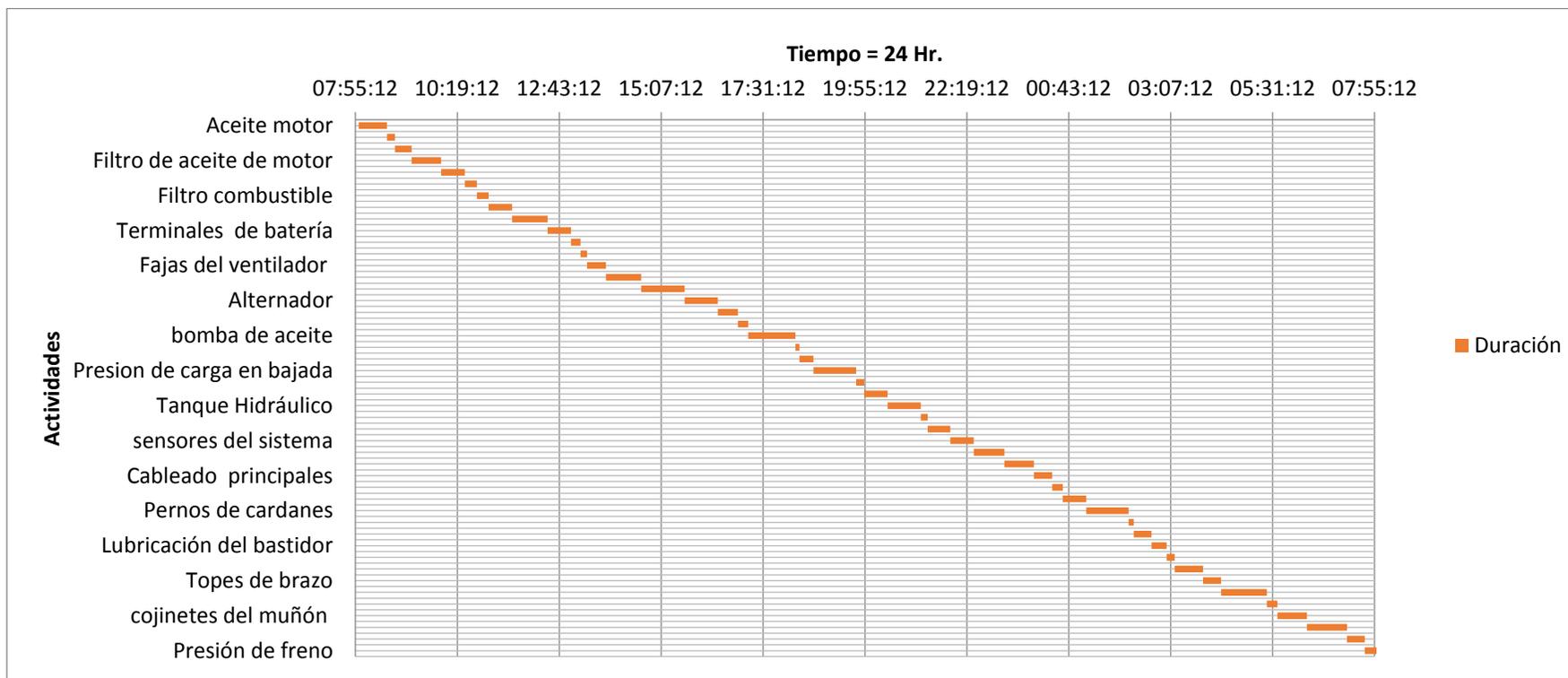
6.4. FORMATO DE CHECK LIST DE 2000 HORAS.

Figura 3.11 Formato de Check list para Mantenimiento equipo pesado a las 2000 horas

FORMULARIO		CODIGO	FY-MTO-15
MANTENIMIENTO EQUIPO PESADO MINA		REVISION	0
EQUIPO		FECHA	
MARCA		INTERVALO	2000 Hr.
N° INTERNO		TIEMPO EJECUCION	24 Hr.
Ítem	Elemento Correspondiente	Tarea	Comentario
Sistema de Motor			
1	Aceite motor	Tomar muestra de aceite	
2	Aceite motor	Cambiar aceite	
3	Refrigerante del sistema de motor	Revisar el nivel	
4	Filtro de aceite de motor	Cambiar filtro	
5	Filtro primario de aire	Cambiar el filtro (según condición)	
6	Filtro secundario de aire	Cambiar el filtro (según condición)	
7	Filtro separador de agua/combustible	Cambiar filtro	
8	Filtro de combustible	Cambiar filtro	
9	Nivel de electrolito de batería	Comprobar	
10	Terminales y conectores de batería	Limpiar	
11	Voltaje de las baterías	Medir	
12	Tapa de balancines	Cambiar empaquetadura	
13	entilador y alternador	Inspeccionar y ajustar	
14	Sistema de enfriamiento	Comprobar las temperaturas	
15	Arrancador	Comprobar el giro	
16	Alternador	Medir el voltaje de salida continua	
17	Toberas	Limpiar	
Sistema Hidráulico			
18	Bomba hidráulica principal	Revisar fugas	
19	bomba de aceite	Evaluar y registrar el parámetro	
20	Montaje de cilindro hidráulico	Inspeccionar	
21	Presión de carga en subida	Evaluar y registrar el parámetro	
22	Presion de carga en bajada	Evaluar y registrar el parámetro	
23	Válvula de control	Revisar fugas y comprobar regulación	
24	Mangueras hidráulicas	Revisar estado	
25	Tanque Hidráulico	Revisar nivel	
Sistema Eléctrico			
26	Motor de arranque	Revisar	
27	Códigos activos del motor	Registrar	
28	sensores del sistema	Probar	
29	Fajas del ventilador y alternador	Inspeccionar y ajustar	
30	Sensor de presión	Revisar	
31	Cableado y conexiones principales	Revisar	
Sistema Transmisión			
32	Rpm de calado del motor con transmisión	Evaluar y registrar el parámetro	
33	Montaje de eje transmisión	Inspeccionar	
34	torque a los pernos de cardanes	Reajustar	
35	Convertidor de par	Revisar fugas	
Sistema de Estructura			
36	Par de apriete de los pernos collet	Comprobar ajuste	
37	lubricación del bastidor	Lubricar	
38	Articulación Central	Lubricar	
39	Cuchilla del cucharón	Revisar y/o cambiar	
40	Topes de brazo	Revisar desgaste	
41	Topes de cucharón	Revisar desgaste	
42	Pernos de tapa de articulación	Revisar el torque	
43	cojinetes del muñón	Inspeccionar	
Sistema de Freno			
44	Discos de freno	Comprobar	
45	Carcasa de Freno	Revisar el nivel	
46	Presión de freno	Evaluar y registrar el parámetro	

Elaborado por el investigador (2018).

Figura 3.12 Diagrama de tiempos de ejecución de labores de mantenimiento a las 2000 horas



Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)

Elaborado por el investigador (2018).

6.5 FORMATO DE ORDEN DE TRABAJO

Figura 3.13 Formato de orden de trabajo

		FORMULARIO		CODIGO	
		ORDEN DE TRABAJO		APROBADO	
				REVISIÓN	0
AREA		TALLER / LABOR			
FECHA		TURNO		HORA	
A					
DE					
TRABAJOS A REALIZARSE					
RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD					
OBSERVACIONES DEL PERSONAL					

Elaborado por el investigador (2018).

