



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“DISEÑO DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN PARA INCREMENTAR LA MANTENIBILIDAD DE LA FLOTA DE CAMIONES CAT 793C DE MANTENIMIENTO MINA”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Bach. Andy Roy Pompa Mendoza

**Asesor:**

Ing. Luis Roberto Quispe Vasquez

Cajamarca – Perú

2018

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	
<u>ÍNDICE DE CONTENIDOS</u> .....	ii
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u> .....	v
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u> .....	vi
<u>RESUMEN</u> .....	vii
<u>ABSTRACT</u> .....	viii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema.....	11
1.3. Justificación.....	11
1.4. Limitaciones.....	12
1.5. Objetivos.....	13
1.5.1. <i>Objetivo general</i> .....	13
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	13
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Antecedentes.....	14
2.1.1. <i>Antecedentes internacionales</i> .....	14
2.1.2. <i>Antecedentes nacionales</i> .....	15
2.2. Bases teóricas.....	17
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	37
3.1 Operacionalización de variables.....	37
3.2 Hipótesis.....	38
3.3 Diseño de investigación.....	38
3.4 Unidad de estudio.....	38
3.5 Población.....	38
3.6 Muestra.....	38
3.7 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	39
3.7.1 <i>Técnicas e instrumentos</i> .....	39
3.7.2 <i>Procedimientos de recolección de datos</i> .....	40
3.8 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	41
3.8.1 <i>Métodos</i> .....	41
3.8.2 <i>Procedimiento de análisis de datos</i> .....	42

CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....	43
4.1 Análisis de la situación actual de planificación, programación y nivel de mantenibilidad ...	43
4.1.1 Estudio de los tiempos promedios de reparación y la mantenibilidad de las paradas programadas .....	43
4.1.2 Estudio de las órdenes de trabajo pendientes de ejecución – Backlogs.....	49
4.1.3 Desempeño de las habilidades y competencias del personal de ejecución.....	52
4.1.4 Estudio de los niveles de prioridad de las órdenes de trabajo programadas .....	55
4.1.5 Análisis de la relación de la mantenibilidad y la disponibilidad operativa de la flota de camiones .....	58
4.2 Planteamiento de las mejoras en el proceso de planificación y programación.....	62
4.2.1 Identificación de los principales problemas que afectan el proceso de ejecución de las paradas programadas .....	62
4.2.2 Planteamiento del diseño dentro del proceso de planificación y programación.....	65
4.3 Análisis de la viabilidad financiera de la propuesta de diseño de planificación y programación .....	75
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....	78
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES .....	85
REFERENCIAS.....	86

ANEXOS.....	88
Anexo 1: Instrumento de recolección de datos para el cálculo de la mantenibilidad .....	88
Anexo 2: Instrumento de recolección de datos para el cálculo del backlog .....	89
Anexo 3: Instrumento de recolección de datos para la identificación de las desviaciones .....	90
Anexo 4: Registro del nivel de competencias del personal de ejecución .....	91
Anexo 6: Modelo de Integración de las diferentes áreas de mantenimiento mina .....	94
Anexo 7: Diagrama de flujo para el uso de la carta gantt electrónica.....	95
Anexo 8: Diseño de integración de la carta gantt con las funciones de mantenimiento mina.....	96
Anexo 9: Procedimiento para el uso de la carta gantt con las paradas planificadas.....	98
Anexo 10: Procedimiento para el aseguramiento de la calidad de las reparaciones por mantenimiento programado .....	105
Anexo 11: Formatos para la certificación de habilidades .....	125



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de operacionalización de variables.....	37
Tabla 3: Población de estudio.....	38
Tabla 4: Resumen de tiempos promedios de reparaciones programadas - 2017.....	45
Tabla 5: Prueba de bondad de ajuste para la identificación del tipo de distribución.....	47
Tabla 6: Estimación de los parámetros de la distribución seleccionada.....	47
Tabla 7: Descripción de los niveles de prioridad de las órdenes de trabajo.....	55
Tabla 8: Cálculo de la mantenibilidad mensual por tipo de distribución de los datos.....	59
Tabla 9: Flujo de caja de la propuesta de diseño de la planificación y programación.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Camión minero de movimiento de tierra Caterpillar.....	18
Figura 2: Ventajas de aplicar un sistema SMED para la mejora de las reparaciones .....	20
Figura 3: Curva característica de la confiabilidad.....	21
Figura 4: Modelo de la curva de aprendizaje .....	22
Figura 5: Representación gráfica de las 5's .....	23
Figura 6: Símbolos de diagrama de flujo.....	24
Figura 7: Representación de un gráfico de tendencias .....	25
Figura 8: Principales estrategias de mantenimiento .....	27
Figura 9: Tendencia de los tiempos promedios de reparación durante el año 2017.....	44
Figura 10: Diagrama de caja para excluir datos atípicos para el análisis de la mantenibilidad.....	46
Figura 11: Cálculo de la mantenibilidad mediante la distribución exponencial .....	48
Figura 12: Desempeño del backlog durante el año 2017, medido en días .....	50
Figura 13: Gráfico de tendencia de la cantidad de órdenes de trabajo generados mensualmente .....	51
Figura 14: Gráfico circular de la proporción de trabajadores de acuerdo a su nivel de competencias .....	53
Figura 15: Distribución del personal de ejecución según su nivel de competencias.....	54
Figura 16: Distribución de las órdenes de trabajo según su prioridad de ejecución .....	57
Figura 17: Gráfica de tendencia que relaciona la disponibilidad operativa con la mantenibilidad.....	60
Figura 18: Gráfico de correlación entre la mantenibilidad y la disponibilidad operativa ....	61
Figura 19: Diagrama pareto de los principales factores que afectan los tiempos de reparación.....	62
Figura 20: Modelo de la carta gantt electrónica o e-gantt.....	66
Figura 21: Aplicabilidad de la carta gantt electrónica dentro de la gestión de mantenimiento .....	68
Figura 22: Ventajas de utilizar el gantt electrónico o e-gantt .....	70
Figura 23: Resumen de los principales indicadores como parte de la gestión de mantenimiento .....	71

## RESUMEN

Mediante el presente trabajo de investigación se ha diseñado el proceso de la planificación y programación de la flota de camiones CAT 793C dentro de una empresa minera con la finalidad de incrementar su mantenibilidad, para ello se ha realizado el cálculo y posterior análisis de la mantenibilidad considerando un tiempo restrictivo por cada reparación de 31.22 horas, obteniendo una probabilidad de 66.04%.

Se han considerado otras variables de gestión tales como el nivel de trabajos pendientes de ejecución en el sistema o backlog, el nivel de competencias del personal técnico, así como la estimación de los tiempos para cada tarea de mantenimiento en función a su nivel de prioridad de las órdenes de trabajo, en base a estos resultados se logró establecer alternativas de solución para diseñar el proceso de planificación y programación dentro del área de mantenimiento mina centrándonos en tres acciones como son: El desarrollo de una carta Gantt electrónica, el proceso de capacitación del personal y la implementación de indicadores de gestión.

El diseño de investigación utilizado fue de naturaleza descriptiva no experimental, las variables de la población fueron definidas como cada uno de los camiones mineros planteando la hipótesis de que el diseño del proceso de planificación y programación permitirá incrementar la mantenibilidad de la flota de camiones y por consiguiente el incremento de su disponibilidad operativa utilizando para ello los métodos de observación directa, la revisión de los procedimientos y el método analítico enfocados en las metodologías de la gestión de mantenimiento industrial.

**Palabras clave: Mantenibilidad, Planificación, Programación, Mantenimiento, disponibilidad**

## ABSTRACT

Through this research work has been designed the process of planning and programming of the CAT 793C truck fleet within a mining company in order to increase its maintainability, for it has been made the calculation and subsequent analysis of maintainability considering a restrictive time for each repair of 31.22 hours, obtaining a probability of 66.04%.

Other management variables have been considered, such as the level of work pending execution in the system or backlog, the level of skills of the technical personnel, as well as the estimation of the times for each maintenance task according to their priority level of the work orders, based on these results, it was possible to establish alternative solutions to design the planning and programming process within the mine maintenance area, focusing on three actions such as: The development of an electronic Gantt chart, the training process of the personnel and the implementation of management indicators.

The research design used was of a non-experimental descriptive nature, the variables of the population were defined as each of the mining trucks, posing the hypothesis that the design of the planning and programming process will increase the maintainability of the truck fleet and consequently the increase of its operative availability using for it the methods of direct observation, the revision of the procedures and the analytical method focused in the methodologies of the management of industrial maintenance.

**Key words: Maintainability, Planning, Programming, Maintenance, availability**

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Las empresas mineras en su afán por reducir los gastos operativos se encuentran en la búsqueda de oportunidades de mejora dentro de las diversas áreas que integran su proceso de producción como son: Operaciones, Logística, Planta, Geología, Manejo de aguas y Mantenimiento Mina principalmente. Cada una de estas áreas representa una asignación importante de recursos económicos que se traducen en el presupuesto anual presentado periódicamente el cual define los costos de producción de cada onza del mineral producido, de acuerdo a la presentación del 31° convención minera en PERUMIN realizado el 2013, se comenta que los costos de producción del oro y la plata se acercan al precio de venta en el mercado internacional (Instituto de Ingenieros del Perú, 2013), lo que obliga a las empresas a respaldarse sobre su creatividad haciendo uso de nuevas estrategias o modelos de negocio para mantenerse vigente en el mercado.

En el plano internacional la implementación de estrategias modernas enfocados en la planificación y programación del mantenimiento es la que convierte a la pequeña industria en una organización de clase mundial logrando alcanzar altos estándares de producción, para ello se tiene que efectivizar la conexión entre tres factores críticos como son: Procesos, Personas y productos, logrando con ello resultados satisfactorios como son el incremento de la productividad hasta en un 25%, reducción de las paradas no programadas hasta un 98% y la reducción de los costos de mantenimiento hasta un 30% (Amendola, 2010).

De la misma manera las empresas manufactureras proveedoras de la industria petrolera de Venezuela han presentado problemas con sus equipos de servicios en cuanto a la cantidad y calidad incidiendo negativamente sobre la producción y productividad de las empresas obteniendo como consecuencia incremento de sus costos de producción y baja competitividad dentro de su mercado nacional (Reyes, 2009).

El área de mantenimiento mina administra de manera general equipos que son clasificados de la siguiente manera: Equipos principales de producción de movimiento de tierra (Perforadoras, Palas, cargadores frontales y camiones

gigantes), equipos auxiliares de producción (motoniveladoras, tractores de oruga y ruedas) y equipos de soporte (cisternas, cama-bajas, grúas, montacargas y otros similares), todas esta flota cuenta con un área de planificación y estrategia quienes facilitan mediante la búsqueda de los recursos humanos, materiales e instalaciones la ejecución de los trabajos de mantenimiento con la finalidad de cumplir los objetivos propuestos del área que son (1) Lograr alta disponibilidad, (2) Cumplir con el presupuesto del área, (3) Extender el ciclo de vida útil de los componentes.

Para lograr el objetivo de la disponibilidad operativa, el área de mantenimiento se debe enfocar en dos conceptos claves como son la confiabilidad, es decir contar con equipos que cumplan con las horas estimadas de operación sin fallar, y la mantenibilidad que viene a ser el de realizar las reparaciones de mantenimiento tan pronto como sea posible para poner en funcionamiento una vez que los equipos hayan fallado o estén en el proceso de mantenimiento programado.

Dentro de este contexto, la flota de camiones CAT 793C que administra el área de mantenimiento Mina, son equipos que forman parte de la flota principal de producción de movimiento de tierra y son considerados como críticos en cuanto a los plazos comprometidos de entrega para el proceso de producción, por las siguientes razones:

- No se tiene definido el nivel de probabilidad aceptable para el área de mantenimiento y operaciones.
- Existe mucha desviación entre las horas programadas por reparación de los equipos y las horas reales de mantenimiento, lo que genera conflictos con el área de operaciones quienes pierden la confianza en el área de mantenimiento debido a que no se cumple con la fecha de entrega de los equipos y además ocasiona pérdidas en el proceso productivo lo que se traduce en el incremento de los gastos operativos.
- No se tiene definido si deben considerarse dentro de este cálculo los trabajos programados y los no programados (generalmente debido a fallas inesperadas).
- Uno de los indicadores considerados dentro del proceso actual de mantenimiento viene a ser el tiempo promedio de reparación (MTTR), éste indicador sólo se centra en estimar las paradas no programadas debido a fallas funcionales en los equipos, sin embargo, no existe un indicador que analice las

desviaciones de los trabajos programados el cual vendría a ser parte de la mantenibilidad de los equipos.

Se debe considerar además que por la cantidad de equipos que pertenecen a la flota de camiones, anualmente un punto porcentual de disponibilidad representa 2628 horas de producción, siendo las principales paradas de tipo programados y no programados los que impactan de manera negativa la producción de movimiento de tierra, traduciéndose en el incremento de los costos de producción por cada onza de mineral.

Dentro del contexto de las paradas no programadas influyen las fallas de los componentes y partes de cada uno de los equipos lo que está condicionado principalmente a su confiabilidad, con respecto a las paradas programadas los factores que inciden en tiempos mayores de reparación están condicionados a la falta de facilidades para realizar las reparaciones, uso de herramientas y materiales inadecuados, baja disponibilidad de repuestos, desarrollo limitado de las competencias de los técnicos tanto teóricas como prácticas, falta de accesibilidad de los equipos para realizar el reemplazo de componentes, la carencia de manuales y/o procedimiento de ejecución de trabajos frecuentes y hasta la baja motivación del personal de ejecución para realizar los trabajos de manera rápida y segura cumpliendo de esta manera con los tiempos de entrega del equipo.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cómo el diseño del proceso de planificación y programación permitirá incrementar la mantenibilidad de la flota de camiones CAT 793C del área de mantenimiento mina?

## 1.3. Justificación

- **Justificación teórica.**

El presente estudio permitirá ampliar los conceptos sobre mantenibilidad en equipos y sistemas consultados en diversas fuentes bibliográficas se evidencia la falta de una teoría enfocada a equipos móviles como son los camiones mineros, así como el tipo de análisis estadístico que se tiene que

realizar para identificar adecuadamente la distribución de probabilidad correcta que asegure las conclusiones de manera confiable; actualmente como parte del cálculo de la mantenibilidad se consideran solamente los tipos de distribución normal y exponencial por lo que el presente trabajo de investigación permitirá identificar adecuadamente el tipo de distribución correcto para este tipo de equipos dentro de su contexto operativo.

- **Justificación aplicativa o práctica.**

Como parte del trabajo de investigación será posible aplicar las bases teóricas de la mantenibilidad a la realidad operativa de la flota de camiones CAT 793C dentro de una empresa minera a tajo abierto, de esta manera se sientan los precedentes para futuros análisis en otras operaciones mineras y puedan considerar los resultados obtenidos como parte de un análisis comparativo.

- **Justificación Económica**

El incremento de la mantenibilidad de la flota de camiones CAT 793C permitirá aumentar las horas de operación de cada uno de los equipos lo que representa de manera directa un incremento de la disponibilidad y por consiguiente un aumento de la productividad.

#### 1.4. Limitaciones

Como parte de las limitaciones que se tiene para realizar el presente trabajo de investigación se tienen los siguientes:

- Restricción a la base histórica de mantenimientos programados, la misma que se superó solicitando los permisos necesarios con el área de planeamiento para trabajar con los datos de manera reservada, es decir sin mencionar la fuente.
- La base de datos de los tiempos de ejecución de los mantenimientos programados no sea confiable debido a la gran información que se tiene en el sistema, para ello se tuvo que discriminar los datos y registros que no tenían validez por presentarse con valor muy por encima o por debajo del



promedio de los demás registros identificando además que pertenecían a eventos puntuales o mal ingreso de información al sistema por el personal a cargo.

- No se cuente con suficiente información para realizar el análisis estadístico de los datos recolectados, así como en la identificación adecuada del tipo de distribución, para solucionar esta deficiencia nos aseguramos con recopilar y trabajar al menos con 30 registros los cuales fueron extraídos del sistema SAP y Jigsaw con una antigüedad de 12 meses, lo que nos permite contar con más de 100 registros que nos permitirá realizar inferencias sobre la población total en estudio.

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo general

Diseñar el proceso de planificación y programación para incrementar la mantenibilidad de la flota de camiones de mantenimiento mina

### 1.5.2. Objetivos específicos

1. Analizar la situación actual de la planificación y programación.
2. Analizar el nivel de mantenibilidad de la flota de camiones CAT 793C.
3. Plantear y establecer las mejoras en el proceso de planificación y programación determinando su impacto en la mantenibilidad de la flota de camiones.
4. Proponer el presupuesto del diseño del proceso de planificación y programación.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

**Oyanadel. (2013)** en su tesis denominada “Mantenibilidad en proyectos de Inversión” para optar su título de maestría en Gestión y Dirección de empresas llegó a la conclusión de que la selección de los equipos principales se debe realizar en función del CAPEX (Costo de inversión) y el OPEX (Costo de Operación) considerando el costo del ciclo de vida total durante la evaluación económica, así como el costo de mantenimiento de un proyecto queda definido en las etapas tempranas de: Perfil, pre-factibilidad y factibilidad proponiendo métodos que se basan en la participación temprana de los operadores y mantenedores de planta, lo que permite disminuir los riesgos del diseño de las nuevas instalaciones.

Por su parte, **Molina. (2010)** en su tesis denominada “Diagnóstico y Valoración de la Gestión del Mantenimiento de la Terminal de Productos limpios El Beaterio – Petrocomercial” para optar su título de maestría en Ingeniería de Mantenimiento llegó a la conclusión de que las metodologías de diagnóstico utilizadas permiten orientar a los responsables del mantenimiento determinar en cuales funciones y que variables deben enfocar sus esfuerzos para alcanzar una gestión óptima del mantenimiento, además que los criterios que deben pasar por un proceso de mejora son la asignación del presupuesto correcto, gestión del personal en cuanto a sus capacidades y mejorar las técnicas de implementación de las actividades de mantenimiento.

Además **Uparela. (2013)** en su tesis denominada “Medición estratégica CMD en el sistema de vapor de una planta química en el departamento del Atlántico” para optar su título de maestría en Ingeniería Industrial llegó a la conclusión de que en base a los resultados de los indicadores de la Confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad se puede realizar el análisis estadístico de las horas de vida de los componentes para obtener mayor información acerca del comportamiento de los equipos lo que nos permite realizar pronósticos de fallas con mayor exactitud proponiendo que las estrategias de mantenimiento se deben realizar conforme se

presenten los datos de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad solo de esta manera las actividades de mantenimiento estarán correctamente dirigidas para mejorar el desempeño de los equipos, luego de ello se plantearán estrategias combinadas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos, esto justificado en el parámetro de forma ( $\beta$ ) debe estar entre los valores de 2 y 3.44.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

**Rivera. (2011)** En su tesis denominado “Sistema de Gestión del Mantenimiento Industrial” para optar el título de Ingeniero Industrial llegó a la conclusión de que al implementar un modelo de sistema de gestión de mantenimiento industrial en las pequeñas y microempresas del país se debe considerar todos los equipos e infraestructura disponibles y teniendo en cuenta aspectos como el cuidado al medio ambiente y la salud y seguridad en el trabajo. Recomendó que la gerencia general de mantenimiento deberá brindar las facilidades para la implementación efectiva el programa de mantenimiento integral de mantenimiento, consiguiendo mediante este programa la identificación de las no conformidades del proceso de mantenimiento con la finalidad de establecer actividades de mejora en las empresas, sugiere además la elaboración de procedimientos que permitan identificar los aspectos e impactos ambientales así como los peligros y riesgos permitirán mejorar el sistema integrado de gestión de mantenimiento.

Por otro lado, **García E. (2017)** en su tesis denominado “Gestión del Mantenimiento para la Operatividad de la Maquinaria de Movimiento de Tierras ICCGSA en la Vía Huancayo – Ayacucho” para obtener su título de Ingeniero Mecánico concluyo que al plantear una mejora al proceso de planificación y control permitirá tomar mejores decisiones relacionado a los conceptos operativos de los equipos determinando que mediante la implementación de la propuesta para mejorar la gestión de mantenimiento, además concluye en que es posible desarrollar un programa de control de mantenimiento el cual incluye un sistema de control diario de las horas trabajadas, procediendo a cambiar la codificación de los equipos, los registros de operación y mantenimiento y la creación de nuevos procesos para mejorar el desempeño del proceso integral de mantenimiento, con ello se logró incrementar la disponibilidad operativa hasta alcanzar un 96%, otra de las conclusiones fue el de mejorar la metodología del planeamiento y control

que permite integrar variables operativas, optimizando los canales de comunicación entre las áreas y por ende los resultados de la empresa.

Entre ellos también, **Martinez. (2012)** en su tesis “Propuesta de una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio de alquiler de maquinaria” para obtener su título de Ingeniero Industrial concluye en que la gestión del mantenimiento preventivo, correctivo y la gestión de abastecimiento de recursos incrementan el nivel de gestión de mantenimiento reduciendo los tiempos de reparación e incrementando el ciclo de vida útil de los equipos, para ello propuso la integración del mantenimiento predictivo como parte de la gestión integral de los equipos disponibles que permitió incrementar las horas disponibles de los equipos, además considera que el aprovisionamiento de repuestos críticos es un complemento a las estrategias de mantenimiento como son el preventivo, el correctivo y el predictivo. Para ello deberá realizarse un análisis periódico de la criticidad de los repuestos, así como determinar su cantidad mínima en almacén.

Además, **Rodriguez. (2012)** en su tesis denominado “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca” para obtener su título de Ingeniero Industrial pudo concluir que mediante la factibilidad técnica y económica de la propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basándose en la mantenibilidad de los equipos de acarreo de una empresa minera con la finalidad de incrementar la disponibilidad mecánica y la reducción de costos es posible incrementar la disponibilidad mecánica de dichos equipos traduciéndose al final con un VAN de \$ 15 402 040.02 alcanzando una disponibilidad operativa del 87% y un MTTR de 5.3 horas/reparación, reduciendo además el porcentaje de variación de los costos de mantenimiento en un 5% con respecto a los presupuestado, logrando también un incremento del nivel de cumplimiento de las tareas programadas en un 7% para llegar al objetivo del 90%.

## 2.2. Bases teóricas

### Disponibilidad

De acuerdo a Pistarelli. (2017), la disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función principal para el cual fue destinado. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el tiempo promedio entre falla (MTBF) y el tiempo promedio para reparar (MTTR) a través de estos indicadores es posible para la alta gerencia evaluar las distintas alternativas de acción, para conseguir aumentar de forma rentable la disponibilidad de sus sistemas productivos.

La disponibilidad se presupuesta con una frecuencia anual y debe ser revisada de forma diaria por el área de mantenimiento con la finalidad de realizar el seguimiento de este valor y tomar las acciones correctivas cuando hay variaciones o dificultades para alcanzar el valor presupuestado.

### Disponibilidad Operativa (A)

La disponibilidad operativa de un equipo o sistema es una medida que nos indica cuanto tiempo está funcionando el equipo o sistema operativo, respecto de la duración total durante un periodo en el que se desee que funcione, típicamente se expresa en porcentajes según Moreno. (2016), dicha disponibilidad se calcula a través de la siguiente formula:

$$A = \frac{HL - PP - PR}{HL}$$

Dónde:

**HL** = Horas laborables o presupuestadas de la empresa.

**PP** = Paradas programadas para mantenimientos programados de cualquier tipo.

**PR** = Paradas no programadas por mantenimiento correctivo.

### Tiempo Promedio para Reparar (MTTR)

Según García. (2012), es la medida de la distribución de los tiempos de reparación del equipo o del sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad en condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por falla, dentro de un periodo de tiempo determinado. De igual manera Zegarra. (2016), describe que es un indicador el cual muestra el tiempo promedio

que demora las reparaciones o intervenciones a la máquina por motivo mecánico, es decir es el tiempo que se encuentra bajo el estado de reparación (inoperativa para el trabajo), el MTTR para un determinado periodo se calcula dividiendo las horas totales usadas en reparación en determinado periodo, entre el número de paradas que la máquina que tuvo por motivos mecánicos en dicho periodo, se representa a través de la formula.

$$MTTR = \frac{\text{(Tiempo Total de Reparaciones Correctivas)}}{\text{(N° de Paradas correctivas)}}$$

### **Camión Minero CAT 793C**

Es un vehículo motorizado de acarreo de material suelto de 240 TM que transporta material de la zona de voladura hasta los tajos de almacenamiento con una velocidad máxima de desplazamiento de 60 Km/hora. Los camiones para minería CAT están concebidos para proporcionar rendimiento, diseñados para proporcionar comodidad y construidos para durar, están disponibles en varios modelos que dependen principalmente de su capacidad de carga y de la tecnología del sistema de combustión de motor.



Figura 1: Camión minero de movimiento de tierra Caterpillar

### **Cambio Rápido de Herramientas SMED**

Hernández y Vizán. (2013, p.36), mencionan lo siguiente:

SMED por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies), es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina. Esta se logra estudiando detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación. Estos cambios implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación, retirada, ajuste, centrado rápido como plantillas y anclajes funcionales.

Para llevar a cabo una acción SMED, las empresas deben acometer estudios de tiempos y movimientos relacionados específicamente con las actividades de preparación. Estos estudios suelen encuadrarse en cuatro fases bien diferenciadas:

**A.- Fase 1:** Diferenciación de la preparación externa y la interna. Por preparación interna, se entienden todas aquellas actividades que para poder efectuarlas requiere que la máquina se detenga. En tanto que la preparación externa se refiere a las actividades que pueden llevarse a cabo mientras la máquina funciona. El principal objetivo de esta fase es separar la preparación interna de la preparación externa, y convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa.

**B.- Fase 2:** Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora de las operaciones. Las preparaciones internas que no puedan convertirse en externas deben ser objeto de mejora y control continuo.

**C.- Fase 3:** Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora del equipo. Todas las medidas tomadas a los efectos de reducir los tiempos de preparación se han referido hasta ahora a las operaciones o actividades.

**D.- Fase 4:** Preparación Cero. El tiempo ideal de preparación es cero por lo que el objetivo final debe ser plantearse la utilización de tecnologías adecuadas y el diseño de dispositivos flexibles para productos pertenecientes a la misma familia. Los beneficios de la aplicación de las técnicas SMED se traducen en una mayor capacidad de respuesta rápida a los cambios en la demanda (mayor flexibilidad de

la línea), permitiendo la aplicación posterior de los principios y técnicas Lean como el flujo pieza a pieza, la producción mezclada o la producción nivelada.

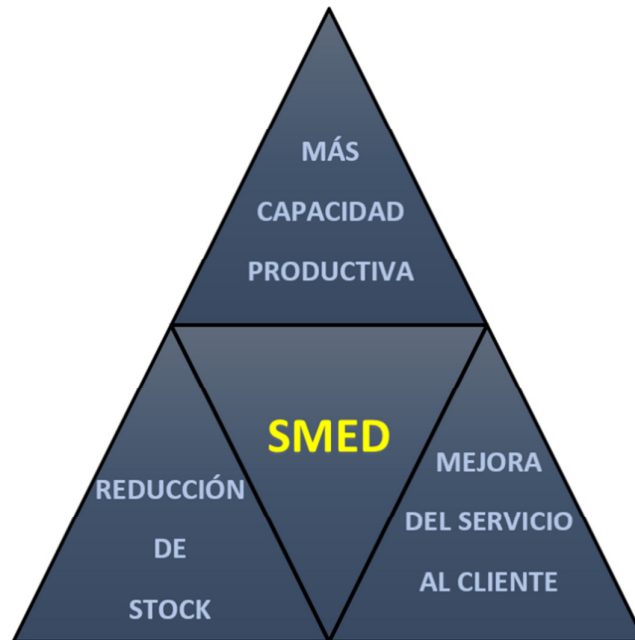


Figura 2: Ventajas de aplicar un sistema SMED para la mejora de las reparaciones

### **Confiabilidad**

Torres, L. (2016). Indica lo siguiente: Para poder conocer la confiabilidad de una pieza o instalación, es necesario definir perfectamente la falla que estamos evaluando y controlar las condiciones de trabajo en las que se desarrolla el ensayo. Debemos establecer también el intervalo de tiempo que puede ser expresado en número de ciclos u operaciones que efectúa el sistema, finalmente es conveniente contar con un modelo matemático para poder analizarla.

La Confiabilidad Operacional incluye procesos de mejoramiento continuo, nuevas tecnologías, metodologías y herramientas de diagnóstico, con el objetivo de mejorar la Productividad Industrial. Se define como una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control, de la producción industrial. Es una de las más recientes estrategias que generan grandes beneficios a quienes la han



aplicado. Se basa en los análisis estadísticos y los análisis de condición, orientados a mantener la confiabilidad de los equipos, con la activa participación del personal de empresa (García O. , 2018)

El más común es aquel que se representa mediante una distribución exponencial.

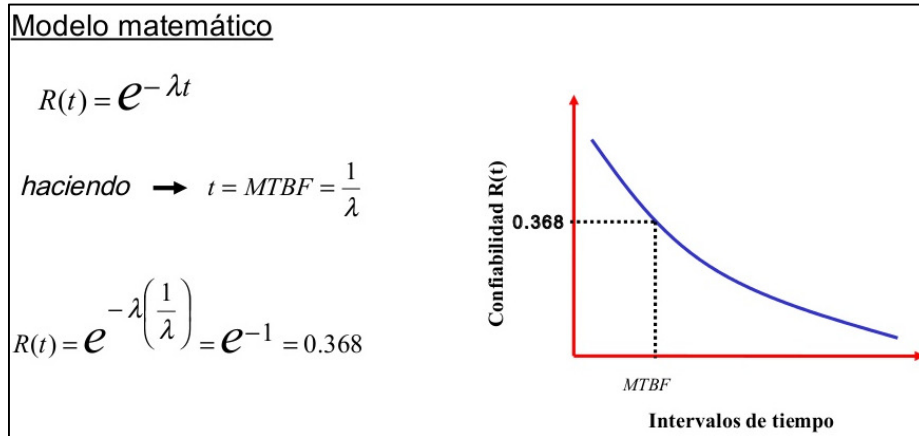


Figura 3: Curva característica de la confiabilidad

Fuente: <https://goo.gl/73CLWw>

### Curva de Aprendizaje

Wikipedia. (2017). Una curva de aprendizaje describe el grado de éxito obtenido durante el aprendizaje en el transcurso del tiempo. Es un diagrama en que el eje horizontal representa el tiempo transcurrido y el eje vertical el número de éxitos alcanzados en ese tiempo

Mientras más empinada sea la curva, mayor es la eficiencia del aprendizaje. La inclinación de la curva depende de varios factores que se contrapesan:

- Conocimiento del tema, habilidad, capacidad y talento
- Método de enseñanza, didáctica, y método de aprendizaje
- Contexto del aprendizaje (armonía entre el método, el lugar de enseñanza y la personalidad del maestro, etc.)
- Contexto temático y sucesión didáctica.

Hay una explicación sencilla detrás de todo esto: mientras más unidades sean producidas por un mismo trabajador, menos tiempo tardará este mismo trabajador para producir las siguientes unidades, porque aprende a hacerlo más rápido y

mejor. Por lo tanto, cuando una empresa tiene mayor volumen acumulado de producción, su tiempo (o coste de mano de obra) por unidad será menor.

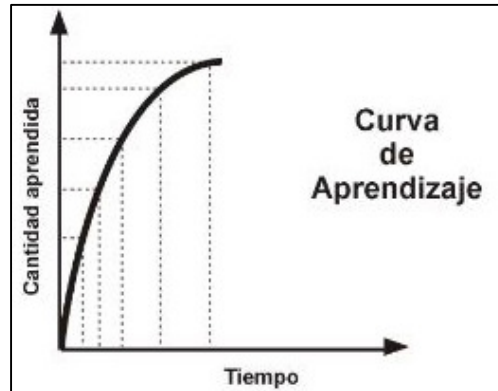


Figura 4: Modelo de la curva de aprendizaje

Fuente: <https://goo.gl/6CnMRX>

### Herramienta - 5s

Hernández y Vizán. (2013, p.36), mencionan lo siguiente:

La herramienta 5S se corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramientas y cuya fonética empieza por “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito.

Los principios 5S son fáciles de entender y su puesta en marcha no requiere ni un conocimiento particular ni grandes inversiones financieras. Sin embargo, detrás de esta aparente simplicidad, se esconde una herramienta potente y multifuncional a la que pocas empresas le han conseguido sacar todo el beneficio posible. Su implantación tiene por objetivo evitar que se presenten los siguientes síntomas disfuncionales en la empresa y que afectan, decisivamente, a la eficiencia de la misma:

- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, técnicas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, técnicas sueltas, embalajes, etc.
- Elementos rotos: mobiliario, cristales, señales, topes, indicadores, etc.
- Falta de instrucciones sencillas de operación.
- Número de averías más frecuentes de lo normal.

- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos y recorridos innecesarios de personas, materiales y utillajes.
- Falta de espacio en general.



Figura 5: Representación gráfica de las 5's

### Fallas y Averías

Según (Colmenares, 2018), define a fallas y averías como la alteración o interrupción de un bien en el cumplimiento de su función requerida.

Una avería se encuentra en un ítem mantenible y puede definirse como una diferencia entre la versión correcta del ítem y una versión incorrecta.

Avería es una condición no deseada que hace que el elemento estructural no desempeñe una función para la cual existe. Una falla no necesariamente produce colapso o catástrofe.

Una falla es la discrepancia visible que se produce cuando un elemento estructural con un defecto o avería desempeña la función para la cual fue creado, respecto al desempeño de dicha función es estado correcto, Es decir, una falla es el síntoma de un defecto o avería.

El análisis de averías o análisis de causa raíz puede definirse como el conjunto de actividades que, aplicadas de manera sistemática, están encaminadas a la investigación e identificación de las causas que originan una avería con el claro objetivo de establecer un plan de acción que permita eliminarlas o, como poco, minimizar sus efectos aplicando tareas de mantenimiento sistemático o condicional.

### Diagrama de Flujo

Para Albán. (2014) el diagrama de flujo es la representación gráfica de la secuencia de pasos que se realiza para obtener un resultado, se representa a través de formas y símbolos gráficos.



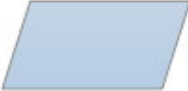


Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

Figura 6: Símbolos de diagrama de flujo.

