



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**MECÁNICA ELÉCTRICA**

Influencia de aceite sintético en los índices de mantenimiento del motor Caterpillar  
3512B del camión 785C de la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**UTORA:**

Br. Carranza Vásquez, Jesús Alexander (ORCID: 0000-0002-0274-7023)

**ASESOR:**

Mg. Bengoa Seminario Juan Carlos (ORCID: 0000-0002-7282-0791)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y planes de mantenimiento

**TRUJILLO – PERÚ**

2020

## **DEDICATORIA**

A DIOS, por brindarme salud para cumplir mis metas.

A mi madre, Nelly María Vásquez De la Cruz, por brindarme su apoyo, confianza, ejemplos de superación, entrega y por estar siempre impulsándome en los momentos más difíciles.

También a mis hijos, Brittany Carranza Jara, Jesús Jared Carranza Jara y Sebastián Jesús Carranza Jara. Viéndole a ellos fueron mi motor que me impulsaba a seguir adelante y el deseo de superación.

A la Universidad Cesar Vallejo y en especial a la facultad de ingeniería por brindarme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para este país.

Gracias a ellos hoy puedo ver alcanzado mi meta.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por concederme la salud para concluir mis metas y por haberme dado fuerzas y ánimo para seguir adelante y fe para lo que creía imposible lograr.

A la Universidad César Vallejo, por permitir que muchos profesionales técnicos puedan estudiar una carrera universitaria y ver sus metas hechas realidad.

A mi madre, por ser un ejemplo a seguir de trabajo y colaboración con los demás, gracias por sus consejos, palabras de aliento, pero sobre todo por haberme heredado los valores que hoy guían mi vida.

A mis hermanas, porque sin importar la situación o el momento siempre han estado y seguirán estando dispuestos a apoyarme, gracias por ser incondicionales.

A mi esposa, por su comprensión, paciencia y ayuda moral, lo que me dio un respiro para lograr superar los obstáculos que se presentaron.

A nuestros maestros, por comprendernos y compartir con nosotros lo que saben y poder transferir sus conocimientos a nuestras vidas.

A las personas que Dios coloco en mi camino y fueron de ayuda vital para la consecución de este logro, con mucha humildad y respeto.

## **Página del Jurado**

## Declaratoria de Autenticidad

### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jesús Alexander Carranza Vásquez, identificado con DNI N° 43151274, en cumplimiento con las disposiciones reglamentarias y administrativas de grados y títulos de la Universidad César Vallejo de Trujillo, para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista, presento la tesis "Influencia de aceite sintético en los índices de mantenimiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C de la empresa COSAPI MINERÍA SAC". De tal manera que declaro que toda la información presentada es propiedad exclusivamente del autor, tomando en cuenta el respeto a los autores citados y realizado bajo las normas establecidas por la Universidad.

Con el fin de corroborar la veracidad de la investigación, me someto a asumir todas las sanciones administrativas y/o legales que se pudiesen dar en caso pueda haber incurrido en plagio o cualquier tipo de falsedad genérica o ideológica.

Asimismo, autorizo a la Universidad a publicar la presente investigación en el caso lo considere conveniente.

Trujillo, diciembre del 2019



Jesús Alexander Carranza Vásquez

DNI: 43151274

## Índice

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>34</b>
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	35
2.2. Operacionalización de variables... ..	35
2.3. Población, muestra.....	37
2.4. Técnicas e instrumentos... ..	37
2.5. Procedimiento... ..	38
2.6. Método de análisis de datos... ..	38
2.7. Aspectos éticos.....	47
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>87</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>97</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C; tuvo como objetivo general determinar cómo el aceite sintético influye en los índices de mantenimiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C de la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C. La metodología utilizada fue de tipo cuantitativo, con diseño descriptivo; tomando en cuenta los camiones 785C y motores Caterpillar 3512B, para el desarrollo de la investigación.

Los resultados y conclusiones obtenidos, están en relación al cambio de aceite mineral por el sintético, donde queda demostrado que el aceite sintético, a pesar de sus costos más elevados, permiten a la empresa ciertas ventajas para mejorar la productividad e ingresos económicos; que los intervalos de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad son eficientes y mejoran con el aporte del aceite sintético; además, de permitir alargar los tiempos de vida de los equipos, manteniéndolos en mejores condiciones.

Se determinó los parámetros de mantenimiento actuales, siendo la disponibilidad 94.4%, la confiabilidad de 98.91% y la mantenibilidad de 16.5%. Luego de cambiar el aceite se evaluó los parámetros de mantenimiento, la disponibilidad fue 97.90%, la confiabilidad 98.98% y la mantenibilidad 38.04%, es decir, se obtiene una mejora significativa de los parámetros de mantenimiento de 4 % en disponibilidad, de 0.07% en confiabilidad y de 21.54% en mantenibilidad.

Finalmente, que el ahorro de costos de mano de obra y los lapsos más amplios para el mantenimiento de 250 a 750 horas, alcanzan para toda la flota de 763011 dólares al año, el beneficio unitario, de 87 dólares /galón de aceite para el motor al año y el ahorro anual para COSAPI MINERÍA S.A.C es de 763011 dólares al año.

**Palabras claves:** Aceite, mantenimiento, mineral, sintético.

## ABSTRACT

This research work was carried out in the company COSAPI MINING S.A.C; its general objective was to determine how synthetic oil influences the maintenance rates of the Caterpillar 3512B engine of the 785C truck of the company COSAPI MINERÍA S.A.C. The methodology used was quantitative, with descriptive design; taking into account 785C trucks and Caterpillar 3512B engines, for research development.

The results and conclusions obtained are related to the exchange of mineral oil for synthetic oil, where it is shown that synthetic oil, despite its higher costs, allows the company certain advantages to improve productivity and economic income; that the intervals of availability, reliability and maintainability are efficient and improve with the contribution of synthetic oil; In addition, to extend the life of the equipment, keeping them in better condition.

The current maintenance parameters were determined, the availability being 94.4%, the reliability of 98.91% and the maintainability of 16.5%. After changing the oil, maintenance parameters were evaluated, availability was 97.90%, reliability 98.98% and maintainability 38.04%, that is, a significant improvement of maintenance parameters of 4% in availability, of 0.07%, is obtained in reliability and 21.54% in maintainability.

Finally, that the saving of labor costs and the widest lapses for the maintenance of 250 to 750 hours, reach for the entire fleet of 763011 dollars per year, the unit benefit, of 87 dollars / gallon of engine oil per year and the annual savings for COSAPI MINERÍA S.A.C is \$ 763011 per year.

**Keywords:** Oil, maintenance, mineral, synthetic.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Realidad Problemática**

En la actualidad, el sector minero peruano, para la eficiencia e intensificación de su trabajo, observa en los camiones, la parte fundamental e importante para mejorar las labores de transporte en la empresa; mediante el uso de diversos vehículos ha ido evolucionando a través de las tecnologías innovadoras que garanticen una mayor capacidad en la carga y el control eficiente en la emisión de los gases. Ver anexo 7.

Estas tareas son muy importantes para mejorar la cadena de producción y evitar pérdidas en el proyecto; la selección de vehículos es muy importante y bajo esa línea se emplean camiones para tareas livianas y para tareas pesadas (Revista Rumbo minero, 2016).

La empresa COSAPI MINERÍA S.A.C, es la encargada de ejecutar los trabajos de la empresa minera Shougang hierro Perú, que se encuentra en Marcona, en el departamento de Ica. Esta empresa minera no cuenta con un plan predictivo acorde con las maquinarias pesadas, donde sus simulaciones y ensayos no contribuyen con el fin de poder lograr eficiencia de calidad al 100% de la producción empresarial; en tal sentido los camiones mineros CAT 785C, son equipos más importantes de la industria minera, que fueron diseñados para beneficiar, ofrecer mayor comodidad y para tener larga vida en el desarrollo del mercado minero y las aplicaciones para una buena productividad, como también la reducción de costos por cada una de las toneladas. Esta flota de camiones CAT 785 C, cuentan con motor Caterpillar 3512B, con doble turbo compresor y pre enfriador que suministra potencia alta y gran fiabilidad en de sus aplicaciones (COSAPI, 2016).

El motor Caterpillar 3512B cuenta con doce cilindros y carreras de potencia prolongada y muy eficaz para alcanzar la combustión óptima del combustible. El motor Caterpillar 3512B, lleva a cabo las condiciones de emisión ambiental de los Estados Unidos, su sistema computarizado protege de manera electrónica los arranques en frío, utilizando un software de administración para que el motor pueda avanzar, controlar y cuidar el motor con sensores electrónicos de auto denominación (Caterpillar, 2011).

Los motores utilizan un sistema de lubricación automática, lo cual permite un estado del equipo en el desempeño del motor, es por ello que hace uso de este aceite lubricante que determina el estado del equipo. El lubricante siempre está relacionado con el mantenimiento debido al rol que cumple dentro del funcionamiento de cualquier equipo, tal manera que resulta importante la función que cumple el aceite lubricante para el

equipo, su desempeño a través del tiempo, que permite tomar decisiones adecuadas dentro del seguimiento como proceso efectivo y confiable que depende del tipo de mantenimiento que realiza. En tal sentido, un lubricante sintético tiene la función de ampliar de manera considerable la vida útil de los motores, mejorando su desempeño de la máquina, así como minimizando los gastos de reparaciones costosas con herramientas adecuadas de un mantenimiento predictivo o el proactivo, para permitir la aplicación correcta al monitoreo del lubricante, sus condiciones de operación, el desempeño, la degradación y el grado de protección al equipo (Flores, 2010).

Finalmente, si la aplicación de un lubricante no cumple los requisitos necesarios para el funcionamiento del motor; porque al utilizar un aceite mineral en el motor, se le está quitando rendimiento al camión 785C y aumentado sus costos de mantenimiento y generando pérdidas económicas; ante tal situación ciertos estudios ofrecen alternativas que llevan a realizar un estudio más profundo desde una perspectiva técnica y económico sobre un cambio de aceite; de tal manera que al cambiar el aceite mineral por un aceite sintético, los cuales muestran resultados muy positivos y contribuyen a extender de forma considerable la vida útil sobre los motores, mejorando su rendimiento y reduciendo la necesidad de renovación de aceite después de cada 250 horas de trabajo. Ante tal base documentaria, se plantea un estudio para el cambio de aceite para el motor Caterpillar 3512B y poder determinar la factibilidad para transformar el tiempo de vida útil de su lubricación al reemplazar el aceite mineral que usa en la actualidad por el aceite sintético y su disminución de costos de mantenimiento dentro de un plazo determinado en el estudio.

El sistema de lubricación permite crear una capa de aceite a las piezas del motor para prevenir el desgaste excesivo, alargando la vida útil del motor y previniendo daños relacionadas con el desgaste (Díaz, 2013)

Siendo que, la función fundamental del sistema de lubricación de un motor, será filtrar, enfriar, así como ajustar la presión del aceite, de modo que el motor funcione en una óptima condición. Los aceites de motor diésel tienen mayor carga anti desgaste, en ese sentido, al usar un aceite que no corresponde con el tipo de motor del vehículo ocasionan averías por mal estado del motor, trayendo como consecuencias las siguientes:

- Reducción de un 30% la efectividad y vida útil del filtro de partículas
- Gasta más combustible.

- Reducción de la potencia del motor

El objetivo primordial de la lubricación en el motor es proteger de un agarrotamiento y reducir el trabajo perdido por fricción. Interfiriendo entre los dos metales una capa de lubricante, se elimina la fricción entre los metales por el interior de las partículas del aceite lubricante, cuyo valor es considerablemente menor (Días, 2013). Ver anexo5.

El propósito de la lubricación en los motores de combustión interna es para: obstruir el contacto directo entre sus partes unidas en movimiento relativo, enfriar sus partes lubricadas y ayudar al estancamiento del pistón.

El aceite forma una capa protectora por medio de los anillos de pistón y paredes del cilindro. El aceite disminuye las fugas de gases por el cárter, lubricando el pistón y anillos.

Los factores primordiales de interés en la lubricación, son: el grado de pulido de las superficies en contacto, la dureza de los materiales de las partes unidas y el juego en las uniones

El aceite funciona como agente de limpieza donde, limpia los cojinetes, así como partes integrantes del motor; además almacenas partículas de suciedad y de arenilla, dirigiéndolas de retorno al cárter, las partículas de mayor diámetro se ponen en la parte inferior del cárter, las de menos diámetro permanecen en el filtro de aceite del motor.

La demasiada lubricación origina que ensucie las bujías, para el caso de los motores de encendido por chispa y generación de gran cantidad de humo por quemar aceite en todos los motores, siendo esto un defecto del lubricante puede ocasionar desgaste por fricción, como el aumento de holguras, y como consecuencia un funcionamiento del motor inadecuado (Díaz, 2013).

La suciedad del aceite es realizada fuera y dentro del motor. Al quemarse la combinación de aire y combustible en los cilindros, la alta presión generada en la combustión impulsa una cantidad de los gases hacia el cárter, siendo los ‘gases expulsados’; aunque no obtengan abrasivo, mantienen vapor de agua no aprovechable, combustible y el hollín sin quemar. La combustión interna es origen también pequeñas partículas que realizan desgaste de las partes móviles del motor, son muy abrasivas y por tanto deben ser separadas del aceite, para reducir el desgaste.

La fuente primordial de contaminantes abrasivos es exterior al motor, se ubican en el aire que ingresa a través del carburador, lo cual esta contaminación se impide con el filtro de aire (Díaz, 2013)

Un sistema de lubricación se ocupa de repartir el aceite por los elementos del motor. Donde las diferencias son las siguientes: Lubricación por cuchara y salpicadura: La cabeza de la biela recolecta el aceite, manteniendo su nivel en el cárter. El aceite recogido ingresa por gravedad en los cojinetes de la biela, y la otra parte del mismo va por las paredes internas del cárter y del cilindro. Desde las paredes, el aceite cae por gravedad a lubricar los apoyos del eje cigüeñal y de la distribución por intermedio de conductos. Este sistema tiene poca eficiencia. Ver anexo5.

También se tiene la lubricación forzada, en la cual el aceite circula a través de la bomba y es llevado, por conductos a los puntos para lubricarlos. El aceite recorre los elementos ya lubricadas esto se recoge en el cárter, lo cual es bombeado de nuevo a las partes a lubricar.

Mucho Depende de las condiciones del uso, se diferencian dos tipos de sistemas, el de Carter seco, se utiliza primordialmente en motores de aviación y competición, son motores que con frecuencia varían de posición y por tal razón el aceite no se halla siempre en un mismo lugar; siendo así, que resulta necesario evitar que el aceite del cárter ocupe otras partes, siendo así el cárter tiene la finalidad fundamental recolectar el aceite que ingresa por gravedad a un depósito, el sistema está compuesto de una bomba de recuperación ( no es necesario estar acoplada a la bomba de circulación), el cual manda al depósito el aceite que va almacenando el cárter (Díaz, 2013).

Los motores pueden usar un cárter lleno de aceite e impulsarlo por la bomba a todos los elementos, por orificios, excepto al muñón de biela, que garantiza su lubricación con un segmento, que pasa por las paredes para que el aceite no pase a la parte superior del pistón y se queme con las explosiones. Comprenden el sistema un filtro de aceite, y un intercambiador de calor, colocados por lo general en el desfogue de la bomba de lubricación. El intercambiador de calor se usa cuando la capacidad del cárter es insuficiente para el intercambio de calor. La presión es regulada por medio de una válvula y de acuerdo con las indicaciones de un manómetro colocado en el conducto. Ver anexo 1.

En la lubricación por dosificación, el aceite está almacenado en un depósito e ingresa al motor por medio de una bomba dosificador, para poder lubricar todo el motor. Este es el

caso de algún motor con cojinetes de bolas o de rodetes. Este aceite está destinado a ser quemado por completo.

En la Lubricación por mezcla combustible y aceite, este sistema solo aplica en motores de 2 tiempos y de carburación, cuyo propio pistón efectúa la compresión del fluido operante en el cárter, por lo que se coloca únicamente el aire carburado en contacto con el sistema biela-manivela en condiciones de tener que lubricarlo.

Los elementos del sistema de lubricación en un motor Diésel son las Bombas de aceite, cuya función es llevar el aceite a presión a cantidad adecuada. Se ubican dentro del cárter y ejercen movimiento por el árbol de levas a través de unos piñones (engranajes) o cadena. Existen diferentes tipos de bombas de lubricación de aceite, siendo la Bomba de engranajes, capaz de proveer una tremenda presión, e incluso a bajo régimen del motor. Está compuesto por 2 engranajes alojados en el interior de la bomba. Lleva una tubería de entrada proveniente del cárter y una salida a presión conducida al filtro de aceite (Díaz, 2013). Ver anexo2.

También existe la Bomba de lóbulos, que es un sistema de engranajes internos. Un rotor (piñón) con dientes, este recibe movimiento del árbol de levas, jala un rodete (anillos) de cinco dientes que gira en el mismo sentido que el piñón en el interior del cuerpo de la bomba, succiona el aceite, lo comprime y expulsa a una inmensa presión. La holgura entre los elementos no debe superar las tres décimas de milímetro.

También se utiliza la Bomba de paletas, con forma de cilindro, con un orificio de ingreso y de salida. En su interior hay una excéntrica que gira a dirección opuesta a lo que avanza el aceite, con 2 paletas unidas a las paredes del cilindro por medio de 2 muelles (Díaz, 2013). Ver anexo3.

El exceso de presión del aceite cuando llega al tope se libera a través de una válvula de seguridad de presión, teniendo un tope la presión en baja lo cual puede entregar el suficiente aceite a todas las partes del motor. La presión a baja ralentí del motor debe ser lo suficientemente pequeña para lubricar todas las partes del motor y debe ser controlada la presión máxima de manera que la bomba no entre en cavitación en alta revoluciones.

La válvula de liberación de presión se ubica adentro de la bomba o en defecto fuera de aquel, por lo general la mayoría emplea un pistón o bola, con un resorte. En los motores con válvulas internas, el aceite es liberado y fluye hasta un orificio de entrada, o en algunos

casos, desfoga al cárter del motor, de modo que imposibilita que la bomba sobrepase la presión del motor y se produzca una cavitación en el motor.

Existen 3 estilos básicos de filtros de aceite: primera el filtro profundo, la misma que se ubica normalmente en sistemas de derivación, es un recipiente repleto con fibras de algodón, madera triturada que atrapan las partículas muy pequeñas de suciedad y absorber depósitos de lodo. Por otro lado, también se hace uso del filtro superficial, empleado en los sistemas de circulación completa, atrapa suciedad y contaminantes con baja restricción a la circulación del aceite. El filtro de doble medio o combinado se emplea en sistemas de aceite lubricante de circulación completa. Combina dos elementos filtrantes, siendo el primer elemento diseñado para separar las partículas contaminantes gruesas, y el segundo retiene las partículas finas. La mayoría de los filtros no tienen la alta eficiencia en separar contaminantes abrasivos perjudiciales que denotan un filtro que utilizan un papel plegado de calidad (Díaz, 2013).

Un sistema de trayecto total exige que el aceite fluya a través del filtro durante su trayecto hacia los cojinetes. Si el filtro se obstruye, se debe adquirir algún medio para desviar el fluido de aceite para asegurar que los cojinetes no estén sin lubricación. Es mejor la presencia de aceite no filtrado en los cojinetes, que la falta total de aceite. Para eso es necesario emplear una válvula de derivación.

Bajo condiciones normales la válvula se encuentra cerrada. Cuando se encuentra taponeada la circulación a través del papel supera un nivel establecido, el resorte de la válvula de derivación se retrae, dejando que el aceite desvíe al elemento del filtro.

Debido a las altas temperaturas el aceite se vuelve más líquida (pierde su viscosidad) y baja su poder de lubricación.

Se usan dos tipos de enfriamiento, el enfriamiento por cárter y enfriamiento por radiador (intercambiador de calor), el aceite ingresa por el intercambiador de calor controlado por una válvula térmica, cuando el aceite está a altas temperaturas permite pasar agua desde el intercambiador de calor del sistema de enfriamiento de agua. Ver anexo1.

La viscosidad se mide con unos aparatos adecuados que se llaman viscosímetros. La medición consiste el lapso (tiempo) que tarda en circular el lubricante a través de un conducto de salida, o establecer la relación entre el tiempo que tarda en circular la misma cantidad de lubricante y la de un líquido patrón.

Para evaluar adecuadamente cómo se comporta un lubricante es necesario saber la ley de variación de su viscosidad con la temperatura, gráficos y tablas tabuladas. La característica

que señala la variación de viscosidad con la temperatura es el índice de viscosidad. Un bajo índice significa que el aceite está a una viscosidad relativamente alta a baja temperatura y una viscosidad baja a alta temperatura. Para los motores convencionales se busca que este índice sea elevado.

La viscosidad del aceite es indispensable para minimizar el rozamiento (fricción). Un aceite con poca viscosidad crea poco rozamiento. Los aditivos para presiones elevadas como el Zn o el P, protegen la superficie con el contacto directo con los metales. Este contacto ocurre al expulsar el lubricante de las superficies en movimiento. La gran parte de un desgaste es ocasionado en el primer arranque del motor. Para minimizar este desgaste, el aceite debe fluir y mantenerse en las piezas, y circular rápidamente a bajas temperaturas. Los aditivos de extrema presión, minimizan al máximo el desgaste en esos puntos (Díaz, 2013).

El índice de viscosidad indica un valor la variación del aceite con la temperatura. Los lubricantes que aguantan la tendencia natural a espesarse en el momento que están fríos y a adelgazar cuando están calientes, poseen un alto índice de viscosidad. Los motores que funcionan en climas muy distintos requieren aceites que se adecuen con las temperaturas ambientales, de modo que se mantenga la viscosidad a los aceites multigrados, se les añaden polímeros químicos, siendo estos sensibles a la temperatura y cambian su fórmula molecular a elevadas y bajas temperaturas.

Los aditivos antioxidantes disminuyen la rapidez de oxidación e incrementan la durabilidad del aceite. Cuando el aire y el lubricante se vinculan entre sí, el  $O_2$  se combina con el aceite. El aceite caliente al reaccionar con el  $O_2$ , hace que se estropee. Al oxidarse el aceite, se espesa y se configuran ácidos (Díaz, 2013)

Los detergentes dispersantes mantienen en suspensión las partículas de suciedad. Estos aditivos tienen como función las siguientes: Mantener dispersas las partículas de modo que no se amanecen en el motor, siendo fácilmente eliminadas Neutralizar la acción ácida de algunos productos y Solubilizar los productos absorbidos por los detergentes.

los aditivos anti espuma se debe a dos efectos primordiales que la espuma pueda generar: Formación de tapones de aire en bomba y circuito de lubricación, lo que dificulta la llegada del aceite a las piezas del motor. Para prevenir que los aceites dejen de circular a temperaturas bajas o elevadas se utilizan aditivos depresores del punto de escurrimiento, para que el aceite circule en el arranque en frío y disminuyan los inconvenientes de

escurrimiento a elevadas temperaturas.

El aire dentro del cárter se traslada cuando el vehículo frena con rapidez. Se usan en el interior del cárter deflectores para conservar la entrada de la bomba con aceite en todo momento. El giro del cigüeñal puede ocasionar un efecto de ventilador, causando que el aceite sea batido con el aire y forme espuma. Algunos motores utilizan un deflector de fricción para detener el problema de batido en el aceite.

En la clasificación SAE los aceites para motor están unidos en grados de viscosidad de acuerdo con la clasificación establecida por la SAE (Society of Auto motive Engineers). Esta clasificación nos otorga establecer con claridad la viscosidad de los aceites, cada número SAE representa un rango de viscosidad en cts. (centi-Stokes) a 100°C, y también a bajas temperaturas (< 0°C) para los grados W (Winter). No interviene ninguna consideración de calidad, composición química o aditivación, se basa exclusivamente en la viscosidad (Díaz, 2013). Ver tabla 1.

Tabla 1: Clasificación de viscosidad de aceites para motor.

Clasificación de viscosidades en aceites para motor					
Sae j 300 dic. 99					
	grado Viscosidad SAE.	Viscosidad, Centipoise (CP). max.	bombeo Viscosidad, CP. max.	viscosidad Dinámica, Centistokes (CST). a 100 °c	ht/hs at/ac Visc. CP. a 150 °c
viscosidad a baja temperatura	0 w	6200 a -35	60000 a -40	3.8	
	5 w	6600 a -30	60000 a -35	3.8	
	10 w	7000 a -25	60000 a -30	4.1	
	15 w	7000 a -20	60000 a -25	5.6	
	20 w	9500 a -15	60000 a -20	5.6	
	25 w	13000 a -10	60000 a -15	9.3	
viscosidad a elevadas	20			5.6 a 9.3	2.6
	30			9.3 a 12.5	2.9

temperatura	40			12.5 a 16.3	2.9
	40			12.5 a 16.3	3.7
	50			16.3 a 21.9	3.7
	60			21.9 a 16.1	3.7

API (interfaz de programación de aplicaciones) ha evolucionado con un sistema para escoger aceites para motor basado en las condiciones adecuadas de servicio. Cada modelo de servicio es nombrado por dos letras. La primera letra es la “S” para reconocer los aceites recomendados para motores, para camiones livianos “Service” y la letra “C” para vehículos comerciales, agrícolas, de construcción y todo terreno a diesel “Comercial”. La segunda letra indica el requerimiento en servicio, comenzando por la “A” para el menos recomendado, y continuando en orden alfabético a medida que aumenta el requerimiento (Díaz, 2013).