6.7 FORMATO DE ANALISIS DE CRITICIDAD

Figura 3.14 Formato de análisis de criticidad

EQUIPO:		CODIGO:		
DATOS DEL EQUIPO				
PROVEEDOR :				
DIRECCION:				
TELEFONOS:				
DESCRIPCION DEL EQUIPO :				
CARACTERITICAS PRINCIPALES:				
VALORES DE REFERENCIA				
ANALISIS DE CRITICIDAD :			TIPO DE EQUIPO:	
Tipo de equipo o de zona	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRITICO	La posibilidad de originar un accidente grave es alta	Su parada afecta al Plan de producción y/o clientes.	Es clave para la calidad del proceso	Alto coste de reparación en caso de avería
	Necesita revisiones periódicas muy frecuentes por razones de seguridad		Es el causante de un alto porcentaje de rechazo	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidente en el pasado en plantas similares			Consumo parte de los recurso de mantenimiento
B IMPORTANTE	Necesita revisiones anuales	Afecta ala producción, pero es recuperable (no llega afectar al Plan de producción)	Afecta a la calidad pero habitualmente ni es problemático	Coste medio en mantenimiento
	Puede ocasionar un accidente grave pero las posibilidades son remotas			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en la seguridad	Poca influencia en la producción	No afecta ala calidad	Bajo coste de mantenimiento
MODELO DE MANTENIMIENTO		SUBCONTRATOS NECESARIOS		
CORRECTIVO		PREVENTIVO		
CONDICIONAL		CORRECTIVO		
SISTEMATICO		INSPECCIONES		
ALTA DISPON.		OVERHAUL		

Elaborado por el investigador (2018).

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4.1. Resultados

Con los datos recolectados durante la investigación, y conociendo los acontecimientos que ocasionaron reparaciones no programadas, tendremos la información inicial de la disponibilidad de los equipos del sistema de carga y transporte de la empresa minera analizada.

4.1.1. Situación inicial año 2016.

La empresa minera para el año 2016 había realizado su presupuesto para temas de mantenimiento donde la suma gestionada para dichas actividades ascendía a \$/.114,382.22, por lo que la provisión mensual era la suma de \$/. 9,531.85.

Sin embargo, ante los eventos producidos en los meses de marzo, junio y setiembre del año en mención ocasionaron un gasto adicional de \$/. 19,400.00 los cuales afectaron el presupuesto aumentándolo en un 16.96% lo que en temas de Gestión Dpto. no es un buen indicador.

Tabla 4.1 Gestión de presupuesto de Mantenimiento año 2016

Mes	Costo de Mantto programado	Gasto por Mantto no programado	Costo total	Acumulado %
ene-16	\$/ 9,531.85	\$/ -	\$/ 9,531.85	100%
feb-16	\$/ 9,531.85	\$/ -	\$/ 9,531.85	100%
mar-16	\$/ 9,531.85	\$/ 7,400.00	\$/ 16,931.85	178%
abr-16	\$/ 9,531.85	\$/ -	\$/ 9,531.85	100%
may-16	\$/ 9,531.85	\$/ -	\$/ 9,531.85	100%
jun-16	\$/ 9,531.85	\$/ 4,500.00	\$/ 14,031.85	147%
jul-16	\$/ 9,531.85	\$/ -	\$/ 9,531.85	100%
ago-16	\$/ 9,531.85	\$/ -	\$/ 9,531.85	100%
sep-16	\$/ 9,531.85	\$/ -	\$/ 9,531.85	100%
oct-16	\$/ 9,531.85	\$/ -	\$/ 9,531.85	100%
nov-16	\$/ 9,531.85	\$/ 7,500.00	\$/ 17,031.85	179%
dic-16	\$/ 9,531.85	\$/ -	\$/ 9,531.85	100%
Σ	\$/ 114,382.22	\$/ 19,400.00	\$/ 133,782.22	
	Índice	116.96 %		

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Debido a los eventos correctivos, suscitados en el año 2016 que generaron incrementos en los costos, también se vio reflejado en cuanto a la disponibilidad, generando una reducción de un 89%, lo cual no cumple con los parámetros establecidos por la empresa minera,

4.1.2. Situación año 2017.

La empresa minera para el año 2017 había realizado su presupuesto para temas de mantenimiento donde la suma gestionada para dichas actividades ascendía a \$/.128,108.09, siendo un 12% mayor al proporcionado en el año 2016; por lo que la provisión mensual era la suma de \$/. 10,675.67

Sin embargo, siguieron ocurriendo eventos no controlados efectivamente por los mantenimientos preventivos, estos eventos ocurrieron en los meses de febrero, mayo y octubre del año en mención ocasionando un gasto adicional de \$/. 31,800.00 los cuales afectaron el presupuesto aumentándolo en un 24.82% siguiendo la tendencia de un mal indicador de Gestión de Mantenimiento.

Tabla 4.2 *Gestión de presupuesto de Mantenimiento año 2017*

Mes	Costo de Mantenimiento programado	Gasto por Mantenimiento no programado	Costo total	Acumulado %
ene-17	\$/ 10,675.67	\$/ -	\$/ 10,675.67	100%
feb-17	\$/ 10,675.67	\$/ 7,400.00	\$/ 18,075.67	169%
mar-17	\$/ 10,675.67	\$/ -	\$/ 10,675.67	100%
abr-17	\$/ 10,675.67	\$/ -	\$/ 10,675.67	100%
may-17	\$/ 10,675.67	\$/ 14,000.00	\$/ 24,675.67	231%
jun-17	\$/ 10,675.67	\$/ -	\$/ 10,675.67	100%
jul-17	\$/ 10,675.67	\$/ -	\$/ 10,675.67	100%
ago-17	\$/ 10,675.67	\$/ -	\$/ 10,675.67	100%
sep-17	\$/ 10,675.67	\$/ -	\$/ 10,675.67	100%
oct-17	\$/ 10,675.67	\$/ 10,400.00	\$/ 21,075.67	197%
nov-17	\$/ 10,675.67	\$/ -	\$/ 10,675.67	100%
dic-17	\$/ 10,675.67	\$/ -	\$/ 10,675.67	100%
Σ	\$/ 128,108.09	\$/ 31,800.00	\$/ 159,908.09	
		Índice	124.82%	

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

4.1.3. Situación proyectada con la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo año 2018.

Debido al incremento no controlado que viene ocurriendo en los gastos del Dpto. de Mantenimiento en el tema de los trabajos correctivos tanto en el año 2016 como en el 2017 (16,96% y 24,82% respectivamente) es que se da inicio a la propuesta de implementación de un Plan de Mantenimiento que permita disminuir los índices de gastos no controlados por los trabajos correctivos.

Por ello, se realizó la implementación iniciando con los gastos propios del mismo, el cual consistió en trabajos de campo y administrativos para la formulación, redacción y ejecución del Plan de Mantenimiento mejorado.

Aquí el detalle:

Tabla 4.3 Gestión de presupuesto de Mantenimiento año 2018

Mes	Costo de Mantenimiento programado	Costo de Implementación de Plan de Mantenimiento	Costo total	Acumulado %
ene-18	\$/ 12,597.30	\$/ -	\$/ 12,597.30	100%
feb-18	\$/ 12,597.30	\$/ -	\$/ 12,597.30	100%
mar-18	\$/ 12,597.30	\$/ 2,263.00	\$/ 14,860.30	118%
abr-18	\$/ 12,597.30	\$/ -	\$/ 12,597.30	100%
may-18	\$/ 12,597.30	\$/ -	\$/ 12,597.30	100%
jun-18	\$/ 12,597.30	\$/ -	\$/ 12,597.30	100%
jul-18	\$/ 12,597.30	\$/ -	\$/ 12,597.30	100%
ago-18	\$/ 12,597.30	\$/ -	\$/ 12,597.30	100%
sep-18	\$/ 12,597.30	\$/ -	\$/ 12,597.30	100%
oct-18	\$/ 12,597.30	\$/ -	\$/ 12,597.30	100%
nov-18	\$/ 12,597.30	\$/ -	\$/ 12,597.30	100%
dic-18	\$/ 12,597.30	\$/ -	\$/ 12,597.30	100%
Σ	\$/ 151,167.54	\$/ 2,263.00	\$/ 153,430.54	
		Índice	101.50%	

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Como podemos apreciar en la tabla 4.3 se redujo significativamente el índice de los gastos incurridos en mantenimientos correctivos realizando la inversión en un nuevo Plan de Mantenimiento preventivo, con lo cual bajamos de un 24.82% en el año 2017 a un 1.05% en el año 2018.