Sus características son:

- Proporciona información sobre el proceso de forma clara, amplia y ordenada.
- Muestran diferentes actividades y etapas asociadas a un proceso mediante una representación gráfica.

- Permite una mejor comprensión global del proceso.
- La aplicación de la simbología adecuada a los diagramas de sistemas y procedimientos evita a los analistas anotaciones excesivas, repetitivas y confusas en su interpretación.

### Gráfico de Tendencia

Según (INEI, 2006) establece que este tipo de gráfico se presenta un solo indicador simbolizado por una curva que une a la serie de valores que muestran las variaciones de un fenómeno a través de un determinado período. Refleja además el movimiento de la serie en el largo plazo (Crecimiento, decrecimiento o estancamiento). Es necesario un número grande de observaciones para determinar una tendencia.

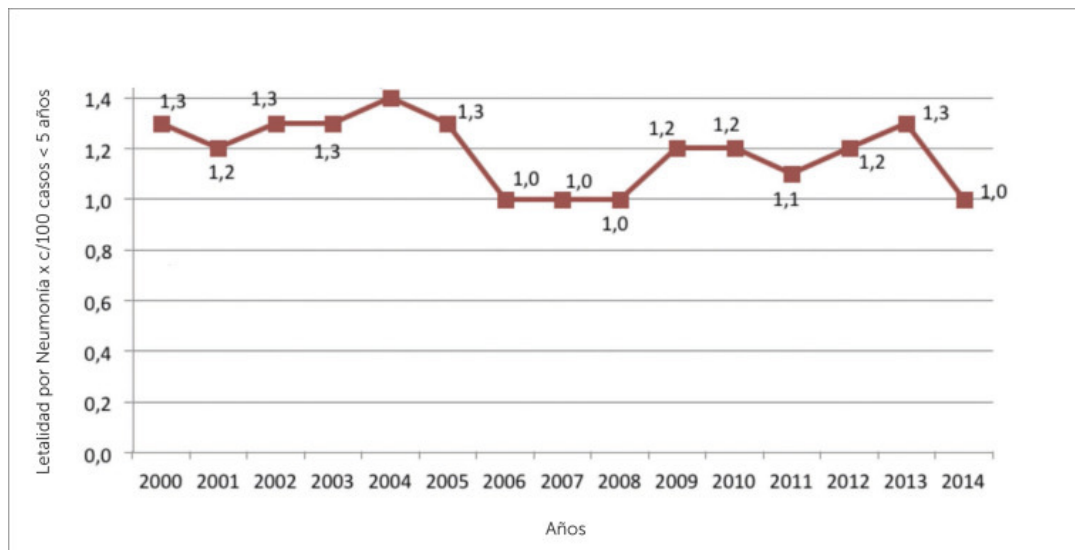


Figura 7: Representación de un gráfico de tendencias

### Indicadores de Gestión de Mantenimiento

Según, García. (2012) menciona que el término indicador en el lenguaje corriente se refiere a información de tipo cualitativo o cuantitativo, que nos permiten determinar cómo se encuentran los sistemas, o las personas en relación con algún aspecto de la realidad que se desea conocer. Los indicadores pueden ser números, medidas que establecen condiciones o situaciones específicas.

Los Indicadores de Gestión de Mantenimiento son indicadores técnicos de control que están relacionados con la calidad del mantenimiento que permite ver el rendimiento operacional de los sistemas y equipos, además miden la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento.

Los Indicadores de Gestión de categoría mundial más utilizados en el mantenimiento industrial son: Disponibilidad, Tiempo Promedio entre Falla (MTBF) y Tiempo Promedio para Reparar, confiabilidad y mantenibilidad por mencionar algunos de ellos.

### **Mantenimiento**

Entendemos por mantenimiento como todas las actividades que deben ser desarrolladas en un orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, todos los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos de las diferentes instalaciones de una empresa. Asimismo, precisa que la importancia del mantenimiento se deriva, por tanto, de la necesidad de contar con una estructura que permita restablecer rápidamente las condiciones de operación ideal, para reducir al mínimo las pérdidas de producción (García, 2012).

Según Gonzáles (2013) el mantenimiento es el conjunto de operaciones y trabajos que se hacen sobre una máquina, en un orden lógico la cual puede incluir o no la sustitución o reparación de componentes o sistemas en una máquina, el cual busca mantener su buen estado de uso con un funcionamiento adecuado.



Figura 8: Principales estrategias de mantenimiento

### **Mantenimiento Correctivo**

Navarro, Pastor y Mugaburu. (2007), establecen que el mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías o fallas a medida que se van produciendo en los equipos, el personal encargado muchas veces de avisar de las averías es el propio usuario de los equipos y el encargado de las reparaciones el personal de mantenimiento”. Del mismo modo, García. (2012) menciona que la actividad principal que desarrolla el mantenimiento correctivo es la reparación no planificada que resulta debido a la falla imprevista que pueda presentar algún equipo, este Mantenimiento trae consigo según Gonzales. (2005) las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas, disminuyendo las horas operativas.
- Paradas a la espera de la corrección.
- Costos por reparación y repuestos no presupuestados, ocasionando que por falta de recursos económicos no se pueda comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el equipo fuera de operación no es predecible.

### **Mantenimiento Preventivo**

Para García. (2012) hace mención al mantenimiento preventivo como un conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos de los equipos, del mismo modo también consideramos según la apreciación de Arata y Furlamentto (2005). Los cuales nos hacen referencia que el mantenimiento preventivo surge como respuesta para superar las insuficiencias propias del mantenimiento correctivo. Su objetivo es reducir la probabilidad de ocurrencia de fallas evitando detenciones repentinas en la producción. Esta estrategia posee una gama de herramientas para la definición de tareas de mantenimiento y remplazo de equipos basados en el tiempo de operación o la etapa en el ciclo de vida en que se encuentran.

Gonzales. (2005) citado por Albán. (2014). Nos refiere que el mantenimiento preventivo presenta algunas características como:

- Que se planifica en un momento en que se aprovecha las horas ociosas de los equipos.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios para realizar la actividad.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido.
- Está destinado a ciertos componentes específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado.
- Permite contar con un historial de los equipos.
- Permite contar con repuesto aprobados por el administrador de la empresa.

Ventajas del mantenimiento preventivo:

Así mismo los autores Arata y Furlanetto. (2005) nos hace mención de algunas ventajas del mantenimiento preventivo sobre el correctivo estableciendo las siguientes:

- Permitir planificar las actividades de mantenimiento y, por lo tanto, determinar los requerimientos de recursos humanos y materiales (partes, piezas y herramientas).



- Disminuir la frecuencia de las paradas.
- Aprovechar la intervención para realizar varias reparaciones.
- Minimiza el tiempo de reparación de los equipos al desarrollarse las tareas de mantenimiento de manera planificada.
- La seguridad de los operadores se ve incrementada al reducir los eventos de falla

Podemos notar que gracias a este mantenimiento nos ayuda a poder reducir los eventos de las fallas imprevistas y así nos pueda ayudar para incrementar la disponibilidad de los equipos.

Según Boero. (2009) establece que las técnicas utilizadas para la detección de anomalías en el mantenimiento preventivo son:

- Inspecciones visuales: consiste en verificar posibles defectos que evidencian los componentes del equipo. Puede ser interna o externa, la externa es la más sencilla y en general se realiza a simple vista o con la ayuda de instrumental sencillo.
- Medición de temperatura: la generación de temperaturas superiores a las del normal funcionamiento puede indicar anomalías generadas por rozamientos, falta de lubricación o pérdida.
- Control de lubricación: el consumo excesivo de aceite es un indicador de posibles problemas en el equipo.

### **Mantenibilidad**

La mantenibilidad se puede definir como la expectativa que se tiene de que un equipo o sistema pueda ser colocado en condiciones de operación dentro de un periodo de tiempo establecido, cuando la acción de mantenimiento es ejecutada de acuerdo con procedimientos prescritos (Pistarrelli, 2010)

La Mantenibilidad es la cualidad que caracteriza una máquina, equipo o sistema en cuanto a su facilidad a realizarle mantenimiento, depende del diseño y pueden ser expresados en términos de frecuencia, duración y costo. Está inversamente relacionado con la duración y el esfuerzo requeridos por las actividades de mantenimiento.

Un mismo sistema puede poseer una alta mantenibilidad para unos tipos de fallas, pero otra muy baja para otros, esto depende de la disensión de la fabricación del sistema y una política de gestión del mantenimiento del sistema.

La mantenibilidad tiene como parámetro los tiempos promedios de reparación – MTTR y su cálculo depende del tipo de distribución asumida para los datos en evaluación.

### **Objetivos del Mantenimiento**

El Mantenimiento siendo parte fundamental para el desarrollo de actividades de una entidad, considera García. (2012) que: el objetivo primordial es la conservación de los sistemas o componentes y la protección de un equipo, para que se sostengan operando eficientemente y poder retardar el deterioro de tal forma poder alargar la vida útil del equipo. Del mismo modo Méndez. V. (s.f.). Afirma que en el caso del mantenimiento su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento correctivo.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida útil de los vehículos.

### **Plan de mantenimiento preventivo.**

Para Bravo. (1989) citado por Albán. (2014) menciona que el plan de mantenimiento preventivo viene a ser un programa de tareas y procesos de manutención anual programado, organizado y estructurado sobre la base de unidades técnicas, buscando especificar al detalle las fechas y los tipos de actividades que se deben realizar en maquinarias o equipos. Del mismo modo, Bello y Quintero. (2016) en su trabajo de investigación detalla que el plan de mantenimiento requiere que se proponga un nuevo proceso o pasos a seguir a la hora de llevar acabo un mantenimiento teniendo como objetivo el uso de las herramientas diseñadas, como la codificación de los equipos la utilización de los formatos, instructivos y plantillas diseñadas para poder brindar un buen control y registro de los equipos.

### **Fases del plan de mantenimiento preventivo**

Herramientas diseñadas para el buen funcionamiento del plan de mantenimiento preventivo las cuales son partes importantes en el desarrollo del plan tales como:

- A. Difusión de las políticas del mantenimiento preventivo:

Al hacer mención de una política de mantenimiento, ésta requiere de la existencia de un plan de acciones el cual debe ser conocido por todos los integrantes directos del área a su vez debe haber sido aprobado previamente por las autoridades de la organización, así mismo esto nos permitirá desarrollar paso a paso las actividades que se programen en forma metódica y sistemática. Así mismo, dar a conocer la importancia de las ventajas de este plan al personal del área de mantenimiento los cuales tienen como deber principal supervisar, mantener y cuidar el funcionamiento de los equipos.

B. Codificación de equipos

Para Castro. (2006) considera la codificación a grandes rasgos viene hacer dar a las maquinas o equipos una dirección donde ubicarlas y un nombre con el cual se podrá identificarlas lo cual permitirá tener un control y conocimiento sobre la información técnica de los equipos.

C. Diseño de estándares:

Para Arata y Furlanetto. (2005), establece que el estándar es la forma pre establecida de llevar a cabo una actividad dada, puesto que estandarizar la actividad es el requisito básico para poder analizarla y mejorarla mediante el análisis de resultado.

Estas pueden ser en forma de:

- Manual: Es un documento administrativo que norma y establece la secuencia de procedimientos de actividades que se realizan para llevar a cabo alguna tarea.
- Formato: Es un documento administrativo en el cual se detalla alguna actividad realizada o a realizar.
- Pre uso: documento donde se llega a detallar las inspecciones visuales de los sistemas y componentes del equipo antes de operar la unidad.
- Check list: Documento donde se encuentra listado los principales sistemas y componentes a inspeccionar de la unidad.
- Orden de trabajo: es un documento, en el cual el jefe de mantenimiento informa al técnico sobre la tarea que tiene que realizar. Estas órdenes son una de las

fuentes de información más importantes en el mantenimiento, pues en ella se recoge los datos más importantes de cada intervención según (García 2003).

D. Diseño de cronograma de mantenimiento:

Aquí debe de estar consignado los trabajos o actividades de mantenimiento para realizar diarias, semanales, mensuales y anuales según sean las actividades programadas para el buen desarrollo del mantenimiento de los equipos, dichas actividades se planificarán con respecto al kilometraje o al tiempo de operación del equipo.

E. Plan de control del plan de mantenimiento:

Según García. (2012), el control es la última fase del ciclo de la gestión del plan de mantenimiento y su objetivo central es ejecutar la medición de resultados actuales o pasados y compararlos con los esperados, ya sea de forma parcial o total con el fin de detectar las diferencias o brechas reales entre lo planeado y ejecutado, para mejorar deficiencias, mejorar los procedimientos o formular nuevos planes de acción.

Fases del plan de control:

- El establecimiento de normas o bases con que se harán la medición. Las normas son los patrones con que permiten hacer las comparaciones.
- El establecimiento de controles, o sea la manera en que se hará la medición y se obtendrá la información.
- La interpretación de los resultados, o sea comprender y - cuantificar la comparación.
- Determinación de acciones correctivas, que serán la base para hacer la nueva planificación.

### **Planificación de los Trabajos de Mantenimiento**

Para el caso de paradas de mantenimiento programadas con anticipación, se requiere contar con una planificación de trabajos que permitan aprovechar al máximo, el tiempo que están parados los equipos.

Los trabajos pueden ser desarrollados por personal propio o por personal tercerizado (sub contratado). Si el trabajo a realizar no es continuo o es muy especializado, se recomienda tercerizarlo. Si en cambio es un trabajo rutinario que ocupa a varias personas por lapsos continuos de tiempo, se recomienda que sea

personal propio. Sin embargo, cada caso debe evaluarse puntualmente, a fin de evaluar la mejor opción en cuando a calidad del trabajo, costo del mismo, y continuidad del proceso productivo (Integra Markets, 2018)

Pasos recomendados para la Planificación y Ejecución de trabajos de mantenimiento:

1° Estudiar la situación actual a fin de identificar aquellos trabajos de mantenimiento que tienen que realizarse, según un orden de prioridad pre establecido, según los recursos que pueden estar disponibles, y según el tiempo que se dispone.

2° Establecer los objetivos o propósito para la realización de determinado trabajo de mantenimiento.

3° Elaborar una lista de los elementos que van a ser sujetos de mantenimiento.

4° Agrupar los elementos de acuerdo a categorías o según características comunes.

5° Establecer la clase de servicio o descripción del trabajo que se debe realizar sobre cada grupo.

6° Recopilar información de los equipos involucrados (historial de mantenimiento, listado de repuestos disponibles, planos, documentación técnica, manual de operación, guía de instalación, etc.).

7° Complementar la información existente con información propia de la ocasión (Ej: esquemas de conexión temporal, rutas de movimiento de cargas, plan de desmontaje, etc.).

8° Planificar los recursos que van a ser necesarios (Ej: personal de obra, ingenieros especializados, herramientas especiales, repuestos para cambiar, etc.).

9° Determinar la agenda de trabajo (Ej: cronograma de actividades, responsables de ejecución de trabajos, supervisores de obra, personal de control, etc.)

10° Contar con las autorizaciones correspondiente para trabajar, ya sean autorizaciones gubernamentales (Ej: licencia de construcción, guía de remisión de equipos, licencia de apertura, etc.), o autorizaciones internas de la empresa (Ej: autorización de calidad, seguridad, medio ambiente, etc.).

11° Elaborar el Plan de actividades, conformado por la secuencia de trabajo y la descripción del conjunto de acciones a realizar, relacionando cada una con los recursos, personal, y tiempos establecidos.

12° Elaborar el Plan de contingencia, donde se detallan las acciones a realizar en caso ocurra una eventualidad que impida cumplir con el Plan de actividades original.

13° Establecer los canales de comunicación, para luego comunicar el Plan de actividades y Plan de contingencias a las personas involucradas.

14° Realización de actividades previas (Ej: solicitar la compra de repuestos, contratar personal temporal, coordinar acciones logísticas, programar acciones con subcontratistas, etc.).

15° Ejecución y supervisión de las tareas de mantenimiento, según lo previamente planificado, hasta la correcta puesta en marcha.

16° Limpieza del área utilizada para el trabajo, y si es el caso levantar los pasivos ambientales.

17° Restablecimiento de las condiciones normales de operación o producción.

18° Acciones post evento, referido a aquellas actividades que involucran cerrar el ciclo de trabajo (Ej: aprobar informes de trabajo de contratistas, liquidar horas extras del personal, devolver equipamiento prestado, reportar a las autoridades respectivas, etc.).

19° Elaborar un Informe sobre el trabajo realizado, conformando de esta forma parte del historial de los equipos, a fin de conversar la experiencia adquirida, sumando comentarios y recomendaciones. Este informe, entre otros puntos debe incluir:

- Los equipos que han sido objeto de mantenimiento.
- El resultado de la evaluación de dichos equipos.
- Tiempo real que duro la labor.
- Personal que estuvo a cargo.
- Presupuesto ejecutado (dinero gastado).
- Inventario de piezas y repuestos utilizados.
- Condiciones en que responde el equipo (reparado) luego del mantenimiento.
- Programación tentativa para el siguiente mantenimiento.
- Conclusiones y recomendaciones.

20° Evaluar el desempeño del trabajo, lo cual queda a cargo de los líderes del departamento, para lo cual se basarán en el Informe de trabajo y en indicadores propios de su gestión. Esta evaluación también debe ser documentada, pudiendo ser compartida con los directivos de la empresa.

### **Procedimientos, Instrucciones y Registros**

De acuerdo a Torres, L. (2016). Los siguientes conceptos se definen de la siguiente manera:

- Procedimiento:  
Es un documento que describe la secuencia de pasos necesarios para asegurar la correcta ejecución de actividades de tipo administrativo o técnico. Un procedimiento define “qué se debe hacer”, “quién lo debe hacer”, “cuándo” y “dónde” se debe realizar.
- Instructivo:  
Es un documento que describe detalladamente la forma “cómo” debe ejecutarse una actividad o tarea, para asegurar su realización. Estos documentos deben especificar las actividades, equipos, documentos a utilizar, el control de las actividades y registros que deben originar.

- Registro:

Son los documentos o archivos en los cuales se identifica, agrupa, codifica, conserva y dispone todo lo referente a los servicios prestados. Se deben conservar para demostrar que lo planificado se ha realizado, a la calidad requerida y a la operación efectiva del sistema de calidad.

### **Tipos de mantenimiento**

Para los autores Pérez, Rodríguez y Sancho. (2007), consideran que existen varios tipos de mantenimiento con diferencias en cuanto a objetivos, planificación, recursos necesarios, etc. En la actualidad, en las grandes industrias ninguna de estos tipos se utiliza exclusivamente, si no, que se realiza un mantenimiento planificado que combina los diferentes tipos con el objetivo de optimizar los costos globales y la disponibilidad de los equipos.

### **Tiempo promedio entre falla (MTBF)**

García. (2012) menciona que el Tiempo Promedio entre Falla indica el intervalo de tiempo más probable entre el arranque del equipo y la aparición de una falla; es decir, es el tiempo promedio transcurrido hasta la llegada de una falla; asimismo, Zegarra (2016) estable el indicador del MTBF para un periodo determinado se calcula dividiendo el número de horas trabajadas o de operación en dicho periodo entre el número de paradas por motivos mecánicos que tuvo el equipo en el mismo se representa a través de la fórmula:

$$MTBF = \frac{(N^{\circ} \text{ de Horas de Operación})}{N^{\circ} \text{ de Paradas Correctivas}}$$

Un alto MTBF es indicativo de que la maquina tiene una baja frecuencia de falla y que está más tiempo produciendo que en el taller, los valores metas de este indicador dependerán del tipo de máquina y de aplicación al que está sometida la máquina. Del mismo modo, García (2012) se refiere que este indicador debes ser tomado de alguna manera como el comportamiento del equipo. Asimismo, para utilizar este indicador se debe usar la data histórica almacenada en los sistemas de información.



## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

### 3.1 Operacionalización de variables

Tabla 1: Tabla de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
<b>Dependiente:</b>			
Mantenibilidad de la Flota de Camiones	Es la probabilidad de realizar una actividad de mantenimiento programado dentro del tiempo establecido. (Pistarrelli, 2010)	Mantenibilidad de los equipos de trabajo (793C)	$M = 1 - e^{-\frac{(t-\gamma)}{MTTR}}$
		Tiempo promedio para reparar	MTTR (Hrs / Rep) = (Total Horas Reparación / N° Reparaciones)
<b>Independiente:</b>			
Diseño del Proceso de Planificación y Programación	Conjunto de propuestas que permiten mejorar el proceso de planificación y programación de las actividades de mantenimiento enfocados principalmente en los recursos utilizados con la finalidad de realizar reparaciones en el menor tiempo posible asegurando la calidad del mismo. (Arata & Funaletto, 2005)	Backlog del área de Camiones en el sistema	B (días) = (Cantidad de H-H requeridas) / (Cantidad H-H disponibles)
		Nivel de las habilidades teóricas y prácticas del personal técnico	NT = Cantidad de Técnicos (M1-M2-M3-M4) / # Total de Técnicos x100%
		Criticidad de las órdenes de trabajo	COT= Tipo de Orden de Trabajo (1-2-3-4-5) / # de Órdenes Totales x 100%

### 3.2 Hipótesis

El diseño del proceso de planificación y programación permitirá incrementar la mantenibilidad de la Flota de camiones CAT 793C del área de mantenimiento Mina.

### 3.3 Diseño de investigación

#### Según su profundidad: Descriptiva

Porque se describe el comportamiento de una o más variables dependientes en una población definida o en la muestra de la población. (Hernández, 2010).

#### Según la manipulación de la variable: No Experimental

Debido a que se trabajan con hechos de experiencia directa no manipulados basándonos fundamentalmente en la observación. (Hernández, 2010).

### 3.4 Unidad de estudio

Cada uno de los camiones mineros CAT 793C.

### 3.5 Población

La población estará compuesta por un total de 30 camiones mineros CAT 793C OHT.

Tabla 2: Población de estudio

Flota	N° Equipos
<b>CAT 793C</b>	30
<b>Total</b>	<b>30</b>

### 3.6 Muestra

La muestra será igual que la población debido a que la población está compuesta de 30 unidades de estudio.

### **3.7 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos**

#### **3.7.1 Técnicas e instrumentos:**

Para la recolección de los datos se utilizará la técnica de Observación de Base de datos y mediante el instrumento de recopilación de información se procederá a registrar los datos necesarios para el análisis de los indicadores de las principales variables que forman parte del estudio.

Para ello se realizarán consultas en fuentes de información que maneja la empresa minera como son el SAP, el AMT, el reporte de paradas de los equipos de Jigsaw y el reporte de justificación de las desviaciones de los trabajos realizado por personal de ejecución.

En el SAP se encuentra la información relacionada al tiempo de parada de los equipos cada vez que pasaron por la ejecución del mantenimiento programado, así como las principales tareas que fueron realizadas. En el sistema del AMT se registran los programas y planes de mantenimiento que tienen una frecuencia de ejecución definida por el área de planeamiento y estrategia, en base a esta información es posible estimar los presupuestos de mantenimiento y definir el programa de ingreso de los equipos. Con respecto al reporte de justificación de las desviaciones, éste permite identificar las causas que generan las demoras durante la ejecución de las actividades de mantenimiento programado. El sistema Jigsaw permite identificar también las horas efectivas que estuvo parado el equipo por razones de las actividades de mantenimiento de esta manera es posible calcular el impacto en la disponibilidad debido a las demoras durante el mantenimiento programado, así como la identificación de las oportunidades de mejora de acuerdo a su estado de parada.

El procesamiento de la información se realizará en formatos diseñados en Microsoft Office Excel, este software se utilizará para el diseño y elaboración de formatos, fichas, gráficos de tendencia y de barras donde se mostrarán los resultados, e interpretación. Además, se utilizarán la herramienta informática Microsoft Office Word, la cual nos permitirá elaborar el formato de la presente investigación.

Será necesario también el uso del Minitab 18 para el análisis estadístico de los datos recogidos y el cálculo de la mantenibilidad.

### 3.7.2 Procedimientos de recolección de datos

Consistirá en los siguientes pasos:

- A. Búsqueda de información en documentos de operación y mantenimiento de los equipos en estudio.
- B. Recopilación de los procedimientos utilizados en el área de mantenimiento para realizar trabajos programados.
- C. Identificación del mapa actual de procesos para atender los trabajos programados por mantenimiento, así como la relación entre las diferentes áreas del área de mantenimiento.
- D. Solicitud de los registros históricos de los tiempos de paradas de los equipos en estudio.
- E. Solicitud de los principales indicadores de gestión del área de mantenimiento como son la disponibilidad operativa y el Tiempo promedio para reparar (MTTR) durante el año 2017.
- F. Recopilación de datos mediante la observación directa en taller durante el proceso de ejecución utilizando una guía de observación diseñada previamente.
- G. Solicitud de órdenes de trabajo registrados en SAP para determinar los tipos las causas de paradas y tiempo de ejecución.

### 3.8 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

#### 3.8.1 Métodos

##### **Observación directa:**

Esta técnica nos permitirá tener un acercamiento y acceso al taller del área de mantenimiento de la empresa minera para poder recolectar datos, y de esta manera observar las diferentes condiciones de las actividades del proceso del plan de mantenimiento preventivo que se lleva a cabo en los camiones mineros CAT 793C

##### **Revisión de Procedimientos:**

Es necesario observar las actividades del personal que se encarga de realizar el mantenimiento correctivo, así como, los procedimientos laborales, herramientas, equipos y la infraestructura del taller perteneciente con que cuenta la empresa minera para realizar un diagnóstico adecuado acorde a la realidad operativa.

Para ello es importante realizar

- Guías de observación.
- Documentar las observaciones.
- Archivar los resultados de la observación directa para referencia y análisis posteriores.

##### **Método Analítico**

Otro de los métodos utilizados como parte del presente trabajo de investigación fue la aplicación del método analítico, el cual se centra principalmente descomponer un objeto de estudio separando cada una de sus partes para estudiarlas de manera individual.

Como parte de este método se pudo realizar la identificación de las causas que generan las desviaciones del plan de mantenimiento programado con la finalidad de diseñar adecuadamente el proceso de planificación y programación en base a propuestas de mejora.

Luego de haber identificado las causas principales fue necesario establecer los planes de mejora que permitirán reducir la variabilidad durante la ejecución del

mantenimiento programado aumentando de esta manera la mantenibilidad de los equipos.

La aplicación de este método nos permitió ir identificando progresivamente las causas que tienen mayor impacto en los indicadores de mantenimiento que son parte clave del presente estudio de investigación.

### **3.8.2 Procedimiento de análisis de datos**

El análisis de los datos consiste principalmente en calcular la mantenibilidad de los equipos, este cálculo se realizó mediante el análisis estadístico de los datos identificando para ello el tipo de distribución que representa mejor los datos de los tiempo de ejecución del mantenimiento programado, se determinó además un tiempo máximo permitido por el área de mantenimiento para calcular con exactitud el valor de la mantenibilidad y la probabilidad de ejecutar los mantenimientos programados en base de diferentes horas establecidas.

Posteriormente se realizó el cálculo de los tiempos promedios de reparación (MTTR) considerando para ello solamente las actividades de mantenimiento programado se utilizó la fórmula definida en la tabla de operacionalización de variables; este análisis se realizó mediante el uso del software Excel 2017 presentando la información en gráficos de tendencia de los meses del año 2017.

Para identificar las oportunidades de mejora que forman parte del diseño de la planificación y programación del área de mantenimiento fue necesario realizar el análisis del comportamiento del backlog durante los últimos 12 meses de estudio, para ello se utilizaron las gráficas de tendencias, caso similar se realizó al momento de calcular el nivel de servicio de los repuestos y materiales, y la jerarquización de las órdenes de trabajo.

En el caso de la identificación del nivel de las habilidades y competencias del personal de ejecución, fue necesario realizar una entrevista a la supervisión así como al área de entrenamiento de la empresa con la finalidad que nos faciliten dicha información y poder procesarla mediante la matriz de prioridad del nivel en el que se encuentran categorizándolos en: Básico, Medio, Avanzado y Sobresaliente.

## **CAPÍTULO 4. RESULTADOS**

### **4.1 Análisis de la situación actual de planificación, programación y nivel de mantenibilidad**

#### **4.1.1 Estudio de los tiempos promedios de reparación y la mantenibilidad de las paradas programadas**

Para nuestro estudio, los tiempos promedios de reparación están enfocados a analizar todas aquellas paradas programadas que son planificadas por el área de Planeamiento en función de las órdenes de trabajo que se encuentran registrados en el sistema ERP – SAP los cuales están conformados por actividades que tienen una frecuencia determinada por el sistema así como la inclusión de otras actividades que son necesarias realizar para el correcto funcionamiento de los equipos y que han sido identificadas por el personal de inspecciones, el personal de monitoreo de condiciones o por los propios operadores de los equipos.

La figura 9, muestra el resultado de los tiempos promedios de reparación de manera mensual, en ella se aprecia que durante los meses de febrero, abril y diciembre estos resultados tuvieron un valor elevado en comparación con el resto de los meses, lo que podría estar condicionado a la programación de mayor cantidad de órdenes de trabajo o de mayor duración así como de deficiencias o carencias de facilidades para realizar los trabajos de mantenimiento programados por parte del personal, ya sea a nivel de experiencia teórico – práctico o de la disponibilidad de herramientas de trabajo.

Es importante mencionar que el objetivo del área de mantenimiento es el de tener los menores tiempos promedios de reparación con la finalidad de brindar mayor cantidad de horas disponibles de operación a los equipos, para este análisis se ha considerado todas aquellas tareas de mantenimiento que tienen una frecuencia definida en el sistema tales como: PM2 – PM3 – PM4 que son realizados con un intervalo de 800 horas, considerando entre ellos los mantenimientos programados de cambio de aceite de motor que se realiza cada 400 horas.

Sin embargo, en función de estas frecuencias definidas, el área de planeamiento realiza la incorporación de otras actividades que se encuentran pendientes de ejecución aprovechando de esta manera los tiempos de parada del equipo.

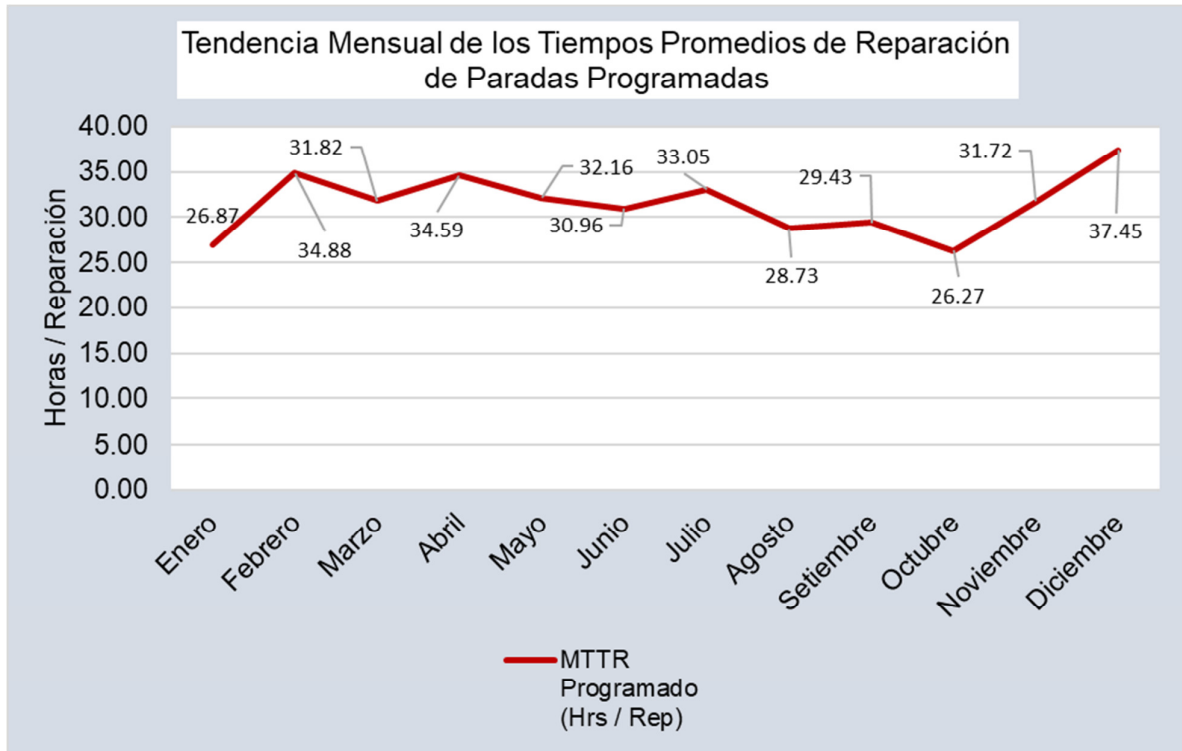


Figura 9: Tendencia de los tiempos promedios de reparación durante el año 2017

La tabla 4, muestra el resumen del desempeño mensual de los tiempos promedios de reparación, así como el desempeño durante el año 2017 cuyo resultado es de 31.22 Hrs/Rep, esto quiere decir que cada vez que el equipo ingresa por algún tipo de mantenimiento preventivo, el área de mantenimiento se demora 31.22 horas (en promedio) para devolverlo a operaciones.

Para ello se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total empleados en reparaciones programadas}}{\text{Número Total de reparaciones programadas}}$$

Este valor referencial es muy importante, pues nos brinda una idea de cómo se desempeña en general el área de mantenimiento, debiéndose calcular la



mantenibilidad en comparación con este tiempo promedio de reparación de las actividades programadas.

Tabla 3: Resumen de tiempos promedios de reparaciones programadas - 2017

Mes	MTTR Programado (Hrs / Rep)
Enero	26.87
Febrero	34.88
Marzo	31.82
Abril	34.59
Mayo	32.16
Junio	30.96
Julio	33.05
Agosto	28.73
Setiembre	29.43
Octubre	26.27
Noviembre	31.72
Diciembre	37.45
<b>Total 2017</b>	<b>31.22</b>

Para realizar el cálculo de la mantenibilidad fue necesario identificar el tipo de distribución que mejor modela los datos de los tiempos promedios de reparación de las paradas programadas, para ello se han analizado 251 paradas programadas y mediante el uso del software estadístico Minitab 18 se ha podido discriminar algunos casos excepcionales que tienen elevados valores de paradas programadas.