Parámetros de la Gestión de Mantenimiento. Donde la disponibilidad, es el objetivo primordial del mantenimiento, es la seguridad que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejecuta su misión satisfactoriamente para un lapso de tiempo dado. La disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está apto a utilizar o producir, en sistemas que operan continuamente (Duffuaa, Raouf; 2013)

En la fase de diseño de sistemas o equipos, se debe estar balanceado entre la disponibilidad y el costo.

Según la naturaleza la condición del sistema, el diseñador debe cambiar los rangos (niveles) de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, de forma a minimizar el costo total del ciclo de vida.

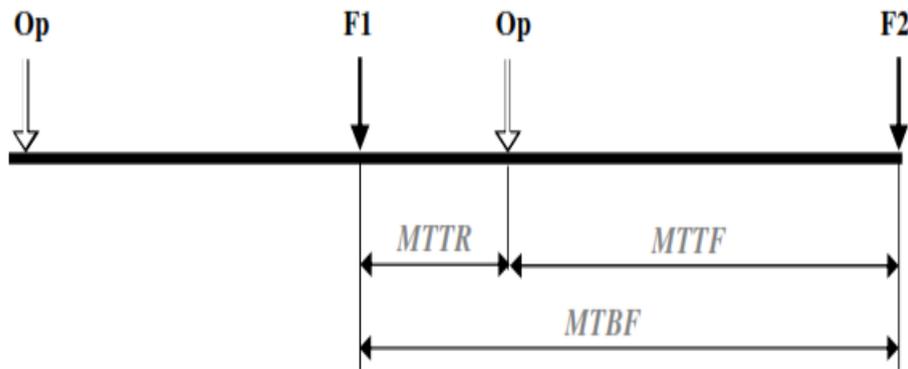
Para poder disponer de un sistema en cualquier momento, éste no debe de tener fallos, en caso de haberlos originado, debe haber sido reparado en un tiempo menor que el máximo establecido para su mantenimiento. Ver figura 2.

Suponiendo que la tasa de fallos y la tasa de reparación son constantes:

$$\text{Tasa de fallos} = \lambda (t) = \lambda, \text{ Tasa de reparación} = \mu (t) = \mu$$

Entonces:  $MTBF = 1 / \lambda$  (Tiempo medio entre fallos) y  $MTTR = 1 / \mu$  (Tiempo medio de reparación), Disponibilidad del sistema. Ver figura 1.

Figura 1. Relación entre MTTR, MTTF y MTBF



Fuente: Elaboración propia.

**MTTR: Tiempo promedio de reparación:**

Indica el tiempo promedio que se requiere en reparar un componente o sistema.

Su valor se calcula experimentalmente inyectando fallos y calculando el tiempo.

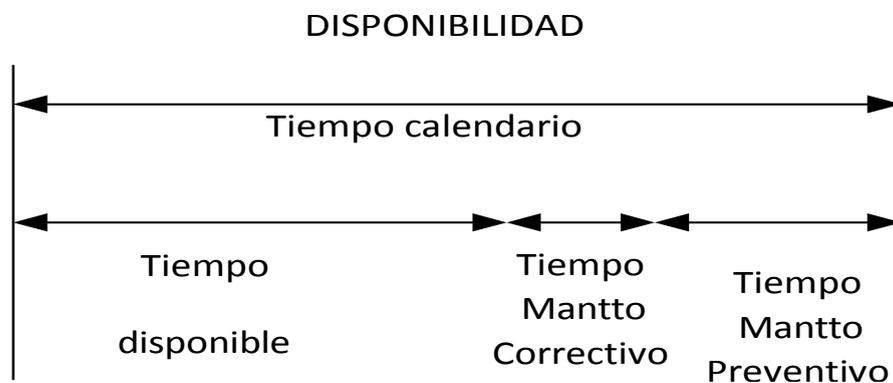
Se expresa mediante una tasa de reparación  $\mu$  que es el número promedio de recuperación.

Reparaciones por U.T.

$MTTR = 1/\mu$  En horas

La reparación requiere: desmontar, comprobar, cambiar elementos, la diagnosis gasta el 80% del tiempo.

Figura 2: Disponibilidad = Tiempo disponible / Tiempo calendario.



Fuente: Elaboración propia.

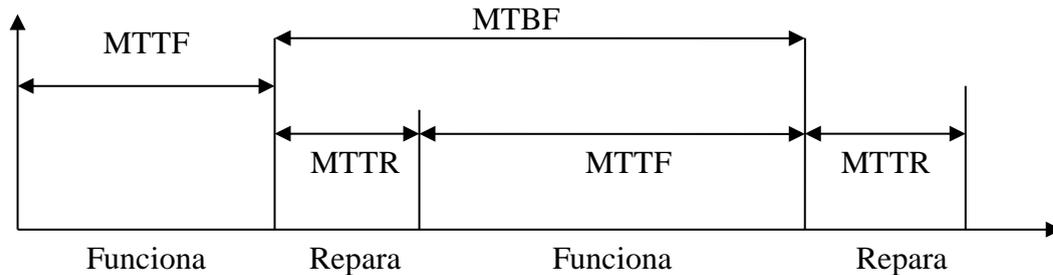
**MTBF: Tiempo promedio entre fallos**

Es el lapso (tiempo) promedio que pasa o transcurre entre 2 averías consecutivas de un sistema.

Para calcularlo se debe tener en cuenta el tiempo necesario para reparar el sistema y volver a ponerlo en funcionamiento, se aplica a sistemas reparables.

Considerando que al reparar un componente sistema este queda como nuevo (en las mismas condiciones que cuando se puso en funcionamiento por primera vez), existe una relación entre MTTF, MTTR y MTBF (Duffuaa, Raouf; 2013). Ver figura 3.

Figura 3: Definición de tiempos, en mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

## 1.2. Trabajos previos

Para el presente estudio, se ha considerado una base bibliográfica, basada en estudios parecidos o similares a la presente investigación, considerando a:

Nieves (2015), en su tesis consideró como objetivo realizar un programa de análisis de aceite (S.O.S) para comparar, comprobar mediante la cantidad de partículas de desgaste la eficiencia de utilizar aceites sintéticos biodegradables a comparación de los aceites minerales, con la finalidad de reducir problemas ocasionados por su mal uso. Concluyó que el aceite BIOMOT 10W40 resulta ser más eficiente, por su tecnología de ésteres saturados, cuida el medio ambiente por su capacidad de biodegradabilidad, prolongando la vida del motor y por sus prolongados intervalos de cambio y su alto índice de viscosidad.

Flores (2010), en su investigación tuvo como objetivo determinar el estudio técnico para el cambio de aceite mineral por aceite sintético a los motores de los camiones 793C en la industria minera y concluye que el costo del aceite sintético es más elevado en comparación con el mineral, pero teniendo un uso adecuado genera una serie de beneficios y con ellos se logra reducir los costos de mantenimiento y otros servicios, por lo que dichos beneficios se traducen US\$ 11333,96 y si se cambia en toda la flota esta esperarían un beneficio de US\$ 155841,95 y el beneficio en la disponibilidad final de los aceites usados sería de 46585 galones.

Maldonado (2016), en su estudio de investigación planteó que los alcances son aplicables con mucha facilidad a otras empresas, para lo cual se planteó un análisis donde se pueden ver tres aspectos fundamentales; los cuales se presentan bastante fáciles dentro de la determinación y los análisis que se tienen entre ellos debido a que el control de las partículas es causado por el control y desgaste, y, la contaminación de los aceites por ciertos factores externos. Estos motores diésel requieren de un buen conocimiento en cada uno de los sistemas porque cumplen un rol de acuerdo a sus funciones y que le permite de manera global o total que el motor pueda realizar su trabajo con relación a la conversión de la energía en el combustible; donde las fallas que se pueden dar no son determinadas con tal exactitud, dejando la información de manera adecuada y que los mantenimientos deben realizarse por cumplir ciertos periodos determinados.

Barrientos (2016), en su tesis utilizó una metodología que consistió en diversas pruebas de laboratorio, las cuales le permiten evaluar las características fisicoquímicas de aceite usado y los componentes técnicos del motor; concluye que los lubricantes son productos elaborados de avanzada tecnología para la industria aceitera de lubricantes, los cuales cumplen con un registro de calidad y pueden ser utilizados por equipos nuevos o usados y que su aplicación está en base al alto rango de temperatura dentro del servicio que poseen y la gran estabilidad térmica, sobre la variedad de temperaturas de operación y los índices de viscosidad viene a constituirse como mayor a la del mineral. El lubricante sintético tiene un costo superior al mineral, porque los beneficios que brindan se obtienen a largo plazo y son mayores porque existe en este menor desgaste en sus partes y su vida se alarga con relación a sus componentes.

Álvarez (2017), en su estudio sobre el análisis de métodos de falla para aumentar la fiabilidad en los motores Caterpillar serie 3500 de la estación Guanta Bloque 56 de la empresa Petroamazonas EP. En el análisis sobre los resultados determinan datos sobre la fiabilidad, disponibilidad, números de fallos, el tiempo de fallos en el sistema de motores, y también la información del diagrama de bloques de fiabilidad; de tal manera que el índice de fiabilidad de los motores Caterpillar 3512C, se incrementó en el año 2014 en el 33%, mientras que en el 2015 se elevó al 96%; de tal manera que concluyó que al mejorar la fiabilidad, se disminuye el tiempo de parada de los motores Caterpillar 3512C conforme a los mantenimientos correctivos.

Vásquez, Córdova y De La Rosa (2015), en su artículo científico aportan sobre la implementación del mantenimiento predictivo y preventivo para aumentar su confiabilidad y disponibilidad evaluando a cada uno de los camiones 797f-H de la minera Chinalco. En dicha investigación se evaluó 16 unidades, las cuales decidieron cambiar del aceite mineral Mobil mx 15W-40 al aceite sintético Móbil Delvac 1,5W-40, con el fin de conseguir la mayor disponibilidad de los equipos. Los resultados indican que existe 750 horas no superan los valores críticos recomendados por Caterpillar S.O.S.; lo cual indica que existe una implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las extensiones de tiempo con aceite sintético; además, las particiones de hierro, silicio y cobre, no pasaron los valores que recomienda Caterpillar. S.O.S. de 27ppm, 41ppm y 8 ppm; por lo cual concluye que los intervalos para el intercambio de aceite son correctos.

Carrasco (2018), en su estudio de investigación sobre la ejecutar un nuevo plan de mantenimiento preventivo para la flota de camiones mineros – mina Shougang; concluyó que, a la ejecución de un nuevo plan de mantenimiento preventivo, mejora considerable su disponibilidad mecánica, considerando que de 6 horas por camión cada 2000 horas de trabajo en el campo y que la mejora de disponibilidad mecánica alcanza el 92% dentro del historial de la empresa.

Robledo (2016), realizó estudios de optimización del costo de mantenimiento, el cual fue desarrollado mediante un modelo matemático el cual se vio reflejado en las estadísticas, donde el comportamiento del sistema con posibilidades estructurales de forma técnica y económica, estima los tiempos de reparación y de reemplazo de los equipos y sus respectivos componentes de las redes de distribución, lo que busca el reemplazo de los equipos y componentes; el modelo fue aplicado a todos los componentes por un tramo de distribución cuyos resultados fueron satisfactorios.

Martínez (2017), en la investigación sobre la propuesta de gestión de mantenimiento en todos las máquinas pesadas de línea amarilla en una empresa que da servicio en alquiler de maquinarias; tuvo como objetivo identificar los problemas en los equipos de línea amarilla y brindar recomendaciones mediante una propuesta de mejora de mantenimiento; después de los resultados encontrados, se realizar con éxito una propuesta de una filosofía de mantenimiento en la empresa y poder integrar los recursos considerados para la gestión de mantenimiento enlazando los trabajos de mantenimiento correctivo – preventivo dentro del área de abastecimiento.

Vásquez (2016) en la investigación sobre la propuesta de sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para incrementar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la Empresa (Representaciones y Servicios Técnicos América S.R.L.Trujillo), teniendo las principales conclusiones: Los indicadores de mantenimiento en el periodo 2015 a las 14 máquinas pesadas y empleando las técnicas: la muestran en un total de 1768 horas de reparación, 299 intervenciones por año y 12016 horas útiles por año, encontrando una disponibilidad entre el rango de 79.16% hasta 92.83%; confiabilidad de 42.16% hasta 86.71% y mantenibilidad de 5.35% hasta 27.60%.

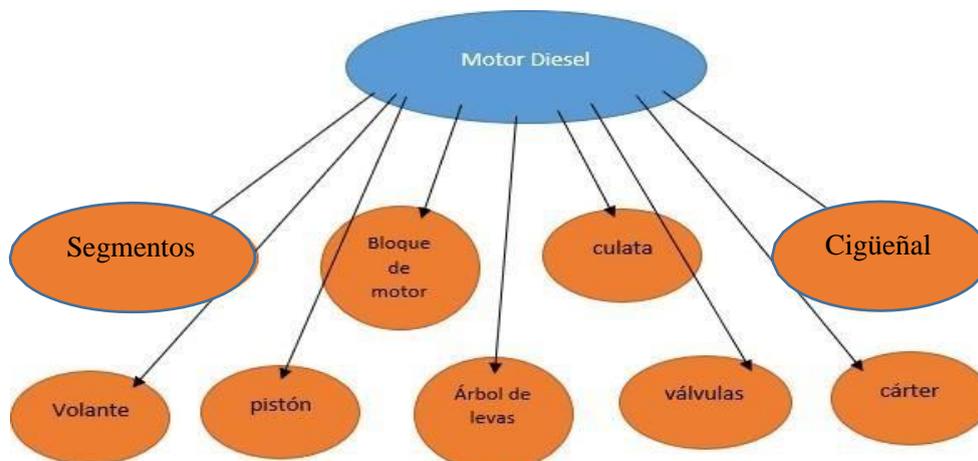
Galarza (2017), en su investigación sobre un plan de mantenimiento predictivo apoyándose en los análisis de aceite ha conseguido una disponibilidad de la maquinaria pesada estudiando el comportamiento del aceite de 89.66% a 92%, el aumento fue 2.34 %.

El motor diésel tiene la combustión interna como alternativa que se produce para la auto ignición de combustible dentro de temperaturas que son derivadas de la alta compresión. En este aspecto puede utilizar el combustible gasóleo o aceite pesado, los cuales derivan directamente del petróleo o de aceites naturales. Estos tienen un desarrollo entre el 45% y 55% de eficiencia térmica (Flores, 2010).

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

El motor Diesel tiene como inventor al Alemán Rudolf Diésel empleando la firma MAN, por los años 1893, aquellos años se dedicaba a la producción de motores y vehículos de carga pesada. Estudiaba los motores de alto rendimiento con el fin de reemplazar a los viejos motores existentes en la época. Diésel trabajó durante años con combustibles (petróleo); en 1897 MAN elaboró el primer motor en base a Rudolf Diésel con aceite liviano, más conocido como fueloil. Un motor diésel de cuatro tiempos está formado por las siguientes partes: segmentos, bloque de motor, cigüeñal, culata, cárter, pistón, árbol de levas, válvulas y volante. Un motor de cuatro tiempos, adquiere características propias que corresponden al primer tiempo, el cual se establece en la fase de admisión, compresión, expansión y escape. Ver figura 4.

Figura 4. Parte de un motor de cuatro tiempos



Fuente: Elaboración propia con datos de la investigación.

La ventaja de los motores diesel, se determinan porque son de bajo costo operativo y tuvo como desventajas iniciales el valor de mantenimiento, ruido y menos prestaciones; Pero, debido a las mejoras tecnológicas estas han mejorados sustancialmente, también a las inyecciones directas y de aire forzado con accesorios como el tubo compresor y la disminución de vibraciones mediante la introducción de volantes motores bimasa. En los años 2010, surgieron críticas al motor culpándose de incremento de partículas y contaminantes por óxidos de nitrógeno en las ciudades. En enero de 2017, en Oslo se prohibió la circulación de coches diésel para reducir la contaminación (Carrasco, 2018). Un motor diésel tiene la funcionalidad de ignición, al contar con una inyección pulverizada y de alta presión, contiene elevadas temperaturas de auto combustión, cumpliendo todo un proceso de auto inflamación. El motor diésel permite ofrecer mayor periodo de vida y una economía a largo plazo con un mantenimiento eficiente buscando la atracción dentro del mercado comercial. Esto conlleva a determinar las características siguientes:

- Alta relación en la compresión.
- Uso de un combustible más eficiente y económico.
- Obtiene un mayor tiempo de vida.
- Es mayor la confiabilidad.
- Es muy económico para operar.

El sistema del motor Caterpillar 3512B contienen un sistema de aire, el cual está conformado por el núcleo del post enfriador con un revestimiento resistente a la corrosión,

el filtro de aire, de servicio regular, seco, tipo de panel con los indicadores del servicio, un turbo alimentador y post refrigerado con camisa de agua. También, el sistema de control, que es un regulador y sumidero de aceite sintético, el control de la proporción aire-combustible, el control de velocidad mecánico, control de regulador y bloqueo positivo. Además, se encuentran los sistemas de refrigeración, de escape, volantes y caja de volantes, sistemas de combustibles, instrumentos de uso, sistema de lubricación, el cual cuenta con un respiradero de cárter, montado en la parte superior, el radiador del aceite, el punto de llenado de aceite, la varilla para mirar el nivel de llenado del aceite, bomba de aceite, filtro de aceite, cárter depósito del aceite y la eliminación de los humos. Finalmente, contiene un sistema de montaje, en el cual se tiene los raíles, montaje del motor, la longitud del motor, 254 mm (10 pulgadas). Asimismo, en la toma de fuerza, se tiene la transmisión de accesorios y la caja delantera. En el sistema de protección está la caja de uniones, el corte manual, la protección de parada, presión de aceite, la temperatura del agua, el exceso de velocidad y el solenoide del regulador, que es activado para la parada (Nieves, 2015). Ver anexo 5.

Para el sistema de arranque del motor diésel está el interruptor, y dentro de las generalidades está el amortiguador de vibraciones, las argollas de elevación y la pintura. El sistema de admisión de aire está compuesto por: Sistema de control; que contienen el regulador, lado derecho con un sumidero de aceite sintético autónomo; el control de aire combustible, regulador y bloqueo positivo, el sistema de refrigeración, con termostatos y carcasa, y bomba de camisa de agua centrífuga. Asimismo, los sistemas de combustible, se encuentran con filtros de combustible, con indicadores de servicio tipo cartucho de servicio y bomba de transferencia de combustible. También se encuentran los instrumentos, manómetros de aceite, diferencial de filtro, indicador de temperatura de la camisa de agua, medidor de servicio eléctrico y tacómetro. El motor Caterpillar 3512B, es un motor diésel 12 cilindros en V post enfriado y turbo cargado que tiene un desplazamiento de 51.8 litros. Las partes móviles y lubricantes de motor CAT 3512 B, cuenta con tapa de balancines, culata (eje de balancines, válvulas, resortes, balancines). El block, contiene a los pistones, anillos de pistones, ejes de levas, varillas empujadoras, buzos, cigüeñal y metales de biela y bancada. Por último, está el cárter. Ver figura 6 y ver anexo 5.

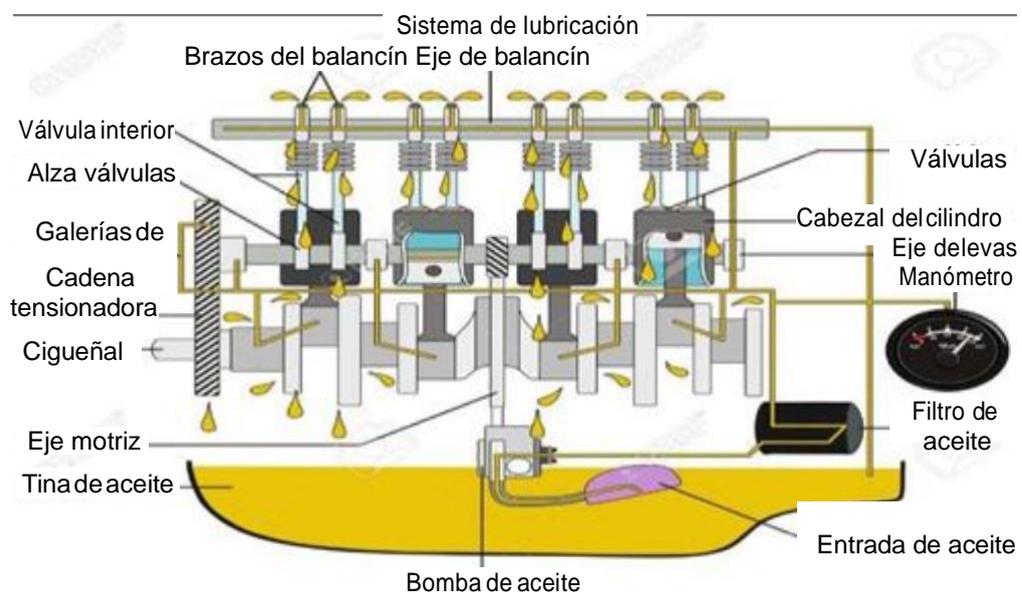
Figura 5: Motor CAT 3512B.



Fuente: Basado en (Caterpillar, 2011).

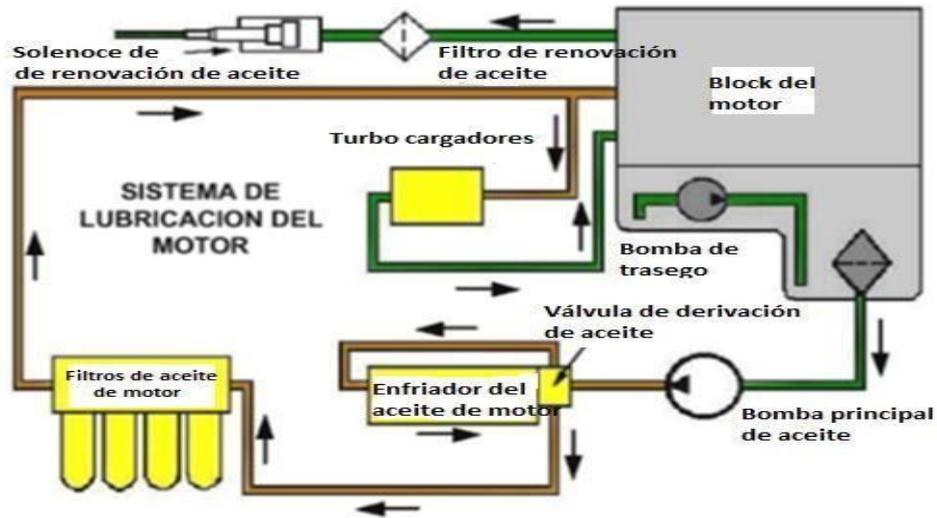
El sistema infográfico del sistema de lubricación del vehículo, muestra la sección transversal del automóvil y todas sus partes, la trayectoria del aceite lubricante y el filtro, y el calibre de la bandeja para la educación de concientización sobre la seguridad mecánica y vial (Mestre, 2015). Ver figura 6.

Figura 6. Diagrama infográfico del sistema de lubricación del motor



Fuente: Mestre (2015).

Figura 7. Sistema de lubricación del motor CAT 3512B.



Fuente: Basada en (Mestre, 2015)

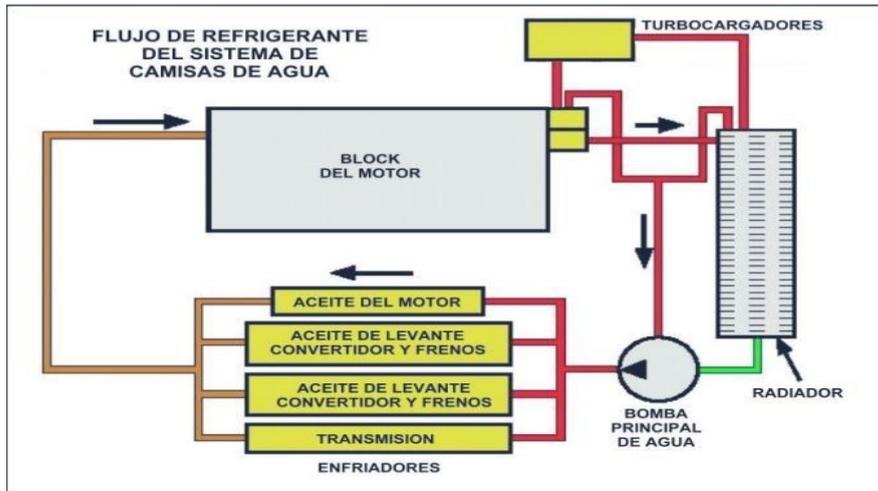
El aceite de lubricación, es la parte principal para la realización las operaciones en un mantenimiento preventivo, que se debe dar de manera permanente a un vehículo, cuya finalidad es evitar que el motor pueda sufrir desgastes de manera prematura o como consecuencia daños que debido al uso de aceites contaminados o degradados definitivamente ha perdido sus propiedades con el fin de cubrir las necesidades del motor. Ver figura 7.