4.2. Conclusiones

Como hemos observado en un inicio dentro del Sistema de Carga y Transporte podemos concluir que dicho sistema no cuenta con una herramienta de gestión apropiado para realizar una buena identificación de equipos, ya que en el año 2016 genero un sobrecosto de mantenimiento por trabajos correctivos siendo el importe de \$19 400 y un incremento de \$ 31 800 en el año 2017, por lo que al realizar la identificación, reconocimiento y la codificación de los equipos ayudará a organizar adecuadamente las actividades y optimizar mejor la atención de falla de los equipos.

Mediante la identificación de los componentes críticos (como el arrancador, turbo cargador, bomba de inyección, convertidor de par, caja de transferencia, bomba hidráulica, actuadores hidráulicos, sensores de temperatura, acumulador de freno, neumáticos, seguros, cardanes y piñón de ataque), permitirá clasificar los mantenimientos de acuerdo a la importancia de cada componente, entendemos que todos los componentes de un equipo son importantes, unos más críticos que otros y deben tratarse de acuerdo a su criticidad.

Describiendo los tipos y modelos de mantenimiento (como alta disponibilidad, sistemático, condicional y correctivo) con relación a los componentes críticos de los equipos se identificaron los tipos de fallas, las mismas que permitieron determinar las medidas preventivas para las tareas de mantenimiento, procedimiento de producción y procedimiento de mantenimiento, estas medidas preventivas nos ayudara a mitigar las consecuencias en caso de que ocurra una falla.

4.3. Recomendaciones

Se recomienda al Departamento de Mantenimiento, considerar esta metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), ya que al aplicarlo esta herramienta gestión con la estructuración adecuada, nos permite tener resultados positivos, como se dio a conocer en la investigación de los equipos del sistema de carga y transporte.

Se recomienda a los encargados del área de mantenimiento tener la continuidad periódica de los objetivos trazados, el cumplimiento de la metodología RCM y la mejora continua.

Se recomienda a todo el personal de mantenimiento evaluar constantemente las fallas críticas siguiendo el patrón de la metodología RCM, y evitar paradas no programadas teniendo actualizado un historial de los equipos y así poder reducir costos de mantenimiento no programados.

Se recomienda el ingreso del personal nuevo a una inducción sobre el programa y metodología de trabajo, teniendo presente los objetivos y metas planteadas por la empresa

REFERENCIAS

Academia.edu/8298934/Carguio_y_Transporte_Mineria. (07 de 2018). Obtenido de https://www.academia.edu/8298934/Carguio_y_Transporte_Mineria

Albán Salazar, N. E. (2017). *“Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en las Confiabilidad de las Maquinarias en la Empresa Construcciones Reyes para incrementar la productividad”*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Becerra Guzmán, M. R., & Bohórquez Farfán, Y. P. (2007). *“Diseño e Implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo para la maquinaria de la empresa Mejía Villegas Constructores s.a*. Cartagena: Universidad de Cartagena.

Benavides, R. (29 de Mayo de 2018). Recuperacion de la produccion de plata se ve alentada con la mejora en la cotizacion. *Gestion*, pág. 4.

Dounce Villanueva , E. (2007). *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*. Mexico: Editorial Patia.

<http://www.ccm.cl>. (07 de 2018). Obtenido de <http://www.ccm.cl/proceso-extraccion-mina-subterranea/ccm/2013-11-22/173838.html>

<https://www.codelcoeduca.cl>. (07 de 2018). Obtenido de <https://www.codelcoeduca.cl/minisitios/vocaciones/images/pasos/extraccionsubterranea.png>

Hurtado, F. (2005). *Gestión y auditoría de la calidad para organizaciones públicas: normas NTCGP 1000: 2004 conforme a la ley 872 de 2003*. Colombia: Universidad Antioquia.

Li Gálvez, C., & Mescua Rivera, R. (2016). *“Propuesta de Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Aplicado a una Flota de Camiones fuera de carretera en una Mina de Tajo Abierto”*. Lima.

Pezantes Huertas, Á. E. (2007). *AE Pesántez Huerta - Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del ...*, 2007. Guayaquil- Ecuador: Escuela Superior Politécnica del ...

Ruiz Acevedo, A. M. (2012). *Modelo para la implementación de mantenimiento predictivo en las facilidades de producción de petróleo*. Colombia: Universidad Industrial de Santander.

Sánchez, M. S. (2006). *Teoría y práctica de la calidad*. . Editorial Paraninfo.

Torres Raymundo, A. M. (2017). *“Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Mejorar la Disponibilidad de la Chancadora 60 x 113 de la Minera Chinalco”*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.

www.equipo-minero.com. (07 de 2018). Obtenido de <http://www.equipo-minero.com/contenidos/1570-seleccion-equipos-productividad-operaciones-carga-acarreo-subterraneeas.html#.WyncTvWcHIU>

ANEXOS

Anexo 1 Tabla de costos de mantenimiento preventivo	111
Anexo 2 Tabla de Costos de mano de obra	112
Anexo 3 Tabla de costos de Implementación del Plan de Mantenimiento (1° parte)	113
Anexo 4 Tabla de costos de Implementación del Plan de Mantenimiento (2° parte)	114
Anexo 5 Tabla de costos de Implementación del Plan de Mantenimiento (3° parte)	115
Anexo 6 Cronograma de Actividades y resumen general para la Implementación de Plan de Mantenimiento del Sistema de carga y Transporte	116
Anexo 7 Cuadro de Disponibilidad del año 2016.....	117
Anexo 8 Cuadro de Disponibilidad del año 2017	118
Anexo 9 Cuadro de Disponibilidad proyectada para el año 2018.....	119
Anexo 10 Cuadro de historial de indicadores de equipo 2016 y 2017	120
Anexo 12 Tabla nro. 02 de materiales e insumo de mantenimiento para un CAT R1300G.....	123
Anexo 13 Tabla nro. 03 de materiales e insumo de mantenimiento para un CAT R1300G.....	124
Anexo 14 Tabla nro. 04 de materiales e insumo de mantenimiento para un CAT R1300G.....	125
Anexo 15 Cuadro de disponibilidad años 2016 – 2017 y proyección año 2018.....	126
Anexo 16 Cuadro de historial de horómetro de equipo del 2016	128
Anexo 17 Cuadro de historial de horómetros de equipos del año 2017.....	129

Anexo 1 *Tabla de costos de mantenimiento preventivo*

Régimen de principales repuestos mecánicos

Frecuencia (Horas)	Materiales y repuestos	Cant	Costos	
			Parcial US\$	Total US\$
1460	Frenos	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
1752	Estructura	1	\$ 1,750.00	\$ 1,750.00
2190	Sistema Eléctrico	1	\$ 1,450.00	\$ 5,200.00
	Neumáticos	1	\$ 3,750.00	
4380	Sistema hidráulico	1	\$ 2,250.00	\$ 2,250.00
8760	Motor Diésel	1	\$ 4,500.00	\$ 18,000.00
	Convertidor de par	1	\$ 2,500.00	
	Transmisión	1	\$ 3,500.00	
	Diferenciales	1	\$ 7,500.00	

Jornada de trabajo 24 horas/día; si consideramos la frecuencia
mas alta (8760 horas) eso nos da 1 año (365 días)

Presupuesto de principales repuestos mecánicos

Materiales y repuestos	Cant	P.U (US\$)	Costos	
			Parcial US\$	Total US\$
Frenos	6	\$1,500.00	\$ 9,000.00	\$ 9,000.00
Estructura	5	\$1,750.00	\$ 8,750.00	\$ 8,750.00
Sistema Eléctrico	4	\$1,450.00	\$ 5,800.00	\$ 20,800.00
			\$ 15,000.00	
Neumáticos	4	\$3,750.00	\$ 15,000.00	
Sistema	2	\$2,250.00	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00
Motor Diésel	1	\$4,500.00	\$ 4,500.00	\$ 18,000.00
Convertidor de par	1	\$2,500.00	\$ 2,500.00	
Transmisión	1	\$3,500.00	\$ 3,500.00	
Diferenciales	1	\$7,500.00	\$ 7,500.00	

