

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PLAN DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE
CAMIONES MINEROS- MINA SHOUGANG”**

**INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO**

BACH. NOEL PAULINO CARRASCO QUISPE

**Callao, Febrero, 2018
PERU**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

ACTA DE EXPOSICIONES DE INFORMES FINALES DEL I CURSO
TALLER: PARA TITULACION POR MODALIDAD DE EXPOSICIÓN
DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Siendo, las 3:55:00 PM del día 23 de marzo del 2018 en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los miembros del jurado Revisor y Evaluador de la Exposición de los Informes Finales del I curso taller: para titulación por modalidad de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional, designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 017-2018-CF-FIME de fecha 07/03/2018, conformado por los siguientes docentes:

Presidente : Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
Secretario : Mg. RUBEN FRANCISCO PEREZ BOLIVAR
Vocal : Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
Suplente : Dr. PABLO MAMANI CALLA

Así mismo, contando con la presencia de la Dra. Ana Mercedes León Zarate - Vicerrectora de investigación de la Universidad nacional del Callao (Supervisora General), Dr. José Hugo Tezén Campos – Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Supervisor de la Facultad) y el Eco. Guillermo Alonso Gallarday Morales Miembro de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Representante de la Comisión de Grados y Títulos).

De acuerdo a lo señalado en el Capítulo X, numeral 10.1 de la Directiva de curso taller: Para titulación por modalidad de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, aprobada por Resolución de Consejo de Facultad N° 130-2017-CF-FIME de fecha 12/10/2017, concordante con la Resolución de Consejo Universitario N° 135-2017-CU de fecha 22/06/2017, y por Resolución de Consejo Universitario N° 309-2017-CU de fecha 24/10/2017.

Se procede con el acto de exposición del Informe de Suficiencia Profesional titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE CAMIONES MINEROS -MINA SHOUGANG"**, presentado por el bachiller **CARRASCO QUISPE, Noel Paulino**, contando con el asesoramiento del **Msc. Ing. ORDOÑEZ CÁRDENAS GUSTAVO**.

Luego de la exposición correspondiente y de absolver las preguntas formuladas por los miembros del Jurado de exposición, se procede a la deliberación en privado respecto a la evaluación.

Este jurado acordó calificar al bachiller **CARRASCO QUISPE, Noel Paulino**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico** por Modalidad de Exposición del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se detalla:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
17 (DIECISITE)	MUY BUENO


Con lo que se da por concluido el acto, siendo las 4:17:00 PM del viernes 23 de marzo del 2018.

En señal de conformidad con lo actuado, firman la presente acta.


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA


Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
PRESIDENTE DEL JURADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA


Dr. RUBEN FRANCISCO PEREZ BOLIVAR
SECRETARIO DEL JURADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA


Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
VOCAL DEL JURADO

DEDICATORIA

A mis padres por enseñarme valores positivos, por su dedicación y sacrificio para tener una educación y hacerme una persona de bien.

A mí querido hijo Fernando y mi esposa Daysi a que son la razón de mi motivación de superación, desarrollo y perseverancia.

AGRADECIMIENTO

A mis hermanos Alex, Marlene y mis sobrinas Jarif, Brihana y Camila por su apoyo y momentos compartidos.

A mis profesores y mi asesor por su enseñanza.

A las empresas, jefes, colegas y amigos que depositaron su confianza en mí para lograr ser un profesional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	6
I. OBJETIVOS	8
1.1 Objetivo General.....	8
1.2 Objetivos Específicos	8
II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN	9
2.1 Reseña Histórica	9
2.2 Declaraciones Estratégicas	10
2.3 Organización de la empresa.....	11
III. ACTIVIDADES DESARROLLADOS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN	13
3.1 Servicios	13
3.2 Principales Clientes	14
IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA..	17
4.1 Descripción del Tema.....	17
4.2 Antecedentes.....	17
4.3 Planteamiento del Problema.....	18
4.4 Justificación	18
4.5 Marco Teórico.....	19
4.5.1 Antecedentes de Estudio	19
4.5.2 Marco Conceptual.....	21
4.5.3 Bases Teóricas	46
4.5.4 Marco Normativo.....	49
4.6 Fases del proyecto	49

4.6.1 FASE I: Levantamiento de información de la flota de camiones CAT 785C.....	54
4.6.2 FASE II: Análisis situacional.....	66
4.6.3 FASE III: Diseño del nuevo plan de mantenimiento preventivo .	69
4.6.4 FASE IV: Implementación del nuevo plan de mantenimiento. ...	84
V. EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA	110
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
6.1 Conclusiones.....	112
6.2 Recomendaciones.....	113
VII. REFERENCIALES	114
VIII. ANEXOS Y PLANOS	116
8.1 Anexos.....	116
8.2 Planos.....	118

LISTA DE FIGURAS

FIGURA N° 01: Organigrama de la Empresa Cosapi Minería S.A.C.	12
FIGURA N° 02: Definición de Mantenimiento	26
FIGURA N° 03: Relación entre los Objetivos de la Organización, el Proceso de Producción y el Mantenimiento	28
FIGURA N° 04: Sistema Típico de Mantenimiento	29
FIGURA N° 05: Tendencias de la Gestión de Mantenimiento	31
FIGURA N° 06: Curva de la Tina de Baño.....	36
FIGURA N° 07: Probabilidad condicional de la Falla contra la edad del Equipo.....	36
FIGURA N° 08: Mantenimiento categoría clase mundial	37
FIGURA N° 09: Camión Minero	42
FIGURA N° 10: Carga de Material a Camión Minero	54
FIGURA N° 11: Sistema de Refrigeración del Motor CAT 3512B-EUI.....	56
FIGURA N° 12: Sistema de Lubricación del Motor CAT 3512B-EUI.....	57
FIGURA N° 13: Integración de Tren de potencia y el Motor	58
FIGURA N° 14: Mecanismo de levante hidráulico del Camión	58
FIGURA N° 15: Sistema de Levante Hidráulico.....	59
FIGURA N° 16: Partes del Sistema de Freno.....	59
FIGURA N° 17: Características generales del camión CAT 785C.....	60
FIGURA N° 18: Dimensiones Generales del Camión CAT 785C.....	61
FIGURA N° 19: Diagrama Causa Efecto de la Flota camión CAT 785C..	68
FIGURA N° 20: Flujograma de Actividades de mantenimiento.....	83
FIGURA N° 21: Tanque de aceite camión CAT 785C.....	86

FIGURA N° 22: Nivel de aceite en el tanque de transmisión	87
FIGURA N° 23: Nivel de aceite en el tanque hidráulico	87
FIGURA N° 24: Nivel de refrigerante camión CAT 785C	88
FIGURA N° 25: Nivel de aceite del diferencial y mandos	88
FIGURA N° 26: Nivel de grasa en el tanque camión CAT 785C.....	89

LISTA DE TABLAS

TABLA N° 01: Flota de Camiones de la empresa Cosapi Minería S.A.C.	55
TABLA N° 02: Información técnica del Camión Minero CAT 785C	61
TABLA N° 03: Tiempos de mantenimiento por cada 20000 Horas	63
TABLA N° 04: Reporte de Estado de Unidades	64
TABLA N° 05: Matriz FODA de Mantenimiento - CAT 785C	67
TABLA N° 06: Mantenimiento a las 250 Horas - CAT 785C	70
TABLA N° 07: Materiales del Mantenimiento a las 250 Horas	71
TABLA N° 08: Mantenimiento a las 500 Horas - CAT 785C	71
TABLA N° 09: Materiales del Mantenimiento a las 500 Horas	73
TABLA N° 10: Mantenimiento a las 1000 Horas - CAT 785C	74
TABLA N° 11: Materiales del Mantenimiento a las 1000 Horas	76
TABLA N° 12: Mantenimiento a las 2000 Horas - CAT 785C	78
TABLA N° 13: Materiales del Mantenimiento a los 2000 Horas	81
TABLA N° 14: Porcentaje de Disponibilidad por Mes	99
TABLA N° 15: Porcentaje de disponibilidad Global	99
TABLA N° 16: Calculo de Costo Inicial en Filtros Originales	100
TABLA N° 17: Calculo de Costo Propuesto en Filtros Alternativos	104
TABLA N° 18: Ahorro Propuesto en Filtros Alternativos	108
TABLA N° 19: Ahorro con la migración de aceite mineral a Sintético en el compartimiento del Motor	108
TABLA N° 20: Ahorro Total en Aceite y Filtros	109
TABLA N° 21: Ahorro Total en Producción por TM	110

INTRODUCCIÓN

La minería como sector primario en nuestro país, es en realidad una de las industrias de producción de carácter fundamental en el desarrollo y crecimiento de nuestra economía, dichas actividades desarrolladas de explotación y extracción de mineral obedecen un plan llamado proceso de producción, en dicho plan se encuentran todas las etapas que se llevan a cabo en la industria minera, una de estas etapas importantísima en la cual se centra el presente informe es el acarreo de mineral, el cual es llevado a cabo por medio de camiones Cat 785C con la capacidad de cargar hasta 150 Ton de mineral, los mencionados camiones que operan en forma continua y en condiciones adversas por parte del entorno de trabajo al que están sometidos, son propensos a sufrir averías debido al desgaste de los componentes viéndose así forzosamente obligada a interrumpir la productividad del proceso producto del cese de trabajo por parte de las unidades, como se sabe cada hora de trabajo del equipo minero se traduce a una cantidad considerable de dinero en otras palabras posee costos de operación altos, para esto la empresa tercerizada Cosapi Minería SAC, que anteriormente poseía un plan de mantenimiento con el cual no se obtenían resultados esperados en su servicio, ahora tendrá una flota de unidades que garanticen su operación, el presente informe de trabajo de suficiencia profesional titulado: **“Implementación de un Nuevo Plan de Mantenimiento Preventivo para la Flota de Camiones Mineros- Mina Shougang”** tiene como finalidad implementar un nuevo plan de mantenimiento preventivo para la flota de camiones mineros CAT 785C que permita mejorar la disponibilidad mecánica y su vida útil garantizando así la productividad del transporte de minerales y desmonte en la Mina SHOUGANG.

Se realizó una recolección de datos y se compacto para su posterior análisis y diagnóstico que nos permitieron tener un reconocimiento de la flota de camiones, posteriormente se usaron herramientas de mejora

continúa capaces de ubicar los puntos débiles en el área. Una vez obtenida esta información, se procedió a diseñar un plan de mantenimiento preventivo capaz de tener un detallado seguimiento del estado en el que se encuentren las unidades, con la finalidad de suplir las observaciones en los puntos críticos. Como parte final de las etapas se logró implementar el plan mencionado capaz de asegurar el servicio de los camiones, para de esta manera evitar el cese en el trabajo de las unidades en un tiempo no conforme con los planeados, en dichas etapas se hicieron un seguimiento a todos los componentes y productos utilizados en el equipo tal es el caso del aceite, filtros de aire, etc. Dichos productos fueron derivados a laboratorios los cuales mostraron el estado en que se encontraban y de esta manera se llegó a conocer en qué condiciones trabajaba el equipo, beneficiando la productividad.

I. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Implementar un nuevo plan de mantenimiento preventivo para la flota de camiones mineros CAT 785C que permita mejorar la disponibilidad mecánica y su vida útil, garantizando así la productividad del transporte de minerales y desmonte en la Mina SHOUGANG.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento de información técnica, que permita analizar y diagnosticar la situación actual del mantenimiento preventivo en la flota de camiones CAT 785C.
- Analizar la situación actual de los trabajos de mantenimiento en los camiones mineros mediante el uso de herramientas de administrativas de mejora continua que permita evaluar los puntos críticos y debilidades del área.
- Diseñar un nuevo plan de mantenimiento preventivo que permita un mejor monitoreo del estado de las unidades, levantando de esta manera las observaciones en los puntos críticos encontrados del análisis situacional.
- Implementar el nuevo plan de mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad mecánica, la vida útil de la flota de camiones mineros, asegurando que cumpla las horas previstas de trabajo antes de su respectivo Overhaul.

II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

2.1 Reseña Histórica

Cosapi Minería S.A.C. identificada con ruc 20552714378 y ubicada en la Av. República de Colombia N°. 791 Lima - Lima - San Isidro, es una compañía subsidiaria de COSAPI S.A. empresa de ingeniería y construcción con más de 56 años de trayectoria en los ámbitos nacional e internacional, en donde compartimos los mismos valores y cultura empresarial, la especialidad de Cosapi Minería S.A.C. esta en realizar grandes movimientos de tierra y explotación de minas a tajo abierto, la creación de la presente compañía se basó en:

- La experiencia de COSAPI S.A. en los servicios de ingeniería, construcción y movimiento de tierra masivo para el sector minero.
- Reputación. COSAPI S.A. ha participado en los proyectos mineros más importantes del país, cumpliendo con altos estándares de calidad, seguridad, medio ambiente y responsabilidad social.
- Crecimiento. Oportunidades en el sector minero para los servicios especializados que brinda COSAPI Minería.
- Diversificación. Como parte del crecimiento de COSAPI S.A., una de nuestras estrategias de crecimiento y de sostenibilidad es la diversificación.

En si nuestra compañía se encuentra comprometida con nuestros clientes a través de la realización de grandes inversiones, que nos permitan generar vínculos a largo plazo en los diferentes ciclos productivos del sector minero.

2.2 Declaraciones Estratégicas

Misión

Contribuir al éxito de nuestros clientes desarrollando nuestras operaciones con altos estándares de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional, enfocándonos en la productividad y empleando la tecnología para lograr un negocio sostenible.

Visión

Ser reconocida como una empresa líder en servicios mineros de clase mundial por su productividad e innovación, superando las expectativas de sus clientes.

Valores

COSAPI minería S.A.C. tiene la filosofía de pasar eficientemente de los objetivos y estrategias a las acciones concretas, que permitan alcanzar logros y resultados. La gestión de dichas estrategias debe realizarse dentro del marco de valores que sustentan el accionar de la empresa. Ellos son:

- **Integridad:** Coherencia entre la palabra y la acción en un sentido de rectitud, probidad y respeto.
- **Liderazgo:** Capacidad de crear un clima que oriente el esfuerzo de los grupos humanos en una dirección deseada, promoviendo una visión compartida, estructurándolos, dirigiéndolos, generando oportunidades de crecimiento, inspirando valores de acción y anticipando escenarios de desarrollo.
- **Espíritu de equipo:** Colaborar, cooperar y conjugar esfuerzos con un grupo de personas a fin de alcanzar objetivos comunes, enriqueciendo la experiencia propia con la de otros miembros

del grupo, y produciendo un resultado mayor que la suma de los esfuerzos individuales.

- **Innovación:** Disposición de modificar las formas existentes de hacer las cosas asumiendo con responsabilidad el riesgo de llevarlas a la práctica, buscando optimizar la eficiencia de los procesos y la eficacia de los resultados.

2.3 Organización de la empresa

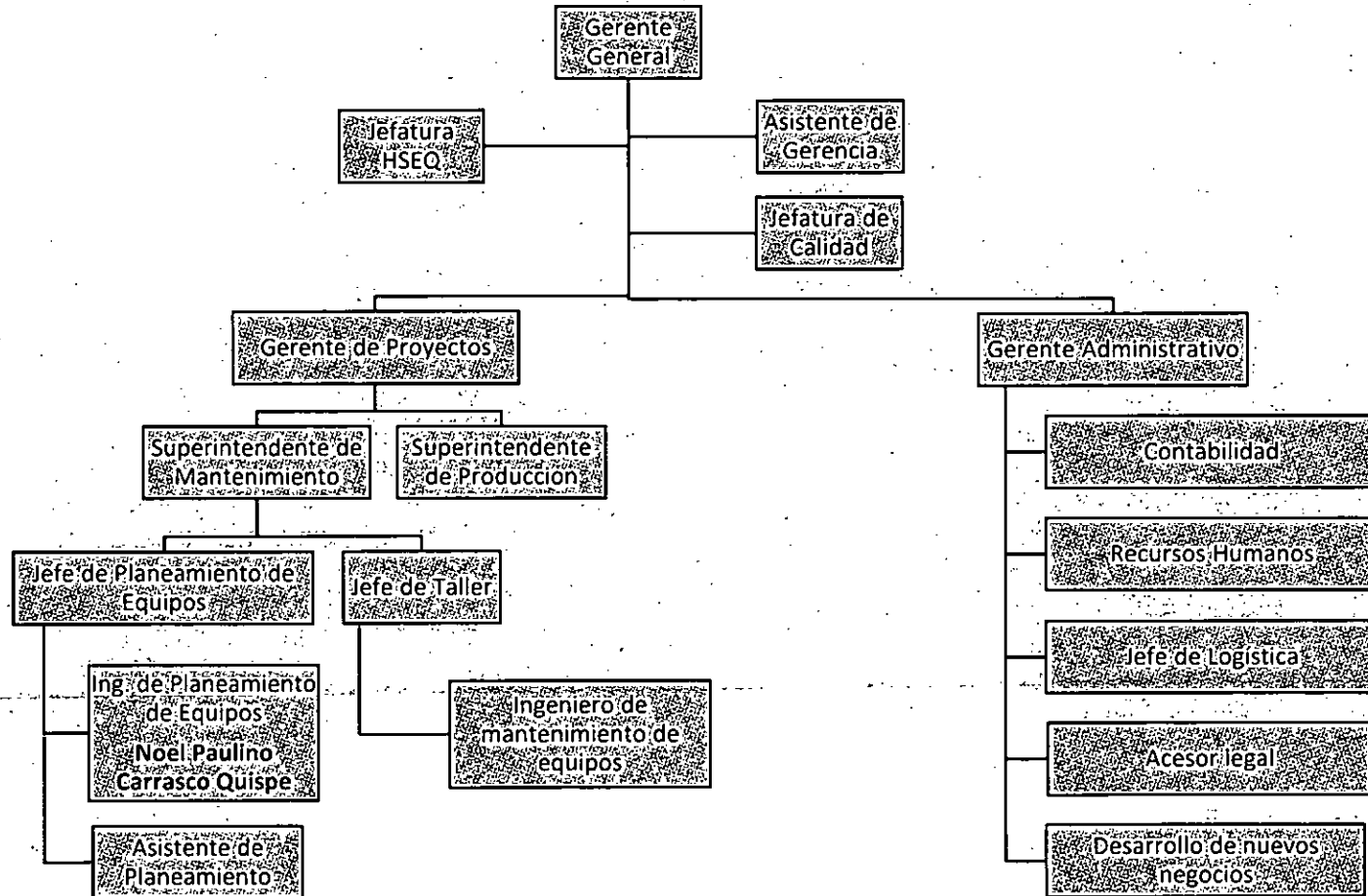
La estructura orgánica de la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C. cuenta con la siguiente configuración:

- Gerente de Proyectos.
- Superintendente de Mantenimiento de Equipos.
- Jefe de Planeamiento de Equipos.
- Ingeniero de Planeamiento de Equipos.
- Asistente de Planeamiento.
- Jefe de Taller.
- Ingeniero de Mantenimiento de equipos.

Mi función en el puesto de ingeniero de planeamiento de equipos es la de elaborar los planes y programas de mantenimiento que garanticen la operatividad de todos los equipos, así mismo mantener actualizada la información y los registros de los equipos en el sistema, elaborar el programa semanal y mensual de mantenimiento de Equipos, así como de mantener reuniones semanales con el personal de Mantenimiento, Terceros y personal de operaciones para establecer y modificar el programa de mantenimiento semanal y mensual.

De igual manera de realizar un seguimiento a los materiales de rotación y su stock en almacén y elaborar los informes Mensuales de Gestión de Mantenimiento.

FIGURA N° 01: Organigrama de la Empresa Cosapi Minería S.A.C.



FUENTE: Elaboración Propia

III. ACTIVIDADES DESARROLLADOS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

3.1 Servicios

COSAPI es una empresa que brinda los servicios de ingeniería, construcción y minería, Se divide en las siguientes unidades de negocio:

- **Minería**

Es una unidad de Negocio que está especializada en realizar grandes movimientos de tierra y explotación de minas a tajo abierto.

- **Infraestructura**

Es una unidad de negocio que forma parte de la empresa, con más de 55 años de trayectoria en el ámbito nacional e internacional, tiene como objetivo principal el desarrollo de proyectos de carreteras, tunelería, movimientos de tierra masivos, puertos, presas, líneas férreas, centrales hidroeléctricas y obras de saneamiento. Todo esto apoyado en una estrategia de excelencia operativa.

- **Plantas Industriales**

Es una unidad de negocio que forma parte de la empresa. Se encarga de ejecutar los proyectos más complejos del sector industrial, poniendo en práctica los más altos estándares de seguridad, calidad y medio ambiente.

- **Edificaciones**

Es una de las unidades de negocio que forma parte de la empresa, se caracteriza por ejecutar proyectos relacionados con la mejora de calidad de vida de los habitantes de nuestro país, con un sentido social, así como por la constante búsqueda de nuevos productos y

modalidades de contratación innovadoras que se adecuen a las necesidades específicas de sus clientes, generando con ello un valor agregado y diferenciación.

- **Ingeniería**

La Unidad de Negocio de Ingeniería ha convertido en una excelente alternativa en múltiples servicios tales como la representación del cliente en la gerencia de un proyecto; desarrollo de ingeniería conceptual, preliminar, final y de detalle; servicios de pre construcción; procura de bienes de capital, y gerencia de construcción y/o construcción en forma integrada a las fases de ingeniería y/o procura.

3.2 Principales Clientes

- **Minería**

Mina Shougang - Desarrollo Sector Este Mina 11, 14 y 19.

El proyecto se ejecuta en cuatro etapas con una duración total de 8 años, la primera etapa tuvo un plazo de 30 meses y empezó en octubre del 2013. Se explotaron cerca de 400 millones de toneladas métricas de mineral y desmonte en la minera Shougang Hierro Perú, ubicado en Marcona – Ica – Perú.

Mina Pierina - Pad de Lixiviación Fase 7.

Las obras incluyeron los trabajos de movimiento de tierras, instalación del sistema de subdrenaje, colocación de geosintéticos e instalación de tuberías para los sistemas de solución y subdrenaje, en un área aproximada de 24 hectáreas, en la Minera Barrick Misquichilca, ubicado en Jangas - Huaraz – Ancash – Perú.

- **Infraestructura**

MTC - Provías Nacional - Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera DV.Imperial – Pampas.

El proyecto consistió en la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Dv. Imperial – Pampas de una longitud de 36.14 kilómetros y ancho de calzada de 6.6 metros con bermas de 0.9 a 2 metros, contemplando un volumen de excavación de aproximadamente 1'666,247 m³, 39.4 kilómetros de cunetas, 11.9 kilómetros de canales, un pontón, muros, alcantarillas y otras obras de arte en la ciudad de Tayacaja – Huancavelica – Perú, año 2013.

MTC - Provías Nacional - Servicio de Gestión y Conservación Vial del Corredor Vial Huancavelica - Lircay - Huallapampa – Acobamba – Pte Alcomachay.

El proyecto tiene una longitud de 343 Km. Actualmente la superficie de rodadura es afirmada, en donde se adjudicó con 288 Km. con pavimento básico y 55 Km. con afirmado estabilizado, además se realizó actividades de conservación rutinaria antes de la conservación periódica en la ciudad de Huancavelica y Ayacucho – Perú, año 2012.

MTC - Servicio de Gestión y Conservación Vial del Corredor Vial Ayacucho – Tambillo – Ocros – Palpa.

El Proyecto se tuvo como actividades la transitabilidad, conservación Rutinaria antes, conservación periódica en un plazo de 12 meses y conservación rutinaria después, asimismo, paralelamente se efectuó el Programa de gestión Vial, en los primeros 6 meses, se sustentó la alternativa alterna propuesta para la conservación periódica que consiste en Estabilización de granular

con cemento portland en un espesor de 15 cm. Además se previó, el relevamiento de información, demarcación de vía, Emergencias y Control de pesos vehiculares, en las ciudades de Ica y Ayacucho – Perú en el año 2012.

- **Plantas Industriales**

Southern Perú Cooper Corporation - Ampliación Toquepala.

El proyecto consistió en trabajos de Obra Civil e Instalación de Acero Estructural de Chancado y Clasificación Secundaria, Chancado y Clasificación Terciaria y el Edificio de Finos, Entre las actividades más importantes se ejecutó la excavación y el relleno de 25,000 m³ de terreno, la colocación de 19,000 m³ de concreto y el montaje estructural de 3,100 toneladas en el edificio de chancado secundario, edificio de finos, edificio HPGR y áreas complementarias a la zona seca en el distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna, año 2016.

Técnicas Reunidas Talara SAC - Modernización de Refinería de Talara de Petroperú – Obra.

El proyecto comprendió todas las operaciones necesarias para la ejecución de las obras civiles para las siguientes unidades: HTD (Hidrotratamiento de Diesel), HTN (Hidrotratamiento y Separador de Nafta)-RCA (Reforzamiento Catalítico de Nafta y Separador), Cimentación de Tanques y TGL (Tratamiento de LPG)-RG2 (Recuperación de Gases 2), en Pariñas, Talara, Piura, año 2015.

IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA

4.1 Descripción del Tema

En abril del año 2013 COSAPI Minería S.A.C. suscribió su contrato de servicios mineros con la Minera Shougang Hierro Perú S.A.A. para realizar la extracción y transporte de cerca de 400 millones de toneladas métricas de material estéril y mineral por un plazo de ocho años en las minas 11, 14 y 19, iniciando estas actividades en octubre del 2013, trasportando más de 94 millones de toneladas de material en un periodo de 22 meses.

Para poder cumplir las metas del proyecto, COSAPI Minería S.A.C. cuenta con un total de 20 camiones mineros de 150 toneladas, 4 palas electro hidráulicas 3 perforadoras eléctricas, 2 perforadoras rotativas y 1 perforadora principal, contando con un plan de mantenimiento basado con las recomendaciones del fabricante, sin embargo dicho plan no era muy estricto, ocasionando problemas prematuros en el desempeño de algunas unidades de la flota de camiones, ya que reportaron baja producción antes de llegar a los 20,000.00 horas programadas para su Overhaul.

4.2 Antecedentes

Desde el inicio de las operaciones de extracción y traslado de mineral, COSAPI Minería S.A.C. realizo un tipo de mantenimiento preventivo básico de acuerdo a las recomendaciones del fabricante para su flota de camiones mineros, sin embargo estas recomendaciones son aplicable cuando las unidades vehiculares se encuentran en las mismas condiciones que simula el fabricante y se usan de manera referencial, por lo que cuando el tipo de flota representar un alto costo dentro de los activos de la compañía, es recomendable extender este seguimiento con monitoreos periódicos como el análisis de aceite, para que de esta manera se pueda detectar y prevenir futuros desperfectos como los

ocurridos a finales del 2016 en donde se detectaron a 2 unidades de camiones mineros con bajo rendimiento, faltándoles en promedio más de 150 horas a cada uno antes de su respectivo Overhaul, ocasionando de esta manera una caída en la producción programada, así mismo la ligera gestión de mantenimiento que se tenía tuvo los siguientes puntos críticos:

- Falta de un sistema controlado del mantenimiento en base a una planificación y programación de los diferentes tipos de mantenimiento preventivo.
- Resultados de indicadores técnicos y económicos por debajo de los estándares.
- Altos costos de mantenimiento correctivo impactando en los resultados operativos de los proyectos causando pérdidas económicas para la organización.

Las deficiencias mencionadas generaban resultados en contra de la rentabilidad de la empresa debido a que no se cumplía la meta, problemática que creó la necesidad de implementar un nuevo plan de mantenimiento de mantenimiento basado no solamente en la plataforma del que se tiene del fabricante.

4.3 Planteamiento del Problema

¿En qué medida la implementación de un nuevo plan de mantenimiento preventivo para la flota de camiones mineros CAT 785C permitirá mejorar la disponibilidad mecánica y su vida útil, garantizando así la productividad del transporte de minerales en la Mina SHOUGANG?

4.4 Justificación

La justificación se refiere a la contribución de la investigación, de acuerdo a lo expuesto por Hernández (2010), un estudio se justifica en mayor medida en cuanto cumpla con la mayoría de criterios,

respondiendo a la mayor cantidad de preguntas que se plantean en implicancias teóricas, prácticas, social, unidad metodológica, etc.