Un aceite que no está en buenas condiciones, puede provocar efectos negativos, dentro de los cuales están: el desgaste prematuro de las partes, el daño al motor y sus accesorios, la alta emisión de los contaminantes, la formación del hollín en la cámara de combustión, la fuga de aceite por los anillos de los pistones dentro del cilindros y finalmente la evaporación del lubricante (Mestre, 2015).

Características del camión minero CAT 785C. La unidad CAT 785 C, es un camión tolva que es utilizado para los trabajos exclusivos de minería, cuyo vaciado por detrás es de un peso bruto de 249,480.0 kg, cuyo motor tiene un diseño de cuatro tiempos para lograr una eficiencia de combustible con doble turbo de compresión y post enfriado, asimismo abastece alta potencia y confiabilidad en las aplicaciones mineras que exigen el rendimiento del motor. Un motor se puede definir como un conjunto de piezas móviles y fijas que de manera sincronizada transforman la energía calorífica en energía mecánica; estos motores tienen un sistema que contribuye a lograr una máxima eficiencia y prolongar su vida útil. Entre los sistemas más importantes:

Sistema de refrigeración motor CAT. 3512B. El sistema de refrigeración conduce calor excesivo lejos del motor y este se mantiene a temperatura de trabajo dentro de un rango óptimo, cuya importancia se mantiene entre 20% y 60% en relación a las fallas de motor, considerándose fallas en este sistema de mantenimiento. Ver figura 8.

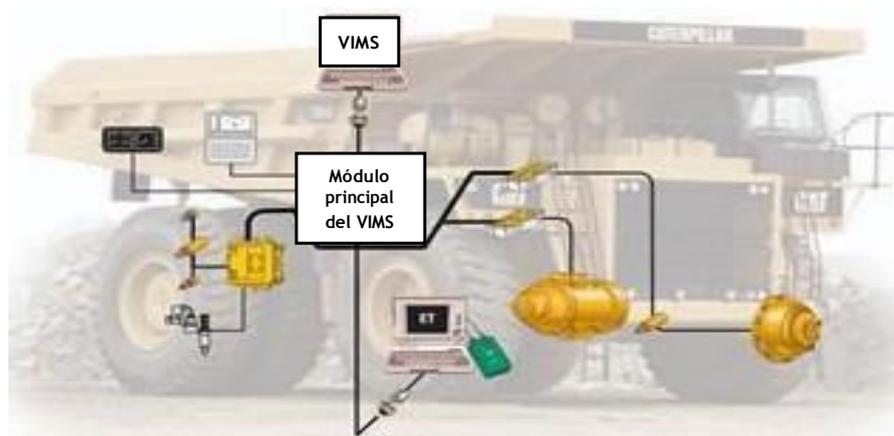
Figura 8: Sistema de refrigeración del Motor CAT 3512B.



Fuente: Caterpillar, 2018.

Motor y tren de potencia integrados; los cuales se encuentran trabajando de manera inteligente, transmite potencia generada en el motor hacia los mandos finales optimizando el rendimiento del camión.

Figura 9. Integración motor tren de fuerza del Motor CAT 3512B

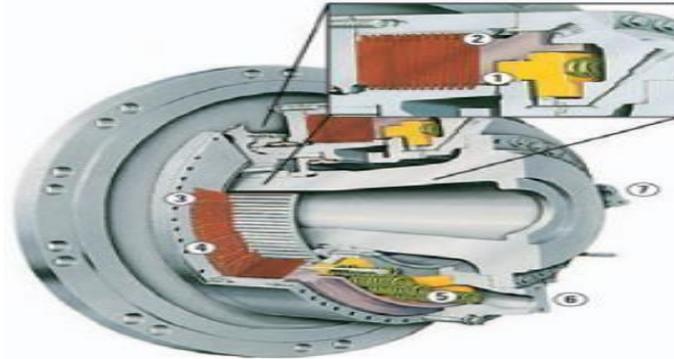


Fuente: Caterpillar

El mecanismo de levante de tolva; consta de una bomba hidráulica que impulsa el motor y dos cilindros de levante en dos fases. La función principal es levantar la tolva para descargar el material que es transportado.

Sistema de frenos, son servicios secundarios y primario en el estacionamiento y operación donde la urgencia o emergencia lo requiera, y las funciones de retardo es para frenados suaves; el HARC controla de manera electrónica el retardo de frenado en la pendiente, lo cual ayuda a mantener un rpm del motor y el enfriamiento de aceites óptimo, también tenemos dentro del sistema de frenos el módulo VIMS ayuda a identificar las fallas. Ver figura 9.

Figura 10. Sistema de frenos del Motor CAT 3512B



Fuente: Basada en (Caterpillar, 2018).

En ver en la figura 12, partes del freno de servicio:

- 1: embolo (pistón) de estacionamiento secundario
- 2: embolo (pistón) de retardo o servicio
- 3: Discos de fricción
- 4: lamina de acero
- 5: Resortes de accionamiento
- 6: refrigeración de aceite de entrada
- 7: refrigeración de aceite de salida

El sistema de control de tracción; este sistema combina el TCS al HARC y forma un sistema de control integrado para frenado y se pueda lograr la eficiencia, buen rendimiento y la fiabilidad óptima, vigila y controla de manera electrónica el deslizamiento de las ruedas traseras con el fin de obtener la mayor tracción y mejor rendimiento donde haya terrenos en malas condiciones. Ver figura 10.

Los lubricantes, aparecen como fluidos, grasa o sólido, conforme a los requerimientos en la aplicación donde se proporcionan los beneficios siguientes:

Una reducción de la fricción y el desgaste; de tal manera que se reduce mediante la separación de superficies en movimiento, que genera calor y que se va degradando en

forma de desgaste, lo cual ocasiona disminuir su vida útil en los elementos mecánicos y del propio lubricante, esto en base a la separación de factores de inclusión como la velocidad, viscosidad y carga, dentro de los correderos, es la película lubricante la que suministra de dos a veinte micrones de separación, esto provoca a su vez disminuir los límites de fricción. Controlar la temperatura, donde los fluidos pueden absorber el calor, lo que ocasiona que haya una disipación de una forma normal o ser quitado mediante un intercambiador de calor en el sistema de refrigeración. Ver anexo 1.

Controlar la contaminación, cuya función de los lubricantes es separar los elementos de las máquinas del medio ambiente evitando que ingrese los contaminantes, mientras que la fluidez de los lubricantes realiza el recojo de contaminantes y lo llevan al tanque y luego conducirlo hacia un filtro o separador. La prevención de un ataque químico, mediante el cual los lubricantes mantienen la protección en contra la corrosión.

Transmisión de la energía, el cual se da en los sistemas hidráulicos, el fluido que contribuye como un medio que busca transmitir la energía hacia los cilindros, válvulas y motores (Fitch y Trujillo, 2007).

Las características físicas de los aceites lubricantes, se miden por procesos físicos, dentro de los cuales tenemos a:

Densidad y gravedad; la densidad es la masa de la unidad de volumen a una temperatura determinada. La gravedad, se divide en específica y gravedad API; en el primer caso representa la relación entre la masa de un volumen y la masa de un volumen igual a la misma temperatura. Por su parte la gravedad API, está en función a la gravedad específica y es utilizado para derivados del petróleo.

Punto de inflamación; es la temperatura mínima donde el aceite desprende suficiente vapor con la aplicación de una llama abierta, también se le conoce como punto de llama.

Punto de fluidez; determinado por ceras en el aceite o la viscosidad del lubricante, se considera como la mínima temperatura en la cual fluye un líquido cuando es enfriado a condiciones de prueba.

La viscosidad, es una de las fases principales de un estudio que corresponde a la lubricación. Muchos piensan que un aceite grueso es mejor por lo viscoso que resulta ser, pero esto no es el resultado de los análisis, sino que el aceite no debe llegar solo a una parte, sino a todas las que requieran lubricación, considerando el tiempo que necesita para ello y a la baja viscosidad, porque un motor con aceite de alta viscosidad tendrá mayor trabajo al arrancar. Sin embargo, se debe tener mucho cuidado que el aceite no contenga

demasiado bajo su viscosidad, porque podría ingresar a la cámara de combustión y quemarse, por lo cual generaría un humo azul. Es necesario consultar el manual del propietario para ver el grado de viscosidad; un aceite de baja viscosidad puede ser mejor utilizado para motores con bajo recorrido entre 80 km y uno con mayor viscosidad para motores que tienen mayor kilometraje. La viscosidad considera que el aceite al escurrir encuentra la resistencia.

El color de un aceite lubricante tiene una variación de claro o transparente hasta opaco o negro, las variaciones del color resultan de diferencias en crudos, viscosidad, métodos o grado de refinación y de la naturaleza de los aditivos (Castillo, 2014).

Los aditivos, que son químicos que se agregan al aceite con la finalidad de alterar sus propiedades, son utilizados para aumentar las propiedades que tiene el aceite básico, quitar sus propiedades e eliminar nuevas propiedades. Generalmente, Dentro de los aditivos comunes se puede detallar a los antioxidantes o inhibidores de oxidación, inhibidores de corrosión, dispersantes, detergentes, aditivos de anti- desgaste y de extrema presión. Ver figura 11.

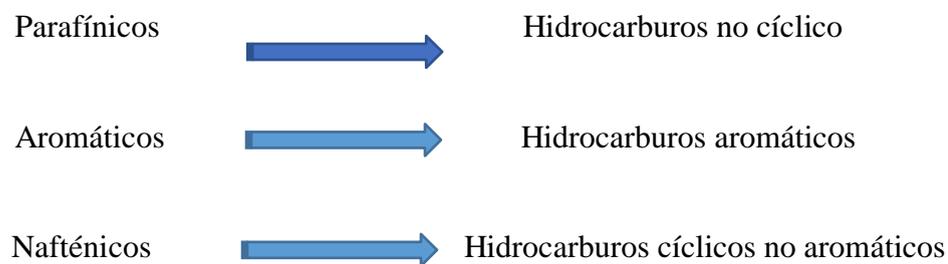
Los lubricantes indican el flujo que circula por el mecanismo móvil del motor a ciertas temperaturas, de -0 grados centígrados a +100 grados centígrados. Por ejemplo: SAE 15 W 40 indica la viscosidad del aceite a temperaturas de -20 grados y a 45 grados, en tal orden, donde el aceite se aplique trabajando a temperaturas frías SAE15 y en trabajo caliente un SAE 40, donde para mayor protección de trabajo en frio se tendrá en conocimiento el primer número tiene que ser lo más bajo posible, y para tener mayor protección de trabajo en caliente donde el segundo número debe ser mayor. La temperatura del aceite según el tipo de aceite se divide en mono grados y multigrados (Castillo, 2014).

Figura 11. Proceso de oxidación de un aceite



Fuente: Barrientos, 2016.

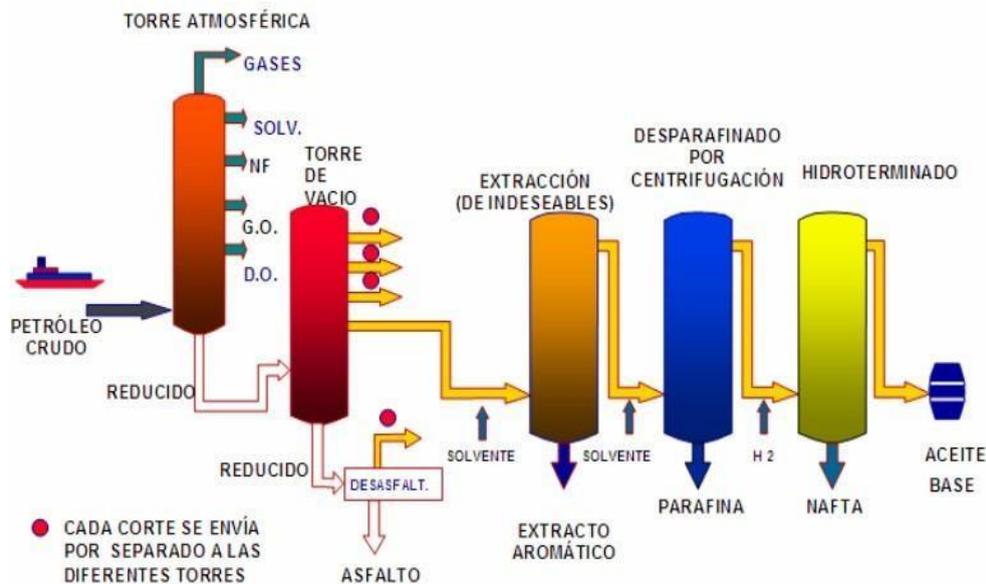
Los aceites lubricantes minerales derivan del petróleo, convertido en estado líquido de color nítido, que no tiene ni color ni olor. Estos aceites están constituidos de manera casi exclusiva por mezclas de hidrocarburos de cadenas carbonadas muy largas que resultan de las destilaciones fraccionadas del petróleo; estas se obtienen a mayores temperaturas que una fracción de combustible diésel y por debajo de los aceites súper pesados, asfaltos y alquitranes, que se encuentran actualmente en el petróleo original y de manera especial en los hidrocarburos aceitosos que son susceptibles al cambio de sus propiedades, las que son sometidas a condiciones de temperaturas elevadas, presión, elevadas agitaciones y contaminantes muy comunes dentro del trabajo de las máquinas y las aplicaciones de los motores de combustión interna. También toma el nombre de petrolatum o petrolato líquido. Se consigue mediante el proceso para destilar petróleo crudo y que desde el punto de vista químico se asemeja a la vaselina. Se compone de hidrocarburos, los cuales existen de diferentes tipos con relación a la densidad y viscosidad; los hidrocarburos que son parte del aceite mineral están clasificados de la siguiente manera: Ver figura 12.



Estos tipos tienen propiedades ligeramente diferentes y los aceites minerales son más baratos y de fabricación más fácil, lo cual se usa mucho como productos de cosmética, lubricantes, medicina y sistema de refrigeración. Uno de los aceites minerales de elevado rendimiento para los motores Diésel es el Mobil Delvac MX 15W – 40, este proporciona buena lubricación a los motores modernos y de antemano aumenta la vida del motor, los elevados rendimientos han sido probados dentro de la industria con aplicaciones y flotas mixtas, lo cual ofrece un buen rendimiento con bajas emisiones y que los más antiguos funcionan con combustible que tiene menor o mayor contenido de azufre. Mobil Delvac MX 15W– 40, realiza combinaciones entre los aceites de alta calidad con avanzados sistemas de aditivos que proveen el control superior de espesado de aceite, ya que la formación del hollín a muy elevadas temperaturas y cuya resistencia es insuperable a la oxidación y corrosión. El proceso de elaboración de aceite mineral, considera algunos factores que determinan la calidad del producto, el cual debe servir para minimizar las impurezas que perjudicaran de manera frecuente la eficiencia de lubricación, estos factores

se determinan como situaciones técnicas para el buen funcionamiento del motor.

Figura 12. Proceso completo de base mineral.



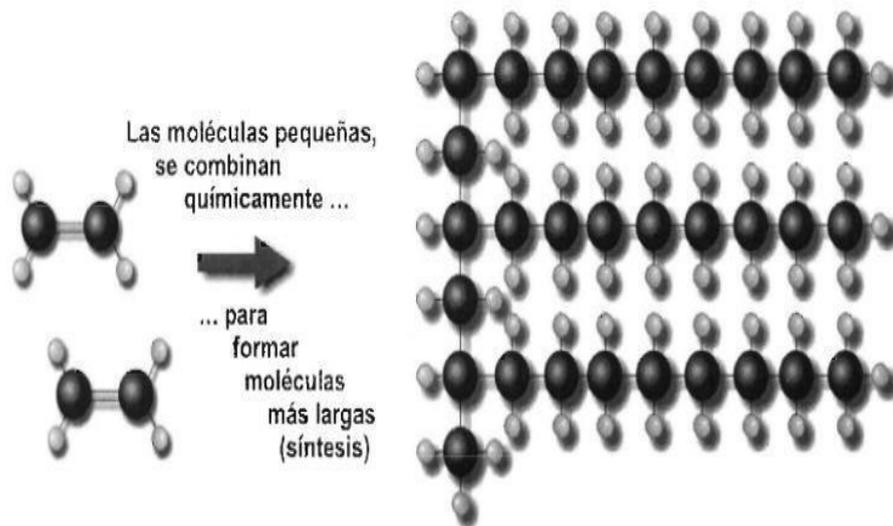
Fuente: Barrientos, 2016.

Los diseños cada vez más ajustados tienen la facilidad de reducir el consumo de aceite y brindar un lugar con menor relleno para el nuevo aceite. Los elementos de fuego de los pistones están más elevados de forma correlativa, esto permite que los lubricantes sean sometidos a alta temperatura dentro de la cámara de combustión y que tenga como efecto una tensión térmica mayor, lo que contribuye de manera positiva y que permite al lubricante someterse a temperaturas muy elevadas en la cámara de combustión y se obtenga como resultado una mayor tensión térmica. Además, existe elevadas presiones con relación a inyecciones y tiempos retardados, que deben mantenerse dentro de la eficiencia de la mezcla y finalmente existen elevadas presiones de inyección con tiempos retardados que mejoren la eficiencia de la mezcla y se incrementen las temperaturas y el hollín que soporta el lubricante (Barrientos, 2016).

Los aceites lubricantes sintéticos, no tienen una procedencia directa del petróleo crudo, estos son creados conforme a los productos petrolíferos combinados en procesos dentro del laboratorio, sin embargo, debido a que resulta más extensa y compleja su elaboración, resulta más caro a comparación con los aceites minerales; su calidad es muy alta y está diseñado para vehículos con tratamiento de gases de escape y cumple los requisitos de motores de vehículos actuales. Su calidad es alta y comprende a elaboraciones muy elevadas y su diseño se adecúa a la calidad que ejerce. Su fórmula está acorde a las últimas

tecnologías de motores existentes y además contribuye a la conservación del medio ambiente, conforme a la ley del medio ambiente, por lo cual se minimiza las emisiones nocivas; en tal razón se hacen netamente recomendados para los vehículos a gasolina y Diésel con o sin turbo compresores y que incluyan tratamientos de gases de escape (Oliver y Anderson, 1996). Es una fórmula optimizada con aditivos anti fatiga de calidad contribuyendo al peculio de carburante al unísono que proporciona la coraza anti deterioro arreglada para motores de adhesiones prestaciones. Bajo consumo de lubricante por su tecnología artificial y pensada crasitud. Producto de larga perdurabilidad, que puede prorrogar notablemente los trozos de altibajo de unto sin martirizar la limpieza del motor. Excelente proceder visco simétrico en congelado; destreza de bombeabilidad de lubricante en el germen, disminuyendo el plazo preciso de enseñanza de producto y por lo tanto reduce el deterioro. El reducido contenido de cenizas hace necesario que la durabilidad de nuevas tecnologías disminuya las emisiones con filtro y contribuyan a la conservación y cuidado del medio ambiente. Dentro de estos aceites se tiene los oligómeros olefelnicos, los esterers orgánicos, el poliglicoles y el fosfato ésteres (Pérez, 2016). Ver figura 13.

Figura 13. Estructura química de un aceite sintético.



Fuente: (Barrientos, 2016).

El proceso para elaborar un aceite sintético, es una mezcla química o por la construcción de moléculas complejas que son provenientes de moléculas menos complejas. Ver figura 14.

Figura 14. Proceso de elaboración de aceite sintético.



Fuente: (Barrientos, 2016).

En toda empresa existe un propósito para conservar el grado de operatividad, debido a la eficacia y eficiencia de su activo fijo, lo cual reunir un conjunto de actividades que son imprescindibles para conservar las instalaciones o los equipos en funcionamiento, los cuales deben estar conforme a las condiciones que se puedan determinar y con ello tratar de evitar, reducir y reparar de los bienes las fallas que se puedan presentar, asimismo se abarca la forma de reducir la gravedad de las fallas, así como poder evitar las paralizaciones útiles de las máquinas, evitar los daños ambientales, incidentes y aumentar la seguridad de sus colaboradores dentro de la empresa. Conservar los bienes productivos, mantener los costos de mantenimiento, regularizar el uso eficiente de la energía, prolonga las funciones de vida útil, son parte de un mantenimiento responsable.

El mantenimiento incide demasiado en la calidad y cantidad de producción; en tal sentido está determinada conforme a la capacidad instalada para la producción, teniendo una libre disponibilidad, entendiéndose que para el cociente de tiempo efectivo de producción está en relación a la suma y el tiempo de parada por el mantenimiento. De tal forma que este tipo nos lleva a observar los siguientes objetivos que determinan el mantenimiento, el cual se basa en asegurar la libre disponibilidad que se planea al menor costo considerando las recomendaciones necesarias que se dan en garantía y el uso de instalaciones y normas de seguridad; por lo tanto, la confiabilidad se mide con relación al tiempo entre las fallas consecutivas; por lo cual es necesario determinar en este aspecto en base a la temporización correspondiente, sin perjudicar la relación de los objetivos de la empresa.

Además, los tiempos de paradas incluyen tiempos efectivos de paradas que se producen e incluyen los tiempos efectivos para su reparación, los cuales están en los diseños, de las herramientas que se dispone, de las destrezas y capacitaciones del personal y los tiempos en la espera dentro de la función en la organización. Los tiempos de paradas no favorecen a la empresa, porque en este tiempo la empresa deja de producir (Amendola, 2016).

La base principal del mantenimiento se realiza tomando en cuenta los criterios económicos y está encausado a obtener ahorros de los costos generales de producción, los que están totalmente relacionados a mantener de manera permanente los equipos generales de producción están en relación a mantener constantemente e instalaciones bajo las condiciones necesarias y óptimas con el fin de prevenir los tiempos de parada, que con ello se aumentaría los costos; según el fabricante se pretende prolongar la vida útil, con relación a los equipos e instalaciones, cuya periodicidad para detectar el desgaste o rotura está en función a llevar los controles y registros correspondientes, con el fin de realizar las reparaciones de emergencia de manera inmediata, para lo cual debe utilizar métodos sencillos con el fin de reparar, prever y proponer las mejoras en equipos y maquinarias para reducir posibles daños y roturas, y controlar el costo directo del mantenimiento, tomando en cuenta la eficiencia del tiempo, los materiales, la mano de obra y servicios.

El mantenimiento es importante porque está ligado a la tecnología, con el pasar de los tiempos, el libre mercado, la globalización y el crecimiento económico; de tal manera que las empresas se ven obligadas a cumplir los estándares de calidad, debido a la competitividad que pueden existir entre ellas. Para poder obtener las condiciones de trabajo de los equipos, es necesario desarrollar planes con el fin de solucionar un problema (Carrasco, 2018).

Un sistema de mantenimiento debería mirarse como el ejemplo claro de ingreso y salida, las primeras se constituyen por la mano de obra, administración, herramientas y equipos; mientras que la salida constituye la parte de funcionamiento bien configurado y confiable para lograr las operaciones planeadas; siendo estas actividades parte de un sistema de mantenimiento relacionado al orden funcional, como la planeación, organización y control.

El objetivo central del mantenimiento, concuerda con llevar a cubrir los medios que son necesarios para poder reducir el costo final de la operación en planta, dependiendo de los objetivos técnicos que están en base a conservar las situaciones de funcionamiento seguro

y eficiente de los equipos, maquinarias y las estructuras de tratamiento. El mantenimiento se da bajo dos puntos de vista: uno relacionado al aspecto humano, que está en base a evitar accidentes y prevenir las pérdidas humanas, mientras que el segundo está en relación a la parte técnica compuesta por las maquinarias, instalaciones y equipos bien mantenidos, que facilitarán una producción continua si pérdidas y una eficiencia en planta (Alpizar, 2018)

El mantenimiento preventivo, tiene la misión de minimizar las reparaciones mediante las inspecciones diarias y la renovación de los componentes dañados, utilizando a cabo un programa de revisión de equipos, apoyado en el conocimiento de la máquina. Se confecciona un plan de mantenimiento, ya que se indica las acciones necesarias como engrase, cambio de correas, desmontaje y limpieza. Tiene como una de las grandes desventajas que el mantenimiento preventivo se tiene que acumular el costo sin poder obtener las mejoras dentro de la disponibilidad y donde los trabajos de rutina se alargan durante el tiempo. Este mantenimiento se basa en la confiabilidad de los equipos (Carrasco, 2018). Ver figura 15.

Figura 15. Mantenimiento preventivo.



Fuente: Basada en (Carrasco, 2018).

El mantenimiento preventivo, es la estrategia por lo cual se programan de manera periódica las pausas en los equipos, los cuales tienen por objeto inspeccionar, reparar, conservar y reemplazar los componentes; este tipo de mantenimiento tiene funciones que se consideran confiables, disponibles y de mantenibilidad por se consideran herramientas netamente poderosas, las cuales son importantes en la decisión del personal de mantenimiento; de tal manera que su misión es asegurar la disponibilidad de funciones en

los equipos e instalaciones, de tal manera que permita asistir un proceso productivo y servicio de calidad, preservando el medio ambiente y con un costo adecuado. Ver figura 15.

La confiabilidad está netamente relacionada a la investigación operativa, debido a la asociación de la probabilidad de una falla en un periodo de lapso (tiempo) determinado y bajo ciertas condiciones ambientales durante la operación.

El mantenimiento predictivo, es una técnica que puede determinar o pronosticar cierta falla de un punto futuro del componente, dando índices para que este pueda reemplazarse en los tiempos convenientes, toma como base un plan justo antes que falle, de tal forma que se tiene los espacios correspondientes para atender las fallas y tomar las medidas correctivas, de esta manera el tiempo de vida se maximiza.

