

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
COMO ALTERNATIVA PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD
DEL EQUIPO DE BAJO PERFIL LHD SCOOPTRAM R1300G, PARA
LA UNIDAD MINERA HUARÓN SAC”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

VILLA HUILLCA, MARIA LUISA

**Villa El Salvador
2017**

DEDICATORIA:

A Dios todo poderoso por sus grandes bendiciones en mi vida diaria. Mi profunda gratitud a mis padres, por haberme guiado por la senda del bien por ellos soy alguien en la vida.

AGRADECIMIENTO:

A la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur y a todos mis profesores, quienes fueron pilares fundamentales en mi crecimiento académico y profesional. A mi asesor académico Ing. Paul Portilla, por contar con su orientación, colaboración y especial dedicación en la realización del proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	10
1.2. Justificación del Proyecto.....	11
1.3. Delimitación del Proyecto.....	12
1.3.1. Teórica.....	12
1.3.2. Espacial.....	12
1.3.3. Temporal.....	13
1.4. Formulación del Problema.....	13
1.4.1 Problema General.....	13
1.4.2 Problemas Específicos.....	13
1.5. Objetivos.....	13
1.5.1 Objetivo General.....	13
1.5.2 Objetivos Específicos.....	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes.....	15
2.2. Bases Teóricas.....	18
2.3. Marco Conceptual.....	52
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	
3.1 Descripción del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	56
3.2 Revisión y consolidación de resultados.....	68
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	75

LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 01: Estrategias de mantenimiento.

Figura N° 02: Tipos de mantenimiento preventivo

Figura N° 03: Ecuación de la disponibilidad.

Figura N° 04: Ecuación del tiempo medio entre falla.

Figura N° 05: Ecuación del tiempo medio para reparar.

Figura N° 06: Especificaciones del R1300G LHD – CAT (1-6).

Figura N° 07: Especificaciones del R1300G LHD – CAT (7-11).

Figura N° 08: Especificaciones del R1300G LHD – CAT (12-13).

Figura N° 09: Especificaciones del R1300G LHD – CAT (14).

Figura N° 10: Procedimiento del plan de mantenimiento preventivo.

Figura N° 11: Análisis comparativo de tiempo – operación y mantenimiento.

Figura N° 12: Cuadro comparativo del antes y después de los valores de los indicadores de mantenimiento.

LISTADO DE TABLAS

Tabla N° 01: Especificaciones de peso.

Tabla N° 02: Especificaciones de capacidades de los baldes (cucharones).

Tabla N° 03: Especificaciones de tiempo de ciclo hidráulico.

Tabla N° 04: Especificaciones de transmisión.

Tabla N° 05: Registro de mantenimiento correctivo.

Tabla N° 06: Cuadro de productividad.

Tabla N° 07: Check List.

Tabla N° 08-a: Cartilla de mantenimiento preventivo 200hr, 400, 800, 1600 hrs.

Tabla N° 08-b: Cartilla de mantenimiento preventivo 200hr, 400, 800, 1600 hrs.

Tabla N° 08-c: Cartilla de mantenimiento preventivo 200hr, 400, 800, 1600 hrs.

Tabla N° 09: Orden de trabajo.

Tabla N° 10: Mantenimiento preventivo realizado en el mes de enero.

Tabla N° 11: Resultados del Mantenimiento Preventivo realizado en el mes de enero.

Tabla N° 12: Resultados de los indicadores del Mantenimiento Preventivo realizado en el mes de enero.

Tabla N° 13: Mantenimiento preventivo realizado en el mes de febrero.

Tabla N° 14: Resultados del Mantenimiento Preventivo realizado en el mes de febrero.

Tabla N° 15: Resultados de los indicadores del Mantenimiento Preventivo realizado en el mes de febrero.

Tabla N° 16: Mantenimiento preventivo realizado en el mes de marzo.

Tabla N° 17: Resultados del Mantenimiento Preventivo realizado en el mes de marzo.

Tabla N° 18: Resultados de los indicadores del Mantenimiento Preventivo realizado en el mes de marzo.

Tabla N° 19: Mantenimiento preventivo realizado en el mes de abril.

Tabla N° 20: Resultados del Mantenimiento Preventivo realizado en el mes de abril.

Tabla N° 21: Resultados de los indicadores del Mantenimiento Preventivo realizado en el mes de abril.

Tabla N° 22: Mantenimiento preventivo realizado en el mes de mayo.

Tabla N° 23: Resultados del Mantenimiento Preventivo realizado en el mes de mayo.

Tabla N° 24: Resultados de los indicadores del Mantenimiento Preventivo realizado en el mes de mayo.

Tabla N° 25: Valores de los indicadores antes de la implementación

Tabla N° 26: Valores de los indicadores obtenidos después de la implementación.

Tabla N° 27: Resultado de la productividad del equipo antes de aplicar el plan de mantenimiento productivo

Tabla N° 28: Resultado del incremento de la productividad.

INTRODUCCIÓN

En industrias intensivas en capital como la industria minera, un adecuado desarrollo y planeación de actividades de mantenimiento puede ser la diferencia entre permanecer activa o desaparecer del mercado, debido a que el cumplimiento de los objetivos de producción está sujeto a la disponibilidad de la planta de procesamiento.

Uno de los problemas más críticos a nivel de procesos productivos de extracción en minería, son las paradas no planificadas de las maquinarias pesadas por fallas, que tienen como consecuencias de las mismas pérdidas de horas hombre, tiempo y dinero de producción. La cantidad de producto extraído y los ingresos económicos a nivel de producción de la planta son afectados debido a la falta de disponibilidad de la maquinaria comprometida en el proceso productivo; el tiempo de parada de la máquina dependerá del tipo de falla presentada, disponibilidad de los repuestos y el tiempo de ejecución para realizar el mantenimiento.

En relación a lo dicho en el párrafo anterior el mantenimiento de toda maquinaria debe ser estructurado y llevado de la mejor manera, para evitar pérdidas económicas, materiales o personales. Es por eso que no se deben de escatimar esfuerzos con el fin de lograr una correcta planificación de las labores de mantenimiento preventivo.

En ese sentido en este trabajo de suficiencia profesional se describe un plan de mantenimiento preventivo aplicado al equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G perteneciente a la Unidad Minera Huarón SAC, motivo por el cual he dividido el proyecto en 3 capítulos.

En el Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, que está basado en la baja disponibilidad del equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G, generado por paradas no planificadas, y esto es debido a fallas presentadas por el equipo, siendo la causa principal la deficiencia de un buen plan de mantenimiento, aplicable al equipo en mención.

En el Capítulo II, se describe el marco teórico en la cual se sustenta la propuesta de solución, referente al mantenimiento, tipos, importancia, finalidad, objetivos, normatividad e indicadores de mantenimiento preventivo, los mismos que nos ayudaran a establecer los mecanismos para determinar su aplicación al equipo de bajo perfil LHD ScooptramR1300G.

En el Capítulo III, se desarrolla la propuesta de solución, realizando inicialmente la descripción del plan de mantenimiento preventivo propuesto, para luego aplicar el plan de mantenimiento al equipo en mención, y finalmente realizar un análisis con los indicadores de gestión obtenidos tales como, disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La unidad minera Huarón SAC, presenta deficiencia en el área de mantenimiento, evidenciando en muchos casos la baja disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad del equipo de bajo perfil Scooptram R1300G, debido a las paradas no planificadas, que son consecuencias de las fallas que presenta el equipo en mención, lo cual origina que la empresa minera experimente una baja producción.

La falta de un correcto plan de mantenimiento preventivo bien organizado, viene ocasionando que el 60% de los mantenimientos sean correctivos, como consecuencia de la falta de un procedimiento de inspección periódica, es que se generaban pérdidas económicas relativamente apreciable en la unidad minera Huarón SAC, y esto en relación a que muchas veces resultó demasiado tarde la identificación de los estados críticos de operación de los equipos, situación que

derivó en el recambio del mismo, ya que resultó mayor el gasto en cambiar todo el equipo que cambiar un solo componente del equipo.

La deficiencia de un plan de mantenimiento preventivo bien organizado sistemáticamente, se reemplazaba con acciones no estructuradas, sin trazabilidad, sin tiempos ni periodos establecidos, mostrándose ausencia de una buena planeación, programación y ejecución, los mismos que conllevaban a no tener registros históricos ni reportes de fallas.

A nivel técnico de mantenimiento, no existía un procedimiento documentado del uso y aplicación de los instrumentos de análisis de aceite del equipo, tampoco se evidenciaba un análisis del desempeño o rendimiento de los equipos que ayuden a evaluar la aplicación de técnicas efectivas y apropiadas estrategias de mantenimiento.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se justifica en que a partir de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo al equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G, conseguirá generar un registro de indicadores de mantenimiento tales como disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad, los cuales garantizan a conservar la máquina y a operar con el propósito de cumplir con la función para la cual fue proyecta, con la capacidad y calidad especificada, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de producción.

Es de vital importancia la implementación de un buen plan de mantenimiento preventivo por las siguientes razones:

- a) En lo tecnológico, asegurarnos del óptimo funcionamiento del equipo y no reducir su tiempo de vida útil por forzarlos a trabajar en condiciones inadecuadas.
- b) En el aspecto ambiental, se quiere evitar la contaminación de suelos por derrames de los diferentes tipos de aceites de los sistemas del equipo (motor, transmisión).
- c) En lo legal, dar cumplimiento al DS-024-2016-EM (Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería).

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 TEÓRICA

El proyecto de ingeniería desarrollado desde el punto de vista teórico abarca solo la descripción de un plan de mantenimiento preventivo propuesto para el equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G. Enfocado en incrementar su disponibilidad y productividad. Se hace referencia a la productividad del equipo, mas no a la producción de la mina.

1.3.2 ESPACIAL

La propuesta del plan de mantenimiento preventivo del equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G, es para la Unidad Minera Huarón SAC, ubicada en el distrito de Yanacancha, Cerro de Pasco.

1.3.3 TEMPORAL

El proyecto de ingeniería se desarrolló como un plan piloto desde 01 de Enero al 31 de Mayo de 2017.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo mejorar la productividad, del equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G, perteneciente a la Unidad Minera Huarón SAC?

1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo plantear un plan de mantenimiento preventivo para el equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G perteneciente a la Unidad Minera Huarón SAC?
- ¿Cómo mejorar la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad del equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G perteneciente a la Unidad Minera Huarón SAC?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Mejorar la productividad, del equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G, perteneciente a la Unidad Minera Huarón SAC.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Plantear un plan de mantenimiento preventivo para el equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G perteneciente a la Unidad Minera Huarón SAC?

- Mejorar la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad del equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G perteneciente a la Unidad Minera Huarón SAC.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En cuanto a la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para una maquinaria pesada. Buelvas (2014), afirma que:

En un periodo de prueba de algunas de las actividades del plan, se han tenido registros de mejora de la disponibilidad, de un 9% en un promedio de tres meses, lo que evidencia la efectividad de la propuesta que se está trabajando. Se recuerda que los planes de mantenimiento se deben ajustar según la evolución que se observe, teniendo en cuenta que cada actividad propuesta requiere un tiempo de gracia para mostrar los resultados esperados. (p. 127).¹

¹BUELVAS, C. (2014). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Empresa L&L. (Tesis de Pre Grado). Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla, Colombia.

En cuanto a los resultados obtenidos luego de la implementación de un programa de mantenimiento de fajas transportadoras en la sociedad minera Cerro Verde S.A.A. Azálgara (2013), concluye que:

Mediante la implementación del proyecto se pueden obtener las siguientes mejoras en comparación con la situación actual de la compañía respecto a la gestión de mantenimiento de fajas transportadoras: Se puede incrementar la efectividad de los servicios de mantenimiento mediante el cumplimiento del programa propuesto, se pueden disminuir los servicios de emergencia. (p. 115)²

En cuanto al programa de mantenimiento preventivo aplicado a una empresa metalmecánica. Sierra (2014), concluye que:

Durante la implementación del programa se ejecutaron rutas de inspección a los diferentes equipos y a su vez se generaron las respectivas órdenes de trabajo para la corrección de fallas. A demás se programaron trabajos de mantenimiento de revisión y reparación general de acuerdo al estado del equipo. Estas actividades de mantenimiento preventivo llevaron a los equipos a tener un mejor desempeño y crear un mejor ambiente de trabajo en la planta de producción. Los indicadores de mantenimiento establecidos permitieron evaluar el desempeño del programa de

²AZÁLGARA, M. (2013). Estudio de factibilidad para la implementación de un programa de mantenimiento de fajas transportadoras en sociedad minera Cerro Verde S.A.A. (Tesis de Pos Grado). Universidad de Piura. Piura, Perú.

mantenimiento preventivo, tomando las medidas necesarias para su mejoramiento.
(p. 126)³

En cuanto al propósito del mantenimiento preventivo aplicado a una empresa metalmecánica. Plaza (2013), afirma que:

El mantenimiento preventivo tiene como objeto mantener un nivel de servicios en los equipos, programando las inspecciones en sus puntos más vulnerables en el momento más oportuno (p. 102).⁴

En cuanto al tipo más elemental de mantenimiento y su propósito como parte del Gestión de Mantenimiento. De Bona (2015), afirma que:

Consiste en las actividades necesarias para restablecer un servicio cortado o deteriorado por un fallo de algún elemento de la instalación. Normalmente es el caso que enlaza a la organización que gestiona el mantenimiento con la que utiliza los elementos a mantener. También es la base que se suele usar para medir la calidad: averías frecuentes y/o duraderas darán una mala imagen y potenciarán la idea de que el servicio no funciona correctamente. (p.109).⁵

³SIERRA, G. (2014). Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A. (Tesis de Pre Grado). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

⁴PLAZA, A. (2013). Apuntes teóricos y ejercicios de aplicación de gestión del mantenimiento industrial. Estados Unidos: LULU

⁵DE BONA, J. (2015). La Gestión del mantenimiento. Barcelona, España: COFOMETAL

En cuanto a la forma atacar el problema de mantenimiento. Acuña (2015), afirma que:

La accesibilidad a la sección de equipo que ha fallado, así como la facilidad de diagnóstico, permiten disminuir el tiempo de reparación. La efectividad de la calibración y de la lubricación de partes críticas se ve afectada por inadecuada accesibilidad y por el uso de equipo inadecuado. Unas de las formas de atacar el problema de mantenimiento, principalmente el preventivo, es mediante una estrategia que permita evaluar la efectividad y la economía del programa. (p. 126).⁶

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 MANTENIMIENTO

Definimos habitualmente mantenimiento como el 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. El mantenimiento ha jugado papel importante no solo en la industria, sino en situaciones cotidianas de nuestra vida. Lo que realmente se desea lograr es mantener el bien en buenas condiciones, capaz de prestar un servicio cuando lo necesitemos con el menor costo posible.