Total	\$ 61,050.00
Total	\$ 201,465.00

Valor dólar	S/. 3.30
-------------	----------

Es quiere decir que en horas) como mantenimiento preventivo
de una unidad de acarreo, su gasto en materiales y repuestos
(sin considerar mano de obra) es de \$/. 61,050.00

Por lo que la hora maquina puede llegar a costar \$/. 6.97

Este es el costo de hora maquina para cubrir gastos de materiales
de mantenimiento preventivo (moneda nacional) S/. 23.00

Siendo el costo al año en tema de mantenimiento preventivo de \$/. 61,050.00 (S/. 201,465.00)

Siendo el costo mensual en tema de mantenimiento preventivo de \$/ 5,087.5 (S/. 16,788.75)

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 2 Tabla de Costos de mano de obra

Calculo de planilla										
Personal	Cant	P.U	Costo mes	Costo anual	Gratificacion	Computable	C.T.S	Seguro (9%)	Total por empleado	Total por personal completo
Operador	1	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00	S/. 42,000.00	S/. 7,000.00	S/. 49,000.00	S/. 4,083.33	S/. 4,410.00	S/. 57,493.33	S/. 57,493.33
Año 12 meses EsSalud 9%									TOTAL ANUAL	S/. 57,493.33
									TOTAL MENSUAL	S/. 4,791.11
									TOTAL HORA	S/. 6.55
									Valor dólar	S/. 3.30
									Total hora	\$ 1.98
Personal	Cant	P.U	Costo mes	Costo anual	Gratificacion	Computable	C.T.S	Seguro (9%)	Total por empleado	Total por personal completo
Tecnico Mantto	1	S/. 2,200.00	S/. 2,200.00	S/. 26,400.00	S/. 4,400.00	S/. 30,800.00	S/. 2,566.67	S/. 2,772.00	S/. 36,138.67	S/. 36,138.67
Año 12 meses EsSalud 9%									TOTAL ANUAL	S/. 36,138.67
									TOTAL MENSUAL	S/. 3,011.56
									TOTAL HORA	S/. 4.11
									Valor dólar	S/. 3.30
									Total hora	\$ 1.25

<https://www.indeed.com.pe/salaries/Operador/a-de-maquinaria-pesada-Salaries>

Presupuesto de mano de obra

Detalles	Hora	dia	mes	año
Costo de hora maquina	\$ 6.97	\$ 167.26	\$ 5,017.81	\$ 60,213.70
Costo Hora Hombre-operador	\$ 1.98	\$ 47.60	\$ 1,428.05	\$ 17,136.61
Costo Hora Hombre-mantto	\$ 1.25	\$ 29.92	\$ 897.63	\$ 10,771.58
Sub total	\$ 10.20	\$ 244.78	\$ 7,343.49	\$ 88,121.90
Gastos generales (10%)	\$ 1.02	\$ 24.48	\$ 734.35	\$ 8,812.19
IGV (18%)	\$ 2.02	\$ 48.47	\$ 1,454.01	\$ 17,448.14
Total	\$ 13.24	\$ 317.73	\$ 9,531.85	\$ 114,382.22

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 3 Tabla de costos de Implementación del Plan de Mantenimiento (1° parte)

Gastos de implementación del Plan de Mantenimiento						
1.- Elaboracion de la composicion del sistema			Costo n° 01	S/.	904.50	
Duracion 1 semana						
Costos						
Utiles de oficina						
Horas extras del personal						
Utiles de oficina					Horas Extras	
Detalle	Unid	Cant	Precio	Costo	Personal	Costo
Hojas bond	paq	0.5	S/. 12.00	S/. 6.00	técnicos	273.00
lapiceros	paq	3	S/. 3.50	S/. 10.50	supervisor	504.00
impresiones	und	30	S/. 0.50	S/. 15.00		
archivadores	und	6	S/. 10.00	S/. 60.00		
tableros	und	3	S/. 12.00	S/. 36.00		
				Total		S/. 777.00
				Total		S/. 127.50
2.- Transcripcion de procesos			Costo n° 02	S/.	830.00	
Duracion 1 semana						
Costos						
Utiles de oficina						
Horas extras del personal						
Utiles de oficina					Horas Extras	
Detalle	Unid	Cant	Precio	Costo	Personal	Costo
Hojas bond	paq	0.5	S/. 12.00	S/. 6.00	técnicos	273.00
lapiceros	paq	2	S/. 3.50	S/. 7.00	supervisor	504.00
impresiones	und	80	S/. 0.50	S/. 40.00		
				Total		S/. 777.00
				Total		S/. 53.00
3.- Redaccion de inventario			Costo n° 03	S/.	1,342.90	
Duracion 2 semanas						
Costos						
Utiles de oficina						
Horas extras del personal						
Utiles de oficina					Horas Extras	
Detalle	Unid	Cant	Precio	Costo	Personal	Costo
Hojas bond	paq	2	S/. 12.00	S/. 24.00	técnicos	546.00
lapiceros	paq	4	S/. 3.50	S/. 14.00	supervisor	504.00
impresiones	und	70	S/. 0.50	S/. 35.00		
Marcadores	und	3	S/. 5.70	S/. 17.10		
tableros	und	1	S/. 12.00	S/. 12.00		
Rotulador	und	1	S/. 95.00	S/. 95.00		
Cinta	und	6	S/. 9.30	S/. 55.80		
Micas	und	40	S/. 1.00	S/. 40.00		
				Total		S/. 1,050.00
				Total		S/. 292.90

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 4 Tabla de costos de Implementación del Plan de Mantenimiento (2° parte)

Gastos de implementación del Plan de Mantenimiento										
4.- Elaboracion de matriz de criticidad		Costo n° 04		S/.	1,046.50					
Duracion 1 semana										
Costos		Utiles de oficina Horas extras del personal								
Utiles de oficina			Horas Extras							
Detalle	Unid	Cant	Precio	Costo	Personal	Horas	Dias	Costo por hora	Costo	
Hojas bond	paq	1	S/. 12.00	S/. 12.00	técnicos	3	2	7	S/. 6.50	S/. 273.00
lapiceros	paq	2	S/. 3.50	S/. 7.00	supervisor	3	2	7	S/. 12.00	S/. 504.00
impresiones	und	40	S/. 0.50	S/. 20.00			Total		S/. 777.00	
Pizarra acrilica	und	1	S/. 120.00	S/. 120.00						
Plumones	und	3	S/. 4.50	S/. 13.50						
Mota p/pizarra	und	1	S/. 5.00	S/. 5.00						
archivadores	und	6	S/. 12.00	S/. 72.00						
Micas	und	20	S/. 1.00	S/. 20.00						
			Total	S/. 269.50						
5.- Identificacion de tipos de mantenimiento		Costo n° 05		S/.	848.50					
Duracion 1 semana										
Costos		Utiles de oficina Horas extras del personal								
Utiles de oficina			Horas Extras							
Detalle	Unid	Cant	Precio	Costo	Personal	Horas	Dias	Costo por hora	Costo	
Hojas bond	paq	1	S/. 12.00	S/. 12.00	técnicos	3	2	5	S/. 6.50	S/. 195.00
lapiceros	paq	2	S/. 3.50	S/. 7.00	supervisor	3	2	7	S/. 12.00	S/. 504.00
impresiones	und	50	S/. 0.50	S/. 25.00			Total		S/. 699.00	
Plumones	und	3	S/. 4.50	S/. 13.50						
archivadores	und	6	S/. 12.00	S/. 72.00						
Micas	und	20	S/. 1.00	S/. 20.00						
			Total	S/. 149.50						
6.- Redaccion de fallas tecnicas y funcionales		Costo n° 06		S/.	801.50					
Duracion 1 semana										
Costos		Utiles de oficina Horas extras del personal								
Utiles de oficina			Horas Extras							
Detalle	Unid	Cant	Precio	Costo	Personal	Horas	Dias	Costo por hora	Costo	
Hojas bond	paq	1	S/. 12.00	S/. 12.00	técnicos	3	2	5	S/. 6.50	S/. 195.00
lapiceros	paq	2	S/. 3.50	S/. 7.00	supervisor	3	2	7	S/. 12.00	S/. 504.00
impresiones	und	80	S/. 0.50	S/. 40.00			Total		S/. 699.00	
Plumones	und	3	S/. 4.50	S/. 13.50						
Micas	und	30	S/. 1.00	S/. 30.00						
			Total	S/. 102.50						