Otra parte del estudio está dirigido al donde los procesos de producción de una empresa donde se utilizan maquinarias para realizar un trabajo, tienen en cuenta el deterioro que puede causar a esta. Los deterioros pueden considerarse de normales o de uso inadecuado, conforme a las condiciones ambientales; de tal forma que, para evitar este tipo de deterioro, se debe tomar en cuenta un adecuado mantenimiento.

Este mantenimiento está constituido por un conjunto de actividades donde se especifica llevar los equipos en las mejores condiciones de trabajo, la mayor parte está en base al funcionamiento, el cuidado, asimismo como el servicio con respecto a los manuales de operaciones.

La mayor parte de empresas están invirtiendo grandes cantidades de dinero; pero, la mayoría de reparaciones se pueden prevenir y con ello evitar todo tipo de daño y una para innecesaria con relación a la producción; es aquí donde nace el concepto de mantenimiento y el gran desarrollo con el fin de tener en cuenta gastos a futuro y la operatividad de la empresa. Este se puede dar como preventivo, correctivo o predictivo, según corresponda dentro del orden de la empresa. En general existe una gran responsabilidad dentro de la empresa para poder elegir los sistemas que sean más asertivos o convenientes para la empresa y conforme a las políticas empresariales en todos los rubros en el cual se puedan determinar; está conforme a la organización, capacitación y todo tipo de servicio.

Es evidente que todos los bienes no son del mismo tipo, dentro de los cuales se puede mencionar los puntos críticos, importantes y poco importantes; para cubrir las consecuencias que pueden ocasionar las fallas que se produzcan (Vásquez, Córdova y De la Rosa, 2015). Este mantenimiento consiste en que mediante el monitoreo continuo se

hace el seguimiento del equipo y se obtiene los indicios que pueden ayudar a detectar las fallas antes que estas ocurran, estas actividades consisten en poder inspeccionar de manera visual, el chequeo de los indicadores del equipo como la temperatura, el sonido y los datos recolectables, para demostrar que la falla está a punto de ocurrir.

Hoy en día el mantenimiento en Minería es ejecutado de manera muy cuidadosa con una estrategia concisa mediante un plan a gran medida estructurado que evite paradas, accidentes, problemas ecológicos como también desviaciones en el presupuesto. Por ello cuando los beneficios de ampliación de vida del mantenimiento proactivo son acompañados por los beneficios de detección temprana del mantenimiento predictivo, se tiene como resultado un programa de mantenimiento basado en condición. Mientras que el mantenimiento proactivo se quía con el control de las causas de falla, el mantenimiento predictivo se dirige a la detección de fallas resientes de las propiedades del fluido y de los elementos de la máquina, tal como engranes y rodamientos. Para que un programa de mantenimiento predictivo se considere positivo este debe aumentar la confiabilidad y el desempeño operacional de la maquinaria mientras que al mismo tiempo se minimizan costos de producción incluido los costos de mantenimiento.

#### **1.4. Formulación del problema**

Tomando en cuenta la problemática del estudio, se plantea la siguiente interrogante como problema general:

¿En qué medida el aceite sintético influye en los índices de mantenimiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C de la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C?

#### **1.5. Justificación del estudio**

Conforme a los planteamientos dados, la investigación se justifica en:

**Técnica;** porque la presente investigación es gran logro tanto para la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C. y todas las empresas de minería y construcción, que día tras día van a la vanguardia de un mercado competitivo. En la cual la empresa llega a ser reconocido por su calidad, ofreciendo productos y servicios con el más alto nivel.

**Económica;** porque se encaminó en la búsqueda para el dominio de mercado, porque se obtuvieron mejores productos y servicios con mejores niveles de calidad, por lo tanto, es necesario y permite hacer un análisis de los estados actuales de la maquinaria que

identifica los inconvenientes encontrados dentro del proceso y mantenimiento en la forma de estudio para la mejora de los equipos pesados.

**Social;** porque al aumento de ocurrencia de fallas presentadas en diversos componentes que conforman los equipos y que originan paradas en la maquinaria, pérdida de tiempos en producción, altos costos de mantenimiento por reparaciones de emergencia, repuestos y consumos de materiales, el área de servicio de la empresa utiliza ya con un plan de mantenimiento preventivo eficaz con el fin de prevenir las causas raíz de las fallas e implementar planes de acción que permitan optimizar el desempeño operacional y la disponibilidad de los equipos.

**Ambiental;** porque la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C. al evaluar la mejora de las condiciones de operación de sus 20 unidades, planea la migración de aceite mineral Mobil Delvac MX15W – 40 al aceite sintético Mobil de Delvac 1Esp5W-40 el cual se propone extender en intervalos de cambio en 750 horas, es así que estos aceites contribuyen a nuestro medio ambiente con bajas concentraciones obtenidas.

## **1.6. Hipótesis**

El aceite sintético influye en los índices de mantenimiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C – empresa COSAPI Minera S.A.C.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Se considera el siguiente objetivo general: Determinar cómo el aceite sintético influye en los índices de mantenimiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C de la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

Donde los objetivos específicos tenemos:

Determinar el protocolo del aceite mineral y sintético en el funcionamiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C, antes y después del uso del aceite sintético.

Determinar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad del motor Caterpillar 3512B del camión 785C, antes del uso del aceite sintético.

Determinar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad del funcionamiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C, después del uso del aceite sintético.

Analizar la evaluación económico financiera por costos de mantenimiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C.

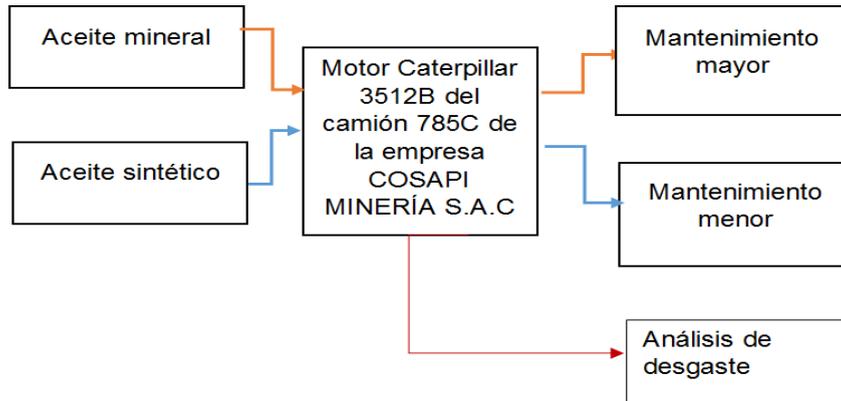
## **II. MÉTODO**

## 2.1. Tipo y diseño de investigación

- **Tipo de Investigación:** Aplicada, realizando el aprendizaje estadístico adquirido. Permitiendo una óptima solución en el desarrollo cuantitativo.
- **Diseño de Investigación:** Experimental, por la manipulación de una variable.

Para la investigación se utilizó el siguiente diseño: Ver figura 16.

Figura 16. Mantenimiento preventivo.



Fuente: Elaboración propia.

## 2.2. Operacionalización de variables. Ver tabla 2.

Tabla 2: Operacionalización de las variables.

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Variable Independiente: Aceite sintético</b>	Tiene aditivos anti fatiga que contribuyen al anti deterioro para motores de adhesiones prestaciones. Bajo consumo de lubricante por su tecnología artificial (Pérez, 2016).	Costos	Repuestos	razón
		Rendimiento	Tiempo	
		Durabilidad	Mantenimiento	

<b>Variable Dependiente: Mantenimiento</b>	Es una técnica que determina cierta falla del componente, dando índices para que este pueda reemplazarse en los tiempos convenientes, toma como base un plan justo antes que falle, de tal forma que se tiene los espacios de tiempo y maximiza (Vásquez, Córdova y De la Rosa, 2015)	Suministro	Repuestos	Nominal
			Materia prima	
			Insumos	
		Mano de obra	Salarios	
			Prestaciones	
			Costos de operación	

Fuente. Elaboración propia

### **Criterio de confiabilidad**

La confiabilidad; es la posibilidad donde un sistema o elemento funciona correctamente fuera del orden de fallas, durante un tiempo específico. De manera más específica y sencilla la confiabilidad es la posibilidad para que un sistema o producto funcione.

$$C(t) = e^{-\frac{1}{TFOR} * TFP} * 100 (\%) \quad (1)$$

Dónde:

C (t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo t dado.

TFP: Tiempo de funcionamiento programado

TFOR: Tiempo de funcionamiento de operación real

### **Criterio de disponibilidad**

Disponibilidad; se determina como la confianza que se tiene de un componente, equipo o un sistema que sufrió un mantenimiento y para que pueda ejercer una función satisfactoria en un tiempo dado.

$$D(t) = \frac{TFOR}{\text{Tiempo total programado}} * 100 (\%) \quad (2)$$

D (t): Disponibilidad en un tiempo “t” dado.

TFOR: Tiempo funcionamiento de operación real.

### **Criterio de mantenibilidad**

Mantenibilidad; se determina como la capacidad, bajo ciertas condiciones sobre su uso con el fin de conservar o poder restaurar a un estado en lo que se requiera, cuando el mantenimiento se ejecuta mediante ciertas circunstancias y haciendo uso de recursos y procedimientos en la mantenibilidad de los equipos.

$$M = (1 - e^{-\frac{1}{MTTR * NF * 100} * TFP}) * 100(\%) \quad (3)$$

MTTR: Tiempo medio para reparar.

$$MTTR = \frac{\text{Nr. de horas por paro de fallas}}{\text{Número de fallas}} \quad (4)$$

TFP: Tiempo de funcionamiento programado.

NF: Numero de fallas.

### **2.3. Población, muestra y muestreo**

La población considerada, abarca 20 camiones 785C, lo que equivale a tener 20 motores Caterpillar 3512B de la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C.

Mientras que para la muestra se consideró 04 camiones 785C, Motor Caterpillar 3512B siendo estas las mejores en disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C.

### **2.4. Técnicas e instrumentos de valides, confiabilidad y recolección de datos. Ver tabla 3.**

Tabla 3: Técnicas e instrumentos.

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Recolección de datos.</b> Se usa una gran diversidad de medios para recolectar información con relación a la investigación	<b>Fichas bibliográficas</b> Sirve como un medio para registrar y resumir toda la información obtenida con la recaudación de datos

<p><b>Análisis registro de datos</b></p> <p>Se centra en la inferencia, cuyo proceso deriva los datos para conclusiones, basándose en lo que conoce el investigador.</p>	<p><b>Hoja de Registro costos de mantenimiento</b></p> <p>Es una herramienta de la investigación que obtener resultados según los datos aplicados.</p>
--	--

Fuente. Elaboración propia

## 2.5. Procedimiento

2.5.1. Se recolectó la información bibliográfica mediante fichas, sobre los diferentes tipos de aceite, y el funcionamiento del motor Caterpillar 3512B.

2.5.2. Se analizó las mejoras en los indicadores de mantenimiento relacionados a la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, con relación al cambio de aceite.

2.5.3. Se realizó un análisis del aceite sintético Mobil Delvac 1, 5W- 40 con relación a la disponibilidad del motor Caterpillar 3512B.

2.5.4. Se realizó la evaluación económica financiera sobre los costos de mantenimiento, considerando un plan de mejora.

## 2.6. Método de análisis de datos

Se realizó el análisis descriptivo y analítico sobre el funcionamiento del motor Caterpillar 3512B, se tomó en cuenta como primera fase el uso del aceite mineral, posteriormente con el aceite sintético; luego de ello se analizó los cambios que produce el tipo de aceite, bajo este análisis se integró las ventajas y desventajas, y finalmente se pudo realizar el análisis de los costos de mantenimiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C. De la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C.

### 2.6.1. Protocolo de prueba – Mobil Delvac 1,5 W – 40 Flushing.

El flushing se realizará de acorde a los siguientes pasos: Drenar completamente la carga de aceite del cárter de motor.

Cargar el cárter de motor con el aceite de alto desempeño Mobil.

1. Arrancar el equipo y dejarlo prendido por un período de 15 min, acelerando cada período de 3 min, para ayudar a que el nuevo aceite recorra todas las partes del motor y limpie el sistema del aceite anterior.
2. Drenar nuevamente la carga de aceite del cárter de motor. De este modo se minimiza la

contaminación cruzada con el lubricante anterior.

3. Cargar nuevamente el cárter de motor con el aceite de alto desempeño Mobil.

**Toma de Muestras:** La toma de muestras será analizada en el Laboratorio Intertek. Las muestras serán tomadas en frascos de 100 ml (modelo Intertek según el caso). Los kits de muestreo (Tomas rápidas, manguera, bomba, guantes, papel Kimberly, etc.). Ver Figura 17.

**Frecuencia de Muestreo:** La frecuencia de muestreo será cada 50 horas desde el inicio del presente protocolo. Se tomarán 2 muestras por cada vez, una se enviará a SOS y otra a Intertek.

En el caso que los resultados muestren que los rangos condenatorios de viscosidad, contaminación con combustible, refrigerante o agua se hallen fuera de los límites tolerables se continuara con el remplazo del aceite toda vez que se haya determinado y corregido la causa raíz de la condición anormal.

#### **Análisis del aceite usado en laboratorio Intertek:**

Una contra-muestra de aceite usado de cada muestreo será enviada y analizada en nuestro Programa, analizándose las siguientes pruebas:

1. Viscosidad @ 100°C
2. Oxidación
3. Contenido de Hollín (Soot)
4. Dilución por Combustible (muestras de baja viscosidad)
5. Porcentaje de Agua por destilación
6. TBN

Metales de Desgaste: Hierro, Cobre, Aluminio, Cromo, Plomo, Estaño, Molibdeno.

Metales que verifican contaminación: Silicio, Sodio, Potasio, Boro.

Sabiendo que los aceites lubricantes permiten reducir la fricción y desgaste del metal, control y remoción de contaminantes, protección de equipos contra la humedad, entre otras acciones que un aceite puede realizar. Cuando existe contaminación o degradación del aceite que son las causas de problemas, la manera más efectiva de detectarlos es realizando un análisis del aceite lubricante, para determinar cuáles son las causas en la degradación del aceite y nos da pistas de la causa raíz. Los rangos de control, son establecidos por cada fabricante de aceite (Van Renssenlar, 2012) y también por el diseñador de la maquinaria (CATERPILLAR, 2010), para que mantengan condiciones normales para seguir operando sin producir fallas en el equipo lubricado. En la Tabla 4, se

muestran los límites condenatorios máximos por diseñador de la máquina. De acuerdo con Mayer (2005) los límites en análisis de aceite son considerados alarmas y son dispositivos hechos para ayudar en la interpretación de los informes. La finalidad principal de los límites es filtrar la información para que el analista tome su tiempo en administrar y modificar situaciones excepcionales en vez de tener que examinar atentamente toda la información intentando de encontrar las excepciones.

Tabla 4: Límites condenatorios máximos por diseñador de la máquina.

Constructor del Motor	
Análisis de Aceite	<b>Caterpillar</b>
	todos los modelos
Hierro	100 ppm
Cobre	45 ppm
Plomo	100 ppm
Aluminio	15 ppm
Cromo	15 ppm
Espectroscopia	20 ppm
Sodio	40 ppm
Boro	20 ppm
Silico	10 ppm
Viscosidad	+20 % to -10 % del grado nominal SAE
Agua	0.25% max
TBN	1.0mgKOH/g min estimado
Dilucion Combustible	5% max.
Dilucion Refrigerante	0.1% max
Ferografía	en excepciones

Fuente: FERREYROS S.A.C.

El protocolo de prueba del aceite, está determinado tanto para realizar la prueba de muestras, tanto con aceite mineral y sintético.

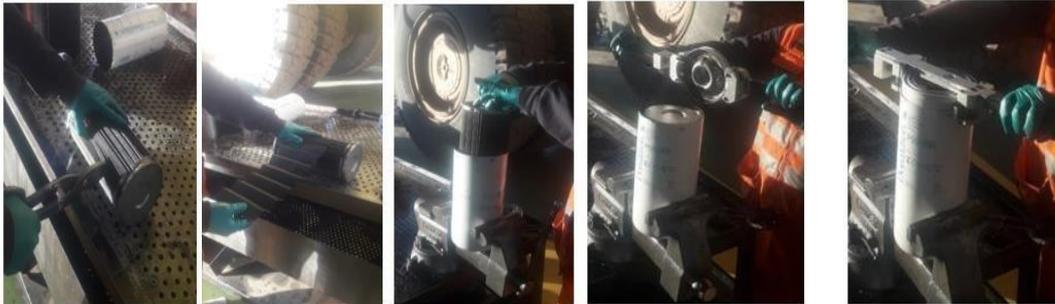
Figura 17: Frasco de 100ml, aceite mineral o sintético.



Fuente: Selección de revisión documentaria.

También se procede a verificar los filtros y recortarlos con el fin de poder observar las partículas mayores como es el caso del bronce y los desgastes que se puedan dar en el motor, tal como se muestran en la figura 18.

Figura 18: Verificación del filtro.



Fuente: Selección de revisión documentaria.

Una vez sacadas las muestras de aceite son enviadas a laboratorios especializados para determinar el comportamiento del lubricante de la máquina y compararlo con los límites condinatorios del fabricante presentado en la Tabla 4, el análisis permite conocer el porcentaje de metales de desgaste. Con esta información se puede determinar cuál es la tendencia de desgaste del equipo. El proceso se realiza por sustracción de materiales encima de superficies en contacto metal con metal. La forma de las partículas encontradas en el aceite, tipo, tamaño y concentración, dan información de las partes del motor en que se produce el desgaste. Ver tabla 5.

Tenemos los límites condinatorios de referencia del motor CAT 3512B, Como guía al momento de analizar el aceite mineral mobil 15w-40 y las mejoras del aceite sintético Mobil Delvac 1,5 W – 40 en los análisis de muestras de S.O.S. ver Tabla 6.

Tabla 5: Relación entre metales de desgaste en falla del motor por aceite.

Parámetro de Control		Elemento del Motor en falla
Hierro	Fe	Cigüeñal, camisa, árbol de levas, taqués, guías de válvulas
Plomo	Pb	Cojinetes de biela y del cigüeñal

Cobre	Cu	Cojinetes de biela y del cigüeñal, enfriador de aceite
Estaño	Sn	Capa superficial de elementos de fricción
Cromo	Cr	Anillos de pistón, vástagos de válvulas
Aluminio	Al	Pistones, intercooler, suciedad
Niquel	Ni	Capa intermedia de los cojinetes de fricción, balancines
Molibdeno	Mo	Anillos de pistón, vástagos de válvulas
Silicio	Si	Arena, polvo atmosférica Reducción: Dilución de combustible
Viscosidad		Aumento: Oxidación, contaminación con hollín
Hollín		Combustión incompleta
Agua		Agua de refrigeración, condensaciones
Combustible		Combustión, inyectores defectuosos
Refrigerante		Elevados niveles de Sodio, Boro y Potasio
TBN		Alcalinidad restante para la neutralización de ácidos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Límites condenatorios para motor CAT 3512B utilizados como Referencia.

Detalle	Unidad	Alerta	Critico	Inaceptable
Viscosidad	CSt	<12,4 o >16,5	<11,7 o >17,2	<10,0o>20,0
TBN	mgKOH/g	<10	<7	<5
Oxidación	ABS/cm	>15	>18	>25
Nitración	ABS/cm	>13.1	>18.4	>20
Sulfatación	ABS/cm	>20	>25	>30
Índice de viscosidad		-	-	<95
Zinc, como aditivo del aceite	%m	<1200 o >1800	<1000 o >2000	<900 o >2200
Silicio	ppm	>14,5	>16,6	>20
Boro	ppm	>1,27	>1,37	>30
Sodio	ppm	>10	-	>20
Vanadio	ppm	>13,44	>16	>47
Hollin	ABS/cm	>15	>30	>200
Agua	%Vol	-	-	>0,3
Hierro	ppm	>15	>17,08	>25
Cobre	ppm	>5	>6,76	>15
Plomo	ppm	>1,32	>1,47	>5
Cromo	ppm	>1,27	>1,38	>5
Aluminio	ppm	>5	>7,6	>10
Estaño	ppm	>1,27	>1,38	>5
Niquel	ppm	>3	-	>5

Fuente: FERAYROS S.A.C.

Sabiendo toda esta teoría del aceite lubricante y parámetros con tablas podrán determinar e interpretar los análisis de S.O.S. Tanto con el aceite mineral como para el aceite sintético. Continuando con el protocolo comenzamos a analizar lo siguiente.

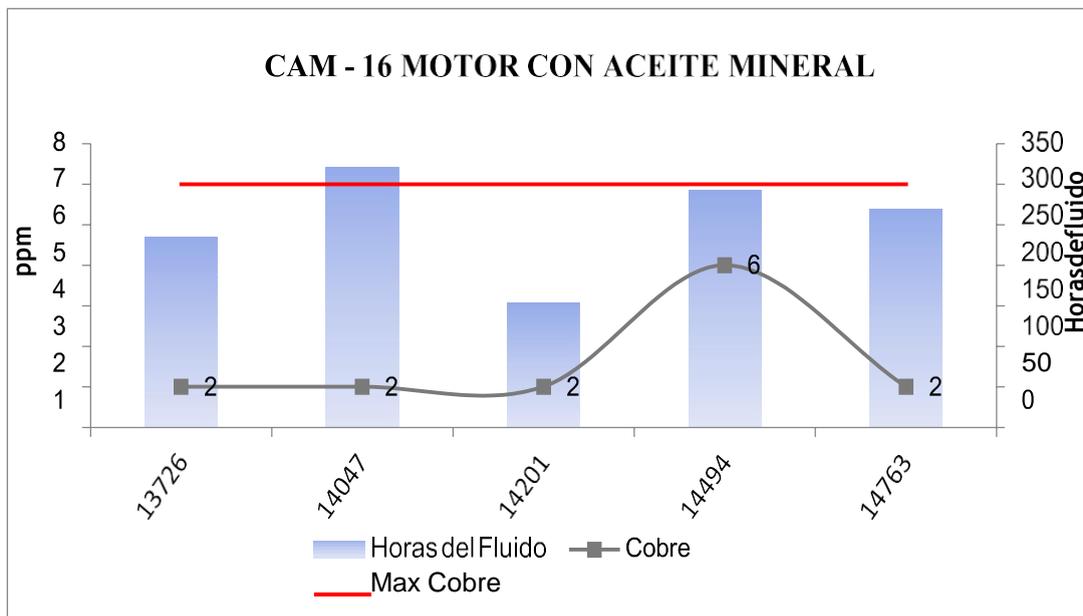
Donde en el dibujo se muestra la cavidad de los metales con aceite mineral mobil 15 w-40 donde La carencia total de lubricación del sistema eje-cojinete conduce al gripado del cojinete, generalmente con el destrozo total de la pieza. Aunque, es más habitual el fallo por escasas de lubricación, en el que la cantidad de lubricante que ingresa al sistema eje-cojinete no permite conservar la película de aceite y se genera el contacto entre las dos piezas. El funcionamiento extenso en esas condiciones también produce la destrucción total del conjunto por ello no superar su cambio a cambio de cada 250 horas. Figura 19 y 20.

Figura 19: Muestra visible del cigüeñal y cojinete con aceite mineral.



Fuente: Elaboración propia con datos de la investigación.

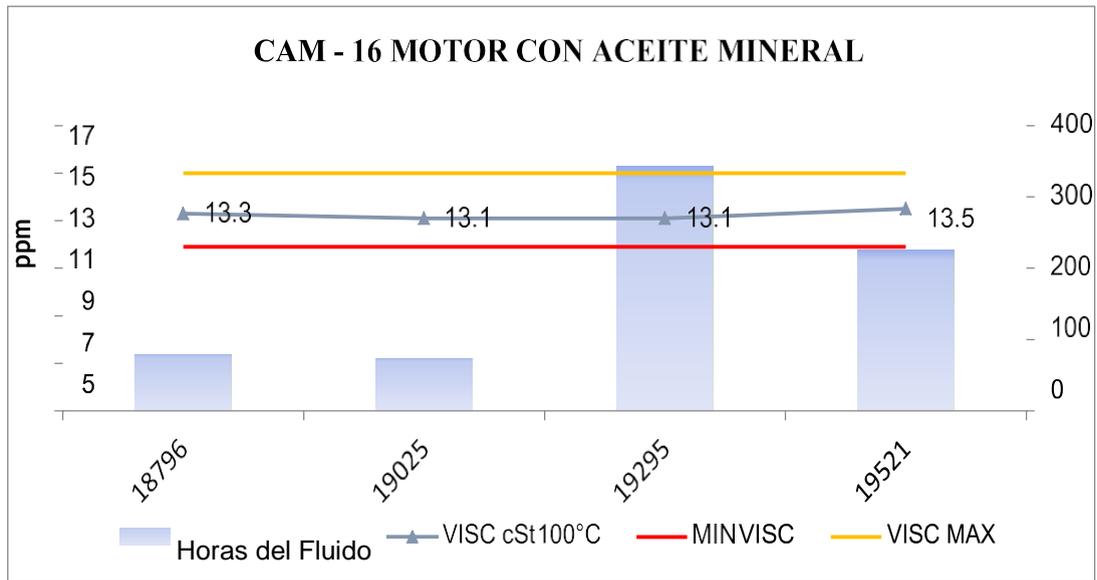
Figura 20: Muestra análisis de desgaste de cobre con aceite mineral.