Dichas actividades requieren factores económicos, humanos y tiempo para llevarlo a cabo. Para realizar el mantenimiento, es necesario contar con una planificación y organización, como base, para mantener el servicio deseado al menor costo posible. Por tradición se ha observado que los

⁶ACUÑA, J. (2013). Ingeniería de Confiabilidad. Costa Rica: EDITORIAL TECNOLOGICA DE COSTA RICA

ingenieros y técnicos en mantenimiento, les dan una mayor importancia a los aspectos de tipo técnico y como un plano secundario a los administrativos y logísticos lo que conlleva a bajo nivel de servicio, alto costo y demasiadas tensiones y fricción en la ejecución del trabajo.

Existen varios factores que causan la falla, se pueden clasificar en actos y condiciones. Los actos son generados directamente por el recurso humano, dentro de estas tenemos la mala operación de las máquinas, poco conocimiento, falta de capacitación, instalación inadecuada del equipo, en general podemos mencionar que son todos aquellos factores que desde un punto proactivo se pueden minimizar. Las condiciones se refieren aquellos aspectos que no se encuentra directamente en las manos del recurso humano encargado, pero sí se puede evitar su prolongación.



FIGURA N° 01: ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO
Fuente: Libro Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Equipos

2.2.1.1 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento dentro de la industria es el motor de la producción, sin mantenimiento no hay producción.

Todo equipo está sujeto a normas constantes de mantenimiento, dando así alta confiabilidad a la industria; descubrimos que el mantenimiento es un proceso en el que interactúan máquina y hombre para generar ganancias, las inspecciones periódicas ayuda a tomar decisiones basadas en parámetros técnicos. El desempeño de la empresa estará en la calidad de mantenimiento que se provea a cada uno de los elementos, es de suma importancia tener una visión a futuro, planificar y programar el mantenimiento para cubrir toda el área en el tiempo, sea a mediano o largo plazo y además reducir costos de repuestos y materiales, para un mejor desempeño.

El mantenimiento está enfocado en la mejora continua y prevención de fallas, mediante una organización que esta documenta la misma que ayuda al trabajo en equipo, y preparación constante para actuar sin dejar caer la producción.

En la industria el jefe de mantenimiento debe ser un especialista en organización gerencial, para asegurar que todas las tareas de mantenimiento se hagan correcta y eficientemente.

2.2.1.2 FINALIDAD DEL MANTENIMIENTO

La finalidad del mantenimiento es conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible. Lo que implica: conservar el sistema de producción y servicios funcionando con el mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de las fallas, aplicar las normas de higiene y seguridad del trabajo, minimizar la degradación del medio ambiente, controlar, y por último reducir los costos a su mínima expresión.

El mantenimiento debe seguir las líneas generales determinadas con anterioridad de forma tal que la producción no se vea afectada por las roturas o imprevistos que pudieran surgir.

2.2.1.3 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

Los objetivos de mantenimiento deben alinearse con los de la empresa y estos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área.

Estos objetivos serán los que mencionamos a continuación:

- **Máxima producción**

Asegurar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos. Reparar las averías en el menor tiempo posible.

- **Mínimo costo**

Reducir a su mínima expresión las fallas, aumentar la vida útil de las máquinas e instalaciones y manejo óptimo de stock.

- **Calidad requerida**

Cuando se realizan las reparaciones en los equipos e instalaciones, aparte de solucionar el problema, se debe mantener la calidad requerida.

2.2.1.4 FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO

Entre las principales funciones del mantenimiento encontramos:

- Planear, desarrollar y ejecutar los programas de mantenimiento para la maquinaria ya existente.
- Decidir por la reposición y/o modernización de los equipos actuales y llevarlas a cabo si es necesaria.
- Seleccionar el personal adecuado para llevar a cabo estas funciones.

- Implementar programas y darlos a conocer al personal encargado del área de mantenimiento, con el fin de realizar evaluaciones periódicas.
- Crear los mecanismos de control para el seguimiento del desarrollo de las funciones de mantenimiento.

2.2.1.5 NORMA EN-13306

Esta nueva norma, denominada “Terminología del Mantenimiento”, fue aprobada por el Comité Europeo de Normalización (CEN) el 7 de marzo de 2001, y su contenido sobre definiciones respecto a fallos, estado de los diferentes fallos, tipos de mantenimiento y estrategias, actividades de mantenimiento, tiempos e indicadores económicos.

2.2.1.6 TIPOS DE MANTENIMIENTO

a) Mantenimiento correctivo

Es el mantenimiento que se ejecuta después de ocurrida una falla en determinada máquina, por lo que se debe realizar de manera urgente. El personal encargado de avisar de las fallas es el propio usuario de la máquina y el encargado de realizar las reparaciones es el personal de mantenimiento. El correctivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores. A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la

función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos.

Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción.

Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

- **Ventajas**

- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los sistemas.
- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.

- **Desventajas**

- Las averías se presentan de forma imprevista y afectan a la producción.
- Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir.
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

- **Mantenimiento correctivo programado y mantenimiento correctivo no programado (inmediato)**

Existen dos tipos de mantenimiento correctivo: El programado y no programado (inmediato). La diferencia entre ambos radica en que mientras el supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción.

La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción.

No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

b) Mantenimiento preventivo

Es un tipo de mantenimiento, que busca principalmente la detección y prevención de fallas en el funcionamiento de las máquinas y equipos de una empresa, antes que estas ocurran. Esto se hace por medio de inspecciones periódicas y cambio de elementos en malas condiciones o dañados. Se basa principalmente en la confiabilidad de la maquinaria y equipo.

El origen de este tipo de mantenimiento surgió analizando estadísticamente la vida útil de los equipos y sus elementos mecánicos y efectuando su mantenimiento basándose en la sustitución periódica de elementos independientemente del estado o condición de deterioro y desgaste de los mismos.

c) Mantenimiento Proactivo

El Mantenimiento Proactivo, es una filosofía de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no debemos permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos.

La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones según el programa de Mantenimiento Proactivo. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio.

d) Mantenimiento Autónomo

Es básicamente la prevención del deterioro de los equipos y componentes de los mismo, mediante un mantenimiento llevado a cabo por los operadores y reparadores del equipo. Puede y debe contribuir significativamente a la eficacia del equipo, con participación del área de producción o del

operador dentro del TPM, el cual ayudará a mantener las condiciones básicas de funcionamiento de los equipos.

e) Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Este sistema caracterizado por las siglas TPM (Mantenimiento Productivo Total), coloca a todos los integrantes de la organización, en la tarea de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, con el objetivo de maximizar la efectividad de los bienes. Centra entonces el programa en el factor humano de toda la compañía, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento a ser realizadas en pequeños grupos, mediante una conducción motivadora. El TPM se explica por:

- Efectividad total a efectos de obtener la rentabilidad adecuada, teniendo en cuenta la producción, a la calidad, al costo, al tiempo de entrega, a la seguridad, y al ambiente.
- Sistema de mantenimiento total consistente en la prevención del mantenimiento y en la mejora de la mantenibilidad.
- Intervención autónoma del personal en tareas de mantenimiento.
- Mejoramiento permanente de los procesos al mejorar el mantenimiento.

Una vez que los empleados se encuentran bien entrenados y capacitados, se espera que se ocupen de las reparaciones básicas, de la limpieza del equipo a su cargo, de la lubricación (cambios de aceites y engrases), ajustes de piezas mecánicas, de la inspección y detección diaria de hechos anormales en el funcionamiento del equipo. Para ello, es necesario que hayan comprendido la forma de funcionamiento del equipo y puedan detectar las señales que anuncian sobre la proximidad de llegada de las fallas. El mantenimiento principal lo seguirán realizando los especialistas, quienes poseen formación e instrumental adecuado.

2.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de esos elementos que puedan ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento adecuado de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están en estado inicial de desarrollo.

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado, basado en las inspecciones planificadas y programadas de los posibles puntos a falla.

Una buena organización de mantenimiento que aplica el sistema preventivo obtiene los siguientes beneficios:

- **Seguridad**

Las obras e instalaciones sujetas a mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad puesto que se conoce mejor su estado físico y condiciones de funcionamiento u operación.

- **Vida útil**

Una instalación sujeta a mantenimiento preventivo tiene una vida útil mucho mayor que la que tendría con un sistema de mantenimiento correctivo.

- **Costo de reparaciones**

Es posible reducir el costo de reparaciones si se utiliza el mantenimiento preventivo en lugar del correctivo.

- **Inventarios**

Es posible reducir el costo de inventarios empleando el sistema de mantenimiento preventivo, puesto que se determina en forma más precisa los materiales de mayor consumo y se puede prever su uso en el tiempo.

- **Carga de trabajo**

La carga de trabajo para el personal de mantenimiento preventivo es más uniforme que en un sistema de mantenimiento correctivo, por lo que se puede reducir al minimizar las emergencias.

- **Aplicabilidad**

Mientras más complejas sean las instalaciones y más confiabilidad se requiera, mayor será la necesidad del mantenimiento preventivo. En resumen y considerando los costos directos e indirectos a mediano y largo plazo, se estima que una sana combinación de mantenimientos correctivo y preventivo puede reducir los costos en 40 a 50%. Hay que recordar que entre los costos indirectos están: pérdida de prestigio por incumplimiento de programas de producción y entregas, primas por accidentes, litigios y demandas, desmotivación a la calidad y productividad.

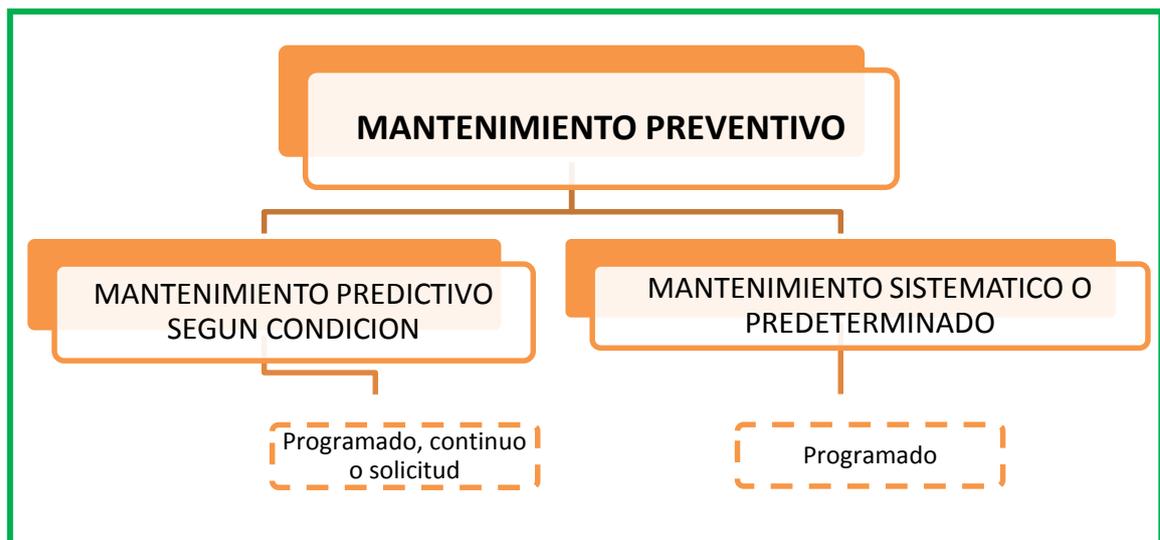


FIGURA N° 02: TIPOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
Fuente: Libro Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Equipos

2.2.2.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO SEGÚN CONDICIÓN

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos. El análisis de aceite es uno de ellos ya que detecta la degradación y contaminación del lubricante antes de que estas circunstancias ocasionen el fallo del equipo.

2.2.2.2 MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO

El mantenimiento programado sistemático es el grupo de tareas de mantenimiento que se realizan sobre un equipo o instalación siguiendo un programa establecido, según el tiempo de trabajo, la cantidad producida, los kilómetros recorridos, de acuerdo con una periodicidad fija o siguiendo algún otro tipo de ciclo que se repite de forma periódica. Este grupo de tareas se realiza sin importar cuál es la condición del equipo.

El mantenimiento programado sistemático es muy eficaz en equipos e instalaciones que requieren de una disponibilidad media o alta, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan trastornos en el plan de producción de la

empresa y por tanto no puede esperarse a que den síntomas de fallo.

2.2.2.3 ACTIVIDADES DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Cualquier buen Ingeniero pueda establecer un programa de mantenimiento preventivo con el fin de conservar la planta y equipo a mínimo costo, pero debe aprender desde el principio, a examinar los efectos de todas las fases del programa sobre los costos de manufactura. El programa de mantenimiento preventivo debe ser hecho sobre medidas: medido y cortado para satisfacer los requerimientos individuales. La razón es clara: no hay dos plantas idénticas en tamaño, edad, localización, equipo y servicios; difieren en organización, políticas de operación; personal. Los problemas de mantenimiento preventivo son diferentes así como los problemas del mantenimiento y no responden al mismo tratamiento. Esto no quiere decir que no haya parecido entre dos sistemas de mantenimiento preventivo. Lo hay pero se encuentra en objetivo y principios básicos, no en la Ingeniería y el papeleo.