Económica

El presente informe se justifica económicamente debido a que este nuevo plan permitirá un incremento en la disponibilidad mecánica, ya que mejorara la vida útil del motor y una reducción del tiempo de parada, generando mayor producción y ganancias para la empresa, así como un ahorro anual de hasta un 20%, producto de una migración del tipo de aceite y filtros alternativos.

Teórica

El presente informe justifica teóricamente, ya que se sustenta en las bases teóricas de la gestión de mantenimiento considerando los enfoques de formulación, planteamiento y ejecución más actuales en cuanto a prácticas de mantenimientos a maquinarias se refiere.

Práctica

El presente informe tiene una justificación práctica debido a que ayuda a la compañía a resolver un problema mediante estrategias de gestión de mantenimiento, que ayudaran a la empresa a llegar a las metas establecidas.

4.5 Marco Teórico

4.5.1 Antecedentes de Estudio

Internacionales

- Sanabria Héctor y Hernández Harley (2011), en su tesis titulada: ***“Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada de la Gobernación de Casanar”***, para optar el título de especialista en gerencia de mantenimiento.

Universidad Industrial de Santander. Colombia. Cuyo propósito fue de desarrollar la aplicación de un plan de mantenimiento que permita mejorar la vida útil de las máquinas y optimizar los trabajos desempeñados por el personal.

La mencionada tesis permite efectuar un diagnóstico de mantenimiento analizando las fortalezas y debilidades de la empresa, para posteriormente proponer y generar un programa de mantenimiento, tomando en cuenta los repuestos, talento humano, costos niveles de mantenimiento, frecuencias, que permitan estimar las actividades de mantenimiento por año.

- Maldonado Hernán y Sigüenza Luis (2012), en su tesis titulada: ***“Propuesta de un Plan de Mantenimiento para Maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining de Cantón Portovelo”***, para optar el título de Ingeniero Mecánico Automotriz. Universidad Politécnica Salesiana sede Cueca. Ecuador. Cuyo propósito fue mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada, de tal manera que se pueda obtener el máximo rendimiento a un mínimo costo.

La mencionada tesis permite obtener pautas para la elaboración de un plan de mantenimiento, permitiendo una eficiente distribución del espacio físico del taller, un control del stock de repuestos en bodega y una disminución en los tiempos de parada de la maquinaria.

Nacionales

- Martínez Calizaya, Alex (2012), en su tesis titulada: ***“Proponer una Gestión de Mantenimiento para todos los Equipos de Línea Amarilla de una Empresa que brinda Servicio en Alquiler de Maquinaria”***, para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima.

Perú. La cual tuvo como propósito de identificar problemas en los equipos de línea amarilla y de brindar recomendaciones mediante una propuesta de mejora de mantenimiento.

La mencionada tesis permite proponer una filosofía de mantenimiento en la empresa e integrar los recursos de gestión de mantenimiento enlazando los trabajos de mantenimiento correctivo – preventivo con el área de abastecimiento.

- Rodríguez del Aguila Miguel (2012), en su tesis titulada: ***“Propuesta de Mantenimiento Basado en la Mantenibilidad de Equipos de Acarreo de una Empresa Minera de Cajamarca”***, para optar el título profesional de Ingeniero industrial. Universidad Privada del Norte. Cajamarca. Perú. La cual tuvo como propósito demostrar la factibilidad técnica y económica de la propuesta de gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera en Cajamarca.

La mencionada tesis permite la identificación de indicadores críticos de los equipos de acarreo, así como el análisis de propuestas de mejora, midiendo los resultados de estos en factores externos e internos de los equipos de acarreo y así analizar el impacto financiero que generaría la mejora en la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad.

4.5.2 Marco Conceptual

Importancia del Método de explotación minera

Es importante mencionar el diseño y método de explotación minera, el cual comprende de diversas facetas que en conjunto desarrollaran el proyecto minero, entre los más destacados tenemos: selección del método de explotación, dimensionamiento geométrico de la mina, determinación del ritmo anual de producción, la extracción, etc.

Método minero¹

El método minero es un proceso iterativo, el cual permite llevar a cabo la explotación de un yacimiento de forma continua, ordenada y repetitiva, por medio de un conjunto de sistemas, procesos y maquinas, existen solamente tres métodos comúnmente usados.

Métodos de extracción, son aquellos que según varios factores como por ejemplo los medio ambientales, serán aplicados en un determinado yacimiento:

- Método de explotación minera subterránea.
- Método de explotación minera a cielo abierto.
- Método de explotación minera por sondeos.

Extracción minera subterránea

Una mina subterránea es aquella explotación de recursos mineros que se desarrolla por debajo de la superficie del terreno. La explotación de un yacimiento mediante minería subterránea se realiza cuando su extracción a cielo abierto no es posible por motivos económicos, sociales o ambientales. Para la minería subterránea se hace necesaria la realización de túneles, pozos, chimeneas y galerías, así como cámaras. Los métodos más empleados son mediante túneles y pilares, hundimientos, corte y relleno, realce por subniveles (*Sublevel Stopping*) y cámaras-almacén (*Shrinkage*).

Extracción minera de tajo abierto o cielo abierto

El método de extracción de minerales mediante la explotación de tajo abierto corresponde a un método de explotación eficiente, cuyo estudio comprende de diversos factores del lugar o yacimiento; ubicación, forma, tamaño, topografía superficial, profundidad del

¹ Herrera Herbert Juan Román. Métodos de minería a cielo abierto. 2016.

cuerpo mineral, tipo de mineral, complejidad y calidad de la mineralización, inversiones asociadas, etc, todos estos factores y demás información son recolectadas en la etapa de exploración, cabe señalar que el principal objetivo económico de las minas a cielo abierto es extraer la cantidad mínima de material y obtener una máxima recuperación de la inversión procesando el producto mineral más comercializable, esto debido a que las productividades pueden llegar aproximadamente a ser superiores a los 150000 T/año, mientras que las subterráneas están comprendidas entre los 30000 y las 50000 T/año. Cuanto mejor sea la calidad del filón, mayor será su valor. La mayoría de las minas a cielo abierto son de forma cónica, aunque ésta puede variar dependiendo de la forma del filón. Se construyen con una serie de mantos o antepechos concéntricos divididos por el acceso a la mina y las vías de acarreo que descienden desde el borde de la mina hasta el fondo en forma de espiral o zigzag.

Procesos de producción

El proceso de producción son un conjunto de etapas que comprenden el desarrollo de la industria minera, estas etapas desarrolladas en la minera **SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A.** comprende lo siguiente:

Exploración: Se refiere a la búsqueda del yacimiento con las características necesarias para implementar el proyecto de extracción.

Perforación: Se procede a la perforación de los suelos donde se conoce la existencia de betas por parte de un estudio previo.

Disparo: En esta parte se utiliza una mezcla de diversos fulminantes, los cuales servirán para remover superficies muertas o estériles hasta llegar a la beta.

Carguío: Es realizada por parte de palas con una capacidad de 30 toneladas, montadas en los conocidos cargadores frontales.

Acarreo: Se realiza por camiones de gran capacidad, que se encargan de transportar material de la mina a canchas de depósitos.

Chancado: En esta parte se procede al chancado de minerales, de esta manera reducirlo a pequeñas proporciones para su fácil transporte posterior.

Envió de crudos: En esta parte se realiza el transporte de mineral por parte de la mina hacia la planta de crudos, usando bandas transportadoras accionadas mediante motores eléctricos extendiéndose por una longitud aproximadamente de 18.5 km.

Concentración: En esta parte se realiza una separación magnética, por parte de los separadores magnéticos cobers, este material proveniente de la chancadora, ingresa a esta planta magnética de concentrado, para posteriormente llevarlo a un proceso de flotación y así separar el Azufre del Hierro.

Filtrado: El mineral recibido del proceso mencionado anteriormente, es procesado en esta etapa según el tipo de producción y finalmente llevado a planta de Pelets.

Peletización: En esta parte el mezclado concentrado es alimentado a tolvas para su almacenamiento, ingresando a los discos peletizadores, utilizando el sistema de fajas en la parte central superior izquierda del disco.

Transferencia: El material depositado en canchas, es enviado mediante chutes al túnel de transferencia.

Embarque: El material es transportado por una faja al muelle, el cual es depositado a las bodegas del barco mediante un apilador.

Todas estas etapas mencionadas anteriormente comprenden todo el proceso de producción minero, en el presente informe nos centraremos en la etapa de acarreo, ya que nos enfocaremos en la implementación del plan de mantenimiento para estos equipos que operan en esta etapa, es indispensable desarrollar y ejecutar el plan de mantenimiento para mejorar la productividad para esto definiremos antes que es el mantenimiento y cuál es su importancia.

Mantenimiento ²

El mantenimiento es una actividad importante en toda industria, ya que de ella dependerá el desarrollo de la producción y el crecimiento de la empresa.

Dicha actividad tiene como finalidad preservar el tiempo de trabajo y el tiempo de vida de los equipos, conservando los elementos que lo conforman. Esto debido a que la adquisición de un equipo nuevo trae costos elevados, pues es conocido que la depreciación es rápida para todo tipo de maquinaria, para esto el mantenimiento tiene que estar proyectado a tener un mejor aprovechamiento del equipo hasta los límites establecidos por los fabricantes.

Se debe tener en cuenta que en la industria lo más importante e imprescindible es el servicio que proporciona el equipo, ya que si este falla pararía o cesaría la producción de esta unidad y esto conlleva a un impacto negativo económico, debido a que cada hora de trabajo tiene un costo, por lo tanto se deben tener presente los siguientes factores en las labores de mantenimiento: calidad económica del servicio, duración adecuada del equipo y costos mínimos de mantenimiento.

La industria encontró que el mantenimiento influye en la productividad de sus recursos. Las máquinas y/o equipos requieren del

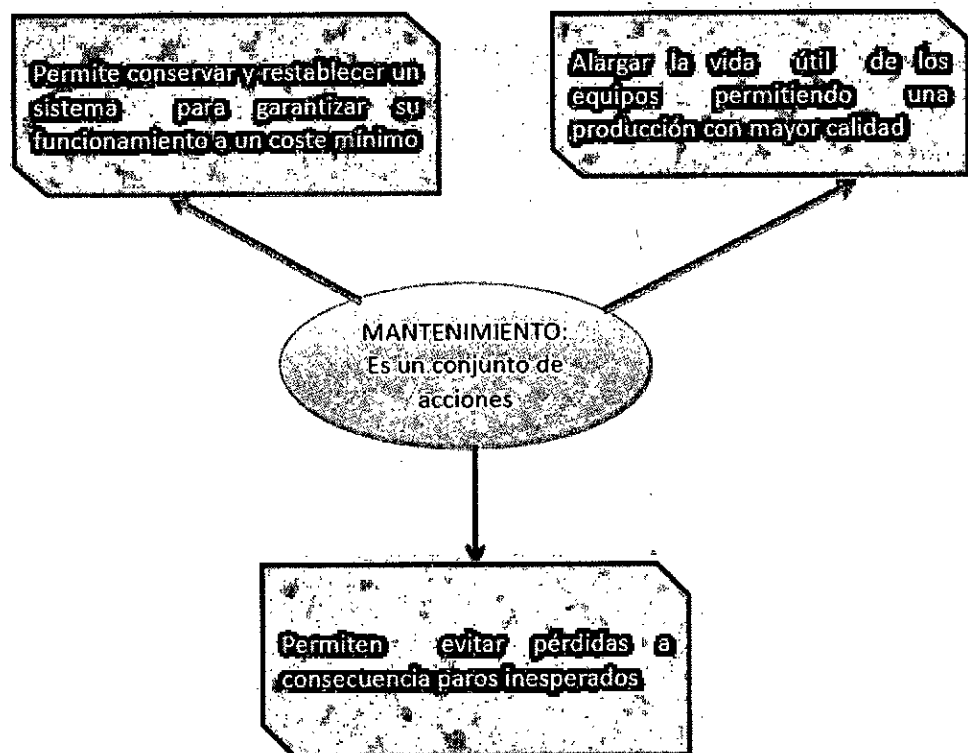
² Henley Hayward. Gestión del Mantenimiento. 2011.

mantenimiento con la finalidad de proporcionarle soporte y disponibilidad dentro de sus horas productivas.

El mantenimiento a nivel industrial Stronconi y Tamoy (2010) lo definen como “el conjunto de acciones que permiten conservar, restablecer y mejorar aspectos operativos relevantes de bienes, como equipos, vehículos, edificaciones e instalaciones, que permite su buen estado de funcionamiento, con el fin de tener una mayor disponibilidad durante su vida útil y con un costo mínimo”.

Se considera la vida útil de la maquinaria en el mantenimiento como un indicador para no evitar los sobrecostos en reparaciones innecesarias, debido que la máquina cumplió su labor dentro de la empresa y necesita ser reemplazada por otra máquina con las mismas características u otra maquinaria con nueva tecnología.

Figura N° 02: Definición de Mantenimiento



Fuente: Elaboración propia.

Importancia del mantenimiento

Con el desarrollo de la tecnología, el pasar del tiempo, el libre mercado, la globalización y el crecimiento económico, las empresas se ven obligadas a cumplir estándares de calidad internacionales debido a la competitividad que existen entre ellas. Estas organizaciones que deseen entrar en un mercado competitivo y mostrar la calidad de sus productos y servicios deben estar certificados mediante la ISO 9001, para satisfacer los requerimientos que esta norma exige, es indispensable que las empresas cuenten con un apropiado plan de mantenimiento que les permita conservar sus equipos, herramientas e instalaciones en las mejores condiciones de funcionamiento.

Para tener unas óptimas condiciones de trabajo de los equipos, es necesario desarrollar planes que correspondan a solucionar el problema como también a evitarlo, dichos planes se ven en los tipos de mantenimiento.

El mantenimiento como sistema

El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con el sistema de producción.

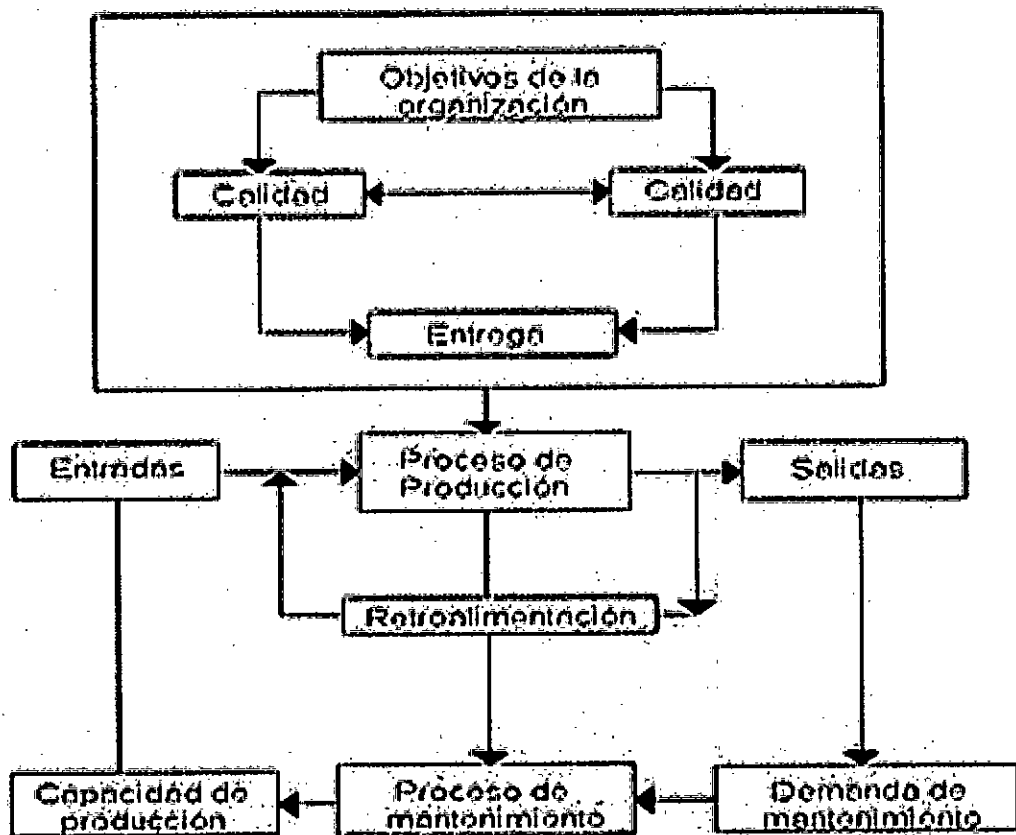
Se muestra un diagrama de las relaciones entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento. Los sistemas de producción generalmente se ocupan de convertir entradas o insumos, como materias primas, mano de obra y procesos, en productos que satisfacen las necesidades de los clientes.

La principal salida de un sistema de producción son los productos terminados; una salida secundaria es la falla de un equipo. Esta salida secundaria genera una demanda de mantenimiento. El sistema de

mantenimiento toma esto como una entrada y le agrega conocimiento experto, mano de obra y refacciones, y produce un equipo en buenas condiciones que ofrece una capacidad de producción.

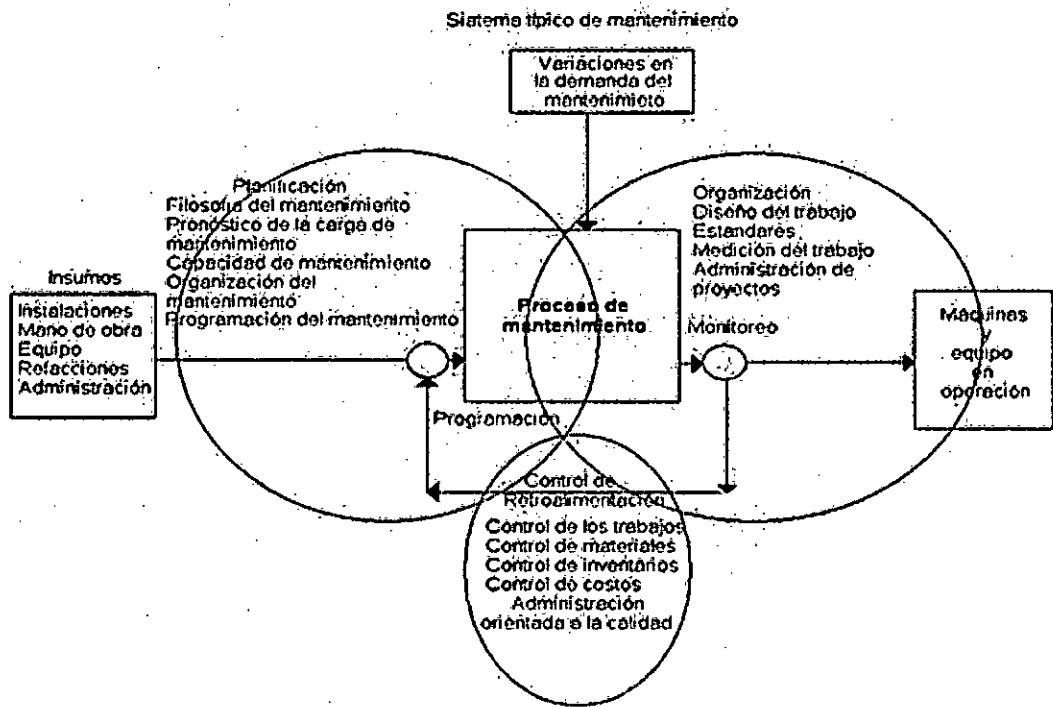
Un sistema de mantenimiento puede verse como un modelo sencillo de entrada-salida. Las entradas de dicho modelo son mano de obra, administración, herramientas, equipo, otros; y la salida es el equipo funcionando, confiable y bien configurado para lograr la operación planeada de la planta. La figura N° 03, muestra las actividades necesarias para hacer que un sistema de mantenimiento sea funcional, como planeación, organización y control.

Figura N° 03: Relación entre los Objetivos de la Organización, el Proceso de Producción y el Mantenimiento



Fuente: Duffuaa, Raouf y Dixon (2009)

Figura N° 04: Sistema Típico de Mantenimiento



Fuente: Duffuaa, Raouf y Dixon (2009)

Objetivos del mantenimiento

El objetivo del mantenimiento es asegurar la disponibilidad de las máquinas, mantener el equipo en condiciones seguras y eficientes, para lo cual se requiere técnicos capacitados, programas de mantenimiento, equipos especializados y una constante actualización en nuevas tecnologías.

Según Alpízar (2008), como un objetivo básico, el mantenimiento procura contribuir por todos los medios disponibles a reducir, en lo posible, el costo final de la operación de la planta. De este se desprende un objetivo técnico por el que se trata de conservar en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente todo el equipo, maquinaria y estructuras de tratamiento. El personal de mantenimiento tiene dos puntos de vista para cumplir estos objetivos: el aspecto humano y el técnico. El evitar los accidentes previene pérdidas humanas y de grandes responsabilidades. Por el lado

técnico, la maquinaria, las instalaciones y los equipos bien mantenidos no provocarán pérdidas económicas y facilitarán la producción continua y eficiente de la planta.

En el caso del mantenimiento su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos: Optimización de la disponibilidad del equipo productivo. Disminución de los costos de mantenimiento. Optimización de los recursos humanos. Maximización de la vida de los equipos.

Beneficios del mantenimiento

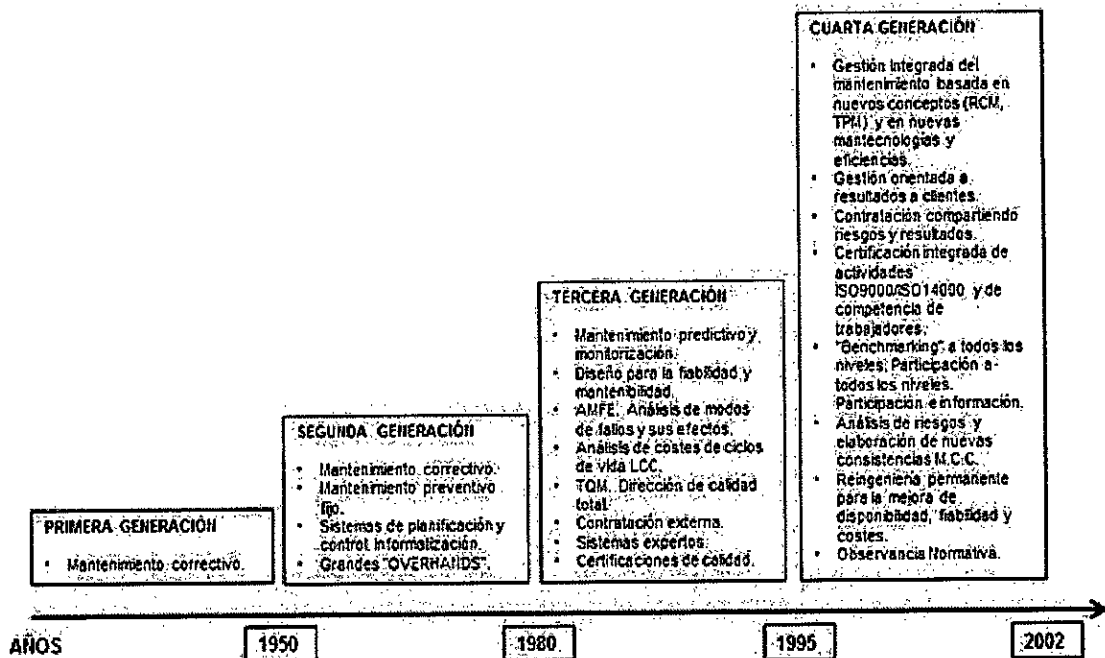
Los beneficios más relevantes alcanzados en una organización con la aplicación de un mantenimiento oportuno son: la disminución del riesgo, previniendo la probabilidad de ocurrencia de fallas indeseables, la mejora de los niveles de eficiencia de la instalación o equipo, la reducción de costos operativos e incremento de la producción. Además de esta prolonga la vida útil de los equipos, cumplimiento de los requerimientos de seguridad y el mejoramiento de la imagen de la organización con un realce de la impresión de clientes y entorno, así como el incremento de la moral de los trabajadores que operan los equipos e instalaciones.

Evolución

Al mencionar la evolución del mantenimiento es vital introducir el tema de producción (u operaciones), ya que el cliente interno e inmediato de mantenimiento es producción. Por esta razón es relevante mencionar este binomio durante la historia del mantenimiento.

Básicamente podríamos hablar de 4 periodos o épocas productivas de la humanidad en los últimos dos siglos si de la industria.

Figura Nº 05: Tendencias de la Gestión de Mantenimiento



Fuente: Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Francisco Gonzáles F

Tipos de mantenimiento³

Sabemos que conforme el tiempo transcurre, se acentúa el deterioro de los equipos, sufriendo desgaste en muchos de sus componentes haciendo propenso a fallas en su servicio, para esto se desarrollaron planes de mantenimiento que dependerán de la naturaleza del problema, tal es el caso que haciendo un seguimiento del equipo podemos predecir cuándo fallara y así de esta manera evitar un cese brusco de sus actividades productivas, o también en casos que se podrá prevenir previamente conociendo el estado de la máquina, y otro plan comúnmente usado es el de corregir la falla haciendo una inspección total del equipo que en este caso ya es de carácter obligatorio.

En la actualidad, en las grandes industrias ninguno de estos tipos se utiliza exclusivamente, sino que se realiza un mantenimiento

³ García Garrido Santiago. Organización y gestión integral del Mantenimiento. 2011.

planificado que combina los diferentes tipos con el objetivo de optimizar los costes globales y la disponibilidad de los equipos. Existen diversas distribuciones para cada uno de los mantenimientos o un modelo de organización de ellos, a continuación presentamos un posible esquema formulado por algunos expertos en mantenimiento:

Correctivo.

Este tipo de mantenimiento solo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando, en otras palabras se realiza en momentos críticos cuando no son previstos, este mantenimiento no conforma un plan cuya estructura es detallada, ya que consiste en hacer una revisión seria completa de todo el equipo y a la vez una reconstrucción de sus componentes, por lo tanto es de consideración adversa realizarlo ya que conllevaría al cese imprevisto del equipo paralizando su producción y afectando el desarrollo de la empresa.

Esta actividad correctiva requiere de profesionales especializados bajo supervisión de ingenieros y guías mediante el manual del fabricante, con la finalidad de no afectar su índice inicial de trabajo, este tipo de estrategia a veces se conoce como estrategia de operación hasta que falle. Se aplica principalmente en los componentes electrónicos. Se clasifica en:

No planificado: Es el mantenimiento de emergencia. Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

Planificado: Se sabe con antelación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente.

Preventivo

Es el mantenimiento que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas, y mantener en un nivel determinado a los equipos, se conoce como mantenimiento preventivo directo o periódico, por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo; se basa en la confiabilidad de los equipos.

Los tipos de mantenimiento analizados son los principales; en la aplicación de estos mantenimientos a los equipos apreciamos que se requiere de una mezcla de ellos, es por esto que hablaremos en los párrafos siguientes de los modelos de mantenimiento que son aplicables a cada uno de los equipos.

Predictivo

Este tipo de plan de mantenimiento consiste en mediante un monitoreo continuo hacer un seguimiento del equipo y obtener indicios que nos den pistas para poder identificar fallas antes que ocurran, estas actividades consisten por ejemplo desde la inspección visual, chequeos de indicadores del equipo como la temperatura, el sonido y datos recolectables que sean lo más claros para demostrarnos que la falla está a punto de ocurrir.

Ventajas

Este tipo de mantenimiento representa una mayor confiabilidad al utilizar aparatos y personal calificado, siendo los resultados deben ser más exactos, además requiere menos personal. Esto genera una disminución en el costo de personal y en los procesos de contratación, aunque luego veremos una desventaja sobre ello.

Los repuestos duran más ya que las revisiones son en base a resultados, y no a percepción, se busca que los repuestos duren exactamente el tiempo que debe ser.

Desventajas

Siempre que hay un daño, necesita programación. Si al dueño le urge que se repare, es posible que tenga que esperar hasta la fecha que se defina como segunda revisión, por lo que las urgencias también deben darse mediante programaciones.

Requiere equipos especiales y costosos. Al buscarse medir todo con precisión, los equipos y aparatos suelen ser de alto costo, por lo que necesitan buscarse las mejores opciones para adquirirse.

Es importante contar con personal más calificado. Aunque ya mencionamos que el personal es menor, éste debe contar con conocimientos más calificados, lo que eleva a su vez el costo y quizá, dependiendo del área, disminuyan las opciones.