Fuente: Elaboración propia con datos de la investigación.

En las siguientes figuras se pueden observar los parámetros de viscosidad con el aceite mineral donde nos indica un mínimo de viscosidad de color rojo y un máximo de viscosidad de color amarillo y las barras de color celestes es la horómetro del equipo y en el lateral derecho nos indica las horas trabajadas o trabajando , donde observamos las horas trabajando el aceite mineral tiene un 13.5 de viscosidad llegando a sus 250 horas del fluido de trabajo y cayendo perdiendo sus propiedades y viscosidad. Ver figura 21.

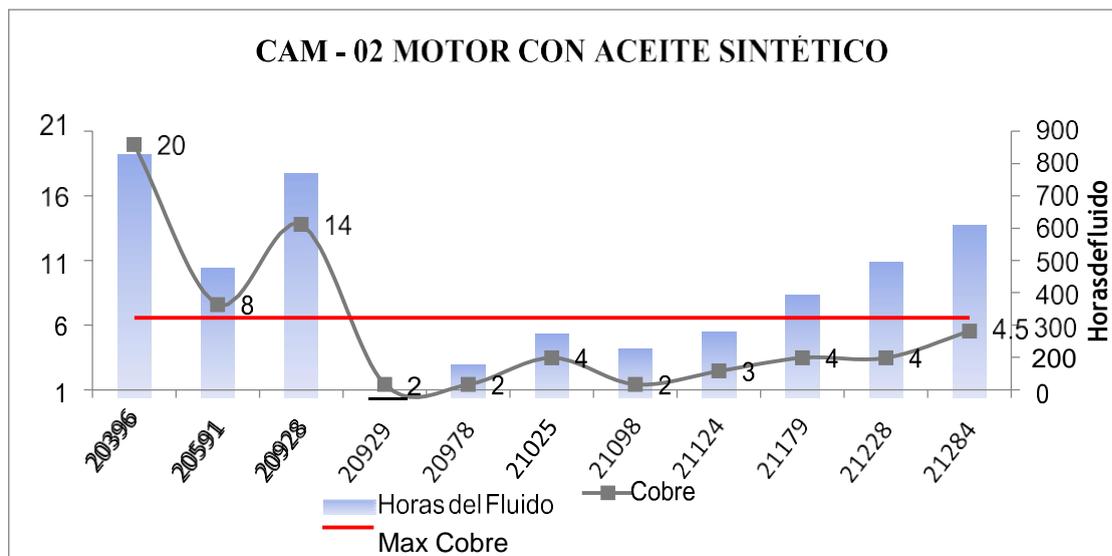
Figura 21: Indicadores de Viscosidad según muestra Pareto con aceite mineral.



Fuente: Elaboración propia con datos de la investigación.

En las siguientes figuras se pueden observar los parámetros de ppm (partículas por millón) con el aceite sintético mobil delvac 1 esp5w-40 donde el color plomo es desgaste de cobre y de color rojo un máximo de desgaste de cobre y las barras de color celestes es la horómetro del fluido del equipo y en el lateral derecho nos indica las horas trabajadas o trabajando del fluido, donde observamos las horas trabajando el aceite sintético tiene un 4.5 de desgaste partículas por millón llegando a sus cada 100 horas de muestra en sumatoria en horas de trabajo a 300 horas de fluidos y manteniéndose menos desgaste de cobre sin llegar al máximo. Ver figura 22.

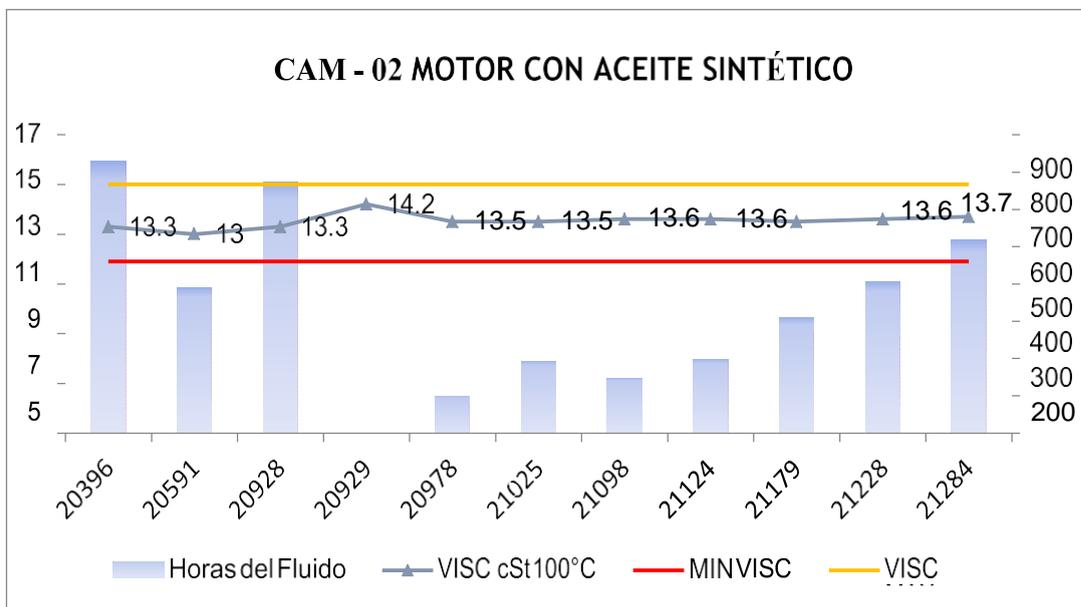
Figura 22: Indicadores de desgaste según muestra Pareto con aceite sintético.



Fuente: Elaboración propia con datos de la investigación.

En las siguientes figuras se pueden observar los parámetros de viscosidad con el aceite sintético donde nos indica un mínimo de viscosidad de color rojo y un máximo de viscosidad de color amarillo y las barras de color celestes es la horómetro del equipo y en el lateral derecho nos indica las horas trabajadas o trabajando , donde observamos las horas trabajando el aceite sintético tiene un 13.7 % de viscosidad manteniéndose sus propiedades y viscosidad entre los 600 y 800 horas del fluido trabajo. Ver Figura 23.

Figura 23: Indicadores de Viscosidad según muestra Pareto con aceite sintético.



Fuente: Elaboración propia con datos de la investigación.

En las siguientes figuras se pueden observar los filtros donde el mineral resulta ser más oscuro y el sintético más claro, debido a que mantiene mayor viscosidad y menos fricción entre los equipos móviles del motor. Ver figura 24

Figura 24: Filtro con aceite mineral y aceite sintético.



Fuente: Selección de revisión documentaria.

Tomando como referencia las comparaciones dadas con datos reales mostradas antes las principales ventajas del aceite sintético mobil delvac 1 esp5w-40 en la viscosidad del aceite y desgaste de cobre del motor, que el aceite sintético mobil delvac 1 esp5w-40 es superior al del mineral mobil 15w-40 , donde procedemos a usar el aceite sintético mobil delvac 1 esp5w-40 para la mejora de los índices de mantenimiento del motor 3512B del camión 785C, los índices de disponibilidad , mantenibilidad y confiabilidad Y aprovechar menos generación de tiempos en mantenimientos de sistemas indirectos.

## **2.7. Aspectos éticos**

El presente estudio se desarrolló considerando el respeto de autor, cuya documentación se vio reforzada en el trabajo de investigación.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Funcionamiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C, antes del uso del aceite sintético.

La flota de camiones CAT 785C, de la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C; tiene como función principal de transportar material desde el área de minado hacia los puntos de descarga que se establecen dentro de la descarga específica; esta unidad tiene una provisión de un bastidor en el cual se encuentra instalado el motor, el tren de potencia, la suspensión y la tolva que se utiliza para el acarreo de material, cuyo diseño está previsto para realizar grandes movimientos de mineral en situaciones consideradas para la producción minera y los respaldos que se pueden dar en otras operaciones. Cuenta con veinte unidades de camiones mineros y el objetivo básico es explotar cerca de 60 millones de toneladas métricas en desmonte y mineral en las 3 minas con las que cuenta. Ver tablas 7 y 8.

Tabla 7: Flota de camiones de la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C.

Equipo	Código	Descripción	Marca	Modelo	Serie
CAM-02	M56001002	CAMION 785C #002 APX02305	Caterpillar	785C	APX02305
CAM-08	M56001008	CAMION 785C #008 APX02314	Caterpillar	785C	APX02314
CAM-09	M56001009	CAMION 785C #009 APX02329	Caterpillar	785C	APX02329
CAM-16	M56001016	CAMION 785C #016 APX02346	Caterpillar	785C	APX02346

Fuente: Base de datos COSAPI MINERÍA S.A.C.

Tabla 8: Información técnica del camión minero CAT 785C.

Motor	
Modelo de motor	Cat 3512
Potencia bruta SAEJ1995	1082.0 kW
Potencia neta	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	1.750m

Fuente. Elaboración propia de estudios de Caterpillar, 2018.

La reparación integral del motor se da cada 250 horas, conforme a lo que indica el fabricante, encontrándose en función a las condiciones del entorno donde se encuentran las unidades; porque al estar en un ambiente de polvo, este funciona como un abrasivo al ingresar al motor, y contribuye a proteger la unidad, de tal manera que se convierte en algo muy importante. De la misma forma se basa en el análisis de aceite, las cuales se toman de forma periódica, las cuales muestran el grado de deterioro que tienen las unidades mediante el análisis de los componentes desgastados que se encuentran en el aceite, los que indican que se debe hacer un mantenimiento inmediato a horas especificadas de ejecución por mantenimiento. Ver tabla 9.

Tabla 9: Tiempos de mantenimiento por cada 250 horas con aceite mineral.

Tipo de mantenimiento	Tiempo de ejecución
Mantenimiento a las 250 horas	06 horas
Mantenimiento a las 500 horas	06 horas

Fuente. Elaboración propia de estudios de Caterpillar, 2018.

### 3.1.1. Selección de mantenimiento preventivo

Se considera el mantenimiento a 250 horas con aceite mineral – CAT 785C. Ver tabla 10.

Tabla 10: Plan de Mantenimiento a las 250 horas con aceite mineral – CAT 785C.

Descripción	Actividades
<b>Motor</b>	Inspeccionar el nivel de refrigerante -Apagar el motor
	Limpiar el respiradero del carter. –Muestrear aceite. Cambiar filtro de aceite
	Cambiar el filtro de combustible primario. 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
<b>Sistema hidráulico</b>	Liberar la energía de los sistemas hidráulico
	Verificar nivel de aceite hidráulico
<b>Dirección</b>	Verificar nivel de aceite de dirección Realizar la prueba de la dirección secundaria
	Reemplazar el filtro de aceite del sistema de dirección
<b>Transmisión</b>	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
	Verificar nivel de aceite de convertidor
<b>Convertidor</b>	Reemplazar filtro de aceite del torque del convertidor Verificar y el screen del torque del convertidor
	Revisar Plug de drenaje aceite ruedas delanteras y mandos finales Muestrear aceite. Cambiar el aceite de ruedas delanteras
<b>Ruedas delanteras</b>	Verificar nivel de aceite de dirección
	Verificar nivel de aceite de diferencial y mandos finales
<b>Suspensión</b>	Revisar cilindros de suspensión (altura de cilindros delanteros y posteriores)
<b>Sistema eléctrico</b>	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
<b>Sistema neumático</b>	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)
<b>Frenos</b>	Realizar prueba de frenos – Reemplazar filtro y rejilla del freno de parqueo
<b>Cabina</b>	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 limpiar parabrisas
<b>Chasis</b>	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
<b>Llantas</b>	Checar el nivel de presión y altura de remanente las llantas inspeccionar los rims

Fuente: COSAPI MINERÍA S.A.C.

Donde intervienen manos de obra de personal calificada en distintas ramas y su tiempo por ejecución referencial. Ver tabla 11.

Tabla 11: Mano de obra referencial en mantenimiento a las 250 horas con aceite mineral.

Mano de obra referencial			
Descripción	Cantidad	UND	Horas
Mecánico de mantenimiento	01	Und.	3

Electricista de mantenimiento	01	Und.	2
Chofer lubricador	01	Und.	1

Fuente: COSAPI MINERÍA S.A.C.

### 3.1.2. Indicadores de mantenimiento de un motor CAT 785C – 250 horas.

Conforme a los datos de los indicadores de mantenimiento de un motor CAT 3512B del camión 785C; para cada mantenimiento después de 250 horas y utilizando aceite mineral, y considerando cuatro camiones.

#### a) Disponibilidad:

Número de fallas del motor CAT 3512B del camión 785C, Ahora según la data de la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C. Se muestra el número de fallas y el tiempo promedio de paradas por falla de enero a junio 2019. Lo cual genera tiempo perdido en aprovechamientos de mantenimiento en los sistemas indirectos. Ver tabla 12.

Tabla 12: Tiempo de paradas por fallas (TPF) del motor 3512B del camión 785C antes del uso de aceite sintético.

Año 2019 A 250 horas con aceite mineral (mes)	Tiempo de paradas por fallas TPF (horas) con el aceite mineral	Nro. Paradas por fallas con al aceite mineral			
Motor 3512 B del camión 785C	Motor 3512 B del camión 785C  CAM-02	Motor 3512 B del camión 785C  CAM-16	Motor 3512 B del camión 785C  CAM-08	Motor 3512 B del camión 785C  CAM-09	Motor 3512 B del camión 785C
Enero	40	28	58	49	2
Febrero	44	32	53	63	2
Marzo	56	26	46	73	2

Abril	42	30	40	58	2
Mayo	38	42	44	57	2
Junio	52	43	60	62	2
Total	272	201	301	362	12

Nº	Camión CAT 785C	Número de fallas	Número de fallas promedio mensual	Tiempo de paradas por fallas (TPF)
1	Motor CAT 3512B Cam-02	12	12/6=2	272 horas.
2	Motor CAT 3512B Cam-16	12	12/6=2	201 horas.
3	Motor CAT 3512B Cam-08	12	12/6=2	301 horas.
3	Motor CAT 3512B Cam-09	12	12/6=2	362 horas.

Fuente: Data del departamento de mantenimiento de COSAPI MINERÍA S.A.C

### Tiempo de funcionamiento en operación real:

Para determinar el tiempo de funcionamiento real (TFOR) se ha considerado los días que comprende de enero a junio del 2019 incluyendo los domingos que también laboran los turnos programados siendo 181 días y el trabajo de las maquinarias es de 20 horas por día.

**CAM-02:**  $TFOR = (181 \text{ días /semestre} \times 20 \text{ horas /día}) - 272 \text{ horas / semestre de mantenimiento}$  TFOR = 3348 horas de tiempo de funcionamiento real de enero a junio del 2019

**Tiempo de funcionamiento programado:**

Es cuando el equipo debe trabajar con cero fallas  $TFP = 181 \text{ días / semestre} \times 20 \text{ horas / día}$   
 $= 3620 \text{ horas}$

**Tiempo medio de reparación de fallas (MTTR) por mantenimiento:**

$$MTTR = \frac{\text{Nr. de horas por paro de fallas}}{\text{Número de fallas}} = \frac{272}{12} = 22.7 \text{ horas}$$

Donde MTTR es el tiempo medio de reparación de falla, se calcula el MTTR por camión.

Se ha calculado el MTTR:

El MTTR fue de 22.7 horas que equivale al tiempo medio de reparación de fallas para los meses enero y junio del 2019.

**Tiempo promedio de funcionamiento entre fallas Según la fórmula:**

$$MTBF = \frac{\text{Número de horas funcionamiento real}}{\text{Número de fallas}} = \frac{3348}{12} = 279 \text{ h}$$

MTBF es el tiempo medio entre fallas, se calcula tomando en cuenta que el tiempo de funcionamiento real entre enero y junio del 2019 fue de 3348 horas, entonces se tiene: El MTBF que es el tiempo medio de funcionamiento entre fallas entre los meses de enero a junio del 2019. Tendrá 279 horas de operatividad antes que se presente la siguiente falla.

**Porcentaje de tiempo perdido por mantenimiento Según la fórmula:**

$$\% \text{ TPM} = \frac{\text{Tiempo perdido total}}{\text{Tiempo total programado}} * 100 (\%)$$

Donde %TPM es el porcentaje de tiempo perdido total entre el tiempo total programado, se calcula tomando en cuenta que el tiempo perdido total entre enero y junio del 2019 fue de 201 horas, entonces se tiene:

$$\% \text{ TPM} = \frac{272 \frac{\text{h}}{\text{semestre}}}{181 \frac{\text{d}}{\text{semestre}} * 20 \frac{\text{h}}{\text{día}}} * 100 = 7.5 (\%)$$

El %TPM que es el porcentaje de tiempo perdido total que fue de 7.5% entre los meses de enero a junio del 2019.

**Porcentaje de disponibilidad Según la fórmula:**

$$D = \frac{\text{TFOR}}{\text{Tiempo total programado}} * 100 = \frac{3348}{181 * 20} = 92.5 \%$$

Donde %D es el porcentaje de disponibilidad que se ha calculado dividiendo el tiempo real funcionamiento entre el tiempo total programado se ha calculado la disponibilidad de 92.5 % entre enero y junio del 2019.

**CAM-16:** TFOR = (181 días /semestre x 20 horas /día) – 201 horas / semestre de mantenimiento TFOR = 3419 horas de tiempo de funcionamiento real de enero a junio del 2019

**Tiempo de funcionamiento programado:**

Es cuando el equipo debe trabajar con cero fallas TFP = 181 días / semestre x 20 horas /día = 3620 horas

**Tiempo medio de reparación de fallas (MTTR) por mantenimiento:**

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Nr. de horas por paro de fallas}}{\text{Número de fallas}} = \frac{201}{12} = 16.7 \text{ horas}$$

Donde MTTR es el tiempo medio de reparación de falla, se calcula el MTTR por camión. se ha calculado el MTTR:

El MTTR fue de 16.7 horas que equivale al tiempo medio de reparación de fallas para los meses enero y junio del 2019.

**Tiempo promedio de funcionamiento entre fallas Según la fórmula:**

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Número de horas funcionamiento real}}{\text{Número de fallas}} = \frac{3419}{12} = 285 \text{ h}$$

MTBF es el tiempo medio entre fallas, se calcula tomando en cuenta que el tiempo de funcionamiento real entre enero y junio del 2019 fue de 3419 horas, entonces se tiene: El MTBF que es el tiempo medio de funcionamiento entre fallas entre los meses de enero a junio del 2019. Tendrá 285 horas de operatividad antes que se presente la siguiente falla.

**Porcentaje de tiempo perdido por mantenimiento Según la fórmula:**

$$\% \text{ TPM} = \frac{\text{Tiempo perdido total}}{\text{Tiempo total programado}} * 100 (\%)$$

Donde %TPM es el porcentaje de tiempo perdido total entre el tiempo total programado, se calcula tomando en cuenta que el tiempo perdido total entre enero y junio del 2019 fue de 201 horas, entonces se tiene:

$$\% \text{ TPM} = \frac{201 \frac{h}{\text{semestre}}}{181 \frac{d}{\text{semestre}} * 20 \frac{h}{\text{día}}} * 100 = 5.6 (\%)$$

El %TPM que es el porcentaje de tiempo perdido total que fue de 5.6 % entre los meses de enero a junio del 2019.

**Porcentaje de disponibilidad Según la fórmula:**

$$D = \frac{\text{TFOR}}{\text{Tiempo total programado}} * 100 = \frac{3419}{181 * 20} = 94.4 \%$$

Donde %D es el porcentaje de disponibilidad que se ha calculado dividiendo el tiempo real funcionamiento entre el tiempo total programado se ha calculado la disponibilidad de 94.4 % entre enero y junio del 2019.

**CAM-08:** TFOR = (181 días /semestre x 20 horas /día) – 301 horas / semestre de mantenimiento TFOR = 3319 horas de tiempo de funcionamiento real de enero a junio del 2019

**Tiempo de funcionamiento programado:**

Es cuando el equipo debe trabajar con cero fallas TFP = 181 días / semestre x 16 horas /día = 3620 horas

**Tiempo medio de reparación de fallas (MTTR) por mantenimiento:**

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Nr. de horas por paro de fallas}}{\text{Número de fallas}} = \frac{301}{12} = 25.1 \text{ horas}$$

Donde MTTR es el tiempo medio de reparación de falla, se calcula el MTTR por camión.

Se ha calculado el MTTR:

El MTTR fue de 25.1 horas que equivale al tiempo medio de reparación de fallas para los meses enero y junio del 2019.

**Tiempo promedio de funcionamiento entre fallas Según la fórmula:**

$$MTBF = \frac{\text{Número de horas funcionamiento real}}{\text{Número de fallas}} = \frac{3319}{12} = 276.6 \text{ h}$$

MTBF es el tiempo medio entre fallas, se calcula tomando en cuenta que el tiempo de funcionamiento real entre enero y junio del 2019 fue de 3319 horas, entonces se tiene: El MTBF que es el tiempo medio de funcionamiento entre fallas entre los meses de enero a junio del 2019. Tendrá 276.6 horas de operatividad antes que se presente la siguiente falla.

**Porcentaje de tiempo perdido por mantenimiento Según la fórmula:**

$$\% \text{ TPM} = \frac{\text{Tiempo perdido total}}{\text{Tiempo total programado}} * 100 (\%)$$

Donde %TPM es el porcentaje de tiempo perdido total entre el tiempo total programado, se calcula tomando en cuenta que el tiempo perdido total entre enero y junio del 2019 fue de 201 horas, entonces se tiene:

$$\% \text{ TPM} = \frac{301 \frac{\text{h}}{\text{semestre}}}{181 \frac{\text{d}}{\text{semestre}} * 20 \frac{\text{h}}{\text{día}}} * 100 = 8.3 (\%)$$

El %TPM que es el porcentaje de tiempo perdido total que fue de 8.3 % entre los meses de enero a junio del 2019.

**Porcentaje de disponibilidad Según la fórmula:**

$$D = \frac{\text{TFOR}}{\text{Tiempo total programado}} * 100 = \frac{3319}{181 * 20} = 91.7 \%$$

Donde %D es el porcentaje de disponibilidad que se ha calculado dividiendo el tiempo real funcionamiento entre el tiempo total programado se ha calculado la disponibilidad de 91.7 % entre enero y junio del 2019.

**CAM-09:** TFOR = (181 días /semestre x 20 horas /día) – 362 horas / semestre de mantenimiento TFOR = 3258 horas de tiempo de funcionamiento real de enero a junio del 2019.

**Tiempo de funcionamiento programado:**

Es cuando el equipo debe trabajar con cero fallas TFP = 181 días / semestre x 16 horas /día = 3620 horas.

**Tiempo medio de reparación de fallas (MTTR) por mantenimiento:**

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Nr. de horas por paro de fallas}}{\text{Número de fallas}} = \frac{362}{12} = 30.2 \text{ horas}$$

Donde MTTR es el tiempo medio de reparación de falla, se calcula el MTTR por camión.

Se ha calculado el MTTR:

El MTTR fue de 30.2 horas que equivale al tiempo medio de reparación de fallas para los meses enero y junio del 2019.

**Tiempo promedio de funcionamiento entre fallas Según la fórmula:**

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Número de horas funcionamiento real}}{\text{Número de fallas}} = \frac{3258}{12} = 271.5 \text{ h}$$

MTBF es el tiempo medio entre fallas, se calcula tomando en cuenta que el tiempo de funcionamiento real entre enero y junio del 2019 fue de 3258 horas, entonces se tiene: El MTBF que es el tiempo medio de funcionamiento entre fallas entre los meses de enero a junio del 2019. Tendrá 271.5 horas de operatividad antes que se presente la siguiente falla.

**Porcentaje de tiempo perdido por mantenimiento Según la fórmula:**

$$\% \text{ TPM} = \frac{\text{Tiempo perdido total}}{\text{Tiempo total programado}} * 100 (\%)$$

Donde %TPM es el porcentaje de tiempo perdido total entre el tiempo total programado, se calcula tomando en cuenta que el tiempo perdido total entre enero y junio del 2019 fue de 201 horas, entonces se tiene:

$$\% \text{ TPM} = \frac{362 \frac{\text{h}}{\text{semestre}}}{181 \frac{\text{d}}{\text{semestre}} * 20 \frac{\text{h}}{\text{día}}} * 100 = 10 (\%)$$

El %TPM que es el porcentaje de tiempo perdido total que fue de 10 % entre los meses de enero a junio del 2019.

Porcentaje de disponibilidad Según la fórmula:

$$D = \frac{\text{TFOR}}{\text{Tiempo total programado}} * 100 = \frac{3258}{181 * 20} = 90 \%$$

Donde %D es el porcentaje de disponibilidad que se ha calculado dividiendo el tiempo real funcionamiento entre el tiempo total programado se ha calculado la disponibilidad de 90 % entre enero y junio del 2019.