EL papeleo o los sistemas que se apliquen son importantes pero puede costar más de lo que de debiera si es de la clase errada. En general, para iniciar el establecimiento de un

programa de mantenimiento preventivo se pueden tener en cuenta los siguientes pasos:

a) Administración del plan

El primer paso en el desarrollo de un programa completo de mantenimiento preventivo consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan. Se designará a una sola persona como jefe de la fuerza de trabajo, además de que es esencial el compromiso de la dirección para el cumplimiento exitoso del plan. Después de anunciar el plan y formar la organización necesaria para el mismo, la fuerza de trabajo deberá emprender la tarea de conformar el programa.

b) Inventario de las instalaciones

El inventario de las instalaciones es una lista de todas las instalaciones, incluyendo todas las piezas, de un sitio. Se elabora con fines de identificación. Se deberá elaborar una hoja de inventario de todo el equipo que muestre la identificación de éste, la descripción de la instalación, su ubicación, tipo y prioridad (importancia).

c) Identificación del equipo

Es esencial desarrollar un sistema mediante el cual se identifique de manera única a cada equipo de la planta. Se

deberá establecer un sistema de códigos que ayude en este proceso de identificación. El código deberá indicar la ubicación, tipo y número de máquina.

d) Registro de las instalaciones

El registro de las instalaciones es un archivo (electrónico o en papel) que contiene los detalles técnicos acerca de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento. Estos datos son los primeros que deben alimentarse al sistema de información de mantenimiento. El registro del equipo (partida) debe incluir el número de identificación, ubicación, tipo de equipo, fabricante, fecha de fabricación, número de serie, especificaciones, tamaño, capacidad, velocidad, peso, energía de servicio, detalles de conexiones, detalles de cimiento, dimensiones generales, tolerancias, número de plano de referencia, número de referencia para los manuales de servicio, intercambiabilidad con otras unidades, etc.

e) Programa específico de mantenimiento

Debe elaborarse un programa específico de mantenimiento para cada pieza de equipo dentro del programa general. El programa es una lista completa de las tareas de mantenimiento que se van a realizar en el equipo. El programa incluye el nombre y número de identificación del

equipo, su ubicación, número de referencia del programa, lista detallada de las tareas que se llevarán a cabo (inspecciones, mantenimiento preventivo, reemplazos), frecuencia de cada tarea, tipo de técnicos requeridos para realizar la tarea, tiempo para cada tarea, herramientas especiales que se necesitan, materiales necesarios y detalles acerca de cualquier arreglo de mantenimiento por contrato.

f) Especificaciones del trabajo

La especificación del trabajo es un documento que describe el procedimiento para cada tarea. Su intención es proporcionar los detalles de cada tarea en el programa de mantenimiento.

La especificación del trabajo deberá indicar el número de identificación de la pieza (equipo), ubicación de la misma, referencia del programa de mantenimiento, número de referencia de especificación del trabajo, frecuencia del trabajo, tipo de técnicos requeridos para el trabajo, detalles de la tarea, componentes que se van a reemplazar, herramientas y equipos especiales necesarios, planos de referencia, y manuales y procedimientos de seguridad a seguir.

g) Programa de mantenimiento

El programa de mantenimiento es una lista donde se asignan las tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos. Cuando se ejecuta el programa de mantenimiento, debe realizarse mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción.

h) Control del programa

El programa de mantenimiento preventivo debe ejecutarse según se ha planeado. Es esencial una vigilancia estrecha para observar cualquier desviación con respecto al programa.

i) Responsable por el mantenimiento preventivo

En las circunstancias modernas actuales la continua introducción de equipos mecánicos de servicios, de maquinaria perfeccionada y de nuevos métodos de fabricación se agrega continuamente a las tareas del mantenimiento. La elección de la maquinaria de producción es principalmente de la incumbencia del Departamento de Producción, pero a menudo se consulta al Ingeniero de Mantenimiento sobre la instalación, las necesidades de fuerza motriz y servicio y sobre las especificaciones que

afectan el mantenimiento. Para que los costos de mantenimiento sean mínimos, es preciso que se aplique un criterio de ingeniería competente tanto en la elección de la maquinaria como en la disposición de la misma y en el desarrollo de herramientas eficientes y buenas prácticas de mantenimiento.

El Ingeniero debe tener en cuenta para el éxito del programa de mantenimiento: el tamaño de la planta, la capacidad de los inspectores, mecánicos y ayudantes, adecuada ayuda de oficina y las condiciones presentes de la fábrica y su equipo.

2.2.2.3 VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Confiabilidad
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento, debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

2.2.3 INDICADORES DEL MANTENIMIENTO

Considerando que uno de los objetivos específicos del trabajo, del área de mantenimiento, es el de propiciar el logro de altos índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad a favor de del equipo y este a su vez de la productividad. Para poder establecer estos factores de efectividad de mantenimiento, deberá ir acompañada de otros factores (índices secundarios), que permitan evaluar, analizar y pronosticar su comportamiento. Los indicadores, nos permitirá medir de forma técnica, y mediante costos, la efectividad del mantenimiento.

2.2.3.1 CONFIABILIDAD

La confiabilidad es la PROBABILIDAD de que un activo opere sin falla por un determinado período de tiempo especificado (tiempo de misión) y bajo condiciones previamente establecidas (nivel esperado de rendimiento).

La definición incluye el término de probabilidad, que indica el uso de una medida cuantitativa. Siendo la Probabilidad la posibilidad de ocurrencia de forma particular de un evento.

Para el profesional de mantenimiento y el área de gestión de activos físicos es un factor importante, debido a que a menor confiabilidad implica una mayor atención y planeación del mantenimiento, además si el elemento bajo análisis requiere para su proceso una alta confiabilidad implica una alta

necesidad de mantenimiento para poder llevar este a los niveles requeridos.

Algunas razones de estudio de la confiabilidad son las siguientes:

1. Determinar el tiempo hasta el cual se espera que falle (no falle) un sistema, equipo o componente para determinar tiempos de duración o producción.
2. Encontrar el tiempo al cual se espera que sobreviva una cantidad determinada de elementos puestos en operación.
3. Determinar la propensión a fallar que tiene un elemento en un tiempo futuro.
4. Dado que un elemento ha sobrevivido un tiempo estimado, conocer la probabilidad de que sobreviva un tiempo adicional cumpliendo su función.
5. Determinar la un grado de seguridad del sistema.
6. Tener argumentos para una decisión racional en el diseño o el funcionamiento de un sistema.

2.2.3.2 DISPONIBILIDAD

La disponibilidad es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción. Se define como la probabilidad de que una máquina esté preparada para producción en un período de tiempo determinado, o sea que no esté parada por averías o ajustes. En

la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.

Los periodos de tiempo nunca incluyen paradas planificadas, ya sea por mantenimientos planificados, o por paradas de producción, dado a que estas no son debidas al fallo de la máquina.

Vemos que la disponibilidad depende de:

- La frecuencia de las fallas.
- El tiempo que nos demande en reanudar el servicio.

Así, se tiene que:

$$D = \frac{HTOTAL - (INP + MPRET + MPROG + MCTVO)}{HTOTAL}$$

FIGURA N° 03: ECUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD
Fuente: Libro Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Equipos

Donde

H_{TOTAL}: Horas Totales

2.2.3.3 MANTENIBILIDAD

Es la probabilidad de que un equipo en estado de fallo, pueda ser reparado a una condición especificada en un periodo de tiempo dado, y usando recursos determinados por tanto, el

tiempo medio para reparar (MTTR) caracteriza la mantenibilidad del equipo.

2.2.3.4 ORDEN DE TRABAJO

Las Ordenes de Trabajo (OT) son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee etc., sin embargo, existe una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial o de servicios, que deben estar presentes en este instrumento de información, como: el número consecutivo, el tipo de la actividad de mantenimiento, la prioridad, los registros de historial, si los instrumentos de supervisión actuaron correctamente o no, si la intervención perjudicó la producción, el período de indisponibilidad del equipo y la duración real del mantenimiento.

2.2.4 TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF) Y TIEMPO MEDIO PARA REPARAR (MTTR)

2.2.4.1 TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF)

En el análisis de confiabilidad, el MTBF es el tiempo promedio entre fallas para un sistema reparable con una tasa constante de fallas. Mientras más alto sea el MTBF, más fiable será el producto.

Se obtiene dividiendo el tiempo total de operación entre el número de paros por fallas.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo Total de Operación}}{\# \textit{ de falla}}$$

FIGURA N° 04: ECUACIÓN DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA
Fuente: Libro Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Equipos

2.2.4.2 TIEMPO MEDIO PARA REPARAR (MTTR)

Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado.

La mantenibilidad, definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos, es una función del diseño del equipo (factores tales como accesibilidad, modularidad, estandarización y facilidades de diagnóstico, facilitan enormemente el mantenimiento).

Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal calificado y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de reparación depende de la naturaleza del fallo y de las mencionadas características de diseño.

$$MTTR = \frac{\Sigma \text{Tiempo de Recuperación}}{\# \text{ de falla}}$$

FIGURA N° 05: ECUACIÓN DEL TIEMPO MEDIO PARA REPARAR
Fuente: Libro Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Equipos

2.2.5 LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Llevar una eficiente administración del mantenimiento depende en cierta forma de diferentes factores, uno de ellos es el personal de la planta, los empleados deben sentirse involucrados, perseguir los mismos objetivos. Administrar al mantenimiento bajo alguna técnica establecida permite reducir costos, aumentar la calidad del producto, disminuir tiempos muertos, aumentar el tiempo de vida de la maquinaria y equipo, etc. Todo esto conduce al logro de una mayor productividad en el área de mantenimiento, al igual que en otras áreas.

La productividad es un concepto muy recurrente en los campos de la industria, economía y negocios en general. Una preocupación característica de la sociedad actual es el aseguramiento de la calidad, la productividad y disminución de los costos en las industrias. La productividad es un reto que quiere alcanzar cualquier empresa para poder tener una posición competitiva sostenida en el mercado nacional e internacional. La productividad ha sido definida tradicionalmente como la relación que existe entre las entradas y las salidas en el proceso de transformación. Las salidas corresponden al producto terminado de cada industria. Las entradas son las unidades de recursos típicamente usados en la fabricación, generalmente se dividen en cuatro categorías principales:

- Mano de obra directa: El número de horas de mano de obra asignadas directamente al proceso de transformación.
- Bienes de capital: Inversión en planta, maquinaria o sistemas de información.
- Materiales: Materias primas, componentes y materiales auxiliares que están presentes en el proceso.
- Procesos: Los procedimientos que configuran la función del proceso de fabricación.

Esta última categoría, incluye al mantenimiento, la ingeniería de procesos, la administración del personal de fabricación, los sistemas de control y supervisión, así como otras actividades necesarias para que el proceso de fabricación funcione correctamente, como son capacitación, motivación del personal, cooperación entre departamentos, seguridad, etc. El concepto más generalizado de productividad es el siguiente: $\text{Productividad} = \frac{\text{Resultados Logrados}}{\text{Insumos o Recursos Empleados}}$.

De esta manera se puede definir a la productividad, no sólo como una medida de la producción, ni de la cantidad de productos fabricados, sino como una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir todos los resultados específicos planteados. Algunos autores como Sink y Tuttle (1981) están de acuerdo en que el término de productividad está relacionado con la eficiencia y la eficacia. La eficiencia es “la proporción de los resultados generados en relación con los

estándares de resultados prescritos”, y la eficacia “es el grado en que se logran metas u objetivos de interés para la empresa”.

Entonces la eficiencia en el mantenimiento es también la organización usa el equipo o maquinaria para producir sus productos, y la eficacia es que tanto la organización alcanza sus objetivos de cero fallas, mantenimiento correctivo mínimo y mayor disponibilidad de equipo.

2.2.5.1 IMPORTANCIA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO

El mantenimiento en sí, es un medio de obtener mayor productividad para la empresa, al lograr mayores niveles de disponibilidad de los equipos productivos, lo cual incrementa la producción. Es importante la productividad en el área de mantenimiento, porque invirtiendo en la función de mantenimiento se logran mejorar los procesos productivos, haciendo los más eficientes; mejorar la calidad del producto terminado según los requerimientos del cliente; se eliminan costos por mantenimiento correctivo, tiempo muerto, mayor número de refacciones y piezas desperdiciadas; velocidad en el proceso de fabricación, etc. Al planear, programar, coordinar y ejecutar las tareas de mantenimiento en forma eficiente se logran disminuir los paros por fallas de equipo y maquinaria, además de mantener cierto estado del equipo, alargando su calidad y tiempo de vida.

2.2.5.2 MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Al igual que en los procesos productivos, en las diferentes técnicas de administración del mantenimiento, se necesitan indicadores que permitan saber si las actividades o procesos se están llevando de la mejor manera, y si los recursos humanos y físicos están siendo usados como se debe. El tener una buena disciplina, comunicación, organización, planeación y control de los métodos, políticas, recursos y herramientas permiten aumentar la eficiencia en la administración, lo que dará como resultado un aumento en la productividad de los procesos. Además con la medición de la productividad en diferentes periodos de tiempo, se pueden comparar los resultados para saber el comportamiento de equipo, desempeño del personal, y encontrar áreas de oportunidad que permitan mejorar.

2.2.5.2 MEJORA CONTINUA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO

En estos últimos años se ha incrementado la importancia que tiene la mejora continua de los sistemas productivos, pues antes difícilmente se pensaba en el desafío que podría significar la competencia, la calidad y la globalización de productos y servicios. Una de las formas en que las industrias mantienen una mejora continua dentro de sus procesos, son las

herramientas propuestas por Ishikawa, pues ayudan a conocer el estado actual del sistema y localiza las áreas de oportunidad.

Las siete herramientas de Ishikawa son:

- Diagrama causa-efecto.
- Gráficas de control.
- Hojas de comprobación o de chequeo.
- Diagrama de dispersión.

Otra metodología para detectar algún problema y solucionarlo, o seguir con mejoras en el sistema es siguiendo ciertos pasos; estos son: Planeación, Ejecución, Verificación y Corrección.

2.2.6 R 1300G LHD – CAT

El cargador subterráneo R1300G está diseñado para una alta producción, carga y empuje de bajo costo por tonelada en aplicaciones mineras subterráneas. Su diseño compacto con rendimiento ágil, construcción sólida y mantenimiento simplificado aseguran una excelente productividad, larga duración y bajos costos de operación.