La figura 10, muestra el diagrama de cajas para los datos analizados de las paradas programadas donde se aprecia que los valores atípicos se encuentran por encima de 76.333 horas / reparación; en base a este resultado se procede a identificar el tipo de distribución para el cálculo de la mantenibilidad del proceso de mantenimiento.

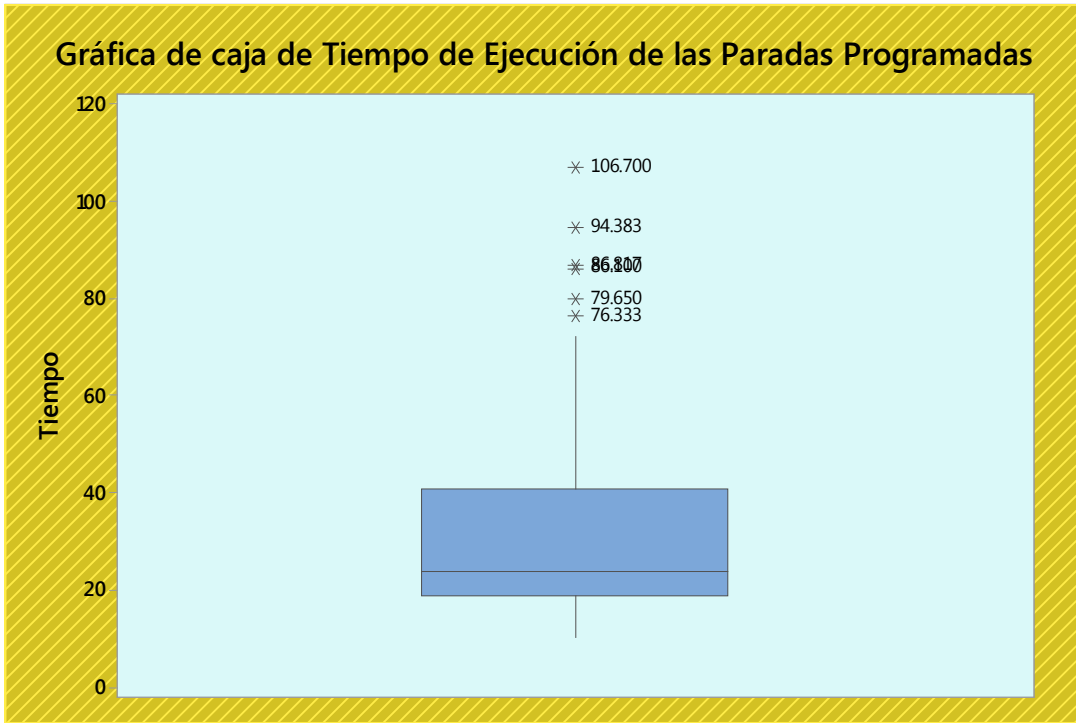


Figura 10: Diagrama de caja para excluir datos atípicos para el análisis de la mantenibilidad

Luego de la selección de los datos relevantes para el análisis, se identificó que solamente 244 registros son válidos y que los demás fueron productos de causas asignables específicas o circunstanciales, propios de un proceso de reparación con demoras puntuales o atípicas.

El análisis de los datos válidos nos arrojó la información para poder seleccionar el tipo de distribución, el cual es mostrada en la tabla 5, en ella se aprecia que el valor P de la distribución exponencial de 2 parámetros es el que mejor justifica su selección por tener un valor de 0.010 o 1%, con lo que asumiríamos el riesgo de seleccionar este tipo de distribución para realizar los cálculos mediante un método paramétrico de una distribución conocida.

Como se puede observar, las demás distribuciones tienen un valor P menor al 1%, lo que no justifica su aplicación y se correría un mayor riesgo al realizar la estimación de la mantenibilidad si se seleccionase.

Tabla 4: Prueba de bondad de ajuste para la identificación del tipo de distribución

Distribución	AD	P	LRT P
Normal	7.462	<0.005	
Lognormal	2.431	<0.005	
Exponencial	32.237	<0.003	
<b>Exponencial de 2 parámetros</b>	<b>6.333</b>	<b>&lt;0.010</b>	<b>0.000</b>
Weibull	4.601	<0.010	
Weibull de 3 parámetros	1.818	<0.005	0.000
Valor extremo más pequeño	11.950	<0.010	
Valor extremo por máximos	3.868	<0.010	
Gamma	3.468	<0.005	
Logística	6.789	<0.005	
Log-logística	2.924	<0.005	

La tabla 6, muestra los valores estimado de los parámetros de la distribución exponencial de 2 parámetros con un valor promedio o escala de 19.61 Horas / reparación y un valor umbral de 10.03 horas / reparación, lo que significa que para el proceso de mantenimiento de paradas programadas se espera que las reparaciones sean mayores a 10.03 horas y nunca menores.

Tabla 5: Estimación de los parámetros de la distribución seleccionada

Distribución	Ubicación	Forma	Escala	Valor umbral
Exponencial de 2 parámetros			19.61241	10.03629

Nota: Se utilizó el método de máxima verosimilitud para la estimación de los valores

En base a esta información se puede realizar el cálculo de la mantenibilidad del proceso de reparación del área de mantenimiento, para ello es necesario saber el tiempo restrictivo que para nuestro caso será el valor obtenido en el análisis anterior de los tiempos promedios de reparación anual que fue de 31.22 horas, esto quiere decir que calcularemos la probabilidad de realizar un trabajo de

mantenimiento programado cualquiera dentro de las 31.22 horas, lo que se traduce en la mantenibilidad del proceso de mantenimiento.

La figura 11, muestra el cálculo de la mantenibilidad del proceso de reparación de paradas programadas del área de mantenimiento mina el cual está en un 66.04 %, esto significa que la probabilidad de realizar un trabajo dentro de las 31.22 horas será del 66.04% el cual es un valor referencial que tiene la finalidad de ser el punto de partida para poder realizar mejoras dentro del proceso de reparación y aumentar esta mantenibilidad por encima del 85% que sería el objetivo propuesto.

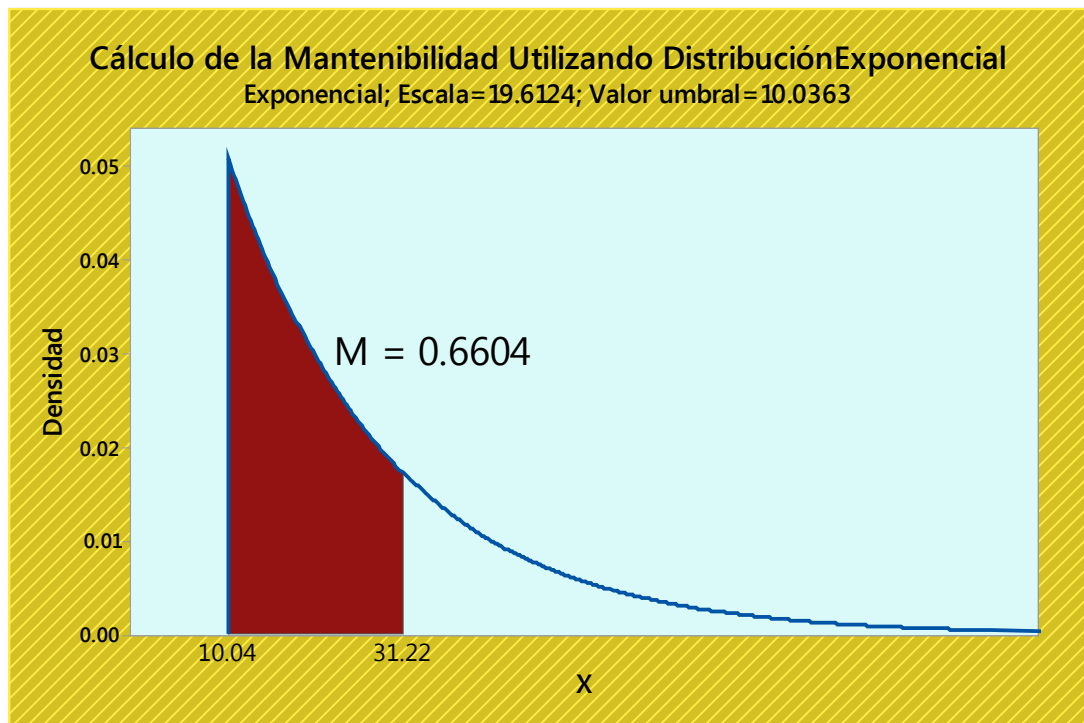


Figura 11: Cálculo de la mantenibilidad mediante la distribución exponencial

De la figura 11, se puede notar también que, bajo las condiciones de reparación actuales, no es probable realizar trabajos de mantenimiento programados que sean menores a las 10.04 horas, es decir que éste sería el límite inferior a partir del cual se han registrado restauraciones de los equipos y debería ser el tiempo mínimo que se ofrezca al cliente para comprometer el equipo a su operatividad nuevamente.

#### 4.1.2 Estudio de las órdenes de trabajo pendientes de ejecución – Backlogs

De acuerdo al análisis del comportamiento del backlog durante el año 2017 se tiene un promedio de 80.1 días, estos se han mostrado dentro de los límites superiores e inferiores que está establecido en +/- 20% del promedio anual, a excepción del mes de octubre que presentó un valor de 110.8 días superando el límite superior, así como en el mes de diciembre el cual estuvo en 62.4 días por debajo del límite inferior, tal como se aprecia en la Figura 12.

Para ello se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$\text{Backlog (días)} = \frac{\text{Cantidad de Horas Hombre Requeridas en Total}}{\text{Cantidad de Horas Hombre Disponibles por día}}$$

El backlog nos indica la cantidad de días que serán necesarios para ejecutar todas las tareas que están registrados en el sistema SAP con la cantidad de personal disponibles considerando que no ingresarán nuevas solicitudes de órdenes de trabajo siendo la mejor forma de evaluarlos mediante el gráfico de tendencias.

Un valor elevado indica que las órdenes de trabajo pendientes están aumentando, esto puede ser debido a que se están presentando mayor cantidad de problemas identificados en el equipo, también puede ser debido a que la cantidad de personas no es suficiente para realizar las tareas programadas por lo que se están reprogramando o también por que no se están planificando las tareas dentro del programa semanal por parte de los planificadores de la flota de camiones.

Un valor de backlog por debajo del límite inferior nos estaría indicando que no se están identificando los problemas de los equipos por parte de los inspectores, así como que la cantidad del personal está sobredimensionada o también que se ha contratado a contratistas de otras empresas para apoyar con las actividades de mantenimiento.

Para realizar el cálculo mensual del nivel del backlog fue necesario estimar las horas hombre disponibles por día de las guardias del taller de mantenimiento, para ello se tienen que considerar las horas asignadas para realizar los mantenimientos programados, las atenciones por paradas no programadas así como las demoras diarias que se tienen debido a las reuniones de seguridad, las ausencias de los trabajadores entre otros factores que disminuyen las horas efectivas que deberían ser de 12 horas por turno.

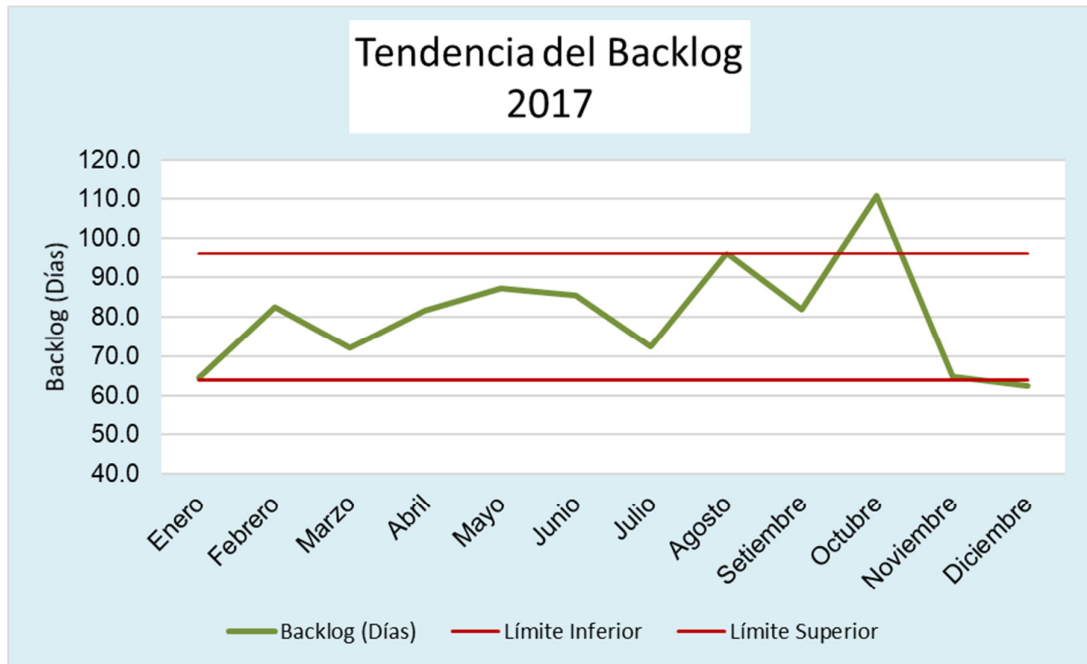


Figura 12: Desempeño del backlog durante el año 2017, medido en días

La Figura 13, muestra la cantidad de órdenes de trabajo generado durante el año 2017, de acuerdo a ello se puede comprobar que no hay relación directa con la cantidad de backlogs mostrados en la Figura 12, esto debido a que la cantidad de horas hombre destinadas a la ejecución de las tareas de reparación van a depender del nivel de criticidad y complejidad de la tarea para poder ser ejecutadas, así mismo la estimación para realizar las tareas de cada orden de trabajo va a depender del nivel de competencias teórico – prácticos que tenga el personal de ejecución, el cual se analiza en la siguiente sección.

De acuerdo a la Figura 13, se puede apreciar que la cantidad de órdenes de trabajo acumuladas se ha incrementado durante el mes de mayo, hasta tener

un aproximado de 1100 órdenes, sin embargo, para el mes de mayo el nivel del backlog se encontró en 87.1 días, valor que se encuentra dentro de los límites normales de desempeño.

Durante los meses de enero a junio del 2017 se muestra una tendencia cíclica, lo que demuestra que el proceso no se encuentra controlado e indicaría que se tienen que tomar acciones correctivas para mantener el control del proceso de planificación y programación de las actividades de mantenimiento.

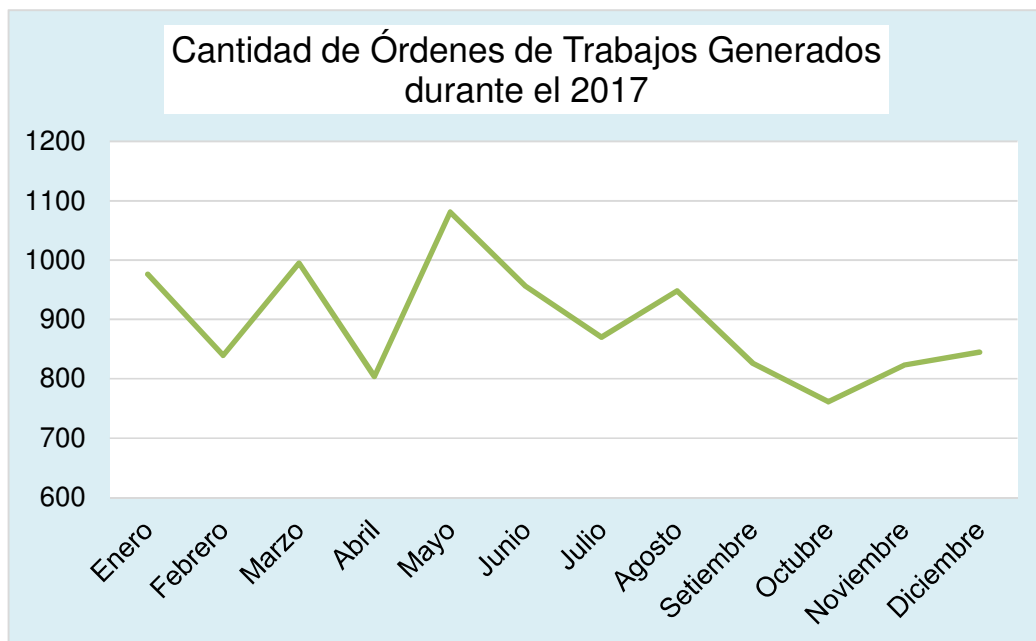


Figura 13: Gráfico de tendencia de la cantidad de órdenes de trabajo generados mensualmente

Es a partir del mes de setiembre en adelante que se observa una reducción progresiva de las órdenes de trabajo, lo que indicaría que se tomó un plan de acción para no acumularse de tareas en el sistema con la finalidad de lograr tener mayor confiabilidad de la flota de camiones al ejecutar tareas que son productos de las inspecciones periódicas donde se identifican fallas potenciales de los equipos.

#### 4.1.3 Desempeño de las habilidades y competencias del personal de ejecución

Las habilidades y competencias del personal a cargo de la ejecución de las actividades de mantenimiento se demuestran mediante el grado al cual pertenecen, para ello dentro del proceso de mantenimiento mina se han definido hasta cuatro niveles que vienen a ser:

- **Mantenedor de Equipo Pesado I:** El cual cuenta con los conocimientos básicos y el nivel práctico mínimo de las tareas encomendadas, vienen a ser como el personal de apoyo.
- **Mantenedor de Equipo Pesado II:** El cual cuenta con los conocimientos mínimos, pero con habilidades prácticas más desarrolladas, pueden realizar actividades de mantenimientos generales o comunes en base a su experiencia.
- **Mantenedor de Equipo Pesado III:** El cual cuenta con conocimientos más desarrollados, pero con habilidades prácticas menos desarrollados, pueden realizar tareas de diagnósticos y análisis para solucionar problemas de mediana complejidad.
- **Mantenedor de Equipo Pesado IV:** El cual cuenta con conocimientos avanzados y habilidades prácticas más desarrolladas, este tipo de personal puede realizar tareas de mantenimiento de mayor complejidad tanto en el diagnóstico y análisis, así como las reparaciones y cambio de componentes mayores.

Para poder asignar el grado o la posición a cada personal es necesario pasar una evaluación teórico y práctico el cual cuenta con una serie de actividades a realizar, así como los cursos desarrollados y aprobados, en base a ello se determina el nivel de cada uno de los colaboradores para poder asignar las actividades de mantenimiento programados.

La Figura 14, muestra la proporción de los trabajadores de acuerdo a la posición en la que se encuentran, de acuerdo a ello se aprecia que un 49% tiene el nivel de Mantenedor de Equipo Pesado II, esto quiere decir que cuentan con conocimiento teóricos mínimos, pero con capacidades prácticas más desarrolladas, sin embargo, se encuentran limitados para realizar análisis



y diagnósticos de fallas complejos. Esta situación condiciona a que los tiempos de reparación de las tareas programadas tengan un tiempo mayor de ejecución.

Solamente un 19% del personal se encuentran con el nivel de Mantenedor de Equipo Pesado IV, lo que significa que se tienen que realizar mayores esfuerzos para poder elevar el nivel de competencias teóricos y prácticos del personal mediante las capacitaciones periódicas, así como un programa de incentivos para poder mejorar sus habilidades prácticas.

Lo resaltante es que solamente un 9% del personal tiene las competencias correspondientes a un ayudante de mecánico lo que significa que existe un esfuerzo por mejorar el desempeño del personal mediante el desarrollo de sus competencias teórico y prácticos.

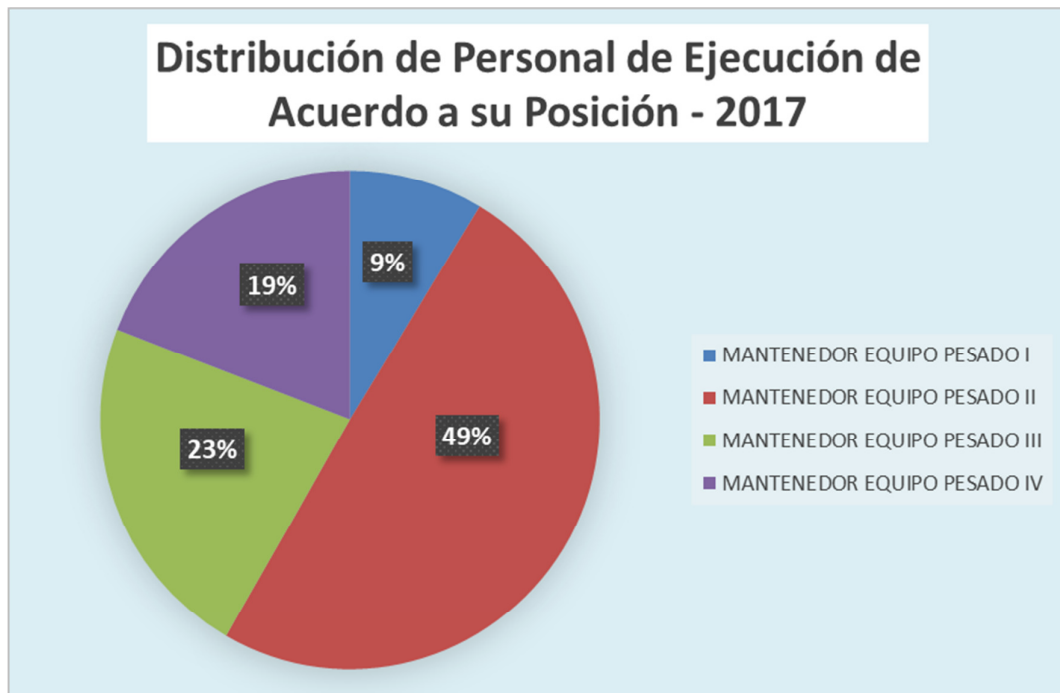


Figura 14: Gráfico circular de la proporción de trabajadores de acuerdo a su nivel de competencias

Es importante realizar el análisis de la distribución del personal de ejecución por cada guardia de trabajo para determinar si se encuentran equilibradas para asegurar que los trabajos sean realizados con el mismo nivel de eficiencia.

Debido al sistema de trabajo continuo de trabajo de 24 horas, se tienen en total 4 guardias de 29 técnicos cada uno que son los encargados de atender las actividades de mantenimiento programados dentro del taller solamente para la flota de camiones.

En la Figura 15, se puede apreciar que la guardia “A” es la que presenta mayor cantidad de técnicos de nivel I, por lo que nos estaría indicando que esta guardia podría tener mayores tiempos de reparación de las tareas programadas en comparación de la guardia “D” que es la que tiene un mayor número de técnicos de nivel II-III y IV donde es probable que las tareas de mantenimiento se realicen de manera más rápida asegurando la calidad de sus reparaciones.

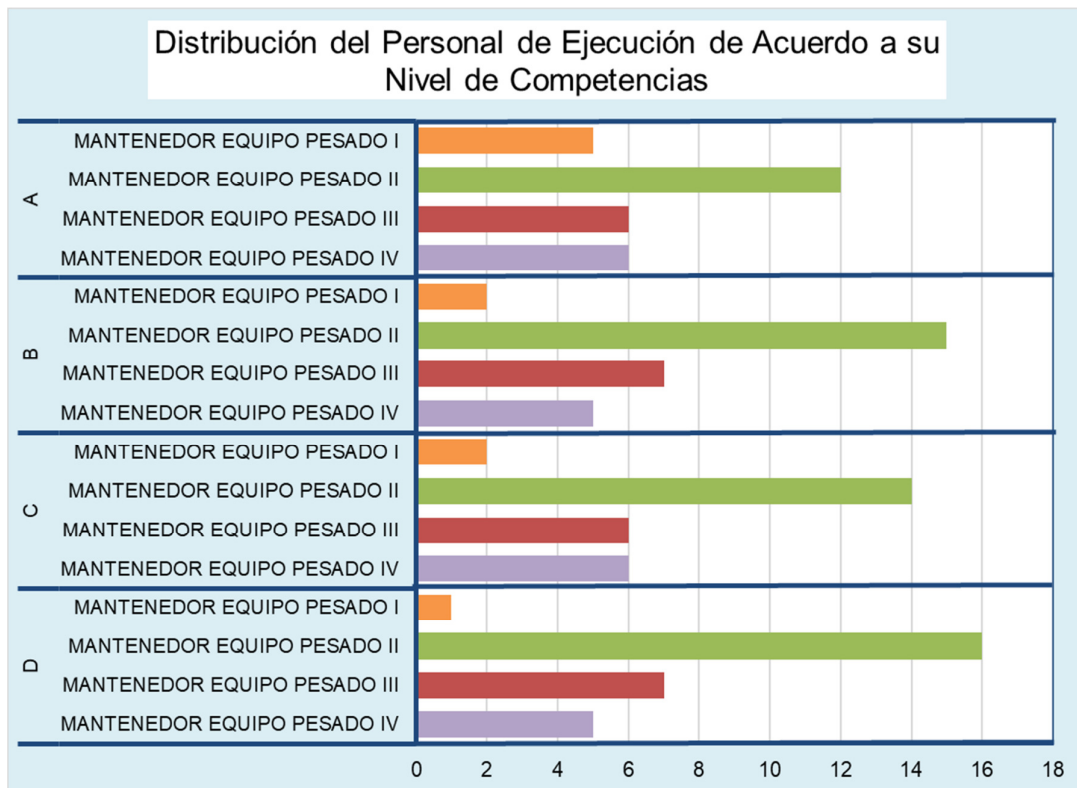


Figura 15: Distribución del personal de ejecución según su nivel de competencias

En cuanto a las guardias “C” y “D”, estas se encuentran equilibradas por lo que su desempeño grupal debe ser muy similar en cuanto a los tiempos de reparación de cada actividad de mantenimiento.

Se debe tener en cuenta que las guardias se contraponen de la siguiente manera: “A” – “B” y “C” – “D”, esta información nos podría indicar que durante 4 días de trabajo el primer grupo de trabajo presentaría mayores tiempos de reparación de las actividades programadas por lo que existe una oportunidad de mejora para aumentar el desempeño de estos grupos de trabajo, para ello una de las propuestas sería el de trabajar en el desarrollo del personal técnico mecánico y eléctrico desde el aspecto teórico y práctico mediante el levantamiento de sus competencias y asignación de funciones específicas.

#### 4.1.4 Estudio de los niveles de prioridad de las órdenes de trabajo programadas

Las órdenes de trabajo están categorizadas de acuerdo a los criterios indicados en la Tabla 7, donde el inspector o personal técnico mecánico genera las órdenes de trabajo en función de su experiencia con respecto a las posibles fallas que se puedan generar dado una condición específica.

Tabla 6: Descripción de los niveles de prioridad de las órdenes de trabajo

Nivel de Prioridad	Descripción
1-Parada Urgente	Asignado a las tareas que requieren ser realizadas de manera inmediata debido a que el equipo presenta una condición con alta probabilidad de falla funcional, tiempo de ejecución máximo 2 días
2-Programar Parada	Asignado a las tareas que pueden ser realizadas dentro del periodo de 20 días, debido a que la falla potencial se encuentra a un nivel intermedio de su intervalo P-F
3-Próxima Programación	Asignado a las tareas que pueden ser realizadas hasta dentro de los 40 días, la falla potencial se encuentra en un nivel inicial por lo que no representa mayores problemas para el funcionamiento del equipo

4-Siguiente Oportunidad	Asignado a las tareas que pueden ser realizadas hasta los 60 días de trabajo. Este tipo de tareas son catalogadas como de seguimiento de una condición que podría convertirse en una falla funcional en el mediano plazo
5-Siguiente Parada Mayor	Asignados a las tareas que no representan daño alguno al funcionamiento de los equipos, pero son necesario de ejecutar por recomendaciones del fabricante para mejorar el desempeño de los equipos.

Cada criterio para la asignación de la prioridad de las órdenes de trabajo se ha realizado en base a la experiencia que se tiene con respecto a las fallas presentadas anteriormente, donde de alguna manera se definen los intervalos P-F (Potencial de falla – Falla funcional) que definen los tiempos medios en los que podría ocurrir la falla funcional del equipo.

Es evidente que la asignación correcta de cada prioridad estará condicionada por la experiencia de cada técnico, por lo que se darán casos en los que la falla funcional precederá a la programación de la tarea programada.

Luego de que se tienen generados las órdenes de trabajo en el sistema, el planificador es el encargado de consolidar las tareas que se realizarán en la siguiente parada programada del equipo asegurando primero que se cuenten con todos los recursos necesarios para ejecutar la tarea sin inconvenientes ni retrasos.

La Figura 16, muestra la distribución de las órdenes de trabajo en función de su prioridad durante el año 2017, en ella se puede apreciar que la mayor proporción se concentra en los de Nivel 3 – Próxima Programación con un 52.54%, esto quiere decir que las tareas se pueden programar hasta dentro de los 40 días.

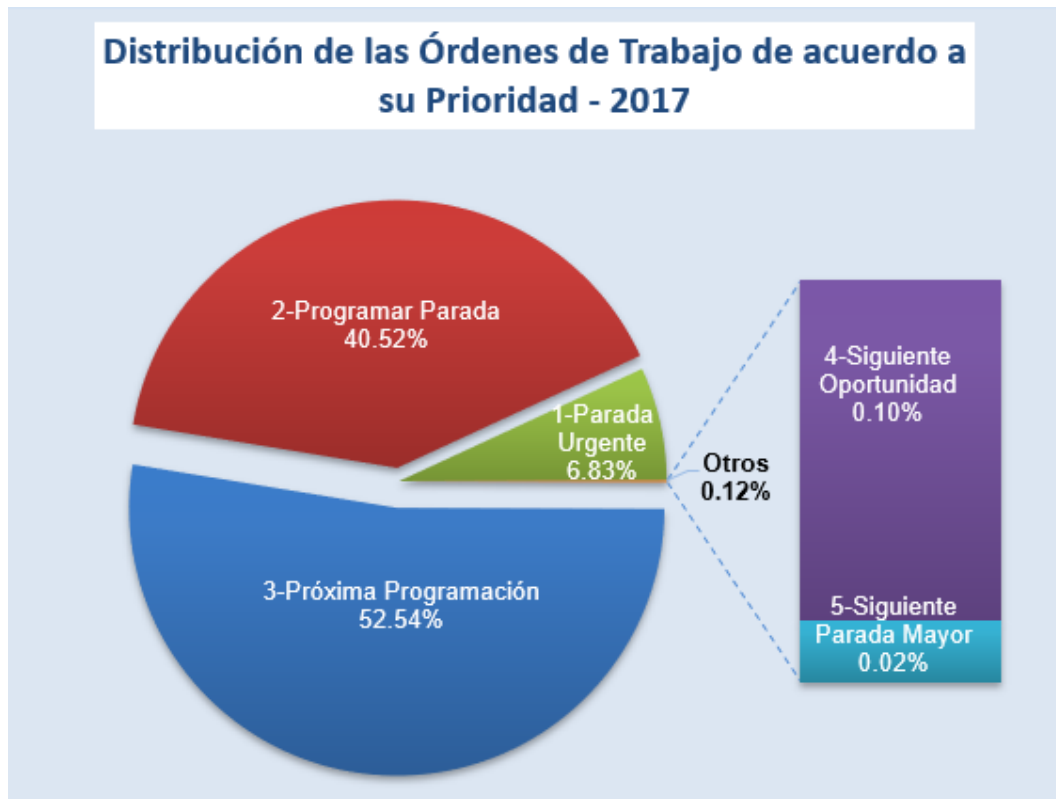


Figura 16: Distribución de las órdenes de trabajo según su prioridad de ejecución

Las paradas de nivel 1-Parada Urgente representan el 6.83% del total de órdenes de trabajo, esto significa que se mantiene bajo control las fallas potenciales que tienen un intervalo muy cercano a la falla funcional.

Las órdenes de trabajo de nivel 4 y 5 representan solamente el 0.12%, esto nos da a entender que no se generan muchas órdenes de trabajo que tengan una orientación proactiva o de mejora de las condiciones actuales de desempeño de los equipos, lo que significa que hay una oportunidad de mejora dentro del proceso de identificación de las causas raíces de las fallas más comunes que se presentan en los equipos para que el área de planeamiento pueda programar estas tareas de mantenimiento.

#### **4.1.5 Análisis de la relación de la mantenibilidad y la disponibilidad operativa de la flota de camiones**

Para realizar la relación entre la disponibilidad operativa y la mantenibilidad fue conveniente realizar la identificación del tipo de distribución por de manera mensual los cuales son mostrados en la Tabla 8, en ella se aprecia que el tipo de distribución son diferentes para cada mes de estudio, sin embargo, el valor P es más consistente (por encima del 0.05) en comparación con el valor P calculado para todo el año. Esto nos da una indicación de que es mejor analizar la mantenibilidad de manera mensual realizando previamente la depuración de los datos.

Para realizar el cálculo de la mantenibilidad, se ha considerado como referencia los tiempos promedios de reparación obtenidos por cada mes, de esta manera teniendo en cuenta los parámetros para cada tipo de distribución se obtuvo la mantenibilidad mensual los cuales son mostrados en la columna (2) de la tabla 8.

Para el cálculo de la disponibilidad operativa, se ha considerado tanto las paradas programadas como no programadas de toda la flota de camiones los cuales son mostrados en la columna (1) de la tabla 8.

Mes	MTTR Programado (Hrs / Rep)	Disponibilidad (1)	Mantenibilidad (2)	Tipo de Distribución	Valor - P	Parámetros de acuerdo al tipo de distribución			
						Ubicación	Forma	Escala	Valor Umbral
Enero	26.87	78.70%	63.21%	Exponencial 2P	> 0.25			13.33	13.54
Febrero	34.88	84.32%	61.80%	Weibull 3P	0.269		1.22	26.88	8.83
Marzo	31.82	83.53%	61.43%	Weibull 3P	0.232		1.147	19.31	13.31
Abril	34.59	90.35%	63.23%	Exponencial 2P	0.113			24.16	10.42
Mayo	32.16	89.02%	61.75%	Weibull 3P	0.452		1.1128	21.03	11.87
Junio	30.96	90.64%	63.21%	Exponencial 2P	0.245			22.001	8.96
Julio	33.05	90.22%	60.72%	Lognormal	0.479	3.334		0.60297	
Agosto	28.73	90.52%	61.94%	Lognormal	0.294	3.194		0.5395	
Setiembre	29.43	90.22%	60.49%	Weibull 3P	0.29		1.2085	19.9112	10.703
Octubre	26.27	91.46%	56.96%	Weibull 3P	0.329		1.6044	19.1432	9.0581
Noviembre	31.72	91.28%	59.13%	Weibull 3P	0.475		1.3637	24.4805	9.1584
Diciembre	37.45	89.83%	62.86%	Weibull 3P	0.5		1.0225	22.225	15.43
<b>Total 2017</b>	<b>31.22</b>	<b>89.27%</b>	<b>66.04%</b>	<b>Exponencial 2P</b>	<b>0.01</b>			<b>19.6124</b>	<b>10.0363</b>

Tabla 7: Cálculo de la mantenibilidad mensual por tipo de distribución de los datos

La figura 17, muestra el comportamiento de la mantenibilidad y la disponibilidad de manera mensual con la finalidad de establecer su relación entre ambos indicadores dentro de la gestión del mantenimiento de la flota de camiones.