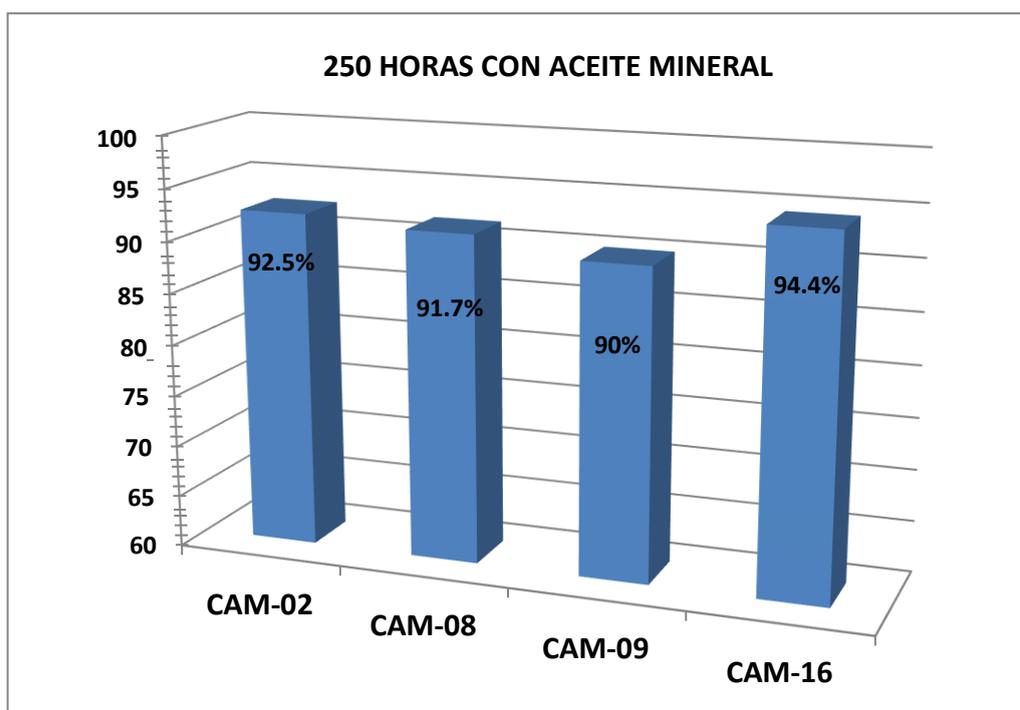
El Cálculo de disponibilidad de los cuatro camiones salieron con porcentajes donde el mínimo es de 87.5 % y el máximo es de 93.1%. Ver tabla 13 y figura 24.

Tabla 13: Disponibilidad en mantenimiento por cada 250 horas con aceite mineral.

Camión	T. por cambio de aceite	T. de parada por falla TPF	Tiempo perdido por mantto	Disponibilidad total
			%TPM	
CAM -02	250	272	7.5	92.50%
CAM -08	250	301	8.3	91.70%
CAM -09	250	362	10	90.00%
CAM 16	250	201	5.6	94.40%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 24: Disponibilidad en mantenimiento por cada 250 horas con aceite mineral.



Fuente: Elaboración propia con datos de la investigación.

Conforme se puede observar la disponibilidad máxima alcanzada en base al mantenimiento después de 250 horas es de 94.4 % y la mínima es de 90.0%. Considerándose en esta fase el uso de aceite mineral. Ver figura 24.

#### b) Confiabilidad:

Porcentaje de confiabilidad Según la fórmula:

$$C(\text{cam} - 02) = e^{-\frac{1}{\text{TFOR} \cdot 100} \cdot \text{TFP}} * 100 (\%) = e^{-\frac{1}{3348 \cdot 100} \cdot 3620} = 98.92 \%$$

Dónde:

C: es el porcentaje de confiabilidad.

TFOR: Tiempo de funcionamiento operación real o tiempo de operatividad real

TFP: Tiempo de funcionamiento programado o tiempo programado de operatividad

La confiabilidad porcentual fue de 98.92 % entre los meses de enero a junio del 2019.

$$C(\text{cam} - 16) = e^{-\frac{1}{\text{TFOR} \cdot 100} \cdot \text{TFP}} * 100 (\%) = e^{-\frac{1}{3419 \cdot 100} \cdot 3620} = 98.95 \%$$

Dónde:

C: es el porcentaje de confiabilidad.

TFOR: Tiempo de funcionamiento operación real o tiempo de operatividad real

TFP: Tiempo de funcionamiento programado o tiempo programado de operatividad

La confiabilidad porcentual fue de 98.95 % entre los meses de enero a junio del 2019.

$$C(\text{cam} - 08) = e^{-\frac{1}{\text{TFOR} \cdot 100} \cdot \text{TFP}} * 100 (\%) = e^{-\frac{1}{3319 \cdot 100} \cdot 3620} = 98.91 \%$$

Dónde:

C: es el porcentaje de confiabilidad.

TFOR: Tiempo de funcionamiento operación real o tiempo de operatividad real

TFP: Tiempo de funcionamiento programado o tiempo programado de operatividad

La confiabilidad porcentual fue de 98.91 % entre los meses de enero a junio del 2019.

$$C(\text{cam} - 09) = e^{-\frac{1}{\text{TFOR} \cdot 100} \cdot \text{TFP}} * 100 (\%) = e^{-\frac{1}{3258 \cdot 100} \cdot 3620} = 98.86 \%$$

Dónde:

C: es el porcentaje de confiabilidad.

TFOR: Tiempo de funcionamiento operación real o tiempo de operatividad real

TFP: Tiempo de funcionamiento programado o tiempo programado de operatividad

La confiabilidad porcentual fue de 98.89 % entre los meses de enero a junio del 2019.

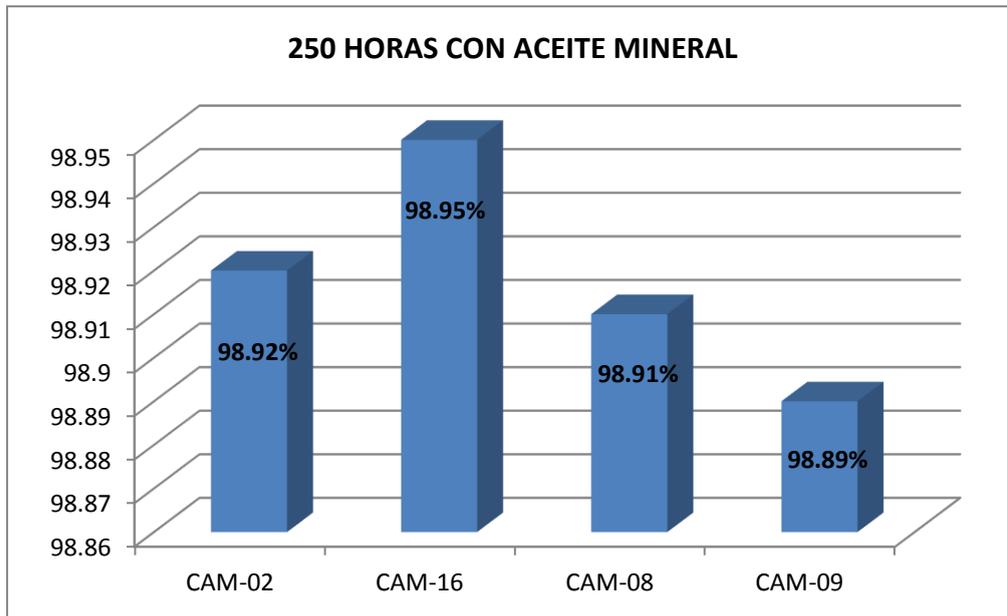
El Cálculo de confiabilidad de los cuatro camiones salieron con porcentajes donde el mínimo es de 98.89 % y el máximo es de 98.95 %. Tabla 14 y figura 25.

Tabla 14: Confiabilidad en mantenimiento por cada 250 horas con aceite mineral.

Camión	T. por cambio de aceite	TF	<u>Paradas</u>		Confiabilidad
		Oper.	N° P.	Total	
CAM-02	250	2624	12	12	98.92%
CAM-16	250	2695	12	12	98.95%
CAM-08	250	2595	12	12	98.91%
CAM-09	250	2534	12	12	98.89%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25: Confiabilidad en mantenimiento por cada 250 horas con aceite mineral.



Fuente: Elaboración propia con datos de la investigación.

**c) Mantenibilidad:**

Porcentaje de mantenibilidad Según la fórmula:

$$\begin{aligned}
 M(\text{cam} - 02) &= (1 - e^{-\frac{1}{\text{MTTR} \cdot \text{NF} \cdot 100} \cdot \text{TFP}}) * 100 \\
 &= (1 - e^{-\frac{1}{22.7 \cdot 12 \cdot 100} \cdot 3620}) * 100 = 12.4 \%
 \end{aligned}$$

M: es el porcentaje de mantenibilidad

MTTR: Tiempo medio de reparación de fallas

NF: Número de fallas por periodo, son 12 fallas entre enero y junio del 2019.

TFP: Tiempo de funcionamiento programado.

La mantenibilidad porcentual fue de 12.4% se ha calculado la mantenibilidad entre enero y junio del 2019.

$$\begin{aligned}
 M(\text{cam} - 16) &= (1 - e^{-\frac{1}{\text{MTTR} \cdot \text{NF} \cdot 100} \cdot \text{TFP}}) * 100 \\
 &= (1 - e^{-\frac{1}{16.7 \cdot 12 \cdot 100} \cdot 3620}) * 100 = 16.5 \%
 \end{aligned}$$

M: es el porcentaje de mantenibilidad

MTTR: Tiempo medio de reparación de fallas

NF: Número de fallas por periodo, son 12 fallas entre enero y junio del 2019.

TFP: Tiempo de funcionamiento programado.

La mantenibilidad porcentual fue de 16.5 % se ha calculado la mantenibilidad entre enero y junio del 2019.

$$\begin{aligned} \mathbf{M(\text{cam} - 08)} &= \left(1 - e^{-\frac{1}{\text{MTTR} \cdot \text{NF} \cdot 100} \cdot \text{TFP}}\right) * 100 \\ &= \left(1 - e^{-\frac{1}{25.1 \cdot 12 \cdot 100} \cdot 3620}\right) * 100 = 11.3\% \end{aligned}$$

M: es el porcentaje de mantenibilidad

MTTR: Tiempo medio de reparación de fallas

NF: Número de fallas por periodo, son 12 fallas entre enero y junio del 2019.

TFP: Tiempo de funcionamiento programado.

La mantenibilidad porcentual fue de 11.3% se ha calculado la mantenibilidad entre enero y junio del 2019.

$$\begin{aligned} \mathbf{M(\text{cam} - 09)} &= \left(1 - e^{-\frac{1}{\text{MTTR} \cdot \text{NF} \cdot 100} \cdot \text{TFP}}\right) * 100 \\ &= \left(1 - e^{-\frac{1}{30.2 \cdot 12 \cdot 100} \cdot 3620}\right) * 100 = 9.5 \% \end{aligned}$$

M: es el porcentaje de mantenibilidad

MTTR: Tiempo medio de reparación de fallas

NF: Número de fallas por periodo, son 12 fallas entre enero y junio del 2019.

TFP: Tiempo de funcionamiento programado.

La mantenibilidad porcentual fue de 9.5 % se ha calculado la mantenibilidad entre enero y junio del 2019,

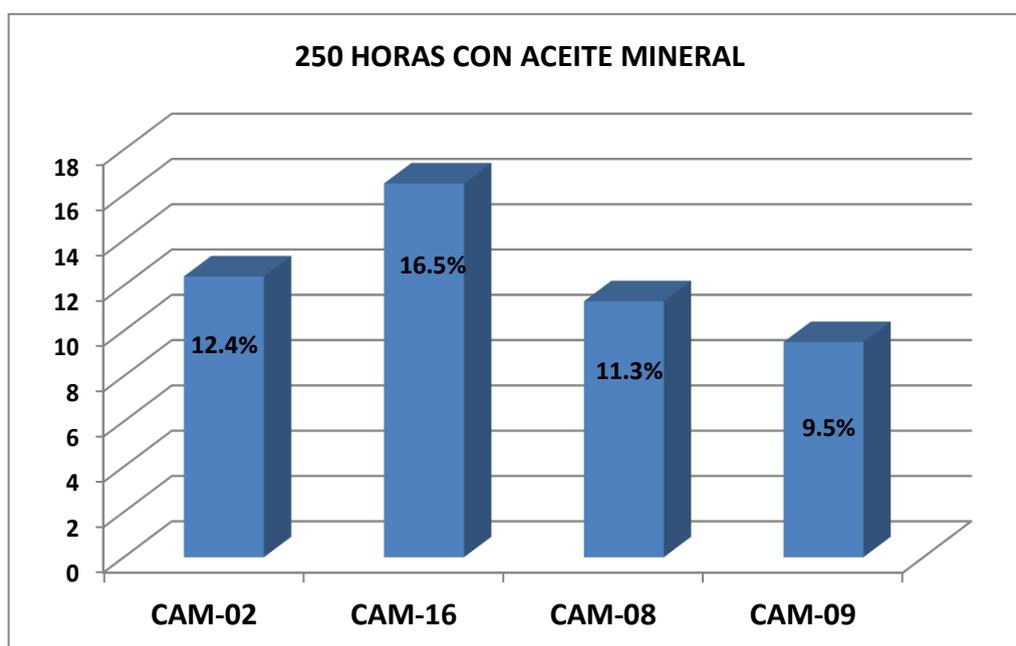
El Cálculo de mantenibilidad de los cuatro camiones salieron con porcentajes donde el mínimo es de 9.5 % y el máximo es de 16.5 %. Tabla 15 y figura 26

Tabla 15: Mantenibilidad en mantenimiento por cada 250 horas con aceite mineral.

Camión	% Mantenibilidad
CAM -02	12.4 %
CAM-16	16.5 %
CAM-08	11.3 %
CAM-09	9.5 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 26: Mantenibilidad en mantenimiento por cada 250 horas con aceite mineral.



Fuente: Elaboración propia con datos de la investigación.

### 3.2. Funcionamiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C, después del uso del aceite sintético.

#### 3.2.1. Selección de mantenimiento preventivo

Se considera el mantenimiento a 750 horas con aceite sintético – CAT 785C. y el cual el aprovechamiento generado en los sistemas indirectos. Con horas de ejecución referencial por cada técnico de diferente especialidad. Ver tabla 16 y 17.

Tabla 16: Plan de Mantenimiento a las 750 horas con aceite sintético – CAT 785C.

Descripción	Actividades
<b>Motor</b>	Inspeccionar el nivel de refrigerante -Apagar el motor
	Limpiar el respiradero del carter. –Muestrear aceite. Cambiar filtro de aceite
	Cambiar el filtro de combustible primario. 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
<b>Sistema hidráulico</b>	Liberar la energía de los sistemas hidráulico
	Verificar nivel de aceite hidráulico
<b>Dirección</b>	Verificar nivel de aceite de dirección Realizar la prueba de la dirección secundaria
	Reemplazar el filtro de aceite del sistema de dirección
<b>Transmisión</b>	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
	Verificar nivel de aceite de convertidor
<b>Convertidor</b>	Reemplazar filtro de aceite del torque del convertidor Verificar y el screen del torque del convertidor
<b>Ruedas delanteras</b>	Revisar Plug de drenaje aceite ruedas delanteras y mandos finales Muestrear aceite. Cambiar el aceite de ruedas delanteras
<b>Diferencial</b>	Verificar nivel de aceite de diré
	Verificar nivel de aceite de diferencial y mandos finales
<b>Suspensión</b>	Revisar cilindros de suspensión (altura de cilindros delanteros y posteriores)
<b>Sistema eléctrico</b>	Inspeccionar indicadores y medidores Realizar prueba de alarma de retroceso Realizar pruebas de luces
<b>Sistema neumático</b>	Inspeccionar bornes, cableado y carga de batería Revisar contactos y líneas eléctricas de ECM
	Drenar la humedad y sedimentos del tanque de aire, inspeccione tanques de aire
<b>Frenos</b>	Limpiar respiradero de tanque de aire (lavas en disolvente no inflamable y dejar secar)
<b>Cabina</b>	Realizar prueba de frenos – Reemplazar filtro y rejilla del freno de parqueo
<b>Chasis</b>	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
<b>Llantas</b>	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
	Checkar el nivel de presión y altura de remanente las llantas inspeccionar los rims

Fuente: COSAPI MINERÍA S.A.C.

Donde intervienen manos de obra de personal calificada en distintas ramas y su tiempo por ejecución referencial. Ver tabla 17.

Tabla 17: Mano de obra en mantenimiento a 750 horas con aceite sintético – CAT 785C.

Mano de obra			
Descripción	Cantidad	UM	Horas
Mecánico de mantenimiento	1	Und.	3 ½

Electricista mantenimiento	1	Und.	1 ½
Chofer lubricador	1	Und.	1

Fuente: COSAPI MINERÍA S.A.C.

**3.1.1. Indicadores de mantenimiento de un motor CAT 785C – 750 horas.** Conforme a los datos de los indicadores de mantenimiento de un motor CAT 3512B; considerando para cada mantenimiento después de 750 horas y utilizando aceite sintético.

**a) Disponibilidad:**

Ahora según la data de la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C. Se muestra el número de fallas y el tiempo promedio de paradas por fallas de enero a junio 2019. Lo cual genera tiempo perdido en aprovechamientos de mantenimiento en los sistemas indirectos. Tabla 18.

Tabla 18: Tiempo de paradas por fallas (TPF) del motor 3512B del camión 785C después del uso de aceite sintético.

Año 2019 A 750 horas con aceite sintético (mes)	Tiempo de paradas por fallas TPF (horas) con el aceite sintético	Nro. Paradas por fallas con al aceite sintético			
Motor 3512 B del camión 785C	Motor 3512 B del camión 785C  CAM-02	Motor 3512 B del camión 785C  CAM-16	Motor 3512 B del camión 785C  CAM-08	Motor 3512 B del camión 785C  CAM-09	Motor 3512 B del camión 785C
Enero	13	14	15	18	1
Febrero	12	16	16	15	1

Marzo	14	16	19	21	1
Abril	10	15	15	24	1
Mayo	12	14	16	17	1
Junio	15	17	21	26	1
Total	76	92	102	121	6

Nº	Camión CAT 785C	Número de fallas	Número de fallas promedio mensual	Tiempo de paradas por fallas (TPF)
1	Motor CAT 3512B Cam-02	6	6/6=1	76 horas.
2	Motor CAT 3512B Cam-16	6	6/6=1	92 horas.
3	Motor CAT 3512B Cam-08	6	6/6=1	102 horas.
3	Motor CAT 3512B Cam-09	6	6/6=1	121 horas.

Fuente: Data del departamento de mantenimiento de COSAPI MINERÍA S.A.C

**Tiempo de funcionamiento de operación real (TFOR):**

Para determinar el tiempo de producción real (TFOR) se ha considerado los días que comprende de enero a junio del 2019 incluyendo los domingos que también laboran los turnos programados siendo 181 días y el trabajo de las maquinarias es de 20 horas por día.

**CAM-02:** (TFOR)= (181días/semestre x 20horas/día) -76horas/semestre de mantenimiento

TFOR = 3544 horas de tiempo de producción real de enero a junio del 2019

**Tiempo de funcionamiento programado:**

TFP=181 días / semestre x 20 horas /día = 3620 horas.

**Tiempo medio de reparación de fallas (MTTR) por mantenimiento:**

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Número de horas por paro de fallas}}{\text{Número de fallas}} = \frac{76}{6} = 12.6 \text{ h}$$

Donde MTTR es el tiempo medio de reparación de falla

El MTTR fue de 12.6 horas que equivale al tiempo medio de reparación de fallas para él entre los meses de enero a junio del 2019.

**Tiempo medio de funcionamiento entre fallas:**

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Número de horas de producción real}}{\text{Número de averías}} = \frac{3544}{6} = 590 \text{ h}$$

Donde MTBF es el tiempo medio entre fallas, se calcula el MTBF tomando en cuenta que el tiempo de funcionamiento real (TFOR) entre enero y junio del 2019 fue de 3620 horas.

El MTBF que es el tiempo medio de producción entre fallas entre los meses de enero a junio del 2019. Tendrá 590 horas de operatividad antes que se presente la siguiente falla.

**Porcentaje de tiempo perdido por mantenimiento:**

$$\% \text{TPM} = \frac{\text{Tiempo perdido}}{\text{Tiempo total programado}} = \frac{76 \frac{\text{h}}{\text{semestre}}}{181 \frac{\text{días}}{\text{semestre}} * 20 \frac{\text{h}}{\text{día}}} * 100 = 2.09\%$$

Donde %TPM es el porcentaje de tiempo perdido total entre el tiempo total programado, se calcula tomando en cuenta que el tiempo perdido total entre enero y junio del 2019 fue de 76 horas. El %TPM que es el porcentaje de tiempo perdido total que fue de 2.09% entre los meses de enero a junio del 2019.

**Porcentaje de disponibilidad:**

$$D(\%) = \frac{\text{Tiempo real producido}}{\text{Tiempo total programado}} * 100 = \frac{3544}{181 * 20} * 100 = 97.90 \%$$

Donde D es el porcentaje de disponibilidad que se ha calculado dividiendo el tiempo real producido entre el tiempo total programado se ha calculado la disponibilidad de 97.90 % entre enero y junio del 2019.

**CAM-16:(TFOR)** = (181días/semestre x 20horas/día) -92 horas/semestre de mantenimiento

TFOR = 3528 horas de tiempo de producción real de enero a junio del 2019

**Tiempo de funcionamiento programado:**

TFP=181 días / semestre x 20 horas /día = 3620 horas.

**Tiempo medio de reparación de fallas (MTTR) por mantenimiento:**

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Número de horas por paro de fallas}}{\text{Número de fallas}} = \frac{92}{6} = 15.3 \text{ h}$$

Donde MTTR es el tiempo medio de reparación de falla

El MTTR fue de 15.3 horas que equivale al tiempo medio de reparación de fallas para él entre los meses de enero a junio del 2019.

**Tiempo medio de funcionamiento entre fallas:**

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Número de horas de producción real}}{\text{Número de averías}} = \frac{3528}{6} = 588 \text{ h}$$

Donde MTBF es el tiempo medio entre fallas, se calcula el MTBF tomando en cuenta que el tiempo de funcionamiento real (TFOR) entre enero y junio del 2019 fue de 3528 horas.

El MTBF que es el tiempo medio de producción entre fallas ente los meses de enero a junio del 2019. Tendrá 588 horas de operatividad antes que se presente la siguiente falla.

**Porcentaje de tiempo perdido por mantenimiento:**

$$\% \text{TPM} = \frac{\text{Tiempo perdido}}{\text{Tiempo total programado}} = \frac{92 \frac{\text{h}}{\text{semestre}}}{181 \frac{\text{días}}{\text{semestre}} * 20 \frac{\text{h}}{\text{día}}} * 100 = 2.54\%$$

Donde %TPM es el porcentaje de tiempo perdido total entre el tiempo total programado, se calcula tomando en cuenta que el tiempo perdido total entre enero y junio del 2019 fue de 92 horas. El %TPM que es el porcentaje de tiempo perdido total que fue de 2.54% entre los meses de enero a junio del 2019.

**Porcentaje de disponibilidad:**

$$D(\%) = \frac{\text{Tiempo real producido}}{\text{Tiempo total programado}} * 100 = \frac{3528}{181 * 20} * 100 = 97.46\%$$

Donde D es el porcentaje de disponibilidad que se ha calculado dividiendo el tiempo real producido entre el tiempo total programado se ha calculado la disponibilidad de 97.46 entre enero y junio del 2019.

**CAM-08:(TFOR)** = (181días/semestre x 20horas/día) -102 horas/semestre de mantenimiento

TFOR = 3518 horas de tiempo de producción real de enero a junio del 2019

**Tiempo de funcionamiento programado:**

TFP=181 días / semestre x 20 horas /día = 3620 horas.

**Tiempo medio de reparación de fallas (MTTR) por mantenimiento:**

$$MTTR = \frac{\text{Número de horas por paro de fallas}}{\text{Número de fallas}} = \frac{102}{6} = 17 \text{ h}$$

Donde MTTR es el tiempo medio de reparación de falla

El MTTR fue de 17 horas que equivale al tiempo medio de reparación de fallas para él entre los meses de enero a junio del 2019.

**Tiempo medio de funcionamiento entre fallas:**

$$MTBF = \frac{\text{Número de horas de producción real}}{\text{Número de averías}} = \frac{3518}{6} = 586 \text{ h}$$

Donde MTBF es el tiempo medio entre fallas, se calcula el MTBF tomando en cuenta que el tiempo de funcionamiento real (TFOR) entre enero y junio del 2019 fue de 3518 horas. El MTBF que es el tiempo medio de producción entre fallas ente los meses de enero a junio del 2019. Tendrá 586 horas de operatividad antes que se presente la siguiente falla.

**Porcentaje de tiempo perdido por mantenimiento:**

$$\%TPM = \frac{\text{Tiempo perdido}}{\text{Tiempo total programado}} = \frac{102 \frac{\text{h}}{\text{semestre}}}{181 \frac{\text{días}}{\text{semestre}} * 20 \frac{\text{h}}{\text{día}}} * 100 = 2.82\%$$

Donde %TPM es el porcentaje de tiempo perdido total entre el tiempo total programado, se calcula tomando en cuenta que el tiempo perdido total entre enero y junio del 2019 fue de 102 horas. El %TPM que es el porcentaje de tiempo perdido total que fue de 2.82 % entre los meses de enero a junio del 2019.

**Porcentaje de disponibilidad:**

$$D(\%) = \frac{\text{Tiempo real producido}}{\text{Tiempo total programado}} * 100 = \frac{3518}{181 * 20} * 100 = 97.2\%$$

Donde D es el porcentaje de disponibilidad que se ha calculado dividiendo el tiempo real producido entre el tiempo total programado se ha calculado la disponibilidad de 97.2 % entre enero y junio del 2019.