2.2.4.1 ESPECIFICACIONES BÁSICAS

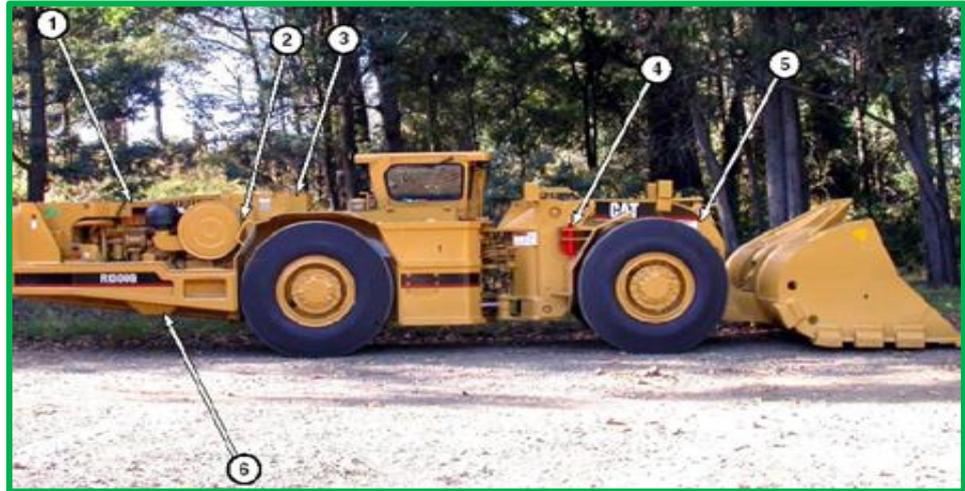


FIGURA N° 06: ESPECIFICACIONES DEL R1300G LHD – CAT (1-6)

Fuente: Minera Huarón - Manuales

- [1] Compartimiento del motor
- [2] Compartimiento de la transmisión
- [3] Compartimiento de las baterías
- [4] Pasador de seguridad del grupo de control del cucharón
- [5] Brazo de levantamiento
- [6] Tanque de combustible



FIGURA N° 07: ESPECIFICACIONES DEL R1300G LHD – CAT (7-11)

Fuente: Minera Huarón - Manuales

- [7] Filtro de aire del motor

[8] Tanque hidráulico

[9] Traba del bastidor de la dirección

[10] Cilindro de inclinación

[11] Cucharón



FIGURA N° 08: ESPECIFICACIONES DEL R1300G LHD – CAT (12-13)
Fuente: Minera Huarón - Manuales

[12] Estación del operador

[13] Mandos finales



FIGURA N° 09: ESPECIFICACIONES DEL R1300G LHD – CAT (14)
Fuente: Minera Huarón - Manuales

[14] Radiador

2.2.4.2 USO PREVISTO

Las especificaciones básicas de operación de la máquina se indican en la Tabla N° 01.

Vacío	20.950 kg
Eje delantero	8.160 kg
Eje trasero	12.970 kg
Con carga	27.750 kg
Eje delantero	18.634 kg

TABLA N° 01: ESPECIFICACIONES DE PESO
Fuente: Elaboración Propia

Capacidad del balde estándar	3.1 m ³
Ancho del balde	2.200 mm
Capacidad de balde – Opción 1	2.4 m ³
Capacidad de balde – Opción 2	2.5 m ³
Capacidad de balde – Opción 3	2.8 m ³
Capacidad de balde – Opción 4	3.4 m ³

TABLA N° 02: ESPECIFICACIONES DE CAPACIDADES DE LOS BALDES
Fuente: Elaboración Propia

Subida	5.0 segundos
Descarga	2.0 segundos
Bajada libre	2.3 segundos
Tiempo total	9.3 segundos

TABLA N° 03: ESPECIFICACIONES DE TIEMPO DE CICLO HIDRÁULICO
Fuente: Elaboración Propia

Avance 1	5.3 km/hora
Avance 2	10.1 km/hora
Avance 3	18.1 km/hora
Avance 4	26.1 km/hora
Retroceso 1	4.9 km/hora
Retroceso 2	9.2 km/hora
Retroceso 3	16.4 km/hora
Retroceso 4	25.9 km/hora

TABLA N° 04: ESPECIFICACIONES DE TRANSMISIÓN
Fuente: Elaboración Propia

2.2.4.3 USO PREVISTO

Esta máquina está clasificada como cargador con ruedas tal como se describe en la norma ISO 6165:2001. Esta máquina tiene conectado un cucharón o una herramienta montados en la parte delantera de la máquina.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

- AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación
- Avería: Desperfecto que impide el funcionamiento de un aparato, una instalación o de un vehículo
- Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado.
- Defecto: Eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento,
- todavía pueden a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.

- Disponibilidad: La disponibilidad es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.
- Equipo: Conjunto de componentes interconectados, con los que se realiza materialmente una actividad de una instalación.
- Falla: Finalización de la habilidad de un ítem para desempeñar una función requerida.
- Ingeniería de Mantenimiento: Organismo consultivo que constituye el sistema de control de la dirección de Mantenimiento para corregir y mejorar su gestión.
- Inspección: Servicios de Mantenimiento Preventivo, caracterizado por la alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración.
- Lubricación: Servicios de Mantenimiento Preventivo, donde se realizan adiciones, cambios, y análisis de lubricantes.
- Mantenimiento: Tareas necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.
- Mantenibilidad: Probabilidad y/o facilidad de devolver un equipo a condiciones operativas, en un cierto tiempo y utilizando los procedimientos prescritos.
- Mantenimiento correctivo: Tareas de reparación de equipos o componentes averiados
- Mantenimiento predictivo: Tareas de seguimiento del estado y desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o análisis por evaluación estadística, que determinen el punto exacto de su sustitución.

- Mantenimiento preventivo: Tareas de inspección, control y conservación de un equipo/componente con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar averías en el mismo.
- Mecanismo de fallo: Las piezas mecánicas o físicas que ocasionan un fallo.
- Mejora Continua: El compromiso de diariamente mejorar los productos, el ambiente de trabajo y los negocios.
- Norma UNE: Acrónimo de una Norma Española. Norma previamente aprobada por la AENOR.
- Norma UNE-EN: Acrónimo de una norma Española. Son normas AENOR que son estándares europeos.
- Plan de Mantenimiento: Relación detalla de las actuaciones de Mantenimiento que necesita un Ítem o elemento y de los intervalos temporales con que deben efectuarse.
- Proceso: Un proceso es el trabajo que hacemos para producir un producto o servicio, en el intervienen entradas, transformación y salidas.
- Reproceso: Unidades inaceptables que se vuelven a procesar para que puedan ser consideradas como productos.
- Tiempo medio entre fallos: Intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo.
- Tiempo promedio para reparar: Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema.
- Check List: Son formatos creados para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de una lista de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de forma sistemática. Se usan para hacer comprobaciones sistemáticas de

actividades o productos asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvida de nada importante.

CAPÍTULO III
DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PROPUESTO

Con la finalidad de alcanzar el objetivo general propuesto en el capítulo I, a continuación describo el plan de mantenimiento preventivo, para lo cual a continuación detallo el diagrama del plan de Mantenimiento Preventivo propuesto.

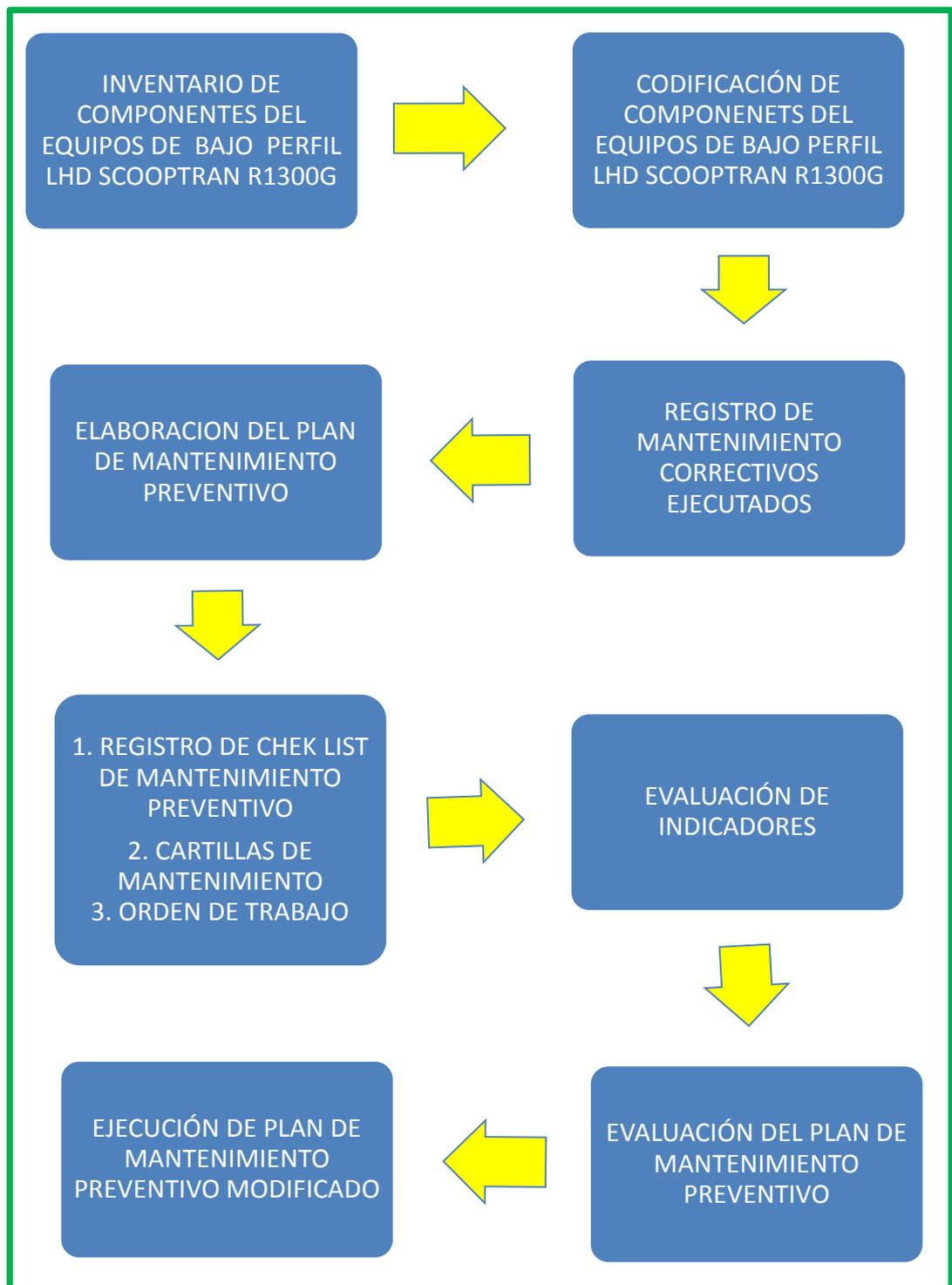


FIGURA N° 10: PROCEDIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Fuente: Elaboración Propia

REGISTRO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

CUADRO DE INDICADORES				
2016	MESES	DISPONIBILIDAD (%)	MTBF (confiabilidad)	MTTR (mantenibilidad)
	JULIO	73	22.6	8.4
	AGOSTO	29	20.6	50.3
	SETIEMBRE	75	40	13.3
	OCTUBRE	71	52.9	17.1
	NOVIEMBRE	74	60	17.7
	DICIEMBRE	77	54.4	16.4
	TOTAL	66.5	42	21

TABLA N° 05: REGISTRO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Fuente: Elaboración Propia

2016		
JULIO		
CUADRO DE PRODUCTIVIDAD		
POR MES		
1083 viajes	361 horas	6498 ton
AGOSTO		
CUADRO DE PRODUCTIVIDAD		
POR MES		
432 viajes	144 horas	2592 ton
SETIEMBRE		
CUADRO DE PRODUCTIVIDAD		
POR MES		
1080 viajes	360 horas	6480 ton
OCTUBRE		
CUADRO DE PRODUCTIVIDAD		
POR MES		
1110 viajes	370 horas	6660 ton
NOVIEMBRE		
CUADRO DE PRODUCTIVIDAD		
POR MES		
1080 viajes	360 horas	6480 ton
DICIEMBRE		
CUADRO DE PRODUCTIVIDAD		
POR MES		
1143 viajes	381 horas	6858 ton

TABLA N° 06: CUADRO DE PRODUCTIVIDAD

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un plan piloto de 5 meses en referencia al plan de mantenimiento preventivo propuesto.

CHECK LIST

FECHA : 01 Marzo al 30 de Marzo		EQUIPO: LHD SCOOPTRAM R1300G			
GUARDIA :		OPERADOR:		FIRMA:	
HR. INICIO:		MECÁNICO:		FIRMA:	
HR. FINAL :		SUPERVISOR MINA:		FIRMA:	
PROCEDIMIENTO:					
Item	PASO 1 (MOTOR)	BUENO	MALO	FALLA	COMENTARIOS
1	Verificar nivel de combustible		X		
2	Verificar nivel de aceite		X		
3	Verificar estado y tensión de correas de transmisión			X	
4	Verificar nivel de refrigerante			X	
5	Verificar estados de filtros de transmisión	X			
6	Verificar presiones, temperatura y RPM (alta / baja)	X			
7	Verificar tapas de aceite, combustible y radiador	X			
8	Verificar el estado enfriador y radiador	X			
9	Verificar funcionamiento de termostato	X			
PASO 2 (TRANSMISIÓN)					
1	Verificar estado de cardan (motor - transmisión)			X	
2	Verificar estado de cardan (transmisión - ejes)			X	
3	Verificar accionamiento de marcha y velocidad			X	
4	Verificar estado del pedal de aceleración (válvula)	X			
5	Verificar presiones, embrague FNR (1º, 2º, 3º, 4º)	X			
PASO 3 (FRENOS)					
1	Realizar procedimiento de pruebas de frenos	X			
2	Verificar estado del pedal de freno (válvula)	X			
3	Verificar operación del caliper y embragues	X			
4	Verificar presiones del sistema (servicio y parqueo)	X			
PASO 4 (NEUMÁTICOS)					
1	Posición 1 (Verificar presión tapa válvula y seguros)			X	
2	Posición 2 (Verificar presión tapa válvula y seguros)			X	
3	Posición 3 (Verificar presión tapa válvula y seguros)			X	
4	Posición 4 (Verificar presión tapa válvula y seguros)			X	
PASO 5 (HIDRÁULICO)					
1	Verificar fugas en cilindros hidráulicos	X			
2	Verificar válvulas de control	X			
3	Verificar topes de cilindros hidráulicos	X			
4	Verificar presiones y caudales del sistema				
PASO 6 (ELÉCTRICO)					
1	Verificar funcionamiento de sensores	X			
2	Verificar funcionamiento de switch y botoneas			X	
3	Verificar funcionamiento de luces, faros, etc.	X			
4	Verificar estado de batería y precalentadores			X	
CONSTANCIA DE PRUEBA DE FRENOS					
Item	PROCEDIMIENTO	BUENO	MALO	FALLA	COMENTARIO
1	FRENO DE SERVICIO	X			
2	FRENO DE PARQUEO			X	
3	AJUSTE DE PASTILLAS CON EL DISCO DE PARQUEO			X	
PROCEDIMIENTO					
<ol style="list-style-type: none"> 1. FRENO DE SERVICIO: Estacionar el equipo en posición horizontal con el motor encendido, quitar freno de parque y enganchar en segunda marcha, para luego aplicar el freno de servicio con motor acelerado por un periodo de 5 a 10 segundos. El equipo no deba desplazarse. 2. FRENO DE PARQUEO: Comprobar con el testador de parqueo. 3. AJUSTE DE PASTILLAS: Verificar el ajuste de pastillas con el disco de parqueo, utilizando un calibrador de láminas y aplicando el freno de parqueo la distancia entre pastillas y disco debe ser lo mínimo posible. 					
OBSERVACIONES:					