Costosa su implementación. Por lo mismo de manejarse mediante programaciones de trabajo, si se unen los costos de todas las veces que se paró la máquina y se revisó por cuestiones que se identificaron la primera vez, el costo es considerablemente alto.

Mantenimiento proactivo

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

Mantenimiento de mejorativo

Es el mantenimiento cuya finalidad consta de implementar mejoras en los procesos. Este tipo de mantenimiento no tiene frecuencia determinada, ya que es producto de un trabajo de replanteamiento de

las actividades en planes anteriores buscando mejorar la eficiencia en los procedimientos.

Mantenimiento de oportunidad

Este tipo de mantenimiento, se lleva a cabo aprovechando la oportunidad del cese de actividades del equipo el cual está pasando por una inspección correctiva, de esta forma se puede realizar esta tarea previniendo realizar otro cese del equipo por este problema.

Mantenimiento detectivo

El Mantenimiento detectivo es una estrategia alternativa a la hora de reducir la consecuencia negativa, producto de las fallas simultáneas que ocurren en dispositivos de seguridad o dispositivos redundantes.

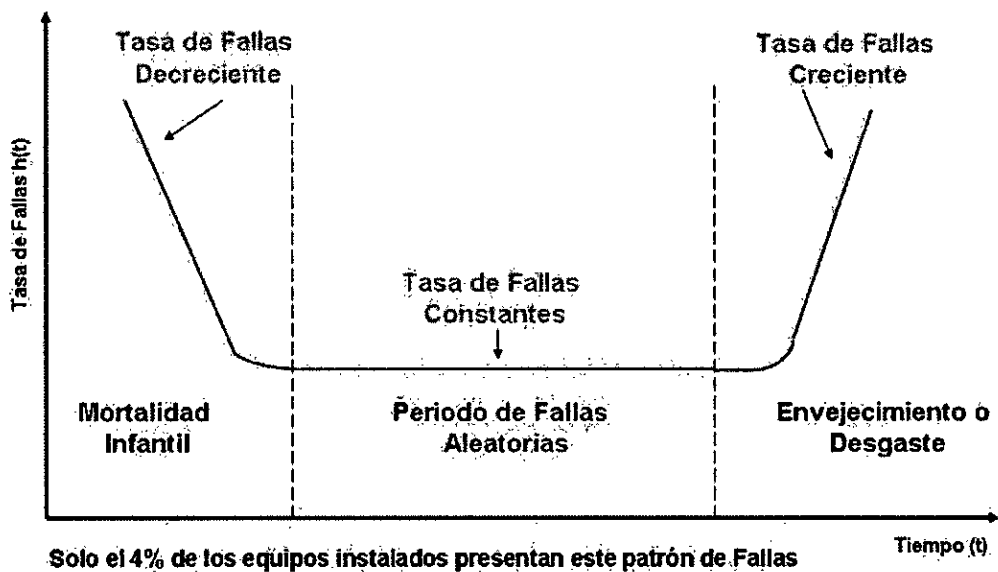
Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM

El mantenimiento centrado en Confiabilidad (MCC), o Reliability-centred Maintenance (RCM), ha sido desarrollado para la industria de la aviación civil hace más de 30 años. El proceso permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico. El RCM ha sido utilizado en miles de empresas de todo el mundo: desde grandes empresas petroquímicas hasta las principales fuerzas armadas del mundo utilizan RCM para determinar las tareas de mantenimiento de sus equipos, incluyendo la gran minería, generación eléctrica, petróleo y derivados, metalmecánica, etc. La norma SAE JA1011 especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM.

La conclusión clave fue que las reparaciones generales, basadas en el tiempo, de equipos complejos no afectaban de manera significativa, ni positiva ni negativamente, la frecuencia de las fallas. En algunos equipos en realidad la frecuencia de fallas era mayor inmediatamente después de una reparación general. Este estudio demostró que la

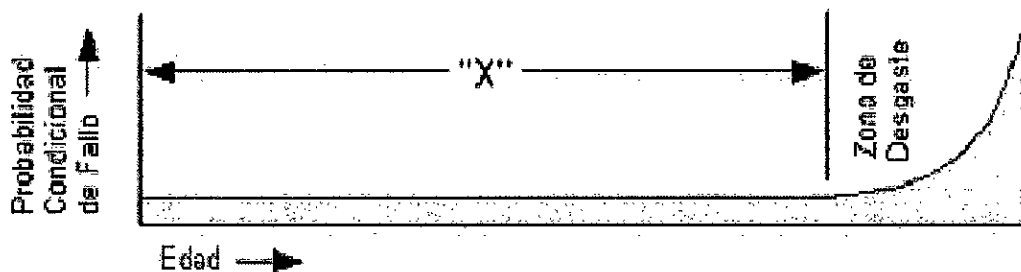
probabilidad condicional de falla, denominada “de la tina de baño”, contra la curva de la edad era uno de los seis principales patrones de fallas. El patrón de fallas más común en los equipos complejos es aquel que muestra una elevada “mortalidad infantil”; es equipo, luego disminuye hasta una tasa constante de fallas, como se describe en la figura.

Figura N° 06: Curva de la Tina de Baño



Fuente: Duffuaa, Raouf y Dixon (2009)

Figura N° 07: Probabilidad Condicional de la Falla contra la edad del Equipo



Fuente: Duffuaa, Raouf y Dixon (2009)

Las reparaciones generales programadas, basadas en el tiempo, restablecen la edad de nuevo a igual, incrementando de esta forma la probabilidad de falla. Durante la mayor parte de la vida del equipo complejo, las fallas están relacionadas con eventos aleatorios, como cargas de choque, sobre voltajes, prácticas incorrectas de lubricación, operación inadecuada, etc. Estos eventos aleatorios provocan un deterioro acelerado del funcionamiento del equipo, el cual a menudo puede monitorearse empleando técnicas de mantenimiento preventivo basados en las condiciones.

Mantenimiento Clase Mundial (MCM)

Conjunto de ideas-fuerza dirigidas a reorientar la estrategia de mantención hacia un enfoque de mantenimiento pro-activo, disciplinado en prácticas estandarizadas, gestión autonómica, competitivo y con índices de desempeño clase mundial.

Otros autores definen a este tipo de mantenimiento “como el conjunto de las mejores prácticas operacionales y de mantenimiento que reúne los elementos de distintos enfoques organizacionales con visión de negocio para crear un todo armónico de alto valor práctico, las cuales aplicadas en forma coherente generan ahorros sustanciales a las empresas”.

Figura N° 08: Mantenimiento categoría clase mundial



Fuente: PDVSA CIED (2009)

Principales indicadores de gestión de mantenimiento

Veamos a continuación conceptos de algunas variables que en su conjunto nos resultan los indicadores de la gestión de mantenimiento.

Tiempo Promedio entre fallas (MTBF) (Mean Time between Failures)

Este indicador permite ver si las diversas actividades de mantenimiento tienen el efecto de mantener o ampliar la disponibilidad de la máquina. Nos indica cada que tiempo promedio para el equipo respecto a la cantidad normal de horas programadas para el trabajo, que podría medirse ya sea por día o mensualmente como generalmente se hace.

$$\text{Tiempo promedio entre fallas (MTBF)} = \frac{\text{Horas acumuladas del equipo}}{\text{Numero de intervenciones}}$$

En donde:

Horas acumuladas del equipo: La cantidad de horas que haya trabajado durante todos los días, donde las horas programadas durante todo un día es 24, de este se reduce a 22 por la hora inspección de equipo y refrigerio del personal.

Número de intervenciones: Son todas las intervenciones a la máquina donde las inspecciones hasta paradas que podrían ser por diferentes motivos tales como:

- Parada por trabajo mal realizado durante el correctivo o inspección en lo que respecta a localidad de material, calidad de mano de obra.
- Por cualquier tipo de accidente que podría tener el equipo, esta parada es considerado cuando se quiere calcular disponibilidades del equipo al 100% de horas programadas

considerando tiempo de refrigerio, horas muertas/Tiempo donde el equipo no realiza trabajo.

Tiempo promedio para la reparación (MTTR)

Mediante este indicador podemos evaluar la probabilidad que un equipo que haya fallado sea separado en el menor tiempo posible, mediante este indicador se puede definir la mantenibilidad del equipo.

$$\text{Tiempo para la reparacion} = \frac{\text{Tiempo total de intervención al equipo}}{\text{Numero de intervenciones}}$$

En donde:

Tiempo total de intervenciones al equipo: Este tiempo viene a ser las horas acumuladas de todos los trabajos que se hayan realizado en el equipo, este valor nos conviene que sea lo menos posible, eso lo conseguiremos cuando contemos con un personal altamente capacitado y efectivo en su respuesta, con una disponibilidad de repuesto (logística efectiva).

Número de intervenciones: Como su nombre lo indica cantidad de intervenciones al equipo para cualquier tipo de reparación no programada, que también debe ser lo menos posible para que eso suceda tenemos que trabajar con una asistencia técnica altamente capacitada y efectiva. Nos conviene que el MTTR sea lo menor posible y para que ello ocurra los tiempos de intervención al equipo tienen que ser lo menos posible.

Confiabilidad

Este indicador conjuga a los dos anteriores para medir la confiabilidad del equipo del contrato de servicio.

$$\text{Confiabilidad del equipo (C)} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

Permite ver que tan confiable es nuestro servicio técnico frente a las apreciaciones y exigencias del cliente, esto dependerá de todos los recursos con que contamos para realizar nuestro trabajo lo conveniente es que esta confiabilidad no baja de 85%, etc.

Disponibilidad

Según el contrato la disponibilidad es de 85%, en este indicador para nosotros como asistentes técnicos no intervienen paradas por los siguientes conceptos:

- Parada por accidentes.
- Parada por tiempo de lavado de equipos.
- Parada por trabajos de soldadura.
- Parada por retraso en la entrega de equipo para su intervención.
- Parada por horas muertas como tiempo de refrigerio, horas de inspección, equipos en stand by, etc.

$$\text{Disponibilidad del equipo} = \frac{\text{Hp} - \text{Suma (Hacci.} + \text{Hlav.} + \text{Hinps.} + \text{Hsb)}}{\text{Hp}}$$

Dónde:

Hp: Son las horas programadas de trabajo mensual, en nuestro caso es variable y los asigna Productora de Sal C.A.

Hacci: Horas de parada por algún accidente que le haya ocurrido al equipo.

Hlav: Horas de lavado de equipo que según contrato no nos compete, este lavado generalmente lo hace el personal de la compañía.

Hinsp: Son las horas de inspección del equipo, que se realiza todos los días, media hora por equipo. En este tiempo se realiza todas las inspecciones posibles, de todas partes del equipo.

Hsb: Son las horas de stand by en que se encuentran algunos equipos ya sea por falta de labor, por falta de operador, o simplemente en stand by para cualquier eventualidad mejor dicho cuando cualquiera de los equipos que está operando salga fuera de servicio por algún motivo como avería y/o mantenimiento, etc.

Carguío y Acarreo de minerales

Se considera una parte importante en el proceso de producción minera, ya que depende del tiempo y condiciones en las cuales se trasladara el material de cierta zona de explotación hacia el proceso siguiente como el chancado, botadero, etc.

Carguío: Básicamente consiste en la carga del material extraído del yacimiento el cual en diferentes proporciones serán conducidos a los diferentes destinos, es en esta parte donde se definen los sectores de carga, las direcciones de carguío y el destino de los materiales obedeciendo las leyes de clasificación y tonelajes.

Acarreo: Consiste en el traslado del material desde el yacimiento de explotación, mediante diferentes medios tanto como equipos que operan continuamente como también equipos auxiliares.

El acarreo continuo utiliza medios de transporte que están continuamente en funcionamiento, cintas transportadoras, transportadores blindados y el transporte por gravedad, en pozos y chimeneas.

Unidades de transporte

Generalmente el sistema de transporte se lleva a cabo mediante el uso de volquetes de acarreo de distintas capacidades. El sistema de acarreo es directo de la pala al camión y estas a los diferentes botaderos, tolvas de mineral o tolvas de mineral lixiviable. No existe el sistema pala camión directo a concentradora por que esta se encuentra a 5 Km. de la misma, esta distancia no es aconsejable para el óptimo aprovechamiento económico de los camiones, solo se puede usar en distancias menores 3.5Km únicamente. Referente a las rampas de transito de los camiones estas no exceden al 8% dentro de la mina, y aun menor las rampas de acceso a las carreteras que constituyen el recorrido regular de los camiones cuando se encuentran acarreando.

Camión Minero

El camión corresponde a la unidad de transporte más comúnmente utilizada en explotación de minas. Los camiones mineros están especialmente diseñados para acarrear tonelajes mayores, además poseen características de diseño especiales para su utilización en minería. Pueden acarrear sobre 300 Ton de material en cada ciclo, lo que genera un bajo costo de operación.

Figura N° 09: Camión Minero



Fuente: Catalogo Catarpillar.

Inspecciones y Monitoreo de condiciones para los Camiones Caterpillar 785C

Es el conjunto de las actividades de tipo preventivo, predictivo y correctivo que se agrupan con la finalidad de soportar la gestión de mantenimiento y ejecutarlo periódicamente en los equipos. Para nuestro caso, orientaremos la explicación con los productos post venta que ofrece el fabricante Caterpillar Int. y su distribuidor en Peru, Ferreyros S.A. (Caterpillar Int., 2014).

- **Inspecciones Técnicas (AT1, AT2)**

Es aquella revisión integral y específica que se realiza en cada mantenimiento preventivo del equipo pesado de acuerdo a los lineamientos del fabricante. Su resultado permite administrar una serie de información que será tomado en cuenta para la ejecución de los trabajos pendientes o backlogs, su diferencia radica en la complejidad parcial y total de acuerdo a las frecuencias de mantenimiento a emplearse.

- ✓ 250 horas. (o PM1) AT1.
- ✓ 500 horas. (o PM2) AT1.
- ✓ 1000 horas. (o PM3) AT2.
- ✓ 2000 horas. (o PM4) AT2.

- **SOS**

Viene hacer el análisis físico-químico de los lubricantes que poseen los equipos pesados en sus compartimientos (motor diesel, sistema hidráulico, sistema de potencia, etc.). y de acuerdo a sus condiciones actuales llevar a cabo las recomendaciones del fabricante.

Este análisis se posible a través del laboratorio certificado por Caterpillar Int. y su distribuidor en Peru (Ferreyros S.A.).

- **Tareas pendientes (BACKLOGS)**

Viene hacer las observaciones y condiciones sub estándar de un equipo que pueden afectar su conservación y disponibilidad.

Dichas condiciones son posibles gracias a las distintas hojas de entrada de inspección y evaluación que respaldan el estado del equipo como son el pre uso diario (o check list), informes de mantenimiento (AT1 o AT2), alertas en el panel monitor del equipo, reportes de trabajos, etc.

- **Tecnología satelital (VISION LINK)**

Viene hacer el sistema de monitoreo mediante satélite en tiempo real del equipo y tiene por finalidad de alertar sobre la presencia de una anomalía durante su operación.

Estas pueden originarse por causas externas o internas al equipo como son la incorrecta aplicación u operación, manejo inadecuado de los sistemas operativos y cuando un componente o repuesto sufre una avería o falla durante su labor.

- **Diagnóstico y soporte electrónico**

El ET (Electrical Technical) y SIS (System Information Satelital) son 02 herramientas electrónicas que el fabricante proporciona para el diagnóstico y tratamiento de solución a las fallas. Así mismo se puede aplicar para visualizar el manual de taller d (Shop Manual) y de partes (Parts Manual) de Caterpillar Int.

Aceites

Proporciona una película de aceite que reduce el contacto de metal contra metal, la fricción y el desgaste.

Es importante la selección del aceite, basándose en los requisitos del compartimiento según los especifica el fabricante.

Análisis del aceite

El Análisis Programado del Aceite permite prever fallas y detectar niveles de desgaste, pudiendo impedir que los problemas menores se vuelvan averías mayores.

Consiste en un examen al aceite lubricante de diferentes compartimientos como: sistema hidráulico, dirección hidráulica, enfriamiento de frenos, motor, transmisión, caja marina, mando de la bomba, ruedas delanteras, diferenciales o ejes, mandos finales, tándems, rola, tornamesa, círculo de giro, compresor, caja reductora, cabezal de rotación, bastidores, cubos delanteros, etc.

Hay 3 factores que afectan el contenido de una Muestra de Aceite:

- **El Aceite Lubricante (tipo y estado)**, mala calidad, clasificación API errónea, viscosidad inapropiada y prolongar el intervalo de cambio de aceite, afectan los resultados del análisis.
- **La Contaminación**, exterior en la forma de agua, tierra, combustible o glicol (anticongelante).
- **Las Partículas de Desgaste**, resultan de la operación de las piezas. El desgaste causado por los procedimientos de operación diaria, produce una cantidad inesperada de partículas de desgaste normal. Sin embargo las piezas inapropiadamente instaladas o ajustadas, pueden causar desgaste prematuro o acelerado.

Estos factores son a su vez afectados por los procedimientos de mantenimiento (intervalos de cambio de aceite/filtros, mantenimiento del sistema de enfriamiento, afinamientos programados, ajustes inspecciones, etc.)

Sin embargo el análisis de aceite no impide que los componentes se desgasten, solo nos indica un índice de desgaste o apunta hacia un

desgaste anormal, indicando la necesidad de algún tipo de acción tal como la necesidad de cambiar las prácticas de mantenimiento o también la posibilidad de una reparación.

4.5.3 Bases Teóricas

Activo: Término contable para cualquier recurso que tiene un valor, un ciclo de vida y genera un flujo de caja. Puede ser humano, físico y financiero intangible.

Acarreo: Acción de acarrear se refiere a transportar cualquier tipo de material.

Análisis de aceite: Conjunto de procedimientos y mediciones aplicados al aceite hidráulico de los equipos, el cual proporciona información sobre el grado de contaminación con partículas sólidas y otros componentes

Carguío: Se refiere específicamente a la carga de material mineralizado del yacimiento. Ésta se realiza en las bermas de carguío, las que están especialmente diseñadas para la actividad.

Correctivo: Que corrige o atenúa una falta, un defecto o un problema, o es útil para ello.

Criticidad: Es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer las prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas.

Disponibilidad: Hace referencia a la posibilidad de que algo, un producto o un fenómeno, esté disponible de ser realizado, encontrado o utilizado.

Diagnóstico de Mantenimiento: Proceso de análisis que permite identificar las fortalezas y debilidades del mantenimiento en la

organización para validar así estrategias internas y levantar oportunidades de mejora.

Desgaste: Erosión de material sufrida por una superficie sólida por acción de otra superficie.

Equipo: Unidad conformada por un conjunto de componentes y piezas, agrupadas para formar un sistema funcional

Falla: Terminación de la capacidad del equipo para realizar la función requerida

Filón: Masa mineral que rellena la grieta de una formación rocosa y que puede ser objeto de explotación.

Fiabilidad: Probabilidad de que un sistema, aparato o dispositivo cumpla una determinada función bajo ciertas condiciones durante un tiempo determinado.

Historial del mantenimiento: Registro que muestra las reparaciones, refacciones, entre otros, se emplea para ayudar a la planeación del mantenimiento.

Indicador: Dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura.

Inspeccionar: Examinar atentamente una cosa o un lugar.

Lixiviación: Extracción de la materia soluble de una mezcla mediante la acción de un disolvente líquido.

Lubricante: Sustancia grasa o aceitosa que se aplica a las piezas de un engranaje para que el rozamiento sea menor o más suave.

Mantenimiento: Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.

Monitoreo: Proceso mediante el cual se reúne, observa, estudia y emplea información para luego poder realizar un seguimiento de un programa o hecho particular.

Muestreo: Selección de un conjunto de personas o cosas que se consideran representativos del grupo al que pertenecen, con la finalidad de estudiar o determinar las características del grupo.

Overhaul: Es una compleja tarea que abarca el trabajo en las estructuras, interiores, sistemas y aviónica.

Patrón: Tipo de tema de sucesos u objetos recurrentes, como por ejemplo grecas, a veces referidos como ornamentos de un conjunto de objetos.

Pelets: Denominación genérica, utilizada para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido de diferentes materiales.

PLC: Dispositivo electrónico el cual controla la lógica de funcionamiento de los equipos en tiempo real

Mantenimiento Predictivo: Acciones que se toman y técnicas que se aplican con el objetivo de detectar posibles fallas y defectos de maquinaria

Proactivo: Que tiene iniciativa y capacidad para anticiparse a problemas o necesidades futuras.

Preventivo: Que previene un mal o un peligro o sirve para prevenirlo.

Sistema Hidráulico: Es un mecanismo operado por la resistencia que ofrece la transmisión o la presión cuando el líquido es forzado a través de una pequeña abertura o tubo.

Stock: Es una voz inglesa que se usa en español con el sentido de existencias (todo lo referente a los bienes que una persona u organización posee y que sirven para la realización de sus objetivos).

Yacimiento: Lugar en el que se encuentran de forma natural minerales, rocas o fósiles, especialmente cuando puede ser objeto de explotación.

4.5.4 Marco Normativo

- **ISO 55001- 2014:** Estándar que cubre todos los elementos de la gestión de activos en las diferentes etapas del ciclo de vida, desde la ingeniería, operación, mantenimiento y desincorporación-renovación de los activos.
- **ISO 20815:** Estándar de Aseguramiento de la Producción. Industrias del petróleo, petroquímicas y del gas natural. Aseguramiento de la producción y gestión de la fiabilidad.
- **NORMA AFNOR X 60010 – 60011:** Estándar que proporciona la clasificación del mantenimiento antes y después de ocurrida la falla.
- **NORMA UNE–EN 13460 – 2009:** Estándar para el mantenimiento que establece el flujo de trabajo, sirviendo como punto de partida para la elaboración de documentación necesaria para el mantenimiento.

4.6 Fases del proyecto

El desarrollo del Proyecto de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, denominado ***“Implementación de un Nuevo Plan de Mantenimiento Preventivo para la Flota de Camiones Mineros - Mina Shougang”***, fue realizado mediante las siguientes fases.

1. FASE I: Levantamiento de información técnica de la flota de camiones CAT 785C.
 - Recopilación de información de los camiones.
 - Levantamiento de información del mantenimiento anterior.
 - Evaluación de las áreas de mantenimiento.

2. FASE II: Análisis situacional
 - Análisis Foda del mantenimiento preventivo inicial.
 - Análisis causa efecto (Ishikawa).
 - criticidad de los equipos.

3. FASE III: Diseño del nuevo plan de mantenimiento preventivo
 - Selección del nuevo plan de mantenimiento.
 - Flujograma de Actividades de mantenimiento

4. FASE IV: Implementación del nuevo plan de mantenimiento.
 - Elaboración del procedimiento de mantenimiento.
 - Implementación de indicadores de mantenimiento.
 - Análisis de la implementación.

Siendo el desarrollo de las fases realizadas desde el 12-01-2017 hasta el 26-03-2017 en un lapso de 12 semanas tal como se muestra en el cronograma de actividades.

CRONOGRAMA DEL PROYECTO. FASES I

EMPRESA: COSAPI MINERÍA S.A.C.

AREA : MANTENIMIENTO

FASES DEL PROYECTO	Semana 01							Semana 02							Semana 03							Semana 04						
	Lun.	Mar.	Mie.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.	Lun.	Mar.	Mie.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.	Lun.	Mar.	Mie.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.	Lun.	Mar.	Mie.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.
	02-01-17	03-01-17	04-01-17	05-01-17	06-01-17	07-01-17	08-01-17	09-01-17	10-01-17	11-01-17	12-01-17	13-01-17	14-01-17	15-01-17	16-01-17	17-01-17	18-01-17	19-01-17	20-01-17	21-01-17	22-01-17	23-01-17	24-01-17	25-01-17	26-01-17	27-01-17	28-01-17	29-01-17
FASE I: Levantamiento de información de la flota de camiones CAT 785C.																												
Levantamiento de información de los camiones.	02-01-17	03-01-17	04-01-17	05-01-17	06-01-17	07-01-17	08-01-17	09-01-17	10-01-17	11-01-17	12-01-17	13-01-17	14-01-17	15-01-17	16-01-17	17-01-17	18-01-17	19-01-17	20-01-17	21-01-17	22-01-17	23-01-17	24-01-17	25-01-17	26-01-17	27-01-17	28-01-17	29-01-17
Levantamiento de información del mantenimiento anterior.	12-01-17	13-01-17	14-01-17	15-01-17	16-01-17	17-01-17	18-01-17	19-01-17	20-01-17	21-01-17	22-01-17	23-01-17	24-01-17	25-01-17	26-01-17	27-01-17	28-01-17	29-01-17	30-01-17	31-01-17	01-02-17	02-02-17	03-02-17	04-02-17	05-02-17	06-02-17	07-02-17	08-02-17
Evaluación de las áreas de mantenimiento.	23-01-17	24-01-17	25-01-17	26-01-17	27-01-17	28-01-17	29-01-17	30-01-17	31-01-17	01-02-17	02-02-17	03-02-17	04-02-17	05-02-17	06-02-17	07-02-17	08-02-17	09-02-17	10-02-17	11-02-17	12-02-17	13-02-17	14-02-17	15-02-17	16-02-17	17-02-17	18-02-17	19-02-17

CRONOGRAMA DEL PROYECTO. FASES II

EMPRESA: COSAPI MINERÍA S.A.C.
 AREA : MANTENIMIENTO

FASES DEL PROYECTO			Semana 05							Semana 06							Semana 07							Semana 08						
			Lun.	Mar.	Mie.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.	Lun.	Mar.	Mie.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.	Lun.	Mar.	Mie.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.	Lun.	Mar.	Mie.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.
			30-01-17	31-01-17	01-02-17	02-02-17	03-02-17	04-02-17	05-02-17	06-02-17	07-02-17	08-02-17	09-02-17	10-02-17	11-02-17	12-02-17	13-02-17	14-02-17	15-02-17	16-02-17	17-02-17	18-02-17	19-02-17	20-02-17	21-02-17	22-02-17	23-02-17	24-02-17	25-02-17	26-02-17
FASE II: Análisis situacional																														
Análisis Foda.	30-01-17	03-02-17																												
Análisis causa efecto	06-02-17	11-02-17																												
Evaluación de criticidad de los equipos.	13-02-17	19-02-17																												

CRONOGRAMA DEL PROYECTO. FASES III y IV

EMPRESA: COSAPI MINERÍA S.A.C.

AREA : MANTENIMIENTO

FASES DEL PROYECTO	Semana 09							Semana 10							Semana 11							Semana 12						
	Lun.	Mar.	Mie.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.	Lun.	Mar.	Mie.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.	Lun.	Mar.	Mie.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.	Lun.	Mar.	Mie.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.
	27-02-17	28-02-17	01-03-17	02-03-17	03-03-17	04-03-17	05-03-17	06-03-17	07-03-17	08-03-17	09-03-17	10-03-17	11-03-17	12-03-17	13-03-17	14-03-17	15-03-17	16-03-17	17-03-17	18-03-17	19-03-17	20-03-17	21-03-17	22-03-17	23-03-17	24-03-17	25-03-17	26-03-17
FASE III: Diseño del nuevo plan de mantenimiento Preventivo																												
Selección del nuevo plan de mantenimiento.	27-02-17	06-03-17																										
Nuevo flujoograma de actividades.	06-03-17	11-03-17																										
Actualización de las fichas de trabajo.	13-03-17	18-03-17																										
Funciones del personal de mantenimiento.	13-03-17	18-03-17																										
FASE IV: Implementación del nuevo plan de mantenimiento																												
Elaboración del procedimiento de mantenimiento.	16-03-17	22-03-17																										
Implementación de indicadores de mantenimiento.	23-03-17	26-03-17																										
Análisis de la implementación.	23-03-17	26-03-17																										

Fuente: Elaboración propia.

4.6.1 FASE I: Levantamiento de información de la flota de camiones CAT 785C.

Recopilación de información de los camiones

La flota de camiones CAT 785C de Cosapi minería S.A.C. destinados para el Proyecto Shougang tienen la función principal de transportar material desde el área de minado hacia los puntos de descarga específicos establecidos, esta una unidad mecánica esta provista de un bastidor rígido en el cual están instalados el motor, el tren de potencia, la suspensión y la tolva para el acarreo de material, dicho camión ha sido diseñado para ser utilizado en grandes movimientos de tierra en situaciones tanto en la producción minera y funciones de respaldo en otras operaciones como se puede observar en las siguientes figuras.