**CAM-09:**(TFOR) = (181días/semestre x 20horas/día) –121 horas/semestre de mantenimiento

TFOR = 3499 horas de tiempo de producción real de enero a junio del 2019.

**Tiempo de funcionamiento programado:**

TFP=181 días / semestre x 20 horas /día = 3620 horas.

**Tiempo medio de reparación de fallas (MTTR) por mantenimiento:**

$$MTTR = \frac{\text{Número de horas por paro de fallas}}{\text{Número de fallas}} = \frac{121}{6} = 20.2 \text{ h}$$

Donde MTTR es el tiempo medio de reparación de falla

El MTTR fue de 20.2 horas que equivale al tiempo medio de reparación de fallas para él entre los meses de enero a junio del 2019.

### Tiempo medio de funcionamiento entre fallas:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Número de horas de producción real}}{\text{Número de averías}} = \frac{3499}{6} = 583 \text{ h}$$

Donde MTBF es el tiempo medio entre fallas, se calcula el MTBF tomando en cuenta que el tiempo de funcionamiento real (TFOR) entre enero y junio del 2019 fue de 3499 horas. El MTBF que es el tiempo medio de producción entre fallas ente los meses de enero a junio del 2019. Tendrá 583 horas de operatividad antes que se presente la siguiente falla.

### Porcentaje de tiempo perdido por mantenimiento:

$$\% \text{TPM} = \frac{\text{Tiempo perdiso}}{\text{Tiempo total programado}} = \frac{121 \frac{\text{h}}{\text{semestre}}}{181 \frac{\text{días}}{\text{semestre}} * 20 \frac{\text{h}}{\text{día}}} * 100 = 3.34 \%$$

Donde %TPM es el porcentaje de tiempo perdido total entre el tiempo total programado, se calcula tomando en cuenta que el tiempo perdido total entre enero y junio del 2019 fue de 121 horas. El %TPM que es el porcentaje de tiempo perdido total que fue de 3.34 % entre los meses de enero a junio del 2019.

### Porcentaje de disponibilidad:

$$D(\%) = \frac{\text{Tiempo real producido}}{\text{Tiempo total programado}} * 100 = \frac{3499}{181 * 20} * 100 = 96.67 \%$$

Donde D es el porcentaje de disponibilidad que se ha calculado dividiendo el tiempo real producido entre el tiempo total programado se ha calculado la disponibilidad de 96.67 % entre enero y junio del 2019.

El Cálculo de disponibilidad de los cuatro camiones salieron con porcentajes donde el mínimo es de 96.67 % y el máximo es de 97.90 %. Tabla 19 y figura 27.

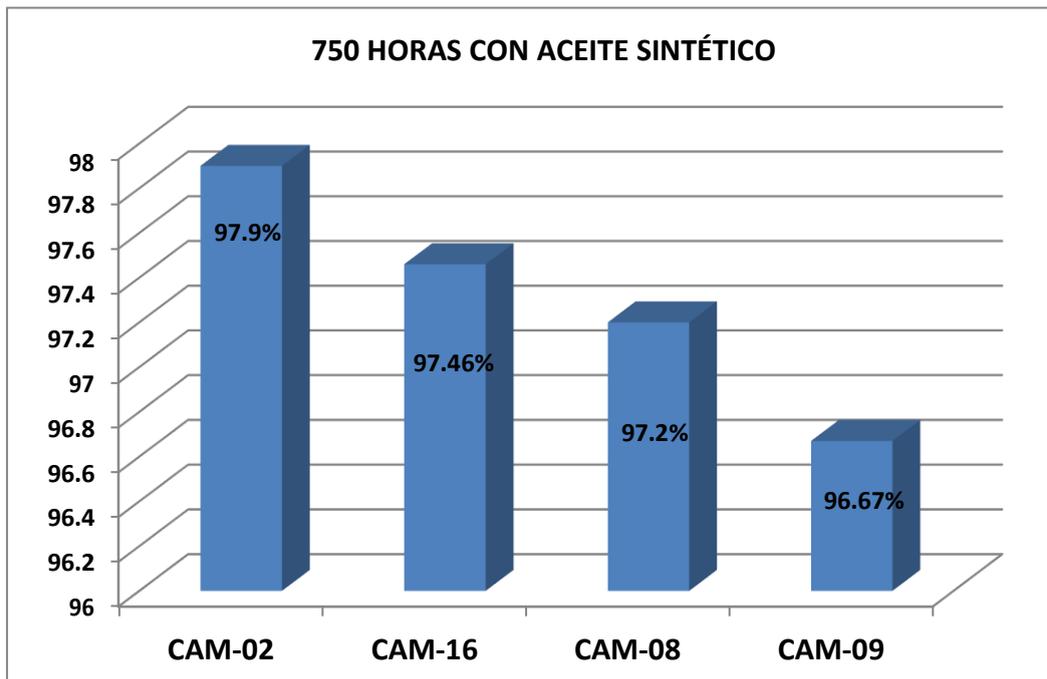
Camión	T. por cambio de aceite	T. de parada por falla	Horas de paradas por mantto	Disponibilidad total
		TPF	%TPM.	% D. T.
CAM -02	750	76	2.09	97.90%
CAM-16	750	92	2.54	97.46%

CAM-08	750	102	2.82	97.20%
CAM-09	750	121	3.34	96.67%

Tabla 19: Disponibilidad en mantenimiento por cada 750 horas con aceite sintético.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27: Disponibilidad en mantenimiento por cada 750 horas con aceite sintético.



Fuente: Elaboración propia con datos de la investigación.

Durante las 750 horas de trabajo menos paradas del equipo tendríamos una disponibilidad de un 97.90 % en operaciones. Ver figura 25.

#### a) Confiabilidad:

Porcentaje de confiabilidad:

$$C(\text{cam} - 02) = e^{-\frac{1}{\text{TFOR} \cdot 100} \cdot \text{TFP}} * 100 = e^{-\frac{1}{3544 \cdot 100} \cdot 3620} * 100 = 98.98\%$$

C: es el porcentaje de confiabilidad.

TFOR: es el Tiempo de funcionamiento operación real o tiempo de operatividad real.

TFP es el Tiempo de funcionamiento programado o tiempo programado de operatividad.

La confiabilidad porcentual fue de 98.98% entre los meses de enero a junio del 2019.

$$C(\text{cam} - 16) = e^{-\frac{1}{\text{TFOR} \cdot 100} \cdot \text{TFP}} * 100 (\%) = e^{-\frac{1}{3528 \cdot 100} \cdot 3620} = 98.97 \%$$

Donde:

C: es el porcentaje de confiabilidad.

TFOR: Tiempo de funcionamiento operación real o tiempo de operatividad real

TFP: Tiempo de funcionamiento programado o tiempo programado de operatividad.

La confiabilidad porcentual fue de 98.97% entre los meses de enero a junio del 2019.

$$C(\text{cam} - 08) = e^{-\frac{1}{\text{TFOR} \cdot 100} \cdot \text{TFP}} * 100 (\%) = e^{-\frac{1}{3518 \cdot 100} \cdot 3620} = 98.97 \%$$

Dónde:

C: es el porcentaje de confiabilidad.

TFOR: Tiempo de funcionamiento operación real o tiempo de operatividad real

TFP: Tiempo de funcionamiento programado o tiempo programado de operatividad

La confiabilidad porcentual fue de 98.97% entre los meses de enero a junio del 2019.

$$C(\text{cam} - 09) = e^{-\frac{1}{\text{TFOR} \cdot 100} \cdot \text{TFP}} * 100 (\%) = e^{-\frac{1}{2775 \cdot 100} \cdot 2896} = 98.96 \%$$

Dónde:

C: es el porcentaje de confiabilidad.

TFOR: Tiempo de funcionamiento operación real o tiempo de operatividad real

TFP: Tiempo de funcionamiento programado o tiempo programado de operatividad. La confiabilidad porcentual fue de 98.96% entre los meses de enero a junio del 2019.

El Cálculo de confiabilidad de los cuatro camiones salieron con porcentaje donde el mínimo es de 98.96 % y el máximo es de 98.98%. Ver Tabla 20 y figura 28.

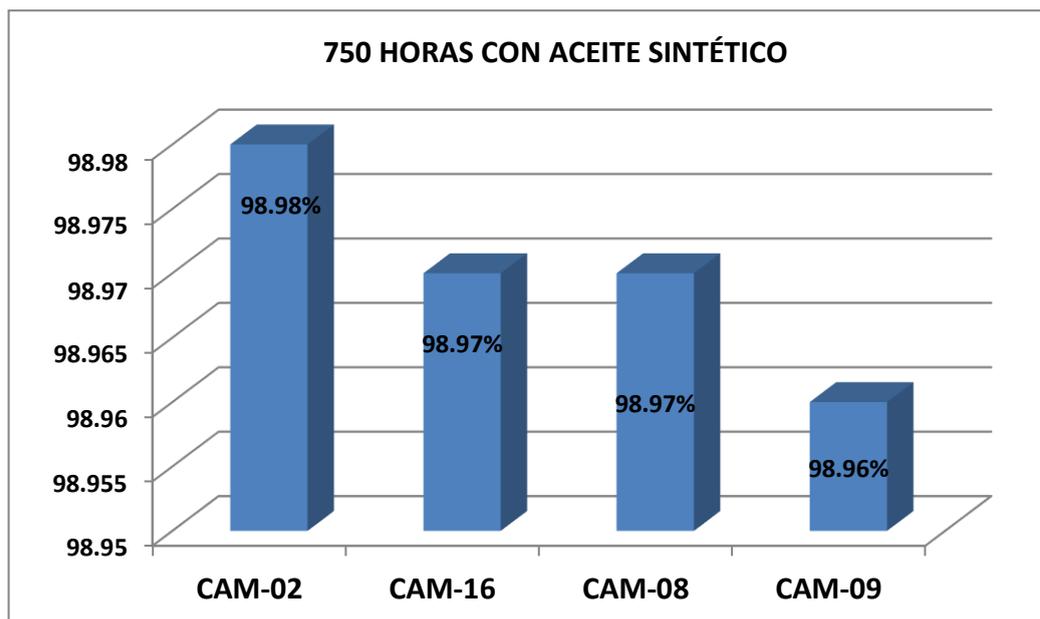
Tabla 20: Confiabilidad en mantenimiento por cada 750 horas con aceite sintético.

Camión	T. Por cambio de aceite	TFOR	Paradas		MTBF	MTTR	Confiabilidad
			N. P.	Total			
CAM-02	750	3544	6	6	470	12.6	98.98%

CAM-16	750	3528	6	6	476	15.3	98.97%
CAM-08	750	3518	6	6	466	17	98.97%
CAM-09	750	3499	6	6	463	20.2	98.96%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28: Confiabilidad en mantenimiento por cada 750 horas con aceite sintético.



Fuente: Elaboración propia con datos de la investigación.

**b) Mantenibilidad:**

Porcentaje de mantenibilidad:

$$M(\text{cam} - 02) = \left(1 - e^{-\frac{1}{\text{MTTR} \cdot \text{NF} \cdot 100} \cdot \text{TFP}}\right) \cdot 100 = \left(1 - e^{-\frac{1}{12.6 \cdot 6 \cdot 100} \cdot 3620}\right) \cdot 100$$

$$= 38.04 \%$$

M: es el porcentaje de mantenibilidad

MTTR: es el Tiempo medio de reparación de fallas

NF: es el número de fallas por periodo que en teste caso son 6 fallas entre enero y junio del 2019

TFP: es el Tiempo de funcionamiento programado.

Se ha calculado la mantenibilidad entre enero y junio del 2019, entonces se tiene La mantenibilidad porcentual fue de 38.04% entre los meses de enero a junio del 2019.

$$\begin{aligned} \mathbf{M(\text{cam} - 16)} &= (1 - e^{-\frac{1}{\text{MTTR} * \text{NF} * 100} * \text{TFP}}) * 100 = (1 - e^{-\frac{1}{15.3 * 6 * 100} * 3620}) * 100 \\ &= 32.59 \% \end{aligned}$$

M: es el porcentaje de mantenibilidad

MTTR: es el Tiempo medio de reparación de fallas

NF: es el número de fallas por periodo que en teste caso son 6 fallas entre enero y junio del 2019

TFP: es el Tiempo de funcionamiento programado.

Se ha calculado la mantenibilidad entre enero y junio del 2019, entonces se tiene La mantenibilidad porcentual fue de 32.59 % entre los meses de enero a junio del 2019.

$$\begin{aligned} \mathbf{M(\text{cam} - 08)} &= (1 - e^{-\frac{1}{\text{MTTR} * \text{NF} * 100} * \text{TFP}}) * 100 = (1 - e^{-\frac{1}{17 * 6 * 100} * 3620}) * 100 \\ &= 29.86 \% \end{aligned}$$

M: es el porcentaje de mantenibilidad

MTTR: es el Tiempo medio de reparación de fallas

NF: es el número de fallas por periodo que en teste caso son 6 fallas entre enero y junio del 2019

TFP: es el Tiempo de funcionamiento programado.

Se ha calculado la mantenibilidad entre enero y junio del 2019, entonces se tiene La mantenibilidad porcentual fue de 29.86 % entre los meses de enero a junio del 2019.

$$\begin{aligned} \mathbf{M(\text{cam} - 09)} &= (1 - e^{-\frac{1}{\text{MTTR} * \text{NF} * 100} * \text{TFP}}) * 100 = (1 - e^{-\frac{1}{20.2 * 6 * 100} * 3620}) * 100 \\ &= 25.82 \% \end{aligned}$$

M: es el porcentaje de mantenibilidad

MTTR: es el Tiempo medio de reparación de fallas

NF: es el número de fallas por periodo que en teste caso son 6 fallas entre enero y junio

del 2019

TFP: es el Tiempo de funcionamiento programado.

Se ha calculado la mantenibilidad entre enero y junio del 2019, entonces se tiene La mantenibilidad porcentual fue de 25.82 % entre los meses de enero a junio del 2019.

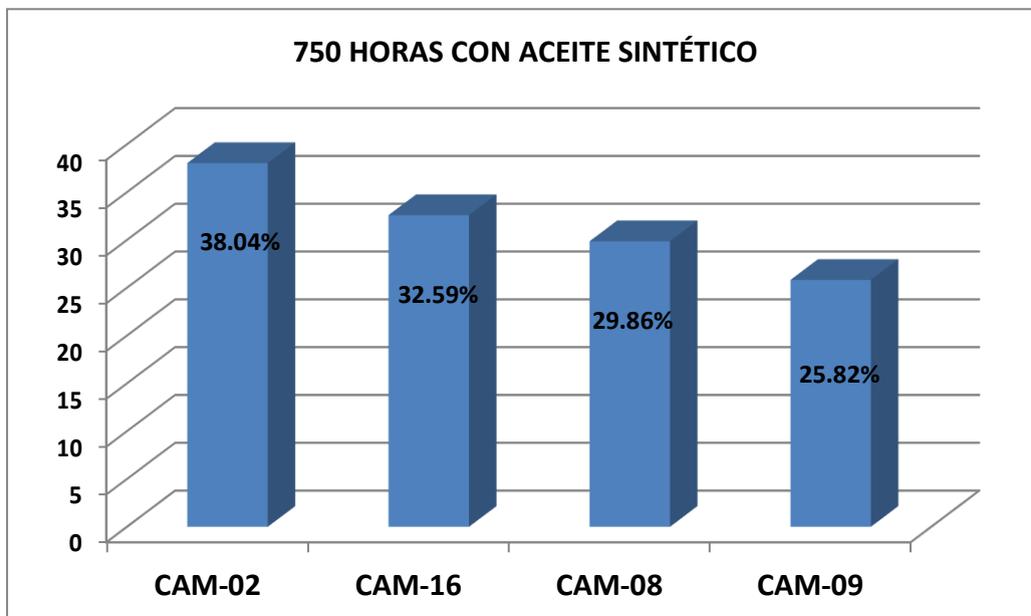
El Cálculo de mantenibilidad de los cuatro camiones salieron con porcentajes donde el mínimo es de 25.82 % y el máximo es de 38.04 %. Ver Tabla 21 y Ver figura 29

Tabla 21: Mantenibilidad en mantenimiento por cada 750 horas con aceite sintético.

<b>Camión</b>	<b>% Mantenibilidad</b>
CAM -02	38.04
CAM-16	32.59
CAM-08	29.86
CAM-09	25,82

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29: Mantenibilidad en mantenimiento por cada 750 horas con aceite sintético.

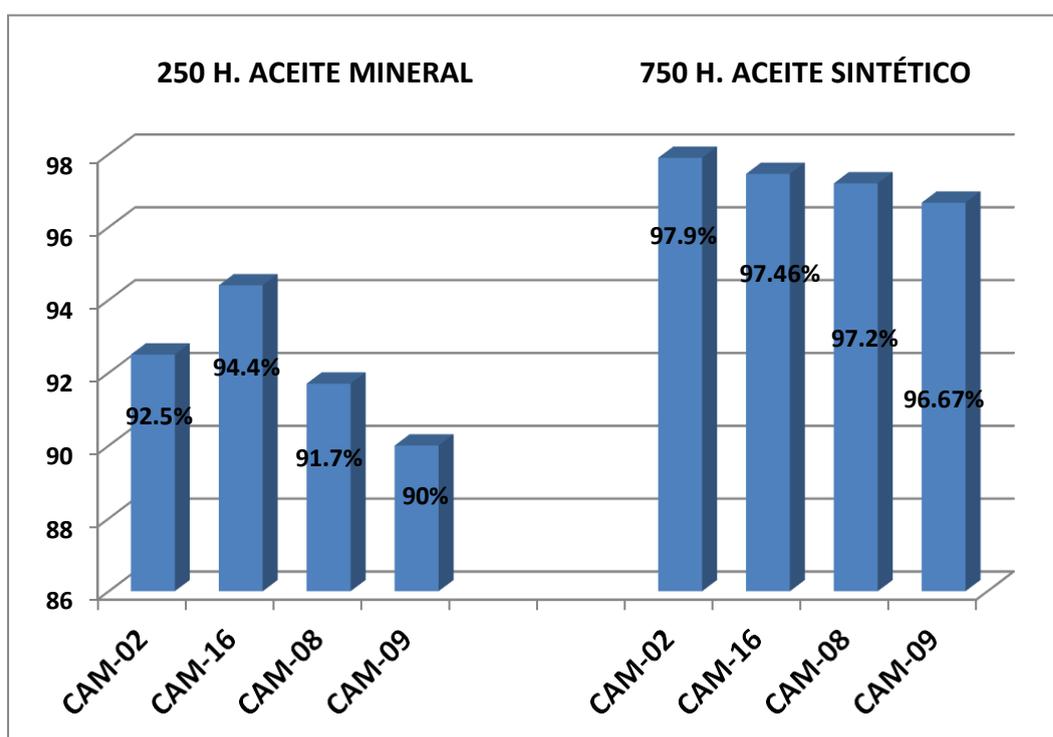


Fuente: Elaboración propia.

**Comparaciones con gráficos de los resultados obtenidos en ambos cálculos entre el aceite mineral 250horas y el aceite sintético de 750 horas en la disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad :**

Mostraremos un gráfico comparando la disponibilidad con aceite mineral a 250 horas y con aceite sintético a 750 horas. Donde a 750 horas trabajas aumento con un porcentaje de 97.90 % en disponibilidad por menos tiempo de paradas a diferencia de 250 horas de trabajo con aceite mineral llego a un porcentaje de 94.40 % de disponibilidad por más tiempo de parada. Ver figura 30.

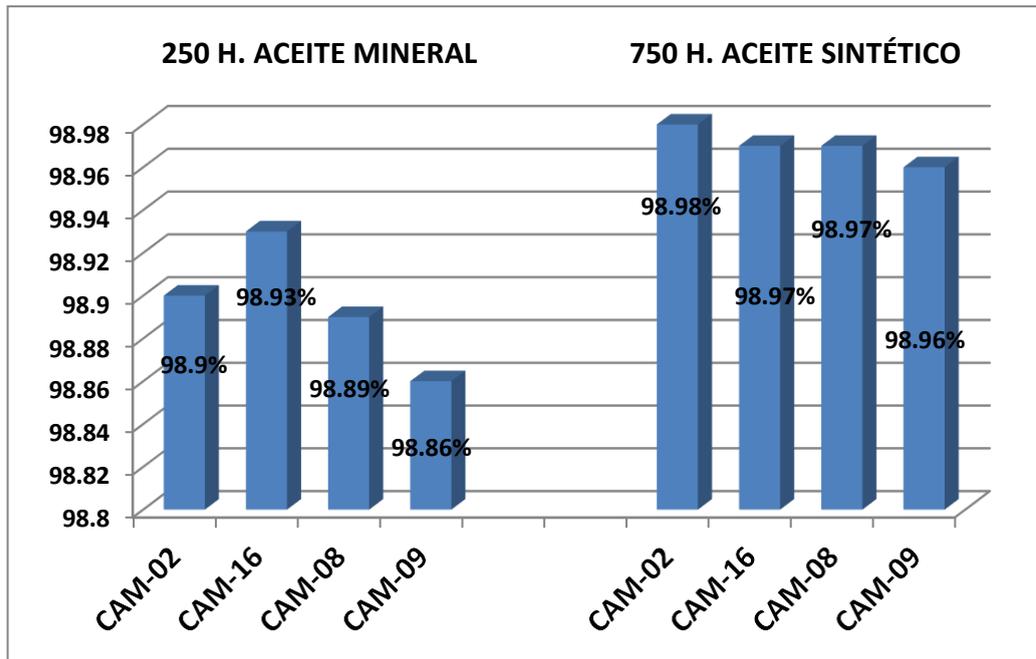
Figura 30: Disponibilidad por cada 250 h. con aceite mineral y 750 h. con aceite sintético.



Fuente: Elaboración propia.

Se muestra un gráfico comparando la confiabilidad con aceite mineral a 250 horas y con aceite sintético a 750 horas. A 250 horas con aceite mineral tubo una confiabilidad de 98.93% a diferencia de confiabilidad a 750 horas con el aceite sintético 98.98%. Ver figura 31.

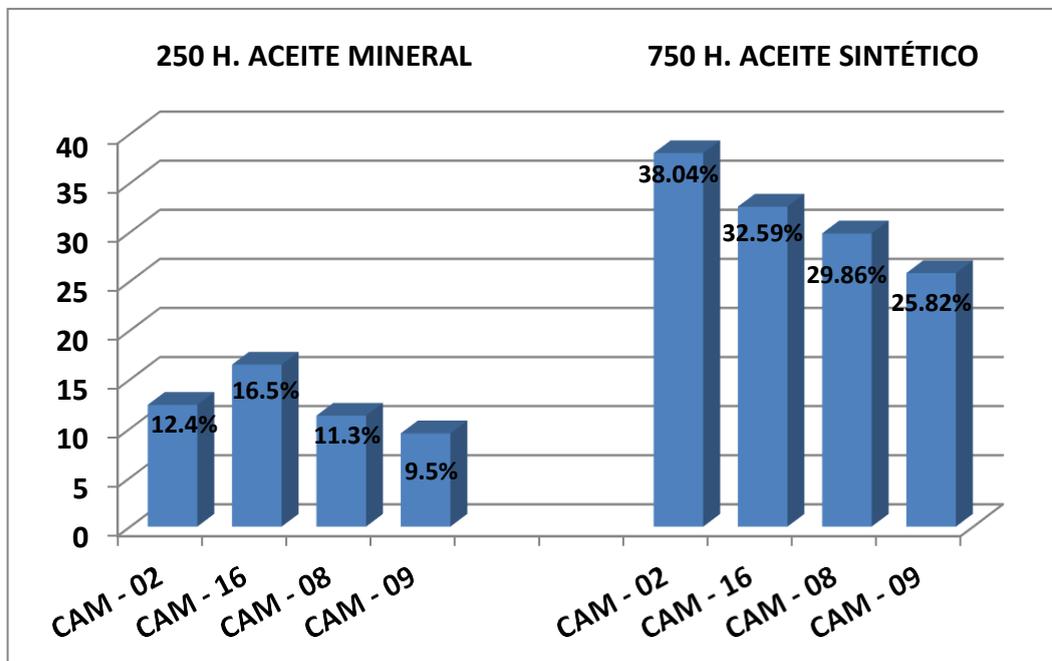
Figura 31: Confiabilidad por cada 250 h. con aceite mineral y 750 h. con aceite sintético.



Fuente: Elaboración propia.

Mostraremos un gráfico comparando la mantenibilidad del con aceite mineral a 250 horas y con aceite sintético a 750 horas. Donde a 250 horas trabajadas con aceite mineral llego su mantenibilidad a 12.4 % a comparación de 750 horas trabajadas con aceite sintético llego en porcentaje de mantenibilidad a 38.04 %. Ver figura 32.

Figura 32: Mantenibilidad en 250h. con aceite mineral y 750 h. con aceite sintético.



Fuente: Elaboración propia.

**Cálculo de Ahorro influencia de cambio de Aceite de 250h con aceite mineral a 750h con aceite sintético. Flota Camiones Pesados 785C datos obtenidos de la empresa COSAPI MINERÍA S.A.C. Ver tabla 22. Y según formulas:**

Tabla 22: Datos para el cálculo de ahorro.