TABLA N° 07: CHECK LIST

Fuente: Elaboración Propia

CARTILLAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PROGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO R1300G LHD SCOOPTRAM	MTTO 1 200 HR	MTTO 2 400 HR	MTTO 3 800 HR	MTTO 4 1600 HR
GENERAL				
1.- Limpieza general del equipo	x	x	x	x
2.- Engrase general del equipo	x	x	x	x
3.- Inspeccionar y ajustar pernos, tuercas en general	x	x	x	x
4.- Eliminar fugas de: aceite, grasas, combustible y otros.	x	x	x	x
5.- Inspeccionar y ajustar conexiones en general	x	x	x	x
6.- Examinar cables eléctricos en general (desgaste, flojo, uniones)	x	x	x	x
7.- Verificar niveles de aceite de todos los sistemas	x	x	x	x
8.- Examinar mangueras en general	x	x	x	x
MOTOR				
1.- Cambiar aceite	x	x	x	x
2.- Cambiar filtro de aceite	x	x	x	x
3.- Cambiar filtro de combustible	x	x	x	x
4.- Tomar muestra de aceite (Análisis de laboratorio)				
5.- Limpieza de enfriadores	x	x	x	x
6.- Limpieza de aleta de ventilador	x	x	x	x
7.- Revisar ajuste y estado de pernos y jebes de los soportes	x	x	x	x
8.- Revisar hermeticidad en la admisión de aire	x	x	x	x
9.- Revisar fugas de los gases de escape	x	x	x	x
10.- Limpieza de catalizadores (PTX)	x	x	x	x
11.- Cambiar elemento del filtro de admisión de aire primario		x	x	x
12.- Comprobar funcionamiento de sistema de apagado de motor		x	x	x
13.- Verificar presión de aceite en frío y caliente	x	x	x	x
14.- Cambiar elemento del filtro de admisión de aire secundario		x	x	x
15.- Limpieza de la bomba de cebado manual	x	x	x	x
16.- Limpieza del respirador del carter	x	x	x	x
17.- Verificar velocidad del motor (RPM max., RPM min., ω)	x	x	x	x
18.- Calibrar ajuste de válvulas de admisión y escape				
19.- Revisar velocidad Stall	x	x	x	x
20.- Limpieza del tanque de petróleo	x	x	x	x
21.- Verificar estado de inyectores	x	x	x	x
22.- Limpieza de turbocompresor	x	x	x	x
TRANSMISION				
1.- Comprobar funcionamiento de accionamiento de pedales de marcha			x	x
2.- Revisar eje cardan (transmisión - eje delantero)	x	x	x	x
3.- Revisar eje cardan (transmisión - eje posterior)	x	x	x	x
4.- Revisar eje cardan (transmisión - central)	x	x	x	x
5.- Inspeccionar nivel de aceite de caja de transferencia (rellenar si es necesario)	x	x	x	x
6.- Tomar muestra de aceite (Análisis de laboratorio)				
7.- Cambiar aceite de caja de transferencia			x	x
8.- Cambiar aceite		x	x	x
EJES				
1.- Inspeccionar nivel de aceite en mandos finales (Rellenar si es necesario)	x	x	x	x
2.- Inspeccionar nivel de aceite en diferenciales (Rellenar si es necesario)	x	x	x	x
3.- Tomar muestra de aceite en diferenciales (análisis de laboratorio)				
4.- Tomar muestra de aceite en mandos finales (Análisis de laboratorio)				
5.- Limpieza de respiradero(s)	x	x	x	x
6.- Cambiar aceite en mandos finales			x	x
7.- Cambiar aceite en diferenciales			x	x

TABLA N° 08-a: CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 200, 400, 800, 1600 HRS

Fuente: Elaboración Propia

PROGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO R1300G LHD SCOOPTRAM	MTTO 1 200 HR	MTTO 2 400 HR	MTTO 3 800 HR	MTTO 4 1600 HR
SISTEMA HIDRÁULICO				
1.- Inspeccionar nivel de aceite (Rellenar si es necesario)	x	x	x	x
2.- Limpieza de respiradero(s)	x	x	x	x
3.- Eliminar fugas de aceite			x	x
4.- Revisar indicador de restricción en filtros	x	x	x	x
5.- Inspeccionar estado de mangueras de succión	x	x	x	x
6.- Tomas muestras de aceite hidráulico (Análisis de laboratorio)			x	x
7.- Limpieza del filtro succión	x	x	x	x
8.- Cambiar filtro de succión de la transmisión hidrostática			x	x
9.- Cambiar filtro de retorno del sistema hidráulico			x	x
10.- Limpieza del tanque hidráulico	x	x	x	x
11.- Cambiar aceite			x	x
SISTEMA DE DIRECCION				
1.- Revisar pines y bocinas en general	x	x	x	x
2.- Comprobar funcionamiento de la válvula de pilotaje			x	x
3.- Eliminar fuga interna en cilindros	x	x	x	x
4.- Verificar ajuste de tapas en cilindros	x	x	x	x
5.- Revisar topes de cilindros (inferior y superior)	x	x	x	x
6.- Verificar presión de pilotaje	x	x	x	x
7.- Verificar pre-carga del acumulador	x	x	x	x
8.- Verificar presión operación	x	x	x	x
9.- Comprobar caudal del sistema (Tiempo externo a externo=6 seg.)			x	x
SISTEMA DE LEVANTE Y VOLTEO				
1.- Revisar pines y bocinas en general	x	x	x	x
2.- Comprobar funcionamiento de la válvula de pilotaje			x	x
3.- Verificar ajuste de tapas en cilindros	x	x	x	x
4.- Revisar topes de cilindros (inferior y superior)	x	x	x	x
SISTEMA DE CARGA				
1.- Comprobar funcionamiento del sistema			x	x
2.- Verificar pre-carga de acumulador (900 PSI - 1000 PSI)	x	x	x	x
3.- Verificar presiones del sistema	x	x	x	x
4.- Limpieza del filtro de la válvula de carga	x		x	x
5.- Verificar presión de operación	x	x	x	x
SISTEMA FRENO DE PARQUEO				
1.- Comprobar funcionamiento del sistema			x	x
2.- Verificar regulación del caliper	x	x	x	x
3.- Verificar presiones del sistema de operación (200 PSI)	x	x	x	x
LLANTAS				
1.- Medir presión de aire (85-90 psi)	x	x	x	x
2.- Inspeccionar estado de llantas - Verificar desgaste	x	x	x	x
4.- Medir y anotar cocada	x	x	x	x
5.- Tomar el número de código de cada llanta	x	x	x	x
6.- Verificar torque de apriete de tuercas de cada rueda (450 lb.-PIE - 500 lb.-PIE)	x	x	x	x
CHASSIS AND BOGIE				
1.- Inspeccionar y reacondicionar uniones soldadas	x	x	x	x
2.- Verificar: fallas, fracturas, rajaduras y abolladuras	x	x	x	x
3.- Revisar articulación central superior e inferior	x	x	x	x
4.- Revisar cuchara en general	x	x	x	x
5.- Revisar soporte y asiento del operador	x	x	x	x
6.- Revisar tapas protectoras	x	x	x	x
7.- Revisar el boom	x	x	x	x
8.- Revisar pines y bocinas en general	x	x	x	x
9.- Revisar soportes del techo operador	x	x	x	x

TABLA N° 08-b: CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 200, 400, 800, 1600 HRS
Fuente: Elaboración Propia

PROGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO R1300G LHD SCOOPTRAM	MTTO 1 200 HR	MTTO 2 400 HR	MTTO 3 800 HR	MTTO 4 1600 HR
SISTEMA ELECTRICO				
1.- Limpieza de baterías y sus terminales	X	X	X	X
2.- Revisar nivel y densidad del electrolito	X	X	X	X
3.- Revisar base y guardas de batería	X	X	X	X
4.- Revisar desgaste y tensión faja alternador	X	X	X	X
5.- Comprobar funcionamiento sistema de carga batería			X	X
6.- Revisar medidores de temperatura del motor	X	X	X	X
7.- Comprobar funcionamiento del <u>hgrómetro</u>			X	X
8.- Comprobar funcionamiento del voltímetro			X	X
9.- Comprobar funcionamiento de solenoide de parqueo			X	X
10.- Comprobar funcionamiento de <u>switch</u> de neutro			X	X
11.- Comprobar funcionamiento de <u>pre-calentadores</u>			X	X
12.- Comprobar funcionamiento de luces delanteras (bases y protectores)			X	X
13.- Comprobar funcionamiento de luces posteriores (bases y protectores)			X	X
14.- Comprobar funcionamiento de botón de freno de parqueo			X	X
15.- <u>Inspeccionar estado de porta-faros</u>	X	X	X	X
16.- Verificar ajuste de perno soporte del arrancador	X	X	X	X
17.- Comprobar funcionamiento de sistema de arranque			X	X
18.- Limpieza del panel operador (interno y externo)	X	X	X	X
19.- Comprobar funcionamiento de medidores en el panel			X	X
20.- Comprobar funcionamiento de sensores de temperatura de motor			X	X
21.- Comprobar funcionamiento de <u>switch</u> presión baja en el acumulador			X	X
22.- Desmontar alternador para su mantenimiento				
23.- Desmontar arrancador para su mantenimiento				

TABLA N° 08-c: CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 200, 400, 800, 1600 HRS

Fuente: Elaboración Propia

ORDEN DE TRABAJO		N°	
PRIORIDAD:		CUENTA N°	
REQUERIDO POR:	APROBADO POR:	FECHA:	
EQUIPO:			
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:			
SUPERVISOR:		SECCION:	FECHA:
MATERIAL Y HERRAMIENTAS ESPECIALES NECESARIAS:			
COORDINADO POR:		DEPARTAMENTO:	
N° DE ORDEN DE IMPEDIMENTO DE LA OPERACION:		TIEMPO:	FECHA:
REGRESO A OPERACION: FECHA		HORA:	SUPERVISOR:
SERVICIO VERIFICADO: <input type="checkbox"/>		RESPONSABLE	
SUMARIO DEL SERVICIO EJECUTADO:			
FECHA DE TERMINACION DEL SERVICIO:			HORA:
COMENTARIOS SOBRE EL PROBLEMA:			
Horas-hombre estimadas	Horas-hombre reales	Nombres	Comentarios relativos al consumo de Horas-hombre

TABLA N° 09: ORDEN DE TRABAJO

Fuente: Elaboración Propia

APLICACIÓN DEL PLAN PILOTO - MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Fecha	HORAS - MANTENIMIENTO									Nº FALLAS
	Horometro Inicial	Horometro Final	Horas Trabajo	Mantto PREV	Inspecc.	Mantto RTVO	Horas Stand By	Horas Totales	D.M.	
01/01/2017	3795.0	3800.5	5.0	10.0	1.0		8	16.0	31%	
02/01/2017	3,800.5	3816.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
03/01/2017	3,816.0	3831.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
04/01/2017	3,831.5	3847.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
05/01/2017	3,847.0	3862.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
06/01/2017	3,862.5	3878.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
07/01/2017	3,878.0	3893.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
08/01/2017	3,893.5	3909.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
09/01/2017	3,909.0	3924.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
10/01/2017	3,924.5	3940.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
11/01/2017	3,940.0	3952.5	9.0		1.0	6	8	16.0	56%	1
12/01/2017	3,952.5	3968.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
13/01/2017	3,968.0	3983.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
14/01/2017	3,983.5	3995.0	11.0	4.0	1.0		8	16.0	69%	
15/01/2017	3,995.0	4010.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
16/01/2017	4,010.5	4026.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
17/01/2017	4,026.0	4041.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
18/01/2017	4,041.5	4057.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
19/01/2017	4,057.0	4,072.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
20/01/2017	4,072.5	4,088.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
21/01/2017	4,088.0	4103.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
22/01/2017	4,103.5	4115.0	11.0		1.0	4	8	16.0	69%	1
23/01/2017	4,115.0	4130.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
24/01/2017	4,130.5	4146.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
25/01/2017	4,146.0	4161.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
26/01/2017	4,161.5	4177.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
27/01/2017	4,177.0	4192.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
28/01/2017	4,192.5	4205.0	12.0	3.0	1.0		8	16.0	75%	
29/01/2017	4,205.0	4220.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
30/01/2017	4,220.5	4236.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
31/01/2017	4,236.0	4251.5	14.0		1.0	1	8	16.0	88%	1
Total		4,251.5	437.0	17.00	31.00	11.00	248.00	496.0	88%	3

TABLA N° 10: MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE ENERO
Fuente: Elaboración Propia

Total Horas Mes	496.00	100.0%
Hras Mantto.	48.00	9.7%
Inspeccion	31.00	6.3%
Hras Disponibles	437.00	88.1%
Hras de Rep. Ctvo	11.00	2.2%
Hras Stanby	248.00	50.0%
Hras. Trabj. Real	437.00	88.1%
Nro fallas	3.00	

TABLA N° 11: RESULTADOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE ENERO
Fuente: Elaboración Propia