Figura N° 10: Carga de Material a Camión Minero



Fuente: Elaboración propia.

Así mismo Cosapi Minería S.A.C. tienen como meta explotar cerca de 400 millones de toneladas métricas de mineral y desmonte en las

minas 11, 14 y 19 pertenecientes a Shougang para lo cual cuenta con 20 unidades de camiones mineros como se observa en la tabla N° 01.

Tabla N° 01: Flota de Camiones de la empresa Cosapi Minería S.A.C

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	CÓDIGO DE OBRA	MARCA	MOD	SERIE	VERSIÓN
1	Camión Minero	CAM-01	Caterpillar	785C	APX02218	2013
2	Camión Minero	CAM-02	Caterpillar	785C	APX02305	2013
3	Camión Minero	CAM-03	Caterpillar	785C	APX02309	2013
4	Camión Minero	CAM-04	Caterpillar	785C	APX02310	2013
5	Camión Minero	CAM-05	Caterpillar	785C	APX02311	2013
6	Camión Minero	CAM-06	Caterpillar	785C	APX02312	2013
7	Camión Minero	CAM-07	Caterpillar	785C	APX02313	2013
8	Camión Minero	CAM-08	Caterpillar	785C	APX02314	2013
9	Camión Minero	CAM-09	Caterpillar	785C	APX02329	2013
10	Camión Minero	CAM-10	Caterpillar	785C	APX02327	2013
11	Camión Minero	CAM-11	Caterpillar	785C	APX02328	2013
12	Camión Minero	CAM-12	Caterpillar	785C	APX02330	2013
13	Camión Minero	CAM-13	Caterpillar	785C	APX02331	2013
14	Camión Minero	CAM-14	Caterpillar	785C	APX02332	2013
15	Camión Minero	CAM-15	Caterpillar	785C	APX02333	2013
16	Camión Minero	CAM-16	Caterpillar	785C	APX02346	2013
17	Camión Minero	CAM-17	Caterpillar	785C	APX02347	2013
18	Camión Minero	CAM-18	Caterpillar	785C	APX02349	2013
19	Camión Minero	CAM-19	Caterpillar	785C	APX02356	2013
20	Camión Minero	CAM-20	Caterpillar	785C	APX02357	2013

Fuente: Base de datos Cosapi Minería S.A.C.

Característica General del Camión Minero CAT 785C

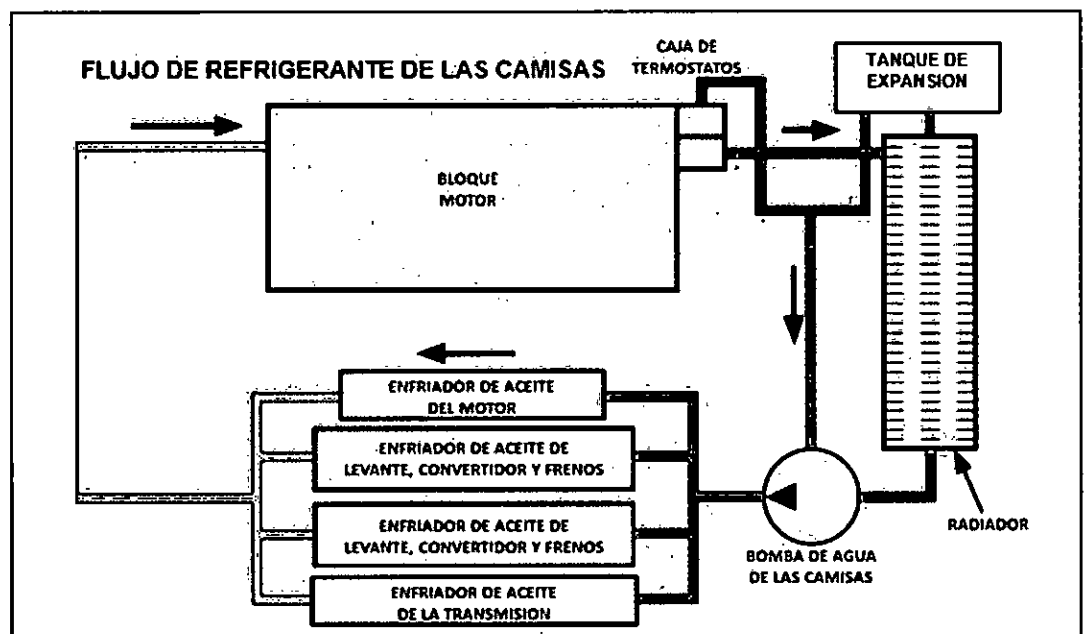
La unidad CAT 785C es un camión Tolva para trabajos de minería con vaciado por detrás con un peso bruto es de 249480.0 kg, cuyo motor Tiene un diseño de cuatro tiempos para una óptima eficiencia de combustible, con doble turbo compresión y post enfriado, además suministra alta potencia y fiabilidad en las aplicaciones mineras más exigentes, en si este motor podría definirse como un

conjunto de piezas móviles y fijas sincronizadas que transforman la energía calorífica en energía mecánica, estos motores con sistema que sistemas que le ayudan a llegar a su máxima eficiencia y prolongan su vida útil, entre los sistemas mas importante tenemos:

- **Sistemas de refrigeración del Motor CAT 3512B-EUI**

Este sistema conduce el calor excesivo lejos del motor y lo mantiene a temperatura de trabajo dentro del rango óptimo, su importancia está en que entre un 20% a 60% de fallas del motor se atribuye a un descuido por falta de mantenimiento en el sistema de refrigeración.

Figura N° 11: Sistema de Refrigeración del Motor CAT 3512B-EUI



Fuente: Manual del Fabricante Caterpillar – CAT 785C.

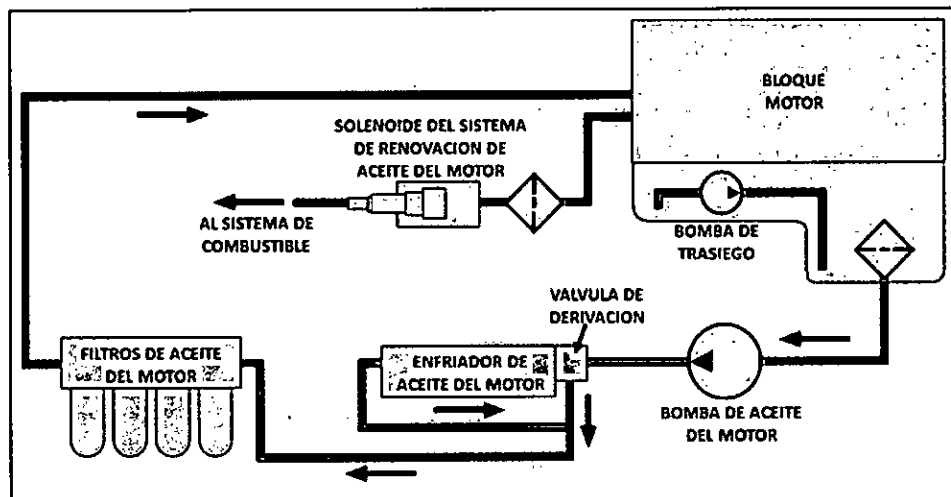
- **Sistemas de Lubricación del motor CAT 3512B-EUI**

Este sistema protege al motor mediante una película de aceite entre los diferentes elementos que friccionan, con la presión, espesor y caudal adaptados con extrema precisión a las condiciones de trabajo, logrando reducir los desgastes y rozamientos, ya que si estos contactos móviles fuesen en seco

se producirían desgastes casi instantáneos en algunos elementos, con desprendimiento de material y agarrotamiento por incremento de temperatura. Además los excesivos rozamientos precisarían de más fuerza para lograr el movimiento.

Así mismo este sistema no solo lubrica los componentes sino que también tiene la función de sellar, refrigerar, limpiar y proteger contra la corrosión y herrumbre.

Figura N° 12: Sistema de Lubricación del Motor CAT 3512B-EUI



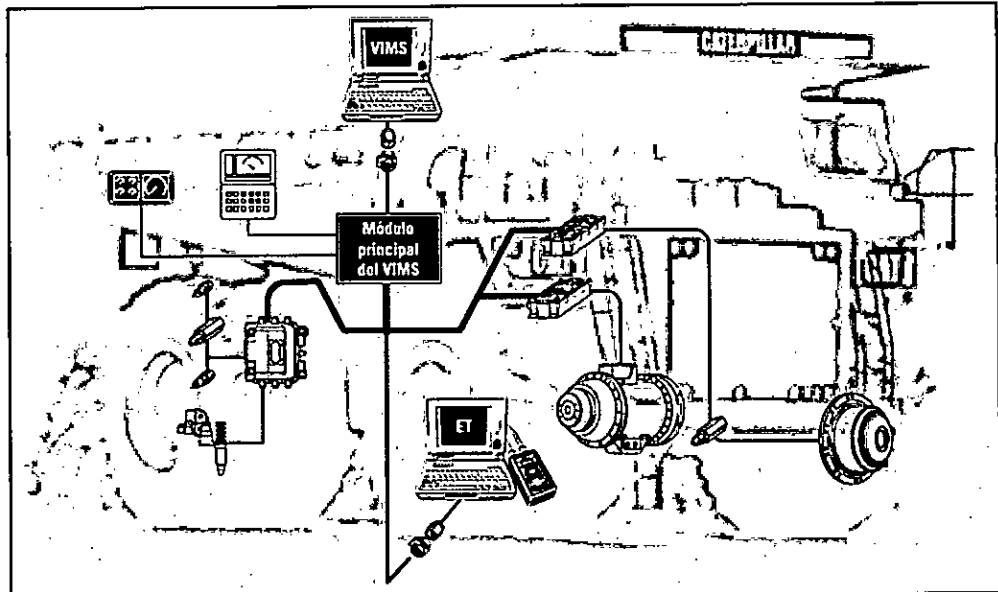
Fuente: Manual del Fabricante Caterpillar – CAT 785C.

Así mismo la unidad CAT 785C sistemas que requiere su atención para establecer un sistema de mantenimiento siendo estos:

- **Motor y Tren de Potencia Integrados**

Por otro lado el Motor y Tren de Potencia se encuentran Integrados electrónicamente, trabajando de forma más inteligente, de esta manera transmite la potencia generada en el motor, hacia los mandos finales optimizando mejor el rendimiento del camión.

Figura N° 13: Integración de Tren de potencia y el Motor

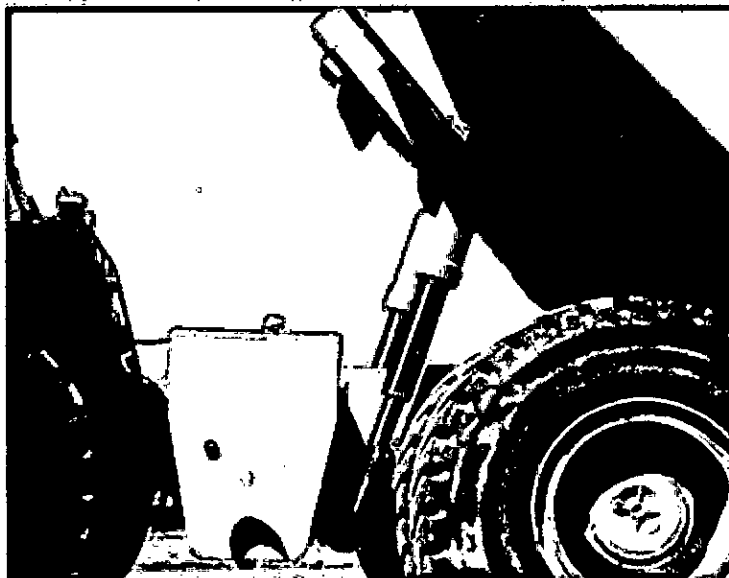


Fuente: Manual del Fabricante Caterpillar – CAT 785C.

- **Mecanismo de levante de la tolva:**

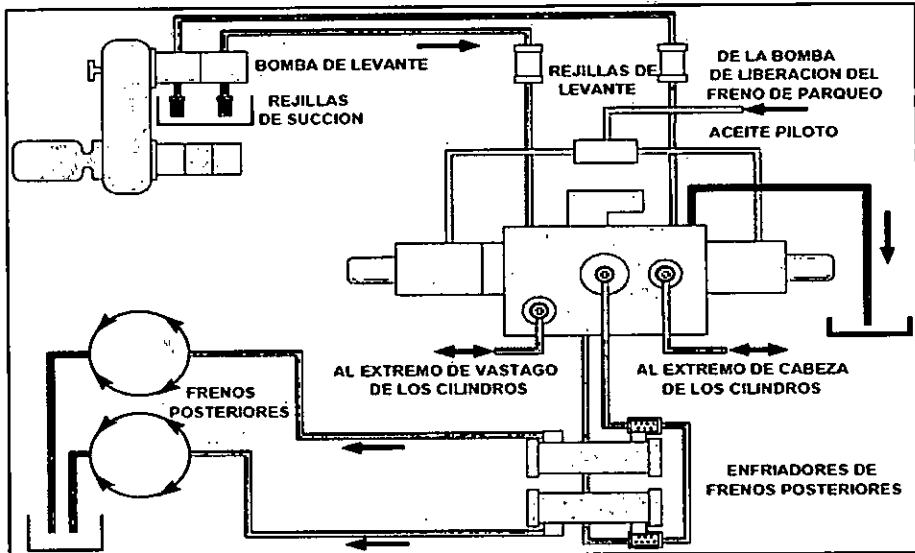
Consta de una bomba hidráulica impulsada por el motor y dos cilindros de levante de dos fases. Su función principal es levantar la tolva para la descarga del material transportado.

Figura N° 14: Mecanismo de levante hidráulico del Camión



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 15: Sistema de Levante Hidráulico

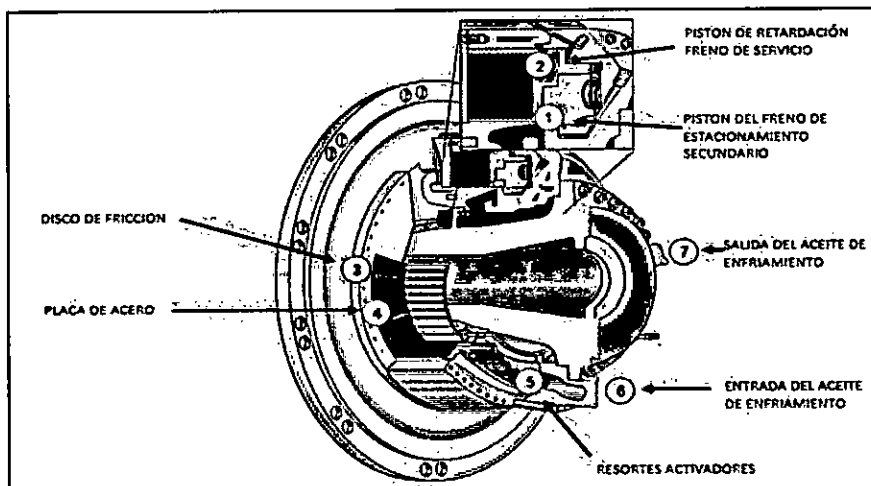


Fuente: Manual del Fabricante Caterpillar – CAT 785C.

• **Sistema de Frenos**

Este sistema combina los frenos de servicio, secundario y de estacionamiento y las funciones de retardo (manual y HARC) en un mismo sistema para una eficiencia óptima de frenado, siendo el freno de disco enfriado por aceite. El HARC controla electrónicamente el retardo en la pendiente para mantener unas rpm del motor y un enfriamiento de aceite óptimos.

Figura N° 16: Partes del Sistema de Freno

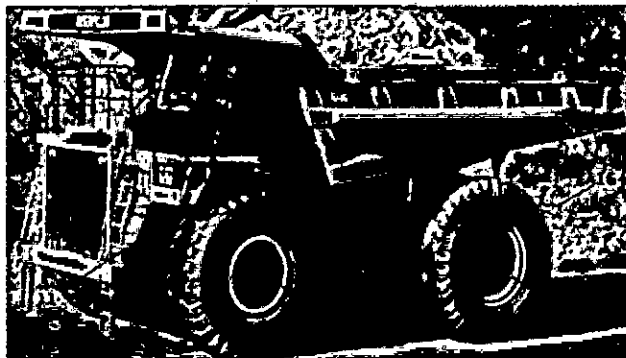


Fuente: Manual del Fabricante Caterpillar – CAT 785C.

- **Sistema de Control de Tracción – TCS**

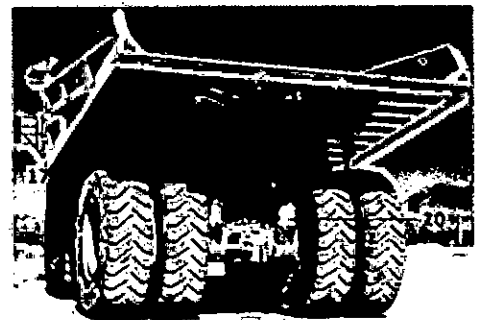
Este sistema se combina con el HARC y el TCS formando un sistema de control de frenado integrado para lograr una eficiencia, un rendimiento y una fiabilidad óptimos, de esta manera Vigila y controla electrónicamente el deslizamiento de las ruedas traseras para obtener una mayor tracción y un mayor rendimiento del camión en terrenos en malas condiciones.

Figura N° 17: Características generales del camión CAT 785C



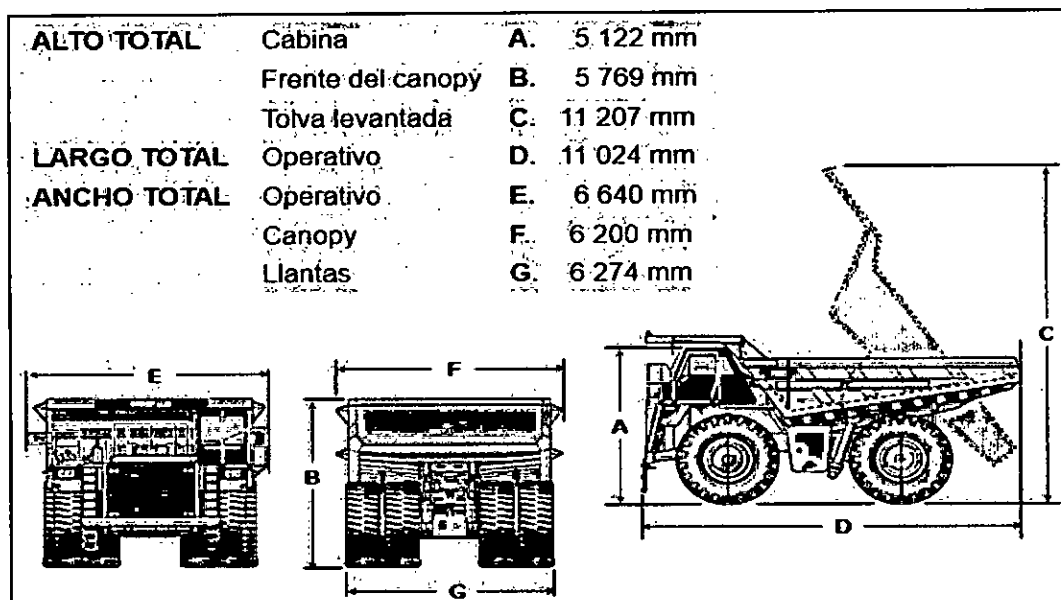
1. Tanque primario de aire.
2. Tanque hidráulico de la dirección.
3. Filtros de aire.
4. Tanque de expansión del refrigerante.
5. Cabina.
6. Escalera principal de acceso.
7. Núcleo del radiador.
8. Tanque de grasa.
10. Tanque hidráulico de levantamiento, convertidor de par y frenos. Tanque hid. de la transmisión.
11. Motor.
12. Neumático delantero.
13. Rueda delantera.
14. Tanque de combustible.
15. Mandos finales.
16. Neumático posterior

17. Bota piedras.
18. Diferencial.
19. Cable retenedor de tolva.
20. Suspensión posterior.



Fuente: Manual del Fabricante Caterpillar – CAT 785C.

Figura N° 18: Dimensiones Generales del Camión CAT 785C



Fuente: Manual del Fabricante Caterpillar – CAT 785C.

Tabla N° 02: Información técnica del Camión Minero CAT 785C

Motor	
Modelo de motor	Cat® 3512B-EUI
Potencia bruta: SAEJ1995	1082.0 kW
Potencia neta: Cat	1005.0 kW
Potencia neta: ISO 9249	1005.0 kW
Potencia neta: 80/1269/EEC	1005.0 kW
Reserva de par	23,00%
Calibre	170.0 mm
Carrera	190.0 mm
Cilindrada	51.8 L
Potencia neta	1005.0 kW
Potencia neta: SAE J1349	1005.0 kW
Potencia nominal	1.750 rpm

Pesos: aproximados	
Peso del chasis	74450.0 kg
Peso en orden de trabajo: sin carga, caja con piso de doble declive	95725.0 kg
Peso en orden de trabajo bruto de la máquina	249480.0 kg
Peso en orden de trabajo: sin carga, caja de piso plano	102150.0 kg

Capacidades de llenado de servicio	
Tanque de combustible (estándar)	1893.0 L
Sistema de enfriamiento	379.0 L
Cárter	204.0 L
Tanque de dirección	90.0 L
Sistema de dirección (incluye tanque)	117.0 L
Tanque hidráulico con frenos/dispositivo de levantamiento	337.0 L
Sistema de frenos/dispositivo de levantamiento (incluye tanque)	641.0 L
Diferencial y mandos finales	436.0 L
Convertidor de par/sistema de transmisión (incluye sumidero)	248.0 L

Neumáticos	
Neumáticos estándares	33.00-R51 (E4) 33.00-R51 (E3)

Capacidad: doble declive; factor de llenado del 100 %	
A ras	57.0 m3
Colmada (SAE 2:1)	78.0 m3

Capacidad: piso plano; factor de llenado del 100 %	
A ras	74.0 m3
Colmada (SAE 2:1)	91.0 m3

Distribuciones del peso: aproximadas	
Eje delantero: con carga	33,00%
Eje trasero: con carga	67,00%
Eje delantero: sin carga	47,00%
Eje trasero: sin carga	53,00%

Pesos aproximados: piso plano	
Chasis	74450.0 kg
Cuerpo	25687.0 kg
Revestimiento estándar	1996.0 kg
Eje delantero: sin carga	47,00%
Eje delantero: con carga	33,00%
Eje trasero: sin carga	53,00%
Eje trasero: con carga	67,00%
Peso bruto: sin carga	102130.0 kg

Dispositivos de levantamiento de cajas	
Flujo de la bomba: velocidad alta en vacío	750.0 L/min
Ajuste de la válvula de alivio: levantar	17238.0 kPa
Tiempo de levantamiento de la caja: velocidad alta en vacío	15.2 Segundos
Tiempo de bajada de la caja: posición libre	16.2 Segundos
Disminución de la potencia de la caja: velocidad alta en vacío	15.9 Segundos
Tiempo de bajada de la caja: velocidad alta en vacío	15.9 Segundos

Fuente: Manual del Fabricante Caterpillar – CAT 785C.

Levantamiento de información del mantenimiento anterior

Los camiones mineros CAT 785C de la empresa Cosapi Minería S.A.C. pasan por un programa de mantenimiento que consta de 4 etapas, estos fueron realizados de acuerdo a lo sugerido por el fabricante y establecido en horas de aceite motor, los cuales se realizan cuando el camión cumple con 250, 500, 1000 y 2000 horas de servicio, a continuación se mostrarán las pautas de manera general.

Tabla N° 03: Tiempos de mantenimiento por cada 20000 Horas

TIPO DE MANTENIMIENTO	TIEMPO DE EJECUCIÓN
Mantenimiento a los 250 Horas	8 Hrs
Mantenimiento a los 500 Horas	12 Hrs
Mantenimiento a los 1000 Horas	14 Hrs
Mantenimiento a los 2000 Horas	20 Hrs
TOTAL	54 Hrs

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo los OVERHAUL o reparación integral del motor, se da cada 20,000 horas de acuerdo con lo que indica el fabricante, esto evidente mente se encuentra en función de las condiciones del entorno en que se encuentran las unidades, ya que al estar en un

ambiente polvoriento rico en cilicio, este funciona como un abrasivo al ingresar al motor, por lo que proteger a la unidad es de vital importancia.

Así mismo para la programación de los OVERHAUL, nos basamos de los análisis de aceite que se toman periódicamente los cuales muestran el grado de deterioro que tiene la unidad mediante el análisis de los componentes desgastados que se encuentran en el aceite, dentro de estos se encuentran las unidades CAM-02, CAM-17 con un alto contenido de estos componentes en partes por millón los cuales se encontraron los cuales se encontraron para reparación de motor antes de tiempo como se observa en la tabla N° 04.

Tabla N° 04: Reporte de Estado de Unidades

ÍTEM	CÓDIGO OBRA	MOD	SERIE	VERSIÓN	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO	CONTROL DEL LABORATORIO
1	CAM-02	785C	APX02305	2013	18,470 Horas	OVERHAUL
3	CAM-17	785C	APX02347	2013	16,640 Horas	OVERHAUL

Fuente: Base de datos Cosapi Minería S.A.C.

De acuerdo a la tabla N° 04 se puede observar que las unidades CAM-02, CAM-17, se ha producido una reducción de la disponibilidad mecánica y con ello una reducción en la productividad del transporte de los minerales, impactado de esta manera con las metas trazadas por Cosapi Minería S.A.C.

Evaluación de las áreas en donde se realizan los mantenimientos de la flota vehicular CAT 785C

La empresa Cosapi Minería S.A.C. consta con un área de mantenimiento el cual consta de:

- **Oficina de Mantenimiento.**

Dentro del cual contiene escritorios, sillas, archivadores, 3 computador, 02 impresoras, Radios de comunicación en obra y un teléfono fijo.

- **Almacén de Herramientas**

Cuenta también con un almacén de herramientas dentro del cual contiene:

- Cajas de herramientas Livianas.
- Cajas de herramientas pesadas.
- Herramientas de diagnóstico.
- Manómetro de presión de aceite hasta 10,000 psi.
- Sistema de diagnóstico Caterpillar SIS. ET.
- Gatas de 05, 10, 20 30 y 50 toneladas.
- Taladro de manual.
- Pistola de neumática de 1/2".
- Pistola neumática de encaje 3/4".
- Dados de impacto encaje de 3/4 ".
- Dados de Impacto de encaje de 1".
- Torquimetro de encaje de 1/2" de hasta 250 lb-pie.
- Torquimetro de encaje de 3/4" de hasta 500 lb-pie.

Así mismo el almacén contiene equipos de mayor dimensión como:

- Equipo de oxicorte.
- Bomba de trasegar combustible.

- Bomba de trasegar aceites.
- Una Maquina de soldar.
- Equipo de Oxicorte.
- 2 Esmeril de 4 ½".
- Esmeril de 7".
- 1 Tronzadora de 14".
- Tornillo de banco N° 8.
- Tornillo de Banco N° 6.
- Horno de Mantenimiento de electrodos.
- Compresor de aire de 150 litros de 3hp Pistola de pintar.

4.6.2 FASE II: Análisis situacional

Desde el año 2015 la empresa Cosapi Minería S.A.C gano la buena pro en el proyecto Shougang - Desarrollo Sector Este Mina 11, 14 y 19, de explotación de mineral de hierro. En sus yacimientos mineros ubicados a 800 msnm en donde se aplica el aplica el método de explotación a tajo abierto, para esto cuenta con una flota de 20 camiones mineros tipo CAT 785C, contando con un área de mantenimiento para que evalué las condiciones de sus equipos y maquinarias y mejore su disponibilidad.

Para esto se realiza en primer lugar un diagnóstico de la empresa, utilizando dos herramientas administrativas: el análisis FODA y el Diagrama de Ishikahua.

- **Análisis FODA del mantenimiento preventivo inicial**

El análisis FODA es una herramienta que permitió conformar un cuadro de la situación actual de la empresa, permitiendo de esta

manera obtener un diagnóstico preciso que permitió en función de ello, tomar decisiones acordes con los objetivos planteados.