<b>COMPAÑÍA:</b>	<b>COSAPI MINERÍA</b>		
<b>UBICACION:</b>	-	<b><u>S.A.C</u></b>	
<b>ZONA:</b>	-	<b><u>SHOUGANG</u></b>	
		<b>MARCONA -</b>	
	-	<b><u>DEPARTAMENTO DE ICA</u></b>	
Número de Camiones 785C	<u>20</u>		
Promedio Anual de Horas/equipos	<u>6000</u>	horas	
Intervalo de Cambio de Aceite mineral	<u>250</u>	horas	
Intervalo Propuesto para el Cambio de Aceite sintético	<u>750</u>	horas	
Capacidad de Carter de Motor	<u>55</u>	galones	
Costo del aceite actual	<u>\$7.82</u>	\$/galones	
Costo del aceite propuesto	<u>\$24.00</u>	\$/galones	
Mano de Obra ( 2 personas )	<u>\$36.00</u>	\$/horas	
Tiempo Requerido para el cambio de aceite	<u>3</u>	Horas	
Tiempo requerido para el PM 1	<u>6</u>	horas	
Juego de Filtros	<u>\$55.73</u>	\$ costo	
	<b>INFORMACION DEL MOTOR:</b>		
Vida Actual del Motor	<u>24,000</u>	horas	
Vida propuesta del Motor	<u>35,000</u>	horas	Costo de Reparación <u>250,000 \$</u> Costo
Tiempo promedio para la reparación de un Motor	<u>720</u>	horas	
Costo de Disponibilidad (Hora Camión - Equipos)	<u>\$150.00</u>	dólares	

Fuente: COSAPI MINERÍA S.A.C.

## I. Extensión del periodo de cambio de aceite

### - Total, de horas anual:

$$\text{THA} = \#C * \text{PAHE} = 20 * 6000 = 120000 \text{ h/año.}$$

#C: Número de camiones.

PAHE: Promedio anual de horas por equipo.

### - Aceite usado para el cambio de aceite:

$$\text{AUPC} = \frac{\text{THA}}{\text{ICDA}} * \text{CDC} = \frac{120000 \frac{\text{h}}{\text{año}}}{250 \text{ h}} * 55 \text{ gls} = 26400 \text{ gls /año}$$

THA: Total de horas anual.

ICDA: Intervalo de cambio de aceite (horas del equipo).

CDC: Capacidad del cárter. (galones).

### - Aceite usando sintético:

$$\text{AUS} = \frac{\text{THA}}{\text{IPPC}} * \text{CDC} = \frac{120000 \text{ h/año}}{750 \text{ h}} * 55 \text{ gls} = 8800 \text{ gls /año}$$

THA: Total de horas anual.

IPPC: Intervalo propuesto para el cambio (horas del equipo)

CDC: Capacidad del cárter. (galones).

### - Ahorro usando aceite sintético:

$$\begin{aligned} \text{EPCA(AUAS)} &= \text{AUPC} * \text{CDAAM} - \text{AUS} * \text{CAP} = 26400 \frac{\text{gls}}{\text{año}} * 7.82 \frac{\$}{\text{gls}} \\ &\quad - 8800 \text{ gls/año} * 24.00 \$/\text{gls} = -4799 \text{ gls /año} \end{aligned}$$

AUPC: Aceite usado para el cambio (gls/año).

CDAAM: Costo del aceite actual mineral (dólares/galón).

AUS: Aceite usando sintético (gls/año).

CAP: Costo del aceite propuesto (dólares/galón)

## II. Ahorro en la mano de obra

$$\begin{aligned}\text{AMO} &= \left( \left( \frac{\text{THA}}{\text{ICDA}} \right) - \left( \frac{\text{THA}}{\text{IPPC}} \right) \right) * \text{MDO} * \text{TRM} \\ &= \left( \left( \frac{120000 \frac{h}{\text{año}}}{250 h} \right) - \left( \frac{120000 \frac{h}{\text{año}}}{750 h} \right) \right) * 36\$/h * 6 h \\ &= 69120 \$/\text{año}\end{aligned}$$

THA: Total de horas acumuladas anual.

ICDA: Intervalo de cambio de aceite (horas del equipo).

IPPC: Intervalo propuesto para el cambio (horas del equipo)

MDO: Mano de obra (\$/h)

TRM: Tiempo requerido mantenimiento PM1 (h)

## III. Incremento de la Vida del Motor

- **Años de vida actual:**

$$\text{AVA} = \frac{\text{VAM}}{\text{PAHE}} = \frac{24000 h}{6000 h} = 4 \text{ años}$$

VAM: Vida actual del motor

PAHE: Promedio anual de horas del equipo.

- **Costo del motor al año:**

$$\text{CMA} = \frac{\text{CDR}}{\text{AVA}} = \frac{250000 \$}{4 \text{ años}} = 62500 \$/\text{año}$$

CDR: Costo de reparación.

AVA: Años de vida actual

**- Vida propuesta del motor:**

$$\mathbf{VPM} = \frac{35000 \$}{\text{PAHE}} = \frac{35000 \text{ h}}{6000 \text{ h}} = 6 \text{ años}$$

PAHE: Promedio anual de horas del equipo

**- Costo presupuesto al año:**

$$\mathbf{CPA} = \frac{\text{CDR}}{\text{VPM}} = \frac{250.000 \$}{6 \text{ años}} = 42857 \text{ \$/años}$$

CDR: Costo de reparación.

VPM: Vida propuesta del motor.

$$\mathbf{IVM} = 62500 \frac{\$}{\text{año}} - 42857 \frac{\$}{\text{año}} * 20 \text{ camiones} = 392857 \$/\text{año}$$

CMA: Costo de motor por año.

#C: Números de camiones.

**IV. Ahorro en Filtros**

$$\begin{aligned} \mathbf{AF} &= \left( \left( \frac{\text{THA}}{\text{ICDA}} \right) - \left( \frac{\text{THA}}{\text{IPPC}} \right) \right) * \text{CF} \\ &= \left( \left( \frac{120000 \frac{h}{\text{año}}}{250 \text{ h}} \right) - \left( \frac{120000 \frac{h}{\text{año}}}{750 \text{ h}} \right) \right) * 55.73 \$ \\ &= 17833 \text{ \$/año} \end{aligned}$$

THA: Total de horas anuales.

ICDA: Intervalo de cambio de aceite (horas del equipo).

IPPC: Intervalo propuesto para el cambio (horas del equipo)

CF: Costo de filtros.

## V. Incremento de la Disponibilidad

### - Disponibilidad del equipo:

$$DE = \frac{PAHE}{ICDA} - \frac{PAHE}{IPPC} = \frac{6000 \text{ h}}{250 \text{ h}} - \frac{6000 \text{ h}}{750 \text{ h}} = 16 \text{ h}$$

PAHE: Promedio anual de horas del equipo

ICDA: Intervalo de cambio de aceite (horas del equipo).

IPPC: Intervalo propuesto para el cambio (horas del equipo)

### - Aumento de disponibilidad:

$$AD = DE * CDHC * TRM = 16 \text{ h} * 15000 \frac{\$}{\text{h}} * 6\text{h} = 14400 \text{ \$/h}$$

DE: Disponibilidad del equipo.

CDHC: Costo de disponibilidad por hora de camión.

TRM: Tiempo requerido mantenimiento PM1 (h).

$$ID = AD * \#C = 14400 \frac{\$}{\text{año}} * 20 \text{ camiones} = 288000 \frac{\$}{\text{año}}$$

ID: Incremento de disponibilidad.

AD: Aumento de disponibilidad.

#C: Números de camiones.

## VI. Ahorro en la Flota de Equipos

$$\begin{aligned} AFE &= EPCA + AMO + IVM + AF + ID \\ &= -4799 \$ + 69120 \$ + 392857 \$ + 17833 \$ + 288000 \\ &= 763011 \text{ \$/año} \end{aligned}$$

EPCA: Extensión de periodo de cambio de aceite.

AMO: Ahorro de mano de obra.

IVM: Incremento de vida del motor.

AF: Ahorro de filtros.

ID: Incremento de disponibilidad.

### **VII. Ahorro por equipo**

$$\mathbf{AE} = \frac{\mathbf{AFE}}{\mathbf{\#C}} = \frac{763011 \$}{20 \text{ camiones}} = 38150 \$/\text{año}$$

AFE: Ahorro de flota de equipos

#C: Números de camiones.

### **VIII. Ahorro por cada galón de aceite**

$$\mathbf{AE} = \frac{\mathbf{AFE}}{\mathbf{AUS}} = \frac{763011 \$}{8800 \$} = 87 \text{ gls}$$

AFE: Ahorro de flota de equipos

AUS: Aceite usando sintético (gls/año).

Tabla 23: Cálculo de ahorro de mantenimiento por cada 750 horas con aceite sintético.

<b>I. Extension del periodo de cambio de aceite</b>										
Total de horas anuales										
20 equipos	x	6,000 horas/equipo	=	120000 horas por año						
Aceite usado para el cambio de aceite:										
120000 horas	/	250 horas/equipos	x	55 galones	=	26400 galones por año				
Aceite usando el Mobil Delvac 1,5 WW 40										
120000 horas	/	750 horas/equipos	x	55 galones	=	8800 galones por año				
Ahorro usando el Mobil Delvac 1,5 W 40										
26400 galones	x	\$7.82 /galones	-	8800 galones	x	\$24.00 galones	=		<b>-4799.52</b>	
<b>II. Ahorro en la mano de obra</b>										
120000 horas	/	250 horas/equipo	-	120000 horas	/	750 horas/equipo				
			x	36 \$/h	x	6 h	=		<b>69120.00</b>	
<b>III. Incremento de la Vida del Motor</b>										
24,000 horas	/	6,000 horas	=	4.00 años de la vida actual						
\$250,000 costo de Reparacion	/	4.00 años	=	62500 costo de motor/año						
35,000 horas	/	6000 horas	=	5.83 años de vida propuesto						
\$250,000 costo de Reparacion	/	5.83 años	=	42857.14 costo propuesto de motor/años						
\$62,500 dolares	-	42857.14 dolares	x	20 equipos					<b>392857.14</b>	
<b>Ahorro en la extension de la vida de los Motores =</b>									<b>392857.14</b>	
<b>IV. Ahorro en Filtros</b>										
120000 horas	/	250 horas	-	120000 horas	/	750 horas				
	x	55.73 filtros	=							
<b>V. Incremento de la Disponibilidad</b>										
<b>Disponibilidad del Equipo:</b>										
6,000 horas	/	250 horas	-	6,000	/	750 horas	16.00			
<b>Aumento de la Disponibilidad:</b>										
Ahorro por el incremento de la disponibilidad										
16.00	x	150.00 \$/hora	x	6 h/mant	=	por equipo	<b>14400.00</b>			
14400.00 \$/año	x	20 equipos					=	por flota al año	<b>288000.00</b>	
<b>VI. Ahorro en la Flota de Equipos</b>										
-4799.52	+	69120.00	+	392857.14	+					
		17833.60	+	288000.00	=	<b>763011.22</b>				
<b>VII. Ahorro por equipo</b>										
763011.22	/	20 equipos					=	<b>38150.56</b>		
<b>VIII. Ahorro por cada galon de aceite</b>										
763011.22	/	8800 galones					=	<b>86.71</b>		

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados se obtiene un ahorro extendido por el cambio de aceite \$-4799; en el aumento de la vida del motor \$392857; mano de obra de \$69120; en los filtros de \$17833; en el incremento en la disponibilidad del equipo \$288000; ahorro total anual para COSAPI MINERÍA S.A.C es de \$763011. Con este nuevo estudio se hace relevancia que hay aumento de la rentabilidad para la empresa.

## **IV. DISCUSIÓN**

Después de culminar la extensión de los resultados, se llega al siguiente análisis:

Se determinan los valores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad del funcionamiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C, antes del uso del aceite sintético, la disponibilidad máxima fue del 94.4%, la confiabilidad máxima de 98,91% en 3620 horas y la mantenibilidad máxima de 16.13%; en este sentido. Este estudio concuerda con la investigación de Carrasco (2018) y Galarza (2017), que también mantiene ciertos índices porcentuales durante antes de poder aplicar el aceite sintético al motor.

Se determina el protocolo del aceite mineral y sintético en el funcionamiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C, antes del uso del aceite sintético. Este protocolo se realiza bajo un sistema minucioso en el que se determina el proceso como se realiza el análisis de aceite, tomando en cuenta las muestras específicas de cada uno de ellos, considerando el mismo procedimiento para cada uno de los aceites y también se puede ir demostrando las diferencias a las que se llega sobre el uso de los aceites, considerando sus ventajas y desventajas en cada uno de ellos.

Se determina el valor de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad del funcionamiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C, después del uso del aceite sintético. Al cambiar del aceite mineral a sintético, resulta que el aceite sintético es más caro; sin embargo, resulta favorable porque su duración es mayor que el aceite mineral; que dicho aceite cuenta con mayor resistencia, que ayuda a que los equipos mantengan más la vida útil del motor y que al ampliar las horas de mantenimiento, contribuyen a que disminuya la mano de obra, permitiendo ahorrar en filtros y la flota de camiones con los que cuenta la empresa.

La disponibilidad con el aceite sintético llega a 97.90%; mientras que la confiabilidad llega a 98.98% y la mantenibilidad al 38.04%; todo esto implica que la fase de resultados es concordante y muy similar con los estudios de Luna (2017), en su investigación Implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional en la compañía minera Chinalco Perú, unidad Toromocho bajo las normas OHSAS 18001: 2007; donde incide en que existe ahorro en mano de obra, que el aceite sintético ayuda a alargar la vida del motor, que el intervalo de disponibilidad y confiabilidad aumentan progresivamente con la presencia del aceite sintético, considerándola de factible en la mejora productiva y económica para la empresa.

Al analizar la evaluación económico financiera por costos de mantenimiento del motor Caterpillar 3512B del camión 785C, se tiene que, al realizar el cambio de aceite mineral a sintético implica los siguientes costos negativos debido a que el aceite sintético es más caro, determinando un egreso de – 4799 dólares por año; pero los costos de mano de obra son menores y resulta ser de 69120 dólares; el ahorro en filtros es de 17833 dólares y el ahorro en flota de equipos de 763011 dólares anual; lo cual resulta aceptable dentro de la investigación correspondientes al presente estudio; todo esto se procede a implementar para la flota de veinte camiones, siendo factible la aplicación de la investigación.

Este estudio tiene corroboración con el realizado por Carrasco (2018) con su investigación Implementación de un nuevo plan de mantenimiento preventivo para la flota de camiones mineros – Mina Shougang, mediante la cual define que el tipo de aceite sintético ayuda a extender la vida útil de los equipos y con esto la cantidad de horas, las cuales forman parte de un patrón de monitoreo; que mediante un nuevo diseño de mantenimiento preventivo se logra la reducción considerable de seis horas por camión por cada 750 horas de trabajo en campo; la implementación mejoro considerablemente la disponibilidad asegurando el cumplimiento de las horas de trabajo de las unidades de transporte de acarreo de minerales, alcanzando un porcentaje del 97.90% y que el desarrollo en la empresa está en base al logro de un ahorro de 763011 dólares al año debido al aceite sintético en el compartimiento del motor y utilizando los filtros alternativos. De tal manera que factibiliza el estudio.

## **V. CONCLUSIONES**

Habiendo terminado el análisis de la investigación, se concluye que:

Se logró que a los camiones 785C con motor CAT 3512B pasaran de un mantenimiento preventivo de lubricación de 250 horas a 750 horas.

Que, al realizar la implementación del cambio de aceite mineral a sintético con intervalos de cambio de 250 horas a 750 horas, permite que el indicador de disponibilidad aumente de 94.4% a 97.90%.

Que los indicadores de confiabilidad debido al cambio de aceite aumentan del 98,93% al 98.98% y su mantenibilidad es de 16.5% al 38.04%.

Que el cambio de aceite de mineral a sintético implica los siguientes costos por cambio de aceite son negativos porque el precio de aceite sintético es mayor al del aceite mineral, teniendo un costo negativo de – 4799 dólares por año.

Que, los costos de mano de obra ahorradas, resulta ser de 69120 dólares anual; el ahorro en filtros es de 17833 dólares y el ahorro en flota de equipos de 763011 dólares; cual resulta aceptable dentro de la investigación correspondientes al presente estudio.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Integrar programas de mantenimiento preventivo, incidiendo en el cambio de aceite mineral por el sintético en sus motores de camiones de transporte, para mejorar la productividad y eficiencia de las empresas mineras.

Implementar herramientas de mejora continua para definir el tipo de aceite que logre extender la vida útil de los equipos, considerando la cantidad de horas, que marcan dentro de un patrón de monitoreo y seguimiento para demostrar su factibilidad.

Implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica, asegurando el cumplimiento de las horas de trabajo de las unidades de transporte en el acarreo de los minerales.

Aplicar un análisis de criticidad a los motores de los camiones CAT, determinando aquellos que tienen nivel crítico, no crítico y semicrítico, para priorizar los trabajos de mantenimiento.

Implementar técnicas predictivas de análisis de aceite, adquiriendo analizadores de viscosidad del aceite, que permitan aplicar un adecuado plan de mantenimiento preventivo de lubricación a los motores.

Realizar un plan de capacitación en mantenimiento predictivo y preventivo con las nuevas técnicas a implementar.

Emplear el aceite sintético MOBIL DELVAC 1 ESP 5W-40 en equipos bien cuidados o componentes reparados.

Para aumentar la vida útil del motor CAT 3512B, es necesario utilizar un aceite sintético MOBIL DELVAC 1 ESP 5W-40 así minimizar el desgaste de sus componentes.

## **REFERENCIAS**

AMÉNDOLA, Luis: Modelos mixtos de confiabilidad. Segunda edición, España, Valencia. [s.l.] 2002. ISBN: 978-84- 940628-2-7

ALVAREZ, Rómulo. Análisis de modos de falla para mejorar la fiabilidad en los motores Caterpillar serie 3500 de la estación Guanta bloque 56 de la empresa Petro Amazonas. Tesis (Magister en gestión del mantenimiento industrial). Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017.

ÁVILA, Rubén: Fundamentos del mantenimiento - Guías Económicas, Técnicas y Administrativas. Primera reimpresión. Cd. de México: Limusa Grupo Noriega Editores primera reimpresión, 1992. ISBN 968-18-2528-4.

BARRIENTOS, Herbert. Estudio comparativo para determinar ventajas del aceite sintético sobre el mineral en el motor Diésel Cummins N° 14 del Cabezal Freightliner N° 134 de la empresa SERCA. Tesis (Licenciado en ingeniería mecánica). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016.

BENLOCH, José: Lubricantes y lubricación aplicada. Características. Propiedades. 2da. Edición. Grupo Editorial CEAC, SA, [s.l.] 1999

ISBN: 978-84-329-3414-8

CASTRO, Miguel: Transmisión, engrase, cuadro. 2da. Edición. Grupo Editorial CEAC, SA, [s.l.] 1995. ISBN: 978-84-329-1503-1

CHINALCO. Tesis (Licenciado en ingeniería mecánica eléctrica) Perú: Universidad César Vallejo, 2015.

EXXONMOBIL. Análisis de Aceite Usado su Significado. Estados Unidos, Corporación ExxonMobil, 1990.

FLORES, Lourdes. Estudio técnico para el cambio de aceite mineral por aceite sintético a los motores de los camiones 793C en la industria minera. Tesis (Licenciado en ingeniería química). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2010.

HERNÁNDEZ, Antolín: Comportamiento tribológico de aceites utilizados en la formulación de fluidos hidráulicos. Editorial Universidad de Oviedo, servicio de

publicaciones [s.l.] 2004. ISBN: 978-84-8317-354-1

MALDONADO, Cristian. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo de motores diésel basado en el análisis de aceite. Tesis (Licenciado en Ingeniería mecánica). Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, 2010.

MACIÁN, V., LERMA, M. & TORMOS, B. (1999). Oil analysis evaluation for an engines fault diagnosis system. West Conshohocken, PA: SAE Technical Paper 1999-01-1515.

MAYER, A. (2005). Set Oil Analysis Limits Correctly. Revista Practicing Oil Analysis. Noria Corporation.

MUÑOZ, Francisco: Apuntes de Tribología. Editorial Petróleos Maraven, [s.l.] 2009. ISBN: 978-84-936-161-3-7

NIEVES Álvarez, Zender. Estudio comparativo entre aceites minerales y aceites sintéticos. Tesis (Licenciado en Ingeniería mecánica). Perú: Universidad Señor de Sipán, 2015.

NORIA. Sourcebook for Used Oil Elements. USA, 2002. NORIA "Oil Analysis Trouble shooting Guide. USA, 2001.

SAE. Extended oil drain performance capabilities of diesel engine oil. Usa sae Technical Paper Series 982718, SAE International, 1998.

STREETER, Víctor L. y WYLIE E: Benjamín. Mecánica de los fluidos. Ciudad de México: Mc Graw Hill, 1990. p 411-417. ISBN 968-451-841-2

TEXACO INC. Operación de motores diésel, de dos combustibles y de gas. Edición, Barcelona. España. 1960. p32

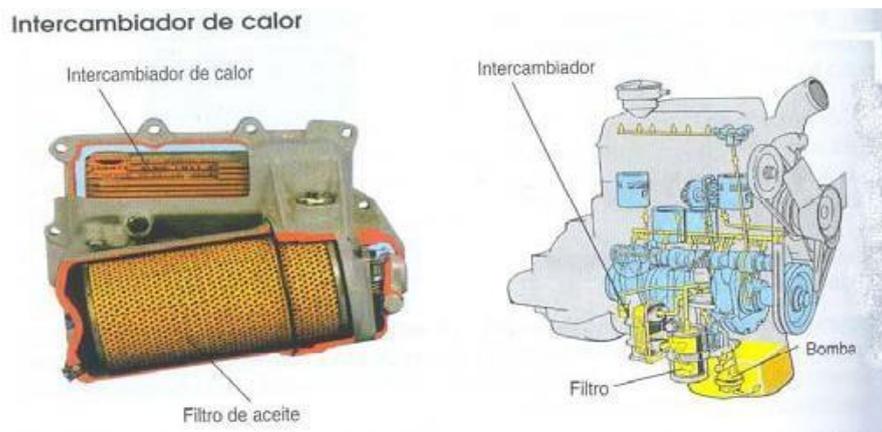
CATERPILLAR. (2010). CAT Comercial Diésel Engine Fluids Recomendations. ç

Van Renssenlar, J. (2012). Time to change lub.

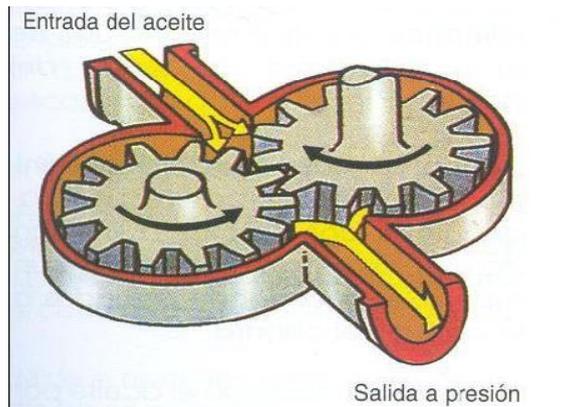
LMV@. Productos químicos LMV. [En línea]. Información sobre la clasificación de aceites para motores diesel y a gasolina [Citado el 17 de octubre de 2019].

## **ANEXOS**

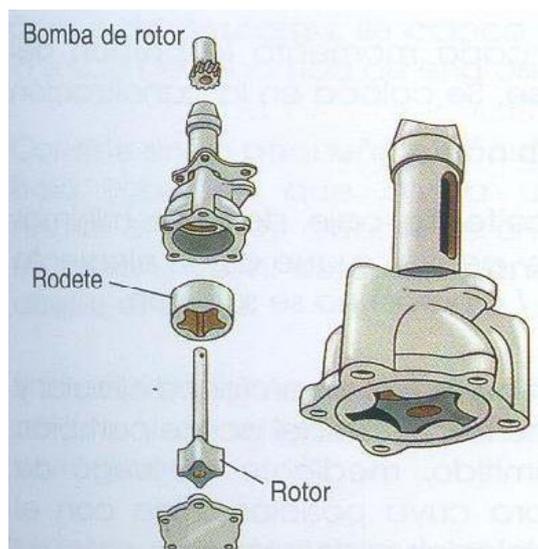
### Anexo 1: Intercambiador de calor en motor para enfriar el aceite



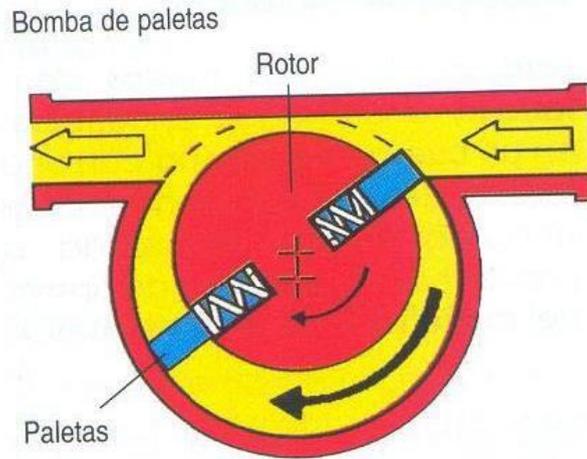
### Anexo 2: Bomba de engranajes