DISPONIBILIDAD	88%	DM= $\frac{H \text{ TOTAL} - (M \text{ PRET} + M \text{ PROG} + M \text{ CTVO})}{H \text{ TOTAL}}$
MTBF	145.7	TMEF = $\frac{\text{HORAS DE TRABAJO}}{\text{N}^{\circ} \text{ FALLAS}}$
MTTR	3.7	TMPR = $\frac{\text{HORAS DE REPARACIÓN}}{\text{N}^{\circ} \text{ FALLAS}}$

TABLA N° 12: RESULTADOS DE LOS INDICADORES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE ENERO

Fuente: Elaboración Propia

Fecha	HORAS - MANTENIMIENTO									N° FALLAS
	Horometro Inicial	Horometro Final	Horas Trabajo	Mantto PREV	Inspecc.	Mantto RTVO	Horas Stand By	Horas Totales	D.M.	
01/02/2017	4251.5	4267.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
02/02/2017	4,267.0	4282.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
03/02/2017	4,282.5	4298.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
04/02/2017	4,298.0	4313.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
05/02/2017	4,313.5	4329.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
06/02/2017	4,329.0	4341.0	10.0		1.0	4.0	8	15.0	67%	1
07/02/2017	4,341.0	4356.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
08/02/2017	4,356.5	4372.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
09/02/2017	4,372.0	4387.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
10/02/2017	4,387.5	4397.0	9.0	6.0	1.0		8	16.0	56%	
11/02/2017	4,397.0	4412.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
12/02/2017	4,412.5	4428.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
13/02/2017	4,428.0	4443.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
14/02/2017	4,443.5	4459.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
15/02/2017	4,459.0	4474.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
16/02/2017	4,474.5	4490.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
17/02/2017	4,490.0	4505.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
18/02/2017	4,505.5	4518.0	7.0		1.0	5	8	13.0	54%	1
19/02/2017	4,518.0	4,533.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
20/02/2017	4,533.5	4,549.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
21/02/2017	4,549.0	4564.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
22/02/2017	4,564.5	4580.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
23/02/2017	4,580.0	4595.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
24/02/2017	4,595.5	4608.0	12.0	3.0	1.0		8	16.0	75%	
25/02/2017	4,608.0	4623.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
26/02/2017	4,623.5	4639.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
27/02/2017	4,639.0	4654.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
28/02/2017	4,654.5	4670.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
TOTAL		4,670.0	398.0	9.00	28.00	9.00	224.00	444.0	89%	2

TABLA N° 13: MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE FEBRERO

Fuente: Elaboración Propia

Total Horas Mes	444.00	100.0%
Hras Mantto.	37.00	8.3%
Inspeccion	28.00	6.3%
Hras Disponibles	398.00	89.6%
Hras de Rep. Ctvo	9.00	2.0%
Hras Stanby	224.00	50.5%
Hras. Trabj. Real	398.00	89.6%
Nro fallas	2.00	

TABLA N° 14: RESULTADOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE FEBRERO

Fuente: Elaboración Propia

DISPONIBILIDAD	89%	DM=	$\frac{H\ TOTAL - (M\ PRET + M\ PROG + M\ CTVO)}{H\ TOTAL}$
MTBF	199.0	TMEF =	$\frac{HORAS\ DE\ TRABAJO}{N^{\circ}\ FALLAS}$
MTTR	4.5	TMPR =	$\frac{HORAS\ DE\ REPARACION}{N^{\circ}\ FALLAS}$

TABLA N° 15: RESULTADOS DE LOS INDICADORES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE FEBRERO

Fuente: Elaboración Propia

Fecha	HORAS - MANTENIMIENTO									N° FALLAS
	Horometro Inicial	Horometro Final	Horas Trabajo	Mantto PREV	Inspecc.	Mantto RTVO	Horas Stand By	Horas Totales	D.M.	
01/03/2017	4670.0	4685.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
02/03/2017	4,685.5	4701.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
03/03/2017	4,701.0	4716.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
04/03/2017	4,716.5	4732.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
05/03/2017	4,732.0	4747.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
06/03/2017	4,747.5	4763.0	12.0		1.0	3.0	8	16.0	75%	1
07/03/2017	4,763.0	4778.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
08/03/2017	4,778.5	4791.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
09/03/2017	4,791.0	4803.5	12.0	3.0	1.0		8	16.0	75%	
10/03/2017	4,803.5	4819.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
11/03/2017	4,819.0	4834.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
12/03/2017	4,834.5	4850.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
13/03/2017	4,850.0	4865.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
14/03/2017	4,865.5	4881.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
15/03/2017	4,881.0	4896.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
16/03/2017	4,896.5	4912.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
17/03/2017	4,912.0	4927.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
18/03/2017	4,927.5	4943.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
19/03/2017	4,943.0	4,958.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
20/03/2017	4,958.5	4,974.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
21/03/2017	4,974.0	4989.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
22/03/2017	4,989.5	5002.0	12.0	3.0	1.0		8	16.0	75%	
23/03/2017	5,002.0	5017.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
24/03/2017	5,017.5	5033.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
25/03/2017	5,033.0	5048.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
26/03/2017	5,048.5	5061.0	10.0		1.0	3	8	14.0	71%	1
27/03/2017	5,061.0	5076.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
28/03/2017	5,076.5	5092.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
29/03/2017	5092.0	5107.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
30/03/2017	5107.5	5123.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
31/03/2017	5123.0	5138.5	10.0		1.0	3	8	14.0	71%	1
Total		5,138.5	446.0	6.00	31.00	9.00	248.00	492.0	90%	3

TABLA N° 16: MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE MARZO

Fuente: Elaboración Propia

Total Horas Mes	492.00	100.0%
Hras Mantto.	37.00	7.5%
Inspeccion	31.00	6.3%
Hras Disponibles	446.00	90.7%
Hras de Rep. Ctvo	9.00	1.8%
Hras Stanby	248.00	50.4%
Hras. Trabj. Real	446.00	90.7%
Nro fallas	3.00	

TABLA N° 17: RESULTADOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE MARZO

Fuente: Elaboración Propia

DISPONIBILIDAD	90%	DM=	$\frac{H\ TOTAL - (M\ PRET + M\ PROG + M\ CTVO)}{H\ TOTAL}$
MTBF	148.7	TMEF =	$\frac{HORAS\ DE\ TRABAJO}{N^{\circ}\ FALLAS}$
MTTR	3.0	TMPR =	$\frac{HORAS\ DE\ REPARACION}{N^{\circ}\ FALLAS}$

TABLA N° 18: RESULTADOS DE LOS INDICADORES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE MARZO

Fuente: Elaboración Propia

Fecha	HORAS - MANTENIMIENTO									N° FALLAS	
	Horometro Inicial	Horometro Final	Horas Trabajo	Mantto PREV	Inspecc.	Mantto RTVO	Horas Stand By	Horas Totales	D.M.		
01/04/2017	5138.5	5154.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
02/04/2017	5,154.0	5169.5	15.0		1.0		8	16.0	94%		
03/04/2017	5,169.5	5185.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
04/04/2017	5,185.0	5200.5	15.0		1.0		8	16.0	94%		
05/04/2017	5,200.5	5209.0	8.0	7.0	1.0		8	16.0	50%		
06/04/2017	5,209.0	5224.5	15.0		1.0		8	16.0	94%		
07/04/2017	5,224.5	5240.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
08/04/2017	5,240.0	5255.5	15.0		1.0		8	16.0	94%		
09/04/2017	5,255.5	5271.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
10/04/2017	5,271.0	5286.5	15.0		1.0		8	16.0	94%		
11/04/2017	5,286.5	5302.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
12/04/2017	5,302.0	5317.5	15.0		1.0		8	16.0	94%		
13/04/2017	5,317.5	5333.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
14/04/2017	5,333.0	5348.5	15.0		1.0		8	16.0	94%		
15/04/2017	5,348.5	5364.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
16/04/2017	5,364.0	5379.5	15.0		1.0		8	16.0	94%		
17/04/2017	5,379.5	5395.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
18/04/2017	5,395.0	5407.5	12.0	3.0	1.0		8	16.0	75%		
19/04/2017	5,407.5	5,423.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
20/04/2017	5,423.0	5,438.5	15.0		1.0		8	16.0	94%		
21/04/2017	5,438.5	5,454.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
22/04/2017	5,454.0	5,466.5	12.0		1.0	4	8	17.0	71%	1	
23/04/2017	5,466.5	5,482.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
24/04/2017	5,482.0	5,497.5	15.0		1.0		8	16.0	94%		
25/04/2017	5,497.5	5,513.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
26/04/2017	5,513.0	5,525.5	12.0		1.0	2	8	15.0	80%	1	
27/04/2017	5,525.5	5,541.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
28/04/2017	5,541.0	5,556.5	15.0		1.0		8	16.0	94%		
29/04/2017	5,556.5	5,572.0	15.0		1.0		8	16.0	94%		
30/04/2017	5,572.0	5,587.5	15.0		1.0		8	16.0	94%		
Total		5,587.5	434.0		10.00	30.00	6.00	240.00	480.0	90%	2

TABLA N° 19: MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE ABRIL

Fuente: Elaboración Propia

Total Horas Mes	480.00	100.0%
Hras Mantto.	40.00	8.3%
Inspeccion	30.00	6.3%
Hras Disponibles	434.00	90.4%
Hras de Rep. Ctvo	6.00	1.3%
Hras Stanby	240.00	50.0%
Hras. Trbj. Real	434.00	90.4%
Nro fallas	2.00	

TABLA N° 20: RESULTADOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE ABRIL

Fuente: Elaboración Propia

DISPONIBILIDAD	90%	DM= $\frac{H\ TOTAL - (M\ PRET + M\ PROG + M\ CTVO)}{H\ TOTAL}$
MTBF	217.0	TMEF = $\frac{HORAS\ DE\ TRABAJO}{N^{\circ}\ FALLAS}$
MTTR	3.0	TMPR = $\frac{HORAS\ DE\ REPARACION}{N^{\circ}\ FALLAS}$

TABLA N° 21: RESULTADOS DE LOS INDICADORES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE ABRIL

Fuente: Elaboración Propia

Fecha	HORAS - MANTENIMIENTO									N° FALLAS
	Horometro Inicial	Horometro Final	Horas Trabajo	Mantto PREV	Inspecc.	Mantto RTVO	Horas Stand By	Horas Totales	D.M.	
01/05/2017	5587.5	5599.0	11.0	4.0	1.0		8	16.0	69%	
02/05/2017	5,599.0	5614.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
03/05/2017	5,614.5	5630.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
04/05/2017	5,630.0	5645.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
05/05/2017	5,645.5	5661.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
06/05/2017	5,661.0	5676.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
07/05/2017	5,676.5	5692.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
08/05/2017	5,692.0	5707.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
09/05/2017	5,707.5	5723.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
10/05/2017	5,723.0	5736.5	13.0		1.0	2	8	16.0	81%	1
11/05/2017	5,736.5	5752.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
12/05/2017	5,752.0	5767.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
13/05/2017	5,767.5	5783.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
14/05/2017	5,783.0	5795.5	12.0	3.0	1.0		8	16.0	75%	
15/05/2017	5,795.5	5811.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
16/05/2017	5,811.0	5826.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
17/05/2017	5,826.5	5842.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
18/05/2017	5,842.0	5857.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
19/05/2017	5,857.5	5873.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
20/05/2017	5,873.0	5888.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
21/05/2017	5,888.5	5904.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
22/05/2017	5,904.0	5919.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
23/05/2017	5,919.5	5935.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
24/05/2017	5,935.0	5950.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
25/05/2017	5,950.5	5966.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
26/05/2017	5,966.0	5981.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
27/05/2017	5,981.5	5997.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
28/05/2017	5,997.0	6006.5	9.0	6.0	1.0		8	16.0	56%	
29/05/2017	6006.5	6022.0	15.0		1.0		8	16.0	94%	
30/05/2017	6022.0	6037.5	15.0		1.0		8	16.0	94%	
31/05/2017	6037.5	6053.0	11.0		1.0	4	8	16.0	69%	1
Total		6,053.0	446.0	13.00	31.00	6.00	248.00	496.0	90%	2

TABLA N° 22: MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE MAYO

Fuente: Elaboración Propia

Total Horas Mes	496.00	100.0%
Hras Mantto.	44.00	8.9%
Inspeccion	31.00	6.3%
Hras Disponibles	446.00	89.9%
Hras de Rep. Ctvo	6.00	1.2%
Hras Stanby	248.00	50.0%
Hras. Trabj. Real	446.00	89.9%
Nro fallas	2.00	

TABLA N° 23: RESULTADOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE MAYO

Fuente: Elaboración Propia

DISPONIBILIDAD	90%	DM= $\frac{H \text{ TOTAL} - (M \text{ PRET} + M \text{ PROG} + M \text{ CTVO})}{H \text{ TOTAL}}$
MTBF	223.0	TMEF = $\frac{\text{HORAS DE TRABAJO}}{\text{N° FALLAS}}$
MTTR	3.0	TMPR = $\frac{\text{HORAS DE REPARACIÓN}}{\text{N° FALLAS}}$

TABLA N° 24: RESULTADOS DE LOS INDICADORES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO EN EL MES DE MAYO

Fuente: Elaboración Propia

3.2 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

En relación a los datos obtenidos en el punto anterior, a continuación se procede a realizar la revisión y consolidación de resultados.