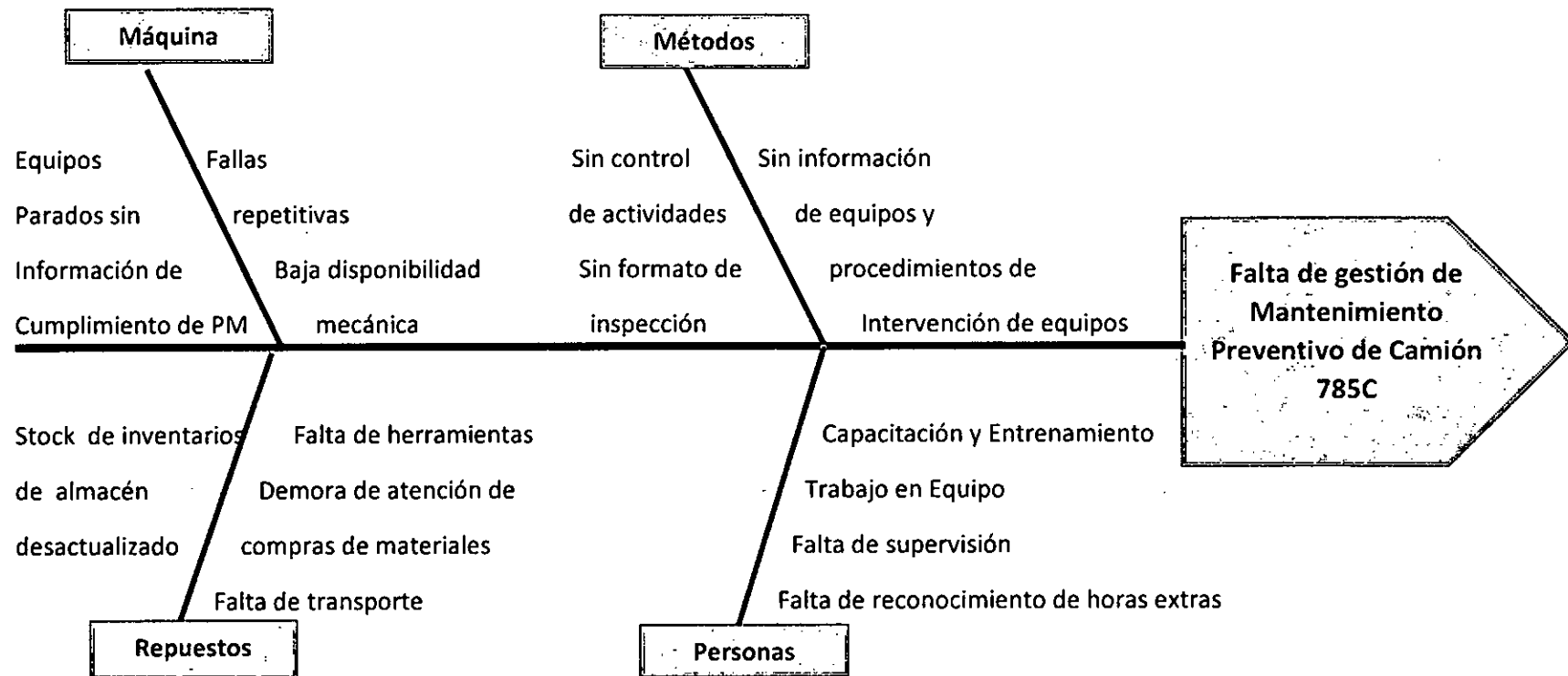
Tabla N° 05: Matriz FODA de Mantenimiento - CAT 785C

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Información técnica de maquinarias y equipos. • Cuenta con personal técnico altamente calificado. • Herramientas y materiales completos. • Cuenta con nuevo formato de actividades preventivas. • Mejoramiento de la disponibilidad mecánica y utilización. • Servicio logístico eficiente. • Almacén ordenado y actualizado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Repuestos de stock de inventario desactualizados. • No se realizaban el lavado general del equipo. • No se cumplía la inspección preventiva en un mantenimiento preventivo según sus horas trabajadas. • Desfase de horas cuando en la ejecución del preventivo. • Personal no capacitado. • No se realizaba el monitoreo predictivo de los compartimiento del equipo. • Incumplimiento de seguridad.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de una zona de lavadero para los camiones. • Actualización de las actividades de mantenimientos preventivos de los equipos según se frecuencia. • Migración de una nueva alternativa de aceite sintético para el motor. • Realización de un formato de inspección preventiva. • capacitación al personal • Generación de un ahorro con la utilización de los filtros alternativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demora de llegada de los repuestos a proyecto. • Salida de personal por mejores oportunidad salarial. • Falta de herramientas para la ejecución de los mantenimientos. • Contaminación de polvo a los compartimientos de los equipos. • Falta de supervisión.

Fuente: Elaboración propia.

• **Análisis causa efecto**

Figura N° 19: Diagrama Causa Efecto de la Flota camión CAT 785C



Fuente: Elaboración propia

- **Criticidad de los equipos.**

De acuerdo a los análisis FODA y causa efecto, obtenido podemos establecer que en el problema crítico encontrado se encuentra en la falta de un mayor seguimiento y monitoreo de los equipos, lo cual impidió la detección a tiempo de desgaste prematuro de 02 camiones mineros, ocasionando una baja en la disponibilidad de la unidad y por ende en la productividad.

Siendo necesario realizar procedimientos de rutina, y un rol de actividades mejor detallado, así como un cambio de lubricante de mayor índice de viscosidad, que permita extender la vida útil de la flota de camiones CAT 785C, por lo que esta migración será monitoreada mediante un análisis de aceite en cada mantenimiento de 250 horas de uso.

4.6.3 FASE III: Diseño del nuevo plan de mantenimiento preventivo

El diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Cosapi Minería S.A.C. se hace con el fin de encontrar y así prevenir los problemas, antes de que estos ocasionen una falla por medio de una lista completa de actividades, realizadas por operarios, para asegurar el correcto funcionamiento de la maquinaria.

- **Selección del nuevo plan de mantenimiento.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación de criticidad, se consideró la implementación de un nuevo plan mantenimiento Preventivo con un mayor monitoreo, considerando los cambios del elemento lubricante, monitoreo y la inclusión de área para las actividades de limpieza de la unidad que reducirá en ingreso de elementos extraños como el silicio dentro del motor y reducir de esta manera las posibles causas de mal funcionamiento.

Tabla N° 06: Mantenimiento a las 250 Horas - CAT 785C

Tipo:	PM 250 HR
Tiempo:	5 HR
DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES
MOTOR	Inspeccionar el nivel de refrigerante
	Apagar el motor
	Limpiar el respiradero del carter del motor.
	Muestrear aceite de motor refrigerante
	Muestrear aceite motor Cambiar filtro de aceite de motor
	Cambiar el filtro de combustible primario secundario
	Verificar nivel de aceite de motor
	Verificar nivel de aceite refrigerante
	Verificar guardas de motor y paletas del ventilador
	Cambiar aceite de Motor
SISTEMA HIDRÁULICO	Liberar la energía de los sistemas hidráulico
	Verificar nivel de aceite hidráulico
DIRECCIÓN	Verificar nivel de aceite de dirección
	Verificar nivel de aceite de transmisión
TRANSMISIÓN	Verificar nivel de aceite de convertidor
RUEDAS DELANTERAS	Inspeccionar los Plug de drenaje de aceite de las ruedas delanteras y mandos finales
	Verificar nivel de aceite de ruedas delanteras
DIFERENCIAL	Verificar nivel de aceite del diferencial y mandos finales
SISTEMA ELÉCTRICO	Inspeccionar indicadores y medidores
	Realizar prueba de alarma de retroceso
	Realizar pruebas de luces
	Inspeccionar bornes, cableado y carga de batería
CABINA	Inspeccionar el sistema de aire acondicionado, secador de aire y calefacción
	Inspeccionar el sistema de aire acondicionado, secador de aire y calefacción
	Revisar estado de Plumillas de limpia parabrisas
	Revisa y rellenar nivel de agua del tanque del limpiaparabrisas
CHASIS	Revisión evaluación del sistema engrase centralizado
	Rellenar el tanque de sistema de auto lubricación y engrasar los puntos del equipo (Grasa Mobilgrease XHP 681)
	Revisión de guardas
	Verificar la rajaduras en el bastidor y pads de soportes de tolva
LLANTAS	Checar el nivel de presión y altura de remanente las llantas
	inspeccionar los rims
FRENOS	Realizar prueba de frenos (en arranque)
SISTEMA NEUMÁTICO	Drenar la humedad y sedimentos del tanque de aire, inspeccione tanques de aire

Fuente: Base de datos Cosapi Minería S.A.C.

Tabla N° 07: Materiales del Mantenimiento a las 250 Horas

REPUESTOS					
ÍTEM	Descripción:	N° de Parte	Marca	Cantidad	UM
1	FILTRO DE ACEITE	275-2604	CATERPILLAR	3	UND
2	FILTRO DE COMBUSTIBLE	251-5885	CATERPILLAR	1	UND
3	FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	CATERPILLAR	2	UND
4	TRAPO INDUSTRIAL SUELTO, COLOR	1R-0755	CATERPILLAR	4	KG
5	ACEITE AUTOMOTRIZ DE MOTOR - SAE 15W-40, MOBIL DELVAC MX ESP (DELVAC MX) 15W-40	15W-40	MOBIL	55	GLN

MANO DE OBRA				
ÍTEM	Descripción:	Cantidad	UM	Horas
1	MECÁNICO MANTENIMIENTO A+	1	UND	5
2	MECÁNICO MANTENIMIENTO B	2	UND	5
3	ELECTRICISTA MANTENIMIENTO A+	1	UND	4
3	CHOFER LUBRICADOR 1	1	UND	3

Fuente: Base de datos Cosapi Minería S.A.C.

Tabla N° 08: Mantenimiento a las 500 Horas - CAT 785C

Tipo	PM 500 HR
Tiempo	9 HR
DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES
MOTOR	Inspeccionar el nivel de refrigerante
	Apagar el motor
	Limpiar el respiradero del carter del motor.
	Muestrear aceite de motor
	Muestrear aceite motor Cambiar filtro de aceite de motor
	Cambiar el filtro de combustible primario secundario
	Reemplazar filtros de aire primario
	Verificar nivel de aceite de motor y refrigerante
	Lubricar cojinete del ventilador y polea de ajuste de correa
	Limpiar la tapa y colador de tanque de combustible
	Cambiar el respiradero de tanque de combustible
	Inspeccionar ajustar y/o reemplazar correas
	Inspeccionar las líneas de motor
	Cambiar aceite de Motor
	Verificar guardas de motor y paletas del ventilador
Verificar_ fajas de alternador	
SISTEMA HIDRÁULICO	Liberar la energía de los sistemas hidráulico
	Verificar nivel de aceite hidráulico
DIRECCIÓN	Verificar nivel de aceite de dirección
	Realizar la prueba de la dirección secundaria
	Reemplazar el filtro de aceite del sistema de dirección

TRANSMISIÓN	Verificar nivel de aceite de transmisión
	Limpiar el screen magnético de la transmisión
	Limpiar respiradero de la transmisión
	Lubricar el Drive Shaft slip joint
	Reemplazar el filtro de transmisión
CONVERTIDOR	Verificar nivel de aceite de convertidor
	Reemplazar el filtro de aceite del torque del convertidor
	Verificar _Reemplazar el screen del torque del convertidor
RUEDAS DELANTERAS	Inspeccionar los Plug de drenaje de aceite de las ruedas delanteras y mandos finales
	Muestrear el aceite de ruedas delanteras
	Cambiar el aceite de las ruedas delanteras_ verificar nivel de aceite(8 gal XFD 60, 4 gal por rueda)
	Reemplazar el respiradero de ruedas delanteras
DIFERENCIAL	Verificar nivel de aceite de direVerificar nivel de aceite de diferencial y mandos finales
SUSPENSIÓN	Revisar los cilindros de suspensión (altura de los cilindros delanteros y posteriores)
SISTEMA ELÉCTRICO	Inspeccionar indicadores y medidores
	Realizar prueba de alarma de retroceso
	Realizar pruebas de luces
	Inspeccionar bornes, cableado y carga de batería
	Revisar contactos y líneas eléctricas de ECM
SISTEMA NEUMÁTICO	Drenar la humedad y sedimentos del tanque de aire, inspeccione tanques de aire
	Limpiar respiradero de tanque de aire (lavas en disolvente no inflamable y dejar secar)
FRENOS	Realizar prueba de frenos
	Reemplazar el filtro Y rejilla del freno de parqueo
CABINA	Inspeccionar los cinturones de seguridad
	Limpiar o reemplace el filtro de aire de cabina
	Limpiar el filtro de aire acondicionado
	Inspeccionar el brazo y articulaciones de limpiaparabrisas
CHASIS	Revisión evaluación del sistema engrase centralizado (calibración de inyectores, funcionamiento de bomba, check list de puntos de lubricación)
	Rellenar el tanque de sistema de auto lubricación y engrasar los puntos del equipo (Grasa Mobilgrease XHP 681)
	Inspeccionar cable de retención de caja de camión
	Inspeccionar cable de retención de caja de camión
LLANTAS	Checar el nivel de presión y altura de remanente las llantas
	inspeccionar los rims

Fuente: Base de datos Cosapi Minería S.A.C.

Tabla N° 09: Materiales del Mantenimiento a las 500 Horas

REPUESTOS					
ITEM	Descripción:	N° de Parte	Marca	Cantidad	UM
1	CONJUNTO DE FILTRO RESPIRADERO	8X-4575	CATERPILLAR	1	UND
2	EMPAQUETADURA	4K-1557	CATERPILLAR	1	UND
3	FILTRO DE ACEITE	275-2604	CATERPILLAR	3	UND
4	FILTRO DE ACEITE	343-4464	CATERPILLAR	1	UND
5	FILTRO DE ACEITE	343-4465	CATERPILLAR	2	UND
6	FILTRO DE ACEITE HIDRÁULICO	1R-0773	CATERPILLAR	1	UND
7	FILTRO DE ACEITE HIDRÁULICO	1R-0778	CATERPILLAR	1	UND
8	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	251-5885	CATERPILLAR	2	UND
9	FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	CATERPILLAR	1	UND
10	FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	CATERPILLAR	1	UND
11	FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	CATERPILLAR	2	UND
12	FILTRO RESPIRADERO DE ROTOCHAMBER	8J-5604	CATERPILLAR	3	UND
13	O RING	2S-8439	CATERPILLAR	1	UND
14	O RING	5F-0149	CATERPILLAR	2	UND
15	RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	CATERPILLAR	1	UND
16	RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	CATERPILLAR	2	UND
17	RESPIRADOR DE TRANSMISIÓN	6G-0078	CATERPILLAR	1	UND
18	SEAL RING	8H-2778	CATERPILLAR	1	UND
19	SELLO ANULAR	033-6031	CATERPILLAR	3	UND
20	SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISIÓN	6V-3319	CATERPILLAR	1	UND
21	SELLO DE FILTRO DE CONVERTIDOR DE TORQUE	8T-6444	CATERPILLAR	2	UND
22	SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISIÓN.	6V-3835	CATERPILLAR	1	UND
23	SELLO DE RESPIRADOR DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	2J-0157	CATERPILLAR	1	UND
24	TRAPO INDUSTRIAL SUELTO, COLOR	-		6	KG
25	ACEITE AUTOMOTRIZ DE MOTOR - SAE 15W-40, MOBIL DELVAC MX ESP (DELVAC MX) 15W-40	15W-40	MOBIL	55	GLN

MANO DE OBRA				
ITEM	Descripción:	Cantidad	UM	Horas
1	ELECTRICISTA MANTENIMIENTO A+	1	UND	6
2	MECANICO MANTENIMIENTO B	2	UND	9
3	MECANICO MANTENIMIENTO A+	1	UND	9
4	CHOFER LUBRICADOR 1	1	UND	3

Fuente: Base de datos Cosapi Minería S.A.C.

Tabla N° 10: Mantenimiento a las 1000 Horas - CAT 785C

Tipo	PM 1000 HR
Tiempo	14 HR

DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES
MOTOR	Inspeccionar el nivel de refrigerante
	Apagar el motor
	Limpiar el respiradero del carter del motor.
	Muestrear aceite de motor
	Muestrear aceite motor Cambiar filtro de aceite de motor
	Cambiar el filtro de combustible primario secundario
	Reemplazar filtros de aire primario secundario
	Verificar nivel de aceite de motor y refrigerante
	Lubricar cojinete del ventilador y polea de ajuste de correa
	Limpiar la tapa y colador de tanque de combustible
	Cambiar el respiradero de tanque de combustible
	Inspeccionar ajustar y/o reemplazar correas
	Inspeccionar las líneas de motor
	Verificar indicadores de restricción y prelimpiadores
	Cambiar aceite de Motor
	Verificar guardas de motor y paletas del ventilador
SISTEMA HIDRÁULICO	Liberar la energía de los sistemas hidráulico
	Verificar nivel de aceite hidráulico
	Muestrear aceite del sistema hidráulico.
	Reemplazar el respiradero del tanque hidráulico
	Dializar aceite de sistema hidráulico
	Temperatura del aceite sobre 38°C / la prueba se realiza en alta en vacío
DIRECCIÓN	Muestrear aceite del sistema de dirección.
	Verificar nivel de aceite de dirección
	Realizar la prueba de la dirección secundaria
	Reemplazar el filtro de aceite del sistema de dirección
	Cambiar el aceite de dirección (24 gal SAE 10W)
	Inspeccionar los ball stud de dirección
	Inspeccionar los linkage de dirección

TRANSMISIÓN	Muestrear aceite de transmisión y torque del convertidor
	Verificar nivel de aceite de transmisión
	Limpiar el screen magnético de la transmisión
	Limpiar respiradero de la transmisión
	Lubricar el Drive Shaft slip joint
	Reemplazar el filtro de transmisión
	Cambiar el aceite del tanque de transmisión (21 gal, SAE HD 30)
CONVERTIDOR	Verificar nivel de aceite de convertidor
	Reemplazar el filtro de aceite del torque del convertidor
	Verificar _Reemplazar el screen del torque del convertidor
RUEDAS DELANTERAS	Inspeccionar los Plug de drenaje de aceite de las ruedas delanteras y mandos finales
	Muestrear el aceite de ruedas delanteras
	Cambiar el aceite de las ruedas delanteras_ verificar nivel de aceite(8 gal XFD 60, 4 gal por rueda)
	Reemplazar el respiradero de ruedas delanteras
DIFERENCIAL	Verificar nivel de aceite de diferencial y mandos finales
	Reemplazar el filtro del eje posterior
	Inspeccionar los Pug de drenaje de aceite de mandos finales
	Reemplazar el respiradero del diferencial
	Reemplazar el respiradero del eje delantero
	Dializar el aceite de diferencial mandos finales y tomar muestra después del dializado
<td>Checar el thrust Pin del diferencial</td>	Checar el thrust Pin del diferencial
SUSPENSIÓN	Revisar los cilindros de suspensión (altura de los cilindros delanteros y posteriores)
SISTEMA ELÉCTRICO	Inspeccionar indicadores y medidores
	Realizar prueba de alarma de retroceso
	Realizar pruebas de luces
	Inspeccionar bornes, cableado y carga de batería
	Revisar contactos y líneas eléctricas de ECM
	Inspeccionar las baterías (desmontarla, checar carga, acido, y de ser necesario rellenar bornes)
SISTEMA NEUMÁTICO	Drenar la humedad y sedimentos del tanque de aire, inspeccione tanques de aire
	Limpiar respiradero de tanque de aire (lavas en disolvente no inflamable y dejar secar)
	Reemplazar_ el Desiccant del secador de aire
FRENOS	Realizar prueba de frenos
	Reemplazar el filtro Y rejilla del freno de parqueo
	Inspeccionar los frenos de servicio, realice prueba de freno
CABINA	Inspeccionar el sistema de aire acondicionado, secador de aire y calefacción
	Limpiar el filtro de aire acondicionado
	Inspeccionar el brazo y articulaciones de limpiaparabrisas
	Limpiar o reemplace el filtro de aire de cabina
	Cambiar_ el filtro de aire acondicionado
Lubricar e inspeccione la suspensión del asiento	

CHASIS	Revisión evaluación del sistema engrase centralizado (calibración de inyectores, funcionamiento de bomba, check list de puntos de lubricación)
	Rellenar el tanque de sistema de auto lubricación y engrasar los puntos del equipo (Grasa Mobilgrease XHP 681)
	Verificar la rajaduras en el bastidor y pads de soportes de tolva
	Inspeccionar cable de retención de caja de camión
	Inspeccionar los ROPS
	Limpiar e inspeccione el chasis, carrocería, y los soportes de apoyo.
	Verificar la rajaduras en el bastidor y pads de soportes de tolva
LLANTAS	Checar el nivel de presión y altura de remanente las llantas
	inspeccionar los rims
GENERAL	Realizar el corte de filtros para análisis

Fuente: Base de datos Cosapi Minería S.A.C.

Tabla N° 11: Materiales del Mantenimiento a las 1000 Horas

REPUESTOS					
ITEM	Descripción:	N° de Parte	Marca	Cant.	UM
1	CONJUNTO DE FILTRO RESPIRADERO	8X-4575	CATERPILLAR	1	UND
2	EMPAQUETADURA	4K-1557	CATERPILLAR	1	UND
3	FILTRO DE ACEITE	275-2604	CATERPILLAR	3	UND
4	FILTRO DE ACEITE	343-4464	CATERPILLAR	1	UND
5	FILTRO DE ACEITE	343-4465	CATERPILLAR	2	UND
6	FILTRO DE ACEITE HIDRÁULICO	1R-0773	CATERPILLAR	1	UND
7	FILTRO DE ACEITE HIDRÁULICO	1R-0778	CATERPILLAR	1	UND
8	FILTRO DE AIRE	251-5885	CATERPILLAR	2	UND
9	FILTRO DE AIRE DE CABINA	107-0266	CATERPILLAR	1	UND
10	FILTRO DE AIRE DE CABINA	119-3355	CATERPILLAR	1	UND
11	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	9Y-7663	CATERPILLAR	2	UND
12	FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	CATERPILLAR	1	UND
13	FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	CATERPILLAR	1	UND
14	FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	CATERPILLAR	2	UND
15	FILTRO RESPIRADERO DE ROTOCHAMBER	8J-5604	CATERPILLAR	3	UND
16	O RING	2S-8439	CATERPILLAR	1	UND
17	O RING	5F-0149	CATERPILLAR	2	UND
18	RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	CATERPILLAR	1	UND
19	RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	CATERPILLAR	2	UND
20	RESPIRADOR DE TRANSMISIÓN	6G-0078	CATERPILLAR	1	UND
21	SEAL RING	8H-2778	CATERPILLAR	1	UND
22	SELLO ANULAR	033-6031	CATERPILLAR	3	UND
23	SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISIÓN	6V-3319	CATERPILLAR	1	UND
24	SELLO DE FILTRO DE CONVERTIDOR DE TORQUE	8T-6444	CATERPILLAR	2	UND

25	SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISIÓN.	6V-3835	CATERPILLAR	1	UND
26	SELLO DE RESPIRADOR DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	2J-0157	CATERPILLAR	1	UND
27	TRAPO INDUSTRIAL SUELTO, COLOR	-	-	4	KG
28	PAÑO INDUSTRIAL DE CELULOSA Y POLIPROPILENO, DE 28cm X 42 cm, ROLLO DE 60 und	-	-	1	RLL
29	ACEITE AUTOMOTRIZ DE MOTOR - SAE 15W-40, MOBIL DELVAC 15W-40	15W 40	MOBIL	55	GLN
30	ACEITE AUTOMOTRIZ DE TRANSMISIÓN - SAE 60, MOBILUBE XFD 60	SAE 60	MOBIL	8	GLN
31	ACEITE AUTOMOTRIZ DE TRANSMISIÓN - SAE 30, MOBILTRANS HD 30	SAE 30	MOBIL	21	GLN
32	ACEITE AUTOMOTRIZ DE TRANSMISIÓN HIDRÁULICA - SAE 10W, MOBIL TRANS HD 10W	SAE 10	MOBIL	24	GLN

MANO DE OBRA				
ITEM	Descripción:	Cantidad	UM	Horas
1	CHOFER LUBRICADOR 1	1	UND	4
2	CHOFER LUBRICADOR 2	2	UND	4
3	ELECTRICISTA MANTENIMIENTO A+	1	UND	10
4	LLANTERO MANTENIMIENTO A+	1	UND	2
5	SOLDADOR MANTENIMIENTO A	2	UND	8
6	MECÁNICO MANTENIMIENTO B	2	UND	14
7	MECÁNICO MANTENIMIENTO A+	1	UND	14

Fuente: Base de datos Cosapi Minería S.A.C.

