

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO
SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

SANTIAGO – CHILE



Propuesta de optimización en la utilización
de lubricantes en la flota de camiones.

Claudio Hernán Abarca Anjarí

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL MECÁNICO

Profesor guía: Ing. Nelson Álvarez Campillay.

Profesor correferente: Ing. Luis Guzmán Bonet.

Noviembre 2021

*Al final no son los años en nuestra vida lo que cuenta,
sino la vida en nuestros años...*

Agradecimientos

Ha sido un largo camino para llegar hasta aquí, un recorrido con muchos momentos complicados y también incontables momentos felices, a la larga son los que quedan y lo demás son y serán sólo anécdotas.

Desde el primer día de iniciado esta travesía en una tan linda carrera como la Ingeniería Civil Mecánica, tuve el apoyo incondicional de mis padres y hermano, solo darles las gracias por estar ahí, hacerme sentir que se podía seguir adelante y lograr todo lo propuesto. Junto a ellos, están mis amigos increíbles de toda la vida, más de 20 años caminando de la mano y también agradecerles por tantas veces que me sacaron del encierro del estudio con una conversación, una cerveza, ir a jugar nuestros baby de siempre, escapadas a la playa y miles de panoramas que salen siempre.

En toda mi estadía en la universidad, tuve un pilar fundamental y una pasión que me acompañará siempre, mi tan querido Fútbol y Fútbol. En el 2013, entrando a la universidad logré unirme a un círculo que siempre estuvo ahí, disfruté cada entrenamiento, cada martes desde el bus, el camarín, los triunfos, las derrotas, pero ese grupo lo elegiría una y mil veces para ir a jugarle a cualquiera. Los viajes que logramos hacer llenos de esfuerzo, Mendoza 2013, el primer lugar en los juegos de ingeniería en Valparaíso y Río 2019 van a ser recuerdos imborrables. Además, por el lado futbolístico y el humano quiero dar las gracias especialmente al DEFIDER de la USM, son unas personas que nunca te van a dejar solo, ante cualquier solicitud por más difícil que se vea, van a intentar todo por ti, muchas gracias DEFIDER por compensar esa soledad y encierro que nos depara la USM.

Por último, agradecer a todos mis amigos mecánicos y de muchas otras carreras que logré hacer en el camino, sin duda hicieron que esos viernes de cerrito y cada ventana fueran llenas de risas y lindos momentos. Mención especial a Nico, Bárbara, Anto, Paki, Jesu, Hugo y More, gracias por todo y una fuerte amistad que nos une hasta el día de hoy.

Me llevo los mejores aprendizajes, la perseverancia para salir de situaciones complicadas y ganas de seguir aprendiendo, en la mecánica nunca se deja de aprender y bueno sobre todo en el mundo minero que fue el camino que elegí.

Se me deben quedar sin duda personas, momentos por nombrar pero gracias a todos y todas por su ayuda, buena onda y disposición cuando se las pedí, sigan adelante que tarde o temprano llega la recompensa.

Resumen.

Siendo una de las áreas más importantes en la industria, independiente del rubro, la lubricación desde nuestros inicios se ha transformado en una herramienta vital para la conservación de los activos y un mejor desempeño de estos.

Las últimas décadas se ha desarrollado un avance significativo en la calidad de los lubricantes, sus componentes y la conservación de sus propiedades. Previo a este proceso de mejoramiento, los planes de mantenimiento eran ineficientes y no reflejaban todas las urgencias que requieren los sistemas, actualmente es posible tener un control constante de gran parte de las variables claves que afectan al lubricante, debido a todo este desarrollo en el área es que surge esta propuesta de mejorar la utilización del lubricante y aumentar la disponibilidad de los camiones mineros.

En primer lugar, se busca contextualizar la industria minera realizando un análisis de los actuales sistemas de lubricación, los distintos tipos de mantenimiento, las principales formas de contaminación del aceite lubricante de motor y mostrar el proceso minero.

En segundo lugar, a través de un análisis de ciclo de vida del lubricante y de un análisis de causa raíz (RCA), se logra una mirada profunda en todo el proceso que vive el lubricante de motor Diesel MTU para encontrar los principales motivos de su desgaste. Se logra ver que existen factores internos y externos al equipo como caminos, factores de carga, malas prácticas entre otros.

En tercer lugar, se realiza la evaluación de extender la vida útil del lubricante a las 500 horas, eliminando así la parada de mantenimiento a las 250 horas, para ello es necesario revisar los planes preventivos para cada área (mecánica, motor Diesel, eléctrica, aire acondicionado, soldador) y mostrar opciones de mitigación de las causas raíz previamente mencionadas.

El foco en la extensión de la utilización del lubricante lleva a plantear riesgos y beneficios técnicos, de seguridad y económicos, siendo el interés principal de este proyecto estudiar la viabilidad de aumentar la utilización del aceite lubricante de motor se muestra un plan a seguir y una evaluación económica comparando la propuesta presentada y el plan actual.

Finally, the continuation of the project in other equipment is proposed since there are different types of engines and trucks on site, in the future if changes will be made and new technologies will be implemented based on the monitoring of conditions and the real-time monitoring of the equipment, it would be possible to draw up a completer and more detailed plan to give the lubricant the longest life.

Abstract.

Being one of the most important areas in the industry, regardless of the area, lubrication since our inception has become a vital tool for the conservation of assets and a better performance of these.

The last decades have developed a significant advance in the quality of lubricants, their components and the preservation of their properties. Prior to this improvement process, the maintenance plans were inefficient and did not reflect all the emergencies that the systems require, currently it is possible to have constant control of a large part of the key variables that affect the lubricant, due to all this development in the This area is where this proposal arises to improve the use of lubricant and increase the availability of mining trucks.

In the first place, it seeks to contextualize the mining industry by carrying out an analysis of the current lubrication systems, the different types of maintenance, the main forms of contamination of motor lubricating oil and showing the mining process.

Second, through a lubricant life cycle analysis and a root cause analysis (RCA), a deep look at the entire process that MTU Diesel engine lubricant goes through is achieved to find the main reasons for its wear. It is possible to see that there are internal and external factors to the equipment such as roads, load factors, bad practices among others.

Thirdly, the evaluation of extending the useful life of the lubricant to 500 hours is carried out, thus eliminating the maintenance stop at 250 hours, for this it is necessary to review the preventive plans for each area (mechanical, Diesel engine, electrical, air conditioner, welder) and show mitigation options for the previously mentioned root causes.

The focus on the extension of the use of lubricant leads to risks and technical, safety and economic benefits, being the main interest of this project to study the feasibility of increasing the use of motor lubricating oil, a plan to follow and a economic evaluation comparing the submitted proposal and the current plan.

Finally, the continuation of the project in other teams is proposed since there are different types of engines and trucks on site, in the future, if changes were made and new technologies were implemented, it would be possible to develop and draw up a completer and more detailed plan, based on condition monitoring and equipment monitoring in real time.

Glosario.

CMZ: COMPAÑÍA MINERA ZALDÍVAR.

TBO: TIME BETWEEN OVERHAUL.

RCM: MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD.

MTTR: MEAN TIME TO REPAIR.

MTBF: MEAN TIME TO FAILURE.

Índice General

Resumen.....	4
Abstract.....	5
Glosario.....	6
Índice de Figuras.....	8
Índice de Tablas.....	9
Índice de Ecuaciones.....	9
1. Introducción.....	10
2. Objetivos.....	14
2.1. Objetivo General.....	14
2.2. Objetivos específicos.....	14
3. Alcance del proyecto	15
4. Compañía Minera Zaldívar (CMZ – AMSA)	16
4.1. Historia y Labor.....	16
4.2. Proceso Productivo.....	17
4.2.1. Extracción de material.....	17
4.2.2. Chancado.....	17
4.2.3. Apilado.....	17
4.2.4. Lixiviación.....	18
4.2.5. Extracción.....	18
4.2.6. Electro-obtención.....	18
4.2.7. Empaquetado y transporte.....	18
5. Aspectos Generales.....	19
5.1. Sistema de lubricación en motor Diesel.....	19
5.2. Componentes Principales del motor Diesel.....	19

5.3.	Partes más importantes por lubricar dentro del motor.....	20
5.4.	Tipos de mantenimiento.	21
5.4.1.	Mantenimiento correctivo	21
5.4.2.	Mantenimiento preventivo	22
5.4.3.	Mantenimiento predictivo	23
5.4.4.	Mantenimiento autónomo.....	24
5.5.	Tipos de contaminantes presentes en el aceite lubricante.	24
5.5.1.	Contaminantes internos.....	24
5.5.2.	Contaminantes externos.....	25
6.	Estado del Arte.....	27
6.1.	Confiabilidad en mantenimiento mina.....	27
6.2.	Indicadores de mantenimiento	28
6.2.1.	Mantenimiento Basado en Confiabilidad (Reliability Centered Maintenance RCM)	29
6.3.	Mantenimiento preventivo en camiones CAEX.....	30
7.	5W + 2H	34
8.	Análisis del ciclo de vida.	35
9.	Análisis causa raíz (RCA)	37
9.1.	Exceso de Hollín.....	38
9.1.1.	Problemas en la combustión.....	38
9.1.2.	Malas prácticas de operación o mantenimiento.....	38
9.1.3.	Factor de Carga.....	39
9.2.	Admisión y escape.....	44
9.3.	Sistema de lubricación deficiente.....	46
10.	Eliminación de la PM250.....	47
10.1.	Requerimientos para eliminar la pauta de 250 horas.....	50
10.1.1.	Pauta Eléctrica 500 horas.....	50
10.1.2.	Pauta Mecánica 500 Horas.....	51
10.1.3.	Pauta Motor MTU 500 Horas.....	51
10.1.4.	Pauta Aire Acondicionado.....	51
10.1.5.	Pauta Soldador (estructural).....	51
10.1.6.	Pauta Sistema contra incendio.....	52
10.1.7.	Bodega.....	52
10.1.8.	Eliminar o disminuir las malas prácticas.....	52

10.2.	Sistema de monitoreo de condiciones (Detroit S.A.)	53
10.3.	Cambios para llegar a las 500 horas de utilización del lubricante.	54
11.	Evaluación económica.	55
12.	Conclusiones.	58
13.	Recomendaciones.....	60
14.	Referencias	61
15.	Anexos.	63
	Anexo 1.....	63
	Anexo 2.....	65
	Anexo 3.....	70
	Anexo 4.....	74
	Anexo 5.....	76
	Anexo 6.....	81
	Anexo 7.....	81
	Anexo 8.....	82

Índice de Figuras.

Figura 1:	20 operaciones mineras más grandes en el mundo año 2017.	11
Figura 2:	Precios del cobre en la bolsa de metales de Londres los últimos 10 años.	12
Figura 3:	Comparación entre distintos tipos de lubricantes.	13
Figura 4:	Project charter.....	15
Figura 5:	Ubicación y productos con proporción de CMZ.....	16
Figura 6:	Proceso productivo CMZ.....	17
Figura 7:	Motor MTU 4000.	20
Figura 8:	Etapas del mantenimiento correctivo.....	21
Figura 9:	Estructura del mantenimiento preventivo.....	22
Figura 10:	Curva de la bañera, mantenimiento preventivo.	22
Figura 11:	Intervalo P-F, mantenimiento predictivo.	23
Figura 12:	Tabla de principales contaminantes en el aceite de motor y sus consecuencias.....	26
Figura 13:	Esquema del mantenimiento en el Truck Shop.	27
Figura 14:	Pasos del RCM.	29
Figura 15:	Tribología del lubricante de parte de Belray Chile.....	31

Figura 16: Visión general inicial del proyecto.	33
Figura 17: propiedades y beneficios del Mobil One 5W-40.	35
Figura 18: Análisis causa raíz del aceite lubricante Móbil One 5W-40.....	37
Figura 19: mapas de los circuitos mineros.	40
Figura 20: Registro de PLM a lo largo del 2021 en H35 y H39.	43
Figura 21: Antecedentes de neumáticos dados de baja en 2021.	43
Figura 22: Rayadura interna de unidad de fuerza.....	44
Figura 23: Filtro de aire saturado.	45
Figura 24: Admisión de aire con exceso de sílice.	45
Figura 25: Inyector defectuoso y pérdida de lubricante.	46
Figura 26: Proyecto de monitoreo de condiciones Detroit S.A.....	53

Índice de Tablas.

Tabla 1: Ciclos de mantenimiento de equipos mina.....	30
Tabla 2: Tramos de la mina por sobre el 10° de pendiente.	41
Tabla 3: Factores de carga de camiones mineros.	42
Tabla 4: Nuevo ciclo de PM para Komatsu MTU.....	47
Tabla 5: Riesgos del proyecto.	48
Tabla 6: Beneficios del proyecto.....	48
Tabla 7: Riesgos y formas de mitigación. Fuente: Equipo Confiabilidad y Ejecución CMZ.	49
Tabla 8: HH y componentes necesarios en PM250.....	55
Tabla 9: Nuevos componentes para nuevo plan preventivo.....	56

Índice de Ecuaciones.

<i>MTBF</i> (Ecuación 1)	28
<i>MTTR</i> (Ecuación 2)	28
<i>D. Física</i> (Ecuación 3)	28
<i>Cálculo de Litros</i> (Ecuación 4)	42
<i>Cálculo de TBO por equipo</i> (Ecuación 5)	42

1. Introducción

El concepto de “lubricante” tiene su génesis desde el uso de herramientas por parte del ser humano, se ocupaba para prevenir roces, corrosión o restringir la generación de calor. En el transcurso de la historia, las civilizaciones han utilizado distintos lubricantes según lo requería la época. Hace más de 4.000 años A.C. se remontan los primeros usos de lubricantes, en ese entonces los egipcios recurrían a grasas animales o vegetales mezcladas con cal para eliminar problemas de fricción en sus carruajes, piedras, maderas y maquinarias de construcción de las famosas pirámides. Luego en la Edad Media, se utilizaban máquinas de hierro y cobre con mayor complejidad que impulsaron el uso de otros aceites de mejor calidad como el aceite de ballena o el aceite de colza pero siempre manteniendo el origen animal o vegetal, la mayoría se utilizaba por experiencia y no por análisis del mismo.

La revolución industrial cambió el mundo de una mirada artesanal y agraria a una visión de industria y producción mecanizada, ahora que las máquinas eran la base del modelo, la lubricación paso de ser “algo necesario” a “muy necesario”. No fue hasta el siglo XIX cuando se perforó el primer pozo de petróleo y se descubrió que al mezclarlo con el aceite de ballena se aumentaba la vida útil de las máquinas. Ya en el siglo XX debido a las guerras mundiales, aumentó exponencialmente la necesidad de buenos lubricantes, gracias a esto las refinerías hasta el día de hoy cumplen un rol primordial y entregan los mejores lubricantes (aceites y grasas). [1]

En toda la historia de la humanidad, como se mostró anteriormente, se ha buscado la mayor eficiencia y eficacia en los procesos, esto conlleva una exigencia mucho mayor de los equipos y un buen manejo de estos. Dichos equipos o componentes sufren desgaste al ser utilizados, es ahí donde la lubricación cumple un rol primordial y por qué no decir vital a la hora de buscar su mayor vida útil porque logra disminuir roces, altas temperaturas y a no dispersar contaminantes. En el mundo de la minería, se manejan equipos de gran envergadura y de un alto costo, que se ven enfrentados a condiciones ambientales atípicas y grandes esfuerzos, es aquí donde el mantenimiento en el transcurso de los años ha permitido prolongar la vida útil y cuidar el valor de los activos, debido a estos altos costos, es que aún se siguen buscando mejoras, estrategias o planes que aumenten la producción. El estudio de distintas estrategias para lograr mayores producciones y rentabilidades en este mercado minero, se deben a que los productos de la minería son esenciales para mantener y mejorar los niveles de vida de la población porque otorgan empleos, promueven la investigación y tecnología y genera riqueza al país. Los

distintos minerales obtenidos, se ocupan para construir carreteras, automóviles, computadoras, generar electricidad, etc. [2]

En el mundo, para los países que se basan en la minería del cobre este rubro representa gran parte del PIB, de las divisas del estado, recaudación tributaria, son el foco de inversión extranjera, entre otros. Las faenas mineras también promueven los empleos en comunidades de lugares remotos, incentivan la investigación, pero la repartición no es de forma igualitaria y los efectos en el medio ambiente han sido catastróficos, por lo que surgen conflictos con la comunidad. [3]



Figura 1: 20 operaciones mineras más grandes en el mundo año 2017.

Fuente: S&P Global Market Intelligence. [4]

El 28,6% del Opex de una mina a cielo abierto corresponde a combustible (petróleo y lubricantes); mientras para minería subterránea el escenario es muy diferente, el porcentaje asciende sólo a un 3,7%. Si bien el gasto específico en lubricantes no es mayor a un 5%, los gastos asociados a una mala lubricación o fallas en dicho sistema, se ven reflejados en el cambio de componentes y equipos, ítem más costoso de la industria. El flujo de inversiones en el ámbito minero se ha mantenido por la gran riqueza del suelo, la gran estabilidad económica, política y social que brinda, la estabilidad de los precios del cobre se aprecia en la Figura 2 [5].

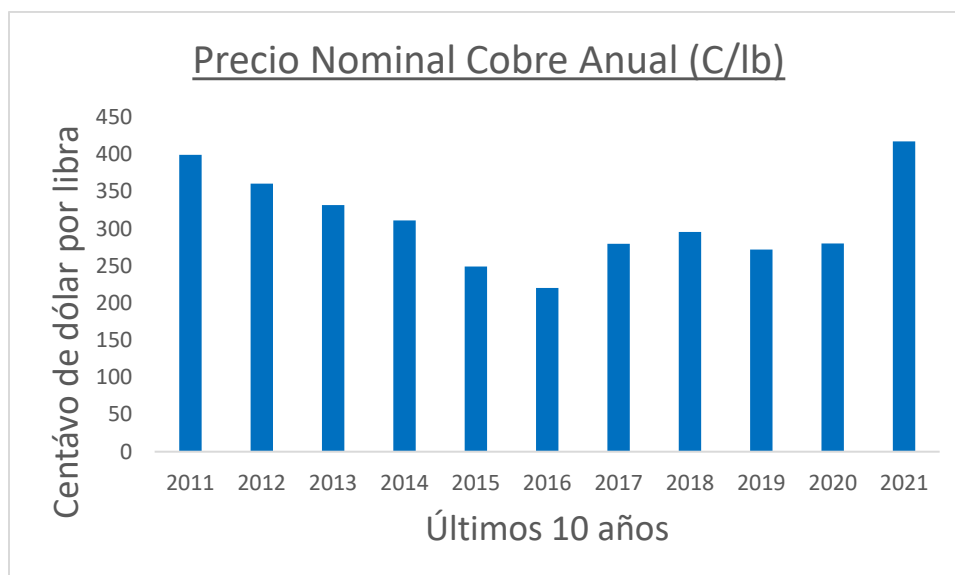


Figura 2: Precios del cobre en la bolsa de metales de Londres los últimos 10 años.

Fuente: Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) [6].

El avance de la tecnología es importante en la minería y ha permitido optimizar la operación especialmente en la extracción y procesamiento de minerales, se ha buscado procesar grandes cantidades logrando mantener la calidad y dichos procesos van de la mano con un alto desgaste de los equipos y componentes, motivo por el cual la lubricación toma una relevancia importante. Las nuevas tecnologías además de producción traen seguridad, punto clave en el mundo minero, por lo que el camino a seguir es el de la innovación, automatización y trabajo remoto. [7]

Los lubricantes han modificado su origen con el transcurso de la historia, antes se utilizaban sólo aceites minerales, los cuales se obtienen básicamente al destilar el petróleo, pero se crearon los lubricantes sintéticos, los cuales tienen un mayor costo porque son elaborados en laboratorios con las especificaciones requeridas. Si bien los lubricantes sintéticos tienen un costo mayor a los minerales, entregan un mayor tiempo de utilización conservando sus propiedades, tienen una estructura más uniforme y brindan mayor estabilidad térmica. Estos avances han permitido lograr mejores disponibilidades de los equipos y compensar costo del aceite con ganancias en la producción. [8]

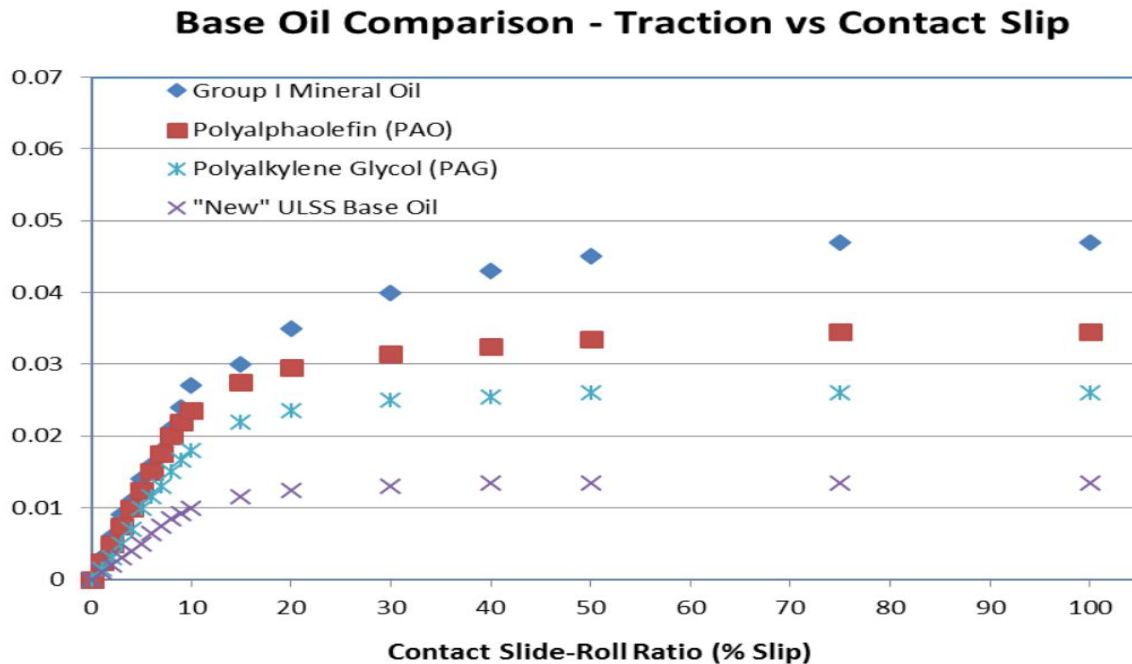


Figura 3: Comparación entre distintos tipos de lubricantes.