La intención de realizar la revisión de los datos obtenidos en el cuadro anterior tiene como propósito obtener los indicadores de mantenimiento, recalando que en la delimitación conceptual, establecí que los indicadores en análisis serán, disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TIEMPO - OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE BAJO PERFIL LHD SCOOPTRAN R1300G

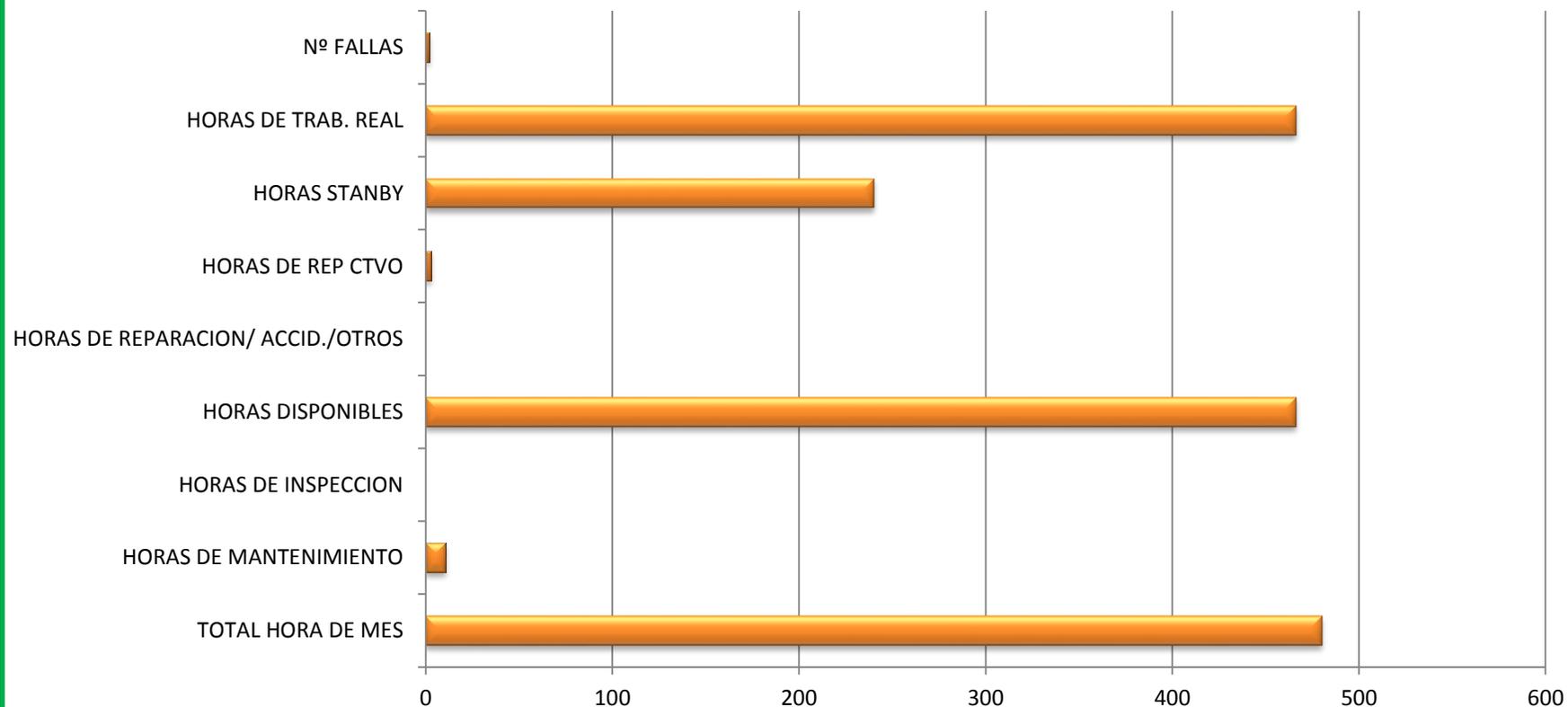


FIGURA N° 11: ANÁLISIS COMPARATIVO DE TIEMPO – OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Fuente: Elaboración Propia

En esta tabla se muestra los indicadores obtenidos antes de aplicar el plan de mantenimiento preventivo estos valores fueron otorgados por la Unidad minera Huarón SAC.

CUADRO DE INDICADORES				
2016	MESES	DISPONIBILIDAD (%)	MTBF (confiabilidad)	MTTR (mantenibilidad)
	JULIO	73	22.6	8.4
	AGOSTO	29	20.6	50.3
	SETIEMBRE	75	40	13.3
	OCTUBRE	71	52.9	17.1
	NOVIEMBRE	74	60	17.7
	DICIEMBRE	77	54.4	16.4
	TOTAL	66.5	42	21

TABLA N° 25: VALORES DE LOS INDICADORES ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN

Fuente: Elaboración Propia

Una vez realizado el plan de mantenimiento preventivo propuesto observamos en la siguiente Tabla el aumento de los indicadores.

CUADRO DE INDICADORES				
2017	MESES	DISPONIBILIDAD (%)	MTBF (confiabilidad)	MTTR (mantenibilidad)
	ENERO	88	145	3.7
	FEBRERO	89	199	4.5
	MARZO	90	148.7	3
	ABRIL	90	217	3
	MAYO	90	223	3
	TOTAL	89.4	187	3

TABLA N° 26: VALORES DE LOS INDICADORES OBTENIDOS DESPUES DE LA IMPLEMENTACIÓN

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se realiza la comparación de los indicadores obtenidos antes y después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo al equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G perteneciente a la Unidad Minera Huarón SAC.

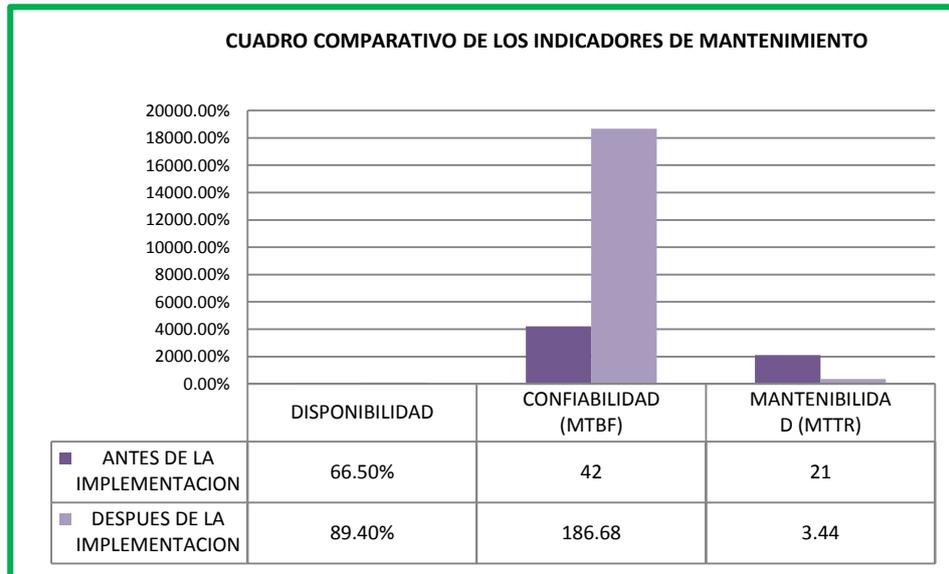


FIGURA N° 12: CUADRO COMPARATIVO DEL ANTES Y DESPUES DE LOS VALORES DE LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente en relación a la productividad podemos esquematizar mediante el siguiente cuadro, los escenarios generados que comparan la cantidad de equipos en relación a la cantidad de material extraído en la minera HUARON.

PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO R1300G REFLEJADO TONELADAS			
2016	HORAS	TONELADAS	N° DE VIAJES POR MES
JULIO	361	6498	1083
AGOSTO	144	2592	432
SETIEMBRE	360	6480	1080
OCTUBRE	370	6660	1110
NOVIEMBRE	360	6480	1080
DICIEMBRE	381	6858	1143
PROMEDIO	329	5928	988

TABLA N° 27: RESULTADO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO ANTES DE APLICAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Fuente: Elaboración Propia

PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO R1300G REFLEJADO EN TONELADAS			
2017	HORAS	TONELADAS	N° DE VIAJES POR MES
ENERO	437	7866	1311
FEBRERO	398	7164	1194
MARZO	446	8028	1338
ABRIL	434	7812	1302
MAYO	446	8028	1338
PROMEDIO	432	7780	1297

TABLA N° 28: RESULTADO DEL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN GENERAL

- Se concluye que se mejoró la productividad, del equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G, perteneciente a la Unidad Minera Huarón SAC, el resultado obtenido referente a las horas de disponibilidad y a la productividad reflejada en toneladas en bruto. La disponibilidad del equipo es 89.4 % y 7780 toneladas de mayor cantidad de material extraída por la máquina.

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- Se concluye que se planteó un plan de mantenimiento preventivo para el equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G perteneciente a la Unidad Minera Huarón SAC, utilizando los siguientes instrumentos (cartilla de mantenimiento, Check List, orden de trabajo, cartillas del programa general de mantenimiento preventivo y evaluación de indicadores).
- Se concluye que se mejoró los indicadores de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad del equipo de bajo perfil LHD Scooptram R1300G perteneciente a la Unidad Minera Huarón SAC, los valores obtenidos son de disponibilidad 89.4 %, mantenibilidad 3 y confiabilidad 187.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda desarrollar otros planes de mantenimiento para otros equipos o maquinarias en la Unidad Minera Huarón, tomando como referencia el procedimiento propuesto en este trabajo de suficiencia profesional.
- Se recomienda desarrollar, otros programas de mantenimiento, tales como Overhaul sobre el equipo de bajo perfil Scooptram R1300G, a fin de garantizar la operatividad de todo el proceso productivo de la Unidad Minera Huarón SAC.
- Se recomienda que a partir de la aplicación del mantenimiento preventivo, evaluar los costos relacionados a tal proceso, a fin de realizar un análisis comparativo en referencia al costo del equipo de bajo perfil Scooptram R1300G y su mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. **BUELVAS, C. (2014).** Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Empresa L&L. (Tesis de Pre Grado). Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla, Colombia.
2. **AZÁLGARA, M. (2013).** Estudio de factibilidad para la implementación de un programa de mantenimiento de fajas transportadoras en sociedad minera Cerro Verde S.A.A. (Tesis de Pos Grado). Universidad de Piura. Piura, Perú.
3. **SIERRA, G. (2014).** Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A. (Tesis de Pre Grado). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.
4. **PLAZA, A. (2013).** Apuntes teóricos y ejercicios de aplicación de gestión del mantenimiento industrial. Estados Unidos: LULU.
5. **DE BONA, J. (2015).** La Gestión del mantenimiento. Barcelona, España: COFEMETAL.
6. **ACUÑA, J. (2013).** Ingeniería de Confiabilidad. Costa Rica: EDITORIAL TECNOLÓGICA DE COSTA RICA.

ANEXOS



CARGADORES R1300G



■ Caterpillar ofrece una gama de sistemas y soluciones para minería subterránea para cumplir sus demandas de producción alta y bajar sus costos por tonelada.

MOTOR

Modelo	3306 Cat DITA (SWIRL)
Vueltas del motor	2.200 rpm
Potencia bruta SAE J1995	182 hp / 136 kW
Potencia neta SAE J1349	160 hp / 119 kW
Calibre	105 mm
Carrera	127 mm
Cilindrada	6.600 cm ³

ESPECIFICACIONES EN ORDEN DE TRABAJO

Carga útil nominal	6.800 kg
Peso en orden de trabajo	27.750 kg
Carga límite en equilibrio estático	20.575 kg
Fuerza de desprendimiento	12.020 kg

PESOS

Vacio	20.950 kg
Eje delantero	8.160 kg
Eje trasero	12.970 kg
Con carga	27.750 kg
Eje delantero	18.634 kg

Eje trasero

9.116 kg

CAPACIDADES DE LOS BALDES (CUCHARONES)

Capacidad del balde estándar	3.1 m ³
Ancho del balde	2.200 mm
Capacidad de balde - Opción 1	2.4 m ³
Capacidad de balde - Opción 2	2.5 m ³
Capacidad de balde - Opción 3	2.8 m ³
Capacidad de balde - Opción 4	3.4 m ³

TIEMPO DE CICLO HIDRAULICO

Subida	5.0 segundos
Descarga	2.0 segundos
Bajada libre	2.3 segundos
Tiempo total	9.3 segundos

DIMENSIONES DE GIRO

Radio de giro exterior	5.741 mm
Oscilación del eje	10°
Angulo de articulación	42.5°

TRANSMISION

Avance 1	5.3 km / hora
Avance 2	10.1 km / hora
Avance 3	18.1 km / hora
Avance 4	26.1 km / hora
Retroceso 1	4.9 km / hora
Retroceso 2	9.2 km / hora
Retroceso 3	16.4 km / hora
Retroceso 4	25.9 km / hora

www.viarural.cl > maquinaria de construcción > Caterpillar > minería subterránea >

CARTILLA PARA LA DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL EQUIPO

Date	HORAS - MOTOR DIESEL			HORAS - MANTENIMIENTO					INDICADORES			N° FALLAS	Descripcion
	Horometro Inicial	Horometro Final	Horas Trabajo	Inspec	Mantto PREV	Mantto PROG	Mantto RTVO	Repar Acc/ Otros	Horas Stand By	Horas Totales	D.M.		
<u>Totales</u>	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0	0.00%	0	

CARTILLA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO – JULIO 2016

Date	MOTOR DIESEL	HORAS - MANTENIMIENTO				INDICADORES			N° FALLAS	DESCRIPCION
	Horas Trabajo	Inspec	Mantto PREY	Mantto PROG	Mantto RTYO	Horas Stand By	Horas Totales	D.M.		
01/07/2016	16					8	16	100%		
02/07/2016	10				6	8	16	63%	1	
03/07/2016	9				7	8	16	56%	1	
04/07/2016	16					8	16	100%		
05/07/2016	16					8	16	100%		
06/07/2016	16					8	16	100%		
07/07/2016	16					8	16	100%		
08/07/2016	16					8	16	100%		
09/07/2016	11				5	8	16	69%	1	
10/07/2016	14				2	8	16	88%	1	
11/07/2016	16					8	16	100%		
12/07/2016	16					8	16	100%		
13/07/2016	16					8	16	100%		
14/07/2016	16					8	16	100%		
15/07/2016	16					8	16	100%		
16/07/2016	16					8	16	100%		
17/07/2016	8				8	8	16	50%	1	
18/07/2016	12				4	8	16	75%	1	
19/07/2016	9				7	8	16	56%	1	
20/07/2016	16					8	16	100%		
21/07/2016	16					8	16	100%		
22/07/2016	16					8	16	100%		
23/07/2016	0				16	8	16	0%	1	
24/07/2016	2				14	8	16	13%	1	
25/07/2016	10				6	8	16	63%	1	
26/07/2016	5				11	8	16	31%	1	
27/07/2016	10				6	8	16	63%	1	
28/07/2016	11				5	8	16	69%	1	
29/07/2016	5				11	8	16	31%	1	
30/07/2016	4				12	8	16	25%	1	
31/07/2016	1				15	8	16	6%	1	
Totales	361,0	0,00	0,00	0,00	135,00	248,00	496,0	73%	16	

Total Horas Mes	496,00	100,0%
Hras Mantto.	0,00	0,0%
Inspeccion	0,00	0,0%
Hras Disponibles	361,00	72,8%
Hras de Rep./Accid./ Otros	0,00	0,0%
Hras de Rep. Ctvo	135,00	27,2%
Hras Stanby	248,00	50,0%
Hras. Trabj. Real	361,00	72,8%
Nro fallas	16,00	

DISPONIBILIDAD	73%	DM= $\frac{H\ TOTAL - (M\ PRET + M\ PROG + M\ CTVO)}{H\ TOTAL}$
-----------------------	-----	---

MTBF	22,6	TMEF= $\frac{HORAS\ DE\ TRABAJO}{N^{\circ}\ FALLAS}$
-------------	------	--

MTTR	8,4	TMPR= $\frac{HORAS\ DE\ REPARACION}{N^{\circ}\ FALLAS}$
-------------	-----	---

Ing. Abel Benito M.
Residente -Extraninarcata

Edgar Velásquez Q.
Responsable de contrato Sandvik del Perú S.A.