Tabla N° 12: Mantenimiento a las 2000 Horas - CAT 785C

Tipo	PM 2000 HR
Tiempo	20 HR
DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES
MOTOR	Inspeccionar el nivel de refrigerante
	Apagar el motor
	Limpiar el respiradero del carter del motor.
	Muestrear aceite de motor
	Muestrear aceite motor Cambiar filtro de aceite de motor
	Cambiar el filtro de combustible primario secundario
	Reemplazar filtros de aire primario secundario
	Verificar nivel de aceite de motor y refrigerante
	Lubricar cojinete del ventilador y polea de ajuste de correa
	Limpiar la tapa y colador de tanque de combustible
	Cambiar el respiradero de tanque de combustible
	Inspeccionar ajustar y/o reemplazar correas
	Inspeccionar las líneas de motor
	Verificar indicadores de restricción y pre limpiadores
	Cambiar el respiradero de tanque de combustible
	Verificar juego axial, fuga de gases de turbos
	Cambiar aceite de Motor
	PRUEBAS EN BAJA EN VACÍO
	Comprobar la velocidad del motor (especificado 700 rpm)
	Comprobar la presión de aceite del motor (especificado 40 - 90 psi)
	Comprobar la temperatura del refrigerante (especificado 170 - 194°f)
	Comprobar la presión del combustible (especificado 60 - 95 psi)
	Pruebas en alta en vacío
	Comprobar la velocidad del motor (especificado 1935 rpm)
	Comprobar la presión de aceite del motor (especificado 40 - 90 psi)
	Comprobar la temperatura del refrigerante (especificado 170 - 194°f)
	Comprobar la presión del combustible (especificado 60 - 95 psi)
	PRUEBAS DEL MOTOR EN CALADO
	Comprobar la velocidad del motor (especificado 1642 ± 65 rpm)
	Comprobar la presión de aceite del motor (especificado 40 - 90 psi)
	Comprobar la temperatura del refrigerante (especificado 170 - 194°f)
	Comprobar la presión del combustible (especificado 60 - 95 psi)
	Comprobar la presión de refuerzo (especificado 17 - 25 psi)
	Comprobar la temperatura de los gases de escape rh (especificado 600 - 1000°f)
	Comprobar la temperatura de los gases de escape lh (especificado 600 - 1000°f)
	Comprobar la presión de gases del cárter (especificado 0 - 4 "h2o)
	MEDICIÓN DEL FLUJO DE LOS GASES DEL CÁRTER (BLOW-BY)
	EN CARRERA DE COMPRESIÓN
	calibrar válvulas de admisión (cil. 1-3-6-7-10-12) (especificado: 0.020 pulg)
	calibrar válvulas de escape (cil. 1-4-5-6-9-12) (especificado: 0.040 pulg)

	calibrar altura de inyectores (cil 2-4-5-8-9-11) (especificado 64.34 mm o 2.53 pulg)
	EN CARRERA DE COMPRESIÓN
	calibrar válvulas de admisión (cil. 2-4-5-8-9-11) (especificado: 0.020 pulg)
	calibrar válvulas de escape (cil. 2-3-7-8-10-11) (especificado: 0.040 pulg)
	calibrar altura de inyectores (cil 1-3-6-7-10-12) (especificado 64.34 mm o 2.53 pulg)
SISTEMA HIDRÁULICO	Liberar la energía de los sistemas hidráulico
	Muestrear aceite del sistema hidráulico.
	Reemplazar el respiradero del tanque hidráulico
	Cambiar el aceite hidráulico (Hoist, Torque Converter and Brake tank oil)
	Cambiar filtros de aceite hidráulicos
	Verificar nivel de aceite hidráulicos
	Cambiar el aceite de hidráulico (89 gal SAE 10W)
	Temperatura del aceite sobre 38°C / la prueba se realiza en alta en vacío
	Comprobar la presión de la válvula de alivio (high pressure) (especificado 2500 - 2600 psi)
	Comprobar la presión de la válvula de alivio (low pressure) (especificado 500 - 550 psi)
	Comprobar el tiempo de levante de los cilindros hidráulicos (especificado 18 segundos)
DIRECCIÓN	Muestrear aceite del sistema de dirección.
	Verificar nivel de aceite de dirección
	Realizar la prueba de la dirección secundaria
	Reemplazar el filtro de aceite del sistema de dirección
	Inspeccionar los ball stud de dirección
	Inspeccionar los linkage de dirección
Cambiar el aceite de dirección (24 gal SAE 10W)	
TRANSMISIÓN	Muestrear aceite de transmisión y torque del convertidor
	Verificar nivel de aceite de transmisión
	Limpiar el screen magnético de la transmisión
	Limpiar respiradero de la transmisión
	Lubricar el Drive Shaft slip joint
	Reemplazar el filtro de transmisión
	Cambiar el aceite del tanque de transmisión (21 gal, SAE HD 30)
	Ajustar el Engranaje de transferencia End Play del eje posterior
CONVERTIDOR	Verificar nivel de aceite de convertidor
	Reemplazar el filtro de aceite del torque del convertidor
	Verificar Reemplazar el screen del torque del convertidor
	Cambiar el aceite hidráulico (Hoist, Torque Converter and Brake tank oil)
RUEDAS DELANTERAS	Inspeccionar los Plug de drenaje de aceite de las ruedas delanteras y mandos finales
	Verificar nivel de aceite de ruedas delanteras
	Cambiar el aceite de las ruedas delanteras_ verificar nivel de aceite(8 gal XFD 60, 4 gal por rueda)
	Reemplazar el respiradero de ruedas delanteras

DIFERENCIAL	Muestrear aceite del diferencial.
	Muestrear el aceite de mandos finales.
	Verificar nivel de aceite de diferencial y mandos finales
	Reemplazar el filtro del eje posterior
	Inspeccionar los Pug de drenaje de aceite de mandos finales
	Reemplazar el respiradero del diferencial
	Cambiar aceite del diferencial y mandos finales (140 gal, XFD60)
	Verificar espacio libre del pasador de tope del diferencial
SUSPENSIÓN	Revisar los cilindros de suspensión (altura de los cilindros delanteros y posteriores)
	Cambiar el aceite de dirección (4 gal SAE 10W)
SISTEMA ELÉCTRICO	Inspeccionar indicadores y medidores
	Realizar prueba de alarma de retroceso
	Realizar pruebas de luces
	Inspeccionar bornes, cableado y carga de batería
	Revisar contactos y líneas eléctricas de ECM
	Inspeccionar las baterías (desmontarla, checar carga, acido, y de ser necesario rellenar bornes
	Inspeccionar conexiones y líneas de alternador
	Inspeccionar conexiones y líneas de arrancador
SISTEMA NEUMÁTICO	Drenar la humedad y sedimentos del tanque de aire, inspeccione tanques de aire
	Limpiar respiradero de tanque de aire (lavas en disolvente no inflamable y dejar secar)
	Reemplazar_ el Desiccant del secador de aire
FRENOS	Realizar prueba de frenos
	Reemplazar el filtro Y rejilla del freno de parqueo
	Inspeccionar los frenos de servicio, realice prueba de freno
CABINA	Inspeccionar el sistema de aire acondicionado, secador de aire y calefacción
	Inspeccionar los cinturones de seguridad
	Limpiar el filtro de aire acondicionado
	Inspeccionar el brazo y articulaciones de limpiaparabrisas
	Cambiar el filtro de aire de cabina RESPA
	Cambiar el filtro de aire acondicionado
CHASIS	Lubricar e inspeccione la suspensión del asiento
	Revisión evaluación del sistema engrase centralizado (calibración de inyectores, funcionamiento de bomba, check list de puntos de lubricación)
	Rellenar el tanque de sistema de auto lubricación y engrasar los puntos del equipo (Grasa Mobilgrease XHP 681)
	Verificar la rajaduras en el bastidor y pads de soportes de tolva
	Inspeccionar cable de retención de caja de camión
	Inspeccionar los ROPS
	Limpiar e inspeccione el chasis, carrocería, y los soportes de apoyo.
	Inspeccionar cable de retención de caja de camión
Verificar el juego axial de caja del eje trasero	
LLANTAS	Checar el nivel de presión y altura de remanente las llantas
	Inspeccionar los rims
GENERAL	Realizar el corte de filtros para análisis

CONVERTIDOR @ TRANSMISION	Prueba a 1300rpm / transmisión en n1 / freno de parqueo aplicado / solenoides "LU", "US", "DS" desconectados / harness conectado del "DS" al "LU"
	Comprobar la presión máxima del embrague de traba del TC "LU" (especificado 310 ± 10 psi)
	Prueba en baja en vacío / temperatura del aceite 82 - 121°C / freno de parqueo aplicado / transmisión en n1
	Comprobar la presión de la bomba de carga de la transmisión "L" (especificado: como mínimo 365 psi)
	Comprobar la presión de lubricación de la transmisión "N" (especificado: como mínimo 0.6 psi)
	Prueba en alta en vacío / temperatura del aceite 82 - 121°C / freno de parqueo aplicado / transmisión en N1
	Comprobar la presión de la bomba de carga de la transmisión "L" (especificado: como mínimo 461 psi)
	Comprobar la presión de lubricación de la transmisión "N" (especificado: 20 - 30 psi)

Fuente: Base de datos Cosapi Minería S.A.C.

Tabla N° 13: Materiales del Mantenimiento a los 2000 Horas

REPUESTOS					
ITEM	Descripción:	N° de Parte	Marca	Cant.	UM
1	CONJUNTO DE FILTRO RESPIRADERO	8X-4575	CATERPILLAR	1	UND
2	EMPAQUETADURA	4J-3815	CATERPILLAR	1	UND
3	EMPAQUETADURA	4K-1557	CATERPILLAR	1	UND
4	FILTRO DE ACEITE	275-2604	CATERPILLAR	3	UND
5	FILTRO DE ACEITE	343-4464	CATERPILLAR	1	UND
6	FILTRO DE ACEITE	343-4465	CATERPILLAR	2	UND
7	FILTRO DE ACEITE HIDRÁULICO	1R-0773	CATERPILLAR	1	UND
8	FILTRO DE ACEITE HIDRÁULICO	1R-0778	CATERPILLAR	1	UND
9	FILTRO DE AIRE	251-5885	CATERPILLAR	2	UND
10	FILTRO DE AIRE DE CABINA	107-0266	CATERPILLAR	1	UND
11	FILTRO DE AIRE DE CABINA	119-3355	CATERPILLAR	1	UND
12	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	9Y-7663	CATERPILLAR	2	UND
13	FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	CATERPILLAR	1	UND
14	FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	CATERPILLAR	1	UND
15	FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	CATERPILLAR	2	UND
16	FILTRO RESPIRADERO DE ROTOCHAMBER	8J-5604	CATERPILLAR	3	UND
17	GASKET	9H-6454	CATERPILLAR	1	UND
18	O RING	2S-8439	CATERPILLAR	1	UND
19	O RING	5F-0149	CATERPILLAR	2	UND
20	RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	CATERPILLAR	1	UND
21	RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	CATERPILLAR	2	UND
22	RESPIRADOR DE TRANSMISIÓN	6G-0078	CATERPILLAR	1	UND
23	SEAL RING	8H-2778	CATERPILLAR	1	UND

24	SELLO ANULAR	033-6031	CATERPILLAR	3	UND
25	SELLO ANULAR	2H-3932	CATERPILLAR	1	UND
26	SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISIÓN	6V-3319	CATERPILLAR	1	UND
27	SELLO DE FILTRO DE CONVERTIDOR DE TORQUE	8T-6444	CATERPILLAR	2	UND
28	SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISIÓN	6V-3835	CATERPILLAR	1	UND
29	SELLO DE RESPIRADOR DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	2J-0157	CATERPILLAR	1	UND
30	SHIM PACK	8X-0570	CATERPILLAR	1	UND
31	SHIM PACK	9M-5874	CATERPILLAR	1	UND
32	TRAPO INDUSTRIAL SUELTO, COLOR	-	-	8	KG
33	FILTRO ELEMENTO HIDRÁULICO	6E-1473	CATERPILLAR	1	UND
34	PAÑO INDUSTRIAL DE CELULOSA Y POLIPROPILENO, DE 28cm X 42 cm	-	-	1	RLL
35	ACEITE AUTOMOTRIZ DE MOTOR - SAE 5W-40, MOBIL DELVAC 1 ESP 5W-40	5W-40	MOBIL	55	GLN
36	ACEITE AUTOMOTRIZ DE TRANSMISIÓN - SAE 60, MOBILUBE XFD 60	SAE-60	MOBIL	8	GLN
37	ACEITE AUTOMOTRIZ DE TRANSMISIÓN - SAE 30, MOBILTRANS HD 30	SAE-30	MOBIL	21	GLN
38	ACEITE AUTOMOTRIZ DE TRANSMISIÓN HIDRÁULICA - SAE 10W, MOBIL TRANS HD 10W	SAE-10	MOBIL	24	GLN
39	ACEITE AUTOMOTRIZ DE TRANSMISIÓN - SAE 60, MOBILUBE XFD 60	SAE-60	MOBIL	21	GLN
40	ACEITE AUTOMOTRIZ DE TRANSMISIÓN - SAE 60, MOBILUBE XFD 60	SAE-60	MOBIL	140	GLN
41	ACEITE AUTOMOTRIZ DE TRANSMISIÓN HIDRÁULICA - SAE 10W, MOBIL TRANS HD 10W	SAE-10	MOBIL	90	GLN

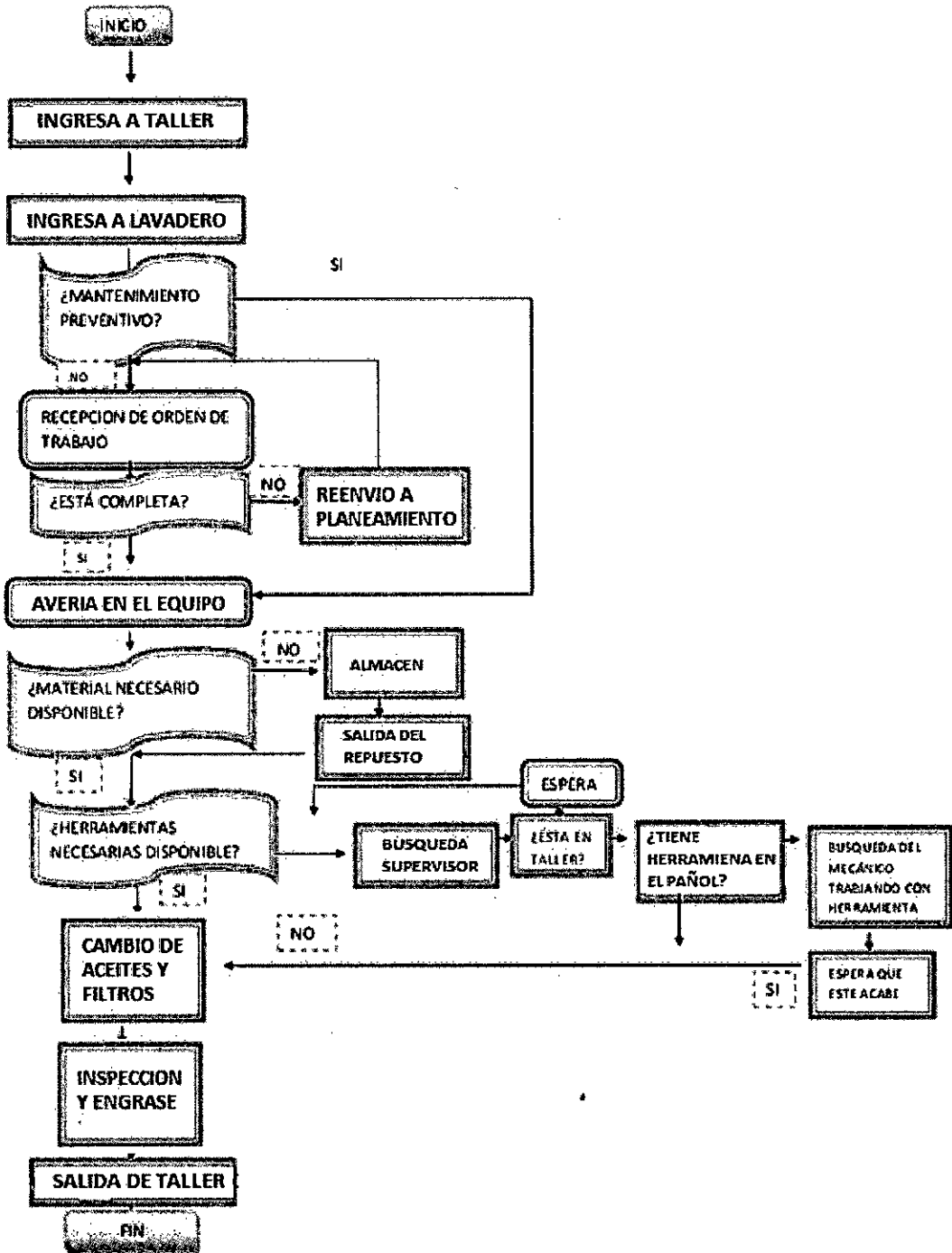
MANO DE OBRA				
ITEM	Descripción:	Cantidad	UM	Horas
1	CHOFER LUBRICADOR 1	1	UND	4
2	CHOFER LUBRICADOR 2	2	UND	4
3	ELECTRICISTA MANTENIMIENTO A+	1	UND	12
4	LLANTERO MANTENIMIENTO A+	1	UND	4
5	MECÁNICO MANTENIMIENTO A	1	UND	20
6	MECÁNICO MANTENIMIENTO A+	1	UND	20
7	SOLDADOR MANTENIMIENTO A	1	UND	8

Fuente: Base de datos Cosapi Minería S.A.C.

En resumen con el nuevo plan, los tiempos de mantenimiento de los camiones mineros CAT 785C, cada 2000 Horas de disponibilidad será

igual a 48 Horas, las cuales son 6 horas menor que en el mantenimiento anterior, aumentando con ello aún más la disponibilidad de las unidades.

Figura N° 20: Flujograma de Actividades de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia.

4.6.4 FASE IV: Implementación del nuevo plan de mantenimiento.

La implementación implicó la adecuación de un área para la limpieza que es un lavadero de equipos, esta área es muy importante debido a que se evita la contaminación de los compartimiento cuando se ejecute su mantenimiento preventivo programado, adquisición de materiales y equipos para garantizar la operatividad de dicho proceso, así como el cambio de insumos como el aceite de motor y filtros el cual reducirá el tiempo de intervención y los costos de mantenimiento ya que los consumibles serán alternativos y fabricados de la misma casa de los que lo solicitaba nuestro anterior proveedor, se migro a los filtros alternativos Donaldson debido a que su precio da rentabilidad a la empresa en comparación a los filtros Caterpillar que se utilizaban, los filtros mencionados tienen las mismas características y aplicación además tienen la misma procedencia de fabricación, por lo que se fue necesario un nuevo plan de mantenimiento y procedimientos que contenga todos estos cambios realizados:

- **Elaboración del procedimiento de mantenimiento.**

Previo al inicio de los trabajos, el supervisor responsable lidera la instrucción diaria de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, siendo este quien verificara los peligros, riesgos y controles detectados en la IPERC continuo realizada con la participación de todos los involucrados en la actividad, brinda la orden de trabajo y las condiciones necesarias para el inicio de las labores.

Procedimiento para lubricación de equipos

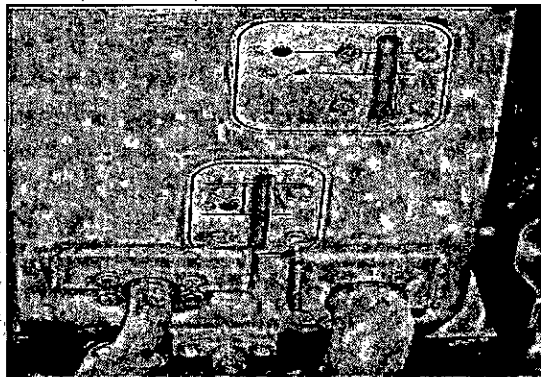
- Si la lubricación se realiza dentro del programa de mantenimiento, el Técnico Mecánico ejecuta el lavado el equipo previamente. Si la tarea se realiza en campo, no se realiza lavado.

- Ubicación del equipo en el área de trabajo: El Operador del Equipo y el Técnico Mecánico mantienen comunicación constante durante el traslado y estacionamiento del equipo a la al taller de mantenimiento mediante las paletas Siga/Pare, el tránsito se realiza por zonas señalizadas y libres de obstáculos. Si la tarea se realiza en campo, el Operador del Equipo ubica la unidad en una zona plana y delimitada.
- El Operador del Equipo instala los dispositivos de seguridad (Seguro de tolva, traba de dirección, otros) y aplica el freno de estacionamiento, apagar el motor diesel (Usa el turbo timer). Luego coloca los tacos de seguridad en la llanta Pos. 1. Luego, el Técnico Mecánico señala la zona de trabajo con señales preventivas y cuatro (dos) conos de seguridad.
- Aislamiento Seguro de Energía del Equipo: El Técnico Mecánico libera la presión de los sistemas hidráulicos, teniendo en cuenta que:
 - ✓ En sistemas de dirección: Girar el timón en la cabina en ambas direcciones
 - ✓ En sistema de implementos: Mover las palancas en todas las posiciones.
 - ✓ En sistemas de frenos: Pisar el pedal de freno hasta descargar los acumuladores.
- El Técnico Mecánico libera la presión del tanque de aceite, empuja el botón de la válvula de alivio, afloja lentamente la tapa de llenado de aceite y procede a eliminar las energías residuales.
- El Técnico Mecánico gira la llave del interruptor principal (conejo) a la posición desconectada, y procede a la Colocación de candado y tarjeta de bloqueo (Lockout y Tagout)

- Lubricación: El Técnico Mecánico ubica la bandeja antiderrame y verifica el nivel del motor diésel:
 - ✓ Con la máquina apagada, verifique que el nivel se encuentre entre las marcas
 - ✓ “ADD” y “FULL” ENGINE STOPPED.
 - ✓ Con la máquina prendida, verifique que el nivel se encuentre entre las marcas
 - ✓ “ADD” y “FULL” ENGINE IDLE.

- El Técnico Mecánico verifica el nivel del tanque de aceite de dirección:
 - ✓ Con la máquina prendida verifique que el nivel se encuentre en FULL en la mirilla 1.
 - ✓ Con la máquina prendida verifique que el nivel se encuentre en la mirilla 2

Figura N° 21: Tanque de aceite camión CAT 785C

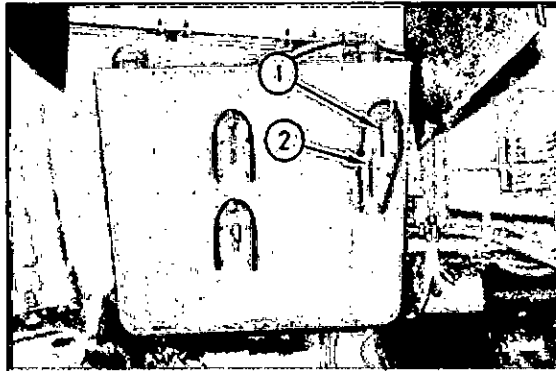


Fuente: Elaboración Propia.

- El Técnico Mecánico verifica el nivel de aceite del tanque de transmisión.
 - ✓ Con la máquina apagada verifique que el nivel se encuentre en la mirilla inferior 2: Aceite frio.

- ✓ Con la máquina prendida verifique que el nivel se encuentre en la mirilla superior 1: Aceite a temperatura de operación.

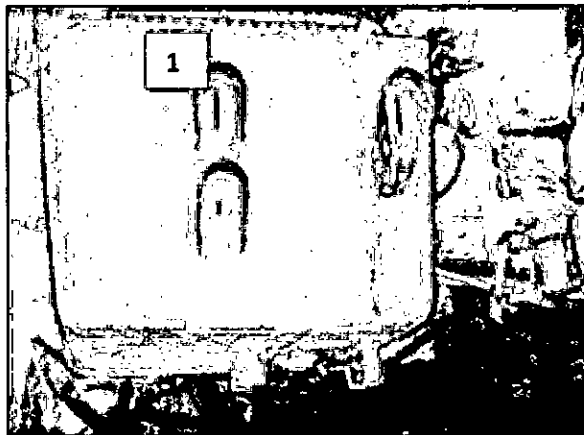
Figura N° 22: Nivel de aceite en el tanque de transmisión



Fuente: Elaboración Propia.

- El Técnico Mecánico verifica el nivel de aceite del tanque hidráulico y convertidor.
 - ✓ Con la máquina apagada y la tolva abajo, el nivel debe encontrarse en la mirilla superior 1.
 - ✓ Con la máquina prendida y la tolva abajo, el nivel debe observarse en la mirilla superior 1.

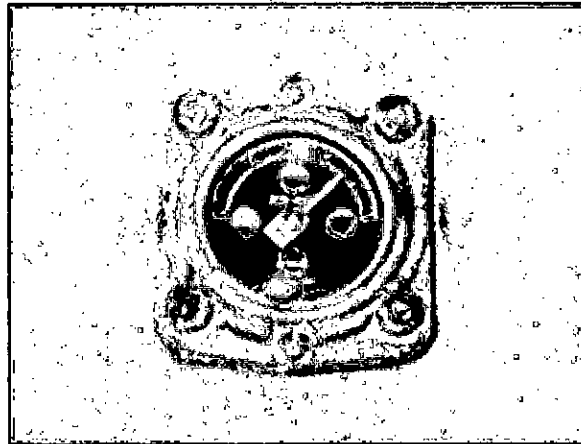
Figura N° 23: Nivel de aceite en el tanque hidráulico



Fuente: Elaboración Propia.

- El Técnico Mecánico verifica el nivel del refrigerante: Con la máquina prendida o apagada el indicador debe encontrarse en el rango verde.

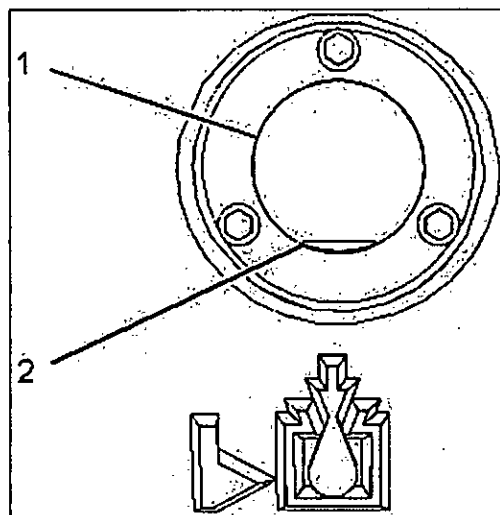
Figura N° 24: Nivel de refrigerante camión CAT 785C



Fuente: Elaboración Propia.

- El Técnico Mecánico verifica el nivel de aceite del diferencial y mandos, el nivel de aceite según especificación debe ser visible 1".

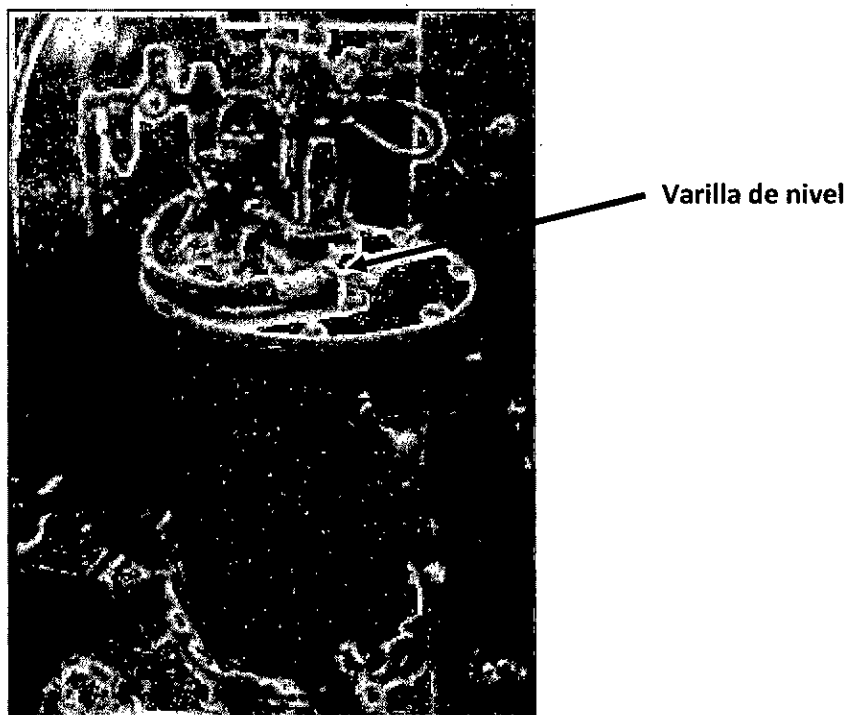
Figura N° 25: Nivel de aceite del diferencial y mandos



Fuente: Elaboración Propia.

- El Técnico Mecánico verifica el nivel de grasa en el tanque, la varilla de nivel debe llegar a la marca FULL.

Figura N° 26: Nivel de grasa en el tanque camión CAT 785C



Fuente: Elaboración Propia.

- Luego de verificar todos los niveles de los lubricantes, el Técnico Mecánico procede a rellenar el aceite en su compartimento, si es necesario; haciendo uso de la bandeja antiderrame. Realiza el engrase punto por punto del equipo, donde no llegue la grasa del sistema centralizado. Luego revisa los filtros de aire y realiza el soplado, según su estado.
- Finalmente, El Técnico Mecánico Lubricador (Electricista) aplica el orden y limpieza, almacena los residuos generados en los contenedores específicos para este fin, registra el horómetros y tiempos empleados en la tarea en la O/T y comunica la conclusión de las actividades al Supervisor inmediato.

Procedimiento para izaje de componentes

- El Operador de Camión Grúa inspecciona visualmente el equipo (vuelta de gallo) y elabora el pre-uso "Check List" del equipo.
- El Operador de Camión Grúa realiza el pre-uso de herramientas, luego junto al Supervisor elaboran el PETAR antes de iniciar la actividad.
- El Rigger delimita el área de trabajo dentro del radio de acción de la maniobra de izaje evitando el ingreso de personas ajenas a la maniobra. La delimitación se realiza con cinta amarilla y conos de seguridad.
- El Operador de Camión Grúa verifica el estado de la grúa y que la capacidad sea mayor al componente a manipular, según su tabla de carga. Asimismo, verifica cables, eslingas y grilletes, los cuales deben ser de tamaño y resistencia adecuada. Los accesorios de izaje deben tener la cinta de color de acuerdo al mes de inspección.
- El Rigger coloca líneas de viento según sea el caso. El número y longitud de las líneas de viento dependen del tamaño, forma, peso y ubicación del componente, se verifica el terrero donde se va realizar la maniobra.
- En caso haya algún incidente en la maniobra, el Operador de Camión Grúa suspende la actividad para reevaluar los riesgos. Asimismo, en caso se requiera, realizar el lavado del equipo previamente.
- Aseguramiento del componente: El Operador de Camión Grúa verifica las dimensiones, centro de gravedad y estabilidad del componente (sólido o líquido).

- El Rigger coloca las herramientas de aseguramiento (cables, eslingas y grilletes) que deben ser de tamaño y resistencia adecuada, deben estar previamente inspeccionadas. En caso de emplear grilletes, el Operador de Camión Grúa verifica la buena ubicación y colocación de los mismos.
- Maniobra de izaje: El Operador de Camión Grúa asegura la estabilidad del equipo con los estabilizadores extendidos en su totalidad en piso estable y las ruedas separadas del piso, seguido, coloca los tacos de madera. El Operador de Camión Grúa debe tener en cuenta que la instalación de caballetes, tacos y/o parihuelas se colocan a una longitud adecuada al radio de giro del camión grúa.
- El Operador de Camión Grúa ubica el equipo en forma perpendicular al componente con su respectivo Rigger, quien estará a una distancia prudente.
- El Técnico que solicita la maniobra comunica al Operador de Camión Grúa la ubicación final del componente. El Operador de Camión Grúa proceder a izar el componente lentamente sin hacer giros bruscos de acuerdo a las indicaciones del Rigger. Una vez elevado el componente, no debe ingresar personal en la zona bajo el componente suspendido.
- El Operador de Camión Grúa baja el componente suspendido a nivel del piso sobre caballetes (si se requiere) en una zona plana. Durante esta maniobra no debe ubicarse personal debajo del componente.
- Una vez ubicado el componente en la posición adecuada, no se debe permitir el ingreso de personal ajeno a la maniobra hasta que el Supervisor de Área lo indique.