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 5 Tabla de costos de Implementación del Plan de Mantenimiento (3° parte)

Gastos de Implementacion del Plan de Mantenimiento

7.- Redaccion de medidas preventivas y Matriz AMFE Costo n° 07 S/. 813.50

Duracion 1 semana

Costos Utiles de oficina
Horas extras del personal

Utiles de oficina

Detalle	Unid	Cant	Precio	Costo
Hojas bond	paq	2	S/. 12.00	S/. 24.00
lapiceros	paq	2	S/. 3.50	S/. 7.00
impresiones	und	80	S/. 0.50	S/. 40.00
Plumones	und	3	S/. 4.50	S/. 13.50
Micas	und	30	S/. 1.00	S/. 30.00
Total				S/. 114.50

Horas Extras

Personal		Horas	Dias	Costo por hora	Costo
técnicos	3	2	5	S/. 6.50	S/. 195.00
supervisor	3	2	7	S/. 12.00	S/. 504.00
Total				S/. 699.00	

8.- Elaboracion del Plan de Mantenimiento Costo n° 08 S/. 880.50

Duracion 1 semana

Costos Utiles de oficina
Horas extras del personal

Utiles de oficina

Detalle	Unid	Cant	Precio	Costo
Hojas bond	paq	2	S/. 12.00	S/. 24.00
lapiceros	paq	4	S/. 3.50	S/. 14.00
impresiones	und	200	S/. 0.50	S/. 100.00
Plumones	und	3	S/. 4.50	S/. 13.50
Micas	und	30	S/. 1.00	S/. 30.00
Total				S/. 181.50

Horas Extras

Personal		Horas	Dias	Costo por hora	Costo
Operario	3	2	5	S/. 6.50	S/. 195.00
supervisor	3	2	7	S/. 12.00	S/. 504.00
Total				S/. 699.00	

S/. 7,467.90
Valor dólar 3.3
\$ 2,263.00

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 6 Cronograma de Actividades y resumen general para la Implementación de Plan de Mantenimiento del Sistema de carga y Transporte

Cronograma de actividades para la Implementación del mantenimiento con la metodología RCM										
Sistema de carga y transporte de mineral										
Ítem	ACTIVIDADES	SEMANAS								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Elaboración de la composición del sistema	■								
2	Transcripción de procesos		■							
3	Redacción de inventario			■	■	■				
4	Elaboración de matriz de criticidad					■				
5	Identificación de tipos de mantenimiento						■			
6	Redacción de fallas técnicas y funcionales							■		
7	Redacción de medidas preventivas y Matriz AMFE								■	
8	Elaboración del Plan de Mantenimiento									■

Resumen General
Año 2016 al 2018 (proyectado)

Descripción	Año		
	2016	2017	2018
Costo de mantenimiento	\$ 114,382.22	\$ 128,108.09	\$ 151,167.54
Costo de mantenimiento no programado	\$ 19,400.00	\$ 31,800.00	
Costo de Implementación del mantenimiento			\$ 2,263.00
Disponibilidad	89.21%	90.30%	93%
Margen	16.96%	24.82%	1.50%

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 7 Cuadro de Disponibilidad del año 2016

Equipo	Zona	Ene-16			Feb-16			Mar-16			Abr-16			May-16			Jun-16			MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD 1° SEMESTRE (%)	PROMEDIO DISPONIBILIDAD SEMESTRE 1 (%)
		MTBF	MTTR	DISP. (%)																			
SC-42	II	720	75	89.58	720	75	89.58	720	90	87.50	720	75	89.58	720	75	89.583	720	75	89.58	4320	465	89.24	89.13
SC-43	II	720	75	89.58	720	75	89.58	720	75	89.58	720	75	89.58	720	75	89.583	720	99	86.25	4320	474	89.03	
		TOTAL																		8640	939		

Equipo	Zona	Jul-16			Ago-16			Set-16			Oct-16			Nov-16			Dic-16			MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD 2° SEMESTRE (%)	PROMEDIO DISPONIBILIDAD SEMESTRE 2 (%)
		MTBF	MTTR	DISP. (%)																			
SC-42	II	720	75	89.58	720	75	89.58	720	75	89.58	720	75	89.58	720	87	87.92	720	75	89.58	4320	462	89.31	89.44
SC-43	II	720	75	89.58	720	75	89.58	720	75	89.58	720	75	89.58	720	75	89.58	720	75	89.58	4320	450	89.58	
		TOTAL																		8640	912		

Consideraciones

Mes de trabajo se considera 30 días/mes

Horas de trabajo se considera 24 horas/día

MTBF	17280
MTTR	1851
DISPONIBILIDAD TOTAL	89.29

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 8 Cuadro de Disponibilidad del año 2017

Equipo	Zona	Ene-17			Feb-17			Mar-17			Abr-17			May-17			Jun-17			MTBF	MTRR	DISPONIBILIDAD 1° SEMESTRE (%)	PROMEDIO DISPONIBILIDAD SEMESTRE 1 (%)
		MTBF	MTRR	DISP. (%)																			
SC-44	II	720	60	91.67	720	84	88.33	720	60	91.67	720	60	91.67	720	60	91.67	720	60	91.67	4320	384	91.11	90.83
SC-43	II	720	60	91.67	720	60	91.67	720	60	91.67	720	60	91.67	720	108	85	720	60	91.67	4320	408	90.56	
TOTAL																				8640	792		

Equipo	Zona	Jul-17			Ago-17			Set-17			Oct-17			Nov-17			Dic-17			MTBF	MTRR	DISPONIBILIDAD 2° SEMESTRE (%)	PROMEDIO DISPONIBILIDAD SEMESTRE 2 (%)
		MTBF	MTRR	DISP. (%)																			
SC-44	II	720	60	91.67	720	60	91.67	720	60	91.67	720	108	85.00	720	60	91.67	720	60	91.67	4320	408	90.56	91.11
SC-43	II	720	60	91.67	720	60	91.67	720	60	91.67	720	60	91.67	720	60	91.67	720	60	91.67	4320	360	91.67	
TOTAL																				8640	768		

Consideraciones

Mes de trabajo se considera 30 días/mes

Horas de trabajo se considera 24 horas/día

MTBF	17280
MTRR	1560
DISPONIBILIDAD	90.97

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 9 Cuadro de Disponibilidad proyectada para el año 2018

Equipo	Zona	Ene-18			Feb-18			Mar-18			Abr-18			May-18			Jun-18			MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD 1° SEMESTRE (%)	PROMEDIO DISPONIBILIDAD SEMESTRE 1 (%)
		MTBF	MTTR	DISP. (%)																			
SC-44	II	720	60	91.67	720	60	91.67	720	60	91.67	720	59	91.81	720	57	92.08	720	56	92.22	4320	352	91.85	91.85
SC-43	II	720	60	91.67	720	60	91.67	720	60	91.67	720	59	91.81	720	57	92.08	720	56	92.22	4320	352	91.85	
TOTAL																				8640	704		