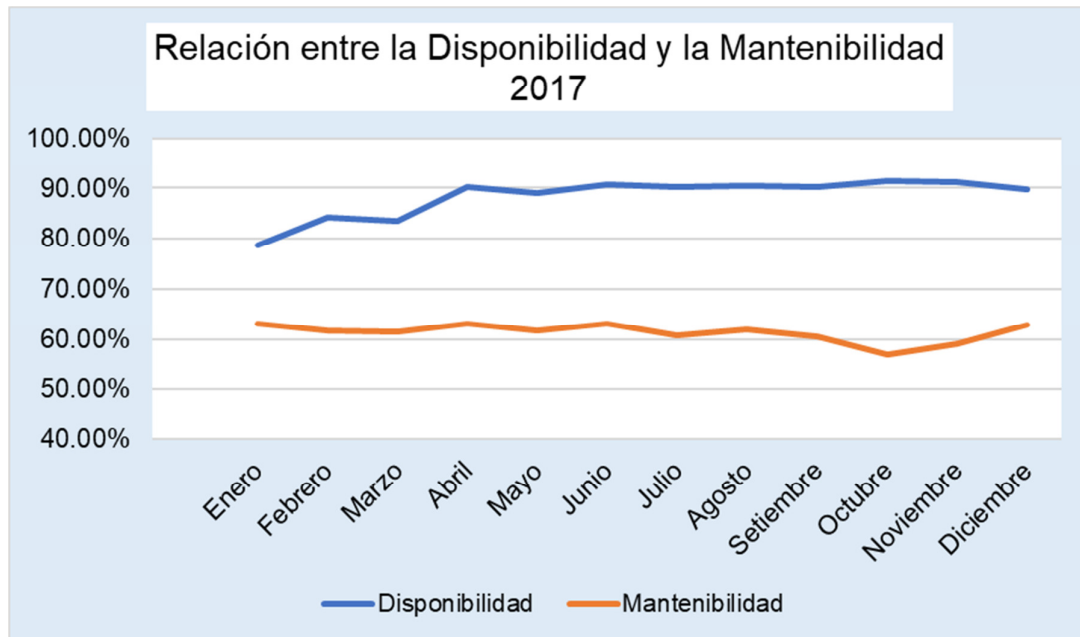


Figura 17: Gráfica de tendencia que relaciona la disponibilidad operativa con la mantenibilidad

Como se puede apreciar, la disponibilidad operativa muestra un incremento a partir del mes de abril del año 2017 estando ligeramente por encima del 90%, de la misma manera durante todo el año 2017 la mantenibilidad se encuentra cerca del 60% con ligeras desviaciones superiores e inferiores con respecto a este promedio.

Para encontrar una relación más definida, recurrimos al gráfico de correlación la cual es mostrada en la figura 18, en ella se precia que dado los resultados obtenidos existe una relación inversa entre la disponibilidad y la mantenibilidad con un coeficiente de correlación de 14.5%, el cual puede considerarse significativa.

Este resultado puede justificarse por el hecho de que para el cálculo de la mantenibilidad se ha considerado como referencia los tiempos promedios de reparación de las tareas programadas de manera mensual, sin embargo, debe



considerarse también el uso de un tiempo máximo de restricción en el cual deberían realizarse las tareas de mantenimiento.

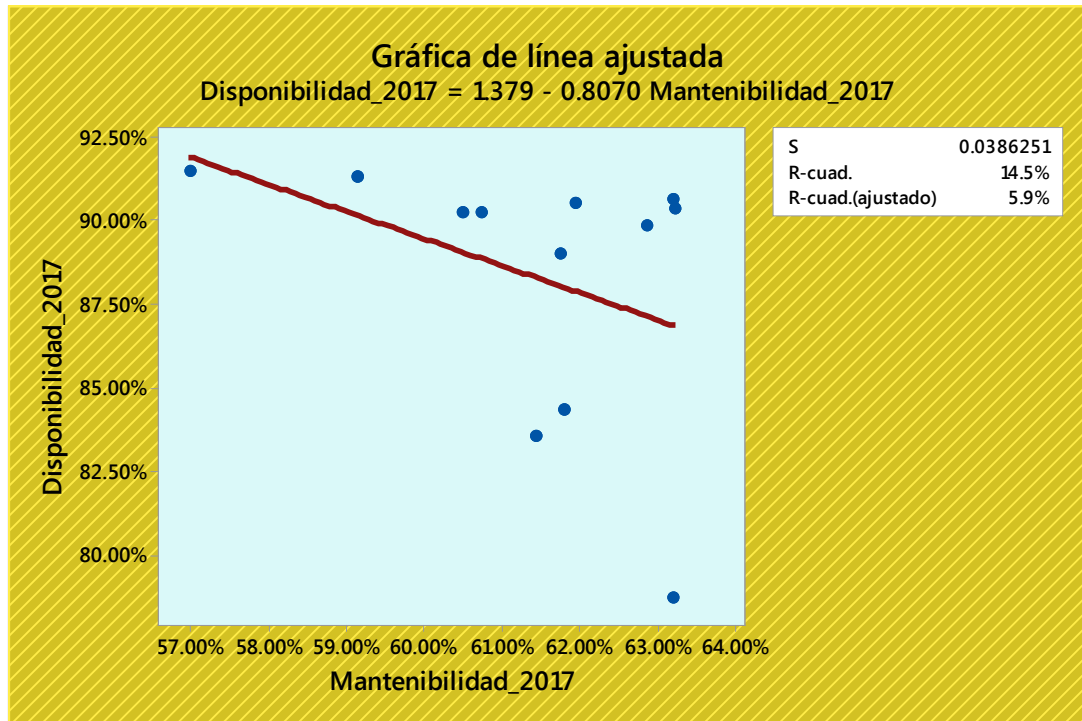


Figura 18: Gráfico de correlación entre la mantenibilidad y la disponibilidad operativa

De acuerdo a este análisis, al obtener un valor mayor de mantenibilidad se obtiene una menor disponibilidad operativa el cual está definido por la siguiente fórmula lineal:

$$\text{Disponibilidad Operativa} = 1.379 - (0.8070) * \text{Mantenibilidad}$$

Esto es justificable desde el punto de vista de que, para obtener una mayor probabilidad de realizar las tareas de mantenimiento dentro de un tiempo estimado, será necesario considerar mayores tiempos de reparación de cada parada programada, esto traerá como consecuencia que se resten horas operativas a cada uno de los equipos lo que se traduce en una disponibilidad operativa menor, tal como se ha calculado.

Para obtener un resultado mayor de disponibilidad es necesario realizar tareas de mantenimiento programado en el menor tiempo posible, lo que se traducirá en mayores niveles de mantenibilidad.

## 4.2 Planteamiento de las mejoras en el proceso de planificación y programación

### 4.2.1 Identificación de los principales problemas que afectan el proceso de ejecución de las paradas programadas

La figura 19, muestra los principales problemas que afectan los tiempos de ejecución de los trabajos programados el cual fue analizado en base de los registros históricos del proceso de reparación.

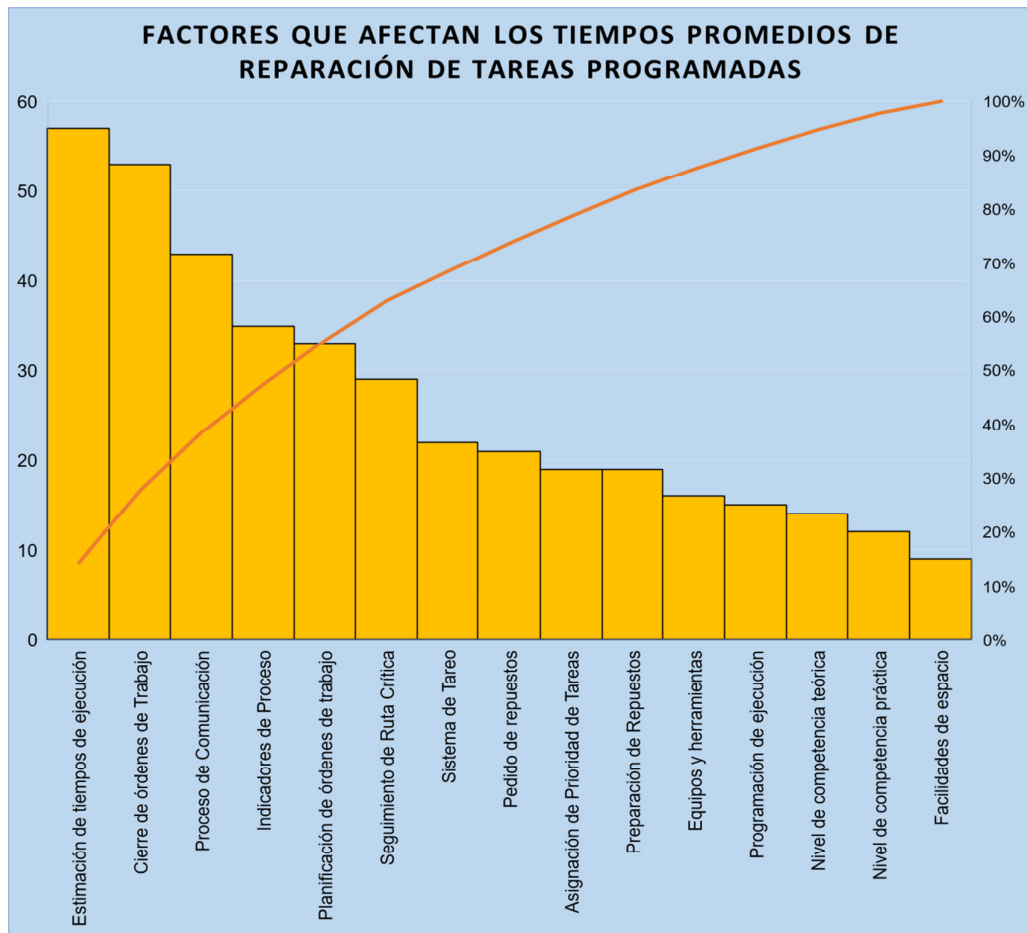


Figura 19: Diagrama pareto de los principales factores que afectan los tiempos de reparación

De acuerdo a este análisis mediante el diagrama de Pareto, los principales problemas que causan los elevados tiempos de reparación son:

- La estimación de los tiempos de reparación no se ajusta a los tiempos reales de ejecución. Esto puede ser debido a la poca experiencia de los técnicos inspectores del área de mantenimiento quienes no pueden definir un tiempo adecuado ni la cantidad de personas que deben atender la reparación, esto genera que el planificador asuma estos tiempos de ejecución y realice la planificación y programación de la tarea. Si bien es cierto que el planificador debe ser un filtro para sincerar los tiempos de reparación en base a su experiencia no se siempre se cumple de esta manera, por ello fortalecer las habilidades prácticas así como definir una línea de carrera dentro de la estructura organizativa del área de mantenimiento es clave para poder tener tiempos de reparación que se ajusten a la realidad operativa obteniendo de esta manera una mantenibilidad más elevada para una determinada cantidad de horas límites establecidas.
  
- Otro de los factores que afectan los tiempos promedios de reparación se encuentra en el proceso de cierre de las órdenes de trabajo, esto principalmente genera dos tipos de problemas
  - a.- Tiempo adicional como parte de la ejecución de los trabajos, esto quiere decir que actualmente los líderes de grupo tienen que cerrar en el sistema las órdenes de trabajo el cual consiste en el llenado de la información correspondientes a la ejecución de trabajo que viene a ser el sustento y validación para afrontar temas de auditorías y control interno. Este tiempo asignado variará en función de la facilidad que se tenga para el llenado de la información, en este caso los cierres de las órdenes de trabajo son realizados de forma manual, es decir mediante cuadernos de relevos siendo al final de la ejecución del trabajo cuando se ingresa toda la información al sistema ERP SAP en el módulo de mantenimiento.
  
  - b.- Otro de los problemas generados con respecto al proceso de cierre de las órdenes de trabajo es que si estos no se ejecutan quedarán activos en el sistema SAP pudiendo en muchas veces ser considerados nuevamente

para su ejecución en el siguiente ingreso por mantenimiento programado lo que ocasionará re-trabajos teniendo como consecuencia elevados tiempos de reparación injustificados.

- Como tercer factor que reduce la efectividad para realizar trabajos de mantenimiento se encuentran las deficiencias dentro de proceso de comunicación, esto quiere decir que no existe un canal de comunicación que pueda hacer interactuar a las diferentes sub áreas de mantenimiento como son: Planeamiento, Estrategia, Confiabilidad, Inspecciones, Expeditting, y el personal de ejecución, esto genera que la información a ser transmitida tenga limitaciones lo que ocasiona pérdidas dentro del proceso de reparación de las actividades programadas. Como, por ejemplo, se da el caso de que el área de monitoreo de condiciones reporta un trabajo para corregir la condición anómala en base a información recogida mediante las herramientas y técnicas predictiva, sin embargo, el personal de ejecución no cuenta con la información acerca del porqué está realizando la actividad lo que permitirá demorar el proceso de análisis para realizar el diagnóstico.
- Los indicadores de proceso también son parte de los factores que afectan el seguimiento y control del proceso de ejecución del mantenimiento programado lo que genera un retraso en los tiempos de reparación, para ello es necesario implementar un sistema que permita realizar el control en tiempo realizar de los avances del trabajo, así como el manejo adecuado de la información cuando se realice el relevo de las actividades entre las guardias de trabajo. Al tener la información disponible el personal técnico será capaz de ejecutar sin demoras y de acuerdo al cronograma de ejecución las tareas que corresponden a la parada programada.

Los demás factores son de menor incidencia que afectan los tiempos promedios de reparación de los equipos, sin embargo, deben ser considerados de manera integral para poder implementar estrategias que permitan conseguir el objetivo deseado. Con los cuatro primeros problemas resueltos será posible mejorar el proceso hasta en un 50% lo que es representativo para el proceso de ejecución del mantenimiento programado.

#### **4.2.2 Planteamiento del diseño dentro del proceso de planificación y programación**

Como parte de la propuesta para el diseño de la planificación y programación dentro del proceso de ejecución del mantenimiento con la finalidad de aumentar la mantenibilidad se plantean las siguientes acciones:

##### **A. Implementación de un sistema de integración computarizado**

De acuerdo a los resultados obtenidos como parte del análisis de Pareto, se puede notar que existen varios problemas que se pueden solucionar mediante la implementación de un sistema computarizado que pueda integrar los procesos de seguimiento de la ruta crítica de la programación de las actividades de mantenimiento, integración con el módulo SAP para el cierre de las órdenes de trabajo en línea, ingreso de los datos reales de los tiempos de ejecución de los trabajos de mantenimiento así como la comparación de las estimaciones iniciales con la finalidad de calcular las desviaciones identificando las oportunidades de mejora y aplicarlos sobre la marcha logrando de esta manera disminuir los tiempos promedios de reparación. Otra de las ventajas de implementar este sistema integrado es el de facilitar el relevo entre las guardias evitando de esta manera las demoras por búsqueda de información y retrabajos que pudieran presentarse.

Dicho sistema informático de integración se puede denominar como e-Gantt, el cual es representado en la Figura 20. En ella se muestra la representación de las actividades programadas como parte del proceso de ejecución del mantenimiento mediante barras horizontales que indican el tiempo de duración de cada una de las actividades, así como su secuencia y orden de ejecución lo que se resume al final en la fecha y hora de inicio, fecha y hora final y el tiempo total de la parada que es comprometida con el área de operaciones al inicio de la programación, de esta manera se define las horas restrictivas de ejecución del mantenimiento lo que se traduce al final como la mantenibilidad de los equipo y de la flota en general.

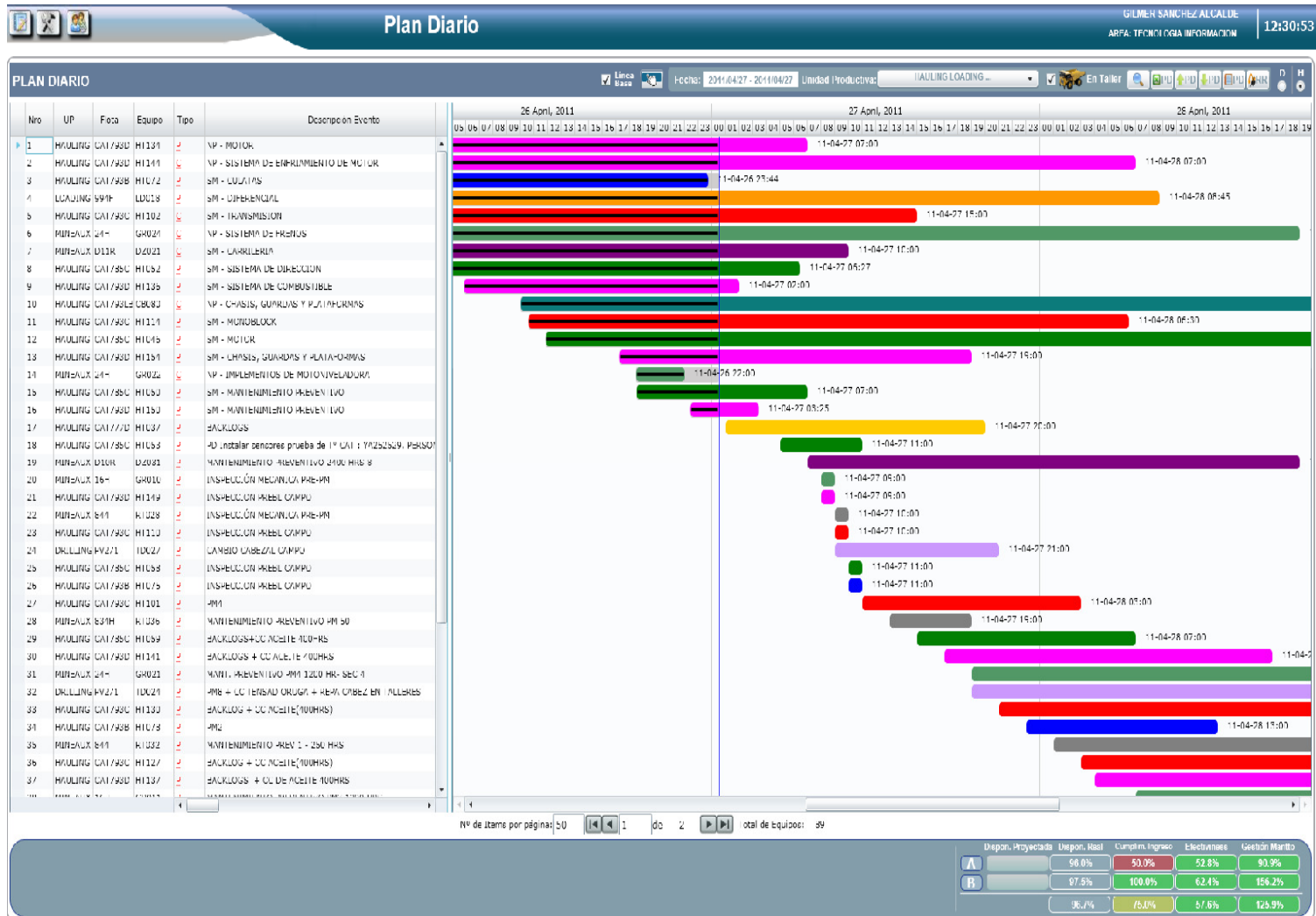


Figura 20: Modelo de la carta gantt electrónica o e-gantt

Este sistema permite además enlazarse con el ERP SAP para permitir cerrar las órdenes de trabajo desde este módulo ingresando la información necesaria de los campos requeridos lo que permite al personal de ejecución disminuir los tiempos de reparación de los equipos.

Así mismo permite además el tareo del personal para registrar la cantidad de personas que estuvieron en una determinada actividad y el tiempo que se tomaron para culminarla.

Es un mecanismo eficiente de comunicación entre las diferentes áreas de trabajo dentro de la gestión de mantenimiento ya que permite saber en tiempo real el porcentaje de avance de los trabajos, si efectivamente se está cumpliendo con la ruta crítica de acuerdo a lo planificado, la identificación de los principales problemas que generan los retrasos dentro del proceso de reparación con la finalidad de realizar el análisis posterior para el planeamiento de la mejora. Alerta además de las desviaciones que se están teniendo en comparación con lo planificado inicialmente de esta manera es posible realizar las correcciones necesarias para cumplir con el programa propuesto asegurando de esta manera la fecha y hora de salida comprometida con el área de operaciones.

Los planificadores realizan una carta Gantt con todas las actividades que le corresponden a cada parada y las cuales tienen una secuencia definida de ejecución en función a los recursos disponibles en el área de mantenimiento tales como: Personal, herramientas, equipos, facilidades, personal tercerizado entre otros de esta manera se determina la ruta crítica de ejecución, así como las tareas que se pueden realizar de manera simultánea, todo este proceso viene a ser parte de la planificación el cual debe ser desarrollado durante el proceso de ejecución.

Esta herramienta le permite al personal técnico mejorar su desempeño durante la ejecución de las actividades del mantenimiento debido a que se asegura que cada una de las tareas serán ejecutadas en el tiempo estimado obteniendo como resultado final las horas totales de parada del equipo por mantenimiento programado; sin embargo, la precisión para lograr ajustar las horas estimadas con las reales dependerá de la experiencia tanto del inspector, quien determina los tiempos de ejecución de cada tarea, así como del planificador quien en

base a su experiencia tiene la capacidad de organizar y consolidar adecuadamente todas las tareas que serán ejecutadas, soportados con los recursos necesarios para su ejecución.

Una de las ventajas de implementar el e-gantt viene a ser que es posible colocar pantallas en cada una de las bahías donde se realizan las actividades de mantenimiento y al mismo tiempo en las oficinas de control y seguimiento del desarrollo de la tarea medido en porcentaje de avance tal como se muestra en la Figura 21.

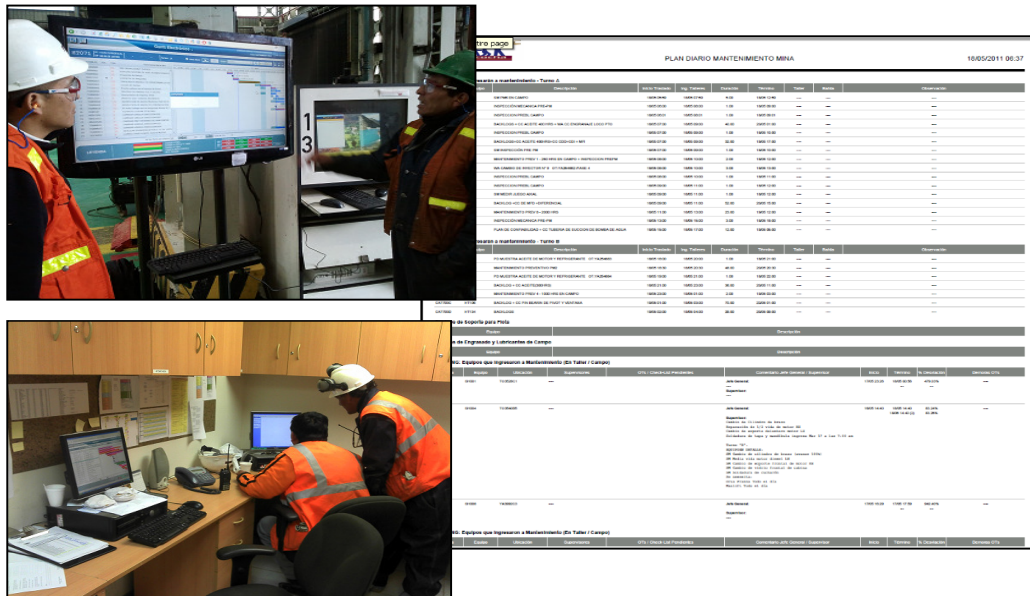


Figura 21: Aplicabilidad de la carta gantt electrónica dentro de la gestión de mantenimiento

El control de las actividades y el seguimiento de las desviaciones con respecto a lo planificado pueden ser auditados en tiempo real para tomar las acciones necesarias cuando se prevea que la estimación de salida de los equipos será mayor a lo comprometido.

Este sistema de control puede ayudar además a disminuir los tiempos estandarizados de reparación de las actividades de mantenimiento, siendo parte de un plan integral de mejora continua en el área de mantenimiento. El sistema permite además la generación de reportes en línea para poder ser



compartido mediante correo electrónico con las personas interesadas y en especial con el cliente interno que viene a ser el área de operaciones mina.

Otra de las mejoras de implementar este sistema de control viene a ser el soporte que tendrá para mejorar la calidad de los trabajos de mantenimiento, lo que se verá reflejado en uno de los indicadores claves de mantenimiento que viene a ser la primera parada después de cada mantenimiento programado. Este indicador puede ser aplicado a cada uno de las guardias de trabajo con la finalidad de premiar aquella que tenga un desempeño sobresaliente y reforzar las competencias teóricas y prácticas del personal de ejecución.

Otra de las ventajas de tener este sistema es la posibilidad de integrar la información del almacén con la finalidad de verificar la disponibilidad de los repuestos el cual viene a ser una de las actividades más recurrentes teniendo en cuenta que dichas búsquedas son parte de la tarea de mantenimiento.

#### B. Seguimiento del Proceso Mediante Indicadores

El aseguramiento de la efectividad de las acciones planteadas es posible mediante la gestión por indicadores claves de mantenimiento, en este caso en particular uno de los objetivos principales viene a ser el de lograr una mayor disponibilidad operativa reduciendo para ello los tiempos promedios de reparación. La Figura 22 muestra un modelo de gestión por indicadores que representa los valores de disponibilidad por cada equipo y flota de los camiones CAT 793C, estos valores también pueden ser visualizados en los teléfonos móviles sin necesidad de acceder a una computadora personal.

Esta información viene a ser relacionada con la información proporcionada del e-gantt donde se registran los tiempos efectivos de mantenimiento programado obteniendo como resultado final los valores de la disponibilidad operativa, el porcentaje de avance de los trabajos realizados, la desviación con respecto a lo planificado, así como la fecha estimada de salida del equipo el cual se actualiza de acuerdo al avance de los trabajos y son sincerados en cada fin de turno.

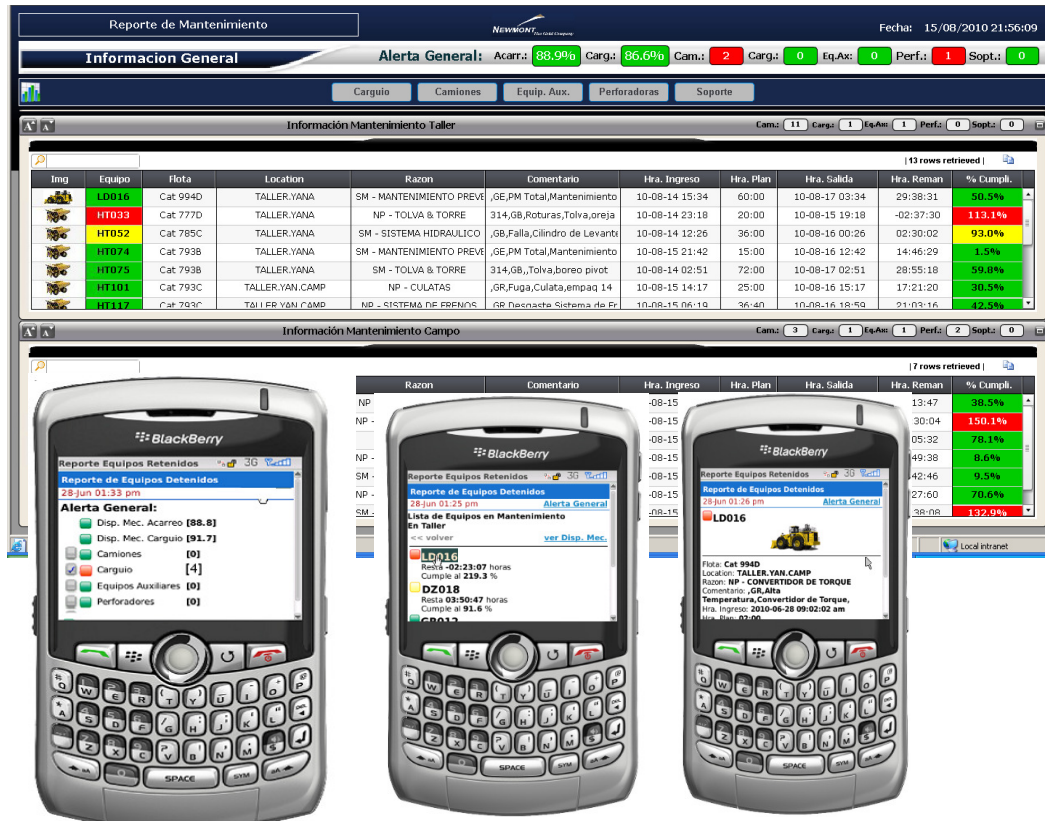


Figura 22: Ventajas de utilizar el gantt electrónico o e-gantt

Un cuadro de indicadores por flota que muestre de manera resumida la disponibilidad operativa, el MTBF, el MTBS, el MTRR y el FSAPM será necesario para controlar de manera diaria mediante el método de tendencia diaria para evaluar si el proceso de encuentra dentro de control estadístico, utilizando para ello los diagramas I-MR (Individual Moving Range) al mismo tiempo comparándolo con el valor objetivo del proceso el cual es determinado por el área de estrategia de mantenimiento en base a los datos históricos del desempeño de cada uno de estos indicadores.

La Figura 23, muestra el consolidado de los principales indicadores de mantenimiento que deben ser considerados para poder realizar un control y seguimiento de la efectividad de las acciones recomendadas.












Yanacocha Operations Pillar Scorecard Result																	
Scorecard Results - (Monthly Jul - 14)																	
Scorecard Element	Target BP13v3	World Class	Target BP14v3 P50	AVG Q2 2014	2014											6 Month Average & Trend	
					2011	2012	2013	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul			
WHEEL DOZERS 844	Physical Availability	85.86%		85.27%	88.23%	89.98%	88.78%	87.31%	77.23%	92.30%	89.85%	88.12%	85.15%	91.42%	87.42%	89.04%	
	Deliverability	4.16		3.53			4.22	3.04	3.80	3.77	3.55	3.40	3.64	3.52	3.61		
	MTBF (hrs)			> 50	120.36				43.00	41.00	61.19	112.36	109.00	139.72	90.45	92.29	
	MTBS (hrs)	> 45		45 - 48	90.51			60.79	38.40	54.30	50.55	83.55	76.20	111.78	71.21	74.60	
	MTTR (hrs)	5 - 7		< 8	9.10			8.15	9.30	3.70	3.37	8.76	10.30	8.22	7.94	7.05	
	MTTFSAPM (hrs)	> 80		> 55	100.98				50.68	37.38	84.64	127.99	108.13	66.82	111.68	89.44	
DRILLS (PV271 & DML)	Physical Availability	82.78%		82.67%	79.61%	85.87%	84.10%	84.25%	78.89%	86.85%	74.12%	78.30%	81.67%	78.87%	75.69%	79.25%	
	Deliverability	7.14		5.80			7.42	4.80	5.02	5.03	5.75	5.93	5.71	5.60	5.51		
	MTBF (hrs)			> 35	45.16	16.28	21.04		37.83	31.92	80.19	56.96	49.27	29.26	26.85	45.74	
	MTBS (hrs)	> 45		28 - 30	31.29			30.41	30.64	33.59	34.51	37.61	30.35	25.89	22.74	30.78	
	MTTR (hrs)	3 - 5		< 5	5.27	3.26	4.31	5.21	4.98	3.58	7.29	6.18	4.17	5.46	6.17	5.47	
	MTTFSAPM (hrs)	> 80		> 24	29.88	22.77	22.62		24.32	33.17	26.03	36.64	32.40	20.59	11.13	26.66	

Figura 23: Resumen de los principales indicadores como parte de la gestión de mantenimiento

Uno de los indicadores claves para determinar la calidad de las reparaciones realizadas por el área de mantenimiento viene a ser el FSAPM, Primera parada después del mantenimiento programado el cual representa las horas operativas luego de haber entregado el equipo a operaciones hasta que se presenta la primera falla funcional en el equipo. Este valor para el caso de los equipos analizados y bajo el contexto operativo actual deberá ser mayor a 100 horas, esto quiere decir que cada equipo que salga de mantenimiento debe trabajar sin problemas durante las primeras 100 horas de funcionamiento, un valor menor significará que se han obviado estándares de reparación lo que se traduce en la baja calidad de las reparaciones, de esta manera se equilibra el hecho de realizar reparaciones en tiempos menores así como el de asegurar la confiabilidad de operación de los equipos mediante reparaciones efectivas.

Otro de los indicadores mostrados en la Figura 23, viene a ser la “entregabilidad”, este indicador muestra el nivel de equivalencia entre la disponibilidad de los camiones y los equipos de carga (cargadores frontales y palas hidráulicas), esto significa que no es conveniente entregar mayor disponibilidad de los camiones si es que no se tiene disponible los equipos de carga o viceversa, de ser así se tendrá equipos en stand by o con demoras operativas lo que afecta la producción para la empresa.

Esto quiere decir que las recomendaciones para la flota de camiones pueden ser aplicadas sin problemas en la flota de carguío con la finalidad de obtener resultados favorables o similares a los camiones CAT 793C.

### C. Programa de Capacitación del personal Técnico

Los programas de capacitación y entrenamiento vienen a ser parte fundamental del desarrollo de las personas además de fuente de motivación suficiente para quienes deseen realizar una línea de carrera dentro de la organización. De acuerdo a la pirámide de valor del desarrollo de las personas, la gestión y desarrollo del recurso humano son la base principal del éxito de las demás estrategias donde debemos contar con personal motivado, con características de liderazgo, pensamiento orientado hacia la producción, el trabajo en equipo, y con visión holística y empresarial para administrar efectivamente los equipos que son parte de la empresa.