- El Rigger verifica que el componente esté totalmente asentada en el piso, luego retira los cables, grilletes, eslingas, ganchos, otros del componente. El Rigger y Operador de Camión Grúa mantienen constante comunicación.
- Bajo condiciones de neblina densa, visibilidad menor a cuarenta (40) metros aprox., paralice las actividades y reporte al Supervisor de Mantenimiento y/o Técnico que solicita la maniobra.
- Aseguramiento del componente para el transporte (opcional): Una vez colocado el componente sobre su plataforma, el Rigger asegura la cara del componente con eslingas, cadenas y/o tacos.
- Se procede a la señalización del camión grúa cuando el componente sobrepase las dimensiones de la plataforma. Si el componente sobrepase un metro como mínimo de la plataforma del componente del camión grúa, el Operador de Camión Grúa solicita un vehículo que plotee al camión grúa para su desplazamiento.

Procedimiento para cambio de manguera hidráulica

- El Operador del Equipo activa el freno de estacionamiento, Luego, el Técnico Mecánico señala la zona de trabajo con señales preventivas y cuatro conos de seguridad, así como los tacos al equipo, en caso aplique.
- Bloqueo del equipo: El Técnico Mecánico elimina las energías residuales, verifica el desenergizado del equipo y abre la llave máster del equipo. Durante el ascenso y descenso del equipo debe utilizar los tres puntos de apoyo.

- El Técnico Mecánico comunica a todo el personal involucrado sobre el bloqueo a realizar. Se procede a la colocación del candado y tarjeta de bloqueo personal por cada trabajador que participe en la ejecución de la tarea. Al término de la tarea cada trabajador deberá retirar el respectivo candado y tarjeta de bloqueo personal, lo cual es totalmente personal.
- Desmontaje de la manguera: El Técnico Mecánico debe colocar bandejas para contención de aceites, luego desconecta los acoples de las mangueras y coloca tapones y/o trapos a la manguera para evitar posibles derrames de aceite remanente en él. Seguido, el Técnico Mecánico coloca los tapones plásticos para evitar el ingreso de polvo y otras partículas al equipo, Luego, se empieza al desmontaje de la manguera haciendo uso de dados, ratchet, palanca y otros.
- Montaje de la manguera: El Técnico Mecánico verifica que las características de la manguera a montar sean las mismas que la desmontada. Luego, limpia la superficie donde se instalará la manguera nueva, presenta la manguera (pre-montaje), retira los tapones y conecta la nueva manguera. Luego retira las bandejas antiderrame.
- Desbloqueo del equipo: El Técnico Mecánico comunica al personal involucrado en el desbloqueo a realizar, cierra la llave máster del equipo; luego, desbloquea la energía mecánica por medio de pines de seguridad, y cada trabajador procede a retirar su respectivo candado y tarjeta de bloqueo personal, el retiro es totalmente personal.
- Pruebas de funcionamiento del equipo: El Técnico Mecánico coordina con el Operador del Equipo el encendido para verificar posibles fugas de aceite.

- Finalmente, El Técnico Mecánico aplica el orden y limpieza, almacena los residuos generados en los contenedores específicos para este fin y comunica la conclusión de las actividades al Supervisor inmediato.

Procedimiento escrito de trabajo seguro para mantenimiento de sistemas eléctricos

- Bloqueo del equipo: El Técnico Electricista (Mecánico) elimina las energías residuales, verifica el desenergizado del equipo, abre la llave máster del equipo y desconecta los cables de la batería. Durante el ascenso y descenso del equipo debe utilizar los tres puntos de apoyo.
- El Técnico Electricista (Mecánico) comunica a todo el personal involucrado sobre el bloqueo a realizar. Se procede a colocar el candado y tarjeta de bloqueo (Lockout y Tagout) personal por cada trabajador que participe en la ejecución de la tarea.
- Corrección de códigos activos: El Técnico Electricista revisa el reporte de eventos activos realizado durante las pruebas de la unidad y soluciona los problemas del sistema eléctrico, utilizando las herramientas apropiadas y siguiendo los procedimientos del manual de servicio Caterpillar para las reparaciones eléctricas.
- El Técnico Electricista realiza la verificación de niveles de voltaje en equipo para montaje y desmontaje de capot en general haciendo uso los EPP correspondientes.
- El Técnico Electricista inspecciona el harness el motor de la transmisión, convertidor, cabina del operador y cableado en general. Debido que los componentes del motor se encuentran a altas temperaturas, utiliza los EPP correspondientes.

- El Técnico Electricista inspecciona el encendido y arranque, faros, luces y alarmas. Para ello, conecta los cables de batería y activa la llave máster de bloqueo del equipo.
- El Técnico Electricista inspecciona el alternador de voltaje haciendo uso los EPP correspondiente, realiza el trabajo en equipo para montaje y desmontaje de capot en general.
- Luego, el Técnico Electricista realiza la Inspección de baterías. Para ello, desconecta el terminal negativo y positivo de la batería, en ese orden; retira el cable puente entre baterías, verifica la limpieza y estado de los postes de cada batería y los bornes de los cables, verifica el estado de cables y de los protectores aislantes de los terminales. Luego desactiva la llave máster de bloqueo del equipo y coloca la pinza y candado de bloqueo.
- Pruebas de funcionamiento del equipo: El Técnico Electricista verifica el retiro y desmontaje de los equipos que se usaron durante la ejecución de la tarea, coordina con todos los involucrados en la tarea que retiren sus candados personales de bloqueo y cierre de la llave máster (Energizar equipo).
- Finalmente, El Técnico Electricista aplica el orden y limpieza, almacena los residuos generados en los contenedores específicos para este fin y comunica la conclusión de las actividades al Supervisor inmediato.

Procedimiento para soldadura eléctrica

- El técnico inspecciona el equipo y herramientas de soldadura previo al uso, también inspecciona el área de trabajo y realiza el orden y limpieza.

- El técnico desconecta todos los bornes de batería para proteger los módulos electrónicos (si se trabaja en el equipo). Desconecta el mazo de cables de módulos electrónicos (si se trabaja en el equipo). Luego bloquea el equipo colocando el candado, pinza y tarjeta lock out / tag out (si se trabaja en el equipo).
- El técnico no soldará en lugares donde haya líquidos ni materiales inflamables como: madera, papeles y/o trapos, áreas sin ventilación adecuada, espacios confinados, sin autorización del Supervisor. Asimismo, debe verificar que antes de soldar se cuente con un extintor, observador de fuego y utilizar material no inflamable.
- El Técnico verifica la identificación de los productos químicos con el rombo NFPA y la presencia de sus respectivas las hojas de seguridad en el área de trabajo.
- El técnico coloca los biombos alrededor de la zona de trabajo de soldadura, enciende la máquina de soldar, regula el equipo al voltaje adecuado e inicia el soldado. Posteriormente limpia la escoria con la ayuda una piqueta, escobilla metálica y/o esmeril. Al terminar el trabajo, apaga el equipo de soldadura y procede a retiran su candado y tarjeta de bloqueo.
- Finalmente, los técnicos limpian la zona de trabajo de la escoria, metales y/o desperdicios. Todos los equipos y herramientas quedan en orden y los residuos sólidos generados durante la actividad son almacenados en los contenedores designados para este fin. Seguido, comunica al Supervisor la culminación de la labor.

Procedimiento para lavado de equipo

- El Técnico Mecánico inspecciona el área de trabajo como: Loza de lavado, canaletas sin obstrucciones, pozas de sedimentación, trampas de aceite, plataforma de lavado libre de obstáculos, etc. Y también sus equipos y accesorios antes del trabajo.
- El Operador de Equipo traslada la unidad a la plataforma de lavado aplicando en todo momento el manejo defensivo. Durante el ingreso del equipos minero a la zona de lavado, el Técnico Mecánico lo dirige con las paletas de SIGA / PARE.
- Si el lavado se realiza en campo, el Técnico Mecánico debe señalizar y delimitar toda la zona de trabajo con señales preventivas y cuatro conos seguridad(o cachacos con cinta reflectiva).
- Para el lavado de equipo minero, el Operador se posiciona en la plataforma de lavado, aplica el freno de parqueo y levanta la tolva, apaga el motor, instala los tacos de seguridad, coloca el cable de retención entre la tolva y el pin ubicado en la funda del diferencial. Siempre Manteniendo contacto visual con el Técnico Mecánico. El técnico Mecánico instala su candado de bloqueo y su rotulo.
- Para lavado de equipo auxiliar, el Operador se posiciona en la plataforma de lavado, aplica el freno de parqueo, apaga el motor, instala los tacos de seguridad y elimina la energía residual mediante le movimiento de los controles de operación. Siempre manteniendo el contacto visual con el Técnico Mecánico. El técnico Mecánico instala su candado de bloqueo y su rotulo.

- Para iniciar el lavado, el Técnico Mecánico debe inspeccionar visualmente las condiciones eléctricas de la electrobomba. Seguidamente, enciende la electrobomba para lavado de equipo y procede a la limpieza de los puntos a lavar con chorro directo de agua a presión. Además, tiene cuidado de no mojar los respiraderos de los tanques de aceite y combustible del equipo, alternador y panel de control. Terminado el lavado, se apaga la electrobomba, enrolla la manguera para guardarla manteniendo el orden y limpieza en el área.
- El Operador de Equipo y/o el Técnico Mecánico autorizado retira el equipo de la plataforma de lavado. Durante la salida del equipos minero de la zona de lavado, el Técnico Mecánico u otro personal lo dirige con las paletas de SIGA / PARE.
- En caso se realice el lavado en campo; el Operador de Equipo ubica la unidad en un área segura, aplica los puntos 4.6 y 4.7. y procede el lavado.
- El lavado de equipo en campo se realiza con camión cisterna a chorro directo; para ello, el Operador de Equipo a lavar se ubica en un área segura y sigue los pasos descritos en el punto 4.6 y 4.7.
- Finalmente, el Técnico Mecánico aplica el orden y limpieza en el área y avisa al Supervisor el fin de la tarea.

- **Análisis de la implementación**

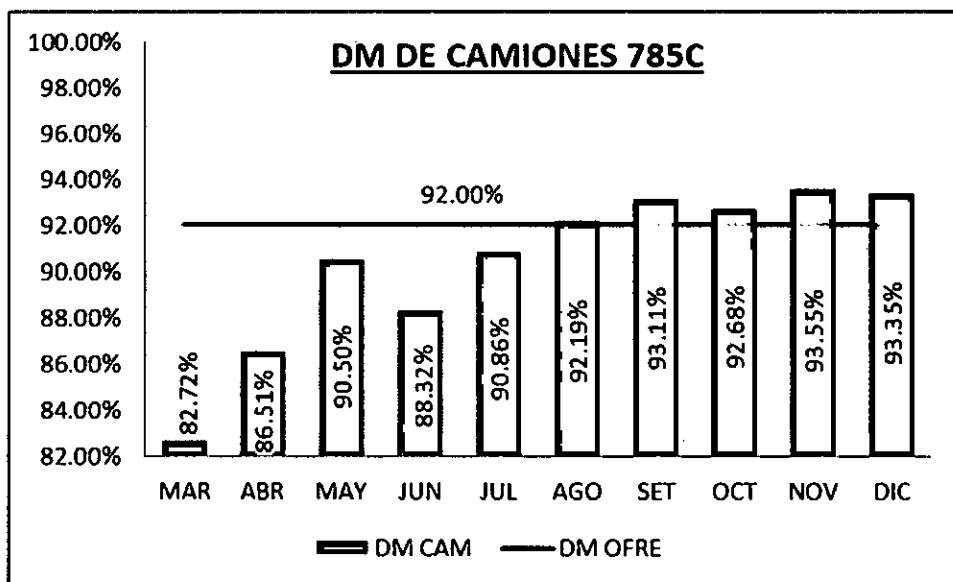
De acuerdo al historial obtenido entre las fechas de marzo a diciembre del año 2017 se obtuvieron los porcentajes de disponibilidad de la flota vehicular, obteniendo en promedio un total de 92%, frente al 87% que era la disponibilidad obtenida anterior ente.

Tabla N° 14: Porcentaje de Disponibilidad por Mes

EQUIPO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	CAM
CAM-01	59.68%	90.63%	92.32%	92.51%	86.26%	95.56%	93.97%	93.93%	95.97%	75.18%	87.60%
CAM-02	66.40%	91.79%	97.35%	96.60%	90.00%	96.42%	94.75%	93.62%	96.96%	96.13%	92.00%
CAM-03	79.03%	92.67%	95.02%	93.64%	90.43%	95.43%	96.42%	94.21%	91.42%	89.87%	91.81%
CAM-04	91.94%	94.73%	94.79%	89.99%	89.72%	89.18%	87.37%	88.04%	95.37%	97.25%	91.84%
CAM-05	95.97%	96.66%	94.46%	96.62%	92.13%	95.15%	90.63%	92.60%	94.25%	93.54%	94.20%
CAM-06	96.51%	93.67%	96.46%	90.34%	88.15%	92.89%	95.97%	89.12%	91.01%	95.41%	92.95%
CAM-07	0.00%	1.45%	20.50%	69.28%	86.27%	90.46%	91.14%	92.73%	93.34%	96.86%	64.20%
CAM-08	95.16%	92.11%	95.05%	95.00%	95.45%	92.28%	94.54%	90.15%	94.19%	95.62%	93.95%
CAM-09	0.00%	60.41%	95.68%	91.80%	82.69%	83.44%	88.81%	94.03%	96.91%	93.82%	78.76%
CAM-10	96.64%	97.79%	93.71%	60.97%	86.63%	94.71%	93.49%	96.16%	94.61%	92.75%	90.75%
CAM-11	97.85%	94.33%	92.26%	94.55%	94.54%	96.56%	93.05%	96.29%	83.61%	93.02%	93.61%
CAM-12	98.95%	97.37%	95.45%	91.46%	91.56%	95.27%	92.89%	95.16%	84.67%	96.30%	93.91%
CAM-13	92.47%	95.42%	93.07%	94.78%	94.27%	96.01%	95.25%	91.55%	95.28%	96.94%	94.50%
CAM-14	98.66%	84.75%	86.65%	54.67%	97.90%	90.62%	89.76%	84.55%	96.09%	93.43%	87.71%
CAM-15	98.79%	92.25%	95.17%	91.06%	82.16%	93.38%	89.31%	93.88%	94.56%	92.67%	92.32%
CAM-16	98.39%	87.67%	93.41%	83.77%	96.72%	94.42%	95.32%	92.03%	93.05%	86.28%	92.11%
CAM-17	98.12%	95.17%	94.97%	95.19%	95.36%	72.86%	91.09%	92.06%	94.46%	92.23%	92.15%
CAM-18	95.16%	85.25%	95.47%	94.60%	95.56%	95.37%	96.69%	96.34%	97.57%	97.72%	94.97%
CAM-19	97.98%	92.43%	95.58%	97.49%	86.82%	91.45%	97.47%	92.04%	95.75%	96.59%	94.36%
CAM-20	96.64%	93.69%	92.56%	92.03%	94.56%	92.39%	94.22%	95.08%	92.00%	95.37%	93.85%
CAM	82.72%	86.51%	90.50%	88.32%	90.86%	92.19%	93.11%	92.68%	93.55%	93.35%	90.38%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 15: Porcentaje de disponibilidad Global



Fuente: Elaboración Propia.

De Igual manera acuerdo al historial obtenido entre las mismas fechas del año 2017 se obtuvieron un comparativo de costos entre el uso de filtros originales versus el uso de filtros operativos.

Tabla N° 16: Calculo de Costo Inicial en Filtros Originales

FERREYROS	Nro Parte ORIGINAL	Nro Parte ALTERNATIVO	Cantidad	P.Unitario	Sub Total	PORCENTAJE %
KIT785APX1					\$ 704.32	100.0%
CATERPILLAR						
FILTRO DE ACEITE	275-2604	275-2604	3	\$ 39.56	\$ 118.68	100.0%
FILTRO DE AIRE	251-5885	251-5885	2	\$ 221.36	\$ 442.72	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	1R-0750	1	\$ 19.96	\$ 19.96	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	1R-0755	2	\$ 61.48	\$ 122.96	100.0%
KIT785APX2					\$ 1,759.84	100.0%
CATERPILLAR						
CONJUNTO DE FILTRO RESPIRADERO	8X-4575	8X-4575	1	\$ 25.46	\$ 25.46	100.0%
EMPAQUETADURA	4K-1557	4K-1557	1	\$ 7.29	\$ 7.29	100.0%
FILTRO DE ACEITE	275-2604	275-2604	3	\$ 39.56	\$ 118.68	100.0%
FILTRO DE ACEITE	343-4464	343-4464	1	\$ 32.43	\$ 64.86	100.0%
FILTRO DE ACEITE	343-4465	343-4465	2	\$ 39.98	\$ 159.92	100.0%
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	1R-0773	1R-0773	1	\$ 20.37	\$ 20.37	100.0%
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	1R-0778	1R-0778	1	\$ 26.68	\$ 26.68	100.0%
FILTRO DE AIRE	251-5885	251-5885	2	\$ 221.36	\$ 442.72	100.0%
FILTRO DE AIRE DE CABINA	107-0266	107-0266	1	\$ 33.08	\$ 33.08	100.0%
FILTRO DE AIRE DE CABINA	119-3355	119-3355	1	\$ 45.63	\$ 45.63	100.0%

FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	9Y-7663	9Y-7663	2	\$ 121.07	\$ 242.14	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	1R-0750	1	\$ 19.96	\$ 19.96	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	1R-0755	1	\$ 61.48	\$ 61.48	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	1R-0755	2	\$ 61.48	\$ 122.96	100.0%
FILTRO RESPIRADERO DE ROTOCHAMBER	8J-5604	8J-5604	3	\$ 15.07	\$ 45.21	100.0%
O RING	2S-8439	2S-8439	1	\$ 7.21	\$ 28.84	100.0%
O RING	5F-0149	5F-0149	2	\$ 6.40	\$ 12.80	100.0%
RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	9C-4937	1	\$ 24.62	\$ 24.62	100.0%
RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	9C-4937	2	\$ 24.62	\$ 49.24	100.0%
RESPIRADOR DE TRANSMISION	6G-0078	6G-0078	1	\$ 65.28	\$ 65.28	100.0%
SEAL RING	8H-2778	8H-2778	1	\$ 3.73	\$ 3.73	100.0%
SELLO ANULAR	033-6031	033-6031	3	\$ 19.42	\$ 58.26	100.0%
SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISION	6V-3319	6V-3319	1	\$ 29.41	\$ 29.41	100.0%
SELLO DE FILTRO DE CONVERTIDOR DE TORQUE	8T-6444	8T-6444	2	\$ 8.08	\$ 16.16	100.0%
SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISION.	6V-3835	6V-3835	1	\$ 33.52	\$ 33.52	100.0%
SELLO DE RESPIRADOR DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	2J-0157	2J-0157	1	\$ 1.54	\$ 1.54	100.0%
KIT785APX3					\$ 1,759.84	100.0%
CATERPILLAR						
CONJUNTO DE FILTRO RESPIRADERO	8X-4575	8X-4575	1	\$ 25.46	\$ 25.46	100.0%
EMPAQUETADURA	4K-1557	4K-1557	1	\$ 7.29	\$ 7.29	100.0%
FILTRO DE ACEITE	275-2604	275-2604	3	\$ 39.56	\$ 118.68	100.0%
FILTRO DE ACEITE	343-4464	343-4464	1	\$ 32.43	\$ 64.86	100.0%
FILTRO DE ACEITE	343-4465	343-4465	2	\$ 39.98	\$ 159.92	100.0%
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	1R-0773	1R-0773	1	\$ 20.37	\$ 20.37	100.0%
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	1R-0778	1R-0778	1	\$ 26.68	\$ 26.68	100.0%
FILTRO DE AIRE	251-5885	251-5885	2	\$ 221.36	\$ 442.72	100.0%
FILTRO DE AIRE DE CABINA	107-0266	107-0266	1	\$ 33.08	\$ 33.08	100.0%

FILTRO DE AIRE DE CABINA	119-3355	119-3355	1	\$ 45.63	\$ 45.63	100.0%
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	9Y-7663	9Y-7663	2	\$ 121.07	\$ 242.14	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	1R-0750	1	\$ 19.96	\$ 19.96	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	1R-0755	1	\$ 61.48	\$ 61.48	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	1R-0755	2	\$ 61.48	\$ 122.96	100.0%
FILTRO RESPIRADERO DE ROTOCHAMBER	8J-5604	8J-5604	3	\$ 15.07	\$ 45.21	100.0%
O RING	2S-8439	2S-8439	1	\$ 7.21	\$ 28.84	100.0%
O RING	5F-0149	5F-0149	2	\$ 6.40	\$ 12.80	100.0%
RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	9C-4937	1	\$ 24.62	\$ 24.62	100.0%
RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	9C-4937	2	\$ 24.62	\$ 49.24	100.0%
RESPIRADOR DE TRANSMISION	6G-0078	6G-0078	1	\$ 65.28	\$ 65.28	100.0%
SEAL RING	8H-2778	8H-2778	1	\$ 3.73	\$ 3.73	100.0%
SELLO ANULAR	033-6031	033-6031	3	\$ 19.42	\$ 58.26	100.0%
SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISION	6V-3319	6V-3319	1	\$ 29.41	\$ 29.41	100.0%
SELLO DE FILTRO DE CONVERTIDOR DE TORQUE	8T-6444	8T-6444	2	\$ 8.08	\$ 16.16	100.0%
SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISION	6V-3835	6V-3835	1	\$ 33.52	\$ 33.52	100.0%
SELLO DE RESPIRADOR DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	2J-0157	2J-0157	1	\$ 1.54	\$ 1.54	100.0%
KIT785APX4					\$ 1,923.36	100.0%
CATERPILLAR						
CONJUNTO DE FILTRO RESPIRADERO	8X-4575	8X-4575	1	\$ 25.46	\$ 25.46	100.0%
EMPAQUETADURA	4J-3815	4J-3815	1	\$ 6.72	\$ 6.72	100.0%
EMPAQUETADURA	4K-1557	4K-1557	1	\$ 7.29	\$ 7.29	100.0%
FILTRO DE ACEITE	275-2604	275-2604	3	\$ 39.56	\$ 118.68	100.0%
FILTRO DE ACEITE	343-4464	343-4464	1	\$ 32.43	\$ 64.86	100.0%
FILTRO DE ACEITE	343-4465	343-4465	2	\$ 39.98	\$ 159.92	100.0%
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	1R-0773	1R-0773	1	\$ 20.37	\$ 20.37	100.0%
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	1R-0778	1R-0778	1	\$ 26.68	\$ 26.68	100.0%

FILTRO DE AIRE	251-5885	251-5885	2	\$ 221.36	\$ 442.72	100.0%
FILTRO DE AIRE DE CABINA	107-0266	107-0266	1	\$ 33.08	\$ 33.08	100.0%
FILTRO DE AIRE DE CABINA	119-3355	119-3355	1	\$ 45.63	\$ 45.63	100.0%
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	9Y-7663	9Y-7663	2	\$ 121.07	\$ 242.14	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	1R-0750	1	\$ 19.96	\$ 19.96	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	1R-0755	1	\$ 61.48	\$ 61.48	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	1R-0755	2	\$ 61.48	\$ 122.96	100.0%
FILTRO RESPIRADERO DE ROTOCHAMBER	8J-5604	8J-5604	3	\$ 15.07	\$ 45.21	100.0%
GASKET	9H-6454	9H-6454	1	\$ 3.16	\$ 3.16	100.0%
O RING	2S-8439	2S-8439	1	\$ 7.21	\$ 28.84	100.0%
O RING	5F-0149	5F-0149	2	\$ 6.40	\$ 12.80	100.0%
RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	9C-4937	1	\$ 24.62	\$ 24.62	100.0%
RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	9C-4937	2	\$ 24.62	\$ 49.24	100.0%
RESPIRADOR DE TRANSMISION	6G-0078	6G-0078	1	\$ 65.28	\$ 65.28	100.0%
SEAL RING	8H-2778	8H-2778	1	\$ 3.73	\$ 3.73	100.0%
SELLO ANULAR	033-6031	033-6031	3	\$ 19.42	\$ 58.26	100.0%
SELLO ANULAR	2H-3932	2H-3932	1	\$ 2.22	\$ 2.22	100.0%
SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISION	6V-3319	6V-3319	1	\$ 29.41	\$ 29.41	100.0%
SELLO DE FILTRO DE CONVERTIDOR DE TORQUE	8T-6444	8T-6444	2	\$ 8.08	\$ 16.16	100.0%
SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISION	6V-3835	6V-3835	1	\$ 33.52	\$ 33.52	100.0%
SELLO DE RESPIRADOR DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	2J-0157	2J-0157	1	\$ 1.54	\$ 1.54	100.0%
SHIM PACK	8X-0570	8X-0570	1	\$ 121.60	\$ 121.60	100.0%
SHIM PACK	9M-5874	9M-5874	1	\$ 29.82	\$ 29.82	100.0%
Total general					\$ 6,147.36	100.0%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 17: Calculo de Costo Propuesto en Filtros Alternativos

ZAMINE	Nro Parte ORIGINAL	Nro Parte ALTERNATIVO	Cantidad	P.Unitario	Sub Total	Porcentaje %
KIT785APX1					\$ 226.79	100.0%
DONALDSON						
FILTRO DE ACEITE	275-2604	P551808	3	\$ 12.03	\$ 36.09	100.0%
FILTRO DE AIRE	251-5885	P182038	2	\$ 72.93	\$ 145.86	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	P551313	1	\$ 5.58	\$ 5.58	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	P551316	2	\$ 19.63	\$ 39.26	100.0%
KIT785APX2					\$ 920.71	50.0%
DONALDSON						
CONJUNTO DE FILTRO RESPIRADERO	8X-4575	C045001	1	\$ 10.81	\$ 10.81	100.0%
EMPAQUETADURA	4K-1557	(en blanco)	1	(en blanco)	\$ 7.29	0%
FILTRO DE ACEITE	275-2604	P551808	3	\$ 12.03	\$ 36.09	100.0%
FILTRO DE ACEITE	343-4464	P573299	1	\$ 26.73	\$ 53.46	100.0%
FILTRO DE ACEITE	343-4465	P165239	2	\$ 20.18	\$ 80.72	100.0%
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	1R-0773	P165238	1	\$ 16.73	\$ 16.73	100.0%
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	1R-0778	P165239	1	\$ 20.18	\$ 20.18	100.0%
FILTRO DE AIRE	251-5885	P182038	2	\$ 72.93	\$ 145.86	100.0%
FILTRO DE AIRE DE CABINA	107-0266	P536429	1	\$ 11.89	\$ 11.89	100.0%
FILTRO DE AIRE DE CABINA	119-3355	P618642	1	\$ 15.98	\$ 15.98	100.0%
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	9Y-7663	P115070	2	\$ 44.31	\$ 88.62	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	P551313	1	\$ 5.58	\$ 5.58	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	P551316	1	\$ 19.63	\$ 19.63	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	P551316	2	\$ 19.63	\$ 39.26	100.0%
FILTRO RESPIRADERO DE ROTOCHAMBER	8J-5604	(en blanco)	3	(en blanco)	\$ 45.21	0%
O RING	2S-8439	(en blanco)	1	(en blanco)	\$ 28.84	0%
O RING	5F-0149	(en blanco)	2	(en blanco)	\$ 12.80	0%

RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	(en blanco)	1	(en blanco \$	24.62	0%
RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	(en blanco)	2	(en blanco \$	49.24	0%
RESPIRADOR DE TRANSMISION	6G-0078	(en blanco)	1	(en blanco \$	65.28	0%
SEAL RING	8H-2778	(en blanco)	1	(en blanco \$	3.73	0%
SELLO ANULAR	033-6031	(en blanco)	3	(en blanco \$	58.26	0%
SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISION	6V-3319	(en blanco)	1	(en blanco \$	29.41	0%
SELLO DE FILTRO DE CONVERTIDOR DE TORQUE	8T-6444	(en blanco)	2	(en blanco \$	16.16	0%
SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISION.	6V-3835	(en blanco)	1	(en blanco \$	33.52	0%
SELLO DE RESPIRADOR DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	2J-0157	(en blanco)	1	(en blanco \$	1.54	0%
KIT785APX3				\$	920.71	50%
DONALDSON						
CONJUNTO DE FILTRO RESPIRADERO	8X-4575	C045001	1	\$ 10.81	\$ 10.81	100.0%
EMPAQUETADURA	4K-1557	(en blanco)	1	(en blanco \$	7.29	0%
FILTRO DE ACEITE	275-2604	P551808	3	\$ 12.03	\$ 36.09	100.0%
FILTRO DE ACEITE	343-4464	P573299	1	\$ 26.73	\$ 53.46	100.0%
FILTRO DE ACEITE	343-4465	P165239	2	\$ 20.18	\$ 80.72	100.0%
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	1R-0773	P165238	1	\$ 16.73	\$ 16.73	100.0%
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	1R-0778	P165239	1	\$ 20.18	\$ 20.18	100.0%
FILTRO DE AIRE	251-5885	P182038	2	\$ 72.93	\$ 145.86	100.0%
FILTRO DE AIRE DE CABINA	107-0266	P536429	1	\$ 11.89	\$ 11.89	100.0%
FILTRO DE AIRE DE CABINA	119-3355	P618642	1	\$ 15.98	\$ 15.98	100.0%
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	9Y-7663	P115070	2	\$ 44.31	\$ 88.62	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	P551313	1	\$ 5.58	\$ 5.58	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	P551316	1	\$ 19.63	\$ 19.63	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	P551316	2	\$ 19.63	\$ 39.26	100.0%

FILTRO RESPIRADERO DE ROTOCHAMBER	8J-5604	(en blanco)	3	(en blanco \$	45.21	0%
O RING	2S-8439	(en blanco)	1	(en blanco \$	28.84	0%
O RING	5F-0149	(en blanco)	2	(en blanco \$	12.80	0%
RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	(en blanco)	1	(en blanco \$	24.62	0%
RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	(en blanco)	2	(en blanco \$	49.24	0%
RESPIRADOR DE TRANSMISION	6G-0078	(en blanco)	1	(en blanco \$	65.28	0%
SEAL RING	8H-2778	(en blanco)	1	(en blanco \$	3.73	0%
SELLO ANULAR	033-6031	(en blanco)	3	(en blanco \$	58.26	0%
SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISION	6V-3319	(en blanco)	1	(en blanco \$	29.41	0%
SELLO DE FILTRO DE CONVERTIDOR DE TORQUE	8T-6444	(en blanco)	2	(en blanco \$	16.16	0%
SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISION	6V-3835	(en blanco)	1	(en blanco \$	33.52	0%
SELLO DE RESPIRADOR DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	2J-0157	(en blanco)	1	(en blanco \$	1.54	0%

KIT785APX4 **\$ 1,084.23** **41.9%**

DONALDSON						
CONJUNTO DE FILTRO RESPIRADERO	8X-4575	C045001	1	\$ 10.81	\$ 10.81	100.0%
EMPAQUETADURA	4J-3815	(en blanco)	1	(en blanco \$	6.72	0%
EMPAQUETADURA	4K-1557	(en blanco)	1	(en blanco \$	7.29	0%
FILTRO DE ACEITE	275-2604	P551808	3	\$ 12.03	\$ 36.09	100.0%
FILTRO DE ACEITE	343-4464	P573299	1	\$ 26.73	\$ 53.46	100.0%
FILTRO DE ACEITE	343-4465	P165239	2	\$ 20.18	\$ 80.72	100.0%
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	1R-0773	P165238	1	\$ 16.73	\$ 16.73	100.0%
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	1R-0778	P165239	1	\$ 20.18	\$ 20.18	100.0%
FILTRO DE AIRE	251-5885	P182038	2	\$ 72.93	\$ 145.86	100.0%
FILTRO DE AIRE DE CABINA	107-0266	P536429	1	\$ 11.89	\$ 11.89	100.0%
FILTRO DE AIRE DE CABINA	119-3355	P618642	1	\$ 15.98	\$ 15.98	100.0%

FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	9Y-7663	P115070	2	\$ 44.31	\$ 88.62	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	P551313	1	\$ 5.58	\$ 5.58	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	P551316	1	\$ 19.63	\$ 19.63	100.0%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0755	P551316	2	\$ 19.63	\$ 39.26	100.0%
FILTRO RESPIRADERO DE ROTOCHAMBER	8J-5604	(en blanco)	3	(en blanco \$	45.21	0%
GASKET	9H-6454	(en blanco)	1	(en blanco \$	3.16	0%
O RING	2S-8439	(en blanco)	1	(en blanco \$	28.84	0%
O RING	5F-0149	(en blanco)	2	(en blanco \$	12.80	0%
RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	(en blanco)	1	(en blanco \$	24.62	0%
RESPIRADERO DE LAS RUEDAS DELANTERAS	9C-4937	(en blanco)	2	(en blanco \$	49.24	0%
RESPIRADOR DE TRANSMISION	6G-0078	(en blanco)	1	(en blanco \$	65.28	0%
SEAL RING	8H-2778	(en blanco)	1	(en blanco \$	3.73	0%
SELLO ANULAR	033-6031	(en blanco)	3	(en blanco \$	58.26	0%
SELLO ANULAR	2H-3932	(en blanco)	1	(en blanco \$	2.22	0%
SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISION	6V-3319	(en blanco)	1	(en blanco \$	29.41	0%
SELLO DE FILTRO DE CONVERTIDOR DE TORQUE	8T-6444	(en blanco)	2	(en blanco \$	16.16	0%
SELLO DE FILTROS DE ACEITE DE TRANSMISION	6V-3835	(en blanco)	1	(en blanco \$	33.52	0%
SELLO DE RESPIRADOR DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	2J-0157	(en blanco)	1	(en blanco \$	1.54	0%
SHIM PACK	8X-0570	(en blanco)	1	(en blanco \$	121.60	0%
SHIM PACK	9M-5874	(en blanco)	1	(en blanco \$	29.82	0%
Total general					\$ 3,152.44	60.5%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 18: Ahorro Propuesto en Filtros Alternativos

TIPO DE PM	CANTIDAD PMxAÑO	FILTRO ORIGINAL	TOTAL FILTRO ORIGINAL	FILTRO ALTERNATIVO	TOTAL FILTRO ALTER	AHORRO \$	AHORRO %
PM1	16	\$ 704.32	\$ 11,269.12	\$ 226.79	\$ 3,628.64	\$ 7,640.48	32.20%
PM2	8	\$ 1,759.84	\$ 14,078.72	\$ 920.71	\$ 7,365.68	\$ 6,713.04	52.32%
PM3	4	\$ 1,759.84	\$ 7,039.36	\$ 920.71	\$ 3,682.84	\$ 3,356.52	52.32%
PM4	4	\$ 1,923.36	\$ 7,693.44	\$ 1,084.23	\$ 4,336.92	\$ 3,356.52	56.37%
AHORRO ANUAL POR EL TOTAL DE 01 CAMION 785C						\$ 21,066.56	
AHORRO ANUAL POR EL TOTAL DE 20 CAMIONES 785C						\$ 421,331.20	

Fuente: Elaboración Propia.

Así mismo, de acuerdo al historial obtenido entre las mismas fechas del año 2017 se obtuvieron un comparativo de costos por la migración de aceite mineral a aceite sintético.

Tabla N° 19: Ahorro con la migración de aceite mineral a Sintético en el compartimiento del Motor

Extensión del periodo de cambio de aceite:			
Total de Horas Anuales por Camion 785C			
1 Camión	x	8000.0 Horas / Camión 785C =	8000 Horas por Año
Total de Horas Anuales por Toda la Flota Camion 785C			
20 Camión	x	8000 Horas por Año =	160000 Horas por Año
Aceite usado para el cambio de aceite por Camion 785C:			
8000 Horas	/	250 Horas/Camión x	55 Gln = 1760 Gln por Año
Costo del Aceite en Mobil Delvac MX ESP 15W-40 x Camion 785C			
1760 Gln	x	\$ 7.95 /Gln =	\$ 13,992.00
Total de Aceite usado para el cambio de aceite por Flota Camion 785C:			
20 Camión	x	1760 Gln por Año =	35200 Gln por Año
Costo del Aceite en Mobil Delvac MX ESP 15W-40 x Flota Camion 785C			
35200 Gln	x	\$ 7.95 /Gln =	\$ 279,840.00
Aceite Propuesto para el cambio de aceite por Camion 785C:			
8000 Horas	/	1000 Horas/Camión x	55 Gln = 440 Gln por Año
Costo del Aceite propuesto en Mobil Delvac 1 ESP 5W-40 x Camion 785C			
440 Gln	x	\$ 26.36 /Gln =	\$ 11,598.40
Total de Aceite propuesto para el cambio de aceite por Flota Camion 785C:			
20 Camión	x	440 Gln por Año =	8800 Gln por Año
Costo del Aceite propuesto en Mobil Delvac 1 ESP 5W-40 x Flota Camion 785C			
8800 Gln	x	\$ 26.36 /Gln =	\$ 231,968.00
Ahorro usando el Aceite Propuesto por Camión 785C:			
\$279,840.00	-	\$ 231,968.00	= \$47,872.00

Ahorro en la Mano de Obra			
<u>Numero de Intervencion a Frecuencia de 250 Hrs</u>			
8000 Horas	x	250.0 Horas / # Interv =	32 Interv
<u>Numero de Intervencion a Frecuencia de 1000 Hrs</u>			
8000 Camión	x	1000 Horas / # Interv =	8 Interv
<u># Intervenciones a 750 Hrs</u>			
32 Interv	-	8 Interv =	24 Interv
<u>Ahorro en # Intervenciones</u>			
8 \$ / Hrs	x	4 Hrs / Interv =	32 \$ / Interv
<u>Ahorro en Mano de Obra por Camion</u>			
24 Interv	x	32 \$ / Interv =	\$ 768
<u>Ahorro en Mano de Obra por Flota</u>			
768 \$	x	20	\$ 15360
Ahorro en Disponibilidad			
<u>Disponibilidad del Equipo</u>			
8000 Horas	/	250 Hrs -	
8000 Horas	/	1000 Hrs =	24 Veces
<u>Ahorro por el tiempo de Disponibilidad por Camión</u>			
24	x	175 \$/Hora x	4 Hora / Mant = \$ 16,800.00
<u>Ahorro Anual por el tiempo de Disponibilidad por Flota</u>			
16800 \$/ Año	x	20 Equipos =	\$336,000.00
<u>Ahorro Total por la Migracion de Aceite</u>			
\$ 47,872.00	+	\$ 15,360.00	+ \$336,000.00 = \$399,232.00

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 20: Ahorro Total en Aceite y Filtros

AHORRO ANUAL POR EL TOTAL DE 20 CAMIONES 785C	\$ 421,331.20
AHORRO TOTAL POR LA MIGRACION DEL ACEITE	\$ 399,232.00
TOTAL	\$820,563.20

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 21: Ahorro Total en Producción por TM

Ahorro Total en Produccion				
4 Hora / Mant	x	24	Mant x	445.5 TN / Hora = 42768.0 TN
20 Camiones	x	42768.0	TN x	1.585 US\$/TN = \$1,355,745.60

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al cálculo obtenido se generara un ahorro de \$820.563.20 al año con la propuesta de migración al aceite sintético en el compartimiento de motor y con los filtros alternativos.

Además de generar una ganancia por producción de \$1,355,745.60 al año debido al tiempo de ahorro que se realizaban en su mantenimiento preventivo.

V. EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

La evaluación técnica para el presente proyecto de implementación de un nuevo plan de mantenimiento para la flota de camiones mineros CAT 785C de la empresa Cosapi Minería S.A.C. el cual nace con el objetivo de prolongar la vida útil de las unidades, utilizando como herramientas un análisis del análisis FODA y el análisis de Causa – Efecto, indicando que era necesario migrar a la utilización de un aceite multigrado Mobil Delvac MX ESP 15W-40 recomendado por el fabricante a un aceite tipo sintético Mobil Delvac 1 ESP 5W-40 el cual daría como resultado un aumento de la vida útil de la unidad y disminuir los tiempos de intervención de mantenimiento, aumentando de esta manera la disponibilidad de las unidades, lo cual se representaría en un aumento de la producción.

De igual manera se estableció de aumentar un nuevo proceso de limpieza general de la unidad prolongaría la vida útil de la unidad ya que limitaría del ingreso de silicio (con la implementación de un lavadero se mejoró en

realizar un correcto mantenimiento preventivo, los beneficios que se ganaron fue evitar la contaminación por silicio en los compartimientos del equipo)

Por último el nuevo plan propuso un cambio de filtros originales a unos alternativos (Los filtros alternativos Donaldson debido a que su precio da rentabilidad a la empresa en comparación a los filtros Caterpillar que se utilizaban, los filtros mencionados tienen las mismas características y aplicación además tienen la misma procedencia de fabricación)

En conclusión esta nueva propuesta beneficia a la empresa en un aumento de la producción y la rentabilidad en un 48.3 % en filtros y un 30% por la migración de aceite sintético, sin embargo para realizar este cambio fue necesario la inversión de mano de obra y capacitaciones para el personal técnico la cual se manifiesta mediante una evaluación económica la cual se observa a continuación:

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	SUB. TOTAL
1	Ingeniero de mantenimiento	Hrs	150	S/ 150,00	S/ 22.500,00
2	Ingeniero asistente	Hrs	150	S/ 90,00	S/ 13.500,00
3	Personal Técnico	Hrs	150	S/ 40,00	S/ 6.000,00
4	Capacitaciones	GI	2	S/ 4.000,00	S/ 8.000,00
5	Adecuación de una nueva área para la limpieza a profundidad	GI	1	S/ 5.000,00	S/ 5.000,00
6	Adquisición de equipos para la nueva actividad de limpieza	GI	1	S/ 15.000,00	S/ 15.000,00
7	Herramientas de trabajo (Movilidad, Computadora, EPP)	GI	1	S/ 2500,00	S/ 2.500,00
TOTAL					S/ 72.500,00

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- En la primera fase, se logró reconocer 2 unidades cuya eficiencia de disponibilidad es demasiado baja, encontrándose con un tiempo de funcionamiento de 17,830 Horas estando muy por debajo de las 20,000 Horas establecidas, con toda esta información se pudo emitir un detallado diagnóstico de la flota.
- Mediante las herramientas de mejora continua, pudimos definir el tipo de aceite que logre extender la vida útil de los equipos y con esto la cantidad de horas las cuales serán patrón de monitoreo, el cual fue de 250 horas uso.
- Se logró mediante el diseño del nuevo plan de mantenimiento preventivo una reducción considerable de 6 horas por camión cada 2000 horas de trabajo en campo.
- La implementación del nuevo plan de mantenimiento preventivo mejoro considerablemente la disponibilidad mecánica, asegurando el cumplimiento de las horas de trabajo de las unidades de transporte de acarreo de minerales.
- Se pudo obtener una mejora en la disponibilidad mecánica alcanzando en porcentajes el 92%, siendo el más elevado hasta el momento en el historial de desarrollo en la empresa, también se pudo lograr un ahorro de \$ 820,563.2 al año debido a la migración del aceite sintético en el compartimiento del motor y con los filtros alternativos.

6.2 Recomendaciones

- Es indispensable tener la participación en conjunto de todas las áreas en el desarrollo de las actividades de mantenimiento tanto como operadores, técnicos y departamentos de logística, con la finalidad de continuar con el plan o mejorarlo en el tiempo.
- Se debe tener en claro que, para implementar cualquier plan de mantenimiento, previamente se debe contar con las herramientas manuales y de diagnóstico, como también información que, de soporte al personal encargado de estas actividades, la cual se a efectiva en su uso.
- Se requiere tener un conocimiento de los proveedores de insumos y también de todo el mercado que los abastece, para de esta forma buscar una alternativa que resulte conveniente a la empresa al momento de adquirirlos.
- Es necesario contar con personal altamente calificado y actualizado, cuya certificación internacional este vigente, para que garantice la calidad del servicio que prestan.
- Se debe realizar la correcta toma de muestras de los aceites y demás insumos, esto con la finalidad que cuando se someta al análisis no se encuentren datos atípicos que alteren el diagnóstico de los equipos.

VII. REFERENCIALES

- SANABRIA HÉCTOR y HERNÁNDEZ HARLEY. ***“Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada de la Gobernación de Casanar”***. Tesis para obtener el Título de especialista en gerencia de mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Colombia. 2011.
- MALDONADO HERNÁN y SIGÜENZA LUIS. ***“Propuesta de un Plan de Mantenimiento para Maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining de Cantón Portovelo”***, Tesis para obtener el Título de Ingeniero Mecánico Automotriz. Universidad Politécnica Salesiana sede Cueca. Ecuador. 2012.
- MARTÍNEZ CALIZAYA, ALEX. ***“Proponer una Gestión de Mantenimiento para todos los Equipos de Línea Amarilla de una Empresa que brinda Servicio en Alquiler de Maquinaria”***, Tesis para obtener el Título de Ingeniero Industrial. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima. Perú. 2012.
- RODRÍGUEZ DEL AGUILA MIGUEL. ***“Propuesta de Mantenimiento Basado en la Mantenibilidad de Equipos de Acarreo de una Empresa Minera de Cajamarca”***, Tesis para obtener el Título de Ingeniero industrial. Universidad Privada del Norte. Cajamarca. Perú. 2012.
- DUFFUAA, RAOUF Y DIXON. **Sistemas de Mantenimiento, planeación y control**. Limusa. 2009.
- ROS, A. **Mantenimiento Industrial – I**. España: Ril. 2015.
- HERRERA HERBERT JUAN ROMÁN. **Métodos de Minería a Cielo Abierto**. 2016.

- HENLEY HAYWARD. **Gestión del Mantenimiento**. 2011.
- DUFFUAA, RAOUF Y DIXON. **Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control**. 2009.
- GARCIA GARRIDO SANTIAGO. **Organización y Gestión Integral del Mantenimiento**. 2011.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 55001: Gestión de Activos**. 2014.
- SALAS, M. ***“Propuesta de mejora del programa de mantenimiento preventivo actual en las etapas de prehilado e hilado de una fábrica textil”***. Tesis para obtener el Título de ingeniero Industrial. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2012.
- STRONCONI, D. Y TAMOY R). ***“Plan de Mantenimiento correctivo preventivo de los transformadores de distribución en la empresa ELEBOL C”***. Tesis para obtener el Título de ingeniero industrial Universidad de Oriente Núcleo de Bolívar. 2010.
- VARELA, S. ***“Implementación de un plan de mantenimiento preventivo Empresa Retesa S.A. de C.V”***. Tesis para obtener el Título de ingeniero de mantenimiento industrial. Universidad Tecnológica de Querétaro Santiago de Querétaro, México. 2013.

VIII. ANEXOS Y PLANOS

8.1 Anexos

ANEXO N° 1: Especificaciones técnicas del Camión Minero CAT 785C

Motor		
Modelo de motor	Cat® 3512B-EUI	
Potencia nominal	1.750 rpm	
Potencia bruta - SAE J1995	1.052 kW	1.450 hp
Potencia neta - SAE J1349	1.005 kW	1.348 hp
Potencia neta	1.005 kW	1.348 hp
Potencia neta - Cat	1.005 kW	1.348 hp
Potencia neta - ISO 9249	1.005 kW	1.348 hp
Potencia neta - 80/1269/EEC	1.005 kW	1.348 hp
Reserva de par	23%	
Perforación	170 mm	6.7 pulg
Carrera	190 mm	7.5 pulg
Cilindrada	51.8 L	3.158 pulg ³

- La potencia neta publicada es la potencia disponible a la velocidad nominal de 1.750 rpm, medida en el volante cuando el motor está equipado con ventilador, filtro de aire, silenciador y alternador.
- Las clasificaciones están basadas en las condiciones de aire estándares de 25° C (77° F) y 99 kPa (29.32 Hg) en barómetro seco. La potencia está basada en el combustible que tiene una gravedad API de 35 a 16° C (60° F) y un LHV de 42.780 kJ/kg (18.390 BTU/lb) cuando se utiliza el motor a 30° C (86° F).
- No se requiere reducción de potencia del motor hasta una altitud de 3.050 m (10.000 pies).
- Según corresponda, el motor 3512B cumple los requisitos sobre emisiones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Pesos - aproximados		
Peso bruto de la máquina en orden de trabajo	249.480 kg	550.000 lb
Peso del chasis	74.450 kg	164.134 lb
Peso en orden de trabajo - vacío - caja de piso plano	102.150 kg	225.200 lb
Peso en orden de trabajo - vacío - piso de doble declive	95.725 kg	211.035 lb

Especificaciones de operación		
Capacidad de carga útil nominal	136 tons métricas	150 tons EE.UU.
Capacidad SAE (2:1)	78 m ³	102 yd ³
Velocidad máxima - cargado	55 km/h	34 mph
Capacidad máxima	Personalizado	
Capacidad a ras máxima (SAE)	Personalizado	
Ángulo de dirección	36°	
Diámetro de giro - delantero	27.5 m	90 pies
		2 pulg
Tiempo de levantamiento	15.2 segundos	
Tiempo de bajada	15.9 segundos	
Diámetro de giro en espacio libre de la máquina	30.6 m	100 pies
		5 pulg

- Consulte la política sobre carga útil 10-10-20 del camión minero Cat para obtener información sobre las limitaciones del peso bruto máximo de la máquina.

Transmisión		
Avance 1	12.1 km/h	7.5 mph
Avance 2	16.3 km/h	10.2 mph
Avance 3	22.2 km/h	13.8 mph
Avance 4	29.9 km/h	18.6 mph
Avance 5	40.6 km/h	25.2 mph
Avance 6	54.8 km/h	34 mph
Retroceso	11 km/h	6.8 mph

- Velocidades de desplazamiento máximas con neumáticos estándares 33.00-R51.

Mandos finales	
Relación diferencial	2.10:1
Relación planetaria	10.83:1
Relación de reducción total	22.75:1

- Movimiento libre, planetario.

Suspensión		
Carrera del cilindro eficaz - delantera	306.5 mm	12.1 pulg
Carrera del cilindro eficaz - trasera	165 mm	6.5 pulg

Frenos	
Superficie de freno - delantera	61.270 cm ² 9.497 pulg ²
Superficie de freno - trasera	89.729 cm ² 13.908 pulg ²
Normas	SAE J1473 OCT90 ISO 3450-1985
• Peso en orden de trabajo máximo hasta 249 480 kg (550.000 lb).	

Dispositivos de levantamiento de cajas	
Flujo de la bomba - velocidad alta en vacío	750 L/min 198 gal EE.UU./min
Configuración de la válvula de alivio - levantamiento	17.238 kPa 2.500 lb/pulg ²
Tiempo de levantamiento de la caja - velocidad alta en vacío	15.2 segundos
Tiempo de bajada de la caja en vacío	15.9 segundos
Tiempo de bajada de la caja - posición libre	16.2 segundos
Disminución de la potencia de la caja - velocidad alta en vacío	15.9 segundos

- Cilindros hidráulicos dobles de dos etapas montados dentro del bastidor principal; cilindros de doble acción en la segunda etapa.
- Aumento de la potencia en ambas etapas; disminución de la potencia en la segunda etapa.

ANEXO N° 1: Especificaciones técnicas del Camión Minero CAT 785C

ANEXO N° 2: Formato de Inspección de Camión Minero CAT 785C



FORMATO - INSPECCIÓN DE CAMIONES



INSPECTOR _____ FECHA _____ HORA INICIO _____ HORA FIN _____
 CÓDIGO DE CAMIÓN _____ SERIE _____ HORAS DEL EQUIPO _____

¿QUÉ SE ESTÁ INSPECCIONANDO?	OK	OBS	¿QUÉ SE ESTÁ BUSCANDO?	COMENTARIOS DEL EVALUADOR
DESDE EL SUELO				
NEUMÁTICO POSICIÓN #01			INFLADO, DAÑO, DESGASTE	
NEUMÁTICO POSICIÓN #02			INFLADO, DAÑO, DESGASTE	
NEUMÁTICO POSICIÓN #03			INFLADO, DAÑO, DESGASTE	
NEUMÁTICO POSICIÓN #04			INFLADO, DAÑO, DESGASTE	
NEUMÁTICO POSICIÓN #05			INFLADO, DAÑO, DESGASTE	
NEUMÁTICO POSICIÓN #06			INFLADO, DAÑO, DESGASTE	
RUEDA DELANTERA RH			DAÑOS, FUGAS	
RUEDA DELANTERA LH			DAÑOS, FUGAS	
MANDO FINAL RH			DAÑOS, FUGAS	
MANDO FINAL LH			DAÑOS, FUGAS	
DIFERENCIAL POSTERIOR			DAÑOS, FUGAS	
DEBAJO DE LA MÁQUINA			DAÑOS, FUGAS	
CILINDRO DE SUSPENSIÓN DELANTERA RH			FUGAS, DAÑOS, VERIFICAR ALTURA APROPIADA	
CILINDRO DE SUSPENSIÓN DELANTERA LH			FUGAS, DAÑOS, VERIFICAR ALTURA APROPIADA	
CILINDRO DE SUSPENSIÓN POSTERIOR RH			FUGAS, DAÑOS, VERIFICAR ALTURA APROPIADA	
CILINDRO DE SUSPENSIÓN POSTERIOR LH			FUGAS, DAÑOS, VERIFICAR ALTURA APROPIADA	
CILINDRO DE LEVANTE DE TOLVA RH			DAÑOS, FUGAS	
CILINDRO DE LEVANTE DE TOLVA LH			DAÑOS, FUGAS	
CILINDRO DE DIRECCIÓN RH			DAÑOS, FUGAS	
CILINDRO DE DIRECCIÓN LH			DAÑOS, FUGAS	
ÁREA DEL MOTOR			ACUMULACIÓN DE RESIDUOS, DAÑOS, FUGAS	
ACEITE DEL MOTOR			NIVEL DE FLUIDO	
RADIADOR			LMPIEZA, OBSTRUCCIÓN, FUGAS	
REFRIGERANTE DEL MOTOR			NIVEL, AGUA EN CAMISAS, POSENFRIADOR	
TODAS LAS MANGUERAS			FIURA, MARCAS DE DESGASTE, FUGAS	
CORREAS (MOTOR, COMPRESOR AC, ALTERNADOR)			TENSIÓN, DESGASTE, FIURA	
FILTROS DE COMBUSTIBLE/SEPARADOR DE AGUA			FUGAS, AGUA DE DRENAJE	
TANQUE DE COMBUSTIBLE			SOPORTES DE MONTAJE, SOLDADURA, FUGAS	
BASTIDOR DEL CAMIÓN			DAÑO, DESGASTE, DISTORSIÓN	
EXPULSADORES DE ROCA DE NEUMÁTICOS TRASEROS			MÓVIMIENTO LIBRE	
PELDAÑOS Y AGARRADERAS			CONDICIÓN Y LIMPIEZA	
CONVERTIDOR DE PAR			NIVEL DE FLUIDO, DAÑOS, FUGAS	
LUCES DELANTERAS, LATERALES Y POSTERIORES			FUNCIONAMIENTO, DAÑOS, CAJA, CABLES	
TACOS, PORTA-TACOS & GANCHO			CONDICIÓN, DAÑO	
EJES CARDANES & CRUCETAS			CONDICIÓN, DAÑO, FUGA	
PERNO DE CRUCETAS DEL CARDAN TOMAFUERZA			CONDICIÓN, DAÑO	
PERNO DE CRUCETA DEL CARDAN PRINCIPAL			CONDICIÓN, DAÑO	
EN LA MÁQUINA (FUERA DE CABINA)	OK	OBS		
AGARRADERAS			CONDICIÓN Y LIMPIEZA	
ESPEJOS			DAÑOS, VISIBILIDAD	
TRANSMISIÓN			DAÑOS, FUGAS	
TANQUE DE ACEITE DE LA TRANSMISIÓN			NIVEL DE FLUIDO, DAÑOS, FUGAS	
ANTEFLTRO DE AIRE (PRE-CLEANER)			DAÑOS, CONDICIÓN	
FLTRO DE AIRE (PRIMARIO Y SECUNDARIO)			DAÑOS, OBSTRUCCIÓN, CONDICIÓN	