Equipo	Zona	Jul-18			Ago-18			Set-18			Oct-18			Nov-18			Dic-18			MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD 2° SEMESTRE (%)	PROMEDIO DISPONIBILIDAD SEMESTRE 2 (%)
		MTBF	MTTR	DISP. (%)																			
SC-44	II	720	55	92.36	720	53	92.64	720	52	92.78	720	51	92.92	720	50	93.06	720	48	93.33	4320	309	92.85	92.85
SC-43	II	720	55	92.36	720	53	92.64	720	52	92.78	720	51	92.92	720	50	93.06	720	48	93.33	4320	309	92.85	
TOTAL																				8640	618		

Consideraciones

Mes de trabajo se considera 30 días/mes
Horas de trabajo se considera 24 horas/día

MTBF	17280
MTTR	1322
DISPONIBILIDAD	92.35

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018)

Anexo 10 Cuadro de historial de indicadores de equipo 2016 y 2017

Registro de indicadores del año 2016

		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
Equipo	Zona	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR
SC-42	II	720	75	720	75	720	90	720	75	720	75	720	75
SC-43	II	720	75	720	75	720	75	720	75	720	75	720	99

		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Equipo	Zona	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR
SC-42	II	720	75	720	75	720	75	720	75	720	87	720	75
SC-43	II	720	75	720	75	720	75	720	75	720	75	720	75

Registro de indicadores del año 2017

		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
Equipo	Zona	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR
SC-42	II	720	60	720	84	720	60	720	60	720	60	720	60
SC-43	II	720	60	720	60	720	60	720	60	720	108	720	60

		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Equipo	Zona	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR	MTBF	MTRR
SC-42	II	720	60	720	60	720	60	720	108	720	60	720	60
SC-43	II	720	60	720	60	720	60	720	60	720	60	720	60

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 11 Tabla nro. 01 de materiales e insumos de mantenimiento para un CAT R1300G

FORMULARIO				
CHECK LIST RUTINARIO DE SCOOP				
Fecha:		Equipo:		Horometr
Guardia:		Operador:		Firma:
Hr.		Mecánico:		Firma:
Hr. Final:		Eléctri./Electrón	/	Firma:
Taller		Supervisor:		Firma:
NOTA: Se marcará con una " X ", la verificación de estado; y escribir la cantidad agregado de lubricante.				
ACTIVIDADES		BUENO	MALO	RELENADO (g)
Paso 1 (MOTOR)				
1.- Verificar y/o rellenar nivel de combustible				
2.- Verificar y/o rellenar nivel de aceite				
3.- Verificar estado y tensión de correas de transmisión.				
4.- Verificar nivel de refrigerante				
5.- Verificar estado y/o cambio de filtros de admisión				
6.- Verificar presiones(PSI), temperaturas(°C) y RPM (alta / baja)				
7.- Verificar tapas de: aceite, combustible y radiador				
8.- Verificar estado y realizar lavado de enfriador y radiador.				
Paso 2 (TRANSMISION)				
1.- Verificar y/o rellenar nivel de aceite transmision.				
2.- Verificar estado eje cardán (motor-transmisión)				
3.- Verificar estado eje cardán (transmisión-ejes)				
4.- Verificar estado del pedal de aceleración (válvula)				
5.- Verificar funcionamiento de los embrague FNR y velocidad.				
6.- Verificar parametros de presión(PSI), temperaturas(°C).				
Paso 3 (RUEDAS)				
1.- Verificar estado de las llantas (POS: 1, 2, 3, 4)				
2.- Verificar presion y/o ajuste, tapa válvula, seguros, tuercas, esparragos, altura de cocada de llantas				
Paso 4 (HIDRAULICO)				
1.- Verificar y/o rellenar nivel de aceite hidráulico				
2.- Verificar fugas en cilindros hidráulicos				
3.- Verificar válvulas de control y pilotaje				
4.- Verificar topes de cilindros hidráulicos				
5.- Verificar parametros de presión(PSI), temperaturas(°C).				
Paso 5 (ELECTRICO)				
1.- Verificar funcionamiento de sensores, switch, botoneras, instrumentos de tablero de control de operador				
2.- Verificar funcionamiento de luces, faros, circulinas, alarma de retroceso, claxon				
3.- Verificar estado de baterías, terminales y precalentadores				
4.- Verificar estado del receptor / emisor de telemando en labor.				
Paso 6 (LUBRICACION)				
1.- Engrasar pines de articulacion del boom,bogie-boom, cuchara y articulacion central.				
2.- Engrasar cojinetes del eje oscilante.				
3.- Lubricar bujes de los cilindro de direccion, levante y volteo				
Paso 7 (ACCESORIOS)				
1.- Revisar desgaste de las bocinas de cuchara, boom-bogie, articulacion central.				
2.- Revisar desgaste y/o rajadura de cuchara, labio de cuchara, cantoneras, boom, topes de cuchara, topes de boom-bogie				
3.- Verificar extintor, cinta reflectiva, asiento, correa de seguridad				
CONSTANCIA DE PRUEBA DE FRENOS				
PROCEDIMIENTO		BUENO	MALO	FALLA
FRENO DE SERVICIO				
FRENO DE PARQUEO				
PROCEDIMIENTO:				
1.- FRENO DE SERVICIO: Estacionar el equipo en posición horizontal con el motor encendido, quitar el freno de parqueo y enganchar en segunda marcha, para luego aplicar el freno de servicio con motor acelerado por un periodo de 05 @ 10 seg. El equipo no debe desplazarse.				
2.- FRENO DE PARQUEO: Comprobar con el switch de parqueo. Verificar el ajuste de pastillas con el disco de parqueo, utilizando un calibrador de láminas y aplicando el freno de estacionamiento la distancia entre pastilla y disco debe ser lo mínimo posible.				
RECOMENDACIONES:				

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 112 Tabla nro. 02 de materiales e insumo de mantenimiento para un CAT R1300G

EQUIPOS CAT R-1300G				
MATERIALES MANTTO TIPO 250 HORAS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	Nº PARTE	CODIGO	CANTIDAD
1	Filtro Separador	133-5673	9030925	1
2	Filtro Aceite de Motor	1R-0739	9004354	1
3	Filtro de Combustible	1R-0750	9021804	1
4	Filtro de Aire Primario	8N-6309	9032954	1
5	Filtro de Aire Secundario	8N-2556	9032955	1
6	Empaques de Catalizador	186-9686	9030924	2
7	Aceite Motor (balde de 5 gl)	3E-9713	9032951	2

EQUIPOS CAT R-1300G				
MATERIALES MANTTO TIPO 500 HORAS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	Nº PARTE	CODIGO	CANTIDAD
1	Filtro Separador	133-5673	9030925	1
2	Filtro Aceite de Motor	1R-0739	9004354	1
3	Filtro de Combustible	1R-0750	9021804	1
4	Filtro de Aire Primario	8N-6309	9032954	1
5	Filtro de Aire Secundario	8N-2556	9032955	1
6	Empaques de Catalizador	186-9686	9030924	2
7	Aceite Motor (balde de 5 gl)	3E-9713	9032951	2
8	Filtro Aceite Hidráulico	1R-0722	9004382	2
9	Filtro Aceite Transmisión	9T-9054	9032956	1
10	O'ring Tuerca Base Filtro Transmisión	3D-2824	9001493	1
11	O'ring Tapa Respirador del Carter	4L-9564	9001718	1
12	O'ring Tapa Filtro	5H-6733	9032957	2
13	Kit Tapa de Combustible	9X-2205	9002274	1