CARTILLA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO – AGOSTO 2016

Date	HORAS - MOTOR DIESEL			HORAS - MANTENIMIENTO				INDICADORES			N° FALLAS	DESCRIPCION
	Horometro Inicial	Horometro Final	Horas Trabajo	Inspec	Mantto PREY	Mantto PROG	Mantto RTVO	Horas Stand By	Horas Totales	D.M.		
01/08/2016	15610	15700	16				0	8	16	100%		
02/08/2016			16				0	8	16	100%		
03/08/2016			16				0	8	16	100%		
04/08/2016			11				5	8	16	69%	1	
05/08/2016			14				2	8	16	88%	1	
06/08/2016			15				1	8	16	94%	1	
07/08/2016			4				12	8	16	25%	1	
08/08/2016			14				2	8	16	88%	1	Rotura de cilindro hidraulico de levante
09/08/2016			16				0	8	16	100%		
10/08/2016			16				0	8	16	100%		
11/08/2016			6				10	8	16	38%	1	
12/08/2016			0				16,0	8	16	0%	1	
13/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
14/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
15/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
16/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
17/08/2016			0				16,0	8	16	0%		Motor diesel sale fuera deservicio por
18/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
19/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
20/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
21/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
22/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
23/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
24/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
25/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
26/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
27/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
28/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
29/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
30/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
31/08/2016			0				16,0	8	16	0%		
Totales			144,0	0,00	0,00	0,00	352,00	248,00	496,0	29%	7	

Total Horas Mes	496,00	100,0%
Hras Mantto.	0,00	0,0%
Inspeccion	0,00	0,0%
Hras Disponibles	144,00	29,0%
Hras de Rep./Accid./ Otros	0,00	0,0%
Hras de Rep. Ctvo	352,00	71,0%
Hras Stanby	248,00	50,0%
Hras. Trabj. Real	144,00	29,0%
Nro fallas	7,00	

DISPONIBILIDAD	29%
MTBF	20,6
MTTR	50,3

Ing. Abel Benito M. Residente-Extranaricata	Edgar Velásquez Q. Responsable de contrato Sandvik del Perú S.A.
--	---

CARTILLA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO – SETIEMBRE 2016

Date	HORAS - MOTOR DIESEL			HORAS - MANTENIMIENTO				INDICADORES			Nº FALLAS	DESCRIPCION	
	Horometro Inicial	Horometro Final	Horas Trabajo	Inspec	Mantto PREV	Mantto PROG	Mantto RTVO	Repar Acc/	Horas Stand By	Horas Totales			D.M.
01/09/2016			16						8	16	100%		
02/09/2016			16						8	16	100%		
03/09/2016			16						8	16	100%		
04/09/2016			16						8	16	100%		
05/09/2016			16						8	16	100%		
06/09/2016			16						8	16	100%		
07/09/2016			16						8	16	100%		
08/09/2016			16						8	16	100%		
09/09/2016			16						8	16	100%		
10/09/2016			16						8	16	100%		
11/09/2016			0				16		8	16	0%	1	Rotura de aguilon y dnos en los pines
12/09/2016			0				16		8	16	0%		
13/09/2016			0				16		8	16	0%		
14/09/2016			0				16		8	16	0%		
15/09/2016			12				4		8	16	75%	1	
16/09/2016			12				4		8	16	75%	1	
17/09/2016			16						8	16	100%		
18/09/2016			16						8	16	100%		
19/09/2016			16						8	16	100%		
20/09/2016			16						8	16	100%		
21/09/2016			16						8	16	100%		
22/09/2016			8				8		8	16	50%	1	
23/09/2016			16						8	16	100%		
24/09/2016			6				10		8	16	38%	1	
25/09/2016			16						8	16	100%		
26/09/2016			12				4		8	16	75%	1	
27/09/2016			10				6		8	16	63%	1	
28/09/2016			10				6		8	16	63%	1	
29/09/2016			16						8	16	100%		
30/09/2016			2				14		8	16	13%	1	
Totales		1.985,0	360,0	0,00	0,00	0,00	120,00	0,0	240,00	480,0	75%	9	

Total Horas Mes	480,00	100,0%
Hras Mantto.	0,00	0,0%
Inspeccion	0,00	0,0%
Hras Disponibles	360,00	75,0%
Hras de Rep./Accid./ Otros	0,00	0,0%
Hras de Rep. Ctvo	120,00	25,0%
Hras Stanby	240,00	50,0%
Hras. Trbj. Real	360,00	75,0%
Nro fallas	9,00	

DISPONIBILIDAD	75%	
MTBF	40,0	
MTRR	13,3	

Ing. Abel Benito M.
Residente - Extranminarcatá

Edgar Velásquez Q.
Responsable de contrato Sandvik del Perú S.A.

CARTILLA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO – OCTUBRE 2016

Date	HORAS - MOTOR DIESEL			HORAS - MANTENIMIENTO			INDICADORES			N° FALLAS	
	Horometro Inicial	Horometro Final	Horas Trabajo	Inspec	Mantto PREV	Mantto PROG	Mantto RTVO	Horas Stand By	Horas Totales		D.M.
01/10/2016			16					8	16	100%	
02/10/2016			16					8	16	100%	
03/10/2016			16					8	16	100%	
04/10/2016			16					8	16	100%	
05/10/2016			16					8	16	100%	
06/10/2016			10				6	8	16	63%	1
07/10/2016			10		6,0			8	16	63%	
08/10/2016			10				6	8	16	63%	1
09/10/2016			16					8	16	100%	
10/10/2016			11				5	8	16	69%	1
11/10/2016			13				3	8	16	81%	1
12/10/2016			0				16,0	8	16	0%	1
13/10/2016			0				16,0	8	16	0%	
14/10/2016			0				16,0	8	16	0%	
15/10/2016			0				16,0	8	16	0%	
16/10/2016			0				16,0	8	16	0%	
17/10/2016			16					8	16	0%	
18/10/2016			16					8	16	100%	
19/10/2016			16					8	16	100%	
20/10/2016			16					8	16	100%	
21/10/2016			16					8	16	100%	
22/10/2016			16					8	16	100%	
23/10/2016			8				8	8	16	50%	1
24/10/2016			4				12	8	16	25%	1
25/10/2016			16					8	16	100%	
26/10/2016			16					8	16	100%	
27/10/2016			16					8	16	100%	
28/10/2016			16					8	16	100%	
29/10/2016			16					8	16	100%	
30/10/2016			16				0	8	16	100%	
31/10/2016			16				0	8	16	100%	
Totales			370,0	0,00	6,00	0,00	120,00	248,00	496,0	71%	7

Daño en bomba hidraulica de direccion

Total Horas Mes	496,00	100,0%
Hras Mantto.	6,00	1,2%
Inspeccion	0,00	0,0%
Hras Disponibles	370,00	74,6%
Hras de Rep./Accid./ Otros	0,00	0,0%
Hras de Rep. Ctvo	120,00	24,2%
Hras Stanby	248,00	50,0%
Hras. Trbj. Real	370,00	74,6%
Nro fallas	7,00	

DISPONIBILIDAD	71%
MTBF	52,9
MTTR	17,1

Ing. Abel Benito M.
Residente -Extramarcata

Edgar Velásquez Q.
Responsable de contrato Sandvik del Perú S.A.

CARTILLA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO – NOVIEMBRE 2016

Date	HORAS - MOTOR DIESEL			HORAS - MANTENIMIENTO			INDICADORES			N° FALLAS	DESCRIPCION	
	Horometro Inicial	Horometro Final	Horas Trabajo	Inspec	Mantto PREV	Mantto PROG	Mantto RTVO	Horas Stand By	Horas Totales			D.M.
01/11/2016			16					8	16	100%		
02/11/2016			16					8	16	100%		
03/11/2016			16					8	16	100%		
04/11/2016			16					8	16	100%		
05/11/2016			16					8	16	100%		
06/11/2016			16					8	16	100%		
07/11/2016			16					8	16	100%		
08/11/2016			16					8	16	100%		
09/11/2016			16					8	16	100%		
10/11/2016			16					8	16	100%		
11/11/2016			16					8	16	100%		
12/11/2016			6				10,0	8	16	0%	1	Rotura de cardan
13/11/2016			11				5,0	8	16	69%	1	
14/11/2016			8				8	8	16	50%	1	
15/11/2016			0				16	8	16	0%	1	culata de motor
16/11/2016			13				3,0	8	16	81%	1	
17/11/2016			4		12,0			8	16	25%		
18/11/2016			16					8	16	100%		
19/11/2016			16					8	16	100%		
20/11/2016			16					8	16	100%		
21/11/2016			16					8	16	100%		
22/11/2016			16					8	16	100%		
23/11/2016			16					8	16	100%		
24/11/2016			0				16	8	16	0%	1	
25/11/2016			0				16	8	16	0%		
26/11/2016			0				16	8	16	0%		
27/11/2016			0				16	8	16	0%		
28/11/2016			14		2,0			8	16	88%		
29/11/2016			16					8	16	100%		
30/11/2016			16					8	16	100%		
Totales			360,0	0,00	14,00	0,00	106,00	240,00	480,0	74%	6	

Total Horas Mes	480,00	100,0%
Hras Mantto.	14,00	2,9%
Inspeccion	0,00	0,0%
Hras Disponibles	360,00	75,0%
Hras de Rep./Accid./ Otros	0,00	0,0%
Hras de Rep. Ctvo	106,00	22,1%
Hras Stanby	240,00	50,0%
Hras. Trbj. Real	360,00	75,0%
Nro fallas	6,00	

DISPONIBILIDAD	74%
MTBF	60,0
MTRR	17,7

Ing. Abel Benito M.
Residente -Extranminarcata

Edgar Velásquez Q.
Responsable de contrato Sandvik del Perú S.A.

CARTILLA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO – DICIEMBRE 2016

Date	HORAS - MOTOR DIESEL			HORAS - MANTENIMIENTO			INDICADORES			N° FALLAS	Descripcion	
	Horometro Inicial	Horometro Final	Horas Trabajo	Inspec	Mantto PREV	Mantto PROG	Mantto RTVO	Horas Stand By	Horas Totales			D.M.
01/12/2016	3370,0	3398,0	12				4	8	16	75%	1	
02/12/2016	3.398,0	3414,0	16					8	16	100%		
03/12/2016	3.414,0	3430,0	16					8	16	100%		
04/12/2016	3.430,0	3446,0	16					8	16	100%		
05/12/2016	3.446,0	3462,0	16					8	16	100%		
06/12/2016	3.462,0	3462,0	0				16	8	16	0%	1	
07/12/2016	3.462,0	3462,0	0				16	8	16	0%		
08/12/2016	3.462,0	3462,0	0				16	8	16	0%		
09/12/2016	3.462,0	3471,0	9				7	8	16	56%	1	
10/12/2016	3.471,0	3487,0	16					8	16	100%		
11/12/2016	3.487,0	3503,0	16					8	16	100%		
12/12/2016	3.503,0	3519,0	16					8	16	100%		
13/12/2016	3.519,0	3535,0	16					8	16	100%		
14/12/2016	3.535,0	3551,0	16					8	16	100%		
15/12/2016	3.551,0	3567,0	16					8	16	100%		
16/12/2016	3.567,0	3583,0	0				16	8	16	0%	1	
17/12/2016	3.583,0	3599,0	0				16	8	16	0%		
18/12/2016	3.599,0	3615,0	16					8	16	100%		
19/12/2016	3.615,0	3.631,0	16					8	16	100%		
20/12/2016	3.631,0	3.647,0	16					8	16	100%		
21/12/2016	3.647,0	3663,0	16					8	16	100%		
22/12/2016	3.663,0	3679,0	16					8	16	100%		
23/12/2016	3.679,0	3695,0	16					8	16	100%		
24/12/2016	3.695,0	3711,0	16					8	16	100%		
25/12/2016	3.711,0	3719,0	8				8	8	16	50%	1	
26/12/2016	3.719,0	3735,0	16					8	16	100%		
27/12/2016	3.735,0	3745,0	6				10	8	16	38%	1	
28/12/2016	3.745,0	3755,0	10				6	8	16	63%	1	
29/12/2016	3.755,0	3771,0	16					8	16	100%		
30/12/2016	3.771,0	3787,0	16					8	16	100%		
31/12/2016	3.787,0	3795,0	16					8	16	100%		
Totales			381,0	0,00	0,00	0,00	115,00	248,00	496,0	77%	7	

Total Horas Mes	496,00	100,0%
Hras Mantto.	0,00	0,0%
Inspeccion	0,00	0,0%
Hras Disponibles	381,00	76,8%
Hras de Rep./Accid./ Otros	0,00	0,0%
Hras de Rep. Ctvo	115,00	23,2%
Hras Stanby	248,00	50,0%
Hras. Trabj. Real	381,00	76,8%
Nro fallas	7,00	

DISPONIBILIDAD	77%	DM= $\frac{H \text{ TOTAL} - (M \text{ PRET} + M \text{ PROG} + M \text{ CTVO})}{H \text{ TOTAL}}$
----------------	-----	--

MTBF	54,4	TMEF = $\frac{\text{HORAS DE TRABAJO}}{\text{N° FALLAS}}$
------	------	---

MTRR	16,4	TMPR = $\frac{\text{HORAS DE REPARACIÓN}}{\text{N° FALLAS}}$
------	------	--

Ing. Abel Benito M.
Residente -Extranarcata

Edgar Velásquez Q.
Responsable de contrato Sandvik del Perú S.A.