Alineados a esto, es clave que la gerencia o superintendencia de mantenimiento mina tome conciencia de que un plan de capacitaciones orientado a mejorar y optimizar el diagnóstico de las fallas de los equipos, así como el entendimiento de los estándares de reparación permitirá tener tiempos de reparaciones menores y efectivas en el sentido de que consideramos la calidad de la reparación como un valor agregado para el negocio que comprenden la parte operativa o de producción como la parte del cuidado de los equipos para lograr desempeños superiores a los actuales o de diseño.

La gerencia debe asumir el liderazgo y tomar conciencia de la importancia de las capacitaciones asignando para ello los recursos necesarios para cumplir con dicho plan de entrenamiento, principalmente en lo económico, lo que formará parte de un programa de actualización del personal con la finalidad de contar con técnicos que tengan niveles superiores de competencias.

Es común encontrar en muchas empresas de mediano rubro adoptar una filosofía de “El trabajador debe conocerlo todo y no necesita capacitación, para eso se le paga”, esto es grave para la organización debido a que la ciencia, tecnología y métodos de trabajo se van modernizando y actualizando y el trabajador tiene la necesidad de estar entrenado para ejecutar con eficiencia y efectividad las tareas que se le encomienda.

Un programa de capacitación efectivo para el área de mantenimiento debe comprender dos objetivos: Las orientadas a la parte técnica y las orientadas a la gestión y administración de los equipos.

La parte técnica es importante desde el punto de vista de contar con reparaciones de calidad, siendo esto medido mediante el indicador señalado anteriormente como FSAPM o la primera parada después de los mantenimientos preventivos para ello es clave seguir con las mejores prácticas sugeridas por el fabricante, el representante de la marca, el área de confiabilidad y de monitoreo de condiciones y también las sugeridas por profesionales de otros sectores similares a nuestro proceso.

El otro componente es interiorizar los cursos que están orientados hacia la gestión de los equipos, los cuales tienen la función principal de tener en cuenta que cada uno de los equipos representa una unidad de producción formando parte importante de todo el proceso de producción de la empresa, siendo fundamental para ello el seguimiento mediante los principales indicadores de la gestión de mantenimiento.

Por ello se plantea la siguiente estructura de los cursos para el personal técnico mecánico:

Las orientadas hacia la parte técnica deben incluir lo siguiente:

- a. Operación y mantenimiento de los camiones CAT 793C.
- b. Diagnóstico y solución de problemas de fallas comunes
- c. Uso de herramientas y equipos para el diagnóstico de fallas.
- d. Interpretación de unidades de medida y conversión de unidades.
- e. Plan de control de contaminación externa e interna de los aceites.
- f. Selección apropiada de lubricantes y grasas para los equipos

Las orientadas hacia la parte gestión debe incluir lo siguiente:

- a. Análisis de modos de falla y efectos AMFE críticos de los equipos.
- b. Conceptos básicos de la gestión del mantenimiento y su impacto dentro del proceso de producción.
- c. Interpretación de los indicadores claves de gestión como: MTTR y disponibilidad operativa.
- d. Metodologías comunes implementadas dentro de la gestión del mantenimiento como TPM, RCM, Six-Sigma

Todo lo descrito en la parte superior deberá estar plasmado en un sólido programa de capacitaciones que permitirá su ejecución de manera ordenada considerando a todas las personas que necesitan el plan de capacitaciones propuestos, para ello se propone formalizar el programa de capacitaciones para el personal. En ella se deberá ordenar de manera sistematizada todas las capacitaciones que deberían tener el personal técnico mecánico.

Una de las preguntas comunes que nos hacemos cuando desarrollamos un programa de capacitaciones que “¿y ahora quien se hará cargo del desarrollo de las capacitaciones?”.

Como propuesta y analizando la estructura organizativa del área de mantenimiento, consideramos que los más idóneos vienen a ser tanto los supervisores de línea y el personal de confiabilidad y monitoreo de condiciones, esto debido a que cuentan con la suficiente experiencia y manejo de información relacionada hacia los modos de falla más comunes y pueden aportar con casos reales para darle mayor énfasis en el cuidado de los equipos.

Sin embargo, también debe optarse por personas que están dedicadas a desarrollar programas de capacitación, así como talleres para el trabajo colaborativo quienes dominan mejor estas competencias.

#### **4.3 Análisis de la viabilidad financiera de la propuesta de diseño de planificación y programación**

Como parte de la evaluación financiera procedemos a calcular el Costo Promedio Ponderado del Capital (WACC) con datos asumidos con la finalidad de poder realizar una comparación acerca de la rentabilidad mínima de que debemos obtener para considerar la propuesta de investigación como viable desde el punto de vista económico.

Para ello se aplicamos la siguiente fórmula del cálculo del WACC

$$WAAC = Kdt \times \left( \frac{D}{D+P} \right) + Ke \times \left( \frac{P}{D+P} \right) \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

*WAAC*: Costo promedio ponderado de capital

*Kdt*: Costo de la deuda después de impuestos

*Ke*: Costo del patrimonio

*D*: Valor o proporción de la deuda

*P*: Valor o proporción del patrimonio

Se consideraron los siguientes valores:

Monto total de Inversión = \$ 200 000.00

De los cuales, el 50% fue cubierto con capital de la empresa y el restante 50% mediante apalancamiento financiero, en base a ello se determinan los valores de D y P

D = \$ 100 000.00

P = \$ 100 000.00

Se estimaron también los factores del costo de la deuda y del patrimonio en base a estimaciones del área de costos de la empresa minera

$K_{dt} = 10\%$

$K_e = 18\%$

Realizando el cálculo utilizando la ecuación EC.1

WAAC =

$$0.10 \times (100\,000 / (100\,000 + 100\,000)) + 0.18 \times (100\,000 / (100\,000 + 100\,000))$$

→ WAAC=14%

Esta tasa WACC calculado en 14% será un valor referencial que deberá ser considerado para poder compararlo con los resultados del VAN y el TIR.

De acuerdo al flujo de efectivo anual durante los 5 años de evaluación de la inversión, se obtuvieron los resultados del VAN = \$ 297 401.00 y TIR = 85%, el detalle del cálculo es mostrado en la Tabla 9, lo que demuestra que la rentabilidad real del proyecto es mayor al esperado, además considerando la tasa del WACC para el cálculo del VAN obtenemos un valor presente neto



mayor a cero. Estos parámetros nos indican que el proyecto es viable desde el punto de vista económico.

Tabla 8: Flujo de caja de la propuesta de diseño de la planificación y programación

Concepto	2019	2020	2021	2022	2023
Inversión & Mejoras anuales	\$ -200,000	\$ -15,000	\$ -15,000	\$ -15,000	\$ -15,000
Incremento de la Mantenibilidad		\$ 200,000	\$ 200,000	\$ 200,000	\$ 200,000
<b>Flujo Anual</b>	<b>\$ -200,000</b>	<b>\$ 185,000</b>	<b>\$ 185,000</b>	<b>\$ 185,000</b>	<b>\$ 185,000</b>

Parámetro	Valor
WACC	14%
TIR	85%
VAN	\$ 297,401

## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

Como parte de del presente estudio de investigación cuyo objetivo principal es el de diseñar el proceso de planificación y programación con la finalidad de incrementar la mantenibilidad reduciendo los tiempos promedios de reparación en cada ingreso por mantenimiento programado, lo que está directamente relacionado con el incremento de la disponibilidad operativa y por consiguiente mayor cantidad de horas operativas para que los equipos sean capaces de transportar mayor cantidad de material para el proceso de producción, se ha analizado el desempeño de la situación actual del todo del proceso de planificación y programación determinando de esta manera el porcentaje de la mantenibilidad de la flota de camiones CAT 793C para posteriormente plantear estrategias que mejoren e incrementen este valor tal como lo menciona Boero, (2009) donde plantea mejoras sustanciales en los procesos de reparación cuando se implementan acciones específicas en la gestión de los equipos.

En la primera parte del análisis se ha realizado el cálculo de los tiempos promedios de reparación de manera mensual con la finalidad de establecer el punto de referencia para poder ser considerado como el tiempo restrictivo para el cálculo de la mantenibilidad (Campbell & Reyes, 2006). El desempeño mensual de este valor se ha mantenido uniforme durante el periodo de evaluación con ligeras variaciones sin mostrar tendencia alguna que indiquen que el proceso podría estar fuera de control estadístico, de esta manera nos aseguramos que la selección de las muestras, así como la depuración de los valores ha sido realizado correctamente tal como lo sugiere O'Connor & Kleyner en el (2012) mostrando además que las variaciones significativas de los valores tienen causas debido procesos que no están estables. De acuerdo a este resultado los cuales fueron mostrados en la Figura 9, se establece que los tiempos promedios de reparación durante el año 2017 se encuentran entre 26.27 horas/reparación y 37.45 Horas/reparación, teniendo un promedio anual de 31.22 horas/reparación; esto significa que cada vez que un equipo ingresa por mantenimiento programado, el personal de mantenimiento demora 31.22 horas en poder dar operativo el equipo.

Este tiempo incluye todas las actividades propias del mantenimiento como son: El lavado del equipo, las pruebas de rendimiento previas al mantenimiento programado, el desarrollo propio de las tareas programadas, la búsqueda de

información en el sistema para realizar diagnósticos en función al tipo de falla presente, los relevos entre las guardias con la finalidad de efectivizar los trabajos evitando los re-trabajos y el ingreso de la información completa al sistema ERP-SAP y su posterior cierre lo que certifica que los trabajos fueron realizados adecuadamente el cual podrá ser revisado por todas las demás áreas funcionales de la empresa quienes podrán consolidar otros datos importantes como son: El tiempo real de la tarea, el costo final de la actividad, el modo de falla predominante, la cantidad de personas necesarias y si fueron necesarios la incorporación de empresas terceras especializadas en estos trabajos de mantenimiento.

Sin embargo, contar solamente con este tipo de información de los tiempos promedios de reparación no es suficiente para poder realizar estimaciones y/o pronósticos del desempeño del área de ejecución de mantenimiento, sino que podemos realizar el cálculo de la mantenibilidad, el cual viene a ser la probabilidad de ejecutar las tareas de mantenimiento dentro de los tiempos restrictivos establecidos por el área de mantenimiento tal como lo manifiesta O'Connor & Kleyner en el (2012); en este caso como no se realiza mediciones de este tipo, el tiempo restrictivo considerado fue el mismo que los tiempos promedios de reparación anual de 31.22 horas.

En función a ello se realizó la estimación de la mantenibilidad de la flota de camiones CAT 793C obteniendo como resultado una mantenibilidad de 0.6604 o 66.94%, lo que significa que para poder realizar el trabajo de reparación de actividades programadas dentro de las 31.22 horas, se tiene una probabilidad del 66.04%, es decir que existe un 33.96% de realizar los trabajos de mantenimiento programado por encima de las 31.22 horas.

Este resultado nos da una indicación referencial de qué tan bien y consolidado se encuentra el área de mantenimiento mina y de las oportunidades de mejora que serán necesarios implementar para mantener y/o mejorar este nivel de desempeño.

Como parte del estudio de las probabilidades para el cálculo de la mantenibilidad es oportuno considerar el tipo de distribución que mejor modela los cálculos efectuados, al considerar solamente los tiempos promedios de reparación (MTTR) como referencia para realizar estimaciones y tomar decisiones posteriores estaríamos asumiendo el tipo de distribución "Normal" lo que es sería un error de análisis. Para ello fue necesario realizar la identificación del tipo de distribución mediante el análisis estadístico sustentado esto con el valor "P" el cual debe estar

por encima del 0.05 con el cual definimos que el tipo de distribución que mejor modela los datos es el de la distribución exponencial de dos parámetros cuyos parámetros son de: Escala = 19.61241 horas y un Valor Umbral de 10.036 horas. Con estos valores podemos concluir que, bajo las condiciones de análisis realizadas, no hay posibilidad de que ninguno de los mantenimientos programados puedan ser realizados antes de las 10.036 horas y que dado estas condiciones podemos ser capaces de estimar el nivel de mantenibilidad deseado lo que nos permitirá realizar mejoras dentro del proceso actual el área de mantenimiento.

Uno de los factores para complementar el análisis de la mantenibilidad y poder diagnosticar el proceso recae sobre el cálculo de los backlogs, que viene a ser la cantidad de días que serán necesarios para realizar todas las tareas de mantenimiento que están registradas en el sistema SAP por ello Arata & Funaletto, en el (2005) proponen que este indicador debe ser medido con periodicidad para identificar problemas actuales, de acuerdo a ello la figura 12 muestra el desempeño de los meses durante el 2017 donde los primeros meses se mantuvo constante sin mayores variaciones, lo que quiere decir que la programación de las tareas y el ingreso programado de los equipos por mantenimiento programado así como el flujo de generación de las órdenes de trabajo realizado por los inspectores fue realizado de manera sincronizada, sin embargo a partir de los últimos meses del año el nivel del backlog crece lo que significa que se estuvieron acumulando las tareas de mantenimiento o que fueron de resolución más compleja, actividades que no pueden ser realizadas por la cantidad de personal disponible, por lo que la estrategia implementada fue el de contratar o tercerizar los trabajos de mantenimiento con la finalidad de mantener los niveles de backlog del área de mantenimiento. De esta manera este indicador nos muestra el nivel de gestión en el que se encuentra el proceso, sin embargo, uno de los problemas que se tiene es el de no contar con un nivel estandarizado de valor del backlog sobre el que se pueda referenciar, como referencia se ha definido este valor en un +/- 20% del promedio anual, sin embargo estos valores podrían ser establecidos por la gerencia para que el proceso se pueda comparar por este estándar (Felipe, 2017).

Con respecto a la cantidad de órdenes de trabajo generadas durante el año 2017, se puede apreciar que mantiene un comportamiento uniforme, lo que significa que el personal de inspecciones y el de monitoreo de condiciones se encuentra identificando fallas potenciales que eviten el deterioro de los equipos.

El nivel de cumplimiento de las órdenes de trabajo depende de las competencias del personal de ejecución, para ello fue necesario identificar cómo está compuesto cada guardia de trabajo, así como el nivel de los técnicos de mantenimiento de acuerdo a Amendola, en el (2010). Los niveles actuales en los que la empresa categoriza a su personal están divididos en cuatro grupos los que son identificados como Mantenedores de Equipo Pesado I-II-III y IV, siendo estos últimos los que cuentan con la suficiente experiencia teórica y práctica para ejecutar trabajos con calidad, dentro de los tiempos establecidos aplicando para ello los métodos y procedimiento de trabajo sugeridos por los fabricantes y/o representantes de la marca, se encuentran además motivados en búsqueda de información constante acerca de cómo realizar los trabajos.

Como parte de este análisis se pudo identificar que el 49% del personal tiene un nivel II de competencias teóricos y prácticos, así como solamente un 19% cuenta con un nivel IV, siendo estos últimos lo de mayor experiencia teórico-práctico. Se aprecia además que el 9% del personal se encuentra en el nivel de ayudante lo que en términos generales nos estaría indicando que el desarrollo del personal cuenta con un programa de certificación de las competencias del personal para mejorar el desempeño del área de mantenimiento.

En cuanto a la distribución del personal por guardias de trabajo, se aprecia que los técnicos de las guardias "A" y "B" tienen menor nivel de competencias por lo que los tiempos empleados de ejecución de las tareas programadas deben ser mayores en comparación de las guardias "C" y "D". Este factor puede ser mejorado al implementar mecanismos de certificación del personal para mejorar sus habilidades prácticas y reforzar los conocimientos teóricos.

Otro de los factores claves para poder entender los valores de la mantenibilidad recae sobre los niveles de prioridad que se le asignan a cada una de las órdenes de trabajo, así como la duración estimada de las reparaciones que son colocadas por los inspectores del área. Así como Arata & Funaletto en el (2005) proponen que la mantenibilidad debe ser evaluado de forma integral y no por partes, en base a ello el planificador realiza la planificación de la parada integral del equipo.

De acuerdo a ello, se aprecia que un 52.54% de los trabajos pendientes en el sistema se encuentran en el nivel 3 o de “Próxima Programación” es decir que pueden ser ejecutados hasta dentro de los 40 días luego de haber sido identificadas la falla potencial y un 40.2% se encuentra en el nivel 2 o “Programa Parada”, los cuales pueden ser realizado hasta dentro de los 20 días. En función a ello podemos determinar que no existen mayores variaciones en cuanto a la determinación de estos dos niveles de prioridad de los trabajos por lo que los inspectores están realizando una correcta asignación de prioridad.

Finalmente, como parte del análisis de la mantenibilidad y su impacto con la disponibilidad operativa se confirmó que existe una relación indirecta al considerar los valores de desempeño actuales, esto de acuerdo a O'Connor & Kleyner en el (2012); donde para obtener mayor mantenibilidad será necesario realizar los mantenimiento en el mayor tiempo posible, sin embargo el objetivo debería ser el de mejorar los tiempos promedios de reparación y definir como objetivo el tiempo restrictivo de ejecución de mantenimiento para poder compararnos correctamente.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados se concluye los siguientes:

1. El diseño del proceso de planificación y programación que tiene la finalidad de incrementar la mantenibilidad de la flota de camiones y por ende su disponibilidad operativa se centra en tres factores claves que son el resultado de la evaluación del proceso integral de las actividades de mantenimiento programado como la implementación de un sistema de integración computarizado que permita realizar el seguimiento estricto de las actividades de ejecución del mantenimiento programado además la introducción de indicadores de gestión del mantenimiento programado con la finalidad de alertar cuando el proceso se encuentre fuera de control para tomar las acciones correctivas necesarias, así como también un plan de capacitaciones del personal de ejecución para aumentar sus competencias, orientados hacia la reducción de los tiempos de diagnóstico y la ejecución de trabajos de calidad.

2. Como parte del análisis de la situación actual del proceso integral de mantenimiento se identificó que los tiempos promedios de reparación para las paradas programadas de la flota de camiones CAT 793C es de 31.22 Horas/reparación y no muestra mayores variaciones durante los meses del año 2017 lo que indica que el proceso se encuentra estable y bajo control. La mantenibilidad del área de mantenimiento para realizar reparaciones del tipo de mantenimiento programado es de 66.04% considerando un tiempo restrictivo para ejecutar las tareas de 31.22 horas. El nivel de backlog se encuentra en el promedio de los 87.1 días, tiempo en el que se podrán realizar todas las órdenes de trabajo disponibles en el sistema SAP.

La distribución estadística que mejor modela los datos de los tiempos promedios de reparación es la Exponencial de dos parámetros con un valor P de 0.01, lo que justifica las inferencias que pudieran realizarse desde el punto de vista estadístico.

En cuanto a la relación de la mantenibilidad con la disponibilidad operativa, se determina que bajo las condiciones actuales de los tiempos promedios de reparación existiría una relación inversa para lograr mayor disponibilidad, esto quiere decir que un valor bajo en mantenibilidad permitiría una mayor disponibilidad operativa de los equipos. La relación viene dada por:

$$\text{Disponibilidad Operativa} = 1.379 - (0.8070) * \text{Mantenibilidad}$$

3. Para plantear las mejoras dentro del proceso de planificación y programación se realizó el análisis de Pareto donde se identificaron cuatro factores que afectan la ejecución de los trabajos de mantenimiento como son: La estimación de los tiempos de ejecución de los trabajos, el proceso de cierre de las órdenes de trabajo, los mecanismos de comunicación entre las diferentes áreas de mantenimiento y la falta de indicadores de gestión del proceso de reparación. Planteando alternativas de mejora para estos problemas se podría atacar cerca del 50% de los problemas del proceso de reparación, para lo cual se propone la implementación de una carta Gantt electrónica o e-gantt mediante el cual se podrá integrar y optimizar varias de las deficiencias encontradas mediante el análisis de Pareto descritas en la sección anterior tales como: El seguimiento de avance de las tareas, el cierre de las órdenes de trabajo en línea, la identificación oportuna de las desviaciones con respecto a lo planificado y la comunicación efectiva entre las diferentes áreas operativas mediante los indicadores de mantenimiento para el seguimiento y control respectivo. Para ello como parte del proceso de gestión mediante indicadores se plantean de tres tipos principalmente (1) Los de Calidad de las reparaciones, mediante el cálculo de la primera parada después del mantenimiento; (2) Los de Control de efectividad del mantenimiento, mediante el cálculo de los tiempos promedios de reparación (MTTR) y la mantenibilidad y (3) Los enfocados a la producción, mediante el cálculo de la entregabilidad entre los equipos de carguío y acarreo.
4. Desde el punto de vista financiero, se demuestra que el proyecto es viable al obtener un VAN de \$ 297 401 y un TIR de 85% comparado con el costo promedio ponderado del capital (WACC) de 14% dentro de un periodo de evaluación de 5 años de vida útil de la empresa minera, lo que permite al proyecto ser rentable con los beneficios adicionales del aumento de la disponibilidad operativa y la reducción de fallas tempranas luego del mantenimiento programado.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el área de mantenimiento mina adopte el cálculo de la mantenibilidad como parte de la gestión de la flota de camiones CAT 793C y otros equipos en general que administran mediante un mecanismo de registro de datos y actualización continua de los tiempos de reparación tanto para los mantenimientos de tipo programado como para los mantenimientos de tipo correctivo o no programado.
- El área de recursos humanos tiene que realizar la programación de un plan de capacitaciones para el personal técnico que considere, además del levantamiento de las habilidades teórico – práctico para la ejecución propiamente dicha de las reparaciones, el levantamiento de las habilidades de gestión de los equipos con la finalidad de que los esfuerzos estén alineados a los objetivos organizacionales de la empresa.
- El área de planeamiento y estrategia debe fomentar y divulgar un plan de comunicaciones entre las diferentes áreas de mantenimiento incluyendo al área de operaciones mina con la finalidad de que se cuente con la información oportuna para tomar medidas correctivas cuando se identifique una desviación considerable entre los tiempos planificados de la parada y los tiempos reales.
- El área de ejecución de mantenimiento debe considerar el análisis de las facilidades para realizar las reparaciones de los mantenimientos programados tales como la disponibilidad de los repuestos para la reparación, la condición de los equipos y herramientas de diagnóstico, así como las facilidades dentro de las instalaciones del taller.
- La gerencia y superintendencia de mantenimiento debe procurar que la aplicación del sistema de control electrónico e-gantt sea capaz de integrarse con el sistema SAP y el sistema Jigsaw, con la finalidad de obtener la mayor cantidad de reportes e indicadores que permitan gestionar adecuadamente los equipos mediante la identificación de las causas que generan los tiempos elevados de reparación, así como los modos de falla más comunes de la flota de camiones CAT793C.

## REFERENCIAS

- Amendola, L. (2010). *Casos de Negocios en la Gestión Integral de Activos*. España: PMM Institute for learning.
- Arata, A., & Funaletto, L. (2005). *Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento*. Santiago de Chile: RIL Editores.
- Boero, C. (2009). *Mantenimiento industrial*. Argentina: Jorge Sarmiento Editor.
- Campbell, J., & Reyes, P. (2006). *Up Time: Strategies for excellence in maintenance management*. New York: Productivity Press.
- Caterpillar INC. (2005). *Performance Metrics for Mobile Mining Equipment*. USA: Caterpillar.
- Colmenares, D. (30 de junio de 2018). *Monografías Plus*. Obtenido de Averías y Fallas: <https://www.monografias.com/docs/Averias-y-fallas-FKBGUTFJDU2Z>
- Felipe, L. (18 de Octubre de 2017). *Confiabilidad Integral del Activo*. Obtenido de Confiabilidad Integral del Activo: <https://goo.gl/3E7hvp>
- Garcés, M. (2011). *Optimización del Mantenimiento Preventivo en función del costo en la empresa Bioalimentar CIA LTDA*. Ecuador: Tesis de Grado sin publicar, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- García, E. (2017). *Gestión del Mantenimiento para la Operatividad de la Maquinaria de Movimiento de Tierras ICCGSA*. Huancayo: Tesis de grado para Ingeniero Mecánico.
- García, G. (2013). *Ingeniería de Mantenimiento, manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial*. España: Renovotec.
- García, O. (2012). *Gestión moderna del mantenimiento industrial*. Colombia: Ediciones de la U.
- García, O. (29 de junio de 2018). *Reliabilityweb.com*. Obtenido de La Cultura de la Confiabilidad Operacional: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/la-cultura-de-la-confiabilidad-operacional>
- huaman, g. (2016). *plan de confiabilidad*. lima: upn.
- INEI. (2006). *Glosario Básico de Términos Estadísticos*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Instituto de Ingenieros del Perú. (20 de Mayo de 2013). *Convención Minera del Perú*. Obtenido de Convención Minera del Perú:

<https://www.convencionminera.com/perumin31/es/prensa/noticias-del-sector/364-precio-de-plata-y-oro-se-acerca-a-coste-de-producci%C3%B3n-por-onza>

- Integra Markets. (2018). *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial*. Argentina: IntegraMarkets Escuela de Gestión Empresarial.
- Martinez, A. (2012). *Propuesta de una Gestión de Mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa de servicio de alquiler*. Lima: Tesis de grado para Ingeniero Industrial.
- Molina, S. (2010). *Diagnóstico y Valoración de la Gestión del Mantnimiento de la Terminal de Productos Limpios El Beaterio - Petrocomercial*. Valencia: Tesis para obtener Maestría en Ingeniería de Mantenimiento.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. North Carolina: Edwards Brothers.
- O'Connor, P., & Kleyner, A. (2012). *Practical Reliability Engineering* (Quinta ed.). Gran Bretaña: Wiley.
- Oyanadel, J. (2013). *Mantenibilidad en Proyectos de Inversión*. Santiago de Chile: Tesis para obtener el grado de magíster.
- Pistarrelli, A. (2010). *Manual de Mantenimiento, Ingeniería, Gestión y Organización*. Buenos Aires: RyC.
- Reyes, D. (2009). *Plan de Mejoramiento de la Gestión de Mantenimiento de empresas Manufactureras de la industria petrolera*. Maracibo: Tesis para grado de Magister en Gerencia de Mantenimiento.
- Rivera, E. (2011). *Sistema de Gestión del Mantenimiento Industrial*. Lima: Tesis para grado de Ingeniero Industrial.
- Rodriguez, M. (2012). *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca*. Cajamarca: Tesis de grado sin publicar, Universidad Privada del Norte.
- SMRP. (2009). *Maintenance and Reliability Body of Knowledge - Best Practice Metrics*. Tennessee: SMRP.
- Uparela, J. (2013). *Medición Estratégica CMD en el sistema de Vapor de una Planta Química en el departamento del Atlántico*. Medellín: Tesis para Magíster en Ingeniería Industrial.

## ANEXOS

### Anexo 1: Instrumento de recolección de datos para el cálculo de la mantenibilidad

Fecha	Equipo	Name	Descripción de la Parada	Flota	Tipo de Par	Tiempo
01-Ene	HT105	Maint 75000	,GB,PM Total,Mantenimiento Preventivo,Blgs 2000 hras + Pre C	793C	Planificado	1.17
01-Ene	HT119	Maint 42000	,GE,Desgaste,Llanta,Cbio llantas 1,2 y 3	793C	Planificado	4.20
01-Ene	HT124	Maint 75000	,GE,PM Motor,Mantenimiento Preventivo,PM050 Cbio Aceite S	793C	Planificado	3.08
01-Ene	HT120	Maint 42501	,GR,Evento Electrico,Sensor de Temperatura de Frenos,Temp f	793C	Correctivo	1.50
01-Ene	HT109	Maint 99999	,GR,,Espejo LH trizado	793C	Correctivo	0.98
01-Ene	HT119	Maint 75000	,GE,PM Motor,Mantenimiento Preventivo,Cbio A/F blgs 2800 F	793C	Planificado	4.47
01-Ene	HT113	Maint 14501	,GR,Baja Presion,Sistema de Arranque,aire	793C	Correctivo	0.52
01-Ene	HT127	Maint 42001	,PM,Desgaste,Llanta,N° 05	793C	Correctivo	0.22
01-Ene	HT105	Maint 70501	314,GR,Roturas,Escaleras y Barandas,baranda rota	793C	Correctivo	1.55
01-Ene	HT119	Maint 70501	,GR,Roturas,Guardafangos ,abolladura	793C	Correctivo	2.03
01-Ene	HT129	Maint 75000	,GB,PM Total,Mantenimiento Preventivo,Bls 400 hras + CC RDD	793C	Planificado	23.98
01-Ene	HT125	Standby 999		793C	Correctivo	23.98
01-Ene	HT123	Standby 999		793C	Correctivo	23.98
01-Ene	HT110	Maint 75000	,PM,Inspeccion,Inspeccion PRE-PM,	793C	Planificado	0.02
02-Ene	HT126	Maint 72501	311,GR,Golpe Anormal,Tolva ,Golpe fuerte en la tolva en vacio	793C	Correctivo	1.60
02-Ene	HT113	Maint 14501	,PM,Baja Presion,Sistema de Arranque,Falta aire para el arran	793C	Correctivo	0.37
02-Ene	HT126	Maint 72501	,GR,Golpe Anormal,Tolva ,	793C	Correctivo	1.65
02-Ene	HT109	Maint 99999	,GR,,Espejo LH trizado	793C	Correctivo	0.32
02-Ene	HT126	Maint 72001	,GR,Golpe Anormal,Suspension o Gata Delantera,nivelar	793C	Correctivo	0.65
02-Ene	HT127	Maint 72001	,GR,Golpe Anormal,Suspension o Gata Delantera,suspensio	793C	Correctivo	2.55
02-Ene	HT126	Maint 72001	,GR,Golpe Anormal,Suspension o Gata Delantera,nivelacion	793C	Correctivo	0.95
02-Ene	HT128	Maint 10001	,GR,Baja Potencia,Motor,cc. val. watesgate	793C	Correctivo	0.03
02-Ene	HT128	Maint 10001	302,GR,Baja Potencia,Motor,cc. val. watesgate	793C	Correctivo	0.67
02-Ene	HT128	Maint 10001	,GR,Baja Potencia,Motor,cc. val. watesgate	793C	Correctivo	0.77
02-Ene	HT110	Maint 74001	,GR,Evento Electrico,Extintor de Fuego,alarma	793C	Correctivo	0.12
02-Ene	HT128	Maint 13501	,GR,Fuga,Radiador,x la tapa	793C	Correctivo	0.90
02-Ene	HT115	Maint 73001	,GR,No Acciona,Calefaccion y A/C,aire acondicionado	793C	Correctivo	0.35
02-Ene	HT109	Maint 75000	,GR,Inspeccion,Inspeccion PRE-PM,	793C	Planificado	0.78
02-Ene	HT105	Maint 75000	,GB,PM Total,Mantenimiento Preventivo,Blgs 2000 hras + Pre C	793C	Planificado	23.02
02-Ene	HT125	Standby 999		793C	Correctivo	23.98
02-Ene	HT123	Standby 999		793C	Correctivo	23.98
02-Ene	HT129	Maint 75000	,GB,PM Total,Mantenimiento Preventivo,Bls 400 hras + CC RDD	793C	Planificado	21.95
03-Ene	HT110	Maint 99999	,GR,,Espejo trizado LH	793C	Correctivo	1.52
03-Ene	HT115	Maint 14501	302,GR,No Acciona,Arrancador Neumatico,Cbio de arrancador	793C	Correctivo	1.82
03-Ene	HT115	Maint 14501	,PM,Baja Presion,Sistema de Arranque,	793C	Correctivo	0.78
03-Ene	HT121	Maint 75000	,GR,PM Total,Mantenimiento Preventivo,PM02 2400 hras	793C	Planificado	5.25
03-Ene	HT115	Maint 31011	,PM,Bajo Nivel,Convertidor de Torque,	793C	Correctivo	0.22
03-Ene	HT105	Maint 19001	,GR,Falla,Sist Control Electronico de Motor,Cbio de Modulo	793C	Correctivo	1.80
03-Ene	HT105	Maint 19001	309,GR,Falla,Sist Control Electronico de Motor,Facilidades para	793C	Correctivo	0.82
03-Ene	HT105	Maint 19001	302,GR,Falla,Sist Control Electronico de Motor,Cbio de modulo	793C	Correctivo	0.90
03-Ene	HT128	Maint 75000	,GB,PM Total,Mantenimiento Preventivo,	793C	Planificado	10.92
03-Ene	HT124	Maint 13501	,PM,Bajo Nivel,Sistema de Enfriamiento,	793C	Correctivo	0.17
03-Ene	HT128	Maint 42000	,GB,Desgaste,Llanta,N° 01.03 y 04	793C	Planificado	2.63
03-Ene	HT128	Maint 42000	306,GB,Desgaste,Llanta,N° 01, 02 y 03	793C	Planificado	1.32
03-Ene	HT128	Maint 42000	,GB,Desgaste,Llanta,N° 01, 03 y 04	793C	Planificado	1.50
03-Ene	HT128	Maint 75000	,GB,PM Total,Mantenimiento Preventivo,	793C	Planificado	0.18
03-Ene	HT113	Maint 42501	302,GR,No Acciona,Sistema de Freno,TCS	793C	Correctivo	0.55
03-Ene	HT113	Maint 42501	,GR,No Acciona,Sistema de Freno,TCS	793C	Correctivo	1.50
03-Ene	HT122	Maint 75000	,PM,Inspeccion,Inspeccion PRE-PM,	793C	Planificado	0.52
03-Ene	HT126	Maint 72501	,GR,Golpe Anormal,Tolva ,	793C	Correctivo	1.42
03-Ene	HT123	Standby 999		793C	Correctivo	23.98
03-Ene	HT125	Standby 999		793C	Correctivo	23.98
03-Ene	HT126	Maint 72501	311,GR,Golpe Anormal,Tolva ,Golpe fuerte en la tolva en vacio	793C	Correctivo	0.02
04-Ene	HT120	Maint 75000	,GE,PM Total,Mantenimiento Preventivo,	793C	Planificado	3.38

## Anexo 2: Instrumento de recolección de datos para el cálculo del backlog

# OT	Descripción de tarea	Prioridad	H-H	Tiem	Núme	H-M
11345874	Cambiar Secador de Aire	3-Próxima Programación	1.0	2.000	1	1.0
11345875	Inspección y Hermetizar Cabina de Operador	3-Próxima Programación	1.0	2.300	1	1.0
11345876	Inspeccionar y Reparar Calefacción y A/C	3-Próxima Programación	1.0	3.300	1	1.0
11345878	Cambiar Aceite y Filtro Motor (2000 Hrs)	3-Próxima Programación	3.0	3.500	1	3.0
11345878	Cambiar Aceite y Filtro Motor (2000 Hrs)	3-Próxima Programación	3.0	1.000	3	1.0
11345881	Evaluar Sistema Wastegate	3-Próxima Programación	1.0	1.000	1	1.0
11345882	Inspección CLIPS and CLAMPS	3-Próxima Programación	1.0	1.300	1	1.0
11345883	Inspección Final de Calidad	3-Próxima Programación	12.0	6.900	4	3.0
11345884	Muestreo de Rejilla de Transmisión	3-Próxima Programación	1.0	1.100	1	1.0
11345886	Cambiar Asiento Operador Cint. Seguridad	3-Próxima Programación	3.0	3.000	1	3.0
20905458	Cambio de filtro y aceite	2-Programar Parada	2.0	0.000	1	2.0
20905567	guardafango delantero LH roto	1-Parada Urgente	4.0	0.000	2	2.0
20905568	base de espejo LH rota	1-Parada Urgente	4.0	0.000	2	2.0
20905611	Cambiar # de identificación camión	2-Programar Parada	1.0	0.900	1	1.0
20905612	Regular inyect grasa pines rod control	2-Programar Parada	0.5	1.100	1	0.5
20905613	Cambiar sello tapa filtro de Tx	2-Programar Parada	1.0	1.100	1	1.0
20905614	Cambiar gasket de la pre lube	2-Programar Parada	1.5	1.600	1	1.5
20905615	Instalar pernos parante baranda RH	2-Programar Parada	1.5	1.200	1	1.5
20905619	Cambiar switch faros retroceso	2-Programar Parada	0.5	0.500	1	0.5
20905669	Lavar las cuatro suspensiones	2-Programar Parada	16.0	4.300	2	8.0
20905704	Cambiar faro alumbramiento motor LH	2-Programar Parada	1.0	0.900	1	1.0
11346740	Inspección Pre PM	3-Próxima Programación	1.0	0.000	1	1.0
20905727	Cambio de espejo LH	2-Programar Parada	1.0	0.000	1	1.0
20905728	Cambio de espejo RH	2-Programar Parada	1.0	0.000	1	1.0
20905887	fuga de coolant por tapa de radiado LH	1-Parada Urgente	2.0	0.000	1	2.0
20905889	Sistema de A/C no funciona	1-Parada Urgente	6.0	0.000	2	3.0
20905918	cambiar válvula wastegate	1-Parada Urgente	6.0	0.000	2	3.0
20906073	Cambiar protector silenciador arrancador	2-Programar Parada	0.5	0.900	1	0.5
20906075	Cambiar sello sensor del COS	2-Programar Parada	0.5	0.600	1	0.5
20906076	Cambiar sellos marco puerta cabina	2-Programar Parada	1.5	1.600	1	1.5
20906077	Cambiar cover puerta Lh	2-Programar Parada	1.5	1.300	1	1.5
20906079	Instalar seguro puerta delantera cabina	2-Programar Parada	0.5	0.500	1	0.5
20906100	nivelar suspensiones	1-Parada Urgente	4.0	0.000	2	2.0
20906104	fuga de gas por suspensiones delanteras	1-Parada Urgente	4.0	0.000	2	2.0
20906120	Calibración de pads tolva	2-Programar Parada	4.0	2.400	2	2.0
20906121	Sellar con silicona lado RH cabina	2-Programar Parada	1.0	1.000	1	1.0
20906122	Cambiar tapiz piso cabina	2-Programar Parada	1.5	1.600	1	1.5
20906123	Cambiar sello tapa balancines culata 5	2-Programar Parada	0.5	0.600	1	0.5
20906124	Cambiar manguera drenaje aceite dirección	2-Programar Parada	1.5	1.000	1	1.5
20906126	Evaluar medidor de tanque de combustible	2-Programar Parada	1.0	1.700	1	1.0
11347490	Inspección y Hermetizar Cabina de Operador	3-Próxima Programación	1.0	2.100	1	1.0
11347491	Inspeccionar y Reparar Calefacción y A/C	3-Próxima Programación	1.0	2.400	1	1.0
11347493	Mantenimiento Preventivo PM2 (2400 Hrs)	3-Próxima Programación	3.0	2.000	3	1.0
11347493	Mantenimiento Preventivo PM2 (2400 Hrs)	3-Próxima Programación	16.0	13.200	4	4.0
11347495	Inspeccionar y Reparar Sistema Autolubri	3-Próxima Programación	2.0	2.100	1	2.0
11347498	Inspeccionar Rotulas	3-Próxima Programación	4.0	2.100	2	2.0
11347499	Calibrar Thrust Pin	3-Próxima Programación	1.0	2.000	1	1.0
11347500	Inspección Final de Calidad	3-Próxima Programación	12.0	7.500	4	3.0
11347501	Inspección Radio de comunicaciones	3-Próxima Programación	2.0	1.700	1	2.0
11347504	Inspeccionar Cruceta Cardan de Bombas	3-Próxima Programación	1.0	0.000	1	1.0
11347966	Inspección Pre PM	3-Próxima Programación	1.0	0.000	1	1.0
11347967	Inspección Pre PM	3-Próxima Programación	1.0	0.000	1	1.0
20906315	cambio de bomba dirección	2-Programar Parada	2.0	12.400	0	3.0
20906495	SS extracción pernos base tubo escape	2-Programar Parada	2.0	0.000	2	1.0
20906496	SS soldeo oreja en tolva	2-Programar Parada	2.0	0.000	2	1.0
20906499	SS soldeo caja de baterías	2-Programar Parada	2.0	0.000	2	1.0
20906520	SS soldeo barandas de plataforma	2-Programar Parada	2.0	0.000	2	1.0
20906529	SS corte de aros	2-Programar Parada	22.0	0.000	2	11.0
20906531	SS extracción pernos aframe RH	2-Programar Parada	2.0	0.000	2	1.0
20906532	SS soldeo soportes filtros LH	2-Programar Parada	4.0	0.000	2	2.0
20906534	SS extracción pernos diferencial	2-Programar Parada	2.0	0.000	2	1.0
20906535	SS corte bocinas over size	2-Programar Parada	6.0	0.000	2	3.0

### Anexo 3: Instrumento de recolección de datos para la identificación de las desviaciones

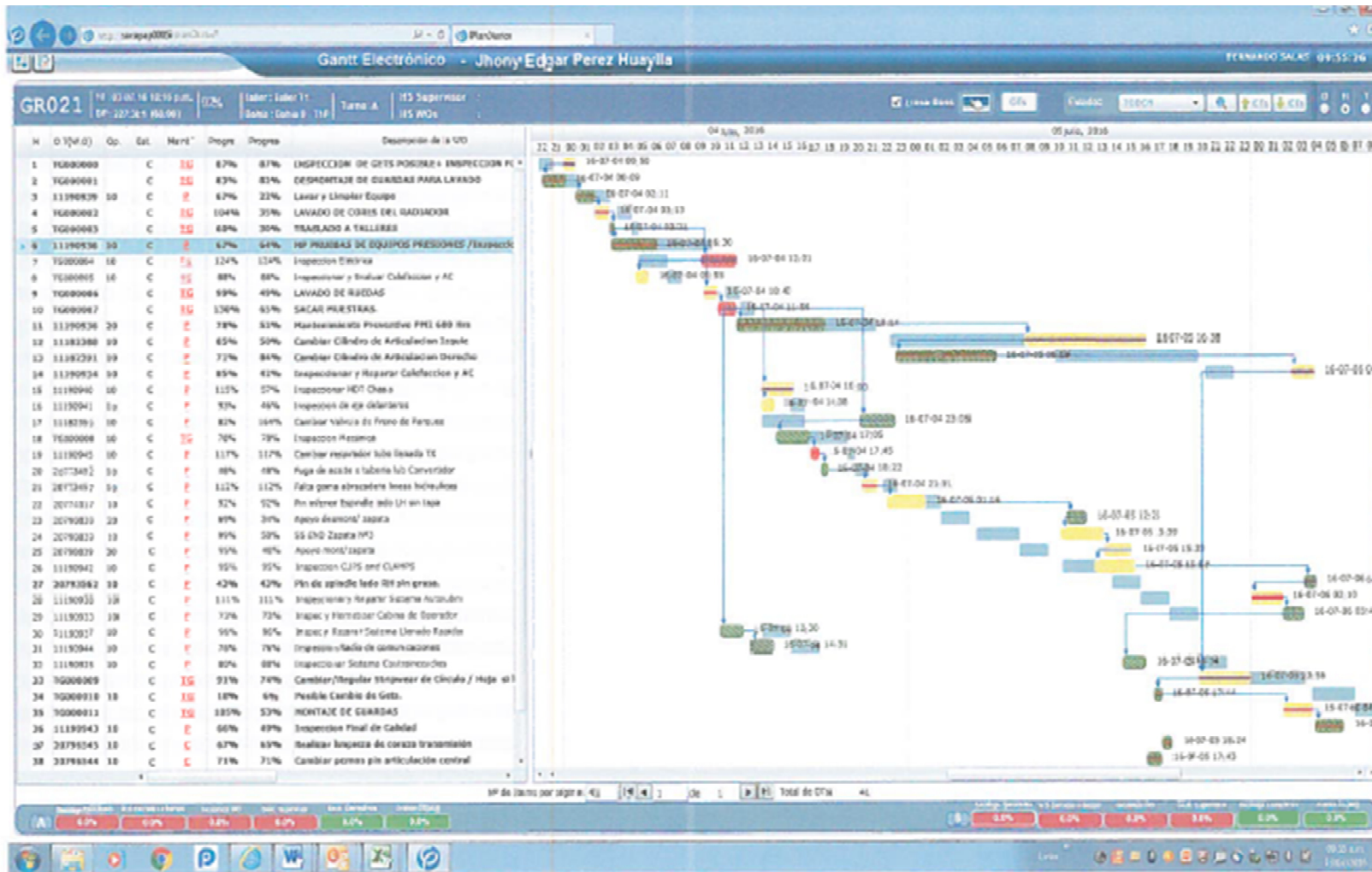
Flota	Equipo	Descripcion Work Order	Tipo de Demora	Demora
CAT793C	HT105	Cambiar seal lip PTO	Facilities Not Available	APOYO DE SOLDADURA PARA EXTRACCION DE YUGO
CAT793C	HT105	Instalar pernos de anclaje a step7e-662	Additional Work Done	Pedido de tuercas y pernos faltantes
CAT793C	HT105	Cambiar sello tubo enfriador freno poste	Manpower Not Available	DEMORA POR ESPERA A PERSONAL DE NDT PARA INSPECCION DE TUBERIA
CAT793C	HT107	Nivelar las cuatro suspensiones, estan g	Additional Work Done	SE REQUIERE LAVAR LAS SUSPENSIONES.
CAT793C	HT107	Lavar y Limpiar Equipo	Additional Work Done	tormenta electrica
CAT793C	HT107	Cambiar soporte izquierdo del enfriador	Additional Work Done	trabajo requiere programar 6 horas
CAT793C	HT107	Mantenimiento Preventivo PM4 3200 Hrs (CBIAR ACEITE SINTETICO MOTOR)	Additional Work Done	charla de seguridad y por falta de personal solo realizaron dos tecnicos mecanicos el PM
CAT793C	HT109	Mantenimiento Preventivo PM2 2400 Hrs	Additional Work Done	LIMPIEZA DE BAHIA Y CAMBIO DE GUARDIA
CAT793C	HT109	Realizar Limpieza de Grasa Encima Plate	Additional Work Done	SE REALIZO EL TRABAJO DE DESTAPAR EL TK LINCOL YA Q EL PLATO ESTABA CAIDO EL CUAL SE TUBO Q REALIZAR UNA LIMPIEZA ADECUADA Y LLEVO EL TIEMPO DE 2 HORAS.
CAT793C	HT109	Lavar y Limpiar Equipo	Additional Work Done	CARLOS CHACALTANA BAJA PRESION DE AGUA EN LAVADERO
CAT793C	HT109	Cambiar Aceite y Filtros Motor 400 Hrs	Additional Work Done	filtro de aceite no sale
CAT793C	HT109	Cambio seal lip polea del alternador	Additional Work Done	trabajo se realiza en tres horas
CAT793C	HT110	Cambiar Termostatos Motor	Additional Work Done	TRABAJO REALIZADO POR UNA SOLA PERSONA.
CAT793C	HT110	Cambiar Termostatos Motor	Facilities Not Available	CONSIDERARA 6 HORAS PARA REALIZAR ESTE TRABAJO, GUARDIA SALIENTE SOLO DESMONTO LA CAJA DE TERMOSTATOS, FALTO LA LIMPIEZA Y MONTAJE
CAT793C	HT110	Cambiar Seal Lip Polea Motriz Compresor	Parts Not Available	MAL PEDIDO DE REPUESTOS
CAT793C	HT110	Lavar y Limpiar Equipo	Weather Conditions	Tormenta electrica
CAT793C	HT110	WA PD CC Sellos Duocone Rueda LH	Weather Conditions	DEMORA POR TORMENTA ELECTRICA
CAT793C	HT110	Cambiar Secador de Aire	Additional Work Done	TRABAJO EN PARALELO ,DESMONTAJE DE RUEDA IZQUIERDA, POR FERREYROS.
CAT793C	HT113	Inspec y Reparar Sistema Llenado Rapido	Additional Work Done	ALMUERZO
CAT793C	HT113	Cambiar Rueda Delantera Derecha. INSTALAR RDD DEL HT108 CON 11.9K EN EXT T2	Additional Work Done	Parada de Seguridad
CAT793C	HT113	Cambiar Cilindro Suspension Delant Der	Equip Not Available/ No Access	demora por retrabajo de cambio de cilindro de suspension por fuga interna
CAT793C	HT114	Lavar y Limpiar Equipo	Additional Work Done	INGRESO AL TALLER DE LLANTAS PARA CAMBIO LLANTAS 3Y4 PERO NO HABIA LLANTAS EN STOCK , EN ESPERA DE LAVADERO POR EL HT 045.
CAT793C	HT114	Lavar y Limpiar Equipo	Additional Work Done	lavadero inoperativo se fue la luz
CAT793C	HT114	Cambiar gomas anclaje de capot delantero	Additional Work Done	por votaciones de comite paritario
CAT793C	HT114	Lavar y Limpiar Equipo	Additional Work Done	ESPERA DE LAVADERO OCUPADO PERFORADORA

#### Anexo 4: Registro del nivel de competencias del personal de ejecución

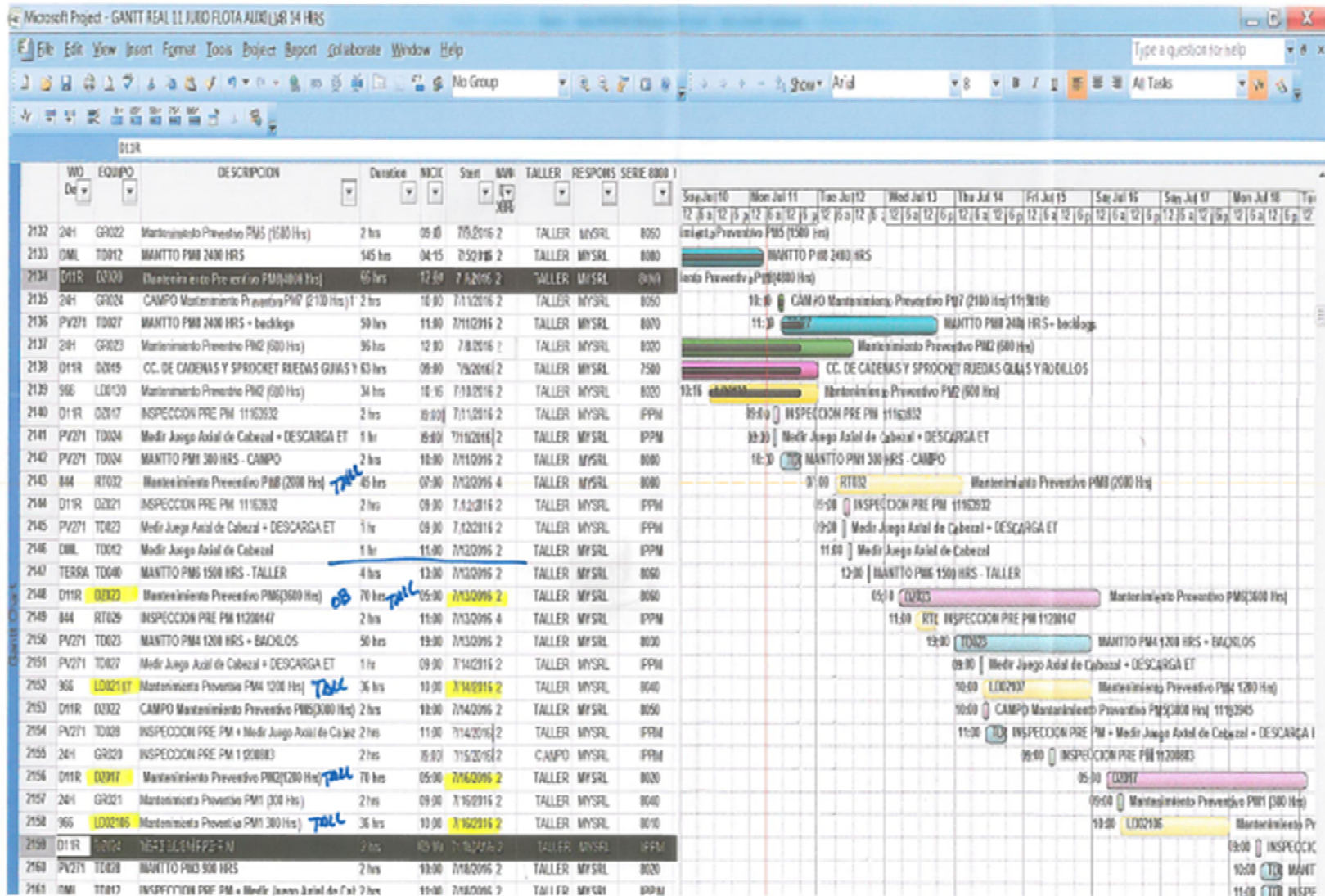
Position name	Pay grade	Area description	Guard	Nombre Colaborador
MANTENEDOR EQUIPO PESADO IV	7	MANTENIMIENTO MINA	A	VICTOR PERALTA ALVA
MANTENEDOR EQUIPO PESADO IV	7	MANTENIMIENTO MINA	A	HUGO VELASQUEZ PRADO
MANTENEDOR EQUIPO PESADO IV	7	MANTENIMIENTO MINA	A	VICTOR DEL ROSARIO ROJAS
MANTENEDOR EQUIPO PESADO III	6	MANTENIMIENTO MINA	A	WINSTON VELA RENGIFO
MANTENEDOR EQUIPO PESADO IV	7	MANTENIMIENTO MINA	A	JOSE VELASQUEZ MEDINA
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	A	LUIS ARCOS ALAYO
MANTENEDOR EQUIPO PESADO III	6	MANTENIMIENTO MINA	A	JOHAN DOMINGUEZ MONTOYA
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	A	ROBERTO SOSA ORTIZ
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	A	JOCTAN MURO ZUÑIGA
MANTENEDOR EQUIPO PESADO III	6	MANTENIMIENTO MINA	A	LUIS ARESTEGUI ROJAS
MANTENEDOR EQUIPO PESADO III	6	MANTENIMIENTO MINA	A	JUAN ROSALES TORRES
MANTENEDOR EQUIPO PESADO III	6	MANTENIMIENTO MINA	A	MIGUEL CAUTI VALLEJO
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	A	DIMITROV CARHUAPOMA CUEVA
MANTENEDOR EQUIPO PESADO I	4	MANTENIMIENTO MINA	A	ALEX DAZA ESPINOZA
MANTENEDOR EQUIPO PESADO I	4	MANTENIMIENTO MINA	A	JUAN CRUZ CAMPOS
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	A	JOSE CUEVA MORENO
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	A	VICTOR CHUQUIRUNA BARDALES
MANTENEDOR EQUIPO PESADO I	4	MANTENIMIENTO MINA	A	WILDER DIAZ CHACON
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	A	DANIEL MOSQUERA PAJARES
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	A	HUGO QUISPE ORTIZ
MANTENEDOR EQUIPO PESADO I	4	MANTENIMIENTO MINA	A	JORGE QUIROZ IZQUIERDO
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	A	RAFAEL MANRIQUE BARRETO
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	A	DAVID MAMANI HUANACUNE
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	A	HECTOR SOLIS ATOC
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	A	PERCY IDROGO VASQUEZ
MANTENEDOR EQUIPO PESADO I	4	MANTENIMIENTO MINA	A	JHIMY LOMBARDI VASQUEZ
MANTENEDOR EQUIPO PESADO IV	7	MANTENIMIENTO MINA	A	CASILDO CAHUANA CERQUIN
MANTENEDOR EQUIPO PESADO IV	7	MANTENIMIENTO MINA	A	JUAN RABANAL CABANILLAS
MANTENEDOR EQUIPO PESADO III	6	MANTENIMIENTO MINA	A	ALEJANDRO ROJAS TRIGOSO
MANTENEDOR EQUIPO PESADO IV	7	MANTENIMIENTO MINA	C	JOSE AULLA HUAYTA
MANTENEDOR EQUIPO PESADO IV	7	MANTENIMIENTO MINA	C	PEDRO FERNANDEZ LUNA
MANTENEDOR EQUIPO PESADO IV	7	MANTENIMIENTO MINA	C	GUIDO CORDOVA CUAYLA
MANTENEDOR EQUIPO PESADO III	6	MANTENIMIENTO MINA	C	SEGUNDO VILCA BARDALES
MANTENEDOR EQUIPO PESADO IV	7	MANTENIMIENTO MINA	C	MARCELINO PAREDES MAMANI
MANTENEDOR EQUIPO PESADO IV	7	MANTENIMIENTO MINA	C	JAIME ROMERO RONCAL
MANTENEDOR EQUIPO PESADO IV	7	MANTENIMIENTO MINA	C	CARLOS PALOMINO GALLARDO
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	C	CARLOS GIL AGUILAR
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	C	NASARIO BAZAN ESPINOZA
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	C	CESAR CHAVEZ TEJADA
MANTENEDOR EQUIPO PESADO II	5	MANTENIMIENTO MINA	C	EDWIN RUDAS OCAS



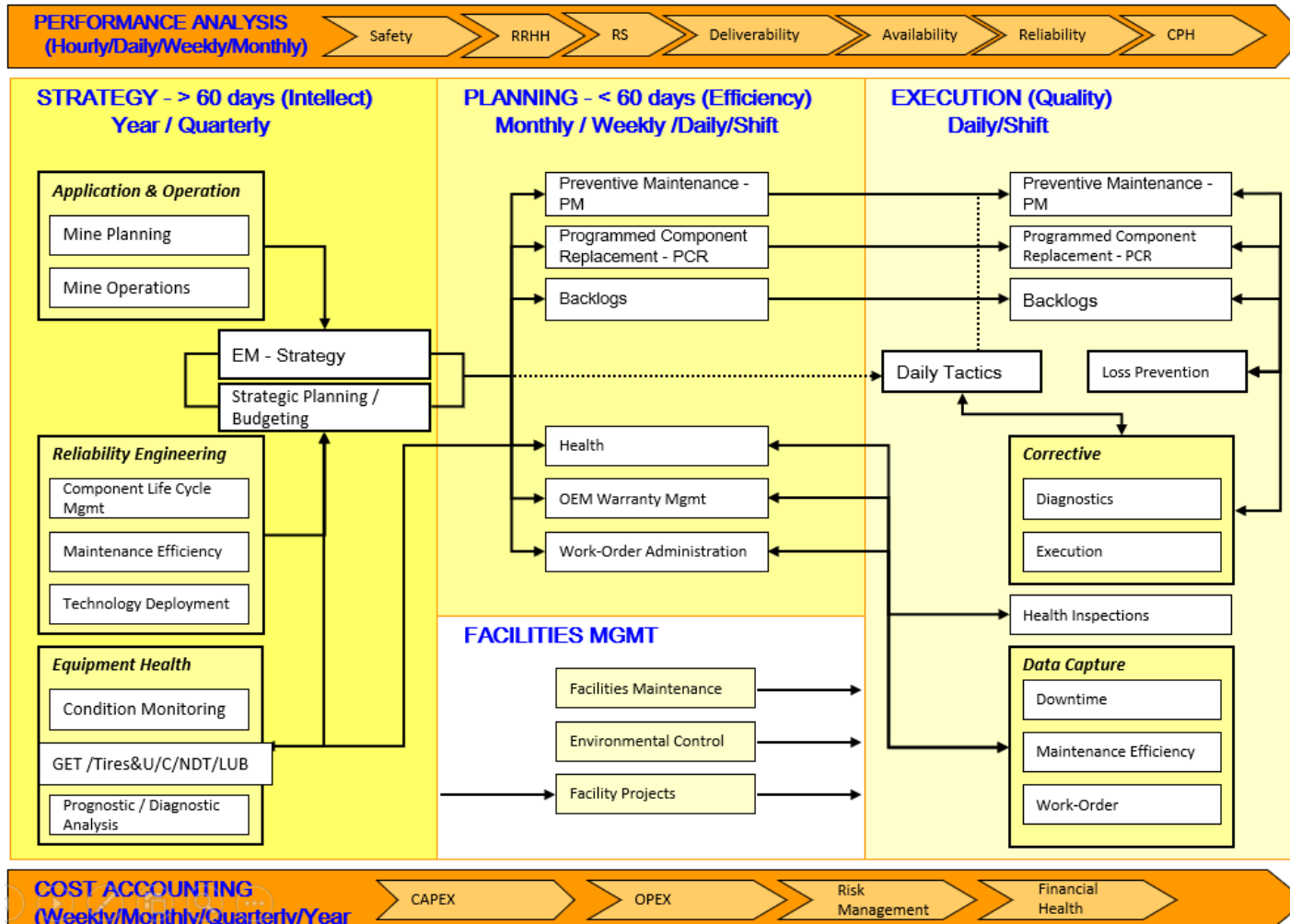
Anexo 5: Modelo de carta gantt para el seguimiento de las actividades de mantenimiento



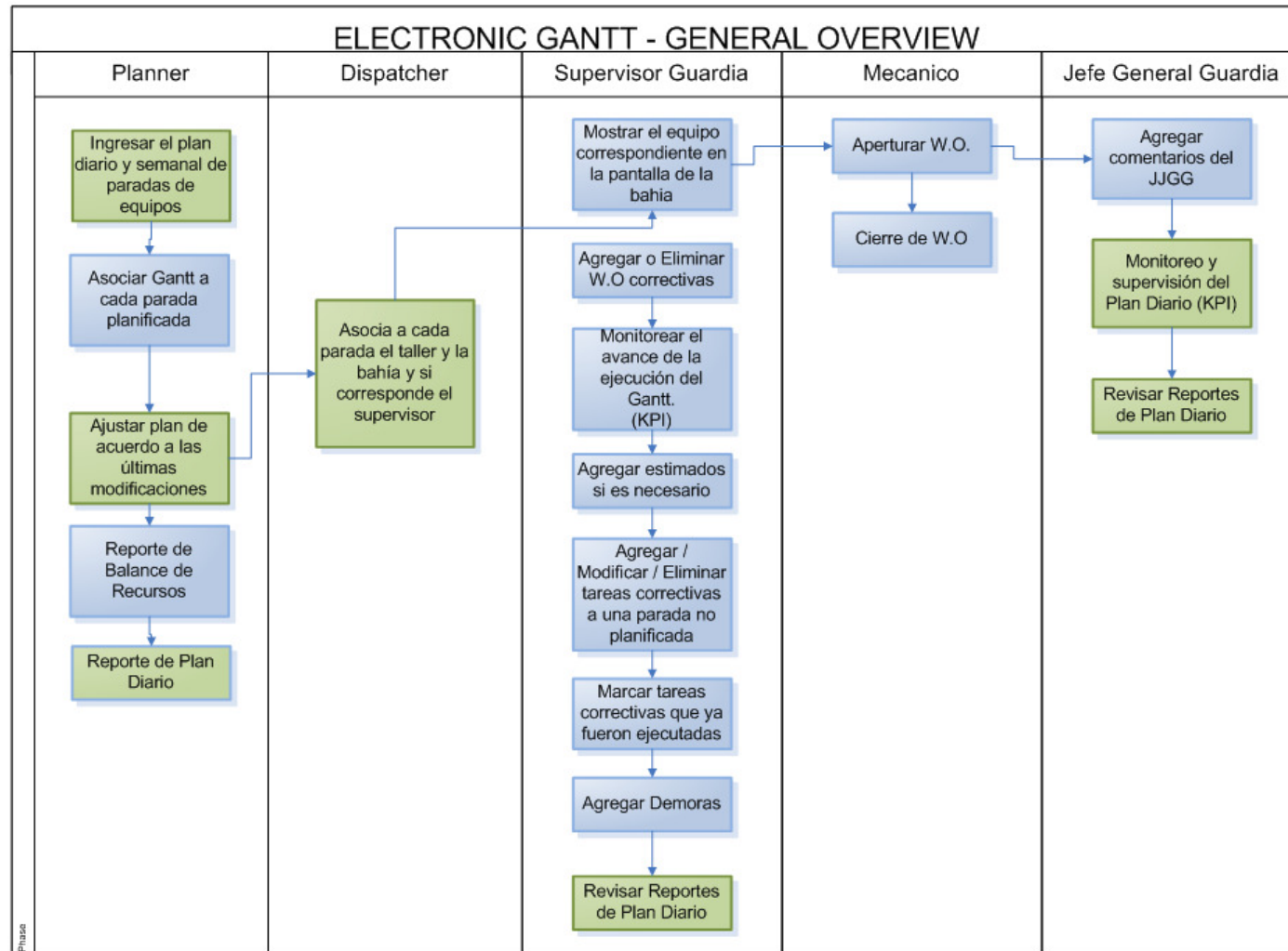




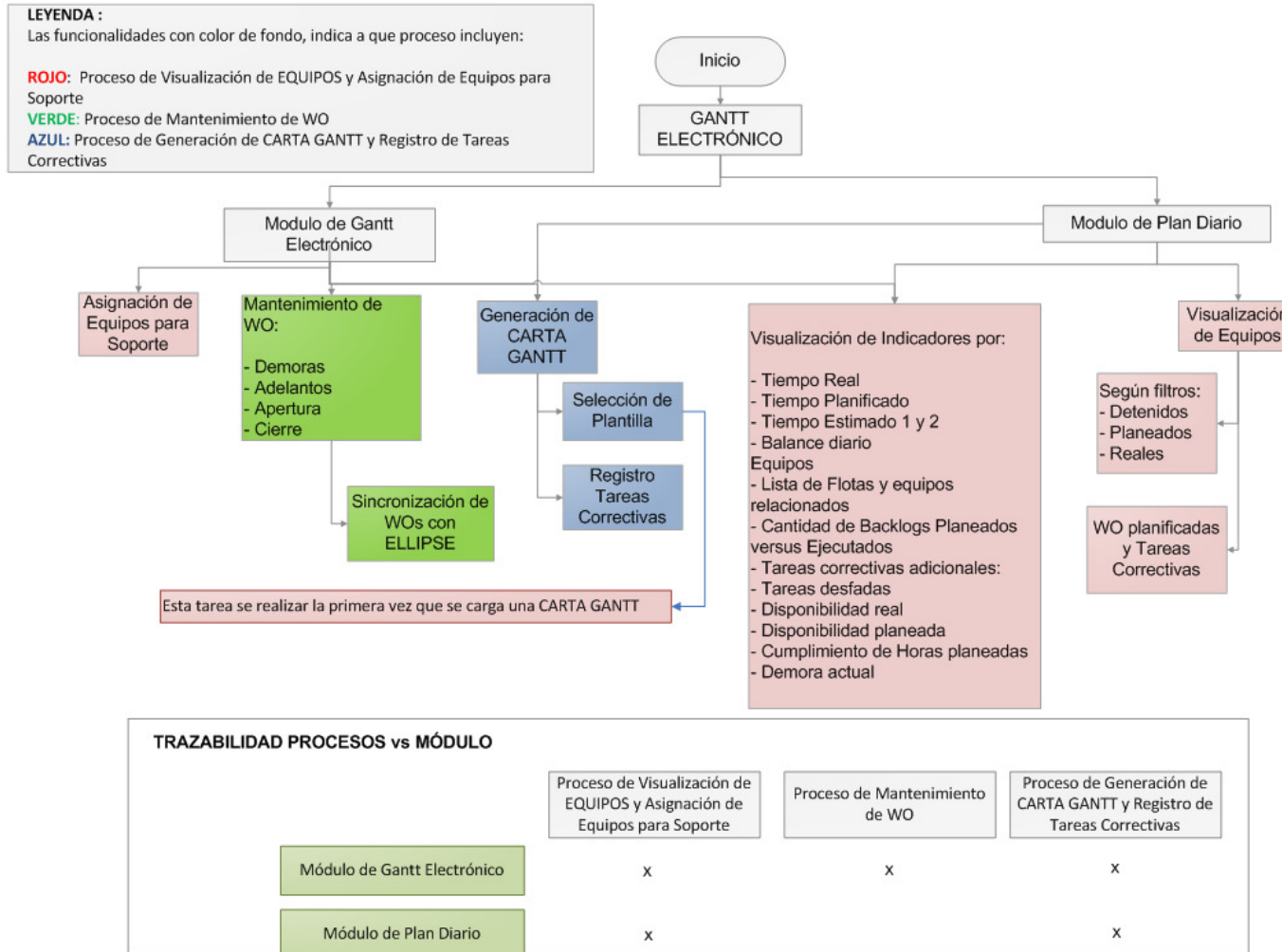
**Anexo 6: Modelo de Integración de las diferentes áreas de mantenimiento mina**

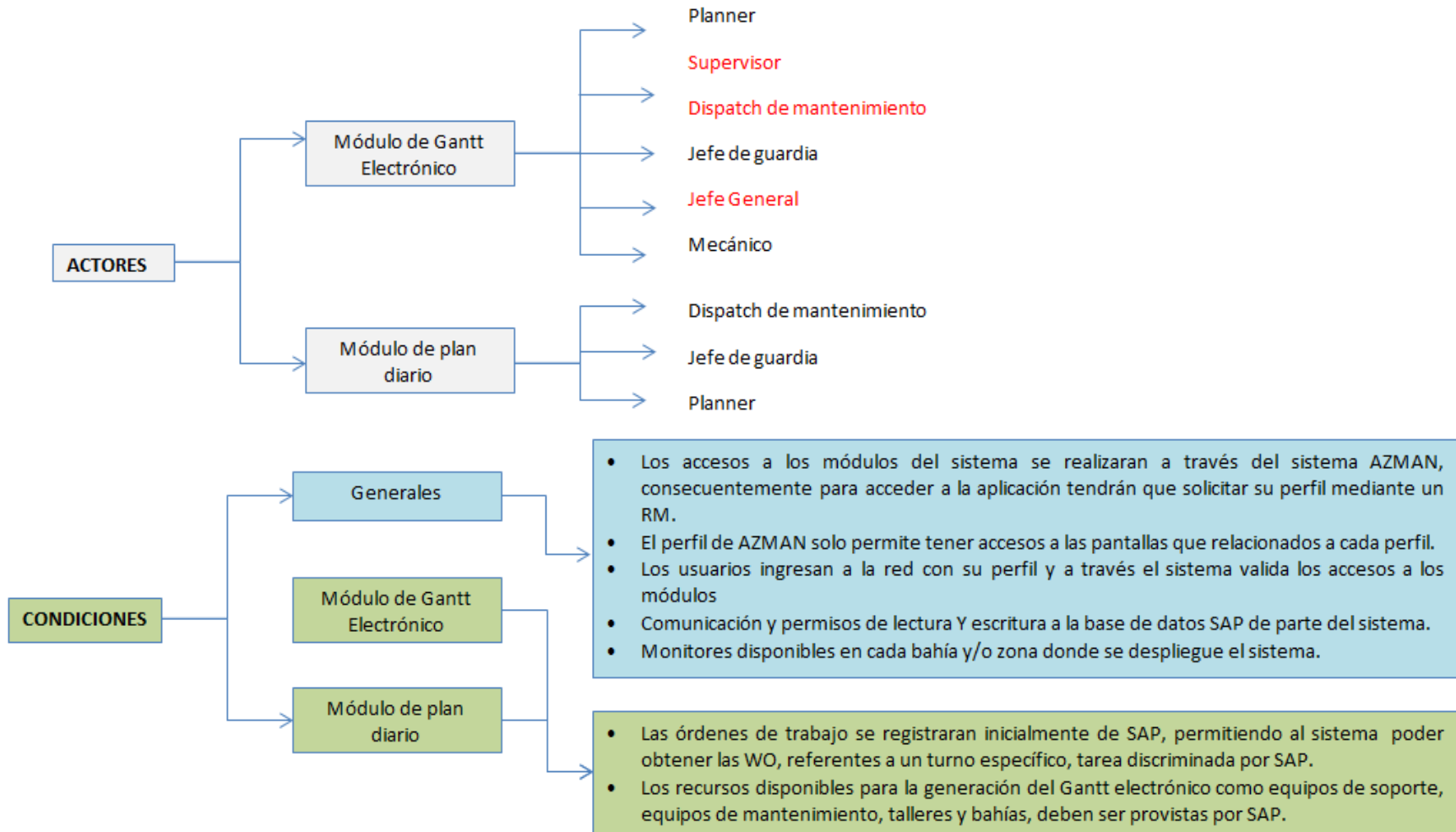


**Anexo 7: Diagrama de flujo para el uso de la carta gantt electrónica**



### Anexo 8: Diseño de integración de la carta gantt con las funciones de mantenimiento mina

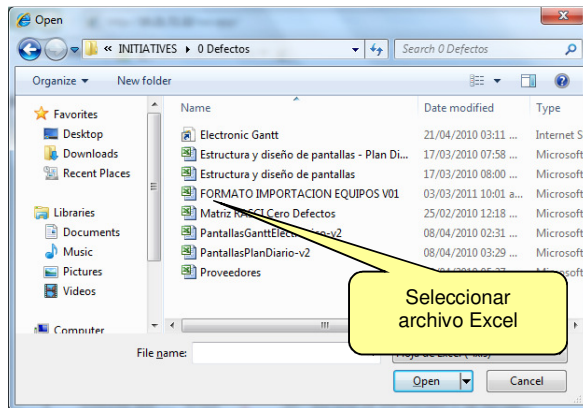
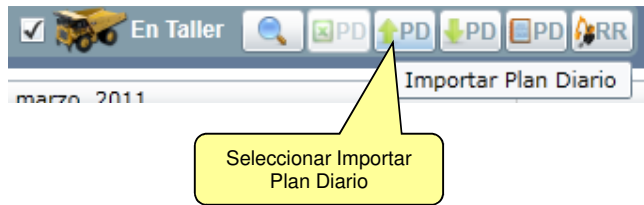






## Anexo 9: Procedimiento para el uso de la carta gantt con las paradas planificadas

### INGRESO DEL PLAN DIARIO Y SEMANAL DE LAS PARADAS PLANIFICADAS



#### Importar Plan Diario:

##### Paso 1

En el Plan Diario pulsar el botón **Importar Plan Diario**

##### Paso 2

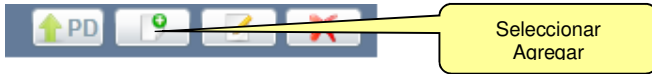
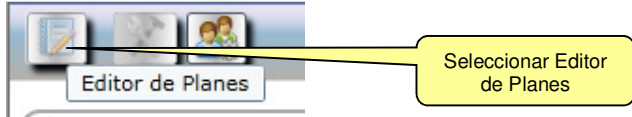
Seleccionar archivo Excel que contiene el plan  
(utilizar plantilla Excel)



FORMATO  
IMPORTACION EQUIP



Todos los campos del formato de importación deberán de ser del tipo texto



EDITOR DE PLAN DIARIO

Modificando Equipo

Flota: CAT793C    Taller: Ninguno    Bahía:

Equipo: 014111 - HT111    Supervisor: No Identificado    Area Responsable: Ninguno

Fecha Inicio: 11-03-03    Hora Inicio: 17:30    Duración: 6:00

Descripción: PM2+Backlogs

### Ingreso Manual Plan Diario:

#### **Paso 1**


En el Plan Diario pulsar el botón **Editor de Planes**

#### **Paso 2**

Seleccionar el boton **Agregar**

#### **Paso 3**

Seleccionar la flota, equipo, fecha inicio, hora de inicio, duración y descripción.

 Los campos de Taller, Bahía y Supervisor no son obligatorios al momento de crear el plan de parada del equipo.



#### **Paso 4**

Seleccionar equipos de apoyo y de engrase y lubricación a través del botón **Añadir**.

Luego ubicar el equipo respectivo y finalmente presionar el boton **Guardar**

## ASOCIACIÓN DE CADA PARADA PROGRAMADA CON LA CARTA GANTT

Nro	UP	Flota	Equipo	Tipo	Descripción Evento
31	HAULING	WT777D	WT041	P	PM5 + BACKLOGS
32	HAULING	LM777D	HT030	P	INSPECCION PREBL CAMPO
33	HAULING	LM777D	WT042	P	PLAN DE CONFIABILIDAD
34	HAULING	WT785C	WT051	P	PLAN DE CONFIABILIDAD
35	HAULING	LM777D	WT042	P	
36	HAULING	LM777D	WT042	P	
37	HAULING	LM777D	WT042	P	EQUIPO PRUEBA 0316
38	HAULING	CAT793D	HT134	P	BACKLOGS
39	HAULING	CAT793D	HT137	P	INSPECCION PREBL
40	HAULING	CAT793D	HT154	P	BACKLOGS
41	HAULING	CAT793C	HT111	P	PM2+Backlogs

Verificar que sea del tipo P

40	HAULING	CAT793D	HT154	P	BACKLOGS	--
41	HAULING	CAT793C	HT111	P	PM2+Backlogs	--

Gantt Electronico

Editar Equipo

Modificar Estimado Supervisor

Nº de Items por página: 50

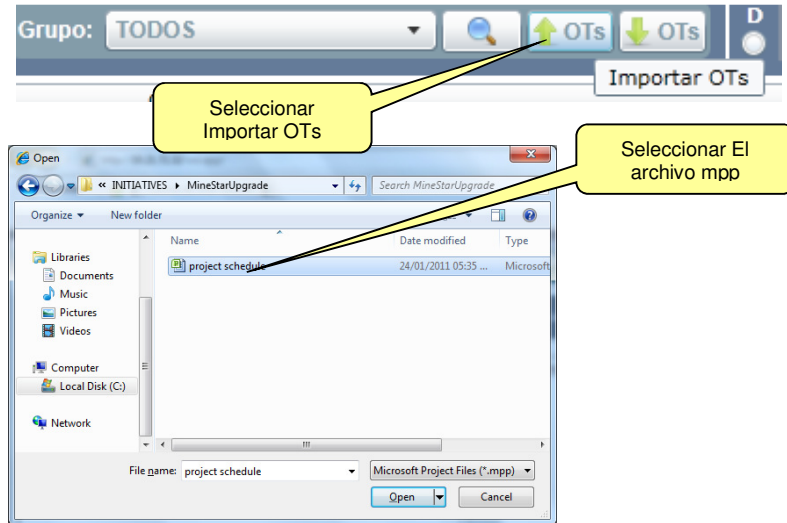
Seleccionar Gantt Electronico

### Asociar Gantt:

**paso 1:** en el plan diario ubicar la parada planificada (columna tipo con valor P) a la cual se desea asociar el gantt

**Paso 2:** Doble click en la fila seleccionada o Click en la columna Nro y del menú seleccionar **gantt electrónico**





**Paso 3:**

seleccionar el icono **importar OTs**

**Paso 4:**

Seleccionar el archivo correspondiente (\*.mpp).



si existieran errores en alguna wo el gantt no será cargado a la aplicación

**Consideraciones:**

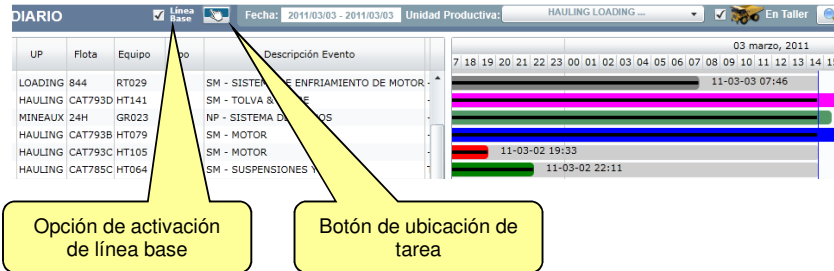
En el archivo \*.mpp:

- No pueden existir work orders repetidas
- Las tareas sin nro de workorder **no** deberán tener valor en la columna maint type.
- Las tareas con nro de workorder deberán tener valor en el campo equip\_no

En Sap:

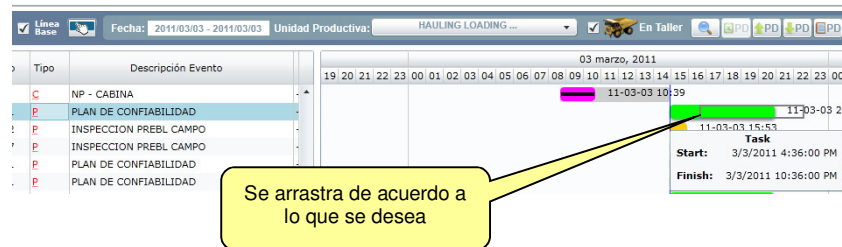
- Todas las workorders EN SAP deberán tener el campo síntoma y sistema con valores (NA si no tiene un síntoma asociado).

## MODIFICACIÓN DE LAS PARADAS DE ACUERDO AL CONTEXTO OPERATIVO



Opción de activación de línea base

Botón de ubicación de tarea



Se arrastra de acuerdo a lo que se desea

### Mostrar línea base y ubicar tarea:

**Paso 1:** Seleccionar la opción línea base.

**Paso 2:** Seleccionar la tarea y hacer click sobre el botón [ir a tarea](#).

### Modificar plan a través del arrastre de la tarea:

**Paso 1:** En el plan diario ubicar la parada planificada (columna tipo con valor P) a la cual se desea modificar.

**Paso 2:** En la sección grafica arrastra con el clic del mouse la barra al tiempo requerido.



Note que la tarea se desplaza hacia abajo o hacia arriba según corresponda el nuevo orden según haya arrastrado.

38	HAULING	CAT793D	HT137	P	INSPECCION PREBL CAMPO
39	HAULING	CAT793D	HT154	P	BACKLOGS
40	HAULING	WT785C	WT051	P	PLAN DE CONFIABILIDAD
4	Gantt Electronico	793C	HT111	P	PM2+Backlogs
4	Editar Equipo	CAT793D	HT134	P	PM4 + CC ACEITE 400HRS
4	Modificar Estimado Supervisor			P	INSPECCION PREBL CAMPO
44	HAULING	CAT793D	HT132	P	BACKLOGS + CC ACEITE 400HRS
45	HAULING	CAT793D	HT146	P	BACKLOGS

Click en el campo nro de la tarea

**Modificar plan a través de la opción modificar equipo:**

**Paso 1:** En la columna **nro** hacer click y del menú elegir la opción **editar equipo**

**Paso 2:** Modificar los valores requeridos.

**Paso 3:** seleccionar el botón **guardar**.

EDITOR DE PLAN DIARIO

Modificando Equipo

Flota: WT785C    Taller: Ninguno    Bahía:   
 Equipo: 012051 - WT051    Supervisor: No Identificado    Area Responsable: Ninguno

Fecha Inicio: 11-03-03    Hora Inicio: 16:36    Duración: 6:00

Descripción: PLAN DE CONFIABILIDAD

40	HAULING	WT785C	WT051	P	PLAN DE CONFIABILIDAD
41	HAULING	CAT793C	HT111	P	PM2+Backlogs

Nº de Items por página: 5

Seleccionar Gantt Electrónico



### Eliminar Gantt asociado a un equipo:


**Paso 1:** En el plan diario ubicar la parada planificada (columna tipo con valor P) a la cual se desea modificar

**Paso 2:** doble click en la fila seleccionada o click en la columna **Nro** y del menú seleccionar **gantt electronico**.

**Paso 3:** Clic en el botón **OTs** y seleccionar del menú la opción **Eliminar**.

**Paso 4:** Activar el check box **Eliminar todas**

**Paso 5:** Seleccionar el botón **Guardar**.



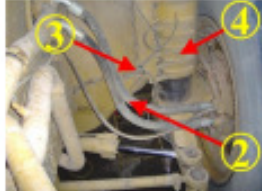





 Note que solo será posible modificar los valores planeados si el equipo aun no registra la parada en Jigsaw.

### Anexo 10: Procedimiento para el aseguramiento de la calidad de las reparaciones por mantenimiento programado

TAREA	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
Cargo	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	Fecha de revisión:	12-07-2011
Gerencia	:	Mantenimiento Mina	Fecha de publicación:	15-08-2011
Área	:	Camiones	Sub-área	: PMs



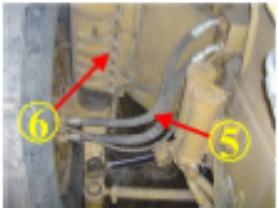

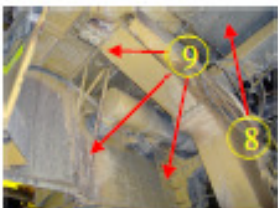
No.	PASO (QUÉ)	EXPLICACIÓN (CÓMO)	CA	NC
2890.	Inspección de zona delantera	<p><i>Peligro de resbalamiento, tropiezos y caídas, superficies irregulares</i></p> <p>Realizar el procedimiento de aislamiento de energía TP-P 37.01</p> <p>La llave de circuito de tierra debe estar desconectada y deben estar colocados los candados y tarjetas de bloqueo y señalización de todo el personal que participa en la inspección.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspeccionar por pernos rotos, sueltos en la base inferior de escalera diagonal.</li> <li>2. Inspeccionar por pernos rotos, sueltos en la base de las plataformas de acceso a la máquina.</li> <li>3. Inspeccionar estado de jebes de las escaleras flexibles de acceso a la máquina.</li> <li>4. Inspeccionar por pernos rotos, sueltos y faltantes en las rojillas delanteras del radiador.</li> <li>5. Inspeccionar el estado de los porta-tacos, de los tacos de seguridad y sus seguros.</li> <li>6. Inspeccionar al estado de los indicadores de restricción de los filtros de aire</li> </ol>		

<b>TAREA</b>	: <b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	: Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	: Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	: Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs






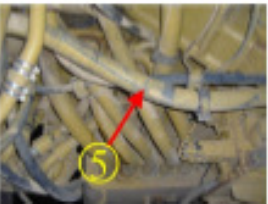
№	PASO (QUE)	EXPLICACIÓN (CÓMO)	CA	NC
281. 	Inspección zona derecha	<p><i>Peligro de resbalamiento, tropiezos y caídas, superficies irregulares</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Inspeccionar por pernos rotos, sueltos y faltantes en la base del portafiltros y fender derecho.</li> <li>Inspeccionar las mangueras de enfriamiento de frenos delanteros por desgaste por fricción.</li> <li>Inspeccionar estado de mangueras de engrase de rotulas de dirección y suspensión delantera.</li> <li>Inspeccionar estado de pernos de sujeción de las suspensiones.</li> <li>Inspeccionar por pernos y tuercas rotas, sueltas y faltantes de sujeción de llantas delanteras y posteriores.</li> </ol>   		
282. 	Inspección zona posterior	<p><i>Peligro de resbalamiento, tropiezos y caídas, superficies irregulares</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Inspeccionar el estado del cable de retención de tolva y su seguro.</li> <li>Inspeccionar por pernos rotos y faltantes en la guarda de protección del filtro del diferencial.</li> <li>Inspeccionar por pernos rotos o faltantes en las tapas de las suspensiones posteriores.</li> <li>Inspeccionar el estado de los bearings de los pinos de suspensiones posteriores.</li> <li>Inspeccionar el estado del seguro del pin del cable de retención de tolva.</li> <li>Inspeccionar el estado de los bota piedras por desgaste por rozamiento.</li> </ol>   		



<b>TAREA</b>	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	:	Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	:	Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs


No.	PASO (QUE)	EXPLICACIÓN (CÓMO)	CA	NC	
283. 	Inspección zona izquierda	<p><i>Peligro de resbalamiento, tropiezos y caídas, superficies irregulares</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Inspeccionar por pernos y tuercas rotas, sueltas y faltantes de sujeción de llantas delanteras y posteriores.</li> <li>Inspeccionar por fugas de aceite en las tomas rápidas APU del cilindro de levanto izquierdo.</li> <li>Inspeccionar el estado de la tapa de llenado rápido de combustible.</li> <li>Inspeccionar por pernos rotos, sueltos y faltantes en la base del portafiltros y fender izquierdo.</li> <li>Inspeccionar las mangueras de enfriamiento de frenos delanteros por desgaste por fricción.</li> <li>Inspeccionar estado de pernos de sujeción de las suspensiones.</li> <li>Inspeccionar el estado de los conectores eléctricos de los secadores de aire.</li> <li>Inspeccionar el estado de las planchas inferiores de la cabina por corrosión y desgaste.</li> <li>Inspeccionar por pernos rotos, sueltos o faltantes en la parte inferior de la base del catwalk.</li> </ol>	   		

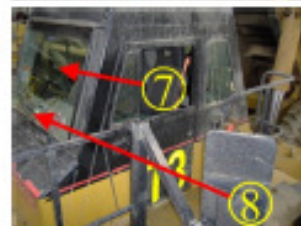
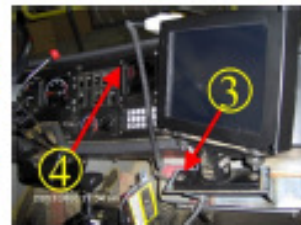
<b>TAREA</b>	: <b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	: Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	: Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	: Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs





No.	PASO (QUÉ)	EXPLICACIÓN (CÓMO)	CA	NC	
284. 	Inspección zona inferior	<p><i>Peligro de resbalamiento, tropiezos y caídas, superficies irregulares</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspeccionar el ajuste de los pernos de sujeción del diferencial.</li> <li>2. Inspeccionar por pernos rotos, sueltos del plato de precarga del pin del "A FRAME".</li> <li>3. Inspeccionar por pernos rotos, sueltos y faltantes del pin del "ARM CENTER".</li> <li>4. Inspeccionar por pernos rotos, sueltos y faltantes del plato de rotación del pin del "ARM CENTER".</li> <li>5. Inspeccionar manguera de retorno de aceite de transmisión por desgaste por rozamiento.</li> </ol>	    		


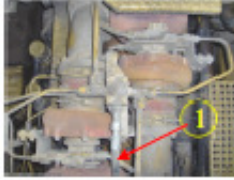
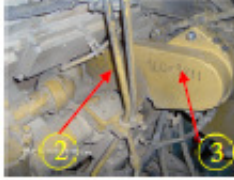


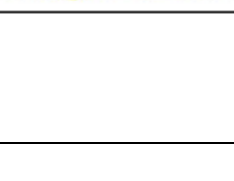


<b>TAREA</b>	: <b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	: Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	: Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	: Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs


No.	PASO (QUE)	EXPLICACIÓN (COMO)	CA	NC
285. 	Inspección de cabina	<p><i>Peligro de resbalamiento, tropiezos y caídas, superficies irregulares</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspeccionar el estado de los sellos de las puertas de la cabina.</li> <li>2. Inspeccionar por pormos flojos y faltantes de las cubiertas internas de las puertas de la cabina.</li> <li>3. Inspeccionar por pormos flojos y faltantes de la base de la pantalla del sistema "DISPATCH".</li> <li>4. Inspeccionar por pormos flojos y faltantes en el panel de instrumentos del operador.</li> <li>5. Inspeccionar el estado de los pisos de cabina.</li> <li>6. Inspeccionar el estado de las cubiertas protectoras de los pedales.</li> <li>7. Inspeccionar el estado del parabrisas delantero por rajaduras.</li> <li>8. Inspeccionar el estado de la plumilla limpiaparabrisas</li> </ol>		






No.	PASO (QUE)	EXPLICACIÓN (COMO)	CA	NC
<p>286.</p> 	<p>Inspección de plataforma superior</p>	<p><i>Peligro de resbalamiento, tropiezos y caídas, superficies irregulares</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspeccionar el estado de las barandas por rajaduras y roturas.</li> <li>2. Inspeccionar por pernos rotos, faltante y exceso de soldadura en las bases de las barandas.</li> <li>3. Inspeccionar el estado del compartimiento y de la batería.</li> <li>4. Inspeccionar el estado de los espejos retrovisores por rajaduras y desgaste.</li> </ol>   		

No.	PASO (QUE)	EXPLICACIÓN (COMO)	CA	NC
<p>287.</p> 	<p>Inspección zona de motor</p>	<p><i>Peligro de resbalamiento y caídas, superficies irregulares</i></p> <p><i>Peligro de aplastamiento, caída repentina de cubierta del motor, verifique el estado de las trabas de sujeción de la cubierta</i></p> <p><i>Peligro de quemaduras, componentes del motor se encuentran a altas temperaturas</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspeccionar el estado de la manguera de rotomo de refrigerante de enfriamiento de turbos por desgaste y temperatura.</li> <li>2. Inspeccionar el estado de la faja de la polea de arrastre del alternador.</li> <li>3. Inspeccionar el estado de la guarda de la faja de arrastre del alternador.</li> <li>4. Inspeccionar el estado de la polea del templador de las fajas del ventilador por desgaste.</li> <li>5. Inspeccionar el estado de los sellos y empaques de los portafiltros de aceite de motor.</li> </ol>     		

<b>TAREA</b>	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	:	Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	:	Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs


Na	PASO (QUÉ)	EXPLICACIÓN (CÓMO)	CA	NC
315. 	Inspección final de calidad	<p><i>Dañó a la propiedad, personal o la muerte pueden resultar si no realiza la inspección final de calidad a los camiones que son entregados a operaciones Mina.</i></p> <p>El Departamento de mantenimiento en talleres contempla dos procesos complementarios: El proceso de PM y el proceso de Taller. Las maquinas de M.Y.S.R.L. luego de terminar los trabajos de mantenimiento y que van a ser entregadas al Departamento de operaciones deben tener un estándar de calidad que debe asegurar el Departamento de Mantenimiento.</p> <p>El cliente interno es Operaciones Mina y a ellos nos debemos como área de mantenimiento. Para aclarar los conceptos alcanzaremos las siguientes definiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Producto:</b> Son los camiones que salen reparados de los talleres de Yanacocha Norte.</li> <li><b>Cliente:</b> Es el <b>Departamento de Operaciones Mina (Operadores y supervisores)</b>. Ellos son los usuarios de los camiones que salen reparados de los talleres de Yanacocha Norte.</li> <li><b>Calidad:</b> Son las especificaciones y condiciones que el cliente (Operaciones Mina) solicita tenga el producto (Los Camiones) que ellos utilizan para ejecutar las labores de acarreo de mineral.</li> <li><b>Proveedor:</b> El <b>Departamento de Mantenimiento Camiones (Taller, PM, Campo, Soldadura, Llantas, Planeamiento, Expediting, Predictivo, Estrategia y contratistas)</b></li> <li><b>Proceso de PM:</b> Es una parte del proceso de mantenimiento con cuadrillas dedicadas que ejecutan los mantenimientos preventivos y trabajos diferidos programados al producto (Los Camiones).</li> <li><b>Proceso de Taller:</b> Es una parte del proceso de mantenimiento con cuadrillas dedicadas que ejecutan los mantenimientos programados de trabajos diferidos (Backlogs), reparaciones mayores programadas, cambio de componentes, mantenimientos no programados mayores y fallas catastróficas (correctivos).</li> <li><b>Proceso de Campo:</b> Es una parte del proceso de mantenimiento con cuadrillas dedicadas que ejecutan mantenimientos no programados (correctivos) en campo y no de gran envergadura.</li> </ol> <p>El único control de calidad que contempla el proceso de mantenimiento en talleres (PM + Taller) es el llamado <b>Inspección final de calidad</b>.</p> <p><b>Inspección final de calidad:</b></p> <p><b>Objetivo:</b> Asegurar que todo el proceso de mantenimiento (PM + Taller) alcance las especificaciones que solicita el cliente (Operaciones).</p> <p><b>Alcance:</b> Los supervisores de mantenimiento (Taller, PM y Campo) deben asegurar la calidad de los productos (Los Camiones) que entregan al cliente (Operaciones) siguiendo paso a paso al procedimiento de calidad explicado en los pasos siguientes.</p> <p><b>Personal Requerido:</b> Son los siguientes: 1.- Un (01) Supervisor de mantenimiento. 2.- Dos (02) mecánicos (Lider y ayudante mecánico).</p> <p><b>Recomendación:</b> La inspección final de calidad no tiene como propósito al encontrar las fallas al final del proceso. <b>(Alto costo en tiempo y dinero US\$)</b>. En nuestro caso busca asegurar que todo el proceso se ejecute con la calidad requerida.</p>		

TAREA	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
Cargo	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	Fecha de revisión:	12-07-2011
Gerencia	:	Mantenimiento Mina	Fecha de publicación:	15-08-2011
Área	:	Camiones	Sub-área	: PMs
































































No.	PASO (QUÉ)	EXPLICACIÓN (COMO)	CA	NC
316. 	Verificación de ejecución de tareas programadas del GANTT	<p><i>Daño personal o la muerte pueden resultar si no se verifica la correcta ejecución de tareas realizadas</i></p> <p>Verifique con el líder a cargo de la máquina que cada tarea de la hoja GANTT efectivamente se haya ejecutado. No asuma nada. Verifique la ejecución de las tareas.</p> <p>Verifique el orden y limpieza de las zonas donde se ha trabajado.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique Verifique que cada tarea ejecutada tenga un resalte y nombre de la persona que ha ejecutado la tarea.</li> <li>2. Las tareas del Reporte del Operador con prioridad N°1 deben de ser ejecutadas.</li> <li>3. Las tareas del Reporte del Operador con prioridad N°2, 3 y 4 deben de ser resaltadas y firmadas por el inspector si es que se ha considerado hacer un Backlog.</li> <li>4. Si hay tareas sin ejecutar (sin resalte y sin firma) retorne la unidad al taller para su ejecución.</li> </ol>		
317. 	Verificación de ejecución de tareas del Reporte del Operador	<p><i>Daño personal o la muerte pueden resultar si no se verifica la correcta ejecución de tareas realizadas</i></p> <p>Verifique con el líder a cargo de la máquina que cada tarea de la hoja Reporte del Operador efectivamente se haya ejecutado. No asuma nada. Verifique la ejecución de las tareas.</p> <p>Verifique el orden y limpieza de las zonas donde se ha trabajado.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique que cada tarea ejecutada tenga un resalte y nombre de la persona que ha ejecutado la tarea.</li> <li>2. Las tareas del Reporte del Operador con prioridad N°1 deben de ser ejecutadas.</li> <li>3. Las tareas del Reporte del Operador con prioridad N°2, 3 y 4 deben de ser resaltadas y firmadas por el inspector si es que se ha considerado hacer un Backlog.</li> <li>4. Si hay tareas sin ejecutar (sin resalte y sin firma) retorne la unidad al taller para su ejecución.</li> </ol>		
318. 	Verificación de ejecución de tareas de la Inspección	<p><i>Daño personal o la muerte pueden resultar si no se verifica la correcta ejecución de tareas realizadas</i></p> <p>Verifique con el líder a cargo de la máquina que cada tarea de la hoja de Inspección efectivamente se haya ejecutado. No asuma nada. Verifique la ejecución de las tareas.</p> <p>Verifique el orden y limpieza de las zonas donde se ha trabajado.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La Inspección se realiza en dos etapas. La Pro-Inspección (antes del lavado) y la Inspección (durante el PM). Para ambos casos se utiliza un mismo formato. Verifique que se haya llenado los datos de la hoja resumen de inspección.</li> <li>2. Verifique que cada tarea ejecutada tenga un resalte y nombre de la persona que ha ejecutado la tarea.</li> <li>3. Las tareas de la Inspección con prioridad N°1 deben de ser ejecutadas.</li> <li>4. Las tareas de la Inspección con prioridad N°2, 3 y 4 deben de ser resaltadas y firmadas por el inspector si es que se ha considerado hacer un Backlog.</li> <li>5. Si hay tareas sin ejecutar (sin resalte y sin firma) retorne la unidad al taller para su ejecución.</li> </ol>		




TAREA	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
Cargo	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	Fecha de revisión:	12-07-2011
Gerencia	:	Mantenimiento Mina	Fecha de publicación:	15-08-2011
Área	:	Camiones	Sub-área	: PMs

No	PASO (QUE)	EXPLICACIÓN (COMO)	CA	NC										
329	<p>Verificar ajuste de taponos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cant</th> <th>IPN</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>9U-5019</td> <td>75 lb-ft torque wrench</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>9U-5006</td> <td>Torque wrench 250 lb-ft</td> </tr> </tbody> </table>	Cant	IPN	Descripción	1	9U-5019	75 lb-ft torque wrench	1	9U-5006	Torque wrench 250 lb-ft	<p>Verifique el estado del torquimoto antes de utilizarlo.</p> <p>Ajuste los taponos de los compartimentos y sistemas siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tapón de traba en la válvula de drenaje del radiador. Especificación: 100 +/- 10 lb-ft</li> <li>2. Tapón de válvula de drenaje de aceite de cárter de motor. Especificación: 100 +/- 10 lb-ft</li> <li>3. Tapón magnético de cárter de motor Especificación: 105 +/- 11 lb-ft</li> <li>4. Tapón de drenaje de rejilla de salida del convertidor Especificación: 27 +/- 3 lb-ft</li> <li>5. Tapón de drenaje de filtro de engranamiento de frenos delanteros. Verifique el correcto ajuste de la toma rápida de muestreo.</li> <li>6. Tapón de drenaje de filtro de carga de transmisión Especificación: 120 +/- 11 lb-ft</li> <li>7. Tapón de drenaje de filtro de carga de convertidor Verifique el correcto ajuste de la toma rápida de muestreo.</li> <li>8. Tapón de drenaje de filtro de liberación de freno de parqueo Especificación: 27 +/- 3 lb-ft</li> <li>9. Taponos de housing de la transmisión. Especificación: 140 +/- 11 lb-ft</li> <li>10. Tapón magnético de nivel y tapón drenaje de Ruedas Especificación: 120 +/- 10 lb-ft</li> <li>11. Tapón magnético de nivel y tapón de drenaje de Mando Final Especificación: 120 +/- 10 lb-ft</li> <li>12. Tapón de drenaje de diferencial. Especificación: 140 +/- 11 lb-ft</li> <li>13. Tapón de drenaje de filtro de diferencial. Especificación: 27 +/- 3 lb-ft</li> <li>14. Tapón de traba (ubicado en la "T" a la salida del tanque) de drenaje de tanque de dirección Especificación: 25 +/- 3 lb-ft</li> </ol>			
Cant	IPN	Descripción												
1	9U-5019	75 lb-ft torque wrench												
1	9U-5006	Torque wrench 250 lb-ft												

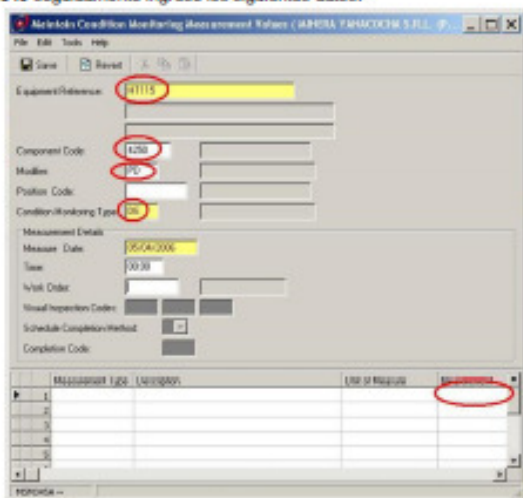
<b>TAREA</b>	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	:	Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	:	Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs

No	PASO (QUE)	EXPLICACION (CÓMO)	CA	NC																																			
360. 	Inspeccionar por fugas	<p style="text-align: center;"><i>Peligro de aplastamiento</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Peligro de salpicaduras, uso obligatorio de lentes googles</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Daño personal o la muerte pueden resultar si la maquina se mueve repentinamente</i></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="5">Método de obtención de los datos para el equipo de trabajo</th> </tr> <tr> <th>Tubo</th> <th>01</th> <th>02</th> <th>03</th> <th>04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Angulo</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tubo</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Empaque</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Chaveta</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Trilce</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar el procedimiento "Aislamiento de Energia de Camiones en Taller" para equipo en reparación. Coloque los tacos de seguridad.</li> <li>2. Coloque su candado y tarjeta.</li> <li>3. En este momento la maquina esta caliente y se debe hacer la inspección alrededor de la maquina por fugas en todos los sistemas.</li> <li>4. Si encuentra una condición de falla por fuga de Nivel 1, retorne al equipo al taller para su reparación.</li> </ol>	Método de obtención de los datos para el equipo de trabajo					Tubo	01	02	03	04	Angulo					Tubo					Empaque					Chaveta					Trilce						
Método de obtención de los datos para el equipo de trabajo																																							
Tubo	01	02	03	04																																			
Angulo																																							
Tubo																																							
Empaque																																							
Chaveta																																							
Trilce																																							
361. 	Colocar tacos de seguridad en soportes y con seguros	<p style="text-align: center;"><i>Daño personal o la muerte pueden resultar si la maquina se mueve repentinamente</i></p> <p>Verificar el estado de los tacos de seguridad y de sus seguros. Asegúrese que se encuentren colocados y asegurados correctamente en sus respectivas bases.</p> 																																					


<b>TAREA</b>	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	:	Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	:	Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs

No	PASO (QUE)	EXPLICACIÓN (CÓMO)	CA	NC
354.	Entregar maquina a Dispatch	<p><i>Daño personal o la muerte pueden resultar si la maquina se mueve repentinamente</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ubique la maquina en la zona de listos.</li> <li>2. Apague el motor con el temporizador de apagado.</li> <li>3. Asegúrese que todas las luces se encuentren apagadas.</li> <li>4. Asegúrese que la maquina no interrumpa el desplazamiento de otros equipos.</li> <li>5. Coloque los tacos de seguridad en la llanta posición 1.</li> <li>6. Informe a Dispatch Mantenimiento que la maquina se encuentra operativa en la zona de listos.</li> <li>7. Si el operador esta presente haga firmar la hoja de reporte de operador.</li> <li>8. Retire avisos, bandejas, letreros, cintas y tarjetas personales.</li> </ol>		
	Firma del supervisor	El supervisor debe verificar que se hayan completado las tareas de manera satisfactoria hasta este punto. El supervisor debe firmar la conformidad en la lista de tareas "Task Record".		

### DOCUMENTACION

370.	Ingreso de desgaste de frenos al ELLIPSE	<p><i>Daño personal o la muerte y daño a la propiedad pueden resultar si no se ingresan los datos del desgaste de frenos al sistema ELLIPSE</i></p> <p>Ingrese al ELLIPSE. Seguidamente ingrese a la base de datos del modulo MS0345 seguidamente ingrese los siguientes datos:</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresar el número de equipo en <b>Equipment Reference</b>.</li> <li>• Ingresar 4250 (Sistema freno/retardador) en <b>Component Code</b>.</li> <li>• Ingresar la posición (DD,DL,PD,PI) en <b>Modifier</b>.</li> <li>• Ingresar DE en <b>Condition Monitoring Type</b>.</li> <li>• Presionar la tecla Enter.</li> <li>• Ingresar la medida de porcentaje de desgaste en el campo <b>Measurement</b> haciendo doble clic.</li> <li>• Informe a su supervisor si hay valores de desgaste de freno fuera de especificaciones.</li> </ul>		
------	--	---	--	--

<b>TAREA</b>	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	:	Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	:	Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs

No	PASO (QUE)	EXPLICACIÓN (COMO)	CA	NC																																	
371.	Llenado del diagrama de GANTT	 <p>Lleno correctamente el diagrama GANTT</p> <p>Llenar correctamente las tareas realizadas durante el PM en la carta Gantt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nombre del supervisor y del turno.</li> <li>Horometro de la maquina.</li> <li>Resaltar las tareas ejecutadas, colocando el No. De OT y colocando una grafica lineal en el tiempo real de ejecución.</li> <li>En cada tarea colocar su ID (fotocheck), cantidad de personas que trabajaron, turno y tiempo que duro la tarea.</li> <li>(Nro. De OT, Supervisor, descripción, tiempo, demoras).</li> </ul> <p>Llenar el cuadro de desviaciones de la siguiente manera</p> <p><b>Desviaciones llegada a taller (Hrs.)</b></p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th colspan="3">DESVIACIONES LLEGADA A TALLER (Hrs.)</th> </tr> <tr> <th>Motivo</th> <th>Duración</th> <th>Obs.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Dispatch</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Clima severo</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tormenta</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fallo maquina</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Voluntario</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Operaciones</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mantenimiento</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Planamiento</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Retal</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>En este recuadro colocar la cantidad de horas con un decimal en el motivo correspondiente seguido de una observación si se considera necesaria.</p> <p>Desviaciones por</p> <p><b>Dispatch</b>.- Demoras en la llegada generadas por llamado a destiempo realizadas por Dispatch.</p> <p><b>Clima severo</b>.- Demoras en la llegada generadas por causas naturales como exceso de neblina, exceso de lluvias, huaycos.</p> <p><b>Tormenta</b>.- Demoras en la llegada generadas por tormenta eléctrica.</p> <p><b>Tolva sucia</b>.- Demoras en la llegada por tener que retomar el equipo a operaciones para que le vuelvan a limpiar la tolva.</p> <p><b>Operaciones</b>.- Demoras en la llegada por que operaciones no envía la maquina por razones diversas.</p> <p><b>Mantenimiento</b>.- Demoras en la llegada por razones que se originan en mantenimiento.</p> <p><b>Planamiento</b>.- Demoras en la llegada por razones que se originan en planamiento.</p>	DESVIACIONES LLEGADA A TALLER (Hrs.)			Motivo	Duración	Obs.	Dispatch			Clima severo			Tormenta			Fallo maquina			Voluntario			Operaciones			Mantenimiento			Planamiento			Retal				
DESVIACIONES LLEGADA A TALLER (Hrs.)																																					
Motivo	Duración	Obs.																																			
Dispatch																																					
Clima severo																																					
Tormenta																																					
Fallo maquina																																					
Voluntario																																					
Operaciones																																					
Mantenimiento																																					
Planamiento																																					
Retal																																					



<b>TAREA</b>	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	:	Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	:	Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs

























Na	PASO (QUE)	EXPLICACION (CÓMO)	CA	NC																																																														
	Llenado del diagrama de GANTT (Continuación)	<p><b>Desviaciones de la ruta crítica (Hrs.)</b></p> <p>La ruta crítica es la secuencia de tareas que principalmente van a marcar el ritmo de avance de trabajos en las que cualquier demora impactara irremediablemente en el cumplimiento del plan. Las desviaciones (demoras) pueden generarse por diversas razones en el proceso de mantenimiento tanto en la ejecución del PM o en la ejecución de los backlogs programados. Seguidamente explicaremos al detalle el cuadro de desviaciones de la ruta crítica. Estas demoras solo se cuentan una vez que la maquina ha sido recibida en talleres. No contempla las desviaciones a la llegada.</p>																																																																
	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Total (Hrs.)</th> <th>Obs.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Maquina</td> <td style="text-align: center;">5.6</td> <td style="text-align: center;">←</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Medida</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Método</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Persona</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Climáticas</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impacto NIP</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td style="text-align: center;"><b>5.6</b></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Total (Hrs.)	Obs.	Maquina	5.6	←	Material			Medida			Método			Persona			Climáticas			Impacto NIP			<b>Total</b>	<b>5.6</b>		<p><b>DESVIACIONES DE LA RUTA CRITICA</b></p> <p><b>Detalle de demoras (Hrs.)</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">3.1</td> <td>Falta bahía</td> <td style="text-align: center;">2.5</td> <td>Montacargas</td> <td style="text-align: center;">Faltas de</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Componente</td> <td></td> <td>Repuestos</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Monitorio</td> <td></td> <td>Horas de uso</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>PST</td> <td></td> <td>Medidas</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Personero</td> <td></td> <td>Habilidad</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Nebina</td> <td></td> <td>Tormenta</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Impacto NIP</td> <td></td> <td>Tránsito</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Observaciones</p>	3.1	Falta bahía	2.5	Montacargas	Faltas de		Componente		Repuestos			Monitorio		Horas de uso			PST		Medidas			Personero		Habilidad			Nebina		Tormenta			Impacto NIP		Tránsito			
	Total (Hrs.)	Obs.																																																																
Maquina	5.6	←																																																																
Material																																																																		
Medida																																																																		
Método																																																																		
Persona																																																																		
Climáticas																																																																		
Impacto NIP																																																																		
<b>Total</b>	<b>5.6</b>																																																																	
3.1	Falta bahía	2.5	Montacargas	Faltas de																																																														
	Componente		Repuestos																																																															
	Monitorio		Horas de uso																																																															
	PST		Medidas																																																															
	Personero		Habilidad																																																															
	Nebina		Tormenta																																																															
	Impacto NIP		Tránsito																																																															
	Llenado del diagrama de GANTT (Continuación)	<p><b>Maquina (Hrs.)</b>- En este recuadro llenar la suma total de las demoras por falta de bahía, herramientas, grúas, montacargas y facilidades ocurridas durante la ejecución de los trabajos de mantenimiento. Por ejemplo el tiempo total de demora es de 5.6 Hrs. (05:36 Hrs.). Por falta de bahía 3.1 Hrs. y por espera de montacargas 2.5 Hrs.</p> <p><b>Material (Hrs.)</b>- En este recuadro llenar las demoras por espera de componente, falta de repuestos o demoras en el pedido, falta de EPP para ejecutar una tarea, falta de insumos u otros.</p> <p><b>Medida (Hrs.)</b>- En este recuadro llenar las demoras por falta de datos o en espera de toma de decisión por Monitorio, definición de horas del componente, verificación de medida de desgaste de frenos, revisión de historial de maquina y por problemas relacionados a las OTs del ELLIPSE (datos incompletos, abiertas, sin descripción).</p> <p><b>Método (Hrs.)</b>- En este recuadro llenar las demoras por falta de procedimientos de trabajo, falta de PST's y por falta de manuales, búsqueda de información técnica de Caterpillar, service letter, service magazine. También se ponen en los recuadros vacíos si hay demoras por <b>fallas de programación o fallas de planeamiento</b>.</p> <p><b>Persona (Hrs.)</b>- En este recuadro llenar las demoras por falta de personal que tienen como causa reuniones, falta de habilidad, déficit (poco personal o falta de personal), accidentes/incidentes y derrames. En reuniones se puede colocar todo tipo de ellas (entrenamiento, charlas de seguridad, 5S's).</p> <p><b>Climáticas (Hrs.)</b>- En este recuadro llenar las demoras por neblina en talleres, tormenta eléctrica, lluvias/inundaciones, granizo y otros.</p> <p><b>Impacto NIP</b>- En este recuadro llenar las demoras por trabajos no programados detectados en taller pero que por su nivel de dificultad afectan la ruta crítica. Contabilice únicamente las demoras por este concepto cuando estas hacen que la maquina se exceda de su hora estimada de salida programada. Estas son por fallas mecánicas, eléctricas, soldadura, llantas y otros.</p>																																																																

<b>TAREA</b>	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	:	Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	:	Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs








№	PASO (QUE)	EXPLICACION (CÓMO)	CA	NC																														
	Llenado del diagrama de GANTT (Continuación)	<p><b>Tempos de ejecución Proceso PM (Horas: Minutos).</b></p> <p>Este cuadro debe ser llenado por el líder y verificado por el supervisor. Tiene como objetivo contabilizar los tiempos reales de ejecución del Proceso de PM. Si estos tiempos son llenados correctamente podremos tener datos importantes de desempeño que servirán para analizar la efectividad del proceso.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>TIEMPOS DE EJECUCION PROCESO DE PM</caption> <thead> <tr> <th>Proceso</th> <th>Fecha</th> <th>Hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Llegada a taller:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Inicio Lavado:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fin Lavado:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fin Pruebas:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fin PM:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fin Back Logs:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fin No Programados:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fin Control Calidad:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Total:</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p><b>Llegada a taller (Horas: Minutos).</b>- En este recuadro colocar la hora real de llegada a taller de la maquina. Para el Proceso de PM es la hora del inicio de la pre-inspección. Comunicar a Dispatch mantenimiento que se ha iniciado la pre-inspección.</p> <p><b>Inicio Lavado (Horas: Minutos).</b>- En este recuadro colocar la hora real de inicio de lavado de la maquina. Para el Proceso de PM es la hora de término de la pre-inspección o inicio de lavado. Comunicar a Dispatch mantenimiento que se ha iniciado el lavado.</p> <p><b>Fin Lavado (Horas: Minutos).</b>- En este recuadro colocar la hora real de fin de lavado de la maquina. Para el Proceso de PM es la hora de término del lavado o inicio de pruebas de PM. Comunicar a Dispatch mantenimiento que se ha iniciado el PM.</p> <p><b>Fin de pruebas (Horas: Minutos).</b>- En este recuadro colocar la hora real de fin de pruebas de PM de la maquina. Para el Proceso de PM es la hora de término de pruebas de PM o inicio de la parte húmeda del PM.</p> <p><b>Fin PM (Horas: Minutos).</b>- En este recuadro colocar la hora real de fin del PM de la maquina. Para el Proceso de PM es la hora de término de del PM o inicio de los Backlogs programados. Comunicar a Dispatch el cierre del PM o inicio de los Backlogs programados.</p> <p><b>Fin Back Logs (Horas: Minutos).</b>- En este recuadro colocar la hora real de fin back logs de la maquina. Para el Proceso de PM es la hora de término de los Backlogs programados o inicio de las tareas No Programadas. Comunicar a Dispatch el fin de back logs o inicio o término de las tareas No Programadas que estan afectando la programación.</p> <p><b>Fin No Programados (Horas: Minutos).</b>- En este recuadro colocar la hora real de fin de tareas No Programadas de la maquina. Para el Proceso de PM es la hora de término de todas las reparaciones o inicio de la inspección final de calidad. Comunicar a Dispatch que se han culminado las reparaciones o inicio de la inspeccion final de calidad.</p> <p><b>Fin Control Calidad (Horas: Minutos).</b>- En este recuadro colocar la hora real de fin del de la inspección final de calidad de la maquina. Para el Proceso de PM es la hora de entrega de la maquina a operaciones. Comunicar a Dispatch que la unidad esta operativa.</p> <p><b>Total (Horas: Minutos).</b>- Es la diferencia entre la hora de llegada a taller y la hora del Fin Control de Calidad. Esta diferencia nos dará el tiempo real de ejecución del proceso.</p>	Proceso	Fecha	Hora	Llegada a taller:			Inicio Lavado:			Fin Lavado:			Fin Pruebas:			Fin PM:			Fin Back Logs:			Fin No Programados:			Fin Control Calidad:			Total:				
Proceso	Fecha	Hora																																
Llegada a taller:																																		
Inicio Lavado:																																		
Fin Lavado:																																		
Fin Pruebas:																																		
Fin PM:																																		
Fin Back Logs:																																		
Fin No Programados:																																		
Fin Control Calidad:																																		
Total:																																		



<b>TAREA</b>	: <b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	: Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	: Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	: Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs











ANEXO A				
Tipo de Falla: <b>FUGA</b> (aceite, grasa, refrigerante, combustible, aire y gases) Guía de Niveles de Criticidad				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
<b>Acoplos</b>				
<b>Sellos</b>				
<b>Empaques</b>				
<b>Válvulas</b>				
<b>Mangueras</b>				
<b>Tuberías</b>				

<b>TAREA</b>	: <b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	: Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	: Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	: Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs

















ANEXO B				
Tipo de Falla: <b>SOLTURA</b> (abrazaderas, pernos) Guía de Niveles de Criticidad				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
<b>Mangueras</b>				
<b>Tuberías</b>				
<b>Guardas</b>				
<b>Estructuras</b>				
<b>Accesorios</b>				



TAREA	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
Cargo	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	Fecha de revisión:	12-07-2011
Gerencia	:	Mantenimiento Mina	Fecha de publicación:	15-08-2011
Área	:	Camiones	Sub-área	: PMs







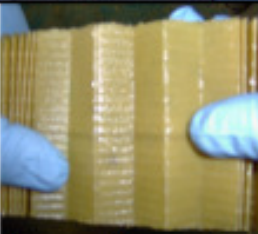
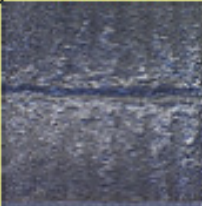

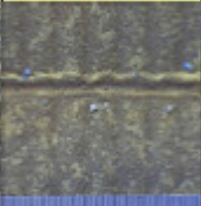
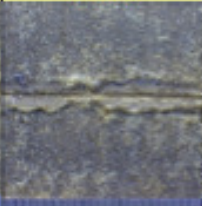
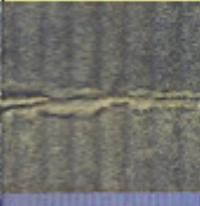
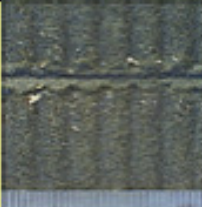

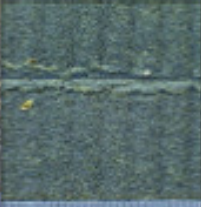
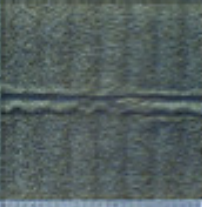
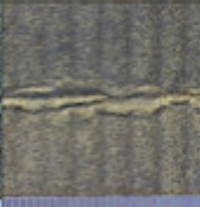
ANEXO C				
Tipo de Falla: <b>ROTURA</b> (metálicos y no metálicos) Guía de Niveles de Criticidad				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Mangueras				
Tuberías				
Guardas				
Estructura				
Accesorio				

<b>TAREA</b>	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	:	Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	:	Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs

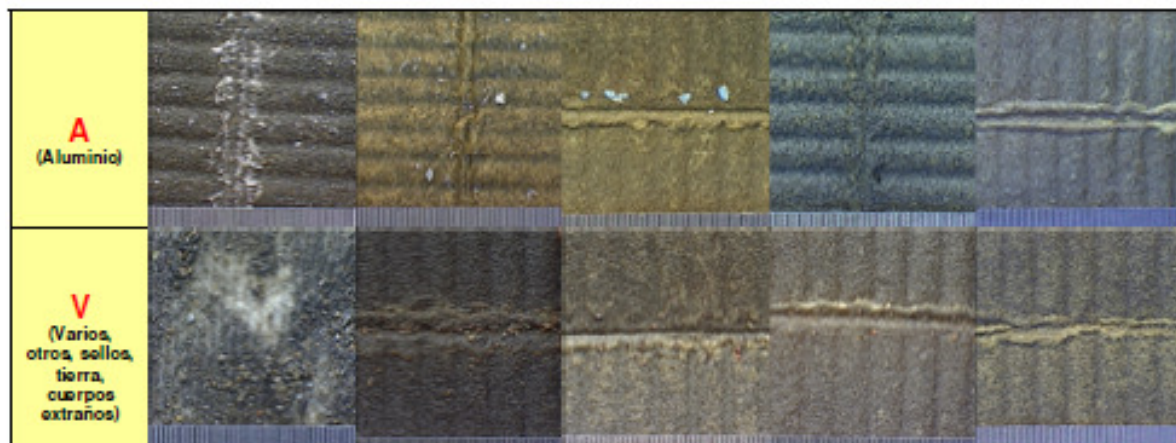
<b>ANEXO D</b>				
<b>Tipo de Falla: <span style="color: red;">DESGASTE</span> (erosivo, abrasivo, contacto, corrosivo metales y no metales)</b> <b>Guía de Niveles de Criticidad</b>				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
<b>Fajas y poleas</b>				
<b>Guardas</b>				
<b>Bisagras</b>				
<b>Accesorio</b>				



<b>TAREA</b>	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	:	Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	:	Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs

<b>ANEXO F</b>					
<b>CLASIFICACION DE PARTICULAS EN INSPECCION DE TAPONES Y FILTROS</b>					
<p style="text-align: center;"><b>TAPON</b></p> <p>Clasifique las partículas visibles de acuerdo a la tabla adjunta. Coloque la codificación en el TASK RECORD en el siguiente orden: (Cantidad) (Material). Ejemplo:</p> <p><b>1F</b> -Abundante fierro.  <b>4F</b> -Escaso fierro.</p>					
<b>Tapón</b>	<b>1</b> (Abundante)	<b>2</b> (Regular)	<b>3</b> (Ligero)	<b>4</b> (Escaso)	<b>5</b> (Limpio)
<b>F</b> (Fierro, acero)					
<p style="text-align: center;"><b>FILTRO</b></p> <p>Clasifique las partículas visibles de acuerdo a la tabla adjunta. Coloque la codificación en el TASK RECORD en el siguiente orden: (Cantidad) (Material). Ejemplo:</p> <p><b>1F</b> -Abundante fierro.  <b>1C</b> -Abundante Cobre.  <b>2F, 3A</b> - Regular Fierro, Ligero Aluminio</p>					
<b>Filtro</b>	<b>1</b> (Abundante)	<b>2</b> (Regular)	<b>3</b> (Ligero)	<b>4</b> (Escaso)	<b>5</b> (Limpio)
<b>F</b> (Fierro, acero)					
<b>C</b> (Cobre, bronce, latón)					

<b>TAREA</b>	:	<b>Mantenimiento Programado 793C</b>		
<b>Cargo</b>	:	Mecánicos de mantenimientos programados (PM's)	<b>Fecha de revisión:</b>	12-07-2011
<b>Gerencia</b>	:	Mantenimiento Mina	<b>Fecha de publicación:</b>	15-08-2011
<b>Área</b>	:	Camiones	<b>Sub-área</b>	: PMs



<b>Preparado por :</b> Manuel Polo <b>Equipo de edición:</b> Mauricio Díaz Antonio Rada David Casquino Miguel Cauti Henry Mamáni <b>Colaboradores:</b> Andrés Cabello Victor Carvajal Rolando Sanchez y colaboradores de las guardias 1B-2C-3A-4D PM-Camiones <b>Revisión Seguridad:</b> Carlos Corcuera <b>Guide lines:</b> Juan Valera Graeme Robinson	<b>Fecha Inicio:</b> 06.01.2006  <b>Fecha Fin:</b> 06.10.2006	<b>Nombre del Trabajador :</b>	<b>No. ID</b>
<b>Validado por :</b> Vidal Pinto David Hogg Javier Romero	<b>Fecha :</b> 09.10.2006		
<b>Aprobado por :</b> Marcelo Aliendre	<b>Fecha :</b> 09.10.2006	<b>Competencia verificada por :</b>	<b>Fecha:</b>



## Anexo 11: Formatos para la certificación de habilidades

FORMULARIO DE CERTIFICACION DE HABILIDADES				
Habilidad N: _____	Fecha: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; text-align: center;">dd</td><td style="width: 20px; text-align: center;">mm</td><td style="width: 20px; text-align: center;">aa</td></tr></table> Intento: <input type="checkbox"/>	dd	mm	aa
dd	mm	aa		
Descripción: _____				
Categoría: _____				
Apellidos y Nombre del Técnico: _____	Código: _____			
Apellidos-Nombre Certificador: _____	Códgo: _____			
Hora de Inicio: _____	Hora Fin: _____ Duración: _____			
Equipo: Modelo: _____ N/S ó N/P: _____				
Datos Adicionales: _____				
Literatura de Referencia (PST / Manual de Servicio): _____				
Resultado: Porcentaje Obtenido ( % ) _____				
Estado de la Certificación: <input type="checkbox"/> Certificada <input type="checkbox"/> En proceso de certificación				
Observaciones de la Puntuación: _____				
<input type="checkbox"/> Se adjunta Registro de las Pruebas Realizadas. (Infomes de servicio, reportes ET, Vims, AFA si lo requiere) <b>Firmo en señal de conformidad</b> <table border="1" style="width: 100%; height: 40px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>_____ Firma de Certificador</span> <span>_____ Firma del Certificando</span> </div>				
Calificación: A: La calificación es sobre el 100% B: La puntuación mínima aprobatoria es del 85% ( Cada "NO" equivale a -5% ) C: Si en el ítem "Trabajo Realizado" obtuvo "NO" la habilidad no se certificará.				

Guía de Evaluación			
SI	NO	NE	Literatura y Material de Referencia
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Selección adecuada.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Interpretación.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cumplimiento procedimiento.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Adecuada inversión de tiempo.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Registro de mediciones adecuado.
SI	NO	NE	Seguridad
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cuenta con EPPs Adecuados.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Riesgo del entorno controlado.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Actos inseguros controlados.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Conceptos de seguridad.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Respeto las reglas del áreas.
SI	NO	NE	Equipos, Herramientas e Instrumentos de Medición
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Selección adecuada.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Uso y manipuleo adecuado.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estado adecuado.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Orden adecuado.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lectura mediciones adecuado.
SI	NO	NE	Orden, Limpieza y control de Contaminación
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aseo personal adecuado.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limpieza de área de demostración adecuado.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limpieza de componente (s) adecuada.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tratamiento de residuos adecuado.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Factores contaminantes controlados.
1. N.E = No Evaluable (NO RESTA PUNTAJE) 2. 3 "NO" en un grupo = Continúa "En Proceso"			
SI	NO	Trabajo Realizado	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se ejecutó con calidad y en el tiempo adecuado	

**JOB CHART**

<b>Puesto: TECNICO CAMIONES I, II, III, IV</b>		Nombre del Evaluado:			
Area: Mantenimiento Mina		Sección: Camiones			
Elaborado por: Javier Romero, Roberto Pinedo, Shaw Peterson, José Merino, Andy Pompa, José Belon, Carlos		Lopez, Rolando Sanchez, Luis Silva y José Barrios			
Facilitador(es): Juan Grados, Edwin Saire, Ernesto Calderon		Fecha de implementación:			
Aprobado por: Marcelo Aliandre / Javier Romero		Revisión No: 02		Fecha:	
<b>Alcance del trabajo:</b>					
Nº	TAREA	TIPO DE EVALUACION	PST ó Procedimiento Manual	NIVEL	RESULTADO
1	Reconocer y aplicar las políticas y procedimientos de Presentación de papeles	T	PP-P01 al 52	TC	A
2	Reconocer y aplicar los procedimientos administrativos	T	MA-PA-01 al 59	TC	A
3	Reconocer y aplicar el plan de Respuesta a Emergencias	T	ERP-01,01	TC	A
4	Reconocer y aplicar los procedimientos de Seguridad (Procedimientos de Emergencias)	T	MPYSDSS Manual 5So	TC	A
5	Usar y aplicar el manual de procedimientos de trabajos especiales (trabajos de mantenimiento y modificaciones)	T/P		TC	A
6	Usar facturas de consumo de unidades de medidas	T		TC	A
7	Realizar procedimientos especiales de Base de Cargas, capacidad de uso de equipo	T/P	RIGGMP01	TC	A
8	Realizar procedimientos especiales de Carga de ELIPSE y OUTLOOK	T/P	MMPEL101	TC	A
9	Realizar procedimientos especiales de Base de Cargas y Seguridad	T/P		TC	A
10	Montar y usar guantes, zapatos y ropa de trabajo	T		TC	A
11	Leer e interpretar la literatura de las instalaciones de operación	T		M1	A
12	Conocer e interpretar la simbología y base de datos	T		M1	A
13	Leer e interpretar manuales de referencia (impreso y electrónico)	P		M1	A
14	Conocimiento y aplicación del SIS	T/P		M1	A
15	Conocimientos básicos de electricidad, códigos de diagnóstico y VMS, niveles de advertencia	T/P		M1	A
16	Conocer y reparar el sistema de Engrase Lincoln	T/P		M1	A
17	Inspeccionar, reparar y ejecutar trabajos eléctricos	T/P		M1	E
18	Desmontaje/instalación de motores de arranque (eléctricos y neumáticos) y alternador	T/P		M1	A
19	Desmontaje e instalación de mangueras, tuberías, sellos del sistema hidráulico y combustible, sistema Wiggins	T/P		M1	M
20	Desmontaje/instalación de cardanes (Ejes, PTO, crucetas y yokes)	T/P		M1	M
21	Conocer e interpretar los instrumentos de medición (micrómetros, vernier y relojes comparadores)	T/P		M1	M
22	Realizar el arranque asistido de un equipo (eléctricos y neumáticos)	T/P		M1	A
23	Interpretar esquemas eléctricos, hidráulicos y neumáticos	T/P		M1	A
24	Procedimiento, muestreo de Aceite - PST	T/P		M1	M
25	Conocer actividades y/o procedimientos de rigging	T		M1	A
26	Usar adecuadamente el sistema REFLECTION	T/P		M2	A
27	Operar camiones, puente grúa y montacarga de capacidad menor o igual a 5 toneladas	AUTORIZACIÓN	Autorización	M2	A
28	Tener conocimientos básicos de soldadura eléctrica y oxacetilénica	T		M2	A
29	Conocimiento de los programas de mantenimiento preventivo PM1, PM2, PM3, PM4, PM5, PM6, PM7 y PM8	T/P		M2	A
30	Desmontaje/instalación y pruebas del sistema de refrigerante	T/P		M2	M
31	Desmontaje/instalación y pruebas del sistema de admisión y escape	T/P		M2	M
32	Desmontaje/instalación de turbo compresor	T/P		M2	M
33	Remover/instalar y evaluación del sistema del convertidor de torque.	T/P		M2	M
34	Remover/instalar y evaluación del sistema de transmisión.	T/P		M2	M
35	Desmontaje/instalación y evaluación del sistema de implementos.	T/P		M2	M
36	Remover/instalar y evaluación de mandos finales y diferencial.	T/P		M2	M
37	Desmontaje/instalación y pruebas del sistema de suspensión.	T/P		M2	M
38	Desmontaje/instalación de componen y pruebas del sistema neumático.	T/P		M2	M
39	Conocimiento e importancia del sistema de diálisis de aceites y recuperación	T/P		M2	M
40	Gestión de componentes	T		M2	M
41	Cambio de Rod-control y Am Center	T/P		M2	M
42	Seguimiento y ejecución de la carta gantt	T/P		M2	A
43	Revisar y ajustar sistema de alineamiento de dirección	T/P		M2	M
44	Usar, montar y operar el equipo de medición de alineamiento de dirección y suspensión	AUTORIZACIÓN	Autorización	M3	A
45	Usar, realizar pruebas e interpretar la herramienta ET.	T/P		M3	A
46	Uso e interpretación de VMS fuera de máquina.	T/P		M3	A
47	Elaborar y generar backlogs de calidad.	T/P		M3	A
48	Interpretar reportes de análisis de aceite	T/P		M3	A
49	Tener la certificación Calibración de válvulas e inyectores	T/P		M3	M
50	Remover/instalar, reparar y evaluar de paquete de frenos	T/P		M3	M
51	Realizar inspección de calidad al equipo (GRIFOS, PRE-PM CAMPO, TALLER)	T/P		M3	A
52	Diagnosticar y reparar elementos eléctricos: harness, solenoides, indicadores, módulos	T/P		M3	E
53	Reparación parcial de motor	T/P		M3	M
54	Desmontaje/instalación y evaluación del sistema de dirección.	T/P		M3	M
55	Evaluación de sistema de aire y frenos	T/P		M3	M
56	Evaluación y reparación del sistema de combustible.	T/P		M3	M
57	Remover/instalar motor	T/P		M3	M
58	Remover/instalar toba	T/P		M3	M
59	Reparaciones en sistema hidráulico de implementos	T/P		M3	M
60	Remolque/traslado de equipos con el camabaja	T/P		M3	M
61	Cambio de A-Frame	T/P		M3	M
62	Conocimiento e interpretación del sistema Payload y pesaje de camiones	T/P		M3	A
63	Realizar inspección de calidad en camiones, Camión, Camión, Camión, Camión	AUTORIZACIÓN	Autorización	M3	A
64	Inspección final de control de calidad en camiones OHT - PST	T/P		M3	A
65	Realizar reparación parcial de componentes menores	P		M3	M
66	Realizar tareas de supervisión	T		M4	A
67	Realizar tareas de supervisión	AUTORIZACIÓN	Autorización	M4	A
68	Diagnóstico de fallas en motor (combustible, admisión-escape, refrigerante, aceite y eléctrico)	T/P		M4	M
69	Diagnóstico de fallas en convertidor de torque y transmisión	T/P		M4	M
70	Diagnóstico de fallas en sistema hidráulico de implementos	T/P		M4	M
71	Diagnóstico de fallas en diferencial y mandos finales	T/P		M4	M
72	Diagnóstico de fallas en sistema de dirección	T/P		M4	M
73	Diagnóstico de fallas en sistema de aire y frenos	T/P		M4	M
74	Diagnóstico de fallas en sistema de suspensión	T/P		M4	M
75	Diagnóstico de fallas en sistema eléctrico y electrónico (Módulos)	T/P		M4	E
76	Diagnóstico de fallas estructurales en chasis y estructura en general del equipo AFA	T/P		M4	M
77	Overhaul General ( Chasis, cabina, armado, fanda de diferencial)	P		M4	M
78	Conocimiento y aplicación de los conceptos de garantía	T/P		M4	A
79	Realizar reparación parcial de componentes mayores	T		M4	M
<b>Nivel actual del Trabajador y Porcentaje</b>					
Condición de evaluación: desarrollar la tarea en el lugar de trabajo de acuerdo al procedimiento y el tiempo especificado en el PST.			Condiciones de la trayectoria de la carrera y líneas de tiempo:		
Definiciones:					
C	Competente: el candidato ha completado satisfactoriamente la tarea de acuerdo a la condición de evaluación				
NC	No competente: el candidato requiere Entrenamiento y/o desarrollar el trabajo para cumplir la tarea de acuerdo a la condición de evaluación				
Una vez que el candidato haya sido evaluado y sea competente en cualquier tarea el resultado debe ser actualizado en el cartilla de seguimiento histórico de competencias y entrenamiento, el total de tareas marcadas como competente indicará el nivel actual del candidato.					
Firma del Supervisor:			Fecha:		
Firma del candidato:			Fecha:		