EQUIPOS CAT R-1300G				
MATERIALES MANTTO TIPO 1000 HORAS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	Nº PARTE	CODIGO	CANTIDAD
1	Filtro Separador	133-5673	9030925	1
2	Filtro Aceite de Motor	1R-0739	9004354	1
3	Filtro de Combustible	1R-0750	9021804	1
4	Filtro de Aire Primario	8N-6309	9032954	1
5	Filtro de Aire Secundario	8N-2556	9032955	1
6	Empaques de Catalizador	186-9686	9030924	2
7	Aceite Motor (balde de 5 gl)	3E-9713	9032951	2
8	Filtro Aceite Hidráulico	1R-0722	9004382	2
9	Filtro Aceite Transmisión	9T-9054	9032956	1
10	O'ring Tuerca Base Filtro Transmisión	3D-2824	9001493	1
11	O'ring Tapa Respirador del Carter	4L-9564	9001718	1
12	O'ring Tapa Filtro	5H-6733	9032957	2
13	Kit Tapa de Combustible	9X-2205	9002274	1
14	O'ring Taponos Mandos Finales y Diferenciales	7M-8485	9018716	8
15	O'ring Tapa Filtro Magnético Convertidor	8H-7521	9003397	1
16	Aceite Transmisión (balde 5 gl)	8T-9572	9032952	3
17	Aceite Mandos Finales y Diferenciales (balde 5 gl)	8T-9576	9032953	5

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 123 Tabla nro. 03 de materiales e insumo de mantenimiento para un CAT R1300G

EQUIPOS CAT R-1300G				
MATERIALES MANTTO TIPO 2000 HORAS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	Nº PARTE	CODIGO	CANTIDAD
1	Filtro Separador	133-5673	9030925	1
2	Filtro Aceite de Motor	1R-0739	9004354	1
3	Filtro de Combustible	1R-0750	9021804	1
4	Filtro de Aire Primario	8N-6309	9032954	1
5	Filtro de Aire Secundario	8N-2556	9032955	1
6	Empaques de Catalizador	186-9686	9030924	2
7	Aceite Motor (balde de 5 gl)	3E-9713	9032951	2
8	Filtro Aceite Hidráulico	1R-0722	9004382	2
9	Filtro Aceite Transmisión	9T-9054	9032956	1
10	O'ring Tuerca Base Filtro Transmisión	3D-2824	9001493	1
11	O'ring Tapa Respirador del Carter	4L-9564	9001718	1
12	O'ring Tapa Filtro	5H-6733	9032957	2
13	Kit Tapa de Combustible	9X-2205	9002274	1
14	O'ring Tapones Mandos Finales y Diferenciales	7M-8485	9018716	8
15	O'ring Tapa Filtro Magnético Convertidor	8H-7521	9003397	1
16	Aceite Transmisión (balde 5 gl)	8T-9572	9032952	3
17	Aceite Mandos Finales y Diferenciales (balde 5 gl)	8T-9576	9032953	10
18	O'ring Tapa Drenaje Aceite Hidráulico	5M-2057	9031304	1
19	Aceite Hidráulico (balde 5 gl)	8T-9580		5

EQUIPOS CAT R-1300G				
MATERIALES MANTTO TIPO 3000 HORAS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	Nº PARTE	CODIGO	CANTIDAD
1	Filtro Separador	133-5673	9030925	1
2	Filtro Aceite de Motor	1R-0739	9004354	1
3	Filtro de Combustible	1R-0750	9021804	1
4	Filtro de Aire Primario	8N-6309	9032954	1
5	Filtro de Aire Secundario	8N-2556	9032955	1
6	Empaques de Catalizador	186-9686	9030924	2
7	Aceite Motor (balde de 5 gl)	3E-9713	9032951	2
8	Filtro Aceite Hidráulico	1R-0722	9004382	2
9	Filtro Aceite Transmisión	9T-9054	9032956	1
10	O'ring Tuerca Base Filtro Transmisión	3D-2824	9001493	1
11	O'ring Tapa Respirador del Carter	4L-9564	9001718	1
12	O'ring Tapa Filtro	5H-6733	9032957	2
13	Kit Tapa de Combustible	9X-2205	9002274	1
14	O'ring Tapones Mandos Finales y Diferenciales	7M-8485	9018716	8
15	O'ring Tapa Filtro Magnético Convertidor	8H-7521	9003397	1
16	Aceite Transmisión (balde 5 gl)	8T-9572	9032952	3
17	Aceite Mandos Finales y Diferenciales (balde 5 gl)	8T-9576	9032953	10
18	Refrigerante ELC (balde 5 gl)	129-2151	9022091	4

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 134 Tabla nro. 04 de materiales e insumo de mantenimiento para un CAT R1300G

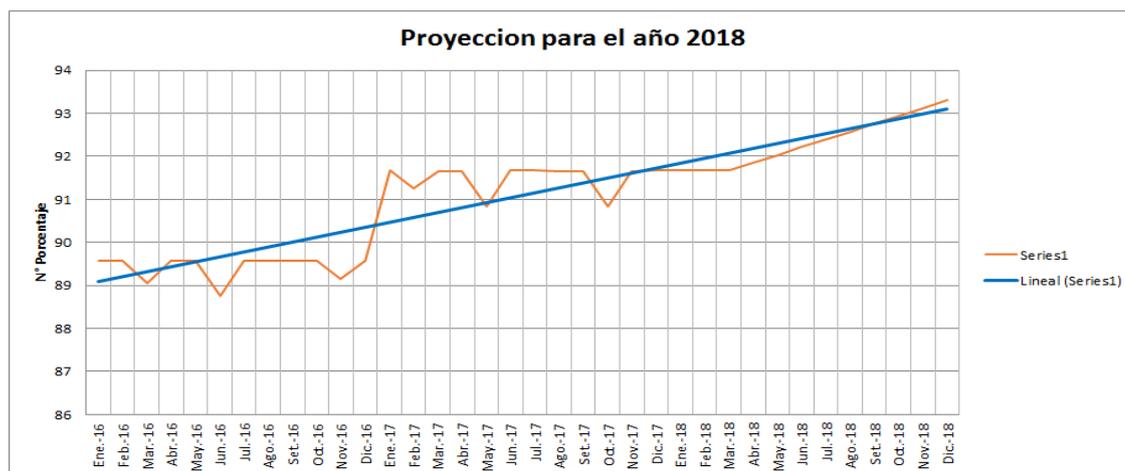
EQUIPOS CAT R-1300G				
MATERIALES MANTTO TIPO 6000 HORAS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	Nº PARTE	CODIGO	CANTIDAD
1	Filtro Separador	133-5673	9030925	1
2	Filtro Aceite de Motor	1R-0739	9004354	1
3	Filtro de Combustible	1R-0750	9021804	1
4	Filtro de Aire Primario	8N-6309	9032954	1
5	Filtro de Aire Secundario	8N-2556	9032955	1
6	Empaques de Catalizador	186-9686	9030924	2
7	Aceite Motor (balde de 5 gl)	3E-9713	9032951	2
8	Filtro Aceite Hidráulico	1R-0722	9004382	2
9	Filtro Aceite Transmisión	9T-9054	9032956	1
10	O'ring Tuerca Base Filtro Transmisión	3D-2824	9001493	1
11	O'ring Tapa Respirador del Carter	4L-9564	9001718	1
12	O'ring Tapa Filtro	5H-6733	9032957	2
13	Kit Tapa de Combustible	9X-2205	9002274	1
14	O'ring Taponos Mandos Finales y Diferenciales	7M-8485	9018716	8
15	O'ring Tapa Filtro Magnético Convertidor	8H-7521	9003397	1
16	Aceite Transmisión (balde 5 gl)	8T-9572	9032952	3
17	Aceite Mandos Finales y Diferenciales (balde 5 gl)	8T-9576	9032953	10
18	O'ring Tapa Drenaje Aceite Hidráulico	5M-2057	9031304	1
19	Aceite Hidráulico (balde 5 gl)	8T-9580		5
20	Refrigerante ELC (balde 5 gl)	129-2151	9022091	4
21	Termostato	111-8010	9029068	1
22	Sello Bomba Agua	154-4482		1
23	Sello Bomba Agua	172-0038		1
24	Sello Bomba Agua	5F-3106	9024191	1
25	Rodajes Bomba Agua	6H-3957	9001558	2
26	Empaque Bomba Agua	7N-0200	9018417	1
27	Empaque Termostato	7N-0944	9001523	1
28	Válvula Termostato	8N-4485		1