Fuente: Santolube [9]

Actualmente el tema ambiental es una de las prioridades de cualquier industria, sobre todo en la minería, debido a esto se han creado aceites sintéticos totalmente biodegradables pero su limitante aún son los costos y el rendimiento en comparación a los otros tipos.

Lo anteriormente expuesto deja en claro la importancia de la minería en el mundo y específicamente los lubricantes, es un rubro que tiene historia y los avances a nivel mundial en todas las áreas dependen de los minerales extraídos (uno de ellos el cobre), por lo que las rentabilidades se han mantenido en el tiempo y principalmente para Chile sigue siendo el motor de su economía, esta es la motivación de lograr aumentar la eficiencia en una de tantas etapas como es la lubricación.

El trabajo que se presenta, busca evaluar la actualidad del proceso de lubricación en camiones de transporte en Compañía Minera Zaldívar, realizar un análisis de ciclo de vida de los lubricantes y desarrollar una nueva estrategia de mantenimiento basada en condición, que sea capaz a través de métodos preventivos y medidas innovadoras, de modificar la frecuencia de los mantenimientos programados mejorando disponibilidades en base a uno de los sistemas más importantes del mantenimiento, la lubricación.

2. Objetivos.

2.1. Objetivo General.

Desarrollar un plan de mantenimiento basado en condiciones, para lograr aumentar la vida útil del lubricante en la flota de camiones y promover un cambio a futuro en los equipos mina.

2.2. Objetivos específicos.

De manera de cumplir el objetivo general del proyecto descrito previamente, se destacan los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar el actual sistema de mantenimiento empleado en la faena minera, enfocado en la lubricación de la flota de camiones.
2. Desarrollar un análisis del ciclo de vida del lubricante que permita visualizar su vida útil en el sistema de lubricación.
3. Identificar Riesgos y Beneficios asociados a la extensión de la utilización el lubricante.
4. Generar un plan de mantenimiento preventivo basado en el monitoreo de condiciones del aceite lubricante para la flota de camiones.
5. Implementar plan de mantenimiento generado y realizar evaluaciones que permitan compararlo con el actual.

3. Alcance del proyecto

Dentro de CMZ y específicamente en el área de camiones existen distintas configuraciones de equipos, debido a esto es necesario nombrar los alcances asociados el proyecto y definir de buena forma los equipos involucrados, lo anterior con el fin de lograr un enfoque y desarrollo en plenitud de los objetivos planteados previamente.

- Faena Minera Zaldívar AMSA
- Mantenimiento Mina “Truck Shop” y áreas afines.
- Camiones mineros marca Komatsu
- Motor Diesel MTU 4000

A continuación, se muestra un project charter a modo de resumen del proyecto, sus objetivos y alcances.

PROYECTO: Propuesta de optimización en la utilización de lubricantes en la flota de camiones de CMZ.			
ENUNCIADO DE LA OPORTUNIDAD. <i>El proceso de mantenimiento preventivo a las 250 horas en los camiones mineros, se basa en el cambio de aceite lubricante de motor, lo cual implica llevar el equipo al taller y utilizar una gran cantidad de recursos (HH y horas de operación), existen otros equipos que efectúan dicho cambio de lubricante cada 500 o 1000 horas. Se ponen en riesgo los cumplimientos de las métricas establecidas internamente o reprogramación de PM en equipos, ya sea por falta de HH, naves, etc. Debido a esto se debe revisar la importancia de dicha pauta, los recursos destinados y la causa raíz del cambio de aceite a las 250 horas. Eliminar la PM250 implica tener más recursos y disponibilidades pero a la vez riesgos críticos.</i>		CASO DE NEGOCIO <i>Se realiza la PM 250 a cada camión cada 2 semanas (7 camiones Komatsu con motor MTU). Eliminar la pauta de 250 horas logra destinar las HH a otras labores y cumplir con el KPI de trabajo planificado entre otros. A su vez, los equipos tendrán una mayor disponibilidad porque las horas de traslado y detención, serían horas de operación. Asegurar el aumento de las de operación, lleva costos y riesgos, se deben tomar medidas para mitigarlos y mantener el rendimiento de los equipos. Con una mayor disponibilidad de camiones sin incrementar las detenciones imprevistas se visualiza una buena productividad, además del cumplimiento de programa del truck shop de mantenimiento mina.</i>	
ALCANCE DEL PROYECTO Inicio: Hora 0 del aceite de motor en el equipo (PM4000 horas) Final: PM500 horas.		ENUNCIADO DE OBJETIVOS • Y1: Eliminar 100% PM250 • X1: Revisión PM actual y procedimientos. • X2: Comunicación entre áreas. • X3: Requerimientos para mitigar puntos críticos. • X4: Proveedores y asesores. • X5: Identificación Riesgos y Beneficios.	
Dentro de Alcance • Equipos: - Camiones Komatsu con motor MTU 4000 - Faena Zaldívar	Fuera de Alcance • Camiones Terex • Equipos con motor QSK Cummins • Equipos de Apoyo • Palas y Cargadores		
EQUIPO DE TRABAJO Sponsor: Lázaro Soza (Ingeniero Senior mantenimiento mina) Líder del proyecto: Juan Olivares Equipo: Claudio Abarca (USM) – Asesores Komatsu y Detroit – Confiabilidad Mina CMZ Apoyo experto: Nelson Álvarez – Luis Guzmán Interesados: CMZ Líder Metodológico: Leonardo Santibáñez		PLAN DEL PROYECTO Fecha de Inicio: 01 de Enero 2021 Fecha de Término: 30 de Junio 2021	

Figura 4: Project charter.

Fuente: Elaboración propia.

4. Compañía Minera Zaldívar (CMZ – AMSA)

4.1. Historia y Labor

En Chile, la minería tiene registros desde los pueblos originarios en la región de Atacama, pero recién en 1820 se expandió la producción hasta la región del Aconcagua. Junto con esto, empezó la inversión extranjera en el rubro y llegaron ingenieros y especialistas, donde a fines del siglo XIX se exploraron los yacimientos de El Teniente y Chuquicamata, ambos activos hasta el día de hoy. Compañía Minera Zaldívar SPA. Perteneció a Antofagasta Minerals (AMSA) (en un 50%) desde el año 2015, pero su trayectoria en minería es de hace más de 20 años, cuenta con más de 3000 personas entre personal CMZ y subcontratistas, se encuentra a 175 kilómetros al sudeste de la ciudad de Antofagasta y a 3200 msnm. En el grupo AMSA, el principal Grupo Minero privado chileno también se encuentran las mineras Antucoya, Centinela y Los Pelambres. En ella se producen 47.000 [Ton/año], en un 98% cátodos de cobre de alta pureza y en menor cantidad (2%) concentrado de cobre a través de procesos electrolíticos. La empresa cuenta con sellos propios como la preocupación por la seguridad, esta es la primera prioridad al momento de producir, para ello se cuenta con un estándar de 15 riesgos de fatalidad y un reglamento interno (SSO), por otro lado la gran inclusión de empresas contratistas, las cuales no son separadas del personal de la compañía independiente del área, se trabaja y se vive en conjunto, además de la alta capacidad que muestran los profesionales tanto en faena como en el edificio corporativo. Busca potenciar la región, los trabajadores, comunidades aledañas y una producción sostenible y sustentable para la cual se cuenta con un área encargada de medio ambiente en faena. [10]



Figura 5: Ubicación y productos con proporción de CMZ.

Fuente: CMZ [11]

4.2. Proceso Productivo.

A lo largo del proceso de producción de cátodos de cobre, participan diversas áreas en conjunto, de manera previa al detalle paso a paso que se mostrará a continuación existe un trabajo de geología, tronaduras y análisis de suelo.

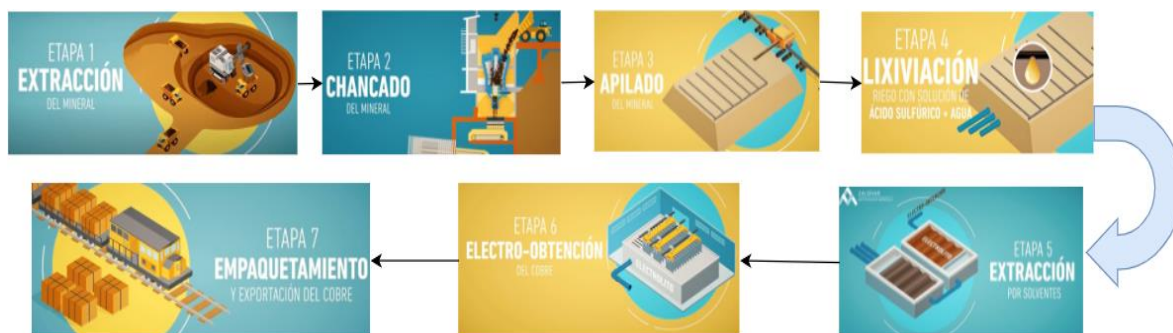


Figura 6: Proceso productivo CMZ.

Fuente: CMZ [11]

4.2.1. Extracción de material.

Desde el rajo o mina, se extraen las rocas donde se encuentra el cobre por medio de Palas eléctricas, Cargadores Frontales y equipos de apoyo. Las rocas son llevadas por los camiones CAEX hasta el proceso de chancado, es en esta etapa donde se busca mejorar las disponibilidades de los camiones a través de la lubricación de los motores Diesel.

4.2.2. Chancado.

Los camiones descargan las rocas y la función principal del chancado es triturarlas para reducir su tamaño original en una especie de molino que es el chancador, se realiza en 3 etapas (primario, secundario y terciario). Con la roca molida, esta es llevada por correas al sector de apilado.

4.2.3. Apilado.

Con las rocas en tamaños menores a 1 pulgada, se forman las pilas en las llamadas “canchas de apilado” para comenzar el proceso de lixiviación, en este proceso se utilizan correas transportadoras y la rotopala para los movimientos de tierra.

4.2.4. Lixiviación.

Proceso químico donde se riegan las pilas con una mezcla homogénea de agua con ácido sulfúrico, mediante riego por goteo o aspersores.

4.2.5. Extracción.

Se obtiene de la lixiviación una solución llamada electrolito, donde está el concentrado de cobre, mediante cañerías este líquido es llevado al proceso de electro-obtención.

4.2.6. Electro-obtención.

Se cuenta con las piscinas de la solución rica en cobre, a la cual se le introducen placas de acero inoxidable y mediante el uso de la electricidad, se logra la adherencia del cobre a las placas. Así se obtiene un 99,9% de pureza.

4.2.7. Empaquetado y transporte.

Los cátodos de cobre son empaquetados y llevados vía terrestre a los puertos de Antofagasta y Mejillones para ser enviados a distintas partes del mundo.

5. Aspectos Generales.

5.1. Sistema de lubricación en motor Diesel.

El sistema de lubricación cumple un rol primordial en el rendimiento y seguridad de los equipos, con él se busca proteger a los equipos y aumentar su vida útil manteniendo constante una película de aceite en las partes móviles, este sistema tiene 5 funciones importantes:

- **Evitar el desgaste o fricción excesiva:** la película de aceite formada en las partes móviles que están continuamente en contacto permite minimizar el desgaste, el contacto metal-metal provoca la contaminación del aceite con los metales que se van desprendiendo debido al desgaste y una menor vida útil de los componentes.
- **Reducir o controlar la temperatura:** el lubricante ya sea por conducción o convección dentro del motor es capaz de absorber parte del calor generado debido a la fricción. Este aceite se recircula desde el cárter para que se enfríe constantemente y refrigere el sistema.
- **Protege de la corrosión:** el lubricante contiene aditivos que ayudan contra la corrosión.
- **Limpiar y/o eliminar contaminantes:** debido al desgaste de los componentes, partículas o residuos quedan en la superficie de estos, el aceite ayuda a desplazarlos y limpiar las superficies.
- **Mantener la presión de aceite óptima:** la bomba de aceite y las válvulas de presión, se encargan de mantener las presiones de aceites que aseguran un buen funcionamiento del motor.

5.2. Componentes Principales del motor Diesel.

A lo largo de los años se han ido mejorando los sistemas de lubricación en los motores Diesel, pero las partes principales siguen siendo las mismas y ellas aseguran un buen funcionamiento, además de la lubricación constante y precisa de todos los componentes. Los componentes principales en los actuales sistemas de lubricación son:

- **Bomba de aceite:** se encarga de succionar e impulsar el aceite a través de los filtros y hacerlo llegar a los componentes para lograr la película deseada.
- **Válvula alivio y reguladora de presión de aceite:** esta válvula como lo dice su nombre es capaz de establecer y regular constantemente la presión del aceite en el óptimo deseado, de ser necesario puede liberar presión ya que existen altas temperaturas y presiones.

- **Filtros de aceite:** los filtros se encargan de limpiar el aceite y mantener un cierto nivel de particulado permitido en él. Es necesario cambiarlos constantemente por su saturación.
- **Enfriador de aceite:** para cumplir con la reducción o control de la temperatura del motor, se utilizan enfriadores con refrigerantes que se recirculan y intercambian calor con el aceite que se encuentre cerca.
- **Cárter o depósito de aceite:** el cárter es un elemento clave y no solo porque almacena el aceite, participa en el filtrado del mismo, mantiene la temperatura óptima para no variar la viscosidad y por último, ser capaz de separar el agua que pueda traer el aceite.

Junto a este sistema de lubricación, los equipos cuentan con un sistema de pre lubricación, el cual cuenta con su propia bomba y se encarga de lubricar los componentes críticos al momento del arranque, ya que al detenerse los equipos, una gran cantidad del aceite vuelve al cárter y queda una película delgada sobre ellos, lo que podría ocasionar desgastes importantes al momento de la partida. [12]

5.3. Partes más importantes por lubricar dentro del motor.

Al momento de operar el equipo, el motor está sometido constantemente a distintas presiones, temperaturas y fricciones, debido a estos para el correcto funcionamiento del motor, es necesario lubricar partes claves en él:

- Metales de biela y bancadas
- Unidades de fuerza (pistón, biela y camisa)
- Balancines (admisión y escape)
- Sistema de distribución
- Cigüeñal
- Árbol y seguidores de levas



Figura 7: Motor MTU 4000.

Fuente: [13]

5.4. Tipos de mantenimiento.

El mantenimiento se puede definir como "Proceso que tiene como misión lograr los niveles establecidos de disponibilidad, valiéndose de talentos humanos, recursos, activos, controles y mecanismos de gestión, satisfaciendo los niveles de producción/servicios comprometidos por la organización durante un determinado horizonte de tiempo" [14]. Sus inicios se consideran a partir de la revolución industrial (fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX), se necesitaron las primeras reparaciones en ciertos equipos ya que la competitividad y costos tomaban una alta importancia. En el trayecto hasta el día de hoy, se desarrollaron distintas formas y estrategias para llevarlo a cabo, las cuales se van a acoplar y depender de las necesidades de cada empresa. Los avances tecnológicos a lo largo de las generaciones junto con la experiencia han perfeccionado distintas técnicas en busca de una integridad operacional para la planificación, programación y ejecución de las reparaciones y/o intervenciones, donde es primordial involucrar a todas las partes, es decir, desde el ingeniero hasta el operador. Existen 2 aspectos para diferenciar los tipos de mantenimiento, el primero es la clase de tarea a realizar y el segundo, el criterio para establecer las frecuencias de intervención (criticidad del equipo) [14]. A continuación, se muestran distintos tipos de mantenimiento, diferenciados por los aspectos nombrados:

5.4.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se refiere a la reparación de averías o fallos funcionales a medida que estos se van produciendo, es decir es una acción reactiva, la cual no está programada. El no estar programado o planificado dificulta la confección de un presupuesto, se recomienda realizar en equipos que no son críticos dentro del proceso, además al tratarse de forma repentina aumenta la probabilidad de riesgos de accidentes.

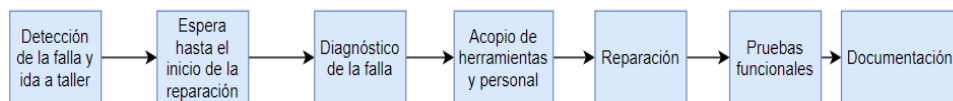


Figura 8: Etapas del mantenimiento correctivo.

Fuente: [15]

5.4.2. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento busca principalmente disminuir la frecuencia de paradas no programadas de los equipos, debido a las condiciones o fallas que estos puedan presentar, no es una acción reactiva. Se basa en detenciones periódicas programadas y planificadas, las frecuencias de dichas detenciones se pueden determinar por distintos factores, como horas de trabajo o unidades producidas, permite optimizar los recursos y evitar fallas catastróficas para los activos, su desventaja es que el componente o equipo sustituido no llegase a su máxima vida útil [16]. Este tipo de mantenimiento Para llevarlo a cabo es necesario un conocimiento del proceso y de las fallas presentes en él.

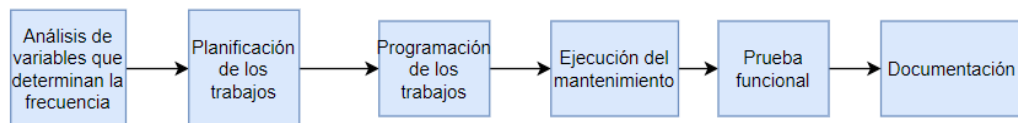


Figura 9: Estructura del mantenimiento preventivo.

Fuente: [15]

La diferencia en el tiempo del desgaste de un equipo o componente con y sin mantenimiento preventivo, se presenta a continuación:



Figura 10: Curva de la bañera, mantenimiento preventivo.

Fuente: [17]

5.4.3. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo o basado en condición, busca anticiparse a la falla del equipo o componente a través de un monitoreo constante de distintos factores, para ello se utilizan herramientas no destructivas que se manejan en la industria, algunos ejemplos más utilizados son:

- Análisis de vibraciones
- Medición del desgaste de componentes
- Tribología
- Termografía
- Control de Temperaturas
- Control de Presiones

Gracias a estos análisis de distintas variables, se logra una reparación o mantención oportuna para lograr maximizar la vida útil de los productos y componentes, además se consigue un seguimiento constante de los estados de los equipos [18]. Este tipo de mantenimiento presenta un costo mucho mayor debido a las tecnologías utilizadas, por lo cual dichas herramientas son empleadas solo en activos de mayor valor. El intervalo P-F, muestra el proceso de falla y detección temprana de esta a través de las inspecciones multimodales.

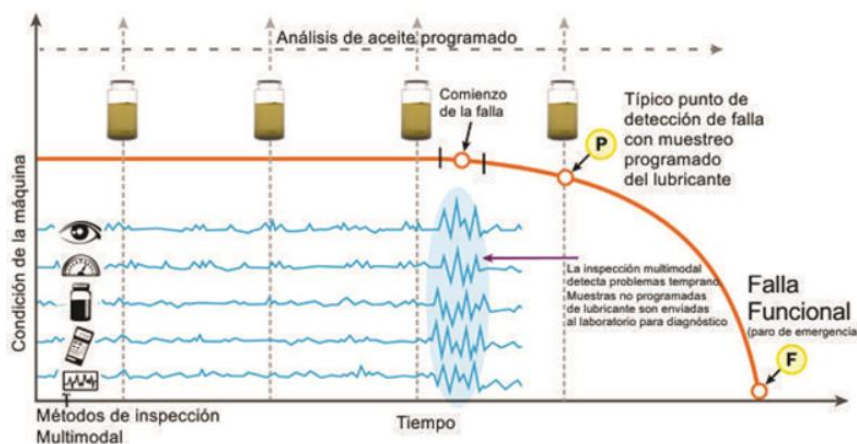


Figura 11:Intervalo P-F, mantenimiento predictivo.

Fuente: [18]

5.4.4. Mantenimiento autónomo

Se refiere a un mantenimiento más inmediato que recae en el operador, busca encontrar potenciales fallas a través de inspección visual, audición o limpieza del equipo. Al ser labores que no requieren recursos externos, se vuelve una especie de mantenimiento primario sin un gasto económico extra. Este tipo de mantenimiento ha tomado fuerza porque logra formar una cultura en el operador y alinearlos con el proceso.

5.5. Tipos de contaminantes presentes en el aceite lubricante.

A medida que los equipos están en operación, de forma interna se comienzan a desarrollar roces, alzas de temperatura, cambios de presiones, fisuras, etc. De igual manera existen fuentes externas que afectan el funcionamiento de las partes, por ejemplo, el sistema de admisión que va saturando los filtros de aire. Todas estas variables de forma directa o indirecta provocan una baja en el rendimiento de los equipos y es necesario utilizar las herramientas de mantenimiento nombradas anteriormente para lograr un control sobre ellas.

5.5.1. Contaminantes internos.

Los contaminantes internos se deben en su mayoría a metales de desgaste debido al roce de los componentes, fugas de refrigerante o combustible y por último al hollín producido en la combustión. A continuación, se muestran los principales contaminantes internos de los motores Diesel:

- **Fierro:** se comienza a manifestar cuando el aceite lleva un tiempo prolongado en uso, empieza a desprenderse de partes del motor hechas del material como cigüeñal o engranajes de distribución.
- **Plomo:** es la primera capa que avisa el desgaste de los componentes, se encuentra en los anillos de los pistones, metales de biela, etc.
- **Cobre:** Segunda capa que avisa el desgaste, posterior al plomo.
- **Níquel/cromo:** Son la tercera capa que ya avisa un desgaste importante en los componentes y es requerido un cambio instantáneo de aceite, además de revisar el estado las partes del motor.
- **Aluminio:** Material que se desprende principalmente desde los álabes de los turbos de admisión, es una forma de reconocer el nivel de entrada de tierra/sílice.

- **Sodio /Glicol:** Se debe principalmente a la mezcla de refrigerante con el aceite lubricante, lo que ocasiona una solución similar a emulsión, lo cual ocasiona una disminución en la viscosidad del lubricante. Se ocasiona preferentemente por fisuras desde el intercooler o aftercooler, desde donde proviene el refrigerante. También se puede deber a la ruptura de los sellos de las camisas de los pistones, por donde se filtra refrigerante.
- **Combustible:** la condición del sistema de inyección es crítica, ya que los goteos o malas dosificaciones pueden ocasionar malas pulverizaciones o auto-encendido. Además, se puede llegar a la dilución por combustible, lo cual disminuye la viscosidad del aceite.
- **Hollín:** partículas sólidas que son producto de una mala combustión, las razones pueden deberse a mezcla rica debido a condiciones de operación o factores de carga altos, filtros saturados, turbos dañados. En exceso de horas de operación se manifiesta una alta concentración de este particulado que aumenta la viscosidad del aceite.

Una de las aproximaciones utilizadas para concluir un desgaste crítico, es la relación 3:1 entre las concentraciones de sílice y aluminio respectivamente, obtenidas de las muestras periódicas de aceite. Al momento de detectar dicha relación en alguna de las muestras periódicas de aceite, se ordena detener el equipo y realizar el cambio respectivo. [19]

5.5.2. Contaminantes externos.

Los contaminantes externos provienen del aire atmosférico que se obtiene gracias al sistema de admisión y satisface las necesidades del equipo para la combustión, estos son la sílice y el agua, se detallan a continuación:

- **Sílice:** contaminante presente en el aire ambiente de faenas mineras debido al movimiento de tierra constante, ingresa por el sector de admisión (turbos), sus principales daños son saturar los filtros y hasta romper las mangueras de los turbos. No confundir con Sodio seco.
- **Agua:** Se puede encontrar de forma interna en los motores por la condensación su condensación a partir del aire ambiente o fugas desde el sistema de enfriamiento. Puede formar una emulsión capaz de taponar los filtros, dañar la cámara de compresión o ser corrosiva. Es muy poco común, debido al interés que se toma por la gravedad de sus consecuencias.

TABLE A PREDOMINANT IMPURITIES IN DIESEL ENGINE OIL		
Type	Primary Sources	Major Problems
Metallic Particles	Component Wear	Abrasion Surface roughening leading to Adhesion Catalysis of Lubricant Breakdown
Metal Oxides	Component Wear Oxidation of metallic particles	Abrasion Surface roughening leading to Adhesion
Minerals (i.e. silica sand)	Induction Air	Abrasion Surface roughening leading to Adhesion
Exhaust Gases	Combustion Blowby	Acids promoting Lubricant Breakdown
Soot	Combustion Blowby	Interfere with additives Abrasive Wear Heavy deposits Oil thickening/gellation
Water	Combustion Blowby Coolant Leaks	Metal Corrosion Promotes Lubricant Breakdown
Glycol	Coolant Leaks	Lubricant Breakdown
Fuel	Blowby-Rich Mixture	Lubricant Breakdown
Acids	Combustion Blowby Lubricant Breakdown	Metal Corrosion Autocatalysis of Lubricant Breakdown

Figura 12: Tabla de principales contaminantes en el aceite de motor y sus consecuencias.

Fuente: [20]

6. Estado del Arte.

6.1. Confiabilidad en mantenimiento mina.

Hoy en día uno de los principales objetivos de la industria minera aparte de la producción, se encuentra en el mantenimiento. Existen un sin fin de oportunidades en todos los equipos, para los cuales se destinan gran parte de los recursos buscando su máximo de rendimiento y disponibilidad. Previamente, se hizo hincapié en la importancia de la lubricación para la industria, específicamente la minera, lo que lleva a analizar cómo mantener los niveles de lubricación adecuados, a pesar de las condiciones ambientales extremas, grandes esfuerzos, temperaturas y otros, que llevan a trabajar de la mano a la operación y al mantenimiento para lograr un funcionamiento óptimo. Desde que un equipo comienza su operación hasta que la termina, su vida útil depende del operador (prácticas y rigurosidad) y del plan de mantenimiento asociado. Existe un trabajo secuencial constante entre distintas partes/áreas involucradas que puede verse de la siguiente forma:



Figura 13: Esquema del mantenimiento en el Truck Shop.

Fuente: Elaboración propia en base al modelo operativo de CMZ.

Estas etapas ocurren constantemente y muestran la conexión entre todas las áreas del mantenimiento en la industria minera, por lo que es más o tan importante como llevar a cabo el plan una buena comunicación entre las áreas. Las áreas específicas involucradas en este trabajo son el monitoreo de condiciones (mantenimiento predictivo), la confiabilidad (mantenimiento preventivo basado en riesgo) y la ejecución.

Existen 3 indicadores principales utilizados para medir un correcto mantenimiento mensual es la disponibilidad física de los equipos, se presentan a continuación.

6.2. Indicadores de mantenimiento

En la industria se busca la mayor producción y rentabilidad posible, para lograr tener visiones constantes del mantenimiento se utilizan indicadores. Estos son indicadores de resultados de la gestión del mantenimiento, los cuales se enfocan en las fallas, los tiempos y los recursos a utilizados, se presentan los principales a continuación:

- **Mean Time Between Failure (MTBF):** Es el tiempo entre cada falla que genera una detención imprevista, este indicador ayuda a obtener una frecuencia en las fallas y del sistema al que corresponde esta. Se busca maximizarlo, es decir que las fallas ocurran lo menor o más separadas posible.

$$MTBF = \frac{H_{operación}}{Cantidad\ de\ fallas} [-] \quad (\text{Ecuación 1})$$

- **Mean Time To Repair (MTTR):** representa el tiempo que demora la detención debido a una falla en el equipo, o en otras palabras el tiempo que toma repararlo para volver a operar. Este indicador ayuda a identificar cuales son las detenciones más graves o si existen otros factores como falta de repuestos, HH, etc.

$$MTTR = \frac{Horas\ de\ detención\ por\ fallas}{Cantidad\ de\ fallas} [-] \quad (\text{Ecuación 2})$$

Por otro lado, existen las métricas o KPI's que muestran el desempeño de cada área, a ellos se deben alinear todas las áreas para trabajar en busca de los mismos objetivos. Las más utilizadas son:

- **Trabajo Planificado:** es la razón entre las HH utilizadas en las órdenes de trabajo programadas y las realizadas, por lo que las detenciones no programadas o fallas afectan a este indicador.
- **Disponibilidad Física:** Este indicador es el más importante, representa la fracción del total de tiempo nominal que el equipo estaba disponible para operar. Es el indicador más importante para confiabilidad porque muestra la eficacia de la estrategia de mantenimiento.

$$D. Física = \frac{H_{nom} - M_{prog} - MN_{prog}}{H_{nom}} [\%] \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde H_{nom} corresponde a las horas nominales de operación en cada mes, M_{prog} se refiere a las horas de detenciones preventivas o mantenimiento programado y MN_{prog} son las horas de las detenciones imprevistas de los equipos, las fallas que equivalen a mantenimiento no programado. Cada año se realiza una proyección anual del % de disponibilidad esperado, el cual se va ajustando a la realidad con un forecast trimestral y midiendo con el Budget acumulado mensual.

- **Adherencia o cumplimiento del programa:** es la razón entre la cantidad de órdenes de trabajo realizadas v/s las programadas.
- **Precisión en la ejecución:** sólo considera las órdenes de trabajo preventivas o programadas, es la razón entre las pautas programadas realizadas y el total de las pautas programadas.

6.2.1. Mantenimiento Basado en Confiabilidad (Reliability Centered Maintenance RCM)

La estrategia utilizada en Zaldívar sigue el camino del RCM, es decir un mantenimiento basado en el riesgo, pero incluyendo labores de monitoreo de condiciones y utilizando la experiencia en base a datos históricos. Esta técnica busca que los equipos cumplan su labor operacional y encontrar las acciones necesarias para que ello ocurra. A continuación, la secuencia a seguir en los RCM.

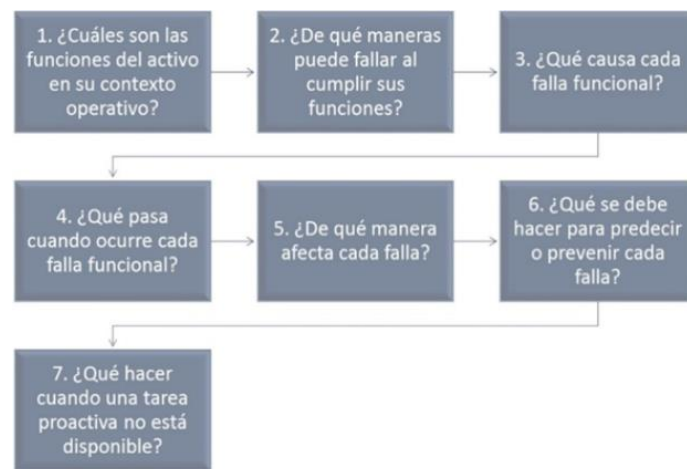


Figura 14: Pasos del RCM.

Fuente: [21]

El área de confiabilidad, monitoreo de condiciones y ejecución (también asesores externos) trabajan en conjunto para lograr responder dichas preguntas, juntos se busca:

1. Recopilar información sobre la falla y los riesgos asociados.
2. Conversar con todos los involucrados (Técnicos, Jefes de turno, asesores, monitoreo de condiciones y encargados del plan).
3. Analizar las posibles causas, consecuencias y buscar datos históricos.
4. Investigar y buscar la causa raíz para actuar de forma específica.
5. Llegar a un consenso sobre labores predictivas en caso de ser activos críticos o modificaciones en labores preventivas en otro caso.
6. Comunicar medidas o soluciones a todos los involucrados y cambios en el plan de ser necesario.

6.3. Mantenimiento preventivo en camiones CAEX.

Pautas de trabajo preventivo: Las condiciones de operación, las exigencias a las que se someten los equipos y los altos costos asociados a los componentes de estos, llevan a utilizar una estrategia de confiabilidad basada en riesgo. Lo anterior se traduce en pautas de trabajo a las 250, 500, 1000, 2000 y 4000 [Hrs], en ellas se busca mantener un ciclo de mantenimiento y a medida que aumentan las horas de operación de los equipos, las pautas son más extensas y específicas a la hora de intervenir los equipos, como también lo es la duración de estas.

Ciclos de mantenimiento de los camiones							
250	500	250	1000	250	500	250	2000
250	500	250	3000	250	500	250	4000

Tabla 1: Ciclos de mantenimiento de equipos mina.

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de las pautas de mantenimiento preventivo (Ver Sección Anexo para detalle), los principales sistemas en los que se realizan labores son:

Admisión y escape	Lubricación	Motor Diesel	Cabina y chasis
Eléctrico	Refrigeración	Filtro Centrifugo	Combustible

Luego el área de confiabilidad utiliza los datos de condición si se cuenta con ellos, o otra información como las horas de operación u indicadores tales como MTBF o MTTR, con el fin de llegar a un plan de mantenimiento para el equipo. Seguido de esto la programación se encarga de ordenar y valga la redundancia programar los distintos equipos con el fin de llevar a cabo el plan de forma ordenada y sistemática. Posteriormente, la planificación evalúa lo programado según las posibilidades que se tienen de realmente llevarlo a cabo por distintas razones como HH, naves o repuestos disponibles. Finalmente, la ejecución, principalmente técnicos (motoristas, eléctricos, soldadores, etc) se encargan de llevar a cabo todas las labores programadas para que los equipos puedan seguir su operación y por sobre todas las cosas, se garantice un 100% de seguridad al operador. Este último es el eslabón faltante en el diagrama, porque tiene un rol de aplicar el mantenimiento autónomo y no menos importante para ser la primera pieza de seguimiento en los equipos.

En el 2021, se ha observado en la minería un aumento en la portabilidad de unidades de lubricación y llenado para mantener equipos. Estos talleres de lubricación móviles permiten la posibilidad de organizar el mantenimiento en las instalaciones, una entrega más rápida del material necesario. Lubricación y llenado toman 20-30% del tiempo de la parada, por lo que se busca ver los factores que mejoran el servicio y mantención del equipo durante la operación, reduciendo costos. El equipo minero al operar lejos del punto de suministro, vuelve un problema el reemplazo de lubricante o suministro de combustible, actualmente se trabaja en equipos móviles que pueden almacenar, distribuir, recibir aceites y grasas usadas en el proceso durante la operación, específicamente al momento de recarga de combustible en las petroleras. [22]

En CMZ actualmente los camiones se detienen a las 250 horas forzados por el cambio de aceite y para lograr un buen uso de la detención, se realizan labores de inspección en otras áreas distintas a la lubricación. Los recursos perdidos por llevar los equipos al truck shop son importantes si se contempla el tiempo de traslado y de detención en los cuales el equipo no está disponible para operar, las HH utilizadas en estas labores de cambio de aceite e inspecciones, la ocupación de naves de trabajo, etc. Nace aquí la motivación del trabajo para lograr eliminar la pauta de mantenimiento a las 250 horas y hacer que la primera detención sea a las 500 horas, esto lleva consigo grandes riesgos que han de ser evaluados o mitigados si es necesario.

Una mirada general en la cual se trabajará en la mayoría de los puntos buscando cumplir los objetivos del proyecto se presenta a continuación:

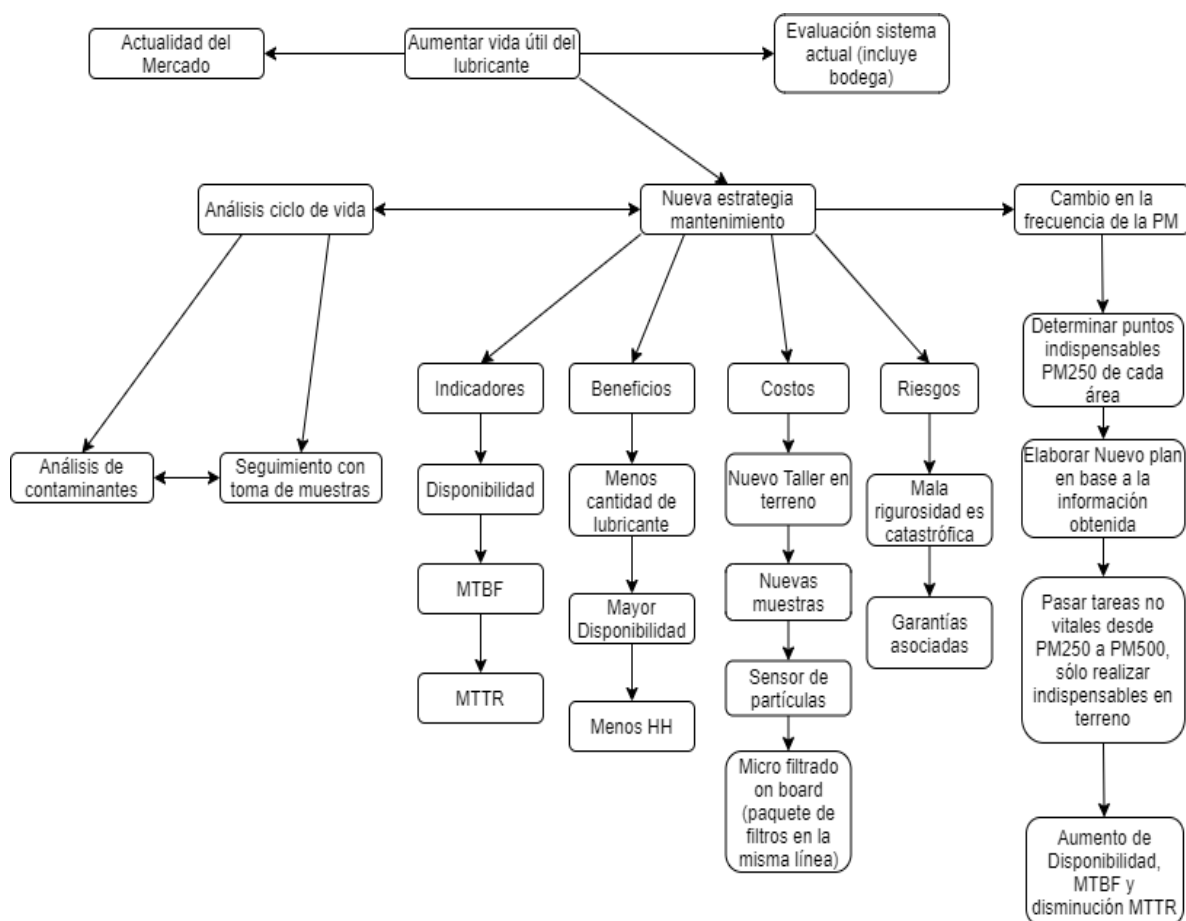


Figura 16: Visión general inicial del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

7.5W + 2H

Para lograr cumplir con el objetivo de evaluar el sistema actual de lubricación, se utiliza una herramienta mejoramiento continuo conocida como 5W + 2H (en español 5 ¿Por qué? + 2 ¿Cómo?).

a) ¿Qué (What) problema analizamos?

Actualmente en Zaldívar, los camiones Komatsu con motor MTU tienen sus paradas preventivas cada 250 horas, dicha detención tiene como objetivo cambiar el aceite de motor y aprovechar de realizar inspecciones generales.

b) ¿Cómo (How) se realiza esta tarea?

Se lleva el equipo desde la mina hasta el Truck Shop cada vez que corresponde la detención de 250 según el ciclo (ver ciclo en página XX), ahí se le realizan todas las tareas estipuladas en las pautas de trabajo de cada área.

c) ¿Dónde (Where) se realiza esta tarea?

Todas las labores de las pautas se realizan en el Truck Shop

d) ¿Quiénes (Who) realizan estas labores?

Las pautas de mantenimiento las realizan los técnicos especialistas de cada área, es decir mecánicos, eléctricos, motoristas y soldadores. Hay trabajos como los de aire acondicionado que lo realizan empresas externas.

e) ¿Cuándo (When) se lleva a cabo la parada preventiva 250?

Tal y como dice su nombre cada 250 horas, los programadores lo asignan a la semana que corresponde. Está sujeto a las HH disponibles o repuestos en bodega para realizarla.

f) ¿Cuánto (How much) cuesta realizar la pauta de 250 horas?

Una cifra exacta es complicado tenerla porque el valor de producción por hora de un camión es variable, pero en tiempo específico de mantenimiento es decir cuando trabajan los técnicos, el aceite cambiado y contabilizando los repuestos usados es aproximadamente 2000 USD.

g) ¿Por qué (Why) se realiza esta tarea?

Históricamente los motores MTU han tenido problemas en llegar a las 500 horas sin detenerse debido al hollín que se forma, esto puede causar fallas importantes que es mejor tratar previamente en el mantenimiento preventivo.

8. Análisis del ciclo de vida.

El lubricante para llegar a faena debe pasar por distintos pasos, además hoy en día la búsqueda de una producción sustentable es muy importante en las faenas mineras, por lo que existe una fase de reutilización del aceite residual obtenido al realizarse los cambios de aceite. El aceite utilizado es el Móbil One 5W-40 el cual sobrepasa todos los estándares de calidad pedidos por la industria en limpieza y protección. Sus principales propiedades y beneficios son:

Propiedades	Ventajas y Beneficios potenciales
Agentes activos de limpieza	Previene la formación de depósitos y lodos, manteniendo el motor más limpio y más duradero
Insuperable estabilidad térmica y a la oxidación	Reduce el envejecimiento del aceite, permitiendo mayores intervalos de cambio de aceite
Bajo consumo de aceite	Menor contaminación por hidrocarburos
Propiedades de fricción mejoradas	Mayor economía de energía
Alto índice de viscosidad y Tecnología Antidesgaste Supersyn	Excelente lubricación general y protección contra el desgaste en todas las condiciones y estilos de conducción

Figura 17: propiedades y beneficios del Mobil One 5W-40.

Fuente: [23]

A continuación, se muestra el ciclo de vida del aceite lubricante de motor Móbil One 5W-40 desde su formación hasta que deja la faena:

1. Son importados los insumos para formar el lubricante, tanto el aceite como los aditivos necesarios para obtener el producto final.
2. En la planta ubicada en Quintero de Móbil se mezclan todos los componentes y son cargados a los camiones para la distribución a granel hasta la faena en Antofagasta.
3. Al llegar el lubricante a faena es depositado en estanques de bodega del Truck Shop y también en la petrolera ubicada en el sector mina. Son 30000 litros mensuales aproximadamente que entrega el proveedor. El paso de camión a estanque es la primera etapa de microfiltrado que se le realiza al lubricante, este filtro es de $[10 \mu m]$.
4. El lubricante al estar almacenado en el estanque cuenta con 3 dializadoras que recirculan el aceite y realizan la segunda etapa de filtrado que es de $[3 \mu m]$.

5. El lubricante es llevado por cañerías directas desde el estanque a las 3 lubricanteras disponibles y es cargado por pistolas hacia los equipos, es en este proceso de carga que ocurre la tercera y última etapa de filtrado al lubricante antes de ser utilizado.
6. Luego de ser utilizado el lubricante, el aceite residual al ser retirado de los equipos es llevado por mangueras a un estanque destinado al lubricante residual, lugar del que es retirado y llevado a la empresa INACESA (Industria nacional de cemento) donde se utiliza en sus calderas.

Gracias a este análisis de ciclo de vida del lubricante Mobil One 5W-40, es posible asegurar que todo el proceso previo a la utilización de este logra mantener una excelente calidad y conservación total de sus propiedades. Lo anterior lleva a que la problemática de los motores MTU de cambiar el aceite a las 250 horas es producto del periodo de operación.

9. Análisis causa raíz (RCA)

Ya demostrada la importancia del sistema de lubricación en el motor y también en los otros componentes de los camiones CAEX, es necesario encontrar las principales causas que contaminan el lubricante o provocan su pérdida de propiedades. La herramienta utilizada es el Análisis causa raíz (RCA en inglés), la cual es usada constantemente por el área de confiabilidad para erradicar fallas críticas para los activos o el proceso. A continuación, se muestra dicho análisis enfocado en encontrar las razones de la contaminación y/o pérdida de propiedades del aceite de manera temprana:

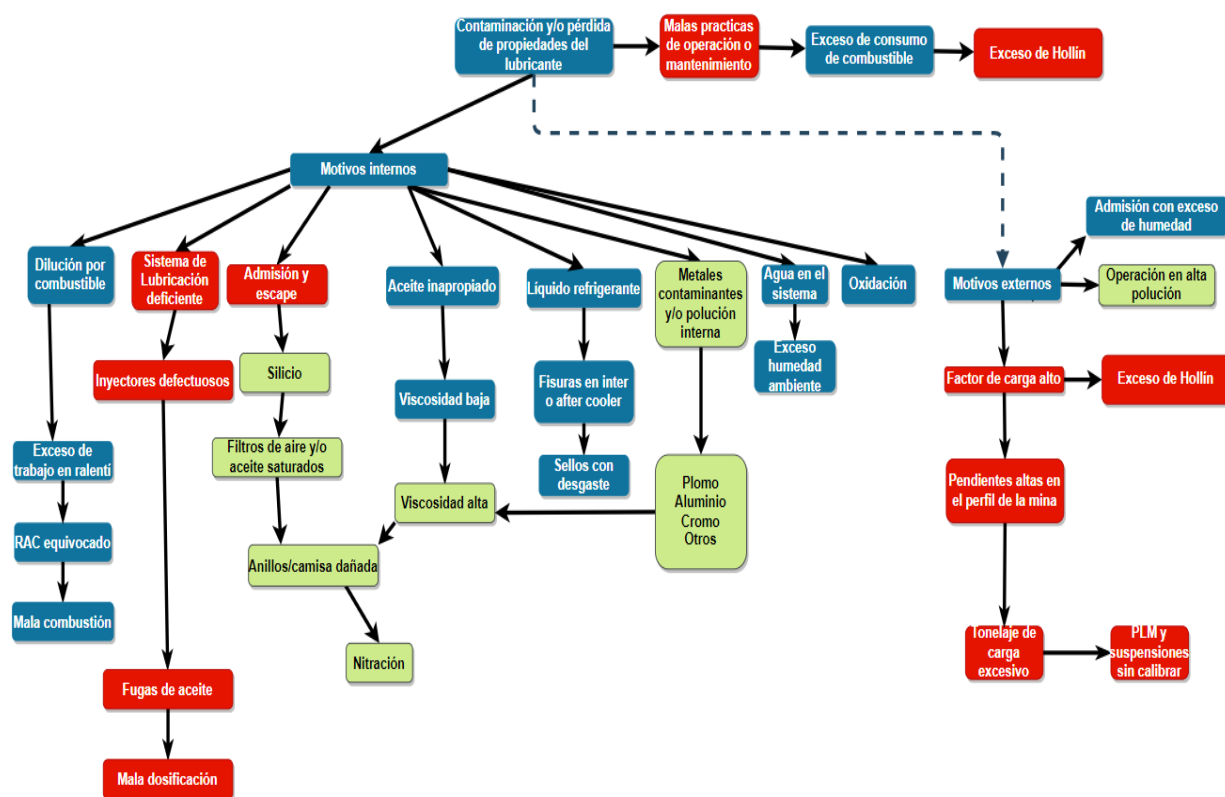


Figura 18: Análisis causa raíz del aceite lubricante Móbil One 5W-40.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede visualizar en la Figura 17 las distintas variables que pueden afectar a la calidad del lubricante a medida que se realiza la operación en faena. Los cuadros marcados en rojo son los más críticos, es decir se presentan con frecuencia y tienen alto impacto.

- Exceso de Hollín.
- Sistema de Lubricación defectuoso.
- Problemas en la combustión.
- Malas prácticas de operación y mantenimiento.
- Factor de carga.
- Admisión y escape.

Los cuadros en verde ocurren con menor frecuencia, pero también tienen un impacto alto.

- Filtros saturados.
- Camisas de cilindros rayadas.

9.1. Exceso de Hollín.

Este contaminante es el principal motivo que históricamente en Zaldívar ha justificado las detenciones preventivas a las 250 horas en los motores MTU, se puede observar en el RCA que es el motivo que más se presenta, a continuación, se explica cada uno de los factores que pueden generarlo o provocarlo:

9.1.1. Problemas en la combustión.

Los inyectores son los encargados de dosificar y abastecer de lubricante a todo el motor, su correcto funcionamiento asegura la lubricación constante de las partes móviles utilizado en la combustión, es por ello se debe regular presión desde la bomba de aceite, chequear la válvula de alivio/presión de aceite y verificar su ciclo de dosificación cada 1000 horas, de esta manera es posible asegurar que no habrá goteos o fugas de lubricante que puede arrastrar material particulado (generalmente sílice) hacia los anillos o unidades de fuerza y provocar un rayado en sus paredes, estos rayados pueden ocasionar un alto blow by en el motor o fugas de gases de escape de la combustión con combustible no quemado, lo cual a la larga se considera hollín.

9.1.2. Malas prácticas de operación o mantenimiento.

Los camiones llevan entre 200-300 toneladas en cada traslado y la mina presenta pendientes en ciertos sectores, por lo que no respetar los límites de velocidad exigidos en la mina, específicamente en las pendientes, puede generar un trabajo a plena potencia del motor de manera innecesaria. Estas altas potencias de trabajo del motor provocan un mayor consumo

de combustible y como consecuencia una mayor producción de hollín (ver 9.1.3 para mayor detalle). Por el lado del mantenimiento, constantemente se detectan filtros saturados o otros elementos que muestran una mala ejecución de las pautas de trabajo a pesar de aparecer como realizado en la hoja de trabajo.

9.1.3. Factor de Carga.

El factor de carga en un motor hace referencia al porcentaje de tiempo en que el motor trabaja a plena carga, es decir máxima potencia. El solo hecho de trabajar a 3300 msnm. en Zaldívar, provoca un déficit de oxígeno en el motor que lleva a tener una mezcla más rica, es decir no se quema todo el combustible en la combustión. La mayor exigencia para los equipos ocurre al ir cargados en pendientes, debido a esto se exige un nivel de pendiente menor o igual a 10° en Zaldívar, si bien las pendientes en promedio por circuito son de 10° existen varios tramos de estos en que se sobrepasa ese límite. A continuación, se muestran los 5 sectores definidos en la mina dentro de los cuales se encuentran los 12 circuitos de la misma, en ellos se obtuvieron los siguientes valores:

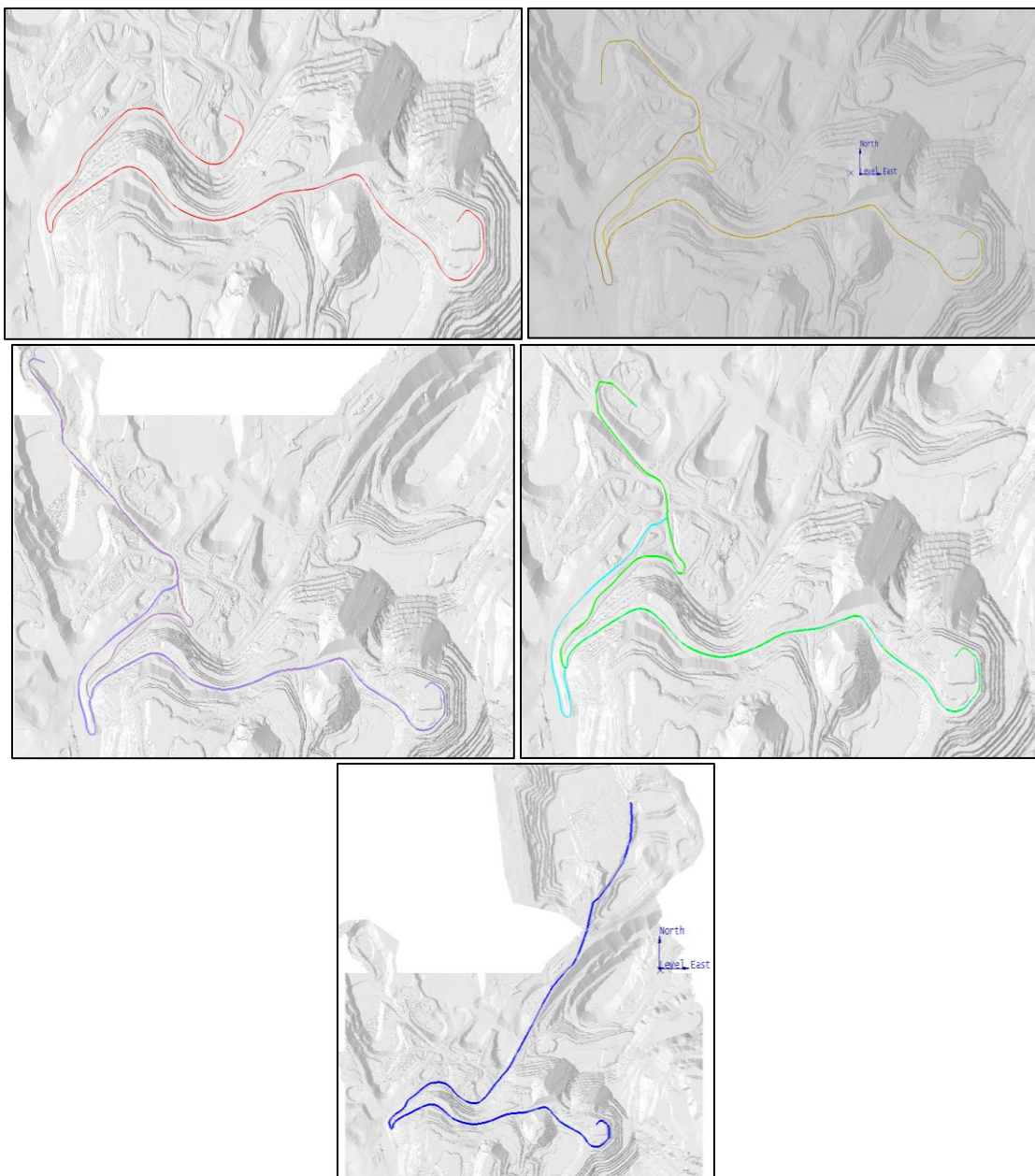


Figura 19: mapas de los circuitos mineros.

Fuente: Operaciones mina CMZ.

Circuito	Tramos	Pendientes	Porcentaje >10°
1	70	15	21,4
2	60	11	18,3
3	53	8	15,1
4	55	11	20,0
5	62	8	12,9
6	71	11	15,5
7	72	12	16,7
8	56	9	16,1
9	54	9	16,7
10	57	8	14,0
11	47	10	21,3
12	100	22	22,0

Tabla 2: Tramos de la mina por sobre el 10° de pendiente.

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los equipos en su mayoría tienen un déficit de calibraciones del sistema PLM, inclinómetro y suspensiones, el sistema PLM (Payload meter) es vital para pesar la carga útil sobre la marcha y así tener noción de la carga real que se lleva, ya que hoy en día los scoreboard de los operadores indican en su mayoría valores erróneos. A su vez el inclinómetro tal como lo dice su nombre, permite visualizar la pendiente a la que se enfrenta el equipo y las suspensiones ayudan a mitigar estas fuerzas generadas por la carga. Las toneladas que llevan los camiones en CMZ a menudo sobrepasan lo estipulado que son 240 toneladas aproximadamente, las bases de datos de las cargas de los equipos según el PLM que son descargadas por lo asesores de Komatsu, entregan valores poco lógicos, al no tener estos elementos calibrados se sobrecargan los camiones con facilidad y esto afecta directamente a la contaminación del lubricante, parece lejano pero herramientas descalibradas llevan a una sobrecarga del equipo que luego se enfrenta a grandes pendientes y así el equipo trabaja a una alta potencia un mayor tiempo, es decir un alto factor de carga. Este factor de carga se traduce en altos consumos de combustible, mayor cantidad de combustible no quemado y por consecuencia de hollín. Hoy en día en Zaldívar se cuenta con el sistema de monitoreo Specto para camiones Komatsu con motor QSK cummins, los factores de carga de los equipos son similares tengan motor MTU o QSK, porque se enfrentan a cargas, terrenos y mantenimiento similares, se utilizó la base de datos de Specto para obtener datos de factores de carga de 15 equipos, a continuación los resultados:

Equipo	Factor de carga [%]	Comb/Hora [Lt/hr]	TBO [Horas]
31	35,3	160,3	17540,9
36	34,1	163,8	17167,2
37	35,0	452,3	6217,9
38	35,1	159,9	17584,7
40	34,6	157,9	17811,9
41	32,6	203,3	13836,3
42	37,9	180,3	15599,9
43	39,9	171,5	16399,4
52	36,0	158,4	17755,7
53	35,9	166,8	16865,6
55	39,1	170,3	16511,1
58	38,6	166,8	16857,5
60	37,8	159,1	17682,0
63	42,9	172,3	16319,5
64	41,0	163,8	17166,1
Promedio	37,0	187,1	16087,7

Tabla 3: Factores de carga de camiones mineros.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 con los datos obtenidos del software Spectro de Cummins, es posible calcular los tiempos esperados para cambio de cada motor Diesel con el fin de obtener el promedio del TBO (Time Between Overhaul), estos tiempos se calculan se la siguiente manera:

$$750.000 [gal] * 3,75 \left[\frac{Lt}{gal} \right] = 2812500 [Lt] \quad (\text{Ecuación 4})$$

Cada motor esta pronosticado para una vida útil de 750.000 galones de petróleo Diesel y cada galón representa 3,75 litros, es así como cada equipo se proyecta en su vida útil a utilizar 2.812.500 Litros de petróleo. Ahora con este dato se puede obtener el tiempo de vida útil promedio de los motores con la siguiente ecuación:

$$2.812.500 [Lt] * Consumo \left[\frac{Lt}{Hr} \right] = TBO [Hr] \quad (\text{Ecuación 5})$$

El factor de carga esperado para los equipos es de 33 %, resultando que el promedio se encuentra 4% por encima de lo indicado, esta información es en base a 319 muestras a los motores MTU entre el año 2019 y 2020. En base a lo anteriormente expuesto, es posible concluir que el factor de carga tiene un impacto directo en la vida útil de los motores Diesel y en el consumo de combustible, este último punto es clave porque determina una mayor generación del hollín a partir de su principal fuente, la combustión. A modo de argumentar los altos factores de carga, existe otro indicador que muestra explícitamente lo planteado, este es el desgaste de los neumáticos. Los excesos en las cargas y la poca calibración de los PLM e inclinómetro generan desgarros y un desgaste acelerado en ellos, a continuación se muestra un ejemplo de los errores en las cargas y los desgastes/desgarros en los neumáticos.

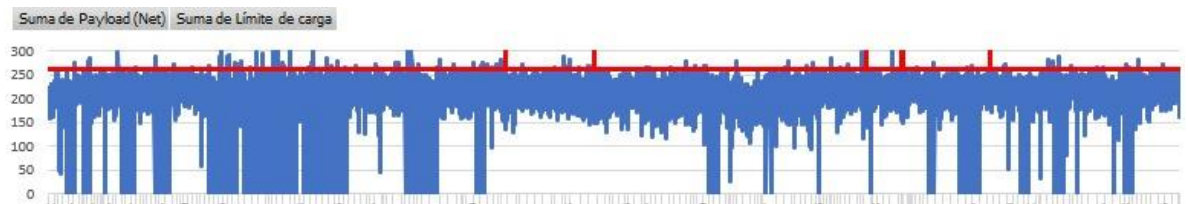


Figura 20: Registro de PLM a lo largo del 2021 en H35 y H39.

Fuente: Asesor Komatsu

Estadísticas y distribución de Bajas

DISTRIBUCIÓN MOTIVOS DE BAJAS MAYO 2021



DISTRIBUCIÓN MOTIVOS DE BAJAS ACUMULADO 2021

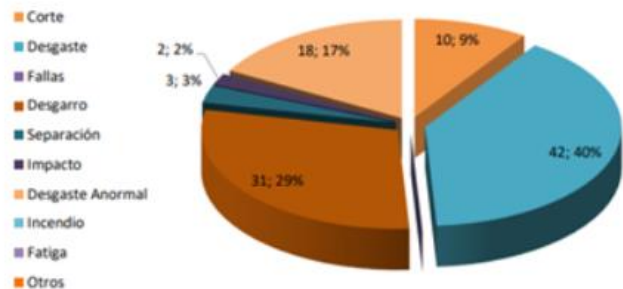


Figura 21: Antecedentes de neumáticos dados de baja en 2021.

Fuente: Operación mina, carguío y transporte CMZ.

Desde Marzo del 2020 hasta Diciembre del 2020, no se registraron desgarros y muy pocos casos de desgastes anormales, la situación en 2021 cambia radicalmente y se puede observar en la Figura 20, las causas de dichas fallas. Personal de Komatsu comprobó manualmente los pesos reales de los camiones utilizando romanas, de los cuales más de un 60% no correspondían al valor entregado por el PLM. Debido a estos antecedentes, siendo la razón principal los altos tonelajes que llevan los equipos y el estado de los caminos, entre otras como la velocidad del operador, el factor de carga es más alto de lo recomendado.

9.2. Admisión y escape.

La polución en el ambiente en las faenas mineras es un problema que se busca mitigar con Water trucks, filtros de aire, soplado de equipos, etc. Para la lubricación del motor, la admisión tiene un rol crítico, ya que el material particulado que logra ingresar al equipo es removido por el lubricante y es capaz de aumentar la viscosidad del mismo generando así mayor desgaste de los sellos y anillos, mayor presión de aceite, rayaduras de camisa en las unidades de fuerza, saturando filtros de aceite, entre otras complicaciones.



Figura 22: Rayadura interna de unidad de fuerza.

Fuente: Ejecución Truck Shop.

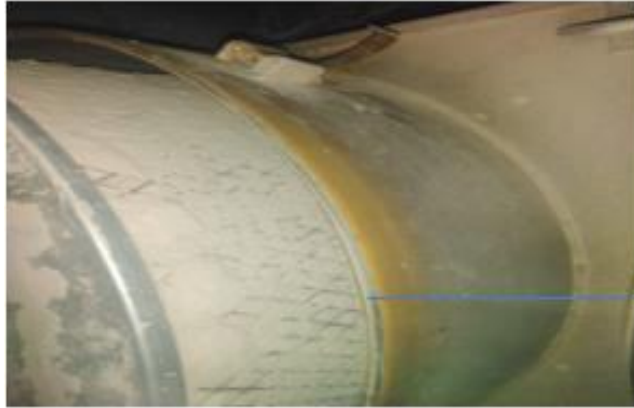


Figura 23: Filtro de aire saturado.

Fuente: Ejecución Truck Shop.

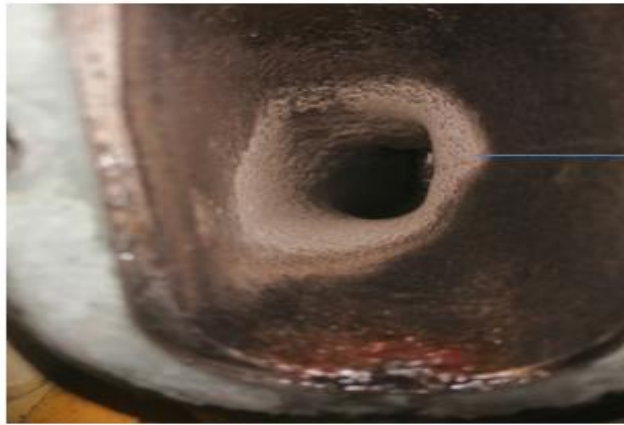


Figura 24: Admisión de aire con exceso de sílice.

Fuente: Ejecución Truck Shop.

Por un lado, los filtros de aire saturados y la admisión con sílice, tienen consecuencias directas con la combustión ya que afectan a la relación aire combustible por la falta de aire. Por otro lado, las camisas de las unidades de fuerza con rayados, provocan un porcentaje de fuga de gases de escape desde la cámara de combustión, este factor puede aumentar la presión de cárter y favorecer a la generación de hollín.

9.3. Sistema de lubricación deficiente.

El sistema de lubricación explicado en el punto 5.1. está asociado a otros elementos claves en su funcionamiento, de los cuales destacan los componentes principales del sistema de inyección como lo son los inyectores, conexiones y sellos. Es necesario realizar mantenimientos preventivos a estos componentes, porque de lo contrario los inyectores defectuosos, conexiones en mal estado o sellos rotos que presentan fugas de lubricante, influyen en una mala dosificación. Una mala dosificación implica que no todos los componentes sean lubricados de buena manera o un consumo acelerado del lubricante. Al no ser equitativa la lubricación es mucho mayor la probabilidad del contacto metal-metal entre los componentes y por consecuencia un aumento en la concentración de metales contaminantes.



Figura 25: Inyector defectuoso y pérdida de lubricante.

Fuente: Motorista Truck shop CMZ.

10. Eliminación de la PM250.

En vista del objetivo de utilizar el 100% de la vida útil del lubricante, se busca eliminar la PM250 en los camiones Komatsu con motor MTU, para ello es necesario observar como sería el nuevo ciclo de mantenimiento preventivo, además de un panorama de riesgos v/s beneficios de aquel cambio para visualizar la situación que se generaría al realizarlo.

Nuevo ciclo de mantenimiento preventivo en CAEX Komatsu con motor MTU			
500	1000	500	2000
500	1000	500	4000

Tabla 4: Nuevo ciclo de PM para Komatsu MTU.

Fuente: Elaboración propia.

Para definir los tipos de riesgo, se tomaron 3 tipos Técnico, Productivo y Económico, a su vez se determinaron 3 niveles: Alto, Medio y Bajo.

Riesgo Técnico: Problema que tiene una probabilidad de afectar de forma catastrófica el funcionamiento del equipo y/o el sistema afín.

Riesgo Económico: Problema que puede afectar directamente al CAPEX porque excede los costos operaciones a corto plazo.

Riesgo Productivo: se refiere a problemas que tienen una probabilidad de retrasar la producción.

Nivel bajo: 0-33%

Nivel medio: 33-67%

Nivel alto: 67-100%

Identificación del Riesgo	Tipo Riesgo	Nivel
Contaminación de filtros de aire primarios y Secundario	Técnico	Alto
Inspeccionar Correa Ventilador	Técnico	Bajo
Inspeccionar Nivel de refrigerante	Técnico	Bajo
Fuga testigo bomba refrigerante	Técnico	Bajo
Falla interna motor por lubricacion deficiente	Técnico	Alto
Falla de sistema de combustible por contaminación	Técnico	Medio
Falla de lubricación por rotulas deficiente engrase	Técnico	Alto
Falla sistema de frenos	Técnico	Alto
Falla sistema hidraulico por fugas	Técnico	Bajo
Falla sistema 24 volts Alumbrado y Baterias	Técnico	Bajo
Falla sistema de parada de emergencia Cabina y piso	Técnico	Bajo
Falla alternador 24 volts	Técnico	Bajo
Falla sistema seguridad alarmas equipo Cabina	Técnico	Alto
Falla por alta temperatura sistema de refrigeracion electrico	Técnico	Alto
Falla sistema de aire acondicionado	Técnico	Bajo
Falla sistema estructural	Técnico	Bajo
Falta de repuestos en bodega	Productivo	Alto
Falta de personal	Productivo	Alto
Gasto fuera de presupuesto por daño mayor motor diesel / reemplazo unidad	Económico	Alto

Tabla 5: Riesgos del proyecto.

Fuente: Equipo de Confiabilidad y Ejecución CMZ.

Identificación del Beneficio	Tipo Beneficio	Nivel
Disminución del % de indisponibilidad por actividad correctiva	Productivo	Medio
Vida útil de los componentes (alcanzar el TBO)	Productivo	Medio
Mayor recurso de HH para actividades complementarias de Mtto	Productivo	Medio
No aplica actividades adicionales a las ejecutadas bajo frec PM actual	Seguridad	Alto
No impacta el medio ambiente	Seguridad	Alto

Tabla 6: Beneficios del proyecto.

Fuente: Equipo de Confiabilidad y Ejecución CMZ.

Analizando los distintos riesgos, se encuentran puntos similares al mostrado en el análisis causa raíz, tales como la saturación de filtros de aire o aceite y fallas del motor por lubricación deficiente, la alta temperatura generalmente se genera por fugas de gases de escape que afectan al sistema de refrigeración. Los puntos asociados a seguridad siempre son prioridad y como tal se les asigna un valor de riesgo alto, por otro lado la falta de personal sería crítico ya que al dejar como primera detención la PM500, esta se vuelve indispensable y todos sus puntos deben realizarse al 100%, de lo contrario pueden ocurrir fallas catastróficas. Dichas fallas implicarían cambios de módulo, lo cual sería un gasto alto fuera de presupuesto. Por último, un problema

recurrente en el Truck Shop que afectaría significativamente a la disponibilidad y MTTR de los equipos es la falta de repuestos en bodega, debe existir una planificación acorde a los riesgos que se tienen en los equipos. A continuación, se muestran ejemplos de planes de acción de los riesgos mostrados:

RIESGO	HORA 0 (Pauta de 4000 Hrs)
Filtros de aire Primarios Y Secundarios	Uso de filtro nuevo / monitoreo específico de saturación de filtros primarios / requisito inicial limpieza caja ciclónica al inicio de proyecto
Falla interna motor por lubricación deficiente	Control de muestras cada 125 hrs / monitoreo de presión y restricción de filtros sistema monitoreo Detroit S.A.
Falla sistema de frenos (mecánico)	Verificar medida de las pastillas (balata), medir presión de los acumuladores del sistema de freno y existencia de fugas en las distintas líneas (cáliper, flexibles, bomba de dirección y freno, etc).
Falla por lubricación del sistema de dirección y suministro hidráulico	Revisar condición del cilindro de la barra de dirección (fugas), estado de las rótulas y medir la presión de los acumuladores del sistema de dirección.
Falla de lubricación por bajo nivel deposito de engrase	Regular ciclo de la bomba (30 min)/Normalizar sistema por inyectores defectuosos y cantidad de grasa en cada punto (eje trasero 9.7 mm y eje delantero 4.7 mm)/ depósito lleno (repetir cada 500 horas).
Falla sistema de parada de emergencia Cabina y piso	Realizar prueba de activación del sistema ante del inicio.
Falla sistema de identificación de alarmas en Cabina	Realizar prueba de activación de todos los sistema ante del inicio.
Falla por alta temperatura sistema de refrigeración eléctrico	Revisar que el sistema se encuentre sellado con sus abrazaderas antes de iniciar prueba.
Falla de eficiencia en freno eléctrico	Cambio de todos los tips de los contactores (retardo, campo)
Falla en sistema de generación y retardo (propulsión)	Verificación (MEDIR) de los carbones, alternador y blowers

Tabla 7: Riesgos y formas de mitigación. Fuente: Equipo Confiabilidad y Ejecución CMZ.

Fuente: Elaboración Propia.

Ahora bien, con respecto a los beneficios en primer lugar la seguridad es un punto a favor porque no se incluye ninguna tarea que actualmente no se realice y por consecuencia no se afectará el medio ambiente. Desde el punto de vista productivo-económico existen diversas ganancias, ya que los equipos al no detenerse cada 250 horas aumentarán su disponibilidad o productividad, además realizando de buena forma el mantenimiento preventivo con ayuda del predictivo, los componentes debiesen alcanzar sus tiempos de vida útil estimados (TBO), por último al no ir los equipos a mantenimiento se contará con una mayor cantidad de HH disponibles para realizar otras labores y lograr completar la programación semana a semana.

10.1. Requerimientos para eliminar la pauta de 250 horas.

Para poder llevar a cabo los cambios en la estrategia de mantenimiento preventivo, se desarrollaron análisis junto a cada área específica que interviene el camión en las paradas a las 250 y 500 horas, las pautas de 250 horas se tomaron como base para las de 500 horas y así agregar puntos que no estuviesen ella. Las pautas de 500 horas tenían una gran cantidad de HH asignadas, a cerca del 80% de dichas tareas se les redujo dicha cantidad de horas, además existían labores con bajo detalle (medidas, herramientas, presiones) y por último tareas que se debían agregar o eliminar. A continuación, se detalla el plan de acción realizado en las áreas transversales de los camiones (dejando de lado el motor Diesel), para lograr las nuevas pautas de mantenimiento, las cuales se pueden visualizar en la sección Anexo:

10.1.1. Pauta Eléctrica 500 horas.

- Como primer gran detalle que notar, está el exceso de horas hombre asignadas a esta pauta que asciende a 38 horas (2 personas con 18 horas cada uno). Si bien no hubo un gran aumento en las labores se llegó a un total de 11,7 horas hombre (2 personas con 5,95 horas cada uno), lo anterior se logró disminuyendo los tiempos para realizar tareas de inspección o eliminando algunas de ellas.
- Se agregó una verificación del funcionamiento del sistema de engrase, mediante la activación eléctrica desde el panel de cabina.
- Se incorporó la revisión de descarga de acumuladores con motor Diesel apagado.
- Se agregó la inspección de carbones y pickup magnético.
- Al alternador principal se le sumó verificar que rodillo tensor se encuentre alineado a la correa y revisar sus pernos de anclaje.
- A los carbones de los sopladores se les agregó verificar la tensión de los resortes y su libre desplazamiento.
- Al gabinete de control se le sumó revisar las marcas de torque de los pernos de las barras y su decoloración.
- En vez de revisar los tips de los contactores de retardo, se ordena cambiarlos independiente de su estado, porque frecuentemente llegan quemados, además chequear un correcto contacto.
- A la cabina se le agregaron las revisiones de los instrumentos del panel y de los medidores de temperatura.

- Se hizo énfasis en la calibración del inclinómetro y PLM (tareas existentes pero que no se llevan a cabo regularmente, se detalló el trabajo)

10.1.2. Pauta Mecánica 500 Horas.

- Revisar que todos los puntos críticos estén engrasados (inyectores delanteros y traseros, rótulas de dirección y de cilindro de levante, suspensiones), dosificación y regulación del sistema de engrase cada 500 horas (se repite en pautas de 1000, 2000 y 4000 horas).
- Se agregaron muestras de aceites de todos los sistemas (Diesel, Hidráulico, motor de tracción y masas)
- Incorporar comparador de carátula y cámara Go pro para movimiento de la dirección en revisión de tolva y barra estabilizadora.
- Chequear el nivel del cárter de la bomba de engrase y realizar el llenado respectivo.
- Para suspensiones traseras se especificó el procedimiento para suspensión con vástago superior e inferior.

10.1.3. Pauta Motor MTU 500 Horas.

- Se recomienda revisar el estado de la caja de filtros de aire, si bien se tiene por plan preventivo un cambio a las 1000 horas, puede ser necesario un cambio previo.
- Se agrega el lavado del filtro centrífugo y el cambio de papel del mismo a las 500 horas.
- Cambiar filtros de aceite lubricante de motor cuando corresponde sin excepciones.
- Respetar y enviar las muestras de aceite cada 125 horas.

10.1.4. Pauta Aire Acondicionado.

- Autorizado para no realizar tareas propias de la PM250 ya que son sólo inspecciones y no hay problema en aplazarlas. Se revisó en conjunto con encargado del proceso de empresa externa JCI (Johnson Controls International).

10.1.5. Pauta Soldador (estructural).

- Autorizado para no realizar la PM250 estructural ya que son sólo inspecciones y no hay problema en aplazar la revisión a las 500 horas, pero si hay ciertos puntos importantes a tratar en la hora 0 (Pauta 4000 horas):
- Asegurarse de la reparación de las fisuras en el chasis superior e inferior del horse collar, debido a las altas cargas se han encontrado fisuras en esta sección que es crítica

ya que es el soporte de la cabina, plataforma superior y mantiene el área donde va el motor.

- Verificar puertas, escaleras y cabina en perfecto estado.
- Equipos más antiguos se les debe dar mayor prioridad y reparar totalmente las fisuras en la hora 0 del proyecto.

10.1.6. Pauta Sistema contra incendio.

- No se realizan labores en PM250 por lo que no es necesario efectuar cambios.

10.1.7. Bodega.

- Para eliminar la PM250 se requiere tener un stock actualizado de bodega y gestionar los equipos reparados a tiempo por cualquier falla. Hay 2 casos de demora que ocurren a menudo, en primer lugar casos en que es necesario un cambio de componentes como por ejemplo un cambio de módulo de potencia y no existe un equipo en reserva para cambio, por lo que el equipo queda detenido esperando repuesto. El segundo caso son los repuestos de alta demanda como filtros, mangueras, sellos, entre otros que en ocasiones no hay stock y los equipos también quedan detenidos en espera de repuesto.

10.1.8. Eliminar o disminuir las malas prácticas.

- Capacitar a los operadores con respecto a las velocidades en la mina y el manejo con altas cargas, también charlas de seguridad para ver las consecuencias que pueden tener dichas prácticas.
- En el mantenimiento a cargo del Truck Shop es necesario contar con la gente necesaria en ambos turnos (día/noche), esto porque en ocasiones no hay dotación para las tareas programadas y reforzar la tarea de los supervisores o jefes de turno en la realización de las pautas al 100%, si se llega a cambiar el plan preventivo el no realizar las pautas como corresponde puede resultar en fallas catastróficas.
- Asegurar la disponibilidad de los repuestos en bodega al momento de programar las tareas semanales.

10.2. Sistema de monitoreo de condiciones (Detroit S.A.)

Actualmente en Compañía Minera Zaldívar sólo existe un monitoreo de condiciones en tiempo real, esto ocurre en los camiones con motor QSK Cummins a través del software Specto, para el resto de la flota Komatsu los cuales tienen motor MTU no se cuenta con un monitoreo de las presiones, temperaturas, horómetros, etc. Para regularizar la situación con los camiones restantes con motor MTU, se incorporará a futuro un software similar pero de parte de Detroit S.A. (empresa contratista encargada de asesorar al área de confiabilidad en motores MTU), el cual va a permitir monitorear constantemente el estado de los camiones mediante un plan de monitoreo se encuentra vigente y probado en distintas faenas. Es de vital importancia contar con las presiones de refrigerante, aceite y combustible, al igual que es importante conocer las temperaturas y rpm del motor. Gracias a este programa se logrará recibir alarmas en tiempo real del motor en la mina y agregar tareas necesarias a las labores preventivas programadas de la próxima visita del camión al taller Truck Shop.

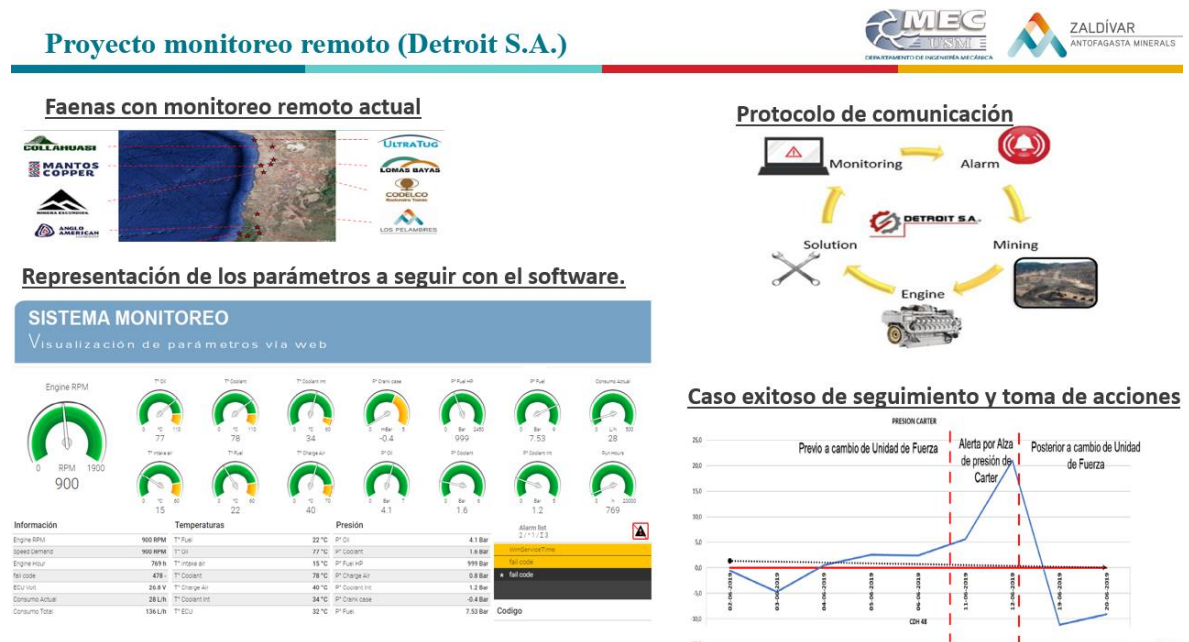


Figura 26: Proyecto de monitoreo de condiciones Detroit S.A.

Fuente: Área confiabilidad mina CMZ.

10.3. Cambios para llegar a las 500 horas de utilización del lubricante.

Como ya se mencionó anteriormente la principal razón de realizar la detención a las 250 horas en los camiones Komatsu con motor MTU es el cambio de aceite de motor, para lograr que le equipo llegue a las 500 horas sin detenerse deben funcionar todos los sistemas de gran manera por lo que las pautas de trabajo se mejoraron (Ver 10.1.) y se contará con una herramienta de monitoreo en tiempo real de los motores (Ver 10.2.). Pero además de aquellos cambios, se requiere mejorar un aspecto crítico del motor como lo son los filtros. Para ello se realizó un trabajo en conjunto con la empresa externa que colabora asesorando a CMZ en los motores MTU (Detroit S.A.), donde se decidieron los siguientes cambios:

- ❖ Cambiar los 2 filtros secundarios de combustible (NP FF5616) por 2 filtros de combustible de alta eficiencia (Número de parte en Detroit S.A.)
- ❖ Agregar un Cabezal de 3 filtros de aceite a los 4 filtros (NP P550512) con los que actualmente cuentan los equipos, es decir el equipo contará con 7 filtros de aceite. Aquí la cotización del nuevo kit de filtros que consiste en un inserto (donde se ubican los nuevos filtros) y los 3 filtros adicionales, es importante notar que a futuro sólo se cambiarían los filtros, es decir es una inversión por equipo. Generar una PM02 (labor programada) para colocar el kit. Se realizó la cotización y se puede observar en la sección Anexos.

11. Evaluación económica.

Al momento de involucrarse en el balance económico que implicaría la modificación del momento de cambio del aceite lubricante de motor, es decir cambiarlo a las 500 horas y no a las 250 horas. Se deben tener en cuenta diversos factores propios del motor y a la vez otros que corresponden al truck shop. Los factores más importantes son:

- Horas Hombre.
- Nuevos componentes necesarios.
- Disponibilidad de camiones.

Actualmente el balance económico de la detención de 250 horas donde se realizan inspecciones en todas las áreas se visualiza de la siguiente manera:

Camión	PM	Detalle operación	Puesto de trabajo	Cantidad de gente	HH por persona	HH totales	Componente	Nombre (Número Parte)	Nombre	Cantidad componente	Costo unitario del Componente	Costo total USD
PM CAMION MTU 830E-1AC	250	PM SOL 250 HRS MTU	MINSOL02	1	1	1	0			0		20
	250	PM MOT 250 HRS MTU	MINMEC03	1,0	3	3	0			0		60
	250	PM A/C 250 HRS MTU	MEXSER11	2	2,0	4	0			0		80
	250	PM ELEC 250 HRS MTU	MINELE02	2	9,0	18	0			0		360
	250	PM MEC 250 HRS MTU	MINMEC02	1	3,0	3	11024411	FILTRO;DETROIT;P550 348	Filtro combustible , separador de agua	1	20,99	80,99
	250	PM MEC 250 HRS MTU	MINMEC02	1	3,0	3	11108216	FILTRO COMBUSTIBLE;FLEET GUARD;FF 5616	Filtro combustible	2	21,93	103,86
	250	PM 250HRS CB ACEITE MOTOR MTU	MINMEC03	1	2	2	11024409	FILTRO;DETROIT;P550 512	Filtro de aceite Donaldson	4	18,7	114,8
	250	PM 250HRS CB ACEITE MOTOR MTU	MINMEC03	1	2	2	11065899	INSERTO;DETROIT;235 40465	Papel filtro centrifugo	1	12,81	52,81
	250	PDM 250HRS SNAP SHOP MTU	MINMEC03	1	1	1	0			0		20
TOTAL						37				8	74,43	892,46

Tabla 8: HH y componentes necesarios en PM250.

Fuente: Elaboración propia.

Al incluir todas las recomendaciones a las pautas de 500 horas vistas en 10.1, no se agregan gastos por componentes o horas hombre adicionales, pero si es necesario invertir para mitigar o minimizar el riesgo de falla de los motores específicamente en el tema del hollín o particulado

presente en el aceite, para ello se realizan los cambios mencionados en 10.3, siendo el siguiente el resumen económico:

Camión	PM	Detalle operación	Puesto de trabajo	Cantidad de gente	HH por persona	HH totales	Componente	Nombre (Número Parte)	Nombre	Cantidad componente	Costo unitario del Componente	Costo total USD
PM CAMION MTU	500	PM MEC 500 HRS MTU	MINMEC02	1	3,0	3		FILTRO DE COMBUSTIBLE DONALDSON BLUE; DBF0047	Filtro combustible alta eficiencia	2	169,2	398,4
PM CAMION MTU	500	PM 500HRS CB ACEITE MOTOR MTU	MINMEC03	1	2	2	11024409	FILTRO;DETROI T;P550512	Filtro de aceite Donaldson	7	18,7	170,9
CAMION MTU	4000 (UNA VEZ)	COLOCAR KIT DE FILTROS AUXILIARES	MINMEC03	1	1	1		INSERTO + 3 FILTROS P550512	Filtro de aceite Donaldson	1	6842,1	6862,1
TOTAL						6				10	7030	7431,4

Tabla 9: Nuevos componentes para nuevo plan preventivo.

Fuente: Elaboración propia.

Al empezar el nuevo ciclo de mantenimiento (PM4000) se deben colocar los kits de filtros auxiliares, donde la gran inversión es el inserto en el cual se colocan los 3 filtros extra de aceite. A futuro es importante cuantificar las cantidades de relleno de grasa o lubricante que se aplica a los camiones en distintas ocasiones como por ejemplo en la petrolera, porque actualmente no se cuenta con un registro de dichas cantidades. En resumen, de inversión por camión:

- se deberán gastar 350,6 USD más que las pautas actuales de 500 horas debido al aumento en los costos de los filtros de combustible de alta eficiencia y a los 3 filtros de aceite extras.
- Por otro lado, el kit de filtros que consiste en instalar al inicio del ciclo el inserto o anclaje al camión donde van los 3 filtros de aceite adicionales, lo cual equivale a 6842,1 USD por camión (una sola vez, luego sólo se agrega el gasto en filtros).

En resumen los beneficios por camión son:

- Por ciclo al no existir la PM250 se ahorran 7.144 USD. (costo de 8 PM250), desde el segundo ciclo ya es una ganancia económica aún sin mirar la disponibilidad y producción.
- Los programadores contarán con 37 HH disponibles para otras tareas cada 250 horas.
- La disponibilidad de los camiones aumentará más de un 1,5 % aproximadamente, ya que las horas de mantenimiento disminuyen considerablemente (2 horas y 40 minutos de traslado se ahorran por ciclo en cada camión, 8 detenciones de 20 minutos, ver Figuras 27 y 28). No está cuantificado el valor exacto por hora de producción de cada camión.

A continuación, se muestra una simulación mensual de los 7 camiones Komatsu con motor MTU, primero con el plan actual (con PM250) y luego con el plan propuesto (sin PM250):

N° días mes	30	Parada	Horas
Horas día	24	PM250	9
Camiones	7	PM500	10
Horas nominales	5040	PM1000	12
H. MP.	150	PM2000	10
H. MNP.	453,6	PM4000	14
DISP.	88,0%		

Camiones/días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
H32	9															12														9
H35			14														9													
H39							9														10									
H47					10														9											
H48		12														9														
H53								9															10							
H57										9															10					

Figura 27: Simulación 7 camiones con Plan actual con PM250.

Fuente: Elaboración propia.

N° días mes	30	Parada	Horas máquina
Horas día	24	PM500	10
Camiones	7	PM1000	12
Horas nominales	5040	PM2000	12
H. MP.	80	PM4000	14
H. MNP.	453,6		
DISP.	89,4%		

Camiones/días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
H32																12														
H35			14																											
H39																					10									
H47					10																									
H48		12																												
H53																							12							
H57																									10					

Figura 28: Simulación 7 camiones con nuevo plan.

Fuente: Elaboración propia.

Para cada caso se consideró que los camiones tienen 18 horas de operación efectiva por día, lo anterior según datos históricos de las flotas de camiones en Compañía Minera Zaldívar, al analizar ambas opciones se puede estimar que eliminar la PM250 es factible desde el punto de vista técnico y también económico, lo anterior porque los costos del proyecto son 7150 USD aproximadamente lo que equivale al ahorro de eliminar la PM250 en un ciclo, los costos pueden variar de forma negativa si no se llevan a cabo las pautas establecidas.

12. Conclusiones.

En base al estudio realizado, fue posible identificar la gran importancia de la lubricación en los equipos, también mostrar y diferenciar los múltiples factores que afectan a la calidad de ella en todo ámbito, operación y mantenimiento. En primer lugar, se concluye que el mantenimiento no es uno sólo, sino la mezcla de distintos tipos de mantenimientos como lo son el correctivo, predictivo, preventivo y autónomo. El actual sistema de mantenimiento si bien está bien estructurado y sigue un plan definido no se realiza como corresponde, es decir en cada etapa hay errores graves como no tener los repuestos a tiempo, no realizar las pautas de forma rigurosa o mala operación de los equipos.

En segundo lugar, a través de un análisis de ciclo de vida del lubricante realizándole un seguimiento desde su elaboración hasta la decisión de reciclar/reutilizar, se logró concluir que el problema de desgaste excesivo o contaminación de este se produce netamente en la operación, ya que la etapa previa no presenta fallas. Con el uso de la herramienta de análisis de causa raíz (RCA), fue posible mostrar y determinar los principales factores que afectan a la contaminación y determinar dichos factores. Estos visibilizaron que los problemas son internos y a la vez externos, tales como una mala operación, caminos con altas pendientes, falta de calibraciones y hasta una mala ejecución del mantenimiento, todo en conjunto se relaciona de manera profunda y provoca el constante funcionamiento a plena carga de los equipos volviendo crítico el cambio de aceite de forma temprana.

Luego el paso previo a realizar cambios fue identificar los riesgos y beneficios que presenta la extensión de la vida útil del lubricante o dicho de otra manera, la factibilidad de eliminar la PM250 del plan preventivo para camiones Komatsu con motor MTU. En este proceso, se analiza y estudia en conjunto con el área técnica, monitoreo de condiciones y confiabilidad todos los riesgos asociados priorizando la seguridad de los operadores y camiones, además de la disponibilidad de los camiones.

Ya con los riesgos y beneficios identificados, la situación actual de mantenimiento analizada y el ciclo de vida del lubricante estudiado, la determinación de un nuevo plan de mantenimiento preventivo basado en el monitoreo de condiciones es posible. Reuniones con cada área, con los asesores de Komatsu y de los motores MTU permiten concluir la factibilidad de eliminar la PM250 cumpliendo los requisitos necesarios, modificando las pautas de la detención a las 500 horas, invirtiendo en elementos que aseguren la calidad del lubricante hasta las 500 horas y implementando una mejora en el monitoreo de condiciones en tiempo real.

Simulando un nuevo plan, los gastos por ciclo de cada camión del caso de estudio disminuyen en más de 6.000 USD, también es importante notar la cantidad de tareas que podrán efectuar los técnicos en los tiempos liberados por la PM250, las naves disponibles en taller, la producción adicional debido al aumento de más de un 1,5% en la disponibilidad, entre otros beneficios. Con los cambios propuestos y la rigurosidad en el plan se lograría mitigar los riesgos asociados a la extensión de la vida útil del lubricante.

Finalmente, la implementación del proyecto se vuelve inviable por la contingencia nacional, donde el Covid 19 merma la dotación de personal en faena semana a semana y no permite tener seguridad de los trabajos a realizarse, sin embargo ya se implementaron las nuevas pautas de trabajo mecánicas y eléctricas en la PM500, donde se disminuyeron las horas invertidas y se especificó medidas, presiones y herramientas a utilizar para una mejor calidad del trabajo.

13. Recomendaciones.

Mirando a futuro y viendo como avanza el desarrollo tecnológico en la industria minera, se pueden observar distintas oportunidades de mejora, además de algunas recomendaciones para continuar este estudio.

En primer lugar, hay que destacar la importancia de la información al instante y en línea, específicamente del estado de los motores y componentes, es necesario realizar este mismo estudio con las tecnologías de monitoreo disponibles en camiones con motor MTU, dentro de los cuales sería satisfactorio agregar a la flota TEREX.

Otro punto por revisar es la información histórica disponible, en muchos casos la información es escasa y como base para un estudio futuro la recomendación principal es formar registro o bases de datos confiables de la mayoría de las variables involucradas.

Continuando con la misión de este proyecto, el análisis de otros sistemas como el de admisión y escape que es crítico para el equipo, puede que logre un nivel de mejora importante para aumentar la disponibilidad, seguridad o vida útil de los componentes.

14. Referencias

- [1] s-oil, «s-oil,» [En línea]. Available: <http://www.s-oil7.com/esp/knowledge/basic/history.jsp>.
- [2] O. o. I. Technologies, «Evolutionary and revolutionary technologies for mining,» Washington D.C., 2002.
- [3] International Copper Association (ICA), «Impacto social y económico de la minería en Chile,» 2018.
- [4] S. G. m. ingelligence, 2017. [En línea]. Available: <https://pages.marketintelligence.spglobal.com/global-copper-production-jumps-more-than-5-percent-in-2016-MS.html>.
- [5] Cochilco, «Identificación de insumos críticos para el desarrollo de la minería en Chile,» 2014.
- [6] cochilco. [En línea]. Available: <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Bases%20de%20Datos/Precio-de-los-Metales.aspx>.
- [7] o. minero, «Principales avances de los últimos cinco años en la industria minera en Chile,» 2016. [En línea]. Available: <https://outletminero.org/principales-avances-de-los-ultimos-cinco-anos-en-la-industria-minera-en-chile/>.
- [8] L. R. Rudnick, «Distintos tipos de aceites lubricantes de motor y sus diferencias,» de *Synthetics, Mineral Oils, and Bio-Based Lubricants: Chemistry and Technology Comparison to mineral oils*, 2020, p. [chapter 1.4.1.2].
- [9] Santolube. [En línea]. Available: <http://www.santolubes.com/products/uhe-synthetic-oil/>.
- [10] C. M. Zaldívar, «Historia Compañía Minera Zaldívar,» [En línea]. Available: <http://web.minerazaldivar.cl/quienes-somos/historia/>.
- [11] Minera Zaldívar, «Proceso productivo,» [En línea]. Available: <https://web.minerazaldivar.cl/que-hacemos/mercado/proceso-productivo/>.
- [12] autobild, «Cuáles son las piezas más importantes del motor,» [En línea]. Available: <https://www.autobild.es/practicos/cuales-son-piezas-motor-coche-494409>.
- [13] nauticexpo. [En línea]. Available: <https://www.nauticexpo.es/prod/mtu/product-31379-560447.html>.
- [14] A. J. Pistarelli, «Mantenimiento en ingeniería,» de *Manual de mantenimiento, ingeniería, gestión y organización.*, Buenos Aires, 2010.
- [15] «Mantenimiento correctivo,» [En línea]. Available:

<http://www.mantenimientopetroquimica.com/mantenimientocorrectivopetroquimica.html>.

- [16] N. S. Briones, « Desarrollo de Modelo Weibull-PHM para el análisis de confiabilidad condicional y vida remanente esperada en inversores fotovoltaicos.,» [2019].
- [17] «Sector electricidad,» [En línea]. Available: <http://www.sectorelectricidad.com/31942/la-importancia-de-la-curva-bath-tub/>.
- [18] Noria México, [En línea]. Available: <https://noria.mx/lublearn/usando-el-analisis-de-lubricante-programado-para-deteccion-temprana-en-mantenimiento-predictivo-2/>.
- [19] U. Central, «Manual Técnico del Aceite,» Santiago, 2010.
- [20] W. M. & M. P. V. Needelman, «. Review of Lubricant Contamination and Diesel Engine Wear.,» SAE Technical Paper Series, 1988.
- [21] Redalyc, «Pasos del RCM,» [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html>.
- [22] V. I. K. a. S. L. I. K A Safronchuk, «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,» de *Mobile lubrication and filling units to reduce mining machines and*, St. Petersburg, 2019.
- [23] Móbil, «Aceite Mobil One 5W-40,» [En línea]. Available: <https://www.mobil.com/es-es/passenger-vehicle-lube/pds/gl-xx-mobil-1-5w40>.
- [24] M. B. A. B. C. A. WILLIAM OLARTE C., «Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria,» 2010.

15. Anexos.

En esta sección se encuentran las pautas de mantenimiento propuestas (sólo falta por implementar la pauta de motor diesel MTU) para la PM500 en camiones Komatsu con motor MTU.

Anexo 1.

En la siguiente figura se observa la pauta de motor Diesel 500 horas.

Tarea N°	Sistema/Componente	Tarea de mantenimiento	Duración min	Límite aceptable	Estado B: buena R: regular M: deficiente	Valor Actual
MOTOR MTU						
1	SISTEMA ELÉCTRICO MOTOR MTU	1.- CHEQUEAR CÓDIGOS DDEC CON DDDL, BORRAR CÓDIGOS 2.- REGISTRAR HOROMETRO Y GALONAJE MOTOR	12			
2	SISTEMA ADMISIÓN Y ESCAPE	REVISAR CONDICIÓN DE TENSORES DE ESCAPE Y ADMISIÓN	15			
3		CHEQUEO DE TAPONES DE CAJAS CICLÓNICAS				
4		CHEQUEO DE GOMAS DE TURBO (DE CARGA Y UNIÓN TURBODUCTOS)				
5		CAMBIO FILTROS DE AIRE Y DECANTAR TAZONES				
6		REVISAR/LIMPIAR ACUSE TES DE CODOS DE MÚLTIPLES DE AIRE				
7	SISTEMA DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR: 1.- CAMBIAR FILTROS SECUNDARIOS DE COMBUSTIBLE. 2.- CAMBIAR FILTRO PRO-40 (SEPARADOR DE AGUA)	13			
8	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	TOMAR MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR CAMBIAR: CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR.	120			
9		1.-LAVAR CENTRIFUGO Y CAMBIAR PAPEL 2.- MEDIR ESPEJOR DEL FILTRO CENTRIFUGO 3.- REVISAR BUJER Y EL GIRO DEL ROTOR DEL CENTRIFUGO	10			
10	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	1.- REVISAR/LIMPIAR ACUSE TE BOMBA DE REFRIGERANTE PRINCIPAL 2.-REVISAR/LIMPIAR ACUSETE BOMBA DE REFRIGERANTE INTERCOOLER	6			
11	SISTEMA DE COMBUSTIBLE	1.- REVISAR/LIMPIAR ACUSETE BOMBA DE ALTA PRESIÓN DE COMBUSTIBLE 2.- REVISAR/LIMPIAR ACUSETE BOMBA DE BAJA PRESIÓN DE COMBUSTIBLE. 3.- CHEQUEAR PERNOS DE ANCLAJE BOMBA DE ALTA PRESIÓN DE COMBUSTIBLE 4.-CHEQUEAR ROCE DE ARNÉS CON CANERÍA DE RETORNO DE COMBUSTIBLE	15			
12	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	REVISAR POSICIONAMIENTO Y ROCES DE MANGUERAS DE ACEITE DE	4			
13	SISTEMA FRAME MOTOR DIÉSEL	REVISAR POR FUGAS DE ACEITE EN: 1.- CARCASA DELANTERA Y TRASERA 2.- DÁMPER 3.- CARTER 4.- TAPA DE LLENADO 5.- TAPA DE CENTRIFUGO 6.- MANDOS DE A/C Y ALTERNADOR DE 24V 7.- TAPAS DE INSPECCIÓN 1A 2A 3A 4A 5A 6A 7A 8A 8.- TAPAS DE INSPECCIÓN 1B 2B 3B 4B 5B 6B 7B 8B 9.- TAPAS DE VÁLVULAS 1A 2A 3A 4A 5A 6A 7A 8A 10.- TAPAS DE VÁLVULAS 1B 2B 3B 4B 5B 6B 7B 8B 11.- CANISTER (RESPIRADERO) 12.- RETORNOS DE TURBOS	20			
14		REVISAR POR FUGAS DE AGUA EN: 1.- CULATA 2.- CAÑOS 3.- DESAIRE 4.- CHEQUEO PERNOS ALTERNADOR PRINCIPAL 5.- INSPECCIONAR SUBFRAME 6.- INSPECCIONAR SOPORTES DELANTEROS 7.- INSPECCIONAR SOPORTES TRASEROS	8			

15	SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE	REVISAR POR FUGAS DE GASES EN: 1.- "Y" DE ESCAPE 2.- EMPAQUETADURA DE BASES DE TURBOS 3.- SEGMENTO DE ESCAPE 4.- DUCTOS DE ESCAPE 5.- CARACOL DE ADMISIÓN GIRADO 6.- PERNO BRACKET		20					
		EQUIPO DETENIDO	MOTOR MTU				6	1	6
Puesto Trabajo		Empresa Ejec	Fecha Real Inicio	Hora	Fecha Real Fin		Hora Real Fin		
Tarea Nº	Sistema/Componente	Tarea de mantenimiento			Duración min	Límite aceptable	Estado B: Duración R: en puntos M: defectos min		Valor Actual
MOTOR MTU									
16	SISTEMA DE COMBUSTIBLE	REVISAR POR FUGAS DE COMBUSTIBLE EN: 1.- BOMBA DE TRANSFERENCIA (POR ACUSETE) 2.- BOMBA DE ALTA (POR ACUSETE) 3.- PLACA DE ECM 4.- COMMON RAIL LADO A RETORNO VÁLVULA LADO B TAPÓN 5.- CAÑERÍAS DE ALTA 1A 2A 3A 4A 5A 6A 7A 8A 6.- CAÑERÍAS DE ALTA 1B 2B 3B 4B 5B 6B 7B 8B 7.- CAÑERÍAS DE RETORNO 1A 2A 3A 4A 5A 6A 7A 8A 8.- CAÑERÍAS DE RETORNO 1B 2B 3B 4B 5B 6B 7B 8B			15				
17	ROCKFORD	REVISAR: 1.- ESTADO DE CORREA DE ROCKFORD. 2.- QUE EL ROCK ESTÉ CONECTADO			6				
18	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	1.- SACAR MUESTRA DE REFRIGERANTE							
19		CHEQUEAR POR FUGAS: 1.- BOMBA DE INTERCOOLER (POR ACUSETE) 2.- BOMBA DE REFRIGERACIÓN DE MOTOR (POR ACUSETE) 3.- SEG DE MANFOLD DE AGUA 1A 2A 3A 4A 4.- SEG DE MANFOLD DE AGUA 1B 2B 3B 4B			10				
20	SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE	REVISAR: 1.- GOMAS DE UNIÓN DE TURBOS. DD, DI, TD, TI. 2.- ABRAZADERAS A TOPE 3.- TAPA DE INTERCOOLER POR FISURAS Y DEFORMACIONES.			15				
21	SISTEMA ELÉCTRICO MOTOR MTU	REVISAR POR ROCES: 1.- ARNÉS DE POTENCIA CON CAÑERÍA DE RETORNO DE COMMON RIEL 2.- ARNÉS DE POTENCIA CON ARRANQUE NEUMÁTICO 3.- ARNÉS DE INYECTORES CON SECTOR INFERIOR DE BOMBA REFRIGERACIÓN PRINCIPAL 4.- ARNÉS DE SENSORES E INYECTORES CON CABEZAL SECUNDARIO DE COMB. 5.- ARNÉS DE SENSORES CON DÁMPER 6.- INSPECCIÓN DE CARBONES GROUNDING			25				
22	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	REVISAR POR ROCES DUCTOS DE ENTRADA Y SALIDA DE RADIADOR DE REFRIGERANTE PRINCIPAL			3				
23	SIGNOS VITALES	PDM 250 SIGNOS VIT SNAP SHOP MTU			60				

Anexo 2.

En la siguiente figura se observa la pauta eléctrica para 500 horas de los equipos en estudio.

		PAUTA DE MANTENIMIENTO GERENCIA DE MANTENIMIENTO				OT: RCM830E1ACE500		
Frec.	500 H	PM 500 H MANT ELECT CAMION 830E-1AC				Pauta Rev. 00		
ÁREA/PROCESO		Condición	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO		UBICACIÓN TÉCNICA	Durac. (H)	N° Pers.	HH
MINA			CAMION KOMATSU 830E 1AC			5,0	2	11,7
Puesto Trabajo		Empresa Ejec	Fecha Real Inicio	Hora Real Inicio	Fecha Real Fin	Hora Real Fin		
MINELE02								
Tarea N°	Sistema/ Componente	Tarea de mantenimiento			Duración min	Límite aceptable	Estado B: bueno R: regular M: deficiente	Valor Actual
SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA								
1	SEGURIDAD	REALIZAR DOCUMENTACION DE INICIO DE TRABAJO.			10			
2	EQUIPO	REVISAR BITACORA DEL OPERADOR Y VERIFICAR ANOMALIAS.			5			
3	SEGURIDAD	POSICIONAR EQUIPO EN LOZA DE SOPLADO, ACUÑAR.			10			
4	MOTOR DE TRACCIÓN IZQUIERDO	RETIRE LA TAPA DEL MOTOR DE TRACCION, CON EL MOTOR DIESEL DETENIDO, LUEGO ACELERE MOTOR DIESEL A 1650 RPM Y SOPLA CON AIRE SECO A 90 PSI EL INTERIOR DEL MOTOR.			5			
5	EJE TRASERO (ESCOTILLA)	ABRA LA TAPA DEL EJE TRASERO Y SOPLA EL INTERIOR DE LA CAJA DE AIRE.			10			
6	MOTOR DE TRACCION DERECHO	RETIRE LA TAPA DEL MOTOR DE TRACCION, CON EL MOTOR DIESEL DETENIDO, LUEGO ACELERE MOTOR DIESEL A 1650 RPM Y SOPLA CON AIRE SECO A 90 PSI EL INTERIOR DEL MOTOR.			5			
7	ALTERNADOR PRINCIPAL	RETIRE TAPAS DEL ALTERNADOR,PONGA EN FUNCIONAMIENTO EL MOTOR DIESEL, ACELERE A 1650 RPM Y SOPLA CON AIRE SECO A 90 PSI DE PRESION EL INTERIOR DEL ALTERNADOR.			10			
8	BATERIAS 12V.200 AMPS	RETIRAR TAPA DE PROTECCION DE BATERIAS Y LA CAJA DEL RELE DE PARTIDA. SOPLAR CON AIRE SECO A 30 PSI.			10			
9	CONTACTORES DE RETARDO R.P. Y G.F.	DESTAPE GABINETE DE CONTROL DE CONTACTORES Y RETIRE GUARDA LLAMAS Y SOPLA CON AIRE SECO A 90 PSI DE PRESION.			10			
10	SOPLADOR DE PARRILLA DERECHO	RETIRAR TAPA DE CAJA DE PARRILLAS Y TAPAS DE SOPLADOR DE PARRILLAS , SOPLA ARMADURA Y SECTOR DEL COLECTOR CON AIRE SECO A 90 PSI DE PRESION. - VERIFIQUE BUEN ESTADO DEL COLECTOR.			10			
11	SOPLADOR DE PARRILLA IZQUIERDO	RETIRAR TAPA DE CAJA DE PARRILLAS Y TAPAS DE SOPLADOR DE PARRILLAS , SOPLA ARMADURA Y SECTOR DEL COLECTOR CON AIRE SECO A 90 PSI DE PRESION. - VERIFIQUE BUEN ESTADO DEL COLECTOR.			10			
12	CONTACTORES G.F.R.	SOPLAR GABINETE CON AIRE SECO A 30 PSI DE PRESION. SIN APLICAR LA PRESION AL PANEL INVERTEX			10			

13	TOLVA	LEVANTAR TOLVA, LENTAMENTE, ASEGURARSE QUE ESTE SIN CARGA, HASTA QUE SE DETENGA SOLA ANTES DE GOLPEAR. SI ESTO NO OCURRE VERIFICAR SWITCH DE CORTE. DEBE EXISTIR 13 MM DE SEPARACION ENTRE PLACA Y SWITCH. (SOLO CAMION CON SWITCH MAGNETICO)	10			
14	EQUIPO	INGRESO EQUIPO A NAVE ASIGNADA	10			
15	SISTEMA DE ENGRASE	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO SISTEMA DE ENGRASE, ACTIVANDOLO ELECTRICAMENTE EN EL PANEL ACTIA EN CABINA.	10			
16	LUCES	REVISAR LUCES DE ESTACIONAMIENTO, LUCES BAJAS, LUCES ALTAS, LUCES DE ESCALAS, LUCES DE TROCHA DELANTERAS, LUCES DE TROCHA TRASERAS, LUCES EMERGENCIA TRASERAS, LUCES INTERMITENTES TRASERAS, LUCES DE RETROCESO TRASERAS. (2 BLANCAS), LUCES DE RETARDO. (2 AMARILLAS), LUCES DE FRENO. (2 ROJAS), LUZ INTERIOR DE ESCOTILLA.	10			
17	PARADA DE EMERGENCIA	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DE PARADA DE EMERGENCIA DE CABINA Y NIVEL DE PISO. DEJAR OPERATIVA.	10			
18	ACUMULADORES	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DESCARGA DE ACUMULADORES. APAGANDO MOTOR DIESEL.	5			
19	EJE TRASERO (ESCOTILLA)	ABRA LA TAPA DEL EJE TRASERO REVISAR ESTADO DE LA TAPA, SELLO EL PESTILLO Y QUE TENGA UN CIERRE FIRME.	10			
20	MOTOR DE TRACCIÓN IZQUIERDO	REVISAR VISUALMENTE POR LA EXISTENCIA DE FUGAS PROVENIENTES DEL SISTEMA DE FRENOS O INTERIOR DEL MT. PONGA LA TAPA DEL MOTOR DE TRACCIÓN.	5			
21	MOTOR DE TRACCIÓN IZQUIERDO	REVISAR CABLES TRIFASICOS POR APRIETE Y DECOLORACION DEL MT.	5			
22	MOTOR DE TRACCIÓN IZQUIERDO	LIMPIAR Y REVISAR APRIETE DE CONECCION EN EL SENSOR DE VELOCIDAD DE MT.	5			
23	MOTOR DE TRACCION DERECHO	REVISAR CABLES TRIFASICOS POR APRIETE Y DECOLORACION DEL MT.	5			
24	MOTOR DE TRACCION DERECHO	LIMPIAR Y REVISAR APRIETE DE CONECCION EN EL SENSOR DE VELOCIDAD DE MT.	5			
25	ALTERNADOR PRINCIPAL	INSPECCION VISUAL DE CARBONES Y PICKUP MAGNETICO.	10			
26	ALTERNADOR PRINCIPAL	REVISAR QUE LOS ANILLOS DEL ALTERNADOR NO ESTEN SUELTOS.	5			

27	ALTERNADOR PRINCIPAL	REVISAR VISUALMENTE BARRAS Y CABLES DE CONECCION EN EL INTERIOR DEL ALTERNADOR.	5			
28	ALTERNADOR PRINCIPAL	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE ALARMA DEL SOPLADOR DEL ALTERNADOR Y PRESION DENTRO DE EJE TRASERO.	5			
29	ALTERNADOR PRINCIPAL	REVISAR CONDICION DE AISLACION DE LOS CABLES TERCARIOS, SALIDA TRIFASICA Y CAMPO DEL ALTERNADOR.. ASEGURAR LA PRESENCIA DE LA TAPA PROTECTORA.	10			
30	ALTERNADOR PRINCIPAL	REVISAR UNIONES Y FUELLES DESDE EL SCOOP HASTA EL ALTERNADOR.	5			
31	ALTERNADOR PRINCIPAL	REVISAR ESTADO DE LAS TAPAS DEL ALTERNADOR, SUS PESTILLOS Y SELLOS. ASEGURARSE QUE TENGAN UN CIERRE FIRME.	5			
32	ALTERNADOR PRINCIPAL	REVISAR CABLE DE SENSOR DE VELOCIDAD DEL ALTERNADOR PRINCIPAL.	5			
33	ALTERNADOR PRINCIPAL	REVISAR ABRAZADERAS Y RASGADURAS DE FUELLE DE REFRIGERACION A LOS MT.	5			
34	SISTEMA DE PARTIDA	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE TIMER Y MOTOR PRE LUB.	10			
35	ALTERNADOR 24VOLTS	CHEQUEO DE CONDICION DE CORREA. VERIFICAR QUE RODILLO AUTO TENSOR SE ENCUENTRE ALINEADO A LA CORREA. REVISAR PERNOS DE ANCLAJE DE ALTERNADOR 24 VOLT.	10			
36	ESTANQUE DE COMBUSTIBLE	REVISAR ESTADO DEL MEDIDOR DE NIVEL DE COMBUSTIBLE EN EL ESTANQUE Y COMPARAR CON EL MEDIDOR DE LA CABINA. (DEBEN TENER LA MISMA MEDIDA)	10			
37	BATERIAS 12V.200 AMPS	RETIRAR TAPA DE PROTECCION DE BATERIAS. REVISAR CARGA DE LA BATERIA CON INSTRUMENTO. (ANALIZADOR DE CARGA), ANOTAR VALOR.	10			
38	BATERIAS 12V.200 AMPS	REAPRETAR TERMINALES DE BATERIAS Y VERIFICAR AISLACION DE CABLES DE BATERIAS CON RESPECTO AL CANTO VIVO DE LA CAJA DE BATERIAS (GOMA DE AISLACION)	10			
39	BATERIAS 12V.200 AMPS	VERIFICAR BUEN FUNCIONAMIENTO DE PALANCAS INTERRUPTORAS DE LA CAJA DE BATERIAS. TANTO ABRIENDO COMO CERRANDO CIRCUITO.	5			
40	BATERIAS 12V.200 AMPS	INSTALAR TAPA DE PROTECCION DE BATERIAS CON SUS CUATRO CONJUNTOS DE TUERCAS Y GOLILLAS.	10			

Tarea N°	Sistema/ Componente	Tarea de mantenimiento	Duración min	Límite aceptable	Estado B: bueno R: regular M: deficiente	Valor Actual
SISTEMA ELECTRICICO DE POTENCIA						
41	BATERIAS	REVISAR VOLTIMETRO DE CABINA.	5			
42	SOPLADOR DE PARRILLA DERECHO	REALIZAR CHEQUEO DE CARBONES EN SOPLADOR, LA MEDIDA MINIMA ES DE 30 MM, CUALQUIER MEDIDA BAJO ESTO DEBEN CAMBIARSE, ADEMAS EN FORMA MANUAL VERIFICAR TENSION DE LOS RESORTES DE LOS CARBONES Y REVISAR EL LIBRE DESPLAZAMIENTO DEL CARBON.	15			
43	SOPLADOR DE PARRILLA IZQUIERDO	REALIZAR CHEQUEO DE CARBONES EN SOPLADOR, LA MEDIDA MINIMA ES DE 30 MM, CUALQUIER MEDIDA BAJO ESTO DEBEN CAMBIARSE, , ADEMAS EN FORMA MANUAL VERIFICAR TENSION DE LOS RESORTES DE LOS CARBONES Y REVISAR EL LIBRE DESPLAZAMIENTO DEL CARBON.	15			
44	SOPLADOR DE PARRILLA DERECHO	REVISAR ESTADO DE ALABES Y SELLOS SEPARADORES DE AMORTIGUACION EN SOPLADOR.	5			
45	SOPLADOR DE PARRILLA IZQUIERDO	REVISAR ESTADO DE ALABES Y SELLOS SEPARADORES DE AMORTIGUACION EN SOPLADOR.	5			
46	SOPLADOR DE PARRILLA IZQUIERDO	VERIFICAR EL BUEN ESTADO DE LOS AMORTIGUADORES DE GOMA DEL SOPLADOR. VERIFICAR QUE LA ESTRUCTURA Y SOPORTE DE LOS SOPLADORES ESTE EN BUENAS CONDICIONES.	10			
47	SOPLADOR DE PARRILLA DERECHO	VERIFICAR EL BUEN ESTADO DE LOS AMORTIGUADORES DE GOMA DEL SOPLADOR.. VERIFICAR QUE LA ESTRUCTURA Y SOPORTE DE LOS SOPLADORES ESTE EN BUENAS CONDICIONES.	10			
48	SOPLADOR DE PARRILLA DERECHO	VERIFIQUE BUEN ESTADO DE LAS TAPAS DE LOS SOPLADORES Y DE SUS PESTILLOS. ASEGURAR QUE TENGAN UN CIERRE FIRME. EN SOPLADOR.	3			
49	SOPLADOR DE PARRILLA IZQUIERDO	VERIFIQUE BUEN ESTADO DE LAS TAPAS DE LOS SOPLADORES Y DE SUS PESTILLOS. ASEGURAR QUE TENGAN UN CIERRE FIRME. EN SOPLADOR.	3			
50	GABINETE DE CONTROL	REVISAR ESTADO DE LAS PUERTAS DE LOS GABINETES, SUS PESTILLOS Y EL SELLADO.	5			
51	GABINETE DE CONTROL	VERIFICAR MEDIANTE INSPECCION VISUAL APRIETE DE LOS PERNOS (MARCAS DE TORQUE) DE LAS BARRAS Y SU DECOLORACION, DENTRO DEL GABINETE ELECTRICICO.	20			
52	GABINETE DE CONTROL	VERIFICAR VISUALMENTE FISURAS EN BARRAS BAR BUS.	5			

Tarea N°	Sistema/ Componente	Tarea de mantenimiento	Duración min	Límite aceptable	Estado B: bueno R: regular M: deficiente	Valor Actual
SISTEMA ELECTRICICO DE POTENCIA						
53	GABINETE DE CONTROL	REVISAR AISLADORES Y FUENTES DE CONECCION, APRIETE DE LOS PERNOS Y ESTADO DE LOS COMPONENTES, EN EL GABINETE DE CONTROL.	10			
54	GABINETE DE CONTROL	SOPLAR TARJETAS DE FIBRA OPTICA (EXTERNAMENTE), REALIZAR LIMPIEZA CON AIRE COMPRIMIDO O ENVASADO.	10			
55	GABINETE DE CONTROL	LIMPIAR CONECTORES DE FUENTE DE INVERSORES. (UTILIZAR LIMPIADOR DE CONTACTO)	10			
56	GABINETE DE CONTROL	CHEQUEAR FUNCIONAMIENTO DE INDICADOR DE BARRA LINK ENERGIZADO DE NO FUNCIONAR REPONER INMEDIATAMENTE.	5			
57	GABINETE DE CONTROL	LIMPIAR CONECTORES DE MODULO VAMM. (UTILIZAR LIMPIADOR DE CONTACTO)	10			
58	GABINETE DE CONTROL	REVISAR APRIETE DE MODULOS LEMM.	15			
59	GABINETE DE CONTROL	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE LUCES DE LOS GABINETES. (REPARAR SI FUESE NECESARIO)	10			
60	CONTACTORES DE RETARDO R.P	REVISAR APRIETE DE TUERCAS DE TERMINALES DE INTERLOCK Y BOBINAS DE CONTACTORES.	15			
61	CONTACTORES DE RETARDO R.P	REVISAR SEPARADOR DE ARCO EN CONTACTORES.	5			
62	CONTACTORES DE RETARDO R.P	CAMBIAR TODOS LOS TIPS DE CONTACTORES DE RETARDO Y VERIFICAR EL CORRECTO ASENTAMIENTO. (JGO CONTACTO;KOMATSU;GE1075 - N/P 11111374 x 02)	60			
63	CONTACTORES G.F.	EVALUACION DE ESTADO DE RESORTE, ACCIONAMIENTO DE MANDIBULA MOVIL Y REVISIÓN DEL JUEGO.	10			
64	CONTACTORES G.F.	CAMBIAR TIPS DEL CONTACTORES GF. 12002258 x 01 - JGO CONTACTOR RETARDO;KOMATSU;PB6137	30			
65	SISTEMA DE CONTROL	REALIZAR LIMPIEZA DE CONTACTOS DE CPR. (UTILIZAR LIMPIADOR DE CONTACTO)	5			
66	SISTEMA DE CONTROL	REALIZAR LIMPIEZA DE CONTACTOS DE GPR. (UTILIZAR LIMPIADOR DE CONTACTO)	5			
67	CABINA	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DE INSTRUMENTOS DEL PANEL DE CABINA.	5			
68	CABINA	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DE MEDIDORES DE TEMPERATURA.	2			

Tarea N°	Sistema/ Componente	Tarea de mantenimiento	Duración min	Límite aceptable	Estado B: bueno R: regular M: deficiente	Valor Actual
SISTEMA ELECTRICICO DE POTENCIA						
69	TARJETA CPU	INGRESAR AL DSC (CPU) CON COMPUTADOR AL TERATERM Y VERIFIQUE EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA Y REALIZAR LA DESCARGA DE TODOS LOS DATOS (UTILIZAR PENDRIVE), OBTENER LOS VALORES DE VELOCIDADES A QUE ESTA TARADO EL CAMION. (PARAMETROS DE VELOCIDAD CARGADO Y DESCARGADO 27MPH, EQUIPO SOBRECARGADO 15 MPH, REVERSA A 7,5 MPH)	20			
70	PLM	DESCARGAR DATOS DE PAYLOAD METER	5			
71	PLM	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE LUCES Y SCOREBOARD	5			
72	PLM	CALIBRACION DEL INCLINOMETRO Y PLM.	30			
73	NAVE	ASEO A NAVE, LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS.	10			
74	ADMINISTRATIVO	NOTIFICACION Y GENERACIÓN DE AVISOS EN SAP	10			

Anexo 3.

Pauta mecánica para el mantenimiento a las 500 horas.

		PAUTA DE MANTENIMIENTO GERENCIA DE MANTENIMIENTO				OT:		
						RCM8301ACM500		
Frec.	500 H	500H,PAUTA MEC. MANT. MEC CAMION KOMATSU 830E 1AC				Pauta Rev. 00		
ÁREA/PROCESO		Condición	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO		UBICACIÓN TÉCNICA	Durac. (H)	Nº Pers.	HH
MINA		ED	CAMION 830E 1AC			9,5	1	9,45
Puesto Trabajo		Empresa Ejec	Fecha Real Inicio	Hora Real Inicio	Fecha Real Fin	Hora Real Fin		
MINMEC02								
Tarea Nº	Sistema/ Componente	Tarea de mantenimiento			Duración min	Límite aceptable	Estado B: bueno R: regular M: deficiente	Valor Actual
830E-CHA8301AC								
1	SEGURIDAD	REALIZAR DOCUMENTACION DE INICIO DE TRABAJO.			10			
2	EQUIPO	REVISAR BITACORA DEL OPERADOR Y VERIFICAR ANOMALIAS.			5			
1	EQUIPO	LAVADO DEL EQUIPO			60			
2	MUESTRAS DE ACEITE	TOMAR MUESTRAS DE ACEITE DE TODOS LOS SISTEMAS. 2 MUESTRAS DE MOTOR DIESEL. 1 MUESTRA DE SISTEMA HIDRAULICO. 1MUESTRA DE CADA MOTOR DE TRACCION. 1 MUESTRA DE CADA MASA.			20			
3	MOTOR DE TRACCION	REVISAR TAPONES MAGNETICO DE LA TAPA DEL PIÑON SOLAR, EN BUSQUEDA DE RESIDUOS METALICOS EN AMBOS MOTORES DE TRACCION. (DEJAR EVIDENCIA FOTOGRAFICA EN SAP)			10			
5	CILINDRO DE DIRECCIÓN	REVISAR VISUALMENTE POR PRESENCIA DE FUGA DE ACEITE LOS CILINDROS DE DIRECCION.			2			
6	CILINDRO DE DIRECCIÓN	REVISAR LA BUENA LUBRICACION EN LAS ROTULAS DE CILINDROS DE DIRECCION Y BARRA DE DIRECCION.			2			
7	CILINDRO DE DIRECCIÓN	REVISAR MANGUERAS HIDRAULICAS Y DE GRASA POR ROCE, ROTURA Y/O PRENSADO EN CILINDROS DE DIRECCION.			2			
8	CILINDRO DE DIRECCIÓN	VERIFICAR JUEGO DE ROTULAS EN CILINDRO DE DIRECCION Y BARRA DE DIRECCION. (INSTALANDO COMPARADOR DE CARTULA Y GO PRO)			30			
10	ACUMULADOR DE DIRECCIÓN	REVISAR PRESION EN ACUMULADOR.1400 PSI REVISAR POR POSIBLE FUGA DE NITROGENO.			15			
11	PASADOR CENTRAL	REVISAR PRESENCIA DE PERNOS CORTADOS DE LA TAPA DEL PASADOR CENTRAL. (CON UN PERNO CORTADO PROGRAMAR A LA BREVEDAD, A DOS SEMANAS CON MAXIMO)			2			
12	PASADOR CENTRAL	REVISAR JUEGO DE ROTULA DEL PASADOR CENTRAL CON MOVIMIENTOS CORTOS DE DIRECCION (CAMION DETENIDO, TOLVA ALZADA, COMPARADOR DE CARATULA Y GO PRO) REVISAR PRESENCIA DE GRASA.			10			
14	BOTAPIEDRAS	REVISAR PRESENCIA DE AMBAS CADENAS Y VERIFICAR EL LARGO.			5			

15	TOLVA	REVISAR PASADORES Y JUEGO LATERAL DE LA TOLVA, PARA ESTO MOVER LA DIRECCION CON MOVIMIENTOS CORTOS. (TOLVA ALZADA Y EQUIPO CON MOTOR DIESEL EN RELENTI) (INSTALANDO COMPARADOR DE CARTULA Y GO PRO)	10			
16	TOLVA	VERIFICAR EXISTENCIA DE FLECHAS CENTRO TOLVA.	3			
17	BARRA ESTABILIZADORA	REVISAR JUEGO DE BARRA ESTABILIZADORA. MOVER LA DIRECCION CON MOVIMIENTOS CORTOS. (TOLVA ALZADA Y EQUIPO CON MOTOR DIESEL EN RELENTI) (INSTALANDO COMPARADOR DE CARTULA Y GO PRO)	5			
19	ALMOHADILLAS	INSPECCION VISUAL DE ESTADO DE LAS ALMOHADILLAS.	5			
20	TOLVA	REVISAR JUEGO DE ROTULAS Y PASADORES DE CILINDROS DE LEVANTE. (TOLVA ALZADA SOBRE LA GUIADE TOLVA EN CHASIS Y MOVER LA DIRECCION CON MOVIMIENTOS CORTOS).	20			
22	DEPOSITO GRASA	RELLENAR DEPOSITO DE GRASA.	20			
22	DEPOSITO GRASA	VERIFICAR EL NIVEL DE ACEITE DEL CARTER DE LA BOMBA DE ENGRASE. (OCUPAR ACEITE 15W40)	5			
22	SISTEMA DE ENGRASE	REVISAR FUNCIONAMIENTO Y VERIFICAR QUE TODOS LOS PUNTOS DE ENGRASE CONTENGAN LA CANTIDAD ADECUADA DE SER NECESARIO REALIZAR ENGRASE MANUAL. INYECTORES TRASEROS 9.7mm Y LOS INYECTORES DELANTEROS 4.6mm (ROTULAS DE DIRECCION, ROTULAS DE CILINDROS DE LEVANTE, SUSPENSIONES TRASERAS Y DELANTERAS)	5			
23	MANGUERAS	REVISAR MANGUERAS (LINEAS) POR ROCE, PROXIMIDAD O CONTACTO CON AREA CALIENTE. SE DEBE ELIMINAR ROCE APLICANDO CANILLERAS Y/O ABRASADERAS QUE EVITEN EL CONTACTO ENTRE SI.	20			
25	BOMBA DE ENGRASE	CHEQUEO DE FUNCIONAMIENTO Y TIEMPO DE ACCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ENGRASE. (DEJAR EN 30 MIN)	5			
26	BOMBA DE ENGRASE	VERIFICAR EN MANOMETRO PRESION DE TRABAJO Y LA PRESION DEL SISTEMA DE ENGRASE EN RIEL TRASERO. (2000 PSI)	5			
26	BOMBA DE ENGRASE	VERIFICAR EN MANOMETRO PRESION DEL MOTOR HIDRAULICO. (325 - 350 PSI)	5			
24	CARDAN	REVISION DEL CARDAN Y ENGRASE MANUAL. (ENGRASAR LOS 4 PUNTOS)	15			
27	MOTOR DE TRACCION	LIMPIAR O CAMBIAR LOS FILTROS DE RESPIRADEROS DE LOS MT	15			
28	MOTOR DE TRACCION	REVISAR SELLADO DE TAPA DE PLANETARIOS EN LOS MT	4			
29	MOTOR DE TRACCION	REVISAR NIVEL DE ACEITE EN AMBOS MOTORES DE TRACCION. (25,4 mm DESDE LA TAPA HASTA LA PARTE SUPERIOR DEL ACEITE)	4			
30	MOTOR DE TRACCION	REVISAR SELLO DE LA TAPA DE NIVEL DE ACEITE DE AMBOS MOTORES DE TRACCION.	4			
31	MOTOR DE TRACCION	LIMPIAR INTERIOR DE ESCOTILLA.	5			
32	ESTANQUE DE COMBUSTIBLE	REVISAR EN BUSQUEDA DE FUGAS DEL ESTANQUE DE COMBUSTIBLE.	5			
33	ESTANQUE DE COMBUSTIBLE	VERIFICAR ESTADO DE MANGUERA Y ACOPLE DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE.	10			

35	ESTANQUE DE COMBUSTIBLE	VERIFICAR VALVULA DE VENTEO, LA PRESENCIA DE LA TAPA DEL ESTANQUE DE COMBUSTIBLE Y SU ESTADO. REVISAR Y LIMPIAR VALVULA FLOTADOR DE ESTANQUE DE COMBUSTIBLE.	15			
36	SUSPENSIÓN DELANTERA	REVISAR VISUALMENTE POR FUGAS DE ACEITE ENTRE EL VASTAGO Y LA BOTELLA EN AMBAS SUSPENSIONES.	2			
38	SUSPENSIÓN DELANTERA	VERIFICAR ALTURA AMBAS SUSPENSIONES (9" LIBRE DE VASTAGO) Y AREA DE TRABAJO DE LA SUSPENSION, DEBE QUEDAR ENTRE 3" A 4" DE VASTAGO LIBRE DE TRABAJO.	10			
39	CALIPER DE FRENOS DELANTEROS	REVISAR VISUALMENTE CALIPER DELANTEROS IZQUIERDO Y DERECHO EN BUSCA DE FUGAS.	10			
40	CALIPER DE FRENOS DELANTEROS	REVISAR ESTADO DE LAS MANGUERAS DEL FRENO DELANTERO IZQUIERDO Y DERECHO.	4			
41	CALIPER DE FRENOS DELANTEROS	REVISAR PRESENCIA Y/O INSTALAR ABRAZADERAS EN CAÑERIAS DE FRENO DELANTERO IZQUIERDO Y DERECHO.	4			
42	PASTILLA DE FRENO DELANTERAS	REVISAR ESPESOR DEL ELEMENTO DE FRICCIÓN DE LA PASTILLA DELANTERA IZQUIERDA Y DERECHA. CAMBIAR PASTILLA CUANDO SEA IGUAL O MENOR A 5MM. (PARA EFECTO DE PROGRAMACION PARA CAMBIO EN PROXIMA MANTENCION DE 500 HORAS, LAS PASTILLAS DELANTERAS, DEBEN TENER COMO MINIMO 8 MM.)	10			
43	MASAS	REVISAR VISUALMENTE LA EXISTENCIA DE FUGA Y EL NIVEL DE ACEITE EN AMBAS MASAS	10			
43	MASAS	REVISAR VISOR DE NIVEL DE ACEITE DE MASAS, (FRACTURAS O FUGAS)	3			
44	ESTANQUE HIDRAULICO	REVISAR POR FUGAS DE ACEITE ESTANQUE HIDRAULICO.	2			
45	ESTANQUE HIDRAULICO	REVISAR NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO. ESTO DEBE APRECIARSE POR LA MIRILLA SUPERIOR. RELLENAR SI ES NECESARIO. (EL NIVEL DEBE ESTAR 3/4 DEL VISOR)	2			
46	ESTANQUE HIDRAULICO	CAMBIAR FILTROS RESPIRADERO DEL ESTANQUE HIDRAULICO. (PB-5555)	5			
47	MANGUERAS HIDRAULICAS	REVISAR ESTADO DE LAS MANGUERAS REVISANDO PRESENCIA DE ROCE O FUGAS Y CONTACTO CON ZONAS CALIENTES.	10			
48	VALVULA DE CARGA Y DESCARGA	EVALUACION VISUAL POR FUGAS VALVULA BLEEDDOWN. REPARAR SI FUESE NECESARIO.	5			
49	VALVULA DE AMPLIFICADORA DE FLUJO	EVALUACION VISUAL POR FUGAS EN VALVULA AMPLIFICADORA DE FLUJO Y SU ALREDEDOR. REPARAR SI FUESE NECESARIO.	5			
50	VALVULA CONTROL DE LEVANTE	EVALUACION VISUAL POR FUGAS EN SECTOR DE VALVULA DE CONTROL LEVANTE Y MULTIPLE DE SOBRE CENTRO.	10			
51	BOMBA DE DIRECCIÓN	EVALUACION VISUAL POR FUGAS DE ACEITE CONJUNTO DE BOMBAS HIDRAULICAS. (LEVANTE Y FRENO)	2			
52	ESTANQUE	EVALUACION VISUAL POR FUGAS EN FILTROS HIDRAULICOS DE ALTA PRESION (DIRECCION Y LEVANTE).	2			
53	CILINDRO DE LEVANTE	CHEQUEO DE CILINDROS DE LEVANTE POR FUGA Y CONDICION DE CROMADO.	5			
54	CILINDRO DE LEVANTE	INSPECCION VISUAL POR PRESENCIA DEL PERNO SEGURO DEL PASADOR. EN LOS CILINDRO DE LEVANTE.	3			
56	CALIPER DE PARQUEO Y FRENOS SERV. TRAS.	REVISAR MANGUERAS POR ROCE, ROTURA O MAL PRENSADO, ADEMAS CONSTATAR PRESENCIA DE ABRAZADERAS DE LAS LINEAS DE FRENO DE MT IZQUIERDO Y DERECHO.	4			

57	PASTILLA DE FRENO TRASEROS	REVISAR FRENOS EN BUSCA DE FUGAS EN MT IZQUIERDO Y DERECHO. REVISAR PASTILLAS TRASERAS IZQUIERDA Y DERECHA. SI EL VALOR ES 8 MM O MENOS CAMBIAR INMEDIATAMENTE. PARA PROGRAMAR, SI EL VALOR SE APROXIMA A 14 MM CAMBIO EN PROXIMA MANTECION.	10			
60	SUSPENSIÓN TRASERA	REVISAR POR PRESENCIA DE FUGA EN VASTAGOS Y EN AMBAS SUSPENSIONES TRASERAS.	5			
61	SUSPENSIÓN TRASERA	VERIFICAR ALTURA (10,6" LIBRE DE VASTAGO) Y AREA DE TRABAJO DE LA SUSPENSION,DEBE QUEDAR ENTRE 3" A 4" DE VASTAGO LIBRE DE TRABAJO EN AMBAS SUSPENSIONES TRASERAS. VERIFICAR PRESIONES DE AMBAS SUSPENSIONES (10,6"@172 PSI). EN CASO QUE ALGUN PARAMETRO ESTE FUERA DE RANGO NORMALIZAR. (PARAMETROS PARA SUSPENSIONES CON VASTAGO INFERIOR) VERIFICAR ALTURA (9,5" LIBRE DE VASTAGO) Y AREA DE TRABAJO DE LA SUSPENSION,DEBE QUEDAR ENTRE 3" A 4" DE VASTAGO LIBRE DE TRABAJO EN AMBAS SUSPENSIONES TRASERAS. VERIFICAR PRESIONES DE AMBAS SUSPENSIONES (9,5"@250 PSI). EN CASO QUE ALGUN PARAMETRO ESTE FUERA DE RANGO NORMALIZAR. (PARAMETROS PARA SUSPENSIONES CON VASTAGO SUPERIOR)	20			
62	SUSPENSIÓN TRASERA	VERIFICAR LUBRICACION Y ESTADO DE LAS ROTULA Y ESPACIADORES. VERIFICAR ESTADO DE MANGUERA CONDUCTORA DE GRASA. EN LAS DOS SUSPENSIONES TRASERAS.	3			
65	SUSPENSIÓN DELANTERA	VERIFICAR ALTURA (9" LIBRE DE VASTAGO) Y AREA DE TRABAJO DE LA SUSPENSION,DEBE QUEDAR ENTRE 3" A 4" DE VASTAGO LIBRE DE TRABAJO EN SUSPENSION DELANTERA. VERIFICAR PRESIONES DE AMBAS SUSPENSIONES (9"@391 PSI) EN CASO QUE ALGUN PARAMETRO ESTE FUERA DE RANGO NORMALIZAR.	20			
67	CAJA FILTRO DE AIRE	REVISAR ESTADO DE LA CAJA DE FILTROS Y BUEN ASENTAMIENTO DE LOS FILTROS CON EL FONDO DE LA CAJA. EN CASO DE ACCIDENTE DEBE SER INFORMADO DE INMEDIATO POR OPERACIONES.	6			
68	CAJA FILTRO DE AIRE	VERIFIQUE ASENTAMIENTO DE DECANTADOR DE POLVO EN CAJA DE CICLONES.	5			
70	RADIADOR	COMPROBAR PRESENCIA Y BUEN ESTADO DE LA TAPA DEL RADIADOR.	3			
71	RADIADOR	REVISAR POR FUGAS Y NIVEL DE REFRIGERANTE EN RADIADOR Y MANGUERAS DE SUCCION.	10			
72	SIST. CONTRA INCENDIO	VERIFICAR EXISTENCIA DE EXTINTORES EN SECTOR DE LA PLATAFORMA. DEBEN EXISTIR TRES. DOS DE CO2 Y UNO (1) DE POLVO QUIMICO.	2			
76	VIDRIOS CABINA	VERIFICAR BUEN ESTADO DE LOS ESPEJOS.	2			
76	CABINA	VERIFICAR CONDICION DE COLUMNA DE DIRECCIÓN, PALANCA DE LEVANTE Y ASIENTO.	5			
77	ACUMULADORES DE FRENOS 1,2 GLS	REVISAR DE PRESION DE NITROGENO 1400 PSI. VERIFICAR FUGAS POR MANIFOLD DE FRENOS.	10			

Anexo 4.

Pauta soldador/estructural a las 500 horas (es igual a la PM250).

		PAUTA DE MANTENIMIENTO GERENCIA DE MANTENIMIENTO				OT:		
Frec.	250 HORAS	INSPECCIÓN ESTRUCTURAL SOLDADOR				Pauta Rev. 00		
AREA / PROCESO		Condición	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO		UBICACIÓN TÉCNICA	Durac. (H)	N° Pers.	HH
MINA			CAMION KOMATSU 830 1AC			1:00	1	1:00
Puesto Trabajo		Empresa Ejec	Fecha Real Inicio	Hora Real Inicio	Fecha Real Fin	Hora Real Fin		
MINSOL02								
Tarea N°	Sistema/ Componente	Tarea de mantenimiento			Duración min	Estado B: bueno R: regular M: deficiente	Descripción	
1	EQUIPO	Realice arte, segregue area y controle el acceso.			10			
2	SUB FRAME	Inspección visual de esquina del marco de vigas soporte de modulo zona trasera del lado derecho del sub frame.			1			
3		Inspección visual de esquina del marco de vigas soporte de modulo zona trasera del lado izquierdo del sub frame.			1			
4		Inspección visual del pasador de soportación trasero del marco del sub frame, lado derecho . Soldaduras de unión por posibles fisuras.			1			
5		Inspección visual del pasador de soportación trasero del marco del sub frame, lado izquierdo . Soldaduras de unión por posibles fisuras			1			
6		Inspección visual de union entre viga separadora y viga del marco del modulo zona central del lado derecho del sub frame. Soldaduras de unión por posibles fisuras.			2			
7		Inspección visual de union entre viga separadora y viga del marco del modulo zona central del lado izquierdo del sub frame. Soldaduras de unión por posibles fisuras.			2			
8		Inspección visual de esquina del marco de vigas soporte de modulo zona delantera del lado derecho del sub frame.			1			
9		Inspección visual de esquina del marco de vigas soporte de modulo zona delantera del lado izquierdo del sub frame.			1			
10		Inspección visual del pasador de soportación delantero del marco del sub frame. Soldaduras de unión por posibles fisuras.			2			
11		Inspección visual de pernos de amarre y o anclaje por posible corte o sultura.			1			
12	PLATAFORMA	Inspección visual de plataforma de soportación de escaleras.			2			
13		Inspección visual de plataforma superior, area de la cabina del operador y gabinete de parrillas (delantera y trasera).			4			
14		Inspección visual de bases de soportación de gabinetes de parrillas, union al piso de la plataforma.			2			
15		Inspección visual de vigas y planchas inferiores de plataforma superior lado derecho . Vigas soporte de piso y ductos.			5			
16		Inspección visual de vigas y planchas inferiores de plataforma superior lado izquierdo . Vigas soporte de piso y ductos.			5			
17		Inspección visual de bases de soportación de plataforma acceso a motor diesel, lado derecho .			1			
18		Inspección visual de bases de soportación de plataforma acceso a motor diesel, lado izquierdo .			2			
19		Inspección visual de pernos de amarre y o anclaje por posible corte o sultura.			1			

20	BARANDAS	Inspección visual de barandas de plataforma acceso a motor diesel, lado derecho .	1		
21		Inspección visual de barandas de plataforma acceso a motor diesel, lado izquierdo .	1		
22		Inspección visual de baranda de la escalera auxiliar de acceso a la plataforma superior. Soldaduras de unión por posibles fisuras.	1		

		PAUTA DE MANTENIMIENTO GERENCIA DE MANTENIMIENTO					OT:		
Frec.	250 HORAS	INSPECCIÓN ESTRUCTURAL SOLDADOR					Pauta Rev. 00		
AREA / PROCESO		Condición	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO		UBICACIÓN TÉCNICA		Durac. (H)	N° Pers.	HH
MINA			CAMION KOMATSU 830 1AC				1:00	1	1:00
Puesto Trabajo		Empresa Ejec	Fecha Real Inicio	Hora Real Inicio	Fecha Real Fin	Hora Real Fin			
MINSOL02									
Tarea N°	Sistema/ Componente	Tarea de mantenimiento			Duración min	Estado B: bueno R: regular M: deficiente	Descripción		
23		Inspección visual de pernos de amarre y o anclaje por posible corte o suelta.			1				
24	ESCALERAS	Inspección visual de base de soportacion de la 1ra. Escalera de acceso a la plataforma superior. Soldaduras de unión por posibles fisuras.			2				
25		Inspección visual de base de soportacion de la 2ra. Escalera de acceso a la plataforma superior. Soldaduras de unión por posibles fisuras.			2				
26		Inspección visual de baranda de la 1ra. Escalera de acceso a la plataforma superior. Soldaduras de unión por posibles fisuras.			2				
27		Inspección visual de baranda de la 2da. Escalera de acceso a la plataforma superior. Soldaduras de unión por posibles fisuras.			2				
28		Inspección visual de base de soportacion de la escalera auxiliar de acceso a la plataforma superior. Soldaduras de unión por posibles fisuras.			2				
29		Inspección visual de pernos de amarre y o anclaje por posible corte o suelta.			1				

Anexo 5.

Pauta aire acondicionado 500 horas.

		PAUTA DE MANTENIMIENTO GERENCIA DE MANTENIMIENTO				OT:			
						RCM830EA500			
Frec.	500 H	500 HORAS SISTEMA AIRE ACONDICIONADO CAMION KOMATSU 830E				Pauta Rev. 00			
ÁREA/PROCESO		Condición	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO		UBICACIÓN TÉCNICA		Durac. (H)	N° Pers.	HH
999		ED	CABINA						
Puesto Trabajo		Empresa Ejec	Fecha Real Inicio	Hora Real Inicio	Fecha Real Fin		Hora Real Fin		
C_CAB_M									
Tarea N°	Sistema/ Componente	Tarea de mantenimiento			Duración min	Límite aceptable	Estado B: bueno R: regular M: deficiente		Valor Actual
830E-XX-CAB830 - CABINA									
CABINA									
1	COMPRESOR CABINA	REVISAR TENSION Y ESTADO CORREA. EL RANGO DE ESTA TENSION DEBE ESTAR ENTRE 8 - 12 KG (Sector Motor)			8				
2	COMPRESOR CABINA	REVISAR ESTADO POLEA Y RODAMIENTO (Sector Motor)			5				
3	COMPRESOR CABINA	REVISAR ESTADO DE CLUNCH COMPRESOR (Sector Motor)			5				
4	COMPRESOR CABINA	CHEQUEAR ALINEACIÓN COMPRESOR (Sector Motor)			5				
5	COMPRESOR CABINA	CHEQUEAR BASE DE COMPRESOR (Sector Motor)			5				
6	COMPRESOR CABINA	DETECTAR FUGAS SELLO COMPRESOR (Sector Motor)			5				
7	COMPRESOR CABINA	DETECTAR FUGAS FITTING 1/2 Y 13/32 (Sector Motor)			5				

8	COMPRESOR CABINA	LIMPIEZA COMPRESOR (Sector Motor)	5			
9	SISTEMA ELECTRICO CABINA 24 VOLT	CHEQUEAR CONEXIONES ELÉCTRICAS BOBINA DE COMPRESOR (Sector Motor)	5			
10	SISTEMA ELECTRICO CABINA 24 VOLT	CHEQUEAR CONEXIONES ELÉCTRICAS PRESOSTATO DE ALTA (Sector Motor)	5			
11	SISTEMA ELECTRICO CABINA 24 VOLT	CHEQUEAR CONEXIONES ELÉCTRICAS PRESOSTATO DE BAJA (Sector Motor)	5			
12	CIRCUITO DE REFRIGERACION	CHEQUEAR LINEA DE SUCCION MANGUERA DE 1/2" Y MEDIR PRESION DE REPOSO (Sector Motor)	5			
13	CIRCUITO DE REFRIGERACION	CHEQUEAR LINEA DE DESCARGA MANGUERA DE 13/32 Y REV PRESION DE REPOSO (Sector Motor).	5			
14	CIRCUITO DE REFRIGERACION	CHEQUEAR LINEA DE LIQUIDO MANGUERA 5/16 (Sector Motor)	5			
15	CIRCUITO DE REFRIGERACION	CHEQUEAR FILTRO SECADOR Y PRESOSTATO (Sector Motor)	5			
16	CONDENSADOR	LIMPIEZA DE CONDENSADOR (Sector Motor)	5			
17	CONDENSADOR	REVISAR ESTADO DE ALETAS - CONDENSADOR (Sector Motor)	5			

18	CONDENSADOR	DETECTAR FUGAS (Sector Motor)	5			
19	SISTEMA ELECTRICO CABINA 24 VOLT	CHEQUEAR CONEXIONES ELÉCTRICAS RESISTENCIA DE 3 VELOCIDADES (Sector Cab)	5			
20	SISTEMA ELECTRICO CABINA 24 VOLT	CHEQUEAR SWITCH ON/OFF (Sector Cab)	5			
21	SISTEMA ELECTRICO CABINA 24 VOLT	CHEQUEAR MOTOR ELÉCTRICO, BUJES (Sector Cab)	15			
22	SISTEMA ELECTRICO CABINA 24 VOLT	ESTADO BLOWER (Sector Cab)	15			
23	SISTEMA DE EVAPORADO	LIMPIEZA DE EVAPORADOR agua/presion (Sector Cab)	5			
24	SISTEMA DE EVAPORADO	LIMPIEZA VALVULA EXPANSIÓN AGUA/PRESION (Sector Cab)	5			
25	SISTEMA DE EVAPORADO	CHEQUEAR TERMOSTATO Y CONEXIONES (Sector Cab)	5			
26	SISTEMA DE EVAPORADO	LIMPIAR DESAGUE (Sector Cab)	5			
27	SISTEMA DE EVAPORADO	REVISAR ESTADO DE ALETAS - EVAPORADOR (Sector Cab)	5			

28	SISTEMA DE EVAPORADO	DETECTAR FUGAS (Sector Cab)	5			
29	CALEFACCION	LIMPIEZA RADIADOR AGUA/PRESION (Sector Cab)	5			
30	CALEFACCION	ESTADO DE DIFUSORES INFERIOR (Sector Cab)	5			
31	CALEFACCION	ESTADO DE DIFUSORES SUPERIOR (Sector Cab)	5			
32	INTERIOR CABINA	ESTADO DE PERILLAS AIREA ACOND./CALEFACCION (Sector Cab)	5			
33	INTERIOR CABINA	ESTADO DE TELECOMANDOS (Sector Cab)	5			
34	INTERIOR CABINA	REVISAR ESTADO DE SWITCH DE 3 VELOCIDADES (Sector Cab)	5			
35	SISTEMA ELECTRICO CABINA 24 VOLT	CHEQUEO DE FUSIBLES, RELE Y CONEXIONES ELECTRICAS (Sector Cab)	15			
36	CALEFACCION	CHEQUEAR MANGUERAS (Sector Motor y Cab)	5			
37	CALEFACCION	CHEQUEAR LLAVE DE PASO (Sector Motor y Cab)	5			

38	CALEFACCION	CHEQUEAR ESTADO ABRAZADERAS CALEFACCION (Sector Motor y Cab)	5			
39	CALEFACCION	DETECTAR FILTRACIONES CALEFACCION (Sector Motor y Cab)	5			
40	Aire acondicionado	PRUEBA DE UNIDAD AIRE ACONDICIONADO- VER PARAMETROS TEMP, PRESION, TENSION, RUIDOS Y FLUJO DE AIRE (Sector Motor y Cab)	20			
41	CIRCUITO DE REFRIGERACION	CHEQUEAR ESTADO DE FITTING 1/2, 13/32, 5/16 (Sector Motor y Cab)	5			
42	CALEFACCION	PRUEBA DE UNIDAD CALEFACCION- VER PARAMETROS DE FLUJO DE AIRE Y TEMPERATURA (Sector Motor y Cab)	10			
43	Vidrios	REVISAR VISUALMENTE ESTADO DE LOS VIDRIOS Y LIMPIAR	5			
44	Asiento	REVISAR ASIENTO, ESTADO DE LUBRICACION, REV SUSPENSION Y CONEXIONES ELECTRICAS.	15			
45	Puertas	BRIR Y CERRAR LA PUERTA RECORRIENDO TODO EL ANGULO DE ABERTURA, REVISAR ESTADO DE BISAGRAS, PASADOR RECTO SIN GOLPE QUE PERMITAN TRABAR SU LIBRE GIRO REV ESTADO CHAPA LUBRICACION Y AJUSTE DE STRICKER.	35			

Anexo 6.

Instructivo para calibración de PLM (Komatsu), solicitar detalle a empresa asociada.

Instructivo Técnico

KOMATSU

KOMATSU				INSTRUCTIVO TÉCNICO			
Código Documento		IT1-015-0514-FC-5A4		Aplicación		CAEX /	
Revisión	2	Fecha de Creación	27-05-2014		Tiempo Estimado de Detención		02 horas
Actividad		Calibración del PLM III (Payload Meter)				Peso Componente	N/A
Personal Estimado Requerido Para la Actividad							
SUPERVISOR		TECNICO		ELECTRICO		OPERADOR	
Riesgos Asociados a la Tarea				Elementos de Protección Personal			
 ALTA TENSION PELIGRO DE MUERTE  ATENCION RIESGO DE ATRAPAMIENTO  RIESGO CAIDA DISTINTO NIVEL  ATENCION VEHICULOS INDUSTRIALES  PELIGRO! RIESGO DE ATROPELLO  PELIGRO! RIESGO DE CAIDAS EN BORDOS MARCOS				    			
 SUSTANCIAS PELIGROSAS  Cautela Atención  Tránsito RIESGO CAIDAS PELIGRO FORTIFICACION  ATENCION  ATENCION LEVANTAR Y BAJAR COSAS CON LAS MANOS AL MISMO NIVEL  PELIGRO! CAIDAS AL MISMO NIVEL				  			

Anexo 7.

Instructivo para carga de nitrógeno y aceite en suspensiones.

Instructivo Técnico

KOMATSU

KOMATSU		INSTRUCTIVO TÉCNICO			
Código Documento		IT1-005-0114-FC-CN2		Aplicación	
				730E / 830E / 830E AC / 930E / 930E-2 / 930E-3 / 930E-3 SE / 930E-4 / 930E-4 SE / 930E-4 AT / 960E-1 / 960E-2 /	
Revisión	4	Fecha de Creación	29-01-2014		Tiempo Estimado de Detención
				04 horas	
Actividad		Carga de Nitrógeno y Llenado de Aceite en Suspensión Delantera.		Peso Componente	N/A
Personal Estimado Requerido Para la Actividad					
SUPERVISORES		TEC. ESPECIALISTA		MECANICO	
				OPERADOR	SEÑALERO
Riesgos Asociados a la Tarea			Elementos de Protección Personal		
 ALTA TENSION PELIGRO DE MUERTE					
 ATENCION ALTA PRESION					
 RIESGO CAIDA DISTINTO NIVEL					
 ATENCION VEHICULOS INDUSTRIALES					
 PELIGRO! RIESGO DE CAIDAS EN BORDOS Y MARCOS					
 SUSTANCIAS PELIGROSAS					
 PELIGRO! Tránsito a alta velocidad					
 PELIGRO! RIESGO DE ATROPELLO					
 ATENCION					
 PELIGRO! CAIDAS AL MISMO NIVEL					

Anexo 8.

Cotización kit filtros auxiliares.



COMPañIA MINERA ZALDIVAR

RUT: 76.485.762-3

Av. Grecia #750

Antofagasta, Antofagasta

Fecha del Presupuesto: 12/05/21

Días de Validez: 15 Días

Medio de Pago: Orden de Compra a 30 Días



Detroit S.A. - Antofagasta

Av. Pedro Aguirre Cerda # 7364

RUT: 81.271.100-8



Johan Jamett V.

Correo: jjv@detroit.cl

Celular: 9 32900142

Telefono: 2 230997

Cotización CV-11951

Tipo de Cambio: USD

N/P	Cod. Ref.	Descripción	Cant.	Valor Unit. Neto	Total Neto	Plazo
1	23540431	KIT FILTRO AUX. 5/4000	1	5.749,70 USD	5.749,70 USD	30 DIAS
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Plazo de Entrega puede extenderse por Agendamiento/Bodega de Consolidación

Sub Total 5.749,70 USD

IVA 1.092,44 USD

Total 6.842,14 USD

La presente cotización sólo comprende los productos y servicios contemplados expresamente en la misma. La facturación se hará en pesos chilenos de acuerdo al tipo de cambio vigente al momento de la facturación, si la cotización es en dólares.

Disponibilidad solo con ventas previas; cotización no reserva stock. Valores Unitario, Netos (La suma de impuestos es al final). Detroit S.A. no asume responsabilidad alguna por retrasos o demora en las entregas, si las mismas se deben a:

A) Caso fortuito/fuerza mayor que afecte los embarques, transporte aéreo o marítimo, trámites aduaneros y transporte a las bodegas de Detroit S.A.

B) Atraso en la entrega por parte del Proveedor, certificado por el mismo.

Los depachos fuera de Antofagasta se generan dentro de 48 hrs desde la facturación.

Andres Huerta C.

Jefe de Ventas y Consignaciones

Detroit S.A. - Sucursal de Antofagasta

Para más información comercial, visita nuestro sitio web: www.detroit.cl o tambien puedes llamara nuestra Mesa Central (56-2) 24408500

