



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

MEJORAS EN LA GESTIÓN DE LA PLANIFICACIÓN Y PAUTAS DE MANTENIMIENTO
EN LOS CAMIONES DE CARGUÍO DIESEL KOMATSU 830E Y 930E EN LA COMPAÑÍA
MINERA DOÑA INÉS DE COLLAHUASI

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL ELECTRICISTA

CARLOS ENRIQUE ROJAS CORREA

PROFESOR GUÍA:

ALFREDO MUÑOZ RAMOS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN

NELSON MORALES OSORIO.

JORGE ROMO LÓPEZ.

SANTIAGO DE CHILE

AÑO 2014

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TITULO DE:
Ingeniero Civil Eléctrico
POR: Carlos Enrique Rojas Correa
Fecha: 20/05/2014
PROFESOR GUÍA: Alfredo Muñoz
Ramos

MEJORAS EN LA GESTIÓN DE LA PLANIFICACIÓN Y PAUTAS DE MANTENIMIENTO EN LOS CAMIONES DE CARGUÍO DIESEL KOMATSU 830E Y 930E EN LA COMPAÑÍA MINERA DOÑA INÉS DE COLLAHUASI

En el presente trabajo de título se desarrollan los pasos para identificar e implementar una oportunidad de mejora a la gestión en la planificación del mantenimiento de los camiones de carguío diesel para uso fuera de carretera, en base a la metodología de siete pasos del mejoramiento continuo. El procedimiento que se plantea en esta tesis, es una variante a la metodología de mejoramiento continuo aplicada en la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.

La flota de camiones de carguío diesel Komatsu (modelos 830E y 930E) es la más importante ya que representa el 90% del total de camiones de carguío diesel de la compañía. Es por este motivo que el desarrollo del presente trabajo de tesis se centra en esta flota.

Al aplicar la metodología de los siete pasos se identificó una oportunidad de mejora que consiste en cambiar la forma de realizar la planificación, pasando de programar según las horas de detención de los equipos, a efectuar dichas tareas en base a las horas hombre necesarias. Con esta mejora se aumentaría el cumplimiento de los planes de mantenimiento en un 10%. Junto con esto, se creó un nuevo reporte de cumplimientos de los programas con el objetivo de mejorar el control en el avance de los planes de mantenimiento.

Además, mediante un análisis de las fallas presentes en los camiones, se identificó una deficiencia en la medición de la resistencia de aislación en las bobinas de los motores de tracción y alternador principal de la flota 830E y en el alternador principal de la flota 930E, deficiencia que se propone eliminar mediante la aplicación de la norma IEEE 43-2000, más específicamente, complementar la medida utilizada llamada Resistencia de Aislación con el Índice de Polarización.

Tabla de Contenido

1.	Introducción	1
2.	Objetivos	2
2.1.	Objetivo General	2
2.2.	Objetivos Específicos	2
3.	Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.....	3
3.2.	Flota Carguío Diesel	3
4.	Características generales Camiones Komatsu 830E y 930E.....	5
4.1.	Características Komatsu 830E	5
4.1.1.	Motor	5
4.1.2.	Alternador (G.E. GTA-26).....	5
4.1.3.	Soplador	5
4.1.4.	Motores de Rueda.....	5
4.1.5.	Retardo Dinámico.....	6
4.1.6.	Sistema de Frenos.....	6
4.2.	Características Komatsu 930E	8
4.2.1.	Alternador	8
4.2.2.	Motores de tracción por inducción AC	9
4.2.3.	Conjunto Caja de Parrillas	9
4.2.4.	Sistema de control ICP.....	10
5.	Sistema de Propulsión	12
5.1.	Sistema DC 830E.....	12
5.2.	Sistema AC 930E.....	13
6.	Ciclos de Mantenimiento.....	16
6.1.	Komatsu 930E.....	16
6.2.	Komatsu 830E.....	19
7.	Planificación de la mantención de la Flota Komatsu 830E y 930E en CMDIC	21
7.1.	Plan trimestral de mantenimiento	22
7.2.	Plan semanal.....	23
7.3.	Reporte Cumplimiento Planes de mantención	24
7.4.	Ejecución Planes de mantención	27
8.	Siete pasos para el mejoramiento continuo	29
9.	Herramientas de Evaluación, Análisis y Recolección de Información	30
10.	Desarrollo	31
10.1.	1° Paso: Selección del Problema u Oportunidades de Mejoras	31

10.2.	2° Paso: Cuantificar y Subdividir el Problema u Oportunidad de Mejora	36
10.3.	3° Paso: analizar las causas raíces específicas	38
10.4.	4° Paso: Establecimiento del nivel de desempeño exigido.	40
10.5.	5° Paso: Diseño y programación de soluciones.	41
10.6.	6° Paso: Implantación de Soluciones	43
10.7.	7° Paso: Establecimiento de acciones de garantía	46
11.	Mejora en Pauta de Mantenimiento	47
12.	Conclusiones	56
13.	Glosario	58
14.	Bibliografía	59
15.	Anexos.....	60
15.1.	Anexo 1: Metodologías de medición de aislación de bobinados	60
15.1.1.	Método de Resistencia de Aislación	60
15.1.2.	Índice de Polarización	61
15.2.	Anexo 2: Catalogo Camiones Komatsu	63
15.2.1.	Komatsu 830E	63
15.2.2.	Komatsu 930E	67

Índice de Tablas

Tabla 1: Flota Carguío Diesel.....	4
Tabla 2: Pauta Mantenición 250 horas 930E.....	16
Tabla 3: Pauta Mantenición 500hrs 930E.....	17
Tabla 4: Pauta Mantenición 1000hrs 930E.....	18
Tabla 5: Pauta Mantenición 250hrs 830E.....	19
Tabla 6: Pauta Mantenición 500hrs 830E.....	20
Tabla 7: Pauta Mantenición 1000 hrs 830E.....	21
Tabla 8: Personal Komatsu por contrato.....	28
Tabla 9: Horas Hombre Mantenición.....	28
Tabla 10: Personal utilizado por PM.....	28
Tabla 11: Horas Hombre para PM.....	28
Tabla 12: Criterio de Selección.....	33
Tabla 13: Escala de Gradación.....	33
Tabla 14: Peso de Importancia de oportunidades de Mejora.....	34
Tabla 15: Peso oportunidades de mejora.....	34
Tabla 16: Factibilidad de implementación.....	35
Tabla 17: Potencial de Mejora.....	41
Tabla 18: HH por PM.....	43
Tabla 19: Detenciones por sistemas Flota 830E.....	47
Tabla 20: Detenciones por subsistemas del sistema eléctrico de propulsión Flota 830E.....	49
Tabla 21: Detenciones por sistemas Flota 930E.....	50
Tabla 22: Detenciones por subsistemas del sistema eléctrico de propulsión Flota 830E.....	51
Tabla 23: Interpretación Índice de Polarización.....	62

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Ubicación Instalaciones industriales Collahuasi	3
Ilustración 2: Componentes Principales 830E.....	7
Ilustración 3: Alternador Principal y Rectificador	8
Ilustración 4: Inversor, Módulos de Fase y Motor de Tracción.	9
Ilustración 5: Componentes Principales 930E.....	11
Ilustración 6: Sistema de Propulsión 830E.....	12
Ilustración 7: Retardo 830E.....	13
Ilustración 8: Sistema de Propulsión 930E.....	14
Ilustración 9: Inversor	14
Ilustración 10: Retardo 930E.....	15
Ilustración 11: Plan Trimestral	22
Ilustración 12: Plan Semanal	23
Ilustración 13: Reporte Diario, Disponibilidad	25
Ilustración 14: Reporte Diario, Indisponibilidad.....	26
Ilustración 15: Reporte Diario, Cumplimiento Planes de Mantenimiento	26
Ilustración 16: Reporte Diario, Cumplimiento de Actividades.....	27
Ilustración 17: 7 Pasos del mejoramiento continuo	29
Ilustración 18: Diagrama de Caracterización de la Unidad	32
Ilustración 19: Diagrama Árbol Causas.....	38
Ilustración 20: Diagrama Árbol Causa Raíz.....	40
Ilustración 21: Carta Gantt Planificación Soluciones	42
Ilustración 22: Nuevo Reporte, Cumplimiento Planes de Mantenimiento.....	43
Ilustración 23: Nuevo Reporte, Cumplimiento por Empresas.....	44
Ilustración 24: Nuevo Reporte, Cumplimiento por Actividad	44
Ilustración 25: Nuevo Reporte, Relación Programado Imprevisto	44
Ilustración 26: Nuevo Reporte, Precisión de Servicio	45
Ilustración 27: Nuevo Reporte, Disponibilidad.....	46
Ilustración 28: Pauta Medición Bobinas Alternador y Motor de Tracción Flota 830E.....	53
Ilustración 29: Pauta Medición Aislación Bobinas Alternador Principal Flota 930E	54
Ilustración 30: Circuito Equivalente de Pruebas de Resistencia de Aislación	60
Ilustración 31: Naturaleza de las Corrientes.....	61
Ilustración 32: Medición de Resistencia de aislación para 3 maquinas diferentes.	62

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Valoración Oportunidades de Mejora	35
Gráfico 2: Cumplimientos Planes Semanales.....	37
Gráfico 3: Diagrama de Pareto por Sistemas Flota 830.....	48
Gráfico 4: Diagrama de Pareto por Sistemas Eléctrico de Propulsión Flota 830	49
Gráfico 5: Diagrama de Pareto por Sistemas Flota 930.....	51
Gráfico 6: Diagrama de Pareto por Sistemas Eléctrico de Propulsión Flota 930	52

1. Introducción

La flota de carguío en la Compañía Minera doña Inés de Collahuasi es una de las más importantes, ya que son estos equipos los encargados de mover el material desde las áreas de tronadura a las de chancado. Es por este motivo que los equipos deben estar la mayor cantidad del tiempo posible moviendo material, es decir con una alta disponibilidad. Para lograr cumplir lo anteriormente mencionado, el mantenimiento juega un papel crucial, particularmente si éste es de calidad.

La flota de camiones de carguío diesel consta de 107 camiones de alto tonelaje para uso fuera de carretera, siendo los principales equipos los Komatsu 930E y 830E. Por lo que el presente trabajo de título se centra en esta flota de camiones.

El mantenimiento durante las últimas décadas ha cambiado de manera significativa. En efecto, se pasó desde un mantenimiento reactivo, en donde se repara sólo cuando se rompe, luego al preventivo, que son reparaciones en intervalos regulares prefijados, y por último se pasó al mantenimiento predictivo, donde en base a la condición de los equipos se predice la falla (Maubaru, 2004). A la flota de camiones Komatsu 830E y 930E se le realiza mantenimiento preventivo, ya que se planifican las mantenciones en base a intervalos regulares de tiempo según las horas de uso del aceite del motor.

Los encargados de planificar y controlar las tareas de mantención a los camiones Komatsu 830E y 930E en Collahuasi pertenecen al área de “planificación mantención camiones y equipos de apoyo” de la Superintendencia de Planificación y Control. La realización de las mantenciones está externalizada y la realiza principalmente la empresa Komatsu.

2. Objetivos

Los objetivos generales y específicos se exponen a continuación:

2.1. Objetivo General

Mejorar la gestión de la planificación del mantenimiento y las pautas de mantenimiento de la flota carguío diesel Komatsu 830 y Komatsu 930 en la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.

2.2. Objetivos Específicos

- Conocer los equipos que forman la flota de carguío diesel en Collahuasi
- Aprender la forma de gestión de la planificación del mantenimiento en Collahuasi.
- Reunir y revisar las pautas de mantenimiento.
- Identificar Oportunidades de mejora en el área de planificación.
- Recolectar información sobre las fallas de los equipos.
- Análisis en las fallas de los equipos para buscar mejoras en las pautas de mantenimiento.

3. Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi

3.1. Datos Generales

La Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM (CMDIC) es una empresa productora de concentrado de cobre, cátodos de cobre y concentrado de molibdeno, cuya operación se basa en la explotación a rajo abierto de tres depósitos de mineral ubicados en la zona altiplánica del extremo norte de Chile. Sus instalaciones industriales y sus yacimientos Rosario, Ujina y Huinquentipa están ubicados en la comuna de Pica, a 185 Km al sureste de la ciudad de Iquique, a una altitud promedio de 4.400 metros sobre el nivel del mar. Es lo que se denomina “Área Cordillera”. En Ujina está ubicada la planta concentradora, desde donde nace un mineroducto que se extiende a lo largo de 203 Km hasta las instalaciones de filtrado y embarque de la Compañía, situadas en Punta Patache, a unos 65 Km al sur de Iquique, cuya labor es trasladar el concentrado de cobre. En este lugar, denominado “Área Puerto”, se ubica también la planta de molibdeno y el terminal portuario donde se embarcan los productos procesados con destino a los mercados internacionales.

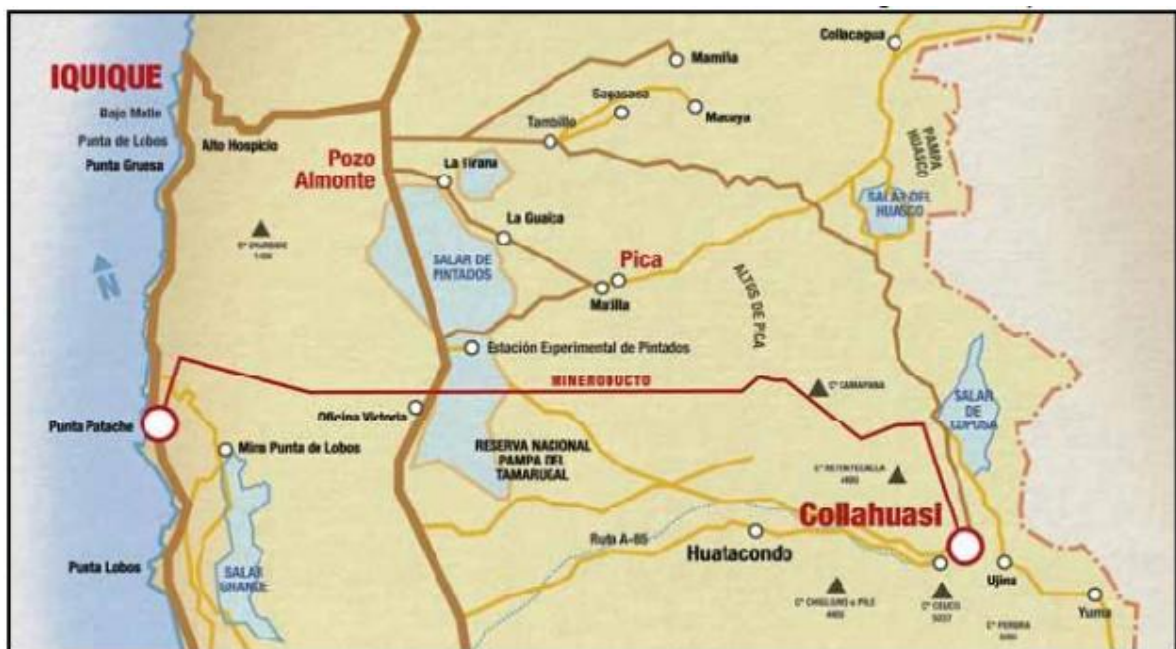


Ilustración 1: Ubicación Instalaciones industriales Collahuasi

Collahuasi es una sociedad contractual minera perteneciente a Anglo American PLC y a Glencore, cada una con un 44% de la propiedad. El 12% restante pertenece a Japan Collahuasi Resources B.V.

3.2. Flota Carguío Diesel

La flota de camiones carguío diesel que posee en la actualidad la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi se muestra en la tabla siguiente (tabla 1).

Komatsu 830E	33 Camiones
Komatsu 930E	63 Camiones
CAT 797A	2 Camiones
CAT 797B	5 Camiones
CAT 793C	4 Camiones

Tabla 1: Flota Carguío Diesel

La flota más numerosa es la Komatsu, la cual contando los dos modelos de camiones que posee, suma un total de 96 camiones, lo que representa el 90% del total de la flota. Es por este motivo que el desarrollo de este trabajo de título se centrará en esta flota de camiones.

4. Características generales Camiones Komatsu 830E y 930E

A continuación se detallan las características principales de los camiones Komatsu 830E y 930E.

4.1. Características Komatsu 830E

Es un camión Tolva con vaciado por detrás, para uso fuera de carretera y propulsión eléctrica, cuyo peso bruto es de 850.000 lbs (385 553 kg) (240 – 255 toneladas de carga útil nominal).

4.1.1. Motor

Es impulsado por un motor diesel Komatsu SDA16V160 de 2500 hp (1864 kW) @ 1900 RPM. El radiador, motor, alternador y soplador van montados en un subchasis separado para proporcionar un rápido y fácil desmontaje y montaje del módulo de potencia.

4.1.2. Alternador (G.E. GTA-26)

El alternador, G.E Modelo GTA-26, es de rotor de ocho polos salientes, trifásico, autoexcitado con estator conectado en estrella y devanados terciarios. Está montado solidariamente al motor diesel y es movido por el cigüeñal. El rotor del alternador en la parte delantera se conecta directamente al cigüeñal del motor diesel a través de una palanca adaptadora y una placa flexible. En la parte trasera (lado de los anillos colectores), el rotor está soportado por un rodamiento de bolas.

4.1.3. Soplador

El soplador en línea de impulsor doble, proporciona aire de enfriado para el alternador, rectificadores y ambos motores de tracción. El aire es eliminado a la atmósfera a través de los motores de tracción. Está ubicado sobre el eje del rotor en la parte exterior del rodamiento del alternador. El aire que entrega el soplador es de 2500 pies por minuto, con una diferencial de presión de 2.5'' de columna de agua.

El motor del soplador es modelo 5GY19A, funciona con CC, tiene cuatro polos en serie, con polos de conmutación que están montados dentro de la caja de los conjuntos de resistencias de retardo.

4.1.4. Motores de Rueda

Los motores de tracción ubicados dentro de cada estructura de rueda trasera reciben energía eléctrica desde el alternador. Los dos motores de tracción convierten energía eléctrica en energía mecánica a través de trenes de engranaje incorporados dentro de la estructura de la rueda. La dirección de los motores de mando es controlada por el interruptor selector manual de avance o retroceso ubicado en una consola en la cabina al lado derecho del operador.

Estos motores de tracción son de corriente continua, 4 polos, diseñados para 2350 RPM como máximo, ventilados por aire del soplador.

4.1.5. Retardo Dinámico

El retardo dinámico se usa para reducir la velocidad del camión durante una operación normal o para controlar la velocidad al bajar por una pendiente. La función del retardo dinámico del sistema eléctrico CC es controlada por el operador activando el pedal retardador y/o ajustando el RSC (Control de Velocidad del Retardador) en el panel de instrumentos. El Retardo Dinámico se activa automáticamente si la velocidad del camión excede el valor del parámetro de sobre velocidad.

Cuando el circuito de retardo dinámico se activa, los motores de tracción actúan como generadores. El movimiento del camión causa que las ruedas motorizadas roten, generando una salida de corriente continua que se aplica a las resistencias de retardo. Esta carga, se opone a la rotación de la armadura para disminuir la velocidad de camión.

4.1.6. Sistema de Frenos

El sistema de frenos consta de un sistema de accionamiento completamente hidráulico. Al presionar el pedal del freno se accionan los frenos delanteros de disco único, que actúan sobre la velocidad de la rueda, y los frenos traseros de disco doble, que actúan sobre la velocidad del inducido. Los frenos también se pueden activar operando un interruptor en el panel de instrumentos. Los frenos se aplicarán automáticamente si la presión del sistema cae por debajo de un mínimo preestablecido.

En la ilustración 2 se muestra un diagrama del camión Komatsu 830E en donde aparecen sus componentes principales.

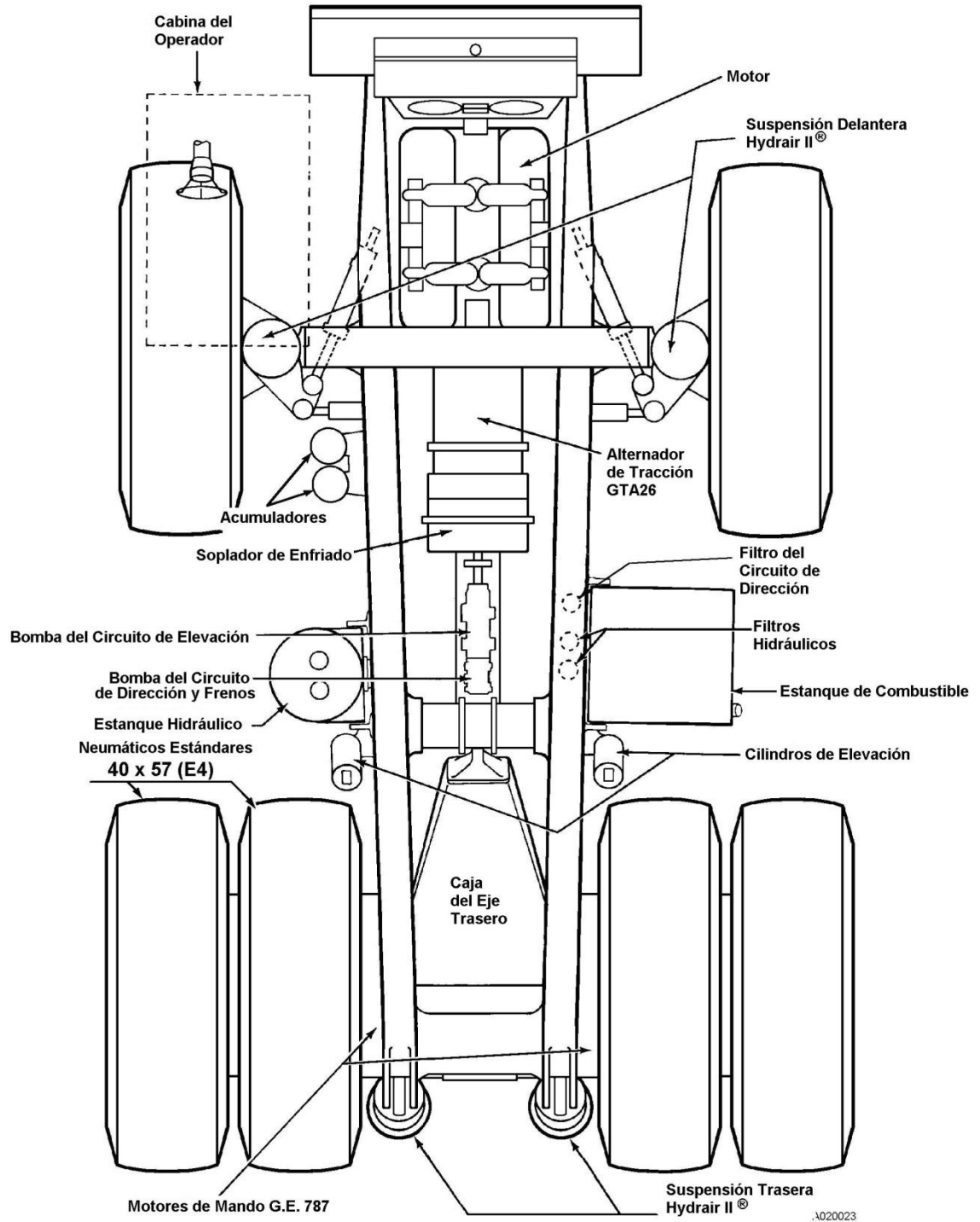


Ilustración 2: Componentes Principales 830E

4.2. Características Komatsu 930E

El Camión Tolva 930E es un camión tolva, para uso fuera de carretera, de volteo hacia atrás con sistema de mando eléctrico AC. El peso bruto del vehículo es de 1.100.000 lbs. (498 960 kg.). El motor es un Komatsu SSDA16V160 de capacidad nominal @ 2700 HP (2014 kW).

4.2.1. Alternador

El motor diesel acciona un alternador en línea a velocidad del motor. El alternador produce corriente AC que es rectificadada a DC dentro del gabinete de control principal. La corriente DC rectificadada se vuelve a convertir en AC por medio de grupos de dispositivos llamados “inversores”, también dentro del gabinete de control principal. Cada inversor consta de seis módulos de fase bajo el control de una unidad de accionamiento de compuerta (GDU). La GDU controla la operación de cada módulo de fase.

Cada módulo de fase contiene un interruptor en estado sólido enfriado por aire conocido como tiristor de desconexión de compuerta (GTO). El GTO activa y desactiva un ciclo a diversas frecuencias para crear una señal de energía AC desde el suministro DC.

La señal de energía AC producida por cada inversor es una señal de voltaje variable y frecuencia variable (VVF). La frecuencia y el voltaje se cambian para ajustarse a las condiciones de operación.

El aire de enfriado para el grupo de control/potencia y motores de rueda, así como también el alternador mismo, es proporcionado por ventiladores duales ubicados en el eje del alternador.

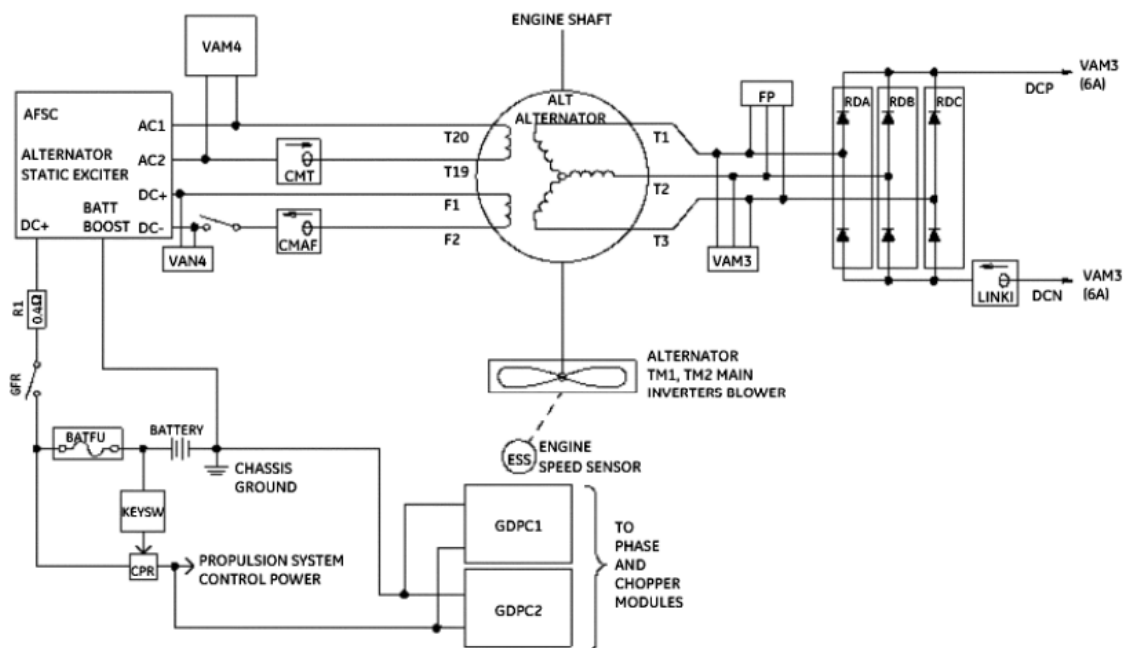


Ilustración 3: Alternador Principal y Rectificador

4.2.2. Motores de tracción por inducción AC

La salida del alternador suministra energía eléctrica a los dos motores de rueda que van en la caja del eje trasero. Las ruedas motorizadas utilizan motores de inducción AC trifásicos con energía AC de onda total.

Los motores, cada uno con su propio inversor, están conectados en paralelo a través de la salida rectificadora del alternador. Los inversores cambian el voltaje rectificado a AC, conectando y desconectando el voltaje DC aplicado.

El voltaje y frecuencia de salida AC se controla para producir un deslizamiento y eficiencia óptimos en los motores de tracción. A bajas velocidades el inversor actúa como un modulador de amplitud de pulso (PWM), a mayores velocidades el inversor funciona como modulador de onda cuadrada para poder convertir el voltaje DC a voltaje AC. El voltaje en el enlace DC (salida del rectificador del alternador principal) varía entre 600 [V] y 1400 [V] durante la propulsión y entre 600 [V] y 1500 [V] durante el retardo.

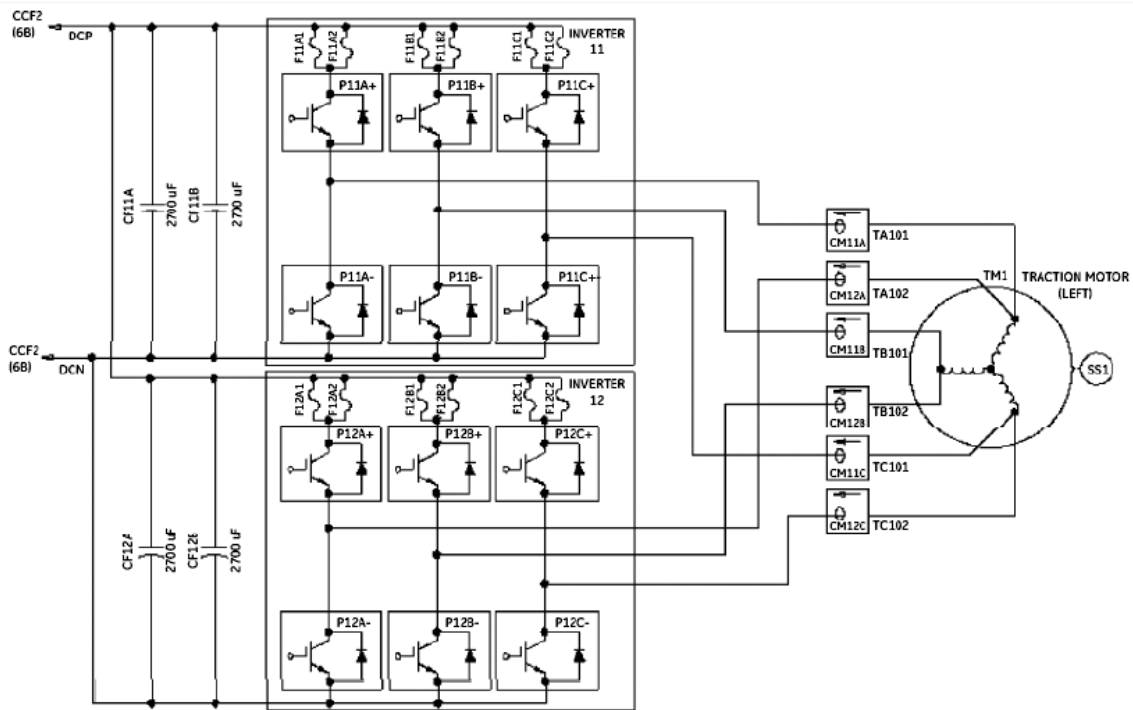


Ilustración 4: Inversor, Módulos de Fase y Motor de Tracción.

4.2.3. Conjunto Caja de Parrillas

Se emplea un paquete de rejillas de resistencias para disipar la energía proveniente de los motores de tracción (que operan como generadores) cuando están en el modo de retardo dinámico. La energía total de retardo producida por los motores de tracción es controlada por los dos inversores del motor. La cantidad de energía de retardo disipada por el paquete de rejillas es controlada por un circuito interruptor GTO y por contactores controlados por etapa.

4.2.4. Sistema de control ICP

El ICP (Panel de Control Integrado) consta de 3 componentes principales: El PSC (Controlador del Sistema de Propulsión), el TCI (Interface de Control del Camión) y el TMC (Controlador del Motor de Tracción).

4.2.4.1. *Controlador del sistema de Propulsión*

El PSC es el controlador principal para el sistema de mando AC. Recibe señales desde los sensores de velocidad montados en el Alternador y en los motores de tracción, señales de retroalimentación de corriente y voltaje desde diferentes dispositivos de control, entradas de estados y comandos desde el TCI. Usando estas entradas, el PSC controla los dos inversores, los circuitos de retardo, relés, contactores y otros dispositivos externos.

4.2.4.2. *Interface de Control del Camión*

Es la interface principal entre los sistemas y dispositivos del camión y el personal de servicio. Este panel se usa en conjunto con la pantalla de información de diagnóstico.

4.2.4.3. *Controlador del Motor de Tracción*

Recibe señales de la velocidad del motor, voltaje de enlace, voltaje de fase y corriente de fase para el control de los microprocesadores para los inversores 1 y 2. Controla los módulos de fase GTO a través de fibra óptica, esto debido a que la fibra proporciona aislación eléctrica a las señales de control y retroalimentación para los módulos de fase y módulos interruptores.

En la ilustración 5 se muestra un diagrama del camión Komatsu 930E en donde aparecen sus componentes principales.

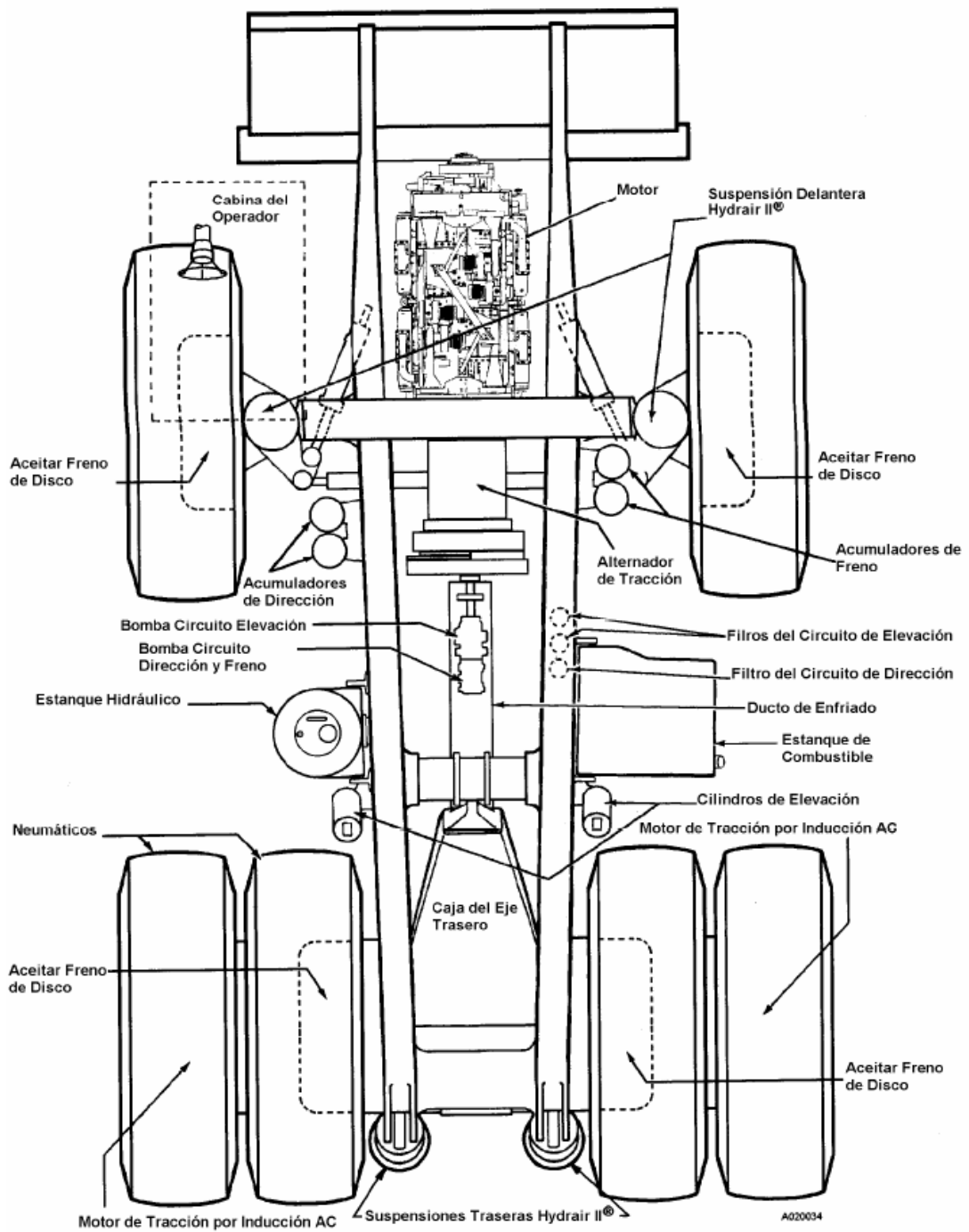


Ilustración 5: Componentes Principales 930E

5. Sistema de Propulsión

La principal diferencia en el funcionamiento de la flota 830E con respecto a la 930E es el sistema de propulsión. Los motores de tracción de la flota 830E funcionan con corriente continua mientras que los de la flota 930E con corriente alterna.

El sistema eléctrico de propulsión de ambas flotas parte con el motor diesel, el cual genera energía mecánica por la combustión del combustible. Esta energía se pasa al alternador principal por medio del cigüeñal, el cual la transforma en corriente alterna trifásica. Luego ésta es transformada en corriente continua por medio del rectificador principal trifásico de onda completa.

5.1. Sistema DC 830E

Luego de salir del rectificador principal la corriente continua va directo a los motores de tracción, donde se convierte en energía mecánica nuevamente, la cual mueve las ruedas generando la propulsión del camión. A continuación en la ilustración 6 se muestra un esquema del funcionamiento:

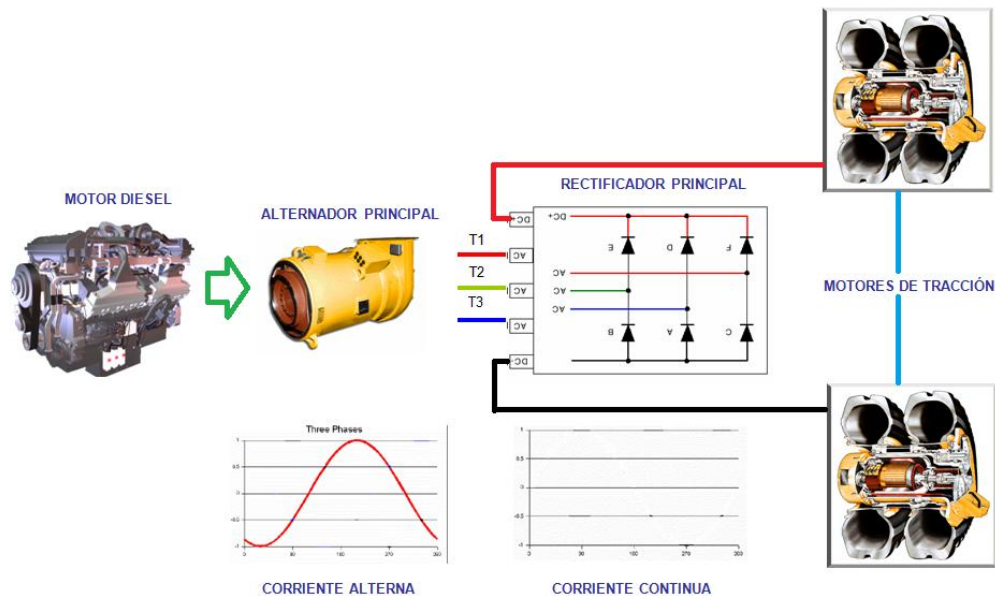


Ilustración 6: Sistema de Propulsión 830E

Cuando el equipo entra en retardo, los motores de tracción funcionan como generador. Esta energía es disipada por medio del banco de parrillas (resistencias) en forma de calor y para enfriarlas se utiliza un soplador (blower). En la ilustración 7 se muestra un esquema de un equipo en retardo:

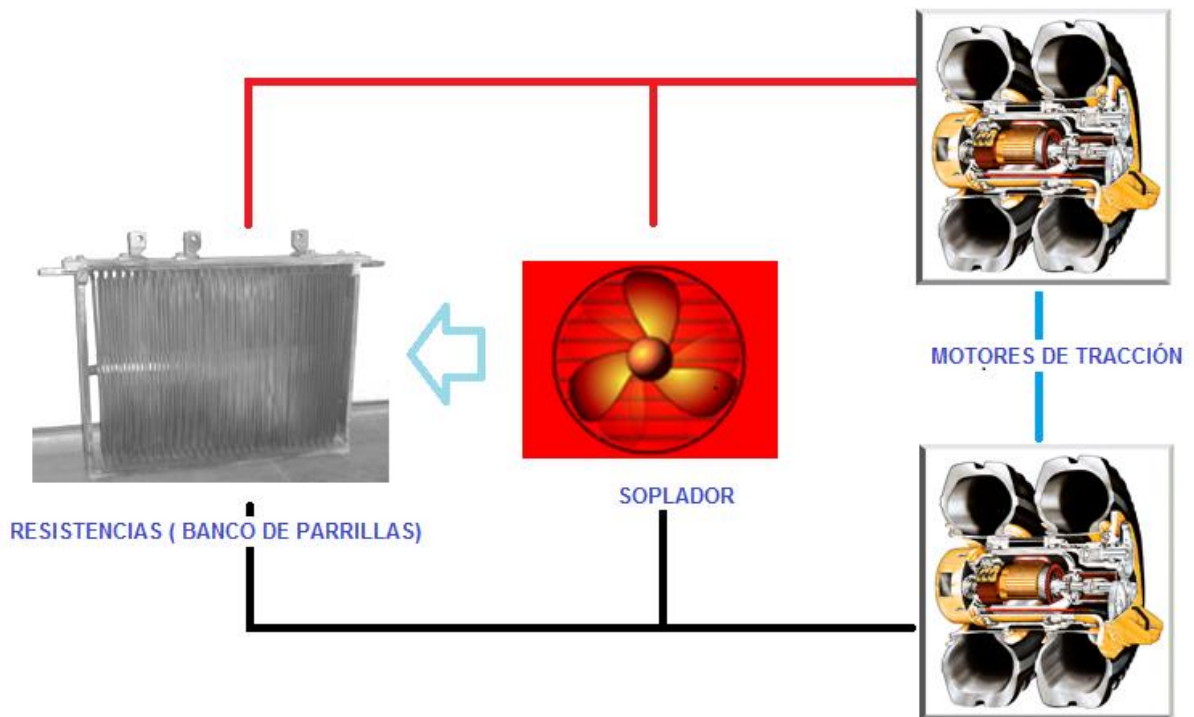


Ilustración 7: Retardo 830E

5.2. Sistema AC 930E

Una vez salida del rectificador principal, la corriente continua pasa a los inversores, uno para cada motor de tracción, los cuales transforman la corriente continua en alterna trifásica con frecuencia variable por medio de 6 módulos de fase (2 por cada fase de salida). Esta energía es entregada a los motores de tracción, los cuales la convierten en movimiento de las ruedas del camión. En la ilustración 8 se muestra un esquema del sistema de propulsión de la flota 930E:

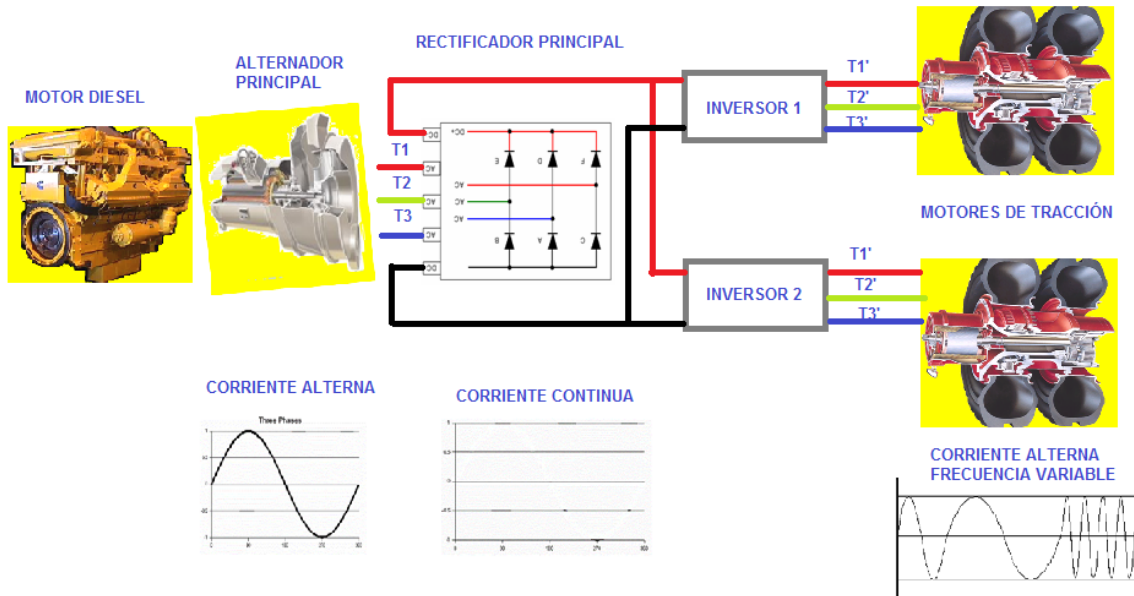


Ilustración 8: Sistema de Propulsión 930E

El diagrama de un inversor es el siguiente (ilustración 9):

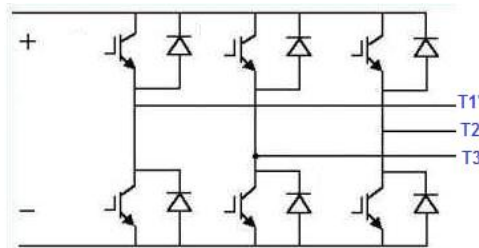


Ilustración 9: Inversor

Cuando el equipo 930E entra en retardo, los motores de tracción que funcionan como generadores, entregan corriente alterna trifásica a los inversores que actúan como rectificadores convirtiéndola en continua. Ésta, al igual que el caso de los camiones 830E, se disipa por medio de un banco de parrillas (resistencias) en forma de calor, enfriado por un soplador (ilustración 10).

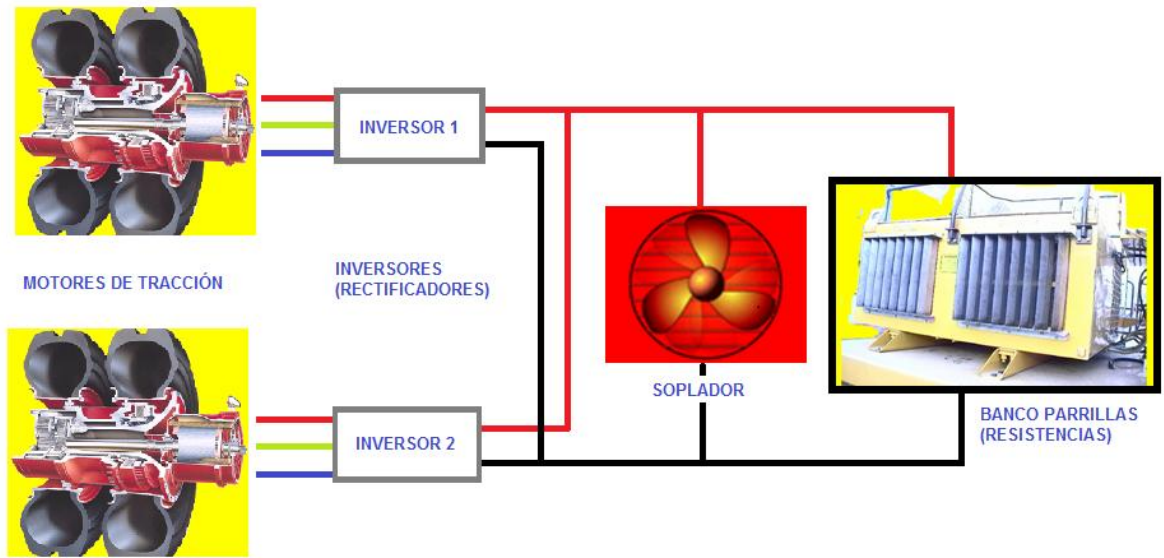


Ilustración 10: Retardo 930E

6. Ciclos de Mantenimiento

Los camiones pasan por 3 ciclos de mantenimiento, los que son programados según lo sugerido por el fabricante (horas de aceite motor). Tomando este hecho en consideración, se realizan cuando el camión cumple con 250, 500 y 1000 horas de servicio. Cada uno de estos mantenimientos poseen sus respectivas pautas. A continuación se mostrarán las pautas de manera general.

6.1. Komatsu 930E

Mantenimiento de 250 horas: esta es una mantención menor, con 5 hrs de detención; se realiza aproximadamente cada 12 días. A continuación se muestra de manera general la pauta (Tabla 2):

<input type="checkbox"/> MANTENCION 250	4,92 hours
CHARLA DE SEGURIDAD	30 mins
CONFECCION DE ART	30 mins
<input type="checkbox"/> Pauta 250	4,92 hours
<input type="checkbox"/> OPERATIVA	2,78 hours
<input type="checkbox"/> LAVAR EQUIPO Y RADIADOR	1,5 hours
<input type="checkbox"/> INICIAL	1,1 hours
<input type="checkbox"/> TOMA DE MUESTRAS	0,18 hours
<input type="checkbox"/> MOTOR	0,68 hours
<input type="checkbox"/> MOTOR DIESEL	0,68 hours
<input type="checkbox"/> CABINA 1	2,13 hours
<input type="checkbox"/> SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	1,97 hours
<input type="checkbox"/> CONJUNTO CALEFACCION	0,17 hours
<input type="checkbox"/> CABINA 2	1,27 hours
<input type="checkbox"/> CABINA	0,68 hours
<input type="checkbox"/> RADIO COMERCIAL	0,15 hours
<input type="checkbox"/> CALEFACTORES ELECTRICOS	0,28 hours
<input type="checkbox"/> LIMPIA PARABRISAS	0,15 hours
<input type="checkbox"/> MECANICO 1	1,88 hours
<input type="checkbox"/> CABINA	0,33 hours
<input type="checkbox"/> SISTEMA DE ENGRASE	0,85 hours
<input type="checkbox"/> TOLVA	0,22 hours
<input type="checkbox"/> SUSPENSIONES y MASAS	0,15 hours
<input type="checkbox"/> ACUMULADORES	0,33 hours
<input type="checkbox"/> MECANICO 2	0,5 hours
<input type="checkbox"/> MOTORES DE TRACCION	0,12 hours
<input type="checkbox"/> SISTEMA CONTRA INCENDIO	0,5 hours
<input type="checkbox"/> ELECTRICO 1	0,45 hours
<input type="checkbox"/> SISTEMA 24V	0,37 hours
<input type="checkbox"/> ALTERNADO PRINCIPAL	0,08 hours
<input type="checkbox"/> ELECTRICO 2	0,45 hours
<input type="checkbox"/> GABINETE CONTACTORES	0,08 hours
<input type="checkbox"/> GABINETE PRINCIPAL	0,28 hours
<input type="checkbox"/> BANCO DE PARRILLAS	0,08 hours
<input type="checkbox"/> MICROFILTRADO	4 hours

Tabla 2: Pauta Mantención 250 horas 930E

Mantenimiento de 500 Horas: Esta ya es una detención mayor, los camiones se detienen por 16 horas y se realiza cada 24 días aproximadamente. A continuación se muestra de manera general la pauta (Tabla 3):

☐ MANTENCION 500	16 hours
LAVADO DE EQUIPO	2 hours
CHARLA DE SEGURIDAD	30 mins
CONFECCION DE ART	30 mins
☐ PAUTA 500	9 hours
☐ OPERATIVA	3,62 hours
⊕ LAVAR EQUIPO Y RADIADOR	1,5 hours
⊕ INICIAL	1,93 hours
⊕ TOMA DE MUESTRAS	0,18 hours
☐ MOTOR	2,93 hours
⊕ MOTOR DIESEL	2,93 hours
☐ CABINA 1	3,27 hours
⊕ SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	2,93 hours
⊕ CONJUNTO CALEFACCION	0,33 hours
☐ CABINA 2	2,13 hours
⊕ CABINA	0,98 hours
⊕ RADIO COMERCIAL	0,15 hours
⊕ CALEFACTORES ELECTRICOS	0,8 hours
⊕ LIMPIA PARABRISAS	0,2 hours
☐ MECANICO 1	1,88 hours
⊕ CABINA	0,33 hours
⊕ SISTEMA DE ENGRASE	0,85 hours
⊕ TOLVA	0,22 hours
⊕ SUSPENSIONES y MASAS	0,15 hours
⊕ ACUMULADORES	0,33 hours
☐ MECANICO 2	2,38 hours
⊕ MOTORES DE TRACCION	1,07 hours
⊕ HIDRAULICO	0,45 hours
⊕ ESTRUCTURA	0,37 hours
⊕ SISTEMA CONTRA INCENDIO	0,5 hours
☐ ELECTRICO 1	3,5 hours
⊕ SISTEMA 24V	1,47 hours
⊕ ALTERNADO PRINCIPAL	1,07 hours
⊕ VHMS	0,3 hours
⊕ PAYLOAD METER	0,67 hours
☐ ELECTRICO 2	2,42 hours
⊕ GABINETE CONTACTORES	0,72 hours
⊕ GABINETE PRINCIPAL	1,13 hours
⊕ BANCO DE PARRILLAS	0,32 hours
⊕ BLOWER DE PARRILLAS	0,25 hours
☐ MICROFILTRADO MTS	4 hours

Tabla 3: Pauta Mantención 500hrs 930E

Mantenimiento de 1000 horas: Esta es una de las mayores detenciones (la otra es la detención por cambios de componentes); se detiene al equipo por 20 horas. El equipo se detiene aproximadamente cada 48 días. A continuación se muestra de manera general la pauta (Tabla 4):

☐ MANTENCION 1000	19,07 hours
LAVADO DE EQUIPO	2 hours
CHARLA DE SEGURIDAD	30 mins
CONFECCION DE ART	30 mins
☐ PAUTA 1000	12,07 hours
☐ OPERATIVA	4,77 hours
+ LAVAR EQUIPO Y RADIADOR	1,5 hours
+ INICIAL	3,08 hours
+ TOMA DE MUESTRAS	0,18 hours
☐ MOTOR	3,27 hours
+ MOTOR DIESEL	3,27 hours
☐ CABINA 1	4,18 hours
+ SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	3,8 hours
+ CONJUNTO CALEFACCION	0,38 hours
☐ CABINA 2	2,35 hours
+ CABINA	1,2 hours
+ RADIO COMERCIAL	0,15 hours
+ CALEFACTORES ELECTRICOS	0,8 hours
+ LIMPIA PARABRISAS	0,2 hours
☐ MECANICO 1	2,87 hours
+ CABINA	0,33 hours
+ SISTEMA DE ENGRASE	1,18 hours
+ TOLVA	0,47 hours
+ SUSPENSIONES y MASAS	0,55 hours
+ ACUMULADORES	0,33 hours
☐ MECANICO 2	4,28 hours
+ MOTORES DE TRACCION	1,07 hours
+ HIDRAULICO	1,83 hours
+ ESTRUCTURA	1,13 hours
+ SISTEMA CONTRA INCENDIO	0,25 hours
☐ ELECTRICO 1	4,18 hours
+ SISTEMA 24V	1,92 hours
+ ALTERNADO PRINCIPAL	1,42 hours
+ VHMS	0,3 hours
+ PAYLOAD METER	0,55 hours
☐ ELECTRICO 2	4,43 hours
+ GABINETE CONTACTORES	0,72 hours
+ GABINETE PRINCIPAL	1,87 hours
+ PANEL AFSE	0,4 hours
+ BANCO DE PARRILLAS	0,55 hours
+ BLOWER DE PARRILLAS	0,9 hours
+ MICROFILTRADO MTS	4 hours

Tabla 4: Pauta Mantención 1000hrs 930E

6.2. Komatsu 830E

Mantenimiento de 250 horas: Esta es una mantención menor, con 6 hrs de detención, y se realiza aproximadamente cada 12 días. A continuación se muestra de manera general la pauta (Tabla 5):

▣ MANTENCION 250	6,47 hours
+ CONFECCION ART	30 mins
+ CHARLA DE SEGURIDAD	30 mins
▣ MP 250	5,47 hours
▣ OPERATIVA	1,47 hours
+ INICIAL	1,35 hours
+ TOMA DE MUESTRAS	0,12 hours
▣ ELECTRICO 1	2,48 hours
+ SISTEMA 24V	0,75 hours
+ BATERIAS	0,9 hours
+ GABINETE DE FRENOS (SISTEMA 24 V	0,17 hours
+ MOTORES DE ARRANQUE (2)	0,25 hours
+ ALTERNADOR DE 24V:	0,42 hours
▣ ELECTRICO 2	3,57 hours
+ GABINETE DE CONTACTORES	2,02 hours
+ GABINETE DE EXCITADORES	0,87 hours
+ DUCTOS DE REFRIGERACIÓN	0,28 hours
+ BANCO DE PARRILLAS	0,4 hours
▣ ELECTRICO 3	2,4 hours
+ EJE TRASERO	0,37 hours
+ MOTOR DE TRACCIÓN IZQUIERDO (M	0,53 hours
+ MOTOR DE TRACCIÓN DERECHO (MT	0,53 hours
+ ARMADURA IZQUIERDA (MT1)	0,48 hours
+ ARMADURA DERECHA (MT2)	0,48 hours
▣ MECANICO 1	4 hours
+ SISTEMA DE ENGRASE	0,67 hours
+ SUSPENSIONES TRASERAS	0,7 hours
+ SUSPENSIONES DELANTERAS	0,47 hours
+ CILINDROS DE LEVANTE	0,47 hours
+ ESTRUCTURA	0,12 hours
+ RADIADOR	0,82 hours
+ SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	0,42 hours
+ TANQUE DE COMBUSTIBLE	0,35 hours
▣ MECANICO 2	3,7 hours
+ SISTEMA HIDRAULICO	0,72 hours
+ SISTEMA DE LEVANTE	0,37 hours
+ SISTEMA DIRECCION	0,37 hours
+ MASAS DELANTERAS (CUBOS DE RU	0,05 hours
+ FRENO DELANTERO IZQUIERDO	0,22 hours
+ FRENO DELANTERO DERECHO	0,22 hours
+ FRENO TRASERO IZQUIERDO	0,43 hours
+ FRENO TRASERO DERECHO	0,43 hours
+ CABINA	0,12 hours
+ ASIENTO DE OPERADOR:	0,28 hours
+ SUPRESOR DE INCENDIO:	0,5 hours
▣ CABINA 1	1,97 hours
+ SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	1,8 hours
+ CONJUNTO CALEFACCION	0,17 hours
▣ CABINA 2	1,28 hours
+ CABINA	0,7 hours
+ RADIO COMERCIAL	0,15 hours
+ CALEFACTORES ELECTRICOS	0,28 hours
+ LIMPIA PARABRISAS	0,15 hours

Tabla 5: Pauta Mantención 250hrs 830E

Mantenimiento de 500 Horas: Esta ya es una detención mayor, los camiones se detienen por 13 horas y se realiza cada 24 días aproximadamente. A continuación se muestra de manera general la pauta (Tabla 6):

☐ MANTENCION CA24	12,52 hours
CONFECION ART	30 mins
CHARLA DE SEGURIDAD	30 mins
☐ MP 500	11,52 hours
☐ OPERATIVA	5,02 hours
☒ LAVAR	1,5 hours
☒ INICIAL	3,2 hours
☒ TOMA DE MUESTRAS	0,32 hours
☐ ELECTRICO 1	6,5 hours
☒ SISTEMA 24V	0,75 hours
☒ BATERIAS	0,9 hours
☒ SISTEMA CONVERSOR 24 /12V	0,32 hours
☒ GABINETE ELECTRICO DE 24 VOLT:	0,23 hours
☒ GABINETE DE FRENOS (SISTEMA 24 VOLT):	0,92 hours
☒ MOTORES DE ARRANQUE (2)	0,37 hours
☒ ALTERNADOR DE 24V:	0,42 hours
☒ CAJAS DE UNIONES 24V CHASIS INFERIOR:	0,32 hours
☒ SENSOR, SWITCH, ARNES 24V SISTEMAS (revisar estado de cables y conexiones):	2,28 hours
☐ ELECTRICO 2	4,37 hours
☒ GABINETE DE CONTACTORES	2,82 hours
☒ GABINETE DE EXCITADORES	0,87 hours
☒ DUCTOS DE REFRIGERACIÓN	0,28 hours
☒ BANCO DE PARRILLAS	0,4 hours
☐ ELECTRICO 3	3,8 hours
☒ ALTERNADOR PRINCIPAL:	0,17 hours
☒ EJE TRASERO	0,7 hours
☒ MOTOR DE TRACCIÓN IZQUIERDO (MT1)	0,58 hours
☒ MOTOR DE TRACCIÓN DERECHO (MT2)	0,58 hours
☒ ARMADURA IZQUIERDA (MT1)	0,88 hours
☒ ARMADURA DERECHA (MT2)	0,88 hours
☐ MECANICO 1	6,07 hours
☒ SISTEMA DE ENGRASE	0,67 hours
☒ SUSPENSIONES TRASERAS	0,7 hours
☒ SUSPENSIONES DELANTERAS	0,47 hours
☒ CILINDROS DE LEVANTE	0,47 hours
☒ ESTRUCTURA	1,67 hours
☒ RADIADOR	0,9 hours
☒ SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	0,42 hours
☒ DUCTOS DE ESCAPE	0,32 hours
☒ TANQUE DE COMBUSTIBLE	0,47 hours
☐ MECANICO 2	4,73 hours
☒ SISTEMA HIDRAULICO	1,08 hours
☒ SISTEMA DE LEVANTE	0,37 hours
☒ SISTEMA DIRECCION	0,98 hours
☒ MASAS DELANTERAS (CUBOS DE RUEDA)	0,05 hours
☒ FRENO DELANTERO IZQUIERDO	0,22 hours
☒ FRENO DELANTERO DERECHO	0,22 hours
☒ FRENO TRASERO IZQUIERDO	0,43 hours
☒ FRENO TRASERO DERECHO	0,43 hours
☒ CABINA	0,17 hours
☒ ASIENTO DE OPERADOR:	0,28 hours
☒ SUPRESOR DE INCENDIO:	0,5 hours
☐ CABINA 1	3,27 hours
☒ SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	2,93 hours
☒ CONJUNTO CALEFACCION	0,33 hours
☐ CABINA 2	2,23 hours
☒ CABINA	1,08 hours
☒ RADIO COMERCIAL	0,15 hours
☒ CALEFACTORES ELECTRICOS	0,8 hours
☒ LIMPIA PARABRISAS	0,2 hours

Tabla 6: Pauta Mantención 500hrs 830E

Mantenimiento de 1000 horas: Esta es una de las mayores detenciones (la otra es la detención por cambios de componentes); se detiene al equipo por 14 horas. El equipo se detiene aproximadamente cada 48 días. A continuación se muestra de manera general la pauta (Tabla 7):

☐ MANTENCION 1000	13,95hours
CONFECCION ART	30mins
CHARLA DE SEGURIDAD	30mins
☐ MP 1000	12,95hours
☐ OPERATIVA	6,35hours
⊕ LAVAR	2hours
⊕ INICIAL	4,03hours
⊕ TOMA DE MUESTRAS	0,32hours
☐ ELECTRICO 1	6,5hours
⊕ SISTEMA 24V	0,75hours
⊕ BATERIAS	0,9hours
⊕ SISTEMA CONVERSION 24 /12V	0,32hours
⊕ GABINETE ELECTRICO DE 24 VOLT:	0,23hours
⊕ GABINETE DE FRENO (SISTEMA 24 VOLT	0,92hours
⊕ MOTORES DE ARRANQUE (2)	0,37hours
⊕ ALTERNADOR DE 24V:	0,42hours
⊕ CAJAS DE UNIONES 24V CHASIS INFERIOR	0,32hours
⊕ SENSOR, SWITCH, ARNES 24V SISTEMAS (revisar estado de cables y conexiones):	2,28hours
☐ ELECTRICO 2	6,6hours
⊕ GABINETE DE CONTACTORES	2,82hours
⊕ GABINETE DE EXCITADORES	0,87hours
⊕ DUCTOS DE REFRIGERACIÓN	0,28hours
⊕ BANCO DE PARRILLAS	0,52hours
⊕ BANCO MT1	0,42hours
⊕ BANCO MT2	0,42hours
⊕ BLOWER DE PARRILLAS	1,28hours
☐ ELECTRICO 3	5,17hours
⊕ ALTERNADOR PRINCIPAL:	1,2hours
⊕ EJE TRASERO	0,7hours
⊕ MOTOR DE TRACCIÓN IZQUIERDO (MT1)	0,75hours
⊕ MOTOR DE TRACCIÓN DERECHO (MT2)	0,75hours
⊕ ARMADURA IZQUIERDA (MT1)	0,88hours
⊕ ARMADURA DERECHA (MT2)	0,88hours
☐ MECANICO 1	6,18hours
⊕ SISTEMA DE ENGRASE	0,67hours
⊕ SUSPENSIONES TRASERAS	0,7hours
⊕ SUSPENSIONES DELANTERAS	0,47hours
⊕ CILINDROS DE LEVANTE	0,47hours
⊕ ESTRUCTURA	1,67hours
⊕ RADIADOR	0,9hours
⊕ SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	0,53hours
⊕ DUCTOS DE ESCAPE	0,32hours
⊕ TANQUE DE COMBUSTIBLE	0,47hours
☐ MECANICO 2	5,65hours
⊕ SISTEMA HIDRAULICO	1,33hours
⊕ SISTEMA DE LEVANTE	0,37hours
⊕ SISTEMA DIRECCION	1,15hours
⊕ MASAS DELANTERAS (CUBOS DE RUEDA)	0,22hours
⊕ FRENO DELANTERO IZQUIERDO	0,3hours
⊕ FRENO DELANTERO DERECHO	0,3hours
⊕ FRENO TRASERO IZQUIERDO	0,52hours
⊕ FRENO TRASERO DERECHO	0,52hours
⊕ CABINA	0,17hours
⊕ ASIENTO DE OPERADOR:	0,28hours
⊕ SUPRESOR DE INCENDIO:	0,5hours
☐ CABINA 1	4,18hours
⊕ SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	3,8hours
⊕ CONJUNTO CALEFACCION	0,38hours
☐ CABINA 2	2,45hours
⊕ CABINA	1,3hours
⊕ RADIO COMERCIAL	0,15hours
⊕ CALEFACTORES ELECTRICOS	0,8hours
⊕ LIMPIA PARABRISAS	0,2hours

Tabla 7: Pauta Mantención 1000 hrs 830E

7. Planificación de la mantención de la Flota Komatsu 830E y 930E en CMDIC

La Superintendencia de Planificación realiza un programa anual de mantenimiento, el cual tiene por objetivo obtener las disponibilidades de los equipos de carguío. Este informe se entrega a la Gerencia Mina para el desarrollo del plan minero, junto con el presupuesto que se debe tener

para el mantenimiento de las flotas. A partir de este programa anual se desprende el plan trimestral y el plan semanal. El encargado de crear este plan es el Jefe de Área de Planificación y debe ser aprobado por el Gerente Mina.

7.1. Plan trimestral de mantenimiento

Es un diseño en el cual se detallan las horas maquinas diarias que se van a destinar a las distintas tareas del mantenimiento por el periodo de tres meses móviles.

El objetivo es establecer las horas de detención para mantención de las flotas Komatsu 830E y 930E en base a las disponibilidades del plan anual, además del control de costos por el cambio de componentes en el periodo.

Para la elaboración del plan trimestral se toma como partida una propuesta entregada por las ESED (Empresas de Servicios Directos), la que se revisa con respecto a las disponibilidades del plan anual y el presupuesto mensual. Si las disponibilidades o los costos no se ajustan a los del plan anual para los tres meses del plan, se hacen las observaciones a las ESED las cuales modifican sus programas y los envían nuevamente para ser revisado. Una vez que el plan concuerda con lo esperado por la Compañía, es aceptado y se procede a su distribución.

Junto con cumplir la disponibilidad del plan, al realizar la programación se pide que la relación de tareas programadas versus imprevistas sea del 60%. Esto quiere decir que la programación de las horas destinadas a mantención no supere el 60% de las horas totales de detención para cumplir con la disponibilidad, lo cual deja un 40% del tiempo de detención para imprevistos.

A continuación se muestra un ejemplo del formato de un plan trimestral (Ilustración 11):

COLLAHUASI		Disponibilidad Plan Quinquenal										PROGRAMA TRIMESTRAL MESES DE					AGOSTO A OCTUBRE									
Inicio Periodo	31 de julio de 2013											Nº Dias					92									
Termino Periodo	30 de octubre de 2013											Disponibilidad Budget Agosto					82,6%									
Flota	930E											Disponibilidad Budget Septiembre					82,6%									
Nº de Equipos	63,00											Disponibilidad Budget Octubre					82,6%									
												Disponibilidad Budget Periodo					82,6%									
Tareas de Mantención												Nº Téc. Prog														
												Disponibilidad Proy. Agosto					82,3%									
												Disponibilidad Proy. Septiembre					82,5%									
												Disponibilidad Proy. Octubre					82,2%									
												Disponibilidad Proy. Periodo					82,3%									
												Disponibilidad de Programa														
Flota 930E		mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	
Equipo		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
Tipo de PM		A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	A250	
Mantenimiento Preventivo		50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00		
Reparación Programada		18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00		
Inspección		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		
PCR		24,00	24,00	12,00	2,00	2,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00		
Backlog		16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00		
Neumáticos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		
Tolva		12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00		
Cambio de Tolva																										
Soldadura		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00		
MT Plan de Horas Preventivo (Inspecciones)		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		
Total Horas Máquinas Programadas		112,00	112,00	129,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00		
Horas de imprevistos por Día		129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02		
Imprevistos		129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02	129,02		
Relación Programado / Imprevisto (50%)		52%	52%	50%	52%	48%	52%	52%	50%	50%	52%	52%	50%	52%	52%	54%	56%	50%	52%	48%	52%	50%	52%	50%		
Total Horas de Detención Programada por Día		271	271	259	271	247	271	271	259	259	271	271	259	271	271	283	298	259	271	247	271	259	271	259		
Total Horas Máquinas nominales por Día		82,1%	82,1%	82,9%	82,1%	83,7%	82,1%	82,3%	82,3%	82,1%	82,1%	82,3%	82,1%	82,3%	82,1%	81,3%	80,5%	82,9%	82,1%	83,7%	82,1%	82,3%	82,1%	82,3%		

Ilustración 11: Plan Trimestral

Los responsables de la revisión de estos planes son los planificadores, los cuales una vez conciliado con las ESED, son mostrados al Jefe de Área, el cual lo levanta al Superintendente, quien asimismo lo lleva a la Gerencia Mina para su aprobación definitiva.

7.2. Plan semanal

Es el plan de actividades a realizar en la semana, en el cual se detallan los equipos que entrarán a mantención junto con las tareas a realizar y el tiempo de detención. Este plan se presenta en una carta Gantt.

El objetivo es describir todas las actividades que se realizarán en la semana, los equipos que entran a mantención junto con el tiempo que deben estar en mantención, ordenado de manera cronológica en una carta Gantt. Al igual que en el plan trimestral se parte desde una propuesta entregada por las ESED, la cual es revisada por los planificadores. La propuesta se debe revisar con respecto a la precisión de servicio de los equipos, el kardex de backlogs, requerimientos del Área de Confiabilidad, campañas de mejoras, componentes en faena, etc. El plan es autorizado por el Jefe de Área de Planificación.

Una vez conciliado y entregado el plan semanal, este es enviado al Área de Operaciones Mina, la cual gestiona la logística de los camiones para su mantención. Esta área es la encargada de sacar a los camiones de operación para que entren en mantención y, además, controla los tiempos de ejecución de las mantenciones.

El formato utilizado es el siguiente (Ilustración 12):

FLOTA	TAREA A DESARROLLAR	% completado	DURACIÓN	Empresa	INICIO	TERMINO	RECURSOS
	PROGRAMA SEMANAL DEL 05 MARZO AL 11 MARZO 2013	0%	807,05 hrs		vie 08-02-13	jue 14-03-13	
	▷ NORMALIZACION PLM (DPTO ELECT. KCH)	0%	146 hrs		mar 05-03-13	lun 11-03-13	
830E	▷ SOPLADO W60	0%	3 hrs		mar 05-03-13	mar 05-03-13	
	▷ RELLENO 10 EQUIPOS FLOTA 830E 930E	0%	6 hrs		mar 05-03-13	mar 05-03-13	
930E	▷ TOMA DE MUESTRA 930	0%	1,5 hrs		mar 05-03-13	mar 05-03-13	
CA86	▷ CA86 MP C1000 + MP CUMMINS + RP	0%	25,02 hrs		mar 05-03-13	mié 06-03-13	
	LAVADO DE EQUIPO	0%	2 hrs	BSER	mar 05-03-13	mar 05-03-13	Personal BAILAC
	REVISION ART	0%	30 mins	KMS	mar 05-03-13	mar 05-03-13	Personal Mantención KCH[50]
	CHARLA DE SEGURIDAD	0%	30 mins	KMS	mar 05-03-13	mar 05-03-13	Personal Mantención KCH[50]
	REVISION Y CHEQUEO DE BITACORA	0%	30 mins	KMS	mar 05-03-13	mar 05-03-13	Supervisor mantención
	PAUTA MANTENCION PROGRAMADA C17000	0%	12 hrs	KMS	mar 05-03-13	mar 05-03-13	Personal Mantención KCH[50]
	MICROFILTRADO MOTORES DE TRACCION	0%	4 hrs	KMS	mar 05-03-13	mié 06-03-13	Personal Copec[200%]
	▷ REPARACION PROGRAMADA KCH	0%	10,02 hrs		mar 05-03-13	mié 06-03-13	
	▷ CUMMINS	0%	22,02 hrs		mar 05-03-13	mié 06-03-13	
	▷ CONYMET	0%	1 hr		mar 05-03-13	mar 05-03-13	
	▷ WESTFIRE	0%	3 hrs		mar 05-03-13	mar 05-03-13	
	▷ DALKIA	0%	1 hr		mar 05-03-13	mar 05-03-13	
	▷ CMDIC	0%	1 hr		mar 05-03-13	mar 05-03-13	
	▷ CMDIC	0%	1,5 hrs		mar 05-03-13	mar 05-03-13	
CA86	▷ CA86 CAMBIO COMPONENTE PROGRAMADO	0%	6 hrs		mié 06-03-13	mié 06-03-13	
CA18	▷ CA18 MP B500 + MP DETROIT + RP	0%	20,02 hrs		mar 05-03-13	mié 06-03-13	
CA18	▷ CA18 CAMBIO COMPONENTE PROGRAMADO	0%	6 hrs		mié 06-03-13	mié 06-03-13	
CA11	▷ CA11 CAMBIO COMPONENTE PROGRAMADO	0%	30,02 hrs		mar 05-03-13	mié 06-03-13	
CA69	▷ CA69 MP B500 + MP CUMMINS + RP	0%	20,02 hrs		mar 05-03-13	mié 06-03-13	
CA70	▷ CA70 CAMBIO COMPONENTE PROGRAMADO	0%	30,02 hrs		mar 05-03-13	mié 06-03-13	
CA37	▷ CA37 MP A250 + PM DETROIT 250	0%	11,02 hrs		mar 05-03-13	mié 06-03-13	
830E	▷ SOPLADO W60	0%	3 hrs		mié 06-03-13	mié 06-03-13	
	4 EQUIPOS (FLOTA 830)	0%	3 hrs	KMS	mié 06-03-13	mié 06-03-13	Personal Mantención KCH[20]
	▷ RELLENO 10 EQUIPOS FLOTA 830E 930E	0%	6 hrs		mié 06-03-13	mié 06-03-13	
	RELLENO EQUIPOS FLOTA 830E 930E (COD 232)	0%	6 hrs	CUM	mié 06-03-13	mié 06-03-13	Personal Detroit Chile CUMM

Ilustración 12: Plan Semanal

En este mismo programa se va actualizando el cumplimiento diario del plan. Así, en base a este cumplimiento diario se elabora un reporte con el cumplimiento.

7.3. Reporte Cumplimiento Planes de mantención

El reporte de cumplimiento se separa en 4 partes. En la primera se muestran los siguientes indicadores:

- Disponibilidad Física: Es el porcentaje de tiempo en el cual los equipos pueden cumplir la función para la cual fueron adquiridos. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad Física [\%]} = \frac{\text{Horas Nominales} - \text{Horas Detención}}{\text{Horas Nominales}} \cdot 100$$

- Disponibilidad Mecánica: Es el porcentaje de tiempo durante el cual los equipos están mecánicamente aptos para cumplir la función para la cual fueron adquiridos. En este caso, a diferencia de la disponibilidad física, no se consideran los tiempos de indisponibilidad a causa de neumáticos, contingencias climáticas, fallas operacionales, etc.

$$\text{Disponibilidad Mecánica[\%]} = \frac{\text{Hrs Nominales} - \text{Hrs Detención} - \text{Hrs Excluidas}}{\text{Hrs Nominales}} \cdot 100$$

- Forecast del Mes: Disponibilidad mensual ofrecida por la Superintendencia de Planificación para cada una de las flotas. Es dada por el plan anual.
- Horas Remanentes: Son las horas de detención de los equipos que van quedando para cumplir con la disponibilidad ofrecida en el mes.

$$\text{Horas Remanentes[Hrs]} = \text{Hrs Nominales} * (1 - \%disp) - \text{Hrs Indisp Utilizadas}$$

En donde:

%disp: Disponibilidad Física ofrecida para el mes [%].

Hrs Indisp Utilizadas: Horas totales que los equipos han estado indisponibles en el mes.

En la ilustración 13 se muestran estos indicadores en un reporte diario.

Disponibilidad de Flotas									
	Día		Acumulado Mes		FCS Mes	Cumplimiento Metas		Horas Nom Mes	Horas Rem. Mes
	Disp. Fis	Disp. Mec.	Disp. Fis	Disp. Mec.	Disp. Fisica	Día	Mes		
830E	74.4%	74.7%	80.1%	81.1%	77.0%	✗	✓	24552	1551
930E	84.9%	85.4%	80.3%	82.0%	82.6%	✓	✗	46872	416
T282C	76.1%	76.1%	68.6%	71.9%	75.0%	✓	✗	2976	-40
793C	85.8%	87.0%	62.9%	63.9%	70.5%	✓	✗	2976	-48
797A/B	79.5%	93.8%	63.7%	67.9%	71.8%	✓	✗	5208	-115
Total Camiones	81.2%	82.5%	78.2%	79.8%	79.5%	✓	!	82584	1776
Cargador 994D	63.0%	63.0%	55.2%	55.3%	70.0%	✗	✗	744	-56
Cargadores L1850	65.1%	65.1%	76.8%	78.8%	76.3%	✗	✓	2232	94
Cargadores Frontales	64.6%	64.6%	71.4%	72.9%	74.7%	✗	✗	2976	38
16H/M	78.4%	78.4%	65.5%	66.6%	73.1%	✓	✗	6696	-138
24H/M	42.1%	43.5%	42.3%	42.5%	66.7%	✗	✗	2232	-337
Motoniveladoras	69.3%	69.7%	59.7%	60.6%	71.5%	✗	✗	8928	-475
834G/H	82.1%	82.1%	62.3%	62.9%	71.3%	✓	✗	2232	-64
854G/K	74.5%	74.5%	79.4%	80.7%	75.9%	!	✓	8184	560
Trac. Neumáticos	76.2%	76.2%	75.8%	76.9%	74.9%	✓	✓	10416	496
D10R	61.0%	61.0%	82.5%	83.4%	70.0%	✗	✓	2976	456
D11R/T	70.2%	70.9%	76.0%	76.4%	76.6%	✗	!	8928	291
Trac. Orugas	67.9%	68.4%	77.6%	78.2%	75.0%	✗	✓	11904	747
PC300	79.9%	100.0%	56.3%	92.6%	75.0%	✓	✗	2232	-260
PC600	84.3%	84.3%	64.9%	65.0%	78.0%	✓	✗	1488	-110
Retro	81.7%	93.7%	59.7%	81.5%	76.2%	✓	✗	3720	-371
Regadores	100.0%	100.0%	94.9%	95.5%	81.4%	✓	✓	5208	746
T. Haul	71.2%	96.2%	96.0%	96.9%	74.8%	✗	✓	744	162

Ilustración 13: Reporte Diario, Disponibilidad

La segunda parte, en la cual se muestra el porcentaje de Indisponibilidad por Códigos, se agrupan los tiempos de indisponibilidad en incidentes, mantenciones programadas, neumáticos, tiempos de espera y traslados. En la ilustración 14 se muestra el formato utilizado.

Indisponibilidad por Código (Gestión de Operaciones de Mantenimiento)

	Incidentes		Mant. Prog.		Neumáticos		Tiempos de Espera		Traslados	
	Día	Mes	Día	Mes	Día	Mes	Día	Mes	Día	Mes
830E	0.0%	0.0%	14.7%	8.4%	0.3%	0.8%	0.1%	0.2%	0.7%	0.6%
930E	0.0%	0.0%	3.2%	5.9%	0.9%	1.8%	0.0%	1.1%	0.3%	0.6%
T282C	0.0%	0.0%	0.0%	8.1%	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
793C	0.0%	0.2%	0.0%	11.3%	0.0%	1.8%	0.0%	0.1%	0.4%	0.4%
797A/B	0.0%	0.0%	0.9%	7.0%	14.4%	3.9%	0.0%	0.1%	1.3%	1.1%
Total Camiones	0.0%	0.0%	6.3%	7.0%	1.5%	1.7%	0.0%	0.7%	0.4%	0.6%
994D	0.0%	0.0%	0.0%	17.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%
L1850	0.0%	0.0%	33.3%	7.7%	0.0%	1.0%	0.0%	0.3%	0.0%	1.0%
Cargadores Frontales	0.0%	0.0%	25.0%	10.1%	0.0%	0.8%	0.0%	0.2%	0.0%	1.0%
16H/M	0.0%	0.0%	4.7%	4.5%	0.0%	0.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.5%
24H/M	0.0%	0.0%	21.0%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.2%	0.1%
Motoniveladoras	0.0%	0.0%	8.8%	4.2%	0.0%	0.2%	0.0%	0.3%	0.5%	0.4%
834G/H	0.0%	0.0%	0.0%	18.0%	0.3%	0.3%	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%
854G/K	0.0%	0.0%	8.4%	5.0%	0.0%	0.8%	0.0%	1.6%	1.5%	1.1%
Trac. Neumáticos	0.0%	0.0%	6.6%	7.8%	0.1%	0.7%	0.0%	1.3%	1.2%	0.9%
D10R	0.0%	0.0%	7.1%	5.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.1%	2.2%
D11R/T	0.0%	0.0%	0.0%	4.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	3.0%	1.3%
Trac. Orugas	0.0%	0.0%	1.8%	4.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	7.8%	1.5%
PC300	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%
PC600	0.0%	0.0%	15.7%	8.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%
Retro	0.0%	0.0%	6.3%	5.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	1.6%
Regadores	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
T. Haul	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Consideraciones de Códigos:

2237 - 2262 - 2264 - 3017	Incidentes.
1233 - 1246 - 1251 - 1252 - 1260 - 1261	Mant. Prog.
2248 - 2263 - 3030 - 4430 al 4467	
2230 - 4151 - 4288 - 4328 - 4457	Traslados.

1256 - 1257 - 2208 - 2257 - 2300	Neumáticos.
4035 - 4050 al 4056 - 4464	
2236 - 2271 - 2273 - 3001 al 3003	Tiempos de Espera.
3006 - 3028 - 4459 al 4462 - 2218	

Ilustración 14: Reporte Diario, Indisponibilidad

La tercera parte corresponde al cumplimiento de los planes de mantenimiento según carta Gantt (ilustración 15):



REPORTE DIARIO SI CAMIONES & EQUIPOS DE APOYO

Reporte del: 25.mar.2013 Día 26

Fecha 26-03-2012

Cumplimiento Plan Semanal por Carta Gantt

Inicio del Plan 19-03-2013 Termino del Plan 25-03-2013

CUMPLIMIENTO PLAN FLOTA CAMIONES 830E - 930E

	19-mar	20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar	Acum
Avance programado	13%	29%	42%	59%	75%	87%	100%	100%
Avance Real	7%	21%	34%	49%	62%	74%	82%	82%

Diferencia Plan Semanal
! -18%

CUMPLIMIENTO PLAN FLOTA EQUIPOS DE APOYO KOMATSU

	19-mar	20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar	Acum
Avance programado	28%	66%	76%	94%	95%	95%	100%	100%
Avance Real	1%	6%	29%	46%	79%	86%	92%	92%

Diferencia Plan Semanal
✓ -8%

CUMPLIMIENTO PLAN FLOTA CAMIONES LIEBHERR

	19-mar	20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar	Acum
Avance programado	0%	0%	0%	14%	14%	22%	100%	100%
Avance Real	0%	0%	0%	14%	25%	25%	25%	25%

Diferencia Plan Semanal
✗ -75%

CUMPLIMIENTO PLAN FLOTA CATERPILLAR

	19-mar	20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar	Acum
Avance programado	17%	33%	48%	60%	74%	87%	100%	100%
Avance Real	9%	21%	38%	51%	61%	70%	78%	78%

Diferencia Plan Semanal
! -22%

CUMPLIMIENTO PLAN FLOTA CARGADORES L-1850

	19-mar	20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar	Acum
Avance programado	2%	6%	7%	46%	48%	86%	100%	100%
Avance Real	2%	4%	7%	29%	44%	49%	87%	87%

Diferencia Plan Semanal
✓ -13%

Ilustración 15: Reporte Diario, Cumplimiento Planes de Mantenimiento

Finalmente, la cuarta parte muestra el avance según el número de tareas programadas y realizadas por empresas, acá no se considera los tiempos de ejecución (ilustración 16).

Cumplimiento Plan Semanal por Actividades									Avance	
CUMPLIMIENTO PLAN POR EMPRESA (CUMPLIMIENTO ACUMULADO)									Real.	Proy.
	19-mar	20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar	Acum		
Komatsu									● 90%	● 100%
Avance Diario Esperado	36	92	126	167	214	245	282	282		
Avance real diario	24	56	96	145	182	232	254	254		
Camiones Liebherr									○ 0%	● 100%
Avance Diario Esperado	-	-	-	-	-	-	7	7		
Avance real diario	-	-	-	-	-	-	-	-		
Finning									● 82%	● 100%
Avance Diario Esperado	24	49	75	103	130	153	182	182		
Avance real diario	9	34	61	88	108	133	150	150		
Joy Global Cargadores									● 87%	● 100%
Avance Diario Esperado	3	6	9	32	36	49	53	53		
Avance real diario	3	6	8	21	32	37	46	46		
Cummins									● 80%	● 100%
Avance Diario Esperado	9	22	34	49	69	80	90	90		
Avance real diario	1	13	25	43	54	63	72	72		
Detroit									● 82%	● 100%
Avance Diario Esperado	7	15	21	34	43	54	67	67		
Avance real diario	4	7	14	18	35	44	55	55		
Conymet									● 88%	● 100%
Avance Diario Esperado	7	15	23	32	41	49	57	57		
Avance real diario	3	9	18	29	36	42	50	50		
Bailac Neumáticos									● 81%	● 100%
Avance Diario Esperado	2	5	8	10	14	17	21	21		
Avance real diario	-	6	8	8	12	13	17	17		
Bailac Servicios (Lavado)									● 88%	● 100%
Avance Diario Esperado	11	23	31	43	52	60	68	68		
Avance real diario	8	18	29	39	46	54	60	60		
Westfire									● 89%	● 100%
Avance Diario Esperado	4	9	13	22	28	32	37	37		
Avance real diario	3	6	12	18	23	28	33	33		
Dalkia									● 93%	● 100%
Avance Diario Esperado	3	7	11	16	21	25	29	29		
Avance real diario	2	5	9	14	19	24	27	27		
Predictivo CMDIC									● 100%	● 100%
Avance Diario Esperado	2	4	7	12	16	18	20	20		
Avance real diario	-	1	1	2	3	4	20	20		
Fasser									● 97%	● 100%
Avance Diario Esperado	5	11	15	20	24	28	32	32		
Avance real diario	-	-	5	7	8	10	31	31		

Ilustración 16: Reporte Diario, Cumplimiento de Actividades

Este reporte se envía de manera diaria al Superintendente de Planificación, a los administradores de contrato, Operaciones Mina y a las ESED. Cuando termina el plan, se agregan las principales desviaciones y se envía al Gerente de Mantenimiento Mina junto con los demás involucrados. Esta es la principal herramienta de control que se utiliza para los programas de mantenimiento.

7.4. Ejecución Planes de mantenimiento

La mantenimiento de los equipos la realiza Komatsu. Para ello cuenta con la siguiente cantidad de personal según contrato (Komatsu, 2012) (tabla 8):

Personal	Flota 930E	Flota 830E
Ejecutivos Faena	6	0
Planificador, Prevencionista de Riesgo, Personal administrativo	13	0
Administrativos	25	0
Jefes / Supervisores	36	1
Técnicos	225	56

Tabla 8: Personal Komatsu por contrato

El personal técnico es el encargado de realizar el mantenimiento, trabajan en turnos de 7x7 (7 días en faena y 7 días de descanso), dentro de los cuales se realizan turnos de 12 hrs (día y noche), con lo cual existen 14 mantenedores por turno para la flota 830E y 56 para la flota 930E, de manera continua. En la siguiente tabla (tabla 9) se muestra el número de personas junto con las horas hombre tanto diaria como semanal. Cabe destacar que se descuentan 3 horas al día por concepto de colación del personal y cambios de turno:

	Flota 930E	Flota 830E
Personal Diario	56	14
Horas Hombre Diaria	1176	294
Horas Hombre Semanal	8232	2058

Tabla 9: Horas Hombre Mantención

En la tabla 10 se muestra el personal utilizado para cada tipo de mantenimiento:

	830E	930E
PM 250	4	4
PM 500	4	6
PM 1000	6	8

Tabla 10: Personal utilizado por PM

Para cumplir con la precisión de servicio que deben tener los equipos para entrar a mantención, paralelamente se debe realizar una mantención corta (PM250 o PM500) y una larga (PM1000) en la flota 830E y 2 cortas junto con 2 largas en la flota 930E. Por este motivo, el personal utilizado para las tareas de mantención son 10 en la flota 830E y 28 en la flota 930E, el resto es utilizado para el cambio de componentes, realización de campañas, backlogs, atención de imprevistos, etc. Por lo tanto, las horas hombre disponibles para la mantención programada de los equipos es (Tabla 11):

	Flota 930E	Flota 830E
Personal Diario	28	10
Horas Hombre Diaria	588	210
Horas Hombre Semanal	4116	1470

Tabla 11: Horas Hombre para PM

8. Siete pasos para el mejoramiento continuo

La Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi utiliza la metodología de mejoramiento continuo para optimizar sus procesos y buscar oportunidades de mejora. Es por este motivo que en este trabajo de título se sugiere y desarrolla una variante de ésta, la “metodología de los siete pasos para el mejoramiento continuo”, la cual concentra el esfuerzo en el ámbito organizacional y de procedimientos puntuales. Se consiguen mejoras en el corto plazo y resultados visibles (Herrera, 2012).

Como su nombre lo dice, la metodología se basa en 7 pasos, los cuales se muestran en la ilustración 17.

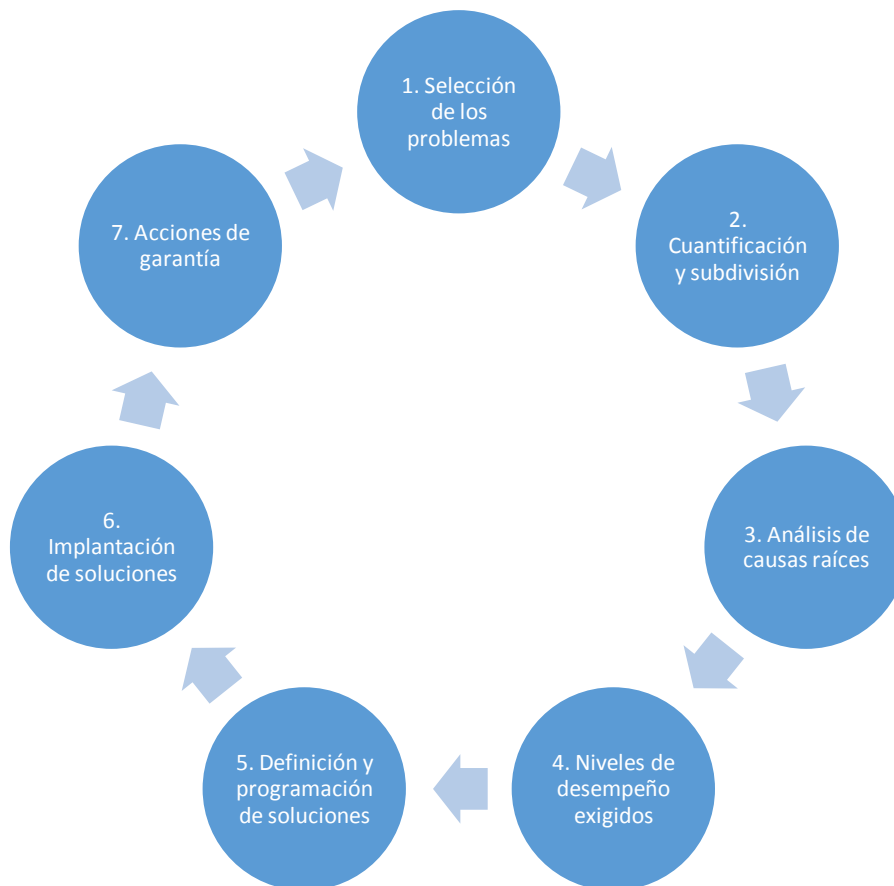


Ilustración 17: 7 Pasos del mejoramiento continuo

A continuación se detallará el objetivo principal de cada uno de estos pasos (Herrera, 2012):

1. Selección de los problemas:

El objetivo de este paso es la identificación y elección de los problemas de calidad y productividad del departamento o unidad bajo análisis.

2. Cuantificación y subdivisión del problema u oportunidad de mejora seleccionada:

El objetivo de este paso es precisar la definición del problema, su cuantificación y la posible subdivisión en subproblemas o causas síntomas.

3. Análisis de causas raíces específicas

El objetivo es identificar y verificar las causas raíces específicas del problema en cuestión, es decir aquellas cuya eliminación garantizará la no recurrencia del mismo. Por supuesto, la especificación de las causas raíces dependerá de lo bien que haya sido realizado el paso anterior. Nuevamente en este paso se impone la necesidad de medir el impacto o influencia de la causa a través de indicadores que den cuenta de la misma, de manera de ir extrayendo la causa más significativa y poder analizar cuánto del problema será superado al erradicar la misma.

4. Establecimiento del nivel de desempeño exigido (Metas de Mejoramiento):

El objetivo es establecer el nivel de desempeño exigido al sistema o unidad y las metas a alcanzar sucesivamente.

5. Diseño y programación de soluciones:

El objetivo es identificar y programar las soluciones que incidirán significativamente en la eliminación de las causas raíces. En una organización donde no existe un proceso de mejoramiento sistemático y las acciones de mantenimiento y control son deficientes, las soluciones tienden a ser superficiales y no agregan valor. Sin embargo, en procesos más avanzados las soluciones son complejas y requieren un enfoque creativo en su diseño.

6. Implantación de soluciones:

Este paso tiene dos objetivos:

- a) Probar la efectividad de las soluciones y hacer los ajustes necesarios para llegar a una definitiva.
- b) Asegurarse que las soluciones sean asimiladas e implementadas adecuadamente por la organización en el trabajo diario.

7. Establecimiento de acciones de garantía

Su objetivo es asegurar el mantenimiento del nuevo nivel de desempeño alcanzado. Es este un paso fundamental al cual pocas veces se le presta la debida atención. De él dependerá la estabilidad en los resultados y la acumulación de aprendizaje para profundizar el proceso.

9. Herramientas de Evaluación, Análisis y Recolección de Información

- **Inspección Visual:** Es un acto de verificación física, material y de funcionamiento de un proceso, fenómeno o suceso del cual es importante conocer las cualidades y características que lo identifican o describen. Con la aplicación de la inspección visual basada en la observación directa, se evalúa objetivamente el desarrollo del proceso de planificación de la mantención de camiones Komatsu 830E y 930E en la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.
- **Diagrama de Caracterización de la Unidad:** La construcción del diagrama tiene como objeto homogeneizar en el equipo de trabajo el conocimiento sobre los productos o servicios del Área de Planificación Camiones y Equipos de Apoyo, de los insumos que utiliza y de los procesos.
- **Lluvia de Ideas (Brain-storming):** Es una técnica usada por grupos de trabajos o de mejora para generar ideas progresivamente superiores e incluso creativas. Las ideas pueden

referirse a problemas de un área de trabajo, a las causas que están afectando un problema que se está analizando o a las soluciones para atacar determinada causa.

- Técnica de Grupo Nominal (T.G.N): Al igual que la lluvia de ideas, la técnica de grupo nominal permite generar una lista de ideas relativas a un tema establecido, pero además incorpora una fase de jerarquización de las ideas encontradas.
- Matriz de Selección: En esta matriz, las filas constituyen las diversas alternativas de problemas, soluciones o causas que van a ser jerarquizadas y las columnas, los diversos criterios que van a ser usados para dicha jerarquización:
 - Para mostrar entre los diversos subproblemas de un problema y distinguir entre los pocos vitales y los muchos triviales.
 - Para mostrar entre las diversas causas que están afectando un problema y distinguir entre las pocas vitales y las muchas triviales
- Diagrama de Árbol: Es una técnica que permite obtener una visión de conjunto de los medios necesarios para alcanzar una meta o resolver un problema.
- Entrevistas: Son utilizadas como herramienta de intercambio de información por medio de una guía de preguntas, para aclarar un determinado tema o asunto. Se realizan entrevistas no estructuradas al Superintendente de Planificación y Control CMDIC, Superintendente Mantenión Camiones y Equipos de Apoyo CMDIC, Jefe de Área Planificación Camiones y Equipos de Apoyo CMDIC, Planificadores CMDIC, Ingenieros de Mantenimiento CMDIC, Ingeniero en Confiabilidad CMDIC, Planificadores Komatsu y Supervisores Terreno Komatsu, con la finalidad de levantar la información.
- Registro de los datos de la empresa: Tiene por objeto la recopilación de toda la información disponible referida al fenómeno, suceso, acontecimiento, etc., que se encuentra bajo estudio. Para conocer la situación actual del proceso de planificación de mantención CMDIC se procede a recolectar los reportes de mantenimiento, las pautas de mantención, los planes de mantenimiento, los manuales de taller de los equipos Komatsu 830E y 930E, Manuales de utilización Ellipse e información sobre los indicadores claves utilizados, a fin de conocer y verificar el proceso de planificación de mantención.
- Reuniones: Con ellas se pretende validar toda Información generada en el estudio. Para llevarlas a cabo, se hace una convocatoria a toda el área de planificación y equipos de apoyo CMDIC con el fin de que emitan sus puntos de vistas, experiencias profesionales y aportar ideas que conduzcan a enriquecer este estudio, en previa validación del equipo.

10.Desarrollo

10.1. 1° Paso: Selección del Problema u Oportunidades de Mejoras

Diagrama de Caracterización de la Unidad

- Evaluar el cumplimiento de los atributos de los insumos del proveedor
- Identificar las desviaciones en el cumplimiento de los atributos de los insumos recibidos.
- Evaluar el cumplimiento de los atributos del servicio valorados por el cliente.
- Identificar las desviaciones en el cumplimiento de los atributos del servicio que se genera.

DIAGRAMA DE CARACTERIZACIÓN DE LA UNIDAD

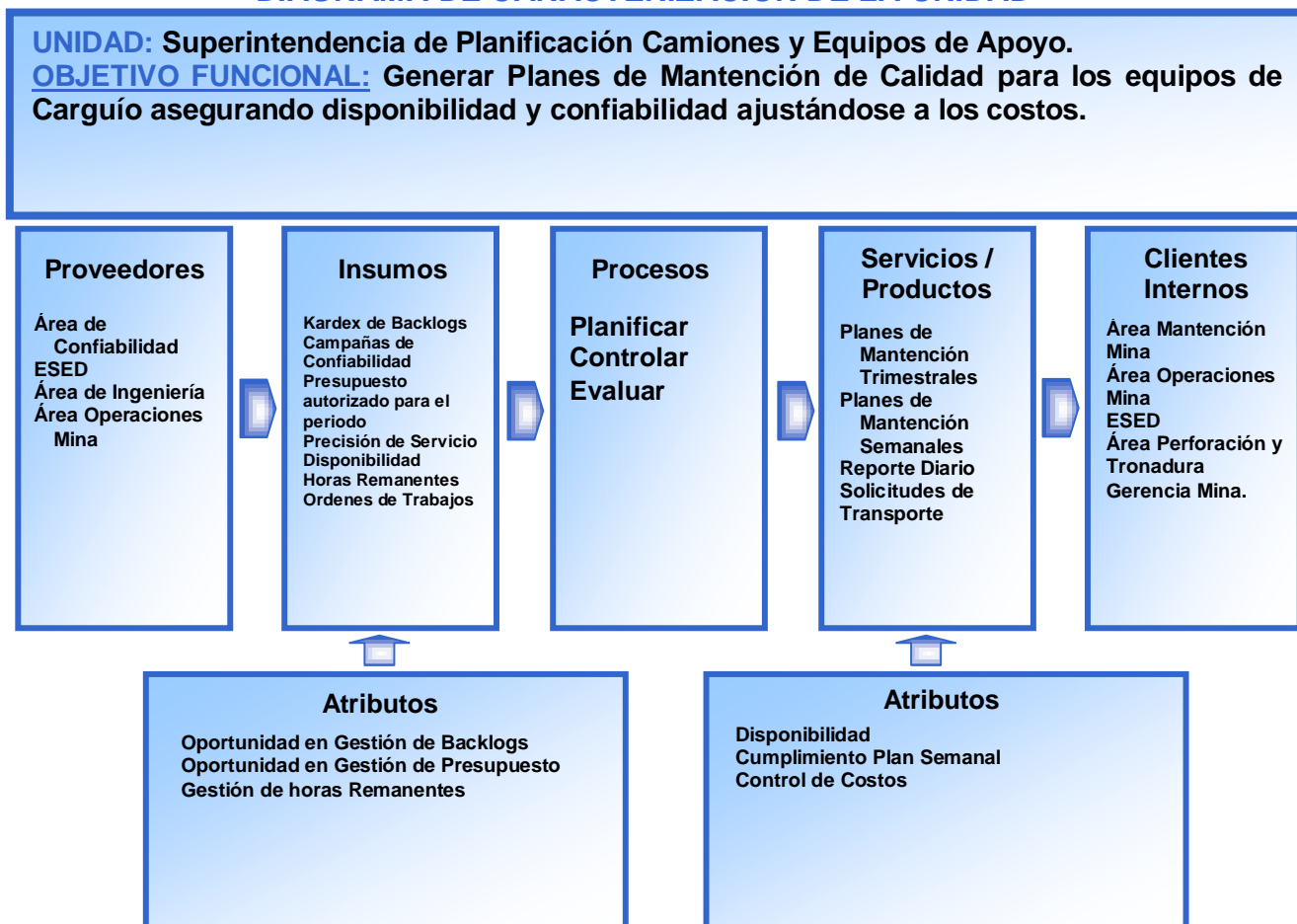


Ilustración 18: Diagrama de Caracterización de la Unidad

- Lluvia de Ideas:

Se evalúa cada una de las ideas diferenciando oportunidades de mejoras de causas y soluciones. Se considera sólo oportunidades de mejoras.

Lista de Oportunidades de Mejora.

- 1) Aumentar cumplimiento del Programa Semanal de Mantenimiento.
- 2) Disminuir los tiempos de espera al lavado.

- 3) Disminuir accidentabilidad.
- 4) Disminuir duración de Backlogs.
- 5) Aumentar Disponibilidad.
- 6) Aumentar la motivación de los trabajadores.
- 7) Aumentar coordinación de equipos entrantes a mantención.
- 8) Aumentar control de costos.
- 9) Aumentar utilización de Software de gestión Elipse.

- Técnica de Grupo Nominal.

1. Cada participante del equipo asigna un peso en orden de importancia a cada una de las oportunidades de mejoras listadas.
2. Preseleccionar las oportunidades de mejoras.

Participantes del equipo: Rodrigo Salas (Jefe de Área), Rodrigo Vega, Eleuterio Solari, Pablo Alquinta y Julio Orellana (Planificadores).

Criterio de Selección

	Criterio	Peso %
C1	Poca inversión adicional	25%
C2	Factible en ejecutar	30%
C3	Baja inversión del proyecto	15%
C4	Autonomía para ejecutar	20%
C5	Impacto de gestión	10%

Tabla 12: Criterio de Selección

Escala de Gradación

Valor	Significado
5	Máximo valor
3	Valor Medio
1	Mínimo valor

Tabla 13: Escala de Gradación

	Oportunidad De Mejora	Participantes					Total
		Rodrigo S.	Eleuterio S.	Julio O.	Pablo A.	Rodrigo V.	
1	Disminuir los tiempos de espera al lavado	0	0	0	1	2	3
2	Disminuir duración de	3	2	1	2	3	11

	Backlogs						
3	Aumentar cumplimiento del Programa Semanal de Mantenimiento	4	5	5	4	3	21
4	Aumentar la motivación de los trabajadores	1	0	1	1	2	5
5	Disminuir accidentabilidad	1	2	0	1	1	5
6	Aumentar Disponibilidad	2	3	0	4	2	11
7	Aumentar coordinación de equipos entrantes a mantención	1	4	1	2	2	10
8	Aumentar control de costos	3	2	1	2	2	10
9	Aumentar utilización de Software de gestión Elipse	3	3	3	1	4	14

Tabla 14: Peso de Importancia de oportunidades de Mejora

En la siguiente tabla (Tabla 15) se muestra el total del peso según la escala de valoración asignado a cada oportunidad de mejora listada con su respectivo porcentaje:

Oportunidad de Mejora	Total	Porcentaje
1 Disminuir los tiempos de espera al lavado	3	12%
2 Disminuir duración de Backlogs	11	44%
3 Aumentar cumplimiento del Programa Semanal de Mantenimiento	21	84%
4 Aumentar la motivación de los trabajadores	5	20%
5 Disminuir accidentabilidad	5	20%
6 Aumentar Disponibilidad	11	44%
7 Aumentar coordinación de equipos entrantes a mantención	10	40%
8 Aumentar control de costos	10	40%
9 Aumentar utilización de Software de gestión Elipse	14	56%

Tabla 15: Peso oportunidades de mejora

La valoración de las oportunidades de mejora se muestran en el gráfico 1.

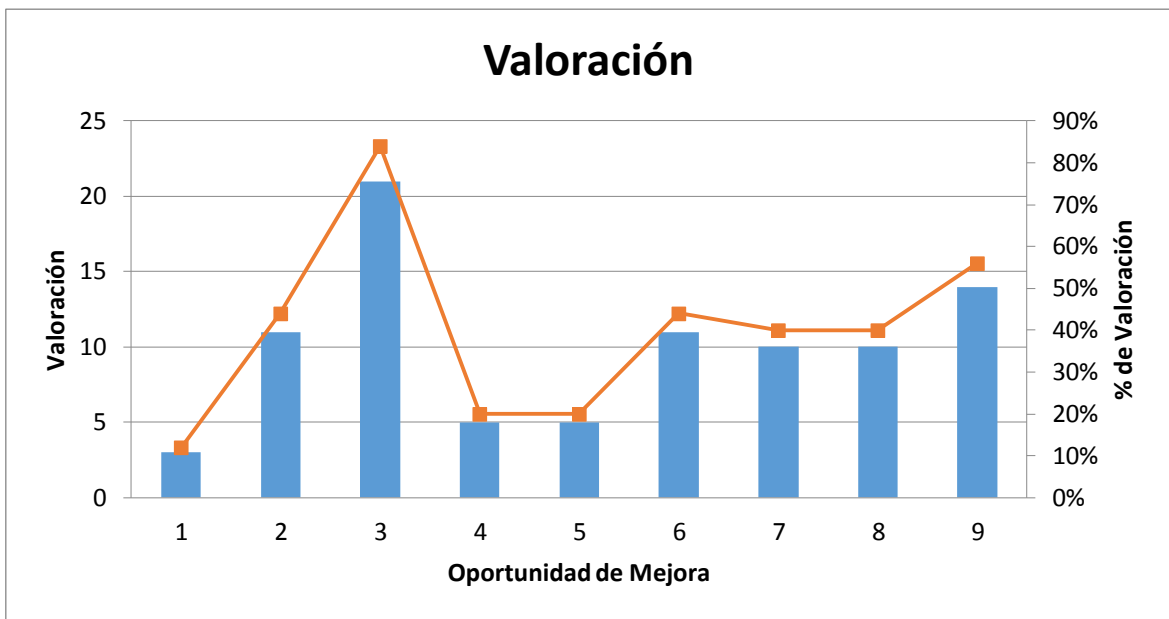


Gráfico 1: Valoración Oportunidades de Mejora

Las oportunidades de mejora seleccionadas, de acuerdo a la valoración antes mencionada, son:

- Aumentar cumplimiento del Programa Semanal de Mantenimiento con 21 puntos
- Aumentar utilización de Software de gestión Elipse con 14 puntos
- Disminuir duración de Backlogs con 11 puntos
- Aumentar Disponibilidad con 11 puntos

Un segundo filtro a aplicar es la factibilidad de implementar estas mejoras, para lo cual se utilizan los criterios de selección antes mencionados. En la tabla N° 16 se muestran las opciones preseleccionadas y el peso que le da el equipo de trabajo a cada criterio:

Opciones de Mejora	C1 25%	C2 30%	C3 15%	C4 20%	C5 10%	Total
Disminuir duración de Backlogs	3 0,75	3 0,9	3 0,45	2 0,4	2 0,2	2,7
Aumentar cumplimiento del Programa Semanal de Mantenimiento	5 1,25	5 1,5	5 0,75	4 0,8	5 0,5	4,8
Aumentar Disponibilidad	2 0,5	3 0,9	2 0,3	3 0,6	5 0,5	2,8
Aumento utilización de Software de gestión Elipse	4 1	5 1,5	4 0,6	3 0,6	4 0,4	4,1

Tabla 16: Factibilidad de implementación

Finalmente, según los resultados que se obtuvieron, la opción de mejora a desarrollar será aumentar el cumplimiento de los programas semanales de mantenimiento.

10.2. 2° Paso: Cuantificar y Subdividir el Problema u Oportunidad de Mejora

- Subdividir la oportunidad de mejora.
- Formular el indicador asociado a la oportunidad de mejora
- Construir un gráfico de corrida del indicador (Comportamiento del indicador en el tiempo).
- Determinar la situación actual del indicador (Comportamiento promediado de la muestra del indicador).
- Construir un diagrama de árbol por cada subdivisión.
- Evaluar los datos obtenidos por cada subdivisión (Variación).
- Seleccionar subdivisiones donde los datos por cada subdivisión presenta la mayor desviación del indicador.

El bajo cumplimiento de los planes de mantenimiento se puede dividir en 2 factores principales: errores de planificación en que el responsable es directamente el Área de Planificación y además diversos factores externos al área.

El indicador a utilizar es el cumplimiento del plan semanal de mantenimiento. Mide la relación entre las horas realizadas en el plan semanal versus las horas programadas en él. Su expresión matemática es:

$$C [\%] = \frac{\text{Horas Realizadas del Plan Semanal}}{\text{Horas Programadas en el Plan Semanal}} * 100$$

En donde:

- a) Horas Realizadas del Plan Semanal: Es la totalidad de horas realizadas del plan semanal.
- b) Horas Programadas en el Plan Semanal: Son las horas programadas a realizar en el plan semanal.

La periodicidad de la medición de este indicador es diaria, lo que es útil para conocer los avances del programa; y semanal, la que sirve para conocer el cumplimiento total del plan realizado.

A continuación, en el gráfico 2, se muestra el comportamiento semanal (cierre de programa) del indicador entre los meses de marzo y junio del 2013

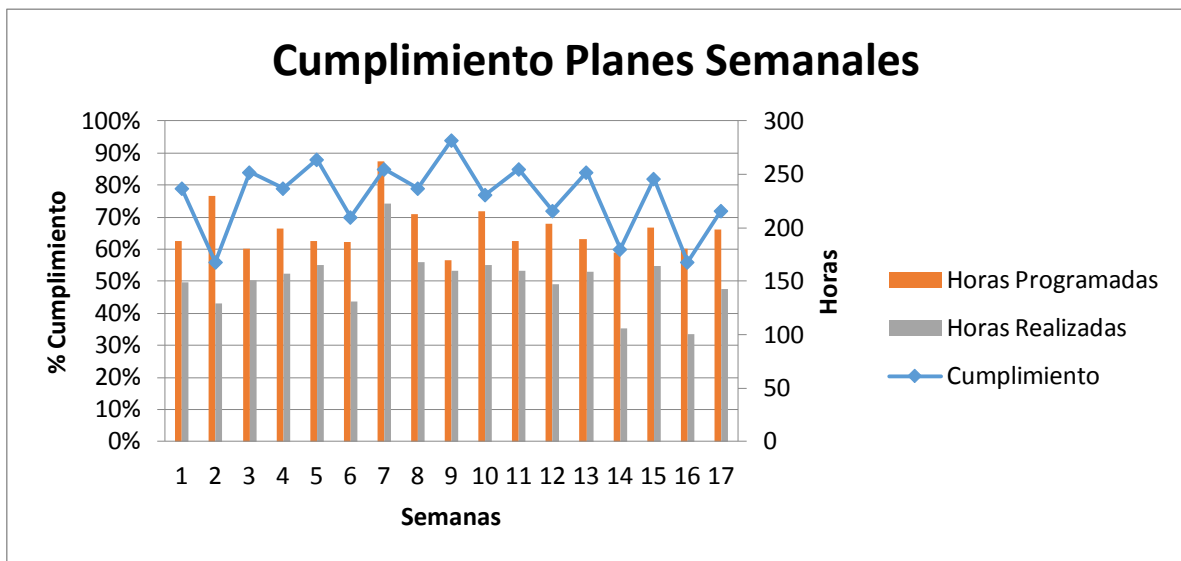


Gráfico 2: Cumplimientos Planes Semanales

Del gráfico 2 se puede apreciar que el cumplimiento no supera el 90% además de presentar oscilaciones entre las semanas pares e impares (diferencia entre turno A y turno B) siendo mayor el cumplimiento en las semanas impares. En promedio se programan 198,11 horas semanales y se realizan 151,61 horas a la semana, lo que equivale a un 77% de cumplimiento. Si se hace la división entre turnos pares e impares se tiene que el cumplimiento en el turno par es de 69% mientras que en el turno impar este alcanza el 84%, planificando un promedio de 200,62 horas en el turno par y 195,88 en el turno impar

Como se mencionó anteriormente, el bajo cumplimiento se debe principalmente a dos factores: errores del Área de Planificación y factores externos. Las principales desviaciones encontradas en los reportes son:

a) Errores del área de Planificación

- Errores en la proyección de la precisión de servicio de los equipos.
- Programación de cambios de componentes sin los componentes en faena.
- Indicador de tareas programadas contra imprevistas sobre el 80%
- Sobre planificación de actividades.
- Mala actualización del cumplimiento de los planes semanales.

b) Factores Externos

- Inasistencia de personal por enfermedades o accidentes.
- Condiciones climáticas.

- Demora en entrada de equipos a mantención por mala logística del área de operaciones mina.
- Demora en entrada de equipos por baja disponibilidad.
- Mantenciones a equipos por menos del tiempo presupuestado.
- Fallas Imprevistas.

Estas causas se pueden agrupar y llevar a un diagrama de árbol (Ilustración 19). Adicionalmente, se les da un peso a cada causa que afecta el cumplimiento del programa de mantenimiento, según su frecuencia de ocurrencia e incidencia en el cumplimiento de los planes semanales.

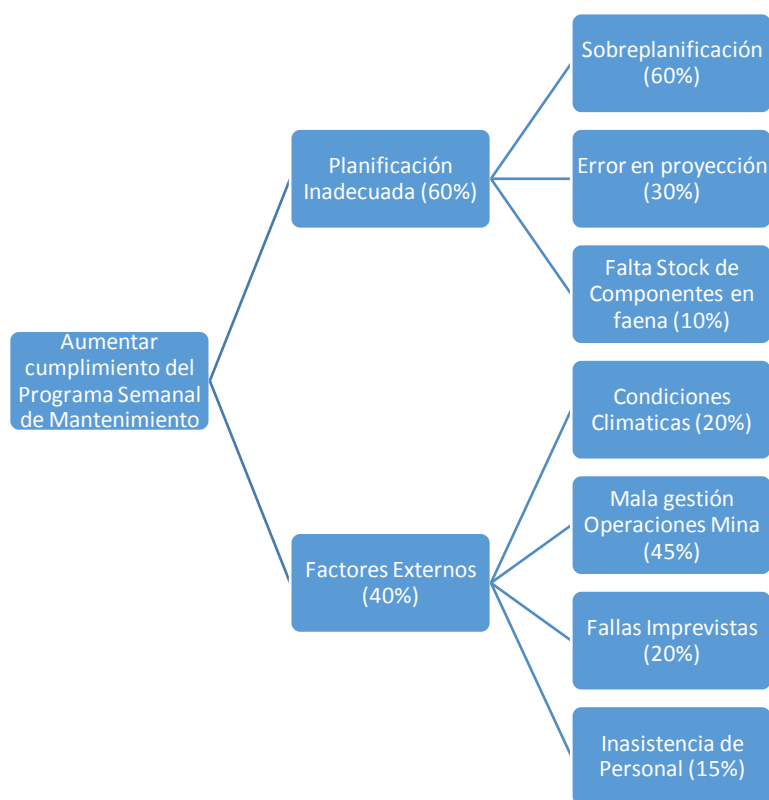


Ilustración 19: Diagrama Árbol Causas

Los factores que poseen más incidencia en el bajo cumplimiento de los planes, en los cuales es posible trabajar y mejorar en el área de planificación, son la sobre planificación de mantenciones y el error en la proyección de la precisión de servicio de los equipos que deben entrar en mantención.

10.3. 3° Paso: analizar las causas raíces específicas

- Identificar y verificar las causas raíces del problema.

- Eliminar causas de solución obvia e inmediata.

Las causas de mayor peso que se pueden atribuir al área de planificación son la sobre planificación y el error en la proyección de la precisión de servicio. El error en la proyección de la precisión de servicio de los equipos se debe a que los planificadores no utilizan el software de gestión Ellipse, que es el utilizado por la compañía para la gestión de sus activos, debido a la poca experticia que poseen en su utilización. Este software sólo lo utilizan para generar las solicitudes de transporte. Además no se encuentran actualizados los horómetros de los equipos y sus componentes. Por este motivo, no existe por parte de Collahuasi una manera de tener una contrapropuesta a la proyección de la precisión de servicio realizada por Komatsu, ya que se lleva por separado, por un lado con el software Distpach la actualización de los horómetros de los equipos y, por otra parte, el software Ellipse de gestión de las mantenciones.

La sobre planificación se debe a que, al planificar, no se toma como factor al personal requerido para la realización de las mantenciones. Se planifica según las horas de detención de los equipos, introduciendo en cada detención el máximo posible de tareas, las cuales no siempre cuentan con el personal necesario para su ejecución. Una solución que se utilizó para este problema fue, en un principio, que el indicador de la relación programado versus imprevisto no fuera mayor al 60% e ir incrementándolo hasta llegar al 80% que es el estándar en la industria. Pero este indicador se calcula en base a la disponibilidad de la flota, es decir el tiempo de detención de los equipos, lo cual no ha tenido los resultados esperados. Además, al utilizar el tiempo de detención de los equipos como parámetro de mantenimiento, se observó que existen diferencias significativas en el cumplimiento entre los turnos par e impar, con lo cual se concluye que no existe un estándar en la planificación. Por lo tanto, la conclusión a este problema es no considerar las horas hombre en la planificación - sólo consideran las horas de detención de los equipos - y la falta de un estándar de planificación entre los turnos.

Si se agregan estas causas raíz al diagrama del árbol, éste queda de la manera que muestra la Ilustración 20.

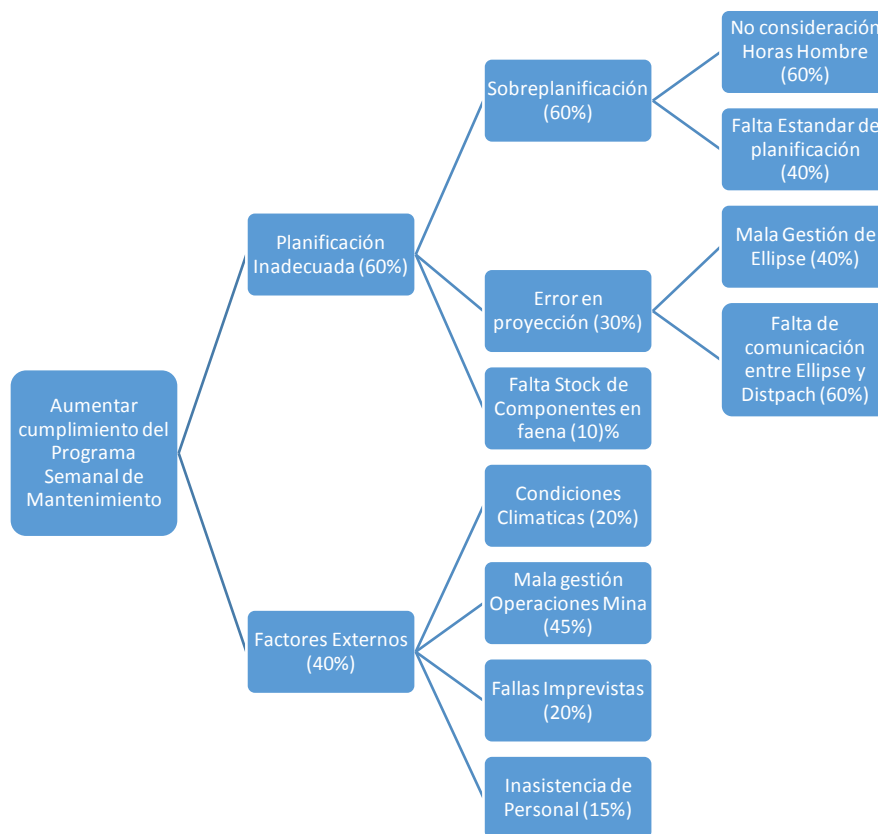


Ilustración 20: Diagrama Árbol Causa Raíz

10.4. 4° Paso: Establecimiento del nivel de desempeño exigido.

- Se definen los requerimientos. Nivel esperado, exigido, meta, etc.
- Se gradúa el enfrentamiento de las causas.
- Se calcula el potencial de mejora en función de las causas raíces a eliminar.

El potencial de mejora para la opción de mejora elegida es

$$PM = \text{Peso subdivisión} \times \text{Peso Causa Primaria} \times \text{Peso Causa Raíz}$$

Causa Raíz	Peso			PM
	Subdivisión	Causa Primaria	Causa Raíz	
No consideración Horas Hombre	60%	60%	60%	22%
Falta de Estándar de Planificación	60%	60%	40%	14%
Mala Gestión de Ellipse	60%	30%	40%	7%
			Total	43%

Tabla 17: Potencial de Mejora

Para calcular la meta de cumplimiento se utilizan las siguientes formulas:

$$DC = 1 - C_{prom}$$

$$\Delta C = DC * PM$$

$$MC = C_{prom} + \Delta C$$

En donde:

DC: Desviación del Cumplimiento Promedio.

C_{prom} : Cumplimiento Promedio.

ΔC: Desviación Cumplimiento Promedio.

MC: Meta de Cumplimiento

Así según la tabla 17, el potencial de mejora es de 43%; este potencial se aplica sobre la desviación del cumplimiento promedio. Como éste es de 77%, la desviación es de 23%. Por lo tanto, aplicando estas mejoras aumentaría el cumplimiento en un 10%. Así la meta de cumplimiento será un 87%. Se debería llegar a este porcentaje de manera gradual a medida que se vayan eliminando las causas raíz de la opción de mejora seleccionado.

10.5. 5° Paso: Diseño y programación de soluciones.

- Se diseña y escoge las soluciones más apropiadas para eliminar las causas.
- Se programa detalladamente la implantación.

La primera solución que se propone es la correcta utilización del software de gestión Ellipse. Los Planificadores en su momento ya fueron entrenados para su uso, pero la mala implementación sin plazos fijos y la baja prioridad que se le dio en la Gerencia, llevó a que se desistiera en su utilización. Cambios en el Directorio aumentaron la prioridad de la utilización del software, por lo que la implementación debe ser en un corto plazo. Como los Planificadores ya fueron entrenados, se les exigiría una autoinstrucción en un plazo de un mes, luego ir cargando gradualmente los trabajos estándares de las mantenciones, para finalmente poder hacer la programación de las mantenciones. Esta implementación tendría que estar completa en un plazo de seis meses, por la gran cantidad de tareas que se deben cargar junto con todos sus recursos.

Esto debe ser realizado en conjunto con la segunda solución propuesta, que es un levantamiento de las horas hombre utilizadas en cada tarea de mantención, ya que hasta el

momento se usa el tiempo de detención de los equipos. Para esto se debe pedir a cada ESED tanto el tiempo como el personal utilizado para cada tarea de mantenimiento. Luego, con esta información, coordinar con el personal en terreno (ingenieros en mantención) de Collahuasi su verificación; para esto, se deben tomar equipos al azar que estén en mantención y medir el tiempo requerido para algunas tareas y el personal utilizado, contrarrestándolo con el entregado por las ESED. Si la información encontrada en terreno difiere de la entrega por las ESED, se le debe informar a ésta para que valide la información encontrada en terreno. La ratificación en terreno de las horas hombre se debe realizar tanto en los turnos día como noche, además de los pares e impares. El tiempo estimado para esto es de 12 semanas, es decir 3 meses, realizando 4 inspecciones por día, 2 en turno día y 2 en turno noche.

Con estos datos se podrá crear un estándar de planificación con la cual, en base al personal de cada turno, no se podrá sobre planificar actividades

Resumiendo, las soluciones antes mencionadas en orden cronológico de implementación son:

1. Levantamiento de HH
 - a. Áreas de planificación de ESED envían información sobre HH
 - b. Validación en terreno de esta información
2. Autoinstrucción: Utilización Ellipse planificadores CMDIC
3. Carga de Actividades Mantención Ellipse.
 - a. PM250
 - b. PM500
 - c. PM1000
 - d. Cambios de Componentes
 - e. Otras Actividades (backlogs, campañas, reparaciones programadas, etc.)
4. Creación de estándar de planificación de mantenimiento.

Esto se puede apreciar en la siguiente carta Gantt (Ilustración 21):

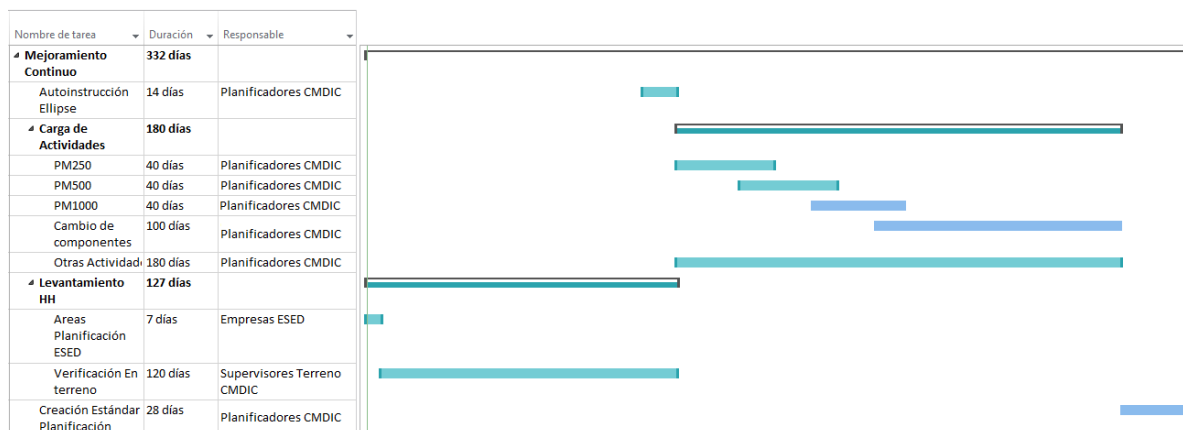


Ilustración 21: Carta Gantt Planificación Soluciones

Acompañado a este grupo de soluciones debe ir un nuevo reporte en el cual se pueda llevar mejor control diario en el mantenimiento, con nuevos indicadores que ayuden tanto a la gestión diaria como la de los planes semanales. Este reporte además sería enviado a la Gerencia.

10.6. 6° Paso: Implantación de Soluciones

Este paso no se alcanzó a realizar por los plazos de desarrollo del trabajo de memoria, por lo cual queda para la empresa su implementación. No obstante se realizó un levantamiento en terreno de las horas hombre utilizadas por parte de Komatsu para las mantenciones de 250, 500 y 1000 de la flota 930E, lo cual se muestra en la tabla 18:

HH PMs	
PM250	20
PM500	57,43333
PM1000	89,35

Tabla 18: HH por PM

Cabe destacar que esto es sólo las HH que utilizaría en terreno el personal de Komatsu. Faltan las HH de las otras ESED para completar la mantención programada en su totalidad.

Junto con este levantamiento, se creó el nuevo reporte, el cual se expone a continuación:

La primera parte del reporte muestra el indicador de cumplimiento de los planes semanales, según carta Gantt. Esto se acompaña con un grafico que muestra la evolución diaria del cumplimiento. Junto con esto van los equipos y las razones de las principales desviaciones del incumplimiento (Ilustración 22).

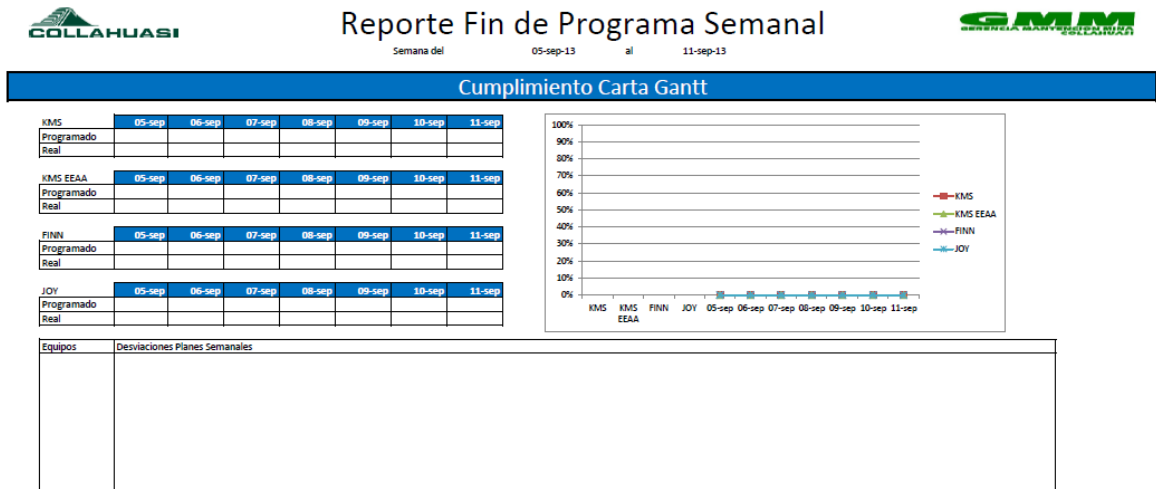


Ilustración 22: Nuevo Reporte, Cumplimiento Planes de Mantención

Luego, se incluye el cumplimiento por empresas. Acá se hace una separación entre número de actividades programadas y horas hombre programadas. Junto con esto, van los porcentajes de cumplimiento (Ilustración 23)

Cumplimiento Por Empresas

Número de Actividades Programadas			
Empresa	Programado	Real	% Cumplimiento
Finning	0,00	0,00	-
Komatsu	359,00	0,00	0,0%
Conymet	45,00	0,00	0,0%
Cummins	68,00	0,00	0,0%
Werstfire	10,00	0,00	0,0%
Dalkia	53,00	0,00	0,0%
CMDIC Predictivo	12,00	0,00	0,0%
Fasser	26,00	0,00	0,0%
Detroit	77,00	0,00	0,0%
Bailac Servicio	40,00	0,00	0,0%
Bailac Neumático	45,00	0,00	0,0%
Joy Global	0,00	0,00	-
Copec	0,00	0,00	-

Número de Horas Programadas			
Empresa	Programado	Real	% Cumplimiento
Finning	0,00	0,00	-
Komatsu	910,82	0,00	0,0%
Conymet	179,02	0,00	0,0%
Cummins	301,18	0,00	0,0%
Werstfire	38,00	0,00	0,0%
Dalkia	39,50	0,00	0,0%
CMDIC Predictivo	24,02	0,00	0,0%
Fasser	42,50	0,00	0,0%
Detroit	179,25	0,00	0,0%
Bailac Servicio	56,52	0,00	0,0%
Bailac Neumático	107,07	0,00	0,0%
Joy Global	0,00	0,00	-
Copec	0,00	0,00	-

Ilustración 23: Nuevo Reporte, Cumplimiento por Empresas

Además del cumplimiento por empresas, se introduce un cumplimiento por actividades que también se separan en tareas y horas hombre. Estas actividades son mantenencias programadas, reparaciones programadas, cambios de componentes backlogs e inspecciones (Ilustración 24).

Cumplimiento Por Actividad

Actividades	Programadas	Reales	% Cumplimiento
Mantenión	0	0	-
Reparación Programada	0	0	-
Cambio de Componente	0	0	-
Backlog	0	0	-
Inspección	0	0	-

Horas Hombre	Programadas	Reales	% Cumplimiento
Mantenión	0,00	0,00	-
Reparación Programada	0,00	0,00	-
Cambio de Componente	0,00	0,00	-
Backlog	0,00	0,00	-
Inspección	0,00	0,00	-

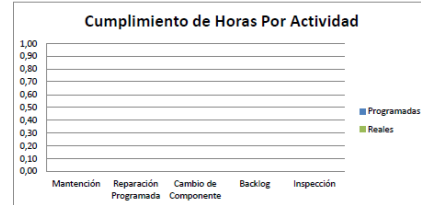
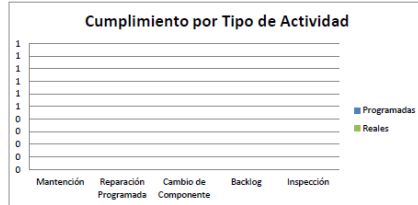


Ilustración 24: Nuevo Reporte, Cumplimiento por Actividad

Continúa un gráfico donde se muestra la relación entre las horas hombre utilizadas para actividades programadas contra las horas hombre utilizadas para imprevistos, esto para cada una de las ESED (Ilustración 25):

Relación Programado Imprevisto

Cantidad de Horas Hombre			
Empresa	Programadas	Imprevistas	% Prog/Impr
Finning	-	0	0
Komatsu	-	0	0
Conymet	-	0	0
Cummins	-	0	0
Werstfire	-	0	0
Dalkia	-	0	0
CMDIC Predictivo	-	0	0
Fasser	-	0	0
Detroit	-	0	0
Bailac Servicio	-	0	0
Bailac Neumático	-	0	0
Joy Global	-	0	0
Copec	-	0	0

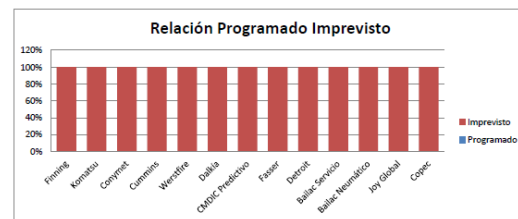


Ilustración 25: Nuevo Reporte, Relación Programado Imprevisto

En la Ilustración 26 se muestran las precisiones de servicio con que los equipos van entrando a las mantenencias programadas, este indicador se calcula de la siguiente manera:

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^n PM_j}{n}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (PM_j - \mu_i)^2}{n}}$$

$$\text{Ínfimo}_i = N(\text{inf}, \mu_i, \sigma_i)$$

$$\text{Supremo}_i = 1 - N(\text{sup}, \mu_i, \sigma_i)$$

$$SA_i [\%] = (1 - \text{DisNorminf}_i - \text{DisNormsup}_i) * 100$$

En donde:

SA_i : Precisión de Servicio de la PM_i

μ_i : Promedio del tiempo de entrada del equipo a la PM_i

σ_i : Desviación estándar de los equipos en PM_i

Ínfimo_i : Distribución Normal con el límite inferior de la PM_i

Supremo_i : Distribución Normal con el límite superior de la PM_i

PM_i : Tipo de PM (250,500, etc.)

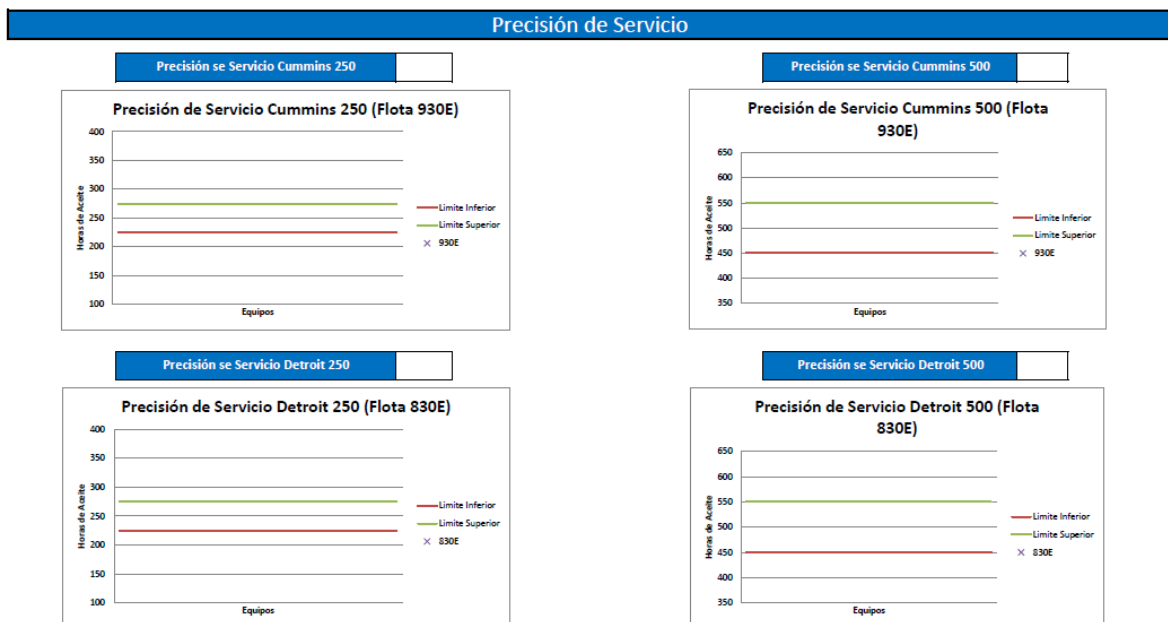


Ilustración 26: Nuevo Reporte, Precisión de Servicio

Finalmente se muestra la disponibilidad tanto física como mecánica acumulada del mes junto con la disponibilidad ofrecida y las horas remanentes del mes (Ilustración 27).

	Acumulado Mes		FCS Mes	Horas Nom Mes	Horas Rem. Mes
	Disp. Fis	Disp. Mec.	Disp. Física		
830E	82,6%	83,5%		23760,0	22241,3
930E	82,8%	84,3%		45360,0	42496,1
793C	56,5%	60,3%		2880,0	2420,8
797A/B	69,0%	71,9%		5040,0	4466,8
Total Camiones	80,8%	82,4%		77040,0	71625,1
Cargador 994D	60,6%	60,6%		720,0	616,0
Cargadores L1850	79,5%	81,7%		2160,0	1997,4
Cargadores Frontales	74,8%	76,4%		2880,0	2613,4
16H/M	74,6%	74,8%		6480,0	5877,5
24H/M	59,4%	59,5%		2160,0	1838,3
Motoniveladoras	70,8%	71,0%		8640,0	7715,8
834G/H	91,5%	91,6%		2160,0	2092,4
854G/K	87,5%	87,7%		7920,0	7557,5
Trac. Neumáticos	88,4%	88,5%		10080,0	9649,9
D10R	78,1%	78,4%		2880,0	2648,3
D11R/T	77,8%	78,1%		8640,0	7937,4
Trac. Orugas	77,9%	78,2%		11520,0	10585,7
PC300	84,0%	84,1%		2160,0	2033,7
PC600	39,5%	39,6%		1440,0	1120,4
Retro	66,2%	66,3%		3600,0	3154,1
Regadores	88,9%	91,1%		5040,0	4834,1
T. Haul	88,9%	88,9%		720,0	690,8

Ilustración 27: Nuevo Reporte, Disponibilidad

Hasta que no se concluya el levantamiento de las horas hombre, en las celdas donde se ingresa este dato se debe cambiar por el tiempo de detención de los equipos.

10.7. 7° Paso: Establecimiento de acciones de garantía

Las acciones de garantía aseguran que los cambios darán los resultados esperados y perduren en el tiempo. Para esto, se piden las siguientes acciones:

- Utilización de un nuevo reporte, lo cual ayuda al control de la planificación y la ejecución de las mantenciones.
- Validación de tiempos de mantención en terreno.
- Estandarización del proceso de planificación en base a las horas hombre, considerando para ello la cantidad de horas hombre en base al personal por contrato, esto es 8232 para la flota 930E y 2058 para la flota 830E.
- Utilización de software de gestión Ellipse.
- Control sobre la planificación de las mantenciones al manejar por medio de Ellipse la proyección de la precisión de servicio, sin tanta dependencia a las ESED.

- Programas de mantención de calidad que se puedan realizar a cabalidad, que aumentarían el cumplimiento, lo que conllevaría a un aumento en las disponibilidades de las flotas.
- Introducir un valor agregado al trabajo realizado en el área de planificación.

11. Mejora en Pauta de Mantención

Adicionalmente al trabajo realizado para mejorar el cumplimiento de los planes de mantención, se revisaron las fallas presentes en los equipos desde febrero del 2012 a marzo del 2013. Para esto se separaron las fallas según el sistema afectado contra el tiempo de detención debido a éstas, lo cual se muestra en la tabla 19.

		Horas	24			
		Días	424			
		Equipos	33			
		Tiempo Nominal	335808			
SISTEMA	Nº Detenciones	Tiempo Detención [H]	Pareto	MTTR	Indisp.	
ELÉCTRICO (PROPULSIÓN)	3060	12316	48,1%	4,02	3,67%	
SISTEMA ELÉCTRICO 24 V	1995	4120	64,2%	2,06	1,23%	
DIRECCIÓN	667	3012	76,0%	4,52	0,90%	
LEVANTE	282	1379	81,4%	4,89	0,41%	
FRENOS	355	1264	86,3%	3,56	0,38%	
SUSPENSIÓN	192	975	90,1%	5,08	0,29%	
EJES / RUEDAS	140	969	93,9%	6,92	0,29%	
MOTOR	180	931	97,5%	5,17	0,28%	
ESTRUCTURA	39	151	98,1%	3,88	0,05%	
SISTEMAS DE AIRE	44	150	98,7%	3,41	0,04%	
SISTEMA DE AIRE	57	144	99,3%	2,52	0,04%	
SISTEMA ENGRASE	13	97	99,3%	7,44	0,03%	
ACCESORIOS	17	68	99,6%	3,98	0,02%	
PESOMETRO	3	18	99,9%	6,04	0,01%	
SISTEMA HIDRAULICO	3	3	100,0%	1,08	0,00%	
SISTEMA DE REFRIGERACION	1	1	100,0%	1,16	0,00%	

Tabla 19: Detenciones por sistemas Flota 830E

A continuación se grafican los datos de la tabla 19 en un diagrama de Pareto (gráfico 3)

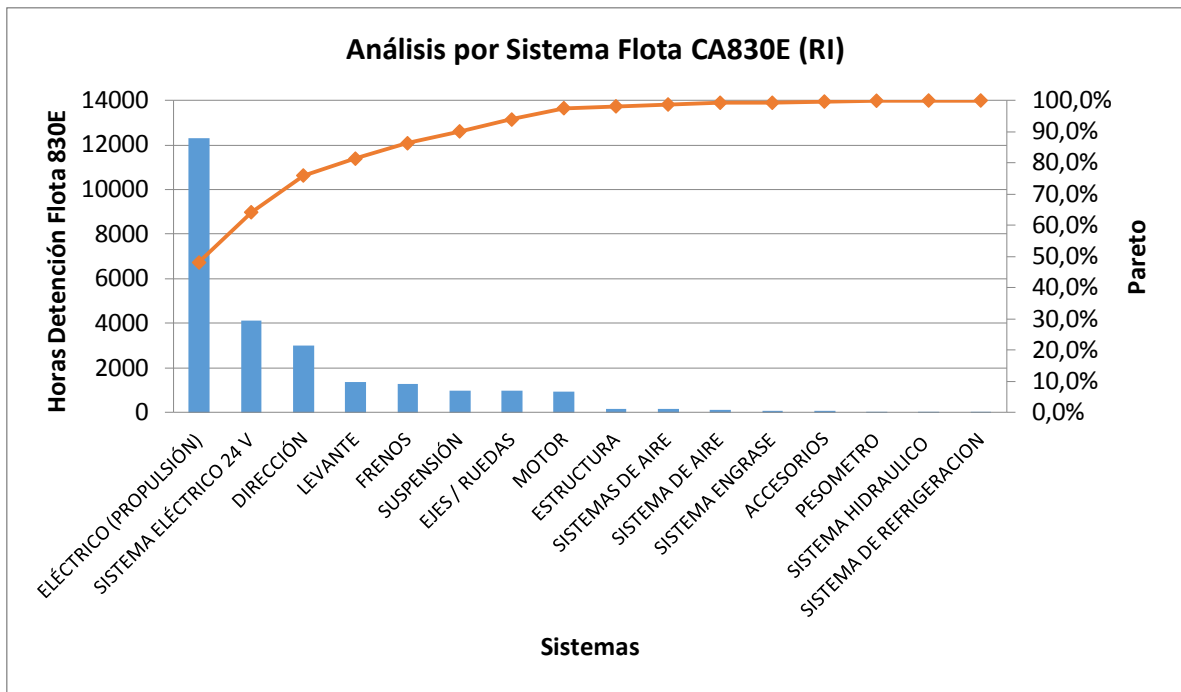


Gráfico 3: Diagrama de Pareto por Sistemas Flota 830

Se puede apreciar que el sistema que presenta mayor cantidad de fallas es el sistema eléctrico de propulsión seguido del sistema eléctrico de 24V. Al primer sistema se vuelve a realizar el mismo análisis, separando las fallas presentes en el sistema eléctrico de propulsión en los subsistemas contra el tiempo de detención. La siguiente tabla muestra las fallas presentes en sistema eléctrico de propulsión separado en los subsistemas de este (tabla 20).

		Horas	24		
		Días	424		
		Equipos	33		
		Tiempo Nominal	335808		
SUB SISTEMAS	N° Detenciones	Tiempo de Detención [H]	Pareto	MTTR	Indisp.
MOTORES DE TRACCIÓN / ARMADURAS	703	2636	21,4%	3,75	0,78%
CONTACTORES	981	2190	39,2%	2,23	0,65%
ALTERNADOR PRINCIPAL	74	1403	50,6%	18,96	0,42%
PARRILLAS / SOPLADOR DE PARRILLAS	115	1243	60,7%	10,81	0,37%
CABLEADO DE CONTROL / POTENCIA	224	1188	70,3%	5,30	0,35%
TRACCION / PROPULSION	199	672	75,8%	3,38	0,20%
PANEL STATEX III	146	560	80,3%	3,83	0,17%
PANEL AFSE	128	531	84,6%	4,15	0,16%
PEDAL ACELERADOR / RETARDO	149	471	88,5%	3,16	0,14%
SENSORES	74	287	90,8%	3,88	0,09%
FALLA DIODO	22	243	92,8%	11,03	0,07%
POTENCIA	71	218	94,5%	3,07	0,06%
TEMPERATURA	67	206	96,2%	3,07	0,06%

Tabla 20: Detenciones por subsistemas del sistema eléctrico de propulsión Flota 830E

Se grafican los datos de la tabla 20 en un diagrama de Pareto (gráfico 4).

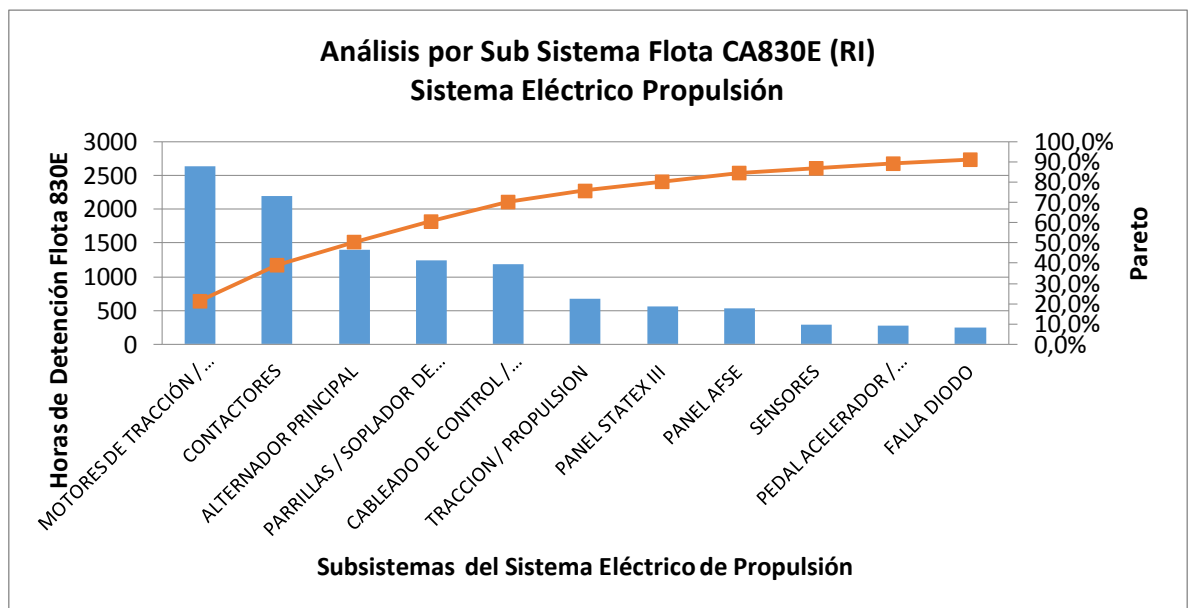


Gráfico 4: Diagrama de Pareto por Sistemas Eléctrico de Propulsión Flota 830

Cabe mencionar que no se muestran todos los subsistemas sino que más bien los que presentan mayor cantidad de falla. Se puede apreciar que el subsistema que presenta mayor cantidad de fallas son los motores de tracción.

Se realiza el mismo análisis para la flota 930E, en la tabla 21 se muestran las detenciones por falla en los principales sistemas.

		Horas	24		
		Días	424		
		Equipos	63		
		Nominal	641088		
SISTEMA	N° Detenciones	Tiempo de Detención [H]	Pareto	MTTR	Indisp.
MOTOR	3496	20895	47,9%	5,98	3,26%
ELÉCTRICO (PROPULSIÓN)	1936	8092	66,5%	4,18	1,26%
SISTEMA ELÉCTRICO 24 V	2334	5015	78,0%	2,15	0,78%
DIRECCIÓN	705	3280	85,5%	4,65	0,51%
SUSPENSIÓN	294	1933	89,9%	6,57	0,30%
FRENOS	476	1662	93,8%	3,49	0,26%
LEVANTE	336	1153	96,4%	3,43	0,18%
EJES / RUEDAS	50	845	98,3%	16,91	0,13%
ESTRUCTURA	81	248	98,9%	3,06	0,04%
ACCESORIOS	71	201	99,4%	2,83	0,03%
PESOMETRO	49	131	99,7%	2,68	0,02%
SISTEMA ENGRASE	15	54	99,7%	3,60	0,01%
SISTEMAS DE AIRE	2	35	99,8%	17,53	0,01%
RUEDA, NEUMÁTICO	1	26	99,9%	25,66	0,00%
SISTEMA HIDRAULICO	2	14	99,9%	6,86	0,00%
PESOMETRO	3	8	100,0%	2,74	0,00%
SISTEMA DE AIRE	3	6	100,0%	2,09	0,00%

Tabla 21: Detenciones por sistemas Flota 930E

Se realiza un diagrama de Pareto con los datos de la tabla 21 (gráfico 5).

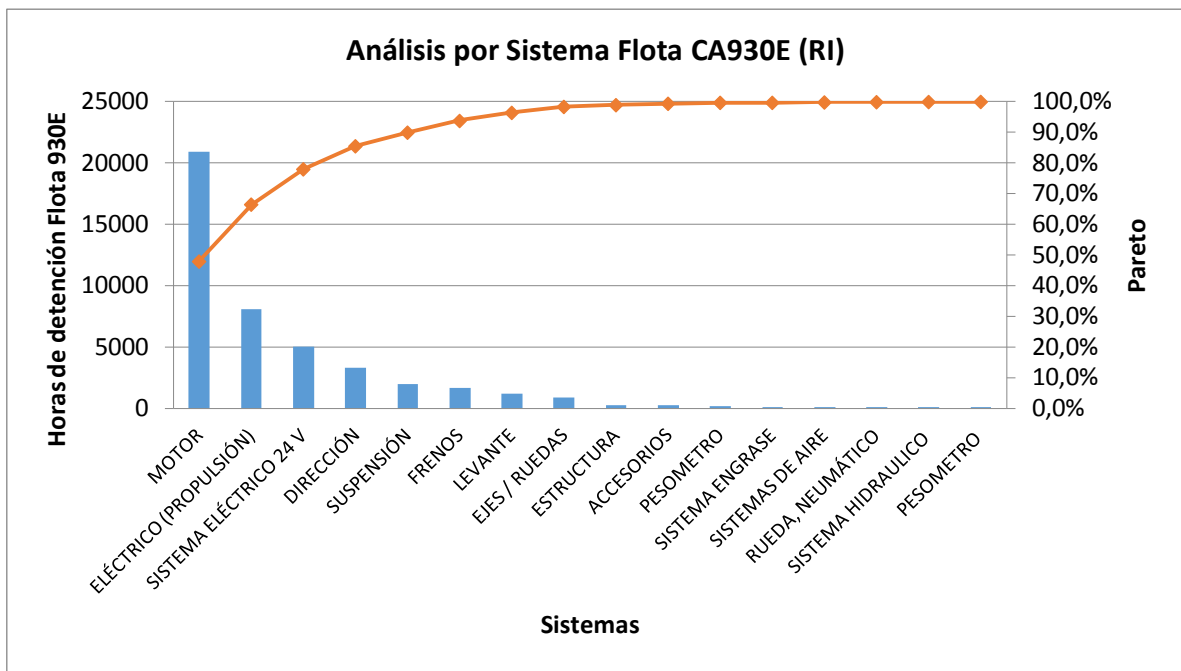


Gráfico 5: Diagrama de Pareto por Sistemas Flota 930

Acá el sistema que presenta la mayor cantidad de fallas es el Motor seguido del Eléctrico de Propulsión. En la tabla 22 se muestra el análisis del sistema eléctrico de propulsión.

		Horas	24			
		Días	424			
		Equipos	63			
		Nominal	641088			
SUB SISTEMA	Detenciones	Total General	Pareto	MTTR	Indisp.	
MOTORES DE TRACCIÓN / ARMADURAS	584	3456	42,7%	5,92	0,54%	
ALTERNADOR PRINCIPAL	47	903	53,9%	19,20	0,14%	
PEDAL ACELERADOR / RETARDO	218	470	59,7%	2,15	0,07%	
MODULO INTERFASE	185	452	65,3%	2,44	0,07%	
MÓDULOS DE FASE (INVERSORES)	174	419	70,4%	2,41	0,07%	
CABLEADO DE CONTROL / POTENCIA	148	400	75,4%	2,70	0,06%	
PANEL AFSE	131	393	80,2%	3,00	0,06%	
CONTACTORES	136	359	84,7%	2,64	0,06%	
TARJETAS CONTROL	86	238	87,6%	2,76	0,04%	
SENSORES DE VOLTAJE	38	172	89,7%	4,54	0,03%	

Tabla 22: Detenciones por subsistemas del sistema eléctrico de propulsión Flota 830E

En el gráfico 6 se muestra el diagrama de Pareto para el subsistema Eléctrico de propulsión

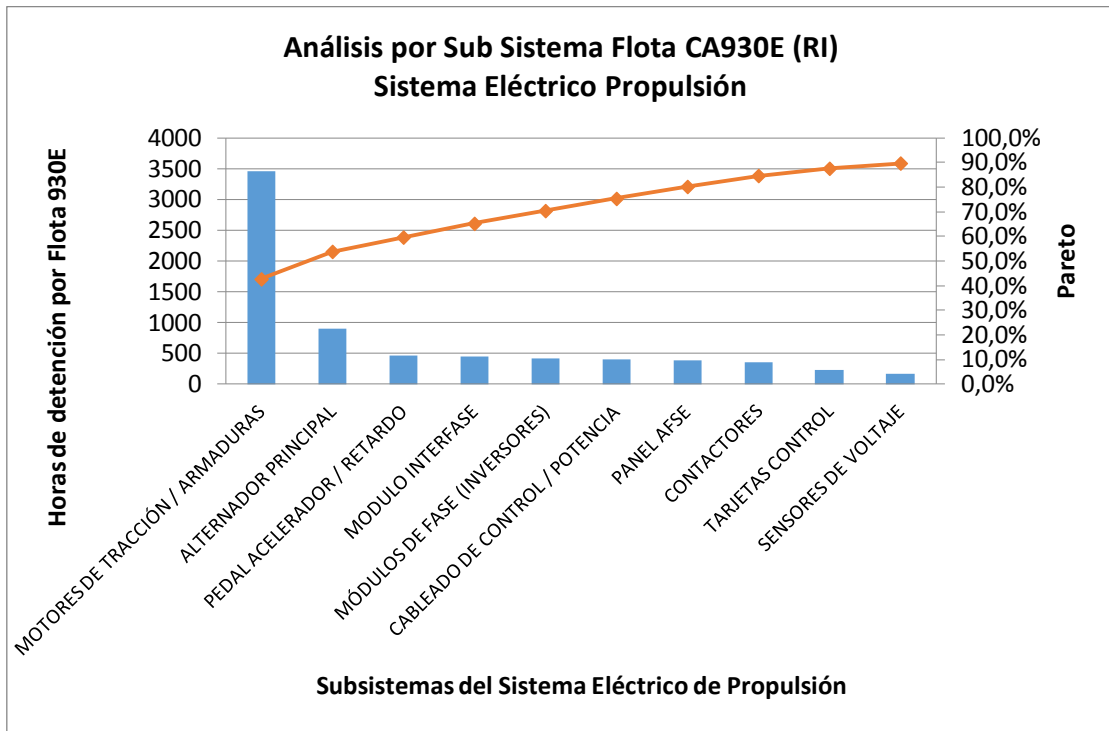


Gráfico 6: Diagrama de Pareto por Sistemas Eléctrico de Propulsión Flota 930

Al igual que para el caso de la flota 830E se muestran sólo los subsistemas que presentan la mayor cantidad de fallas.

El que presenta mayor cantidad de fallas, al igual que flota anterior, es el subsistema de Motores de tracción y como segundo subsistema con mayor cantidad de fallas se presenta el Alternador principal.

Una de las fallas más críticas en estos sistemas es el Flashover, que son descargas eléctricas por falla en la aislación de las bobinas. Se constató que en el 14% de las causas raíces de las fallas presentes en los motores de tracción de la flota 830E corresponden a Flashover, mientras que en el alternador principal corresponden al 8%. Al revisar las pautas de mantención de estos sistemas se encontró una debilidad en la forma de medición de la aislación de las bobinas, en la Ilustración 28 se muestra la prueba que se realiza:

Control de mediciones de Aislación Eléctrica Alternador Principal, Motor Tracción v/s Tierra

ALTERNADOR PRINCIPAL

campos
Mohm

Estator	
T-1	Mohm
T-2	Mohm
T-3	Mohm

Terciarios	
T-14	Mohm
T-15	Mohm
T-16	Mohm
T-17	Mohm

SI AISLACIÓN DE ALTERNADOR PRINCIPAL ES MENOR A 5 Mohm ESTÁ MALO

medida	Mohm	(Mega Ohm)
--------	------	------------

MOTORES DE TRACCION

Motor de tracción Derecho	
Campo	Mohm
Interpolos	Mohm

Motor de tracción Izquierdo	
Campo	Mohm
Interpolos	Mohm

SI AISLACIÓN DE MOTOR DE TRACCIÓN ESTÁ EN 1 Mohm ESTÁ MALO, ENTRE 1-2 Mohm ESTA EN PRECAUCIÓN , MAYOR O IGUAL A 3Mohm ESTÁ BUENO

Realizado por: _____

Comentarios : _____

Ilustración 28: Pauta Medición Bobinas Alternador y Motor de Tracción Flota 830E

Como se aprecia, esta medición resulta ser bastante práctica para conocer el estado de la aislación en el momento de la medida, pero la aislación depende de varios factores, de los cuales uno de los más relevantes a considerar es la temperatura, ya que a medida que ésta aumenta se entrega al sistema energía térmica con portadores libres adicionales, produciendo una reducción en la resistencia de aislación, lo cual no está considerado.

Al revisar las pautas de mantenimiento de la flota 930E (Ilustración 29) se presenta el mismo problema, la pauta de medición de la aislación eléctrica de las bobinas del alternador principal tiene el mismo defecto que en la flota 830E

Control Mediciones de Aislación Eléctrica Alternador Principal v/s Tierra

ALTERNADOR PRINCIPAL

CAMPOS
M Ω

ESTATOR	
T - 1	M Ω
T - 2	M Ω
T - 3	M Ω

TERCIARIO	
T19	M Ω
T20	M Ω

TODAS LAS MEDICIONES DE AISLACIÓN DEBEN SER REALIZADAS A 500 VOLT, EN EL MEGGER.

SI LA AISLACIÓN DEL ALTERNADOR PRINCIPAL ES MENOR A 2 M Ω, SE DEBE SOPLAR EL ALTERNADOR Y VOLVER A REALIZAR LA MEDICIÓN, SI VUELVE A PRESENTAR UN VALOR MENOR A 2 M Ω, EL ALTERNADOR ESTÁ MALO.

EQUIPO: _____

FECHA: _____

MODELO ALTERNADOR: _____

NÚMERO SERIE: _____

HORAS DE ALTERNADOR: _____

REALIZADO POR: _____

OBSERVACIONES: _____

Ilustración 29: Pauta Medición Aislación Bobinas Alternador Principal Flota 930E

Esta forma de medida conlleva el riesgo que, al realizar la medida con el equipo en frío, pudiese encontrarse que la aislación de los bobinados se encuentre en condiciones de operación, pero al momento de operar los camiones, en que la temperatura de estos bobinados aumenta, se produzca un Flashover rompiendo estos vitales componentes, dejando al equipo fuera de servicio por imprevisto, disminuyendo su disponibilidad.

Para poder prever esto se recomienda cambiar la forma de medir la aislación. Para esto se sugiere considerar la norma IEEE 43-2000 “Práctica recomendada para la medida de resistencia de aislamiento de máquinas rotatorias”, la cual muestra otros ensayos que se pueden realizar para medir la resistencia de aislación de los bobinados. Como por ejemplo el Índice de Polarización (IP) que es una variante del ensayo de resistencia de aislación utilizado. El IP es la razón entre las medidas de resistencia de aislación a los 10 minutos (R10) y a 1 minuto (R1) de aplicada la tensión de ensayo. Es decir: $IP = R10/R1$.

Según la norma IEEE 43-2000, un IP menor a 2 indica que el bobinado puede estar contaminado con aceite, suciedad, etc. o húmedo.

El Índice de Polarización (IP) se desarrolló para hacer la interpretación más independiente de la temperatura. El IP es la relación entre la resistencia de aislación en dos instantes diferentes. Si se asume que R10 y R1 se miden a la misma temperatura, lo cual es razonable de suponer, el factor de corrección de temperatura es prácticamente el mismo y se cancela al hacer el cociente. Por lo tanto, el IP es relativamente insensible a la temperatura. Más aún, el IP permite usar la corriente de absorción como una medida para ver si las corrientes de fuga y de conducción son excesivas. Si estas corrientes son mucho mayores que la de absorción, el índice será cercano a uno. La experiencia muestra que si esto sucede hay posibilidades de descargas superficiales (Flashover) (Fernández Daher, 2005).

Por otro lado, si las corrientes de fuga y de conducción son bajas respecto a la de absorción a un minuto, el IP será mayor que 2 y es improbable que exista Flashover. Por lo tanto, si se puede ver un decaimiento en la corriente total en el intervalo entre 1 y 10 minutos, esto se debe a la corriente de absorción (dado que la de fuga y la de conducción son constantes) y además la de fuga y la de conducción son menores.

Por lo tanto, la recomendación es cambiar el ensayo con el cual se mide la aislación de las bobinas por el Índice de Polarización, el cual se puede calcular a partir de mediciones realizadas con el mismo instrumento empleado en el ensayo de Resistencia de Aislación actual, el Megger MIT 400.

12. Conclusiones

El Área de Planificación de Mantenimiento de Camiones y Equipos de Apoyo de la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi necesita de manera urgente generar cambios en sus procesos para generar un valor agregado al trabajo realizado, ya que hasta el momento su única función es de fiscalización de la planificación realizada por las ESED. Esto genera una importante debilidad, ya que al no generar valor agregado a lo que realizan las ESED se podría perfectamente prescindir del área externalizando el proceso. Este trabajo de título se propone para lograr un valor agregado al trabajo realizado por el área, de modo que, por medio de la utilización del software Ellipse, se pueda proyectar la precisión de servicio y, por lo tanto, el área realice la planificación utilizando las propuestas entregadas por las ESED sólo como contrapropuestas al trabajo realizado o, definitivamente, prescindir de ella.

Junto con ello, se necesita cambiar la manera de programar: pasar de programar según el tiempo de detención de los equipos, a programar por las horas hombre necesarias para cada actividad. Además, al considerar las horas hombre - las que deberían ser validadas en terreno - no se podrá sobre planificar tareas, haciendo que los planes sean realizables en su totalidad.

Junto con el trabajo que se debe realizar en el Área de Planificación, se debe levantar la problemática de la actualización de los horómetros de los equipos y componentes a Ellipse. Esto, al ser un problema que debe ser resuelto de manera externa al Área de Planificación, no se consideró en este trabajo de título. Para esto es necesario que el Área de Despacho cambie el software con el cual llevan el registro de los horómetros, o bien, se cree un canal de comunicación entre Ellipse y Distpach (software utilizado).

Un factor importante no considerado en el desarrollo de este trabajo de título debido a la baja información encontrada, es la inasistencia de personal de mantenimiento, ya que el único registro que se lleva es en los cambios de turno. No existe un historial de la cantidad de personal inasistente de manera diaria.

El nuevo reporte permite llevar un mejor control sobre la realización de las mantenciones, y además permitirá - una vez realizado el levantamiento de las horas hombre - conocer la real capacidad que poseen las ESED, ya que se comparará las horas hombre programadas versus las realizadas. Esto es importante para poder crear un estándar de planificación, logrando que para ambos turnos, par e impar, los planes sean aterrizados al personal y su capacidad en cada turno. Cabe destacar que este estándar debería ser dinámico, de modo que, por medio de un análisis a este indicador, se pueda decidir si se aumentan o disminuyen las horas programadas; esto sin descuidar la precisión de servicio de los equipos, ya que las mantenciones se deben realizar, de todos modos, a las 250, 500 y 1000 horas de aceite motor con una banda del 10%. Junto con esto, en el nuevo reporte se puede conocer la precisión de servicio con la cual entran los equipos a mantenimiento, por lo que se podría controlar de mejor manera la tarea del Área de Operaciones Mina en su gestión de los equipos, controlando de mejor manera un agente externo que afecta al cumplimiento de los planes.

Al revisar las fallas presentes en los equipos se encontró una debilidad en las pautas de mantenimiento en el sistema eléctrico de potencia en ambas flotas, la cual pasa por una medición ineficiente a la resistencia de aislación de los bobinados, tanto del alternador como de los motores de tracción en la flota 830E y del alternador en la flota 930E. Al cambiar el criterio de medición por el Índice de Polarización, se puede saber con más exactitud el estado de la aislación incluyendo la variable térmica, la cual no es considerada en la medición actual. Además, se

podría llevar un historial del valor de la resistencia, con lo cual se podría predecir un cambio de componente, logrando cambiar un imprevisto por un cambio de componente planificado; se conseguiría así convertir un cambio de componente imprevisto por uno planificado, lo que sería hacer mantenimiento predictivo. Además, la implementación del cambio de medida de la resistencia de aislación en las bobinas, se podría extender a todos los bobinados presentes en los camiones, como por ejemplo en los motores de tracción de la flota 930E o en los sopladores (blower) de los banco de parrillas de ambas flotas.

El plazo para la implementación del cambio de medición de la aislación de las bobinas sería relativamente rápido y sin mayores costos, ya que se utilizan los instrumentos de medición ya existentes, de modo que sólo habría que instruir al personal para saber cómo interpretar el Índice de Polarización. Además, se debería agregar en las pautas de mantención un gráfico donde se muestre la evolución de la resistencia de aislación.

En cambio, los plazos para los cambios en la gestión de la planificación son más extensos, por la gran cantidad de trabajos a realizar. Igualmente un cambio en la forma de calificar la planificación, en donde el factor más importante ya no es el tiempo de detención de los equipos, sino que más bien las horas hombre necesarias para realizar la mantención.

13.Glosario

- CMDIC: Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.
- ESED: Empresas de Servicios Directos.
- HH: Horas Hombre.
- IP: Índice de Polarización.

14. Bibliografía

- Jackson Ramsey. *Enciclopedia del MANAGEMENT*. Ediciones Centrum Técnicas y Científicas. Barcelona, España, 1992.
- Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. *Instructivo para análisis de falla*, Gerencia Mantenición Mina. Mayo 2012.
- Komatsu Chile. *Manual de Taller Camión Tolva 930E*, número de serie A30769 y superiores. Marzo 2009.
- Komatsu Chile. *Manual de Taller Camión Tolva 830E*, número de serie A30816 y superiores, 2006.
- Komatsu Chile. *Curso Producto AC Eléctrico 930E*. Octubre 2007.
- Komatsu Chile. *Curso Producto DC Eléctrico 830E*. Marzo 2007.
- Contrato Komatsu Chile. *Servicio de mantención y Reparación de Equipos Komatsu para Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi*, Abril 2012.
- Rosaler Robert C. *Manual del Ingeniero de Planta*. Mac-Graw-Hill/Interamericana de Editores, S.A. de C.V. 2002.
- Moubrau John. *Mantenimiento centrado en confiabilidad*, Aladon LLC. North Carolina. 2004
- Komatsu Chile. *Pautas de mantenimiento Camiones Komatsu 930E Faena Collahuasi*.
- Komatsu Chile. *Pautas de mantenimiento Camiones Komatsu 830E Faena Collahuasi*.
- Norma IEEE 43 2000. *Práctica recomendada para la medida de resistencia de aislamiento de máquinas rotatorias*. 6 de marzo del 2000
- Herrera, D' Armas y Arzola. *Análisis de los diferentes métodos de mejora continua*. UNEXPO 2012.
- Harrington James H. *Administración total del mejoramiento continuo. La nueva generación*. Editorial Mc, Graw Hill Interamericana, S.A., Colombia. 1997.
- AVO INTERNACIONAL. "Más Vale Prevenir..." La Guía Completa Para Pruebas de Aislamiento Eléctrico, Texas 2000.
- Fernández Daher Jorge. *Mantenimiento Predictivo en Motores Eléctricos (parte 4)*. Revista ElectroMagazine número 12 mayo 2005

15. Anexos

15.1. Anexo 1: Metodologías de medición de aislación de bobinados

15.1.1. Método de Resistencia de Aislación

El principio básico para la medición de la resistencia de aislación está basado en la ley de Ohm. Al aplicar un voltaje continuo de valor conocido y medir a continuación la corriente en circulación es posible calcular el valor de la resistencia. Esta resistencia muestra la calidad del aislamiento entre dos conductores y proporciona una buena indicación sobre los riesgos de la circulación de corrientes de fugas.

Existen variados factores que afectan el valor de la resistencia de aislación, entre ellos están la humedad o la temperatura que pueden afectar a la medición de está.

Como se dijo anteriormente, lo que se mide es la corriente que aparece entre los terminales del bobinado al aplicar un voltaje continuo. Esta corriente se puede descomponer como la suma de 4 corrientes que son: de fuga superficial (I_L), por el efecto capacitivo (I_C), de conductancia (I_G) y de absorción (I_A).

- Corriente de Fuga Superficial (I_L): Es una corriente constante en el tiempo, que existe por lo general sobre la superficie de los finales de vuelta de los devanados del estator o entre los conductores expuestos y el cuerpo del rotor en devanados de rotor aislados.
- Corriente de Carga Capacitiva (I_C): Es una corriente reversible en relación con la alta magnitud y corta duración, que decae de manera exponencial con el tiempo de aplicación del voltaje. Depende de la resistencia interna del instrumento de medición y de la capacitancia geométrica de la bobina.
- Corriente de Conductancia (I_G): Es una corriente constante en el tiempo, que pasa a través de la aislación desde la tierra al conductor de alto voltaje.
- Corriente de Absorción (I_A): Esta corriente es resultado de la polarización de las moléculas y el movimiento de los electrones, que decae al correr el tiempo de aplicación del voltaje, desde un valor alto inicial a casi cero, y depende del tipo de material de unión utilizado en la aislación.

El circuito equivalente para este tipo de pruebas¹ se muestra en la ilustración 30:

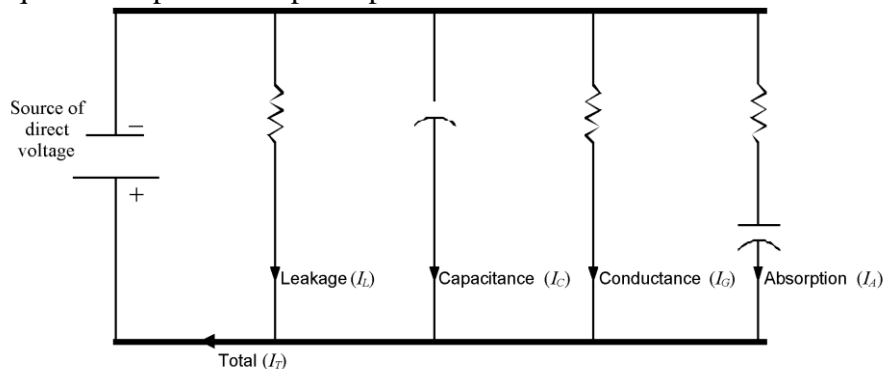


Ilustración 30: Circuito Equivalente de Pruebas de Resistencia de Aislación

¹ Norma IEEE std 43-2000.

En la siguiente ilustración (ilustración 31) se muestra la naturaleza de las corrientes antes mencionadas, cabe mencionar que estas corrientes están fuertemente relacionadas con el tipo de material aislante.

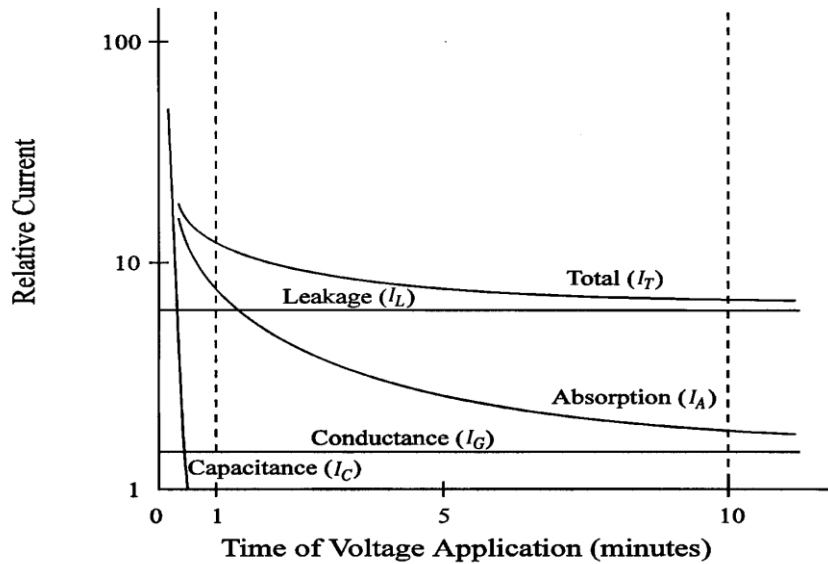


Ilustración 31: Naturaleza de las Corrientes

Al realizar la prueba ninguna de estas corrientes se pueden medir directamente por lo que se debe solo considerar la corriente total. Para conocer el estado de la aislación en la industria se utiliza la siguiente regla:

“La resistencia de aislamiento debe ser aproximadamente un megaohm por cada 1,000 volts del voltaje de operación, con un valor mínimo de un megaohm.”(AVO INTERNACIONAL, 2000)

15.1.2. Índice de Polarización

La resistencia de aislación medida por lo general aumentará rápidamente cuando se aplica primero la tensión, y luego aproximarse gradualmente a un valor relativamente constante a medida que transcurre el tiempo.²

² Norma IEEE std 43-2000.

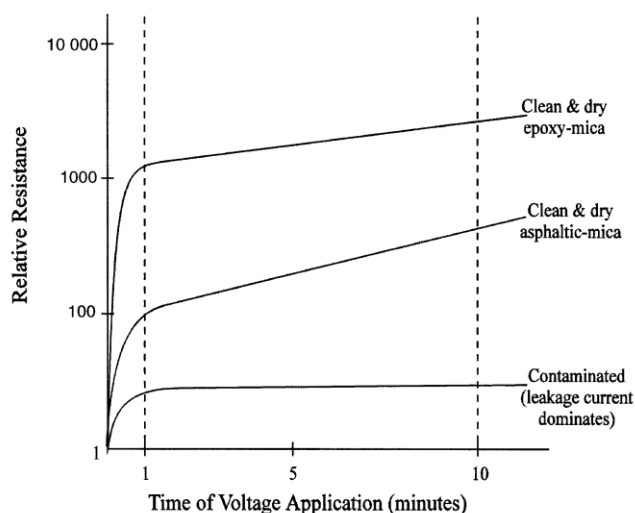


Ilustración 32: Medición de Resistencia de aislación para 3 maquinas diferentes.

En bobinados secos y en buen estado las lecturas pueden aumentar durante horas con una tensión de prueba constante aplicada continuamente. En cambio si el bobinado se encuentra mojado o sucio, se puede alcanza un valor constante bastante más rápido.

El índice de polarización es una medida para ver cómo afecta el tiempo a la variación de la corriente que mide el instrumento de medición. Según la norma IEEE 43-2000 se recomienda realizar la medida al minuto y a los 10 minutos, así el índice de polarización es

$$IP = \frac{R_{\text{aislamiento a 10 min}}}{R_{\text{aislamiento a 1 min}}}$$

De forma general, un índice IP superior a 4 es señal de un aislamiento excelente mientras que un índice inferior a 2 indica un problema potencial.

Valor del índice de Polarización	Interpretación
<1	Peligrosa
1 – 2	Cuestionable
2 - 4	Buena
>4	Excelente

Tabla 23: Interpretación Índice de Polarización

15.2. Anexo 2: Catalogo Camiones Komatsu

15.2.1. Komatsu 830E

KOMATSU®

830E

MAXIMUM GVW
385852 kg 850,650 lb
GROSS HORSEPOWER
1865 kW 2,500 HP



ELECTRIC DRIVE TRUCK

SPECIFICATIONS



ENGINE

*Make and model	Komatsu SDA16V160
Fuel	Diesel
Number of cylinders	16
Operating cycle	4 cycle
**Rated brake power	1865 kW 2,500 HP @ 1900 rpm
***Flywheel power	1761 kW 2,360 HP @ 1900 rpm
Weight (wet)	9608 kg 21,182 lb

* Tier 2 emissions certified. Tier 1 emissions engine is optional outside of North America.
 **Rated brake power is the output of the engine as installed in this machine, at governed rpm and with engine manufacturer's approved fuel setting. Accessory losses included are water pump, fuel pump and oil pump.
 ***Flywheel power is the rated power at the engine flywheel minus the average accessory losses. Accessories include fan and charging alternator. Rating(s) represent gross engine performance in accordance with SAE J1349 conditions.



ELECTRIC DRIVE

AC/DC CURRENT

Alternator	G.E. GTA-26
Dual impeller in-line blower	255 m ³ /min 9,000 cfm
Control	Statex III Fuelsaver
*Motorized wheels	G.E. 787
*Ratio	31.875:1
Speed (maximum)	48.8 kph 30.3 mph

* Wheel motor application depends upon gross vehicle weight, haul road grade, haul road length, rolling resistance and other parameters. Komatsu and G.E. must analyze each job condition to assure proper application.

**Optional ratios available.



TIRES AND RIMS

Rock service, tubeless, tires (bias ply or radial)	
*Standard tire	40.00 R57
Standard five (5) piece rim	
737 mm x 1488 mm x 152 mm 29" x 57" x 6" patented Phase II New Generation rim assembly with patented 152 mm 6" double forged flanges. Not interchangeable with other manufacturers' rims due to improved design for greater load support and longer fatigue life. Rated at 827 kPa 120 psi cold inflation pressure.	
Typical tire weight	21081 kg 46,476 lb

* Tires should meet application requirements for tmph/kph, tread, compound, inflation pressure, ply rating or equivalent, etc.



BODY

All-welded steel flat floor body with horizontal bolsters and full canopy. Rear wheel rock ejectors, body up cable, and rubber mounts on frame are standard. Pivot exhaust heating optional.

Floor sheet	19 mm 0.75" 1379 mPa 200,000 psi tensile strength steel (two-piece)
Front sheet	12 mm 0.47" 1379 mPa 200,000 psi tensile strength steel
Side sheet	8 mm 0.31" 1379 mPa 200,000 psi tensile strength steel
Canopy sheet	5 mm 0.19" 690 mPa 100,000 psi
Struck	117 m ³ 153 yd³
Standard SAE heaped 2:1	147 m ³ 193 yd³
Standard Komatsu body weight	27669 kg 61,000 lb



CAB

Advanced Operator Environment with integral 4-post ROPS/FOPS structure (meets J1040 Apr88), adjustable air suspension seat w/lumbar support and arm rests, passenger seat, maximum R-value insulation, tilt and telescoping steering wheel, electric windshield wipers w/washer, tinted glass, power windows, Komatsu Payload Weighing System, 55,000 Btu/hr heater and defroster, 21,600 Btu/hr air conditioning (HFC - 134A refrigerant).



FRAME

Advanced technology, full butt-welded box-sectional ladder-type frame with integral ROPS supports, integral front bumper, rear tubular cross members, steel castings at all critical stress transition zones, rugged continuous horseshollar.

Plate material	482.6 mPa 70,000 psi tensile strength steel
Casting material	620.5 mPa 90,000 psi tensile strength steel
Rail width	305 mm 12"
Rail depth (minimum)	864 mm 34"
Top and bottom plate thickness	32 mm 1.25"
Side plate thickness	16 mm 0.62"
Drive axle mounting	Pin and spherical bushing
Drive axle alignment	Swing link between frame and axle



BRAKING SYSTEM

Service brakes: all-hydraulic actuated

Front	Wheel speed disc. Three calipers on a 1213 mm 47.75" O.D. disc.
Rear	Dual disc armature speed. Two 635 mm 25" O.D. discs per side. One caliper per disc.
Emergency brakes	Automatically applied prior to hydraulic system pressure dropping below level required to meet secondary stopping requirements.
Wheel brake locks	Switch-activated
Parking brakes	Spring-applied, hydraulically released, with speed application protection.
Electric dynamic retarder (max.)	2983 kW 4000 hp
Continuously rated blown grids. Two-speed overspeed retarding. Extended range retarding. Reverse retarding.	



SUSPENSION

HYDRAIR® II

Variable rate hydro-pneumatic with integral rebound control.	
Max. front stroke	335 mm 13.2"
Max. rear stroke	279 mm 11.0"
Max. rear axle oscillation	±10.3°



COOLING SYSTEM

L&M radiator assembly with sight gauge. Deaeration-type top tank. Dual pass cooling.

Radiator frontal area	6.24 m ² 67.2 ft²
-----------------------	--



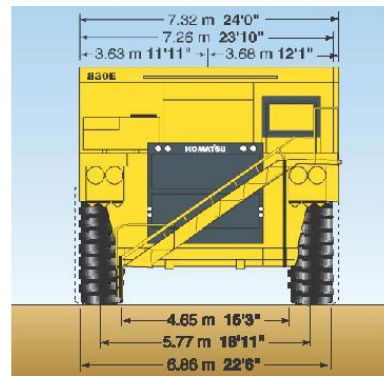
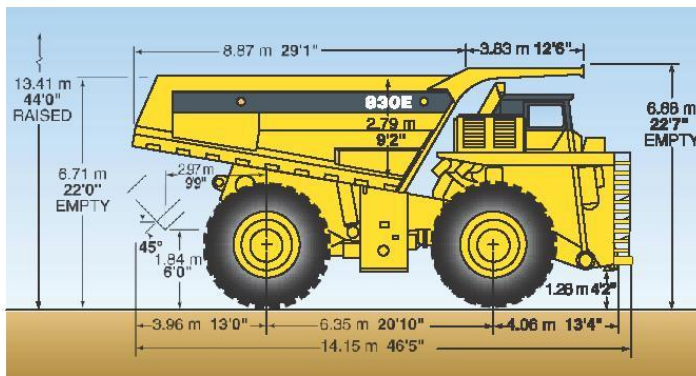
SERVICE CAPACITIES

Cooling system	.568 L	150 U.S. gal
*Crankcase	.280 L	74 U.S. gal
Hydraulic system	.946 L	250 U.S. gal
Motor gear box	.40 L	10.5 U.S. gal
Fuel	4542 L	1200 U.S. gal

* Includes lube oil filters



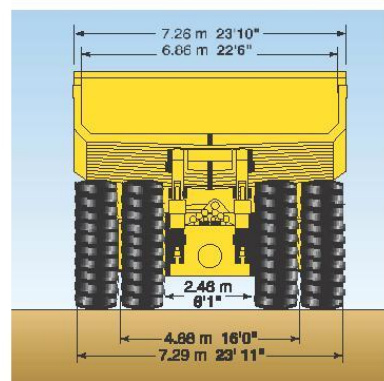
DIMENSIONS



All dimensions are with 147 m³ 193 yd³ body.

Bodies	Struck	2:1 Heap	Loading Height*
Standard	117 m ³ 153 yd ³	147 m ³ 193 yd ³	6.71 m 22'

* Exact load may vary due to tire make, type and inflation pressure.



HYDRAULIC SYSTEM

- Steering Accumulator-assisted twin cylinders provide constant rate steering. Emergency steering automatically supplied by accumulator.
- Turning circle diameter (SAE) 28.4 m 93 ft
- Reservoir 901 L 238 U.S. gal
- Filtration In-line replaceable elements
- Suction Single, full-flow, 100 mesh
- Hoist and steering Dual, in-line, high-pressure.
- Brake component cabinet Above-deck, easily accessible with diagnostic test connections.
- Hoist Two 3-stage dual-acting outboard cylinders, internal cushion valve, over-center damping.
- Hoist times
 - Power-up loaded 25 sec
 - Power-down 27 sec
 - Float-down empty 24 sec
- Pumps
 - Hoist Tandem gear-type pump with output of 851 lpm 225 gpm@1900 rpm and 17240 kPa 2,500 psi
 - Steering and brake Pressure compensating piston pump with output of 246 lpm 65 gpm @ 1900 rpm and 18961 kPa 2,750 psi
- System relief pressures
 - Hoist 17240 kPa 2,500 psi
 - Steering and Brake 27580 kPa 4,000 psi
- Quick disconnects standard for powering disabled truck and for system diagnostics.



ELECTRICAL SYSTEM

- 4 x 8D 1450 CCA, 12 volt batteries, in series/parallel, deck-mounted with disconnect switch.
- Alternator 24 volt, 260 amp
- Lighting 24 volt
- Cranking motors two/24 volt



WEIGHT DISTRIBUTION

Empty vehicle weight (wet, 100% fuel, no options, std Komatsu body, std tires)

Front axle	81823 kg	180,387 lb	50%
Rear axle	80682 kg	177,872 lb	50%
Total EVW	162505 kg	358,259 lb	

Gross vehicle weight (Nominal)

Front axle	127330 kg	280,715 lb	33%
Rear axle	258521 kg	569,936 lb	67%
Total	385852 kg	850,650 lb	
Nominal payload*	223347 kg	492,391 lb	
		246 U.S. ton	

*Nominal payload is defined by Komatsu America Corp. payload policy documentation. In general, the nominal payload must be adjusted for the specific vehicle configuration and site application. The figures above are provided for basic product description purposes. Please contact your Komatsu distributor for specific application requirements.



STANDARD EQUIPMENT

- Air cleaners, Donaldson SRG
- Alternator (24 volt/260A)
- Auto lubrication system -90 lbs.
- Batteries (4 x 8D, 1450 CCA 12 volt)
- Battery charging receptacle, 24 volt
- Body down indicator/body up buzzer
- Body over center device
- Brakes: Front: Wheel speed disc; Rear: dual disc armature speed
- Electric start
- Filters, high pressure hydraulic
- Gate valves on hydraulic tank
- Komatsu control cabinet
- Komatsu Payload Weighing System-PLM III
- Mirrors, LH flat and RH rectangular convex
- Mud flaps
- Muffled exhaust, deck-mounted
- On-board load box
- Power supply, 24 volt and 12 volt DC
- Quick disconnects (steering and hoist)
- Radiator sight gauge
- Removable power module unit (radiator, engine, alternator, blower)
- Retard grids, 14-element, blown, 7 step (EER) Extended Range Retarding
- Retard speed control
- Reverse retarding
- Rock ejectors
- Thermostatic Fan Clutch
- Two-speed overspeed retarding
- Vari-volt alternator control
- Fast-Fill Fuel System (in-tank)
- Service Center LH (radiator, engine, hydraulics)

OPERATION ENVIRONMENT & CONTROL

- All-hydraulic service brakes with emergency auto apply
- Battery disconnect switch
- Body up cable
- Brake lock and drive system interlock
- Circuit breakers, 24 volt
- Diagonal staircase across grill, R to L
- Dynamic retarding with continuous rated grids

- Engine shutdown at ground level
- Hoist propulsion interlock
- Horns (electric)
- Integral roll-over protection (ROPS)
- Maintenance & power lock-out
- Parking brake with warning light and speed application protection
- Power steering w/auto emergency steering
- Protective deck rails
- Pump drive line protector
- Radiator fan guard
- Seat belts 76 mm 3" retractable
- Skid-resistant coating on walkways

STANDARD HIGH VISIBILITY DELUXE CAB:

Instrumentation

- Alarm System warning lights (red)
 - Accumulator pre-charge
 - Coolant low level w/alarm
 - Coolant high temperature w/alarm
 - Electric drive system cooling blower w/alarm
 - Electric system fault w/alarm
 - Hydraulic oil level w/alarm
 - Hydraulic oil temperature w/alarm
 - Low engine oil pressure w/alarm
 - Low brake pressure w/alarm
 - Motorized wheel temperature w/alarm
 - Stop engine w/alarm
 - Steering pressure w/alarm
- Air cleaner vacuum indicators
- Air conditioner HFC 134a
- AM/FM cassette radio, XM capable
- Blower pressure indicator light
- Digital tachometer and speedometer
- Dome light
- Engine hourmeter
- Engine shutdown
- Floor mat
- Fuel gauge in cab and on tank
- Gauges (w/back light)
- Headlight switch
- Heater and defroster (heavy-duty)
- Heater switch

- High beam selector and indicator
- Indicator lights (amber):
 - 5-minute idler timer
 - Auto lube alarm
 - Check engine w/alarm
 - Circuit breaker tripped
 - Dynamic retarding
 - Dump body up
 - Hydraulic oil filter
 - Low fuel level
 - Manual back-up lights
 - Park brakes applied
 - Retard speed control
 - Service brakes
 - Starter circuit
- Insulation (Max R-Value)
- Oil pressure gauge
- Operator seat, adjustable w/air suspension, lumbar support and arm rests
- Panel lighting (adjustable)
- Passenger seat
- Payload Meter PLM III
- Power windows
- Pressurized cab air system
- RS232 port-Statex III-PLM III
- Starter key switch
- Steering system warning light and buzzer
- Sunvisor (adjustable)
- Tilt and telescoping steering wheel
- VHMS with ORBCOMM
- Voltmeter (battery output)
- Windshield (tinted safety plate)
- Windshield wipers and washer (electric)

LIGHTING:

- Back-up lights (2)
- Brake and retard lights on top of cab
- Clearance lights
- Control cabinet service light
- Dynamic retarding, rear (2)
- Headlights—(4) halogen
- Ladder lights
- Manual back-up light, switch and indicator
- Service light in rear axle
- Stop and tail lights (2)
- Turn signals
- Under-hood service lights



OPTIONAL EQUIPMENT

(Optional equipment may change operating weight).

- Additional high-mounted headlights
- Air cleaner dust evacuators
- Arctic protection package (suspensions, antifreeze/lube below -40° C)
- Back-up lights, deck-mounted
- Body liners*
- Eliminator, Centinel, Reserve
- Filtered air inlet system
- Fire extinguisher 9 kg 20 lb
- Fog lights
- Hot starts (engine oil, coolant, hydraulic tank)
- Hubodometer (miles or kilometers)
- Modular Mining Systems (MMS) ready
- Motorized wheel ratios (higher - lower)
- Mufflers between frame rails
- Pivot exhaust (heated body)
- Pressure fueling remote LH
- Radiator shutters
- RH Service Center
- Special language decals

*Available factory installed or non-installed. All other options and accessories listed are available factory installed only.

AE55633-04

©2006 Komatsu America Corp. Printed in USA

K12(2.5M) C

12/06 (EV-1)

KOMATSU®

www.KomatsuAmerica.com

Komatsu America Corp. is an authorized licensee of Komatsu Ltd. Materials and specifications are subject to change without notice. **KOMATSU** is a trademark of Komatsu Ltd., Japan

15.2.2. Komatsu 930E

KOMATSU®

930E-4SE

MAXIMUM GVW
505755 kg 1,115,000 lb
GROSS HORSEPOWER
2611 kW 3,500 HP

930E



Photo may include optional equipment.

ELECTRIC DRIVE TRUCK

930E-4SE ELECTRIC DRIVE TRUCK

SPECIFICATIONS



ENGINE

Make and model	Komatsu SSDA18V170
Fuel	Diesel
Number of cylinders	18
Operating cycle	4 cycle
Gross horsepower	2611 kW 3,500 HP @ 1900 rpm
Net flywheel power*	2495 kW 3,346 HP @ 1900 rpm
Weight (wet)	10100 kg 22,266 lb

* Net flywheel power is the rated power at the engine flywheel minus the average accessory losses. Accessories include fan and charging alternator.

Power ratings above represent engine performance in accordance with SAE J1995 and J1349 conditions.



ELECTRIC DRIVE

AC CURRENT	
Alternator	GTA-39
Dual impeller in-line blower	453 m ³ /min 16,000 cfm
Control	AC Torque Control System
Motorized wheels*	GDY106 AC Induction Traction Motors
Ratio**	32.62:1
Speed (maximum)	64.5 km/h 40 mph

* Wheel motor application depends upon gross vehicle weight, haul road grade, haul road length, rolling resistance and other parameters. Komatsu and G.E. must analyze each job condition to assure proper application.

** Optional ratios available.



TIRES AND RIMS

Rock service, tubeless, radial tires	
Standard tire*	53/80 R63
Taper Lock	
914 mm x 1600 mm x 127 mm 36" x 63" x 5.0" rim assembly	
Rated at 758 kPa 110 psi cold inflation pressure for rims,	
600 kPa 87 psi for tires.	

* Tires should meet application requirements for tkph/tmph, tread, compound, inflation pressure, ply rating or equivalent, etc.



BODY

All-welded steel flat floor body with horizontal bolsters and full canopy. Eyebrow, rear wheel rock ejectors, body up sling, and rubber mounts on frame are standard. Pivot exhaust heating optional.

Floor sheet	16 mm 0.63" 1379 MPa 200,000 psi tensile strength steel (two-piece)
Front sheet	9 mm 0.35" 1379 MPa 200,000 psi tensile strength steel
Side sheet	8 mm 0.31" 1379 MPa 200,000 psi tensile strength steel
Canopy sheet	5 mm 0.19" 690 MPa 100,000 psi tensile strength steel
Standard SAE heaped 2:1	211 m ³ 276 yd³
Standard Komatsu body weight	30362 kg 66,936 lb

* Komatsu must approve all bodies through a Body Application Worksheet.



CAB

Advanced Operator Environment with integral 4-post ROPS/FOPS structure (meets J1040 Apr88), adjustable air suspension seat w/lumbar support and arm rests, passenger seat, maximum R-value insulation, tilt and telescoping steering wheel, electric windshield wipers w/washer, tinted safety glass, power windows, Komatsu Payload Weighing System, 55,000 Btu/hr heater and defroster, 21,600 Btu/hr air conditioning (HFC - 134A refrigerant).



FRAME

Advanced technology, full butt-welded box sectional ladder-type frame with integral ROPS supports, integral front bumper, rear tubular cross members, steel castings at all critical stress transition zones, rugged continuous horsecollar.

Plate material	482.6 MPa 70,000 psi tensile strength steel
Casting material	620.5 MPa 90,000 psi tensile strength steel
Rail width	305 mm 12"
Rail depth (minimum)	864 mm 34"
Top and bottom plate thickness	45 mm 1.77"
Side plate thickness	25 mm 0.98"
Drive axle mounting	Pin and spherical bushing
Drive axle alignment	Swing link between frame and axle



BRAKING SYSTEM

Service brakes: oil-cooled, hydraulic-actuated, multiple disc brakes at each wheel. Traction system wheel slip/slide control.

Max. service apply pressure	17237 kPa 2500 psi
Total friction area per brake	97025 cm ² 15,038 in²
Secondary brakes	Automatically applied prior to hydraulic system pressure dropping below level required to meet secondary stopping requirements.
Wheel brake locks	Switch activated
Parking brakes	Multiple disc, spring-applied, hydraulically-released, dry brakes on inboard end of each wheel motor rotor shaft. Rated to hold on ±15% grade @ maximum gross vehicle weight.
Electric dynamic retarder	Max 4026 kW 5400 hp Continuous 2909 kW 3900 hp

Continuously rated high-density blown grids w/retard at engine idle and retard in reverse propulsion.



SUSPENSION

Variable rate hydro-pneumatic with integral rebound control	
Max. front stroke	328 mm 12.92"
Max. rear stroke	239 mm 9.40"
Max. rear axle oscillation	±6.5°

* Rear suspensions are inverted.



COOLING SYSTEM

L&M radiator assembly, split-flow, with deaeration-type top tank measuring 3277 mm x 2164 **10'9" x 7'1"**.



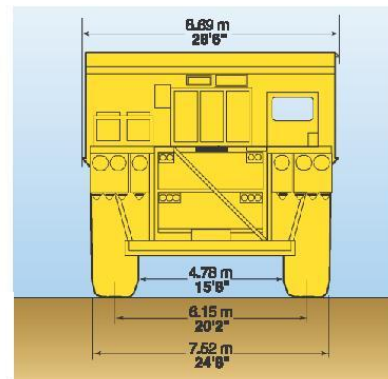
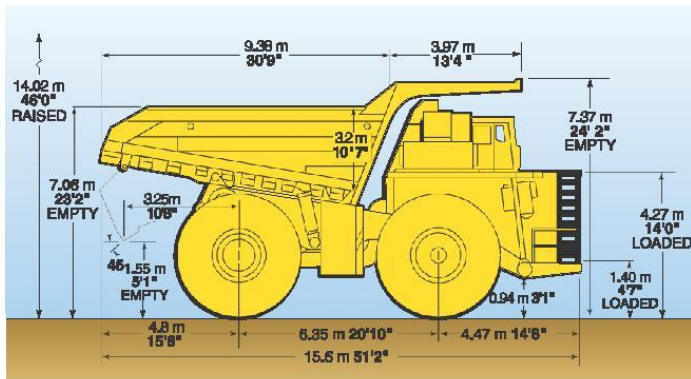
SERVICE CAPACITIES

Cooling System	719 L 190 U.S. gal
Crankcase*	341 L 90 U.S. gal
Hydraulic system	1325 L 350 U.S. gal
Motor gear box (each)	95 L 25 U.S. gal
Fuel	5300 L 1400 U.S. gal

* Includes lube oil filters



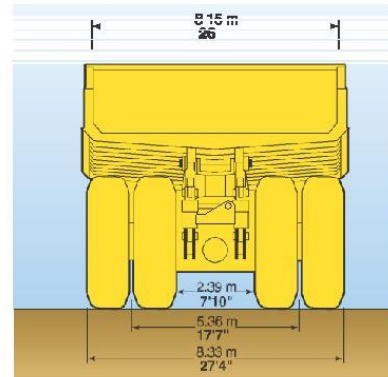
DIMENSIONS



All dimensions are with 218 m³ 285 yd³ body (optional body).

Bodies	Struck	2:1 Heap	*Loading Height
Standard	171 m ³ 224 yd ³	211 m ³ 276 yd ³	7.06 m 23'2"

* Exact load height may vary due to tire make, type, and inflation pressure.



HYDRAULIC SYSTEM

- Steering Accumulator assisted with twin double acting cylinders provide constant rate steering. Secondary steering automatically supplied by accumulator.
- Turning circle diameter (SAE) 29.7 m 97'7"
- Reservoir 947 L 250 U.S. gal
- Filtration In-line replaceable elements
- Suction Single, full flow, 100 mesh
- Hoist and steering Dual, in-line, high pressure.
- Brake component cabinet Above deck, easily accessible with diagnostic test connections.
- Hoist Two 3-stage dual-acting outboard cylinders, internal cushion valve, over-center dampening.
- Hoist times
 - Power-up loaded 21 sec
 - Power-down 23 sec
 - Float-down empty 24 sec
- Pumps Two pumps, single package, end of alternator
- Hoist and brake cooling Tandem gear pump with output of 1022 lpm 270 gpm at 1900 rpm and 17237 kPa 2,500 psi
- Steering and brake Pressure-compensating axial piston pump with output of 246 lpm 65 gpm at 1900 rpm and 18961 kPa 2,750 psi
- System relief pressures
 - Hoist and brake cooling 17237 kPa 2,500 psi
 - Steering and brake 27579 kPa 4,000 psi
- Quick disconnects standard for systems diagnostics and buddy dump.



ELECTRICAL SYSTEM

- 4 x 8D and 2 x 30H, 220-ampere-hour batteries, bumper-mounted with disconnect switch.
- Alternator 24 volt, 140 amp
- Lighting 24 volt
- Cranking motors two/24 volt



WEIGHT DISTRIBUTION

Empty Vehicle	kg	lb	%
Front axle	104459	230,293	48.5
Rear axle	110847	244,377	51.5
Total (wet, 100% fuel)	215307	474,670	
Loaded Vehicle at maximum GVW rating			
Front axle	165956	365,871	32.8
Rear axle	339649	748,799	67.2
Total	505755	1,115,000	

NOTE: GVW shall not exceed 505755 kg 1,115,000 lb including options, liners, fuel and payload, subject to application approval by Komatsu.

NOTE: Komatsu trucks comply with SAE specifications for cab noise, ROPS, steering and braking. Cover photos and illustrations may show optional equipment. Materials and specifications subject to change without notice.



STANDARD EQUIPMENT

- Air cleaners, Donaldson SRG
 - Air filter evacuators
 - Alternator (24 volt/140A)
 - Auto lubrication system (Lincoln) w/ground level fill & level indicator
 - Batteries—4 x 8D and 2 x 30H (1450 CCA's)
 - Battery charging cable and socket
 - Body over center device
 - Brakes: oil-cooled, multiple disc front & rear
 - Circuit breakers, 24 volt
 - Control cabinet
 - Electric start
 - Eliminator system for engine lubrication
 - Filters, high pressure hydraulic
 - Gate valves on hydraulic tank
 - Ground level radiator fill
 - Komatsu Payload Weighing System—PLM-III
 - Mirrors, LH flat and RH rectangular convex
 - Mud flaps
 - Muffled exhaust—deck-mounted
 - Power supply, 24 volt and 12 volt DC
 - Quick disconnects (hoist and diagnostics)
 - Radiator sight gauge
 - Removable power module unit (radiator, engine, alternator, blower)
 - Retard speed control
 - Reverse retarding
 - Rock ejectors
 - Thermostatic Fan Clutch
 - Wiggins Fast-Fill Fuel System (in tank and left side remote)
 - Service Center—LH
 - Body Impact Plate
- OPERATOR ENVIRONMENT & CONTROL:**
- All hydraulic service brakes with secondary auto apply
 - Battery disconnect switch
 - Body up sling
 - Brake lock and drive system interlock
 - Circuit breakers, 24 volt
 - Diagonal staircase across grille, L to R
 - Dynamic retarding with continuous rated element grids
 - Engine shutdown at ground level
 - Hoist propulsion interlock
 - Horns (electric—front and back-up)
 - Integral ROPS/FOPS Cab Level 2
- Maintenance and power lockout
 - Parking brakes with warning light & speed application protection
 - Power steering w/auto secondary steering
 - Protective deck handrails
 - Pump driveline protector
 - Radiator fan guard
 - Seat belts 76 mm 3" retractable
 - Skid-resistant coating on walkways
- STANDARD HIGH VISIBILITY DELUXE CAB:**
- AC Drive Interface Display
 - Air cleaner vacuum gauges
 - Air conditioner HFC-134A
 - Alarm System warning lights (red)
 - Accumulator pre-charge
 - Brake/hydraulic oil temperature w/alarm
 - Coolant low level w/alarm
 - Drive system temperature w/alarm
 - Electric system fault w/alarm
 - Hydraulic oil level w/alarm
 - Low engine oil pressure w/alarm
 - Low brake pressure w/alarm
 - No propel/retard power w/alarm
 - Stop engine no propel w/alarm
 - Steering pressure w/alarm
 - AM/FM/CD/MP3 and weather radio
 - Column-mounted retarder control
 - Digital tachometer and speedometer
 - Dome light
 - Engine hourmeter, oil pressure gauge, coolant temperature gauge, hydraulic oil temperature gauge
 - Engine shutdown w/"Smart Timer" delay
 - Floor mat (double barrier)
 - Fuel gauge in cab and on tank
 - Fuel low level light and buzzer
 - Gauges (w/backlight)
 - Headlight switch
 - Heater and defroster (heavy-duty)
 - Heater switch
 - High beam selector and indicator
 - Horn (center of steering wheel)
 - Indicator lights (amber):
 - Check engine w/alarm
 - Circuit breaker tripped
 - Coolant high temperature w/alarm
 - Drive system reset switch
- Drive system temperature w/alarm
 - Dump body up
 - Dynamic retarding
 - Lincoln Lube
 - Low Fuel
 - Manual back-up lights
 - Park brakes applied
 - Propel system not ready
 - Reduced propel system mode
 - Retard at continuous level
 - Retard speed control
 - Service brakes
 - Starter circuit
 - Timed engine shutdown
 - Insulation (Max R-Value)
 - Operator seat, adjustable w/air suspension, lumbar support and arm rests
 - Panel lighting (adjustable)
 - Passenger seat
 - Power windows
 - Pressurized cab air system w/fan on
 - Single brake/retarder pedal
 - Starter key switch
 - Sunvisor (adjustable)
 - Tilt & telescoping steering wheel
 - KOMTRAX Plus
 - Voltmeter (battery output)
 - Windshield (tinted safety plate)
 - Windshield wiper (dual) and washer (electric)
- LIGHTING:**
- Back-up lights—rear mount (2) halogen
 - Back-up lights—R and L - deck mount (2) halogen
 - Brake and retard lights on top of cab
 - Clearance lights
 - Control cabinet service light (LED)
 - Dynamic retarding, rear (2) halogen
 - Engine compartment service lights
 - Fog lights (2) halogen
 - Headlights (8) halogen
 - Stairway lights
 - Manual back-up light, switch and indicator
 - Payload lights R and L (LED)
 - Platform lights R, L and Center
 - Stop & tail lights (2) (LED)
 - Turn signals halogen
 - Under-hood service lights



OPTIONAL EQUIPMENT

(Optional equipment may change operating weight).

- Body Liners*
- Fire extinguisher 9 kg **20 lb**
- Heated Body
- Hot start engine coolant (220V 2-2500W)
- Hot start engine oil (220V 2-600W)
- Hubodometer (miles or kilometers)
- Modular Mining Systems (MMS) ready
- Mufflers between frame rails
- Radiator shutters
- Service Center—RH
- Special language decals
- Suspensions, cold weather

*Available factory installed or non-installed. All other options and accessories listed are available factory installed only.

AESS778-01

©2009 Komatsu America Corp.

Printed in USA

D01(1M)C

01/09 (EV-3)

KOMATSU®

www.KomatsuAmerica.com

Komatsu America Corp. is an authorized licensee of Komatsu Ltd. Materials and specifications are subject to change without notice. **KOMATSU** is a registered trademark of Komatsu Ltd., Japan