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 145 Cuadro de disponibilidad años 2016 – 2017 y proyección año 2018

Mes	Horas de trabajo	Horas de parada	% disponibilidad
Ene-16	720	75	89.58
Feb-16	720	75	89.58
Mar-16	720	78.75	89.06
Abr-16	720	75	89.58
May-16	720	75	89.58
Jun-16	720	81	88.75
Jul-16	720	75	89.58
Ago-16	720	75	89.58
Set-16	720	75	89.58
Oct-16	720	75	89.58
Nov-16	720	78	89.16
Dic-16	720	75	89.58
Ene-17	720	60	91.67
Feb-17	720	72	91.25
Mar-17	720	60	91.66
Abr-17	720	60	91.66
May-17	720	84	90.83
Jun-17	720	60	91.67
Jul-17	720	60	91.67
Ago-17	720	60	91.66
Set-17	720	60	91.66
Oct-17	720	84	90.83
Nov-17	720	60	91.66
Dic-17	720	60	91.67
Ene-18	720	60	91.67
Feb-18	720	60	91.67
Mar-18	720	60	91.67
Abr-18	720	59	91.85
May-18	720	57	92.03
Jun-18	720	56	92.21
Jul-18	720	55	92.39
Ago-18	720	53	92.57
Set-18	720	52	92.75
Oct-18	720	51	92.93
Nov-18	720	50	93.12
Dic-18	720	48	93.30

0.20%	% disponibilidad año 2016	89.43
	% disponibilidad año 2017	91.49
	% disponibilidad año 2018 (primeros 3 meses)	91.67
	% disponibilidad año 2018 (proyeccion a diciembre 2018)	92.35



Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 156 Cuadro de historial de horómetro de equipo del 2016

CONTROL DE HOROMETRO DE EQUIPO AÑO 2016																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Enero	6460	6472	6484	6496	6508	6520	6532	6544	6556	6568	6580	6592	6604	6616	6628	6640	6652	6664	6676	6688	6700	6712	6724	6736	6748	6760	6772	6784	6796	6808	6820
Febrero	6820	6834	6848	6862	6876	6890	6904	6918	6932	6946	6960	6974	6988	7002	7016	7030	7044	7058	7072	7086	7100	7114	7128	7142	7156	7170	7184	7198			
Marzo	7198	7212	7226	7240	7254	7268	7282	7296	7310	7324	7338	7352	7366	7380	7394	7408	7422	7436	7450	7464	7478	7492	7506	7520	7534	7548	7562	7576	7590	7604	
Abril	7604	7616	7628	7640	7652	7664	7676	7688	7700	7712	7724	7736	7748	7760	7772	7784	7796	7808	7820	7832	7844	7856	7868	7880	7892	7904	7916	7928	7940	7952	
Mayo	7952	7964	7976	7988	8000	8012	8024	8036	8048	8060	8072	8084	8096	8108	8120	8132	8144	8156	8168	8180	8192	8204	8216	8228	8240	8252	8264	8276	8288	8300	8312
Junio	8312	8326	8340	8354	8368	8382	8396	8410	8424	8438	8452	8466	8480	8494	8508	8522	8536	8550	8564	8578	8592	8606	8620	8634	8648	8662	8676	8690	8704	8718	
Julio	8718	8728	8740	8748	8760	8772	8782	8792	8804	8812	8821	8831	8843	8852	8858	8870	8879	8891	8902	8912	8920	8926	8934	8942	8952	8964	8974	8982	8994	9004	9014
Agosto	9014	9024	9036	9044	9056	9068	9078	9088	9100	9108	9117	9127	9139	9148	9154	9166	9175	9187	9198	9208	9216	9222	9230	9238	9248	9260	9270	9278	9290	9300	9310
Setiembre	9310	9320	9332	9340	9352	9364	9374	9384	9396	9404	9413	9423	9435	9444	9450	9462	9471	9483	9494	9504	9512	9518	9526	9534	9544	9556	9566	9574	9586	9596	
Octubre	9596	9606	9618	9626	9638	9650	9660	9670	9682	9690	9699	9709	9721	9730	9736	9748	9757	9769	9780	9790	9798	9804	9812	9820	9830	9842	9852	9860	9872	9882	9892
Noviembre	9892	9902	9914	9922	9934	9946	9956	9966	9978	9986	9995	10005	10017	10026	10032	10044	10053	10065	10076	10086	10094	10100	10108	10116	10126	10138	10148	10156	10168	10178	
Diciembre	10178	10188	10200	10208	10220	10232	10242	10252	10264	10272	10281	10291	10303	10312	10318	10330	10339	10351	10362	10372	10380	10386	10394	10402	10412	10424	10434	10442	10454	10464	10474

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018).

Anexo 167 Cuadro de historial de horómetros de equipos del año 2017

CONTROL DE HOROMETRO DE EQUIPO AÑO 2017																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Enero	10474	10486	10498	10510	10522	10534	10546	10558	10570	10582	10594	10606	10618	10630	10642	10654	10666	10678	10690	10702	10714	10726	10738	10750	10762	10774	10786	10798	10810	10822	10834
Febrero	10834	10848	10862	10876	10890	10904	10918	10932	10946	10960	10974	10988	11002	11016	11030	11044	11058	11072	11086	11100	11114	11128	11142	11156	11170	11184	11198	11212			
Marzo	11212	11226	11240	11254	11268	11282	11296	11310	11324	11338	11352	11366	11380	11394	11408	11422	11436	11450	11464	11478	11492	11506	11520	11534	11548	11562	11576	11590	11604	11618	
Abril	11618	11630	11642	11654	11666	11678	11690	11702	11714	11726	11738	11750	11762	11774	11786	11798	11810	11822	11834	11846	11858	11870	11882	11894	11906	11918	11930	11942	11954	11966	
Mayo	11966	11978	11990	12002	12014	12026	12038	12050	12062	12074	12086	12098	12110	12122	12134	12146	12158	12170	12182	12194	12206	12218	12230	12242	12254	12266	12278	12290	12302	12314	12326
Junio	12326	12340	12354	12368	12382	12396	12410	12424	12438	12452	12466	12480	12494	12508	12522	12536	12550	12564	12578	12592	12606	12620	12634	12648	12662	12676	12690	12704	12718	12732	
Julio	12732	12742	12754	12762	12774	12786	12796	12806	12818	12826	12835	12845	12857	12866	12872	12884	12893	12905	12916	12926	12934	12940	12948	12956	12966	12978	12988	12996	13008	13018	13028
Agosto	13028	13042	13056	13070	13084	13098	13112	13126	13140	13154	13168	13182	13196	13210	13224	13238	13252	13266	13280	13294	13308	13322	13336	13350	13364	13378	13392	13406	13420	13434	13448
Setiembre	13448	13458	13470	13478	13490	13502	13512	13522	13534	13542	13551	13561	13573	13582	13588	13600	13609	13621	13632	13642	13650	13656	13664	13672	13682	13694	13704	13712	13724	13734	
Octubre	13734	13744	13756	13764	13776	13788	13798	13808	13820	13828	13837	13847	13859	13868	13874	13886	13895	13907	13918	13928	13936	13942	13950	13958	13968	13980	13990	13998	14010	14020	14030
Noviembre	14030	14042	14054	14066	14078	14090	14102	14114	14126	14138	14150	14162	14174	14186	14198	14210	14222	14234	14246	14258	14270	14282	14294	14306	14318	14330	14342	14354	14366	14378	
Diciembre	14378	14388	14400	14408	14420	14432	14442	14452	14464	14472	14481	14491	14503	14512	14518	14530	14539	14551	14562	14572	14580	14586	14594	14602	14612	14624	14634	14642	14654	14664	14674

Fuente: Adaptado de Compañía Minera (2018)
Elaborado por el investigador (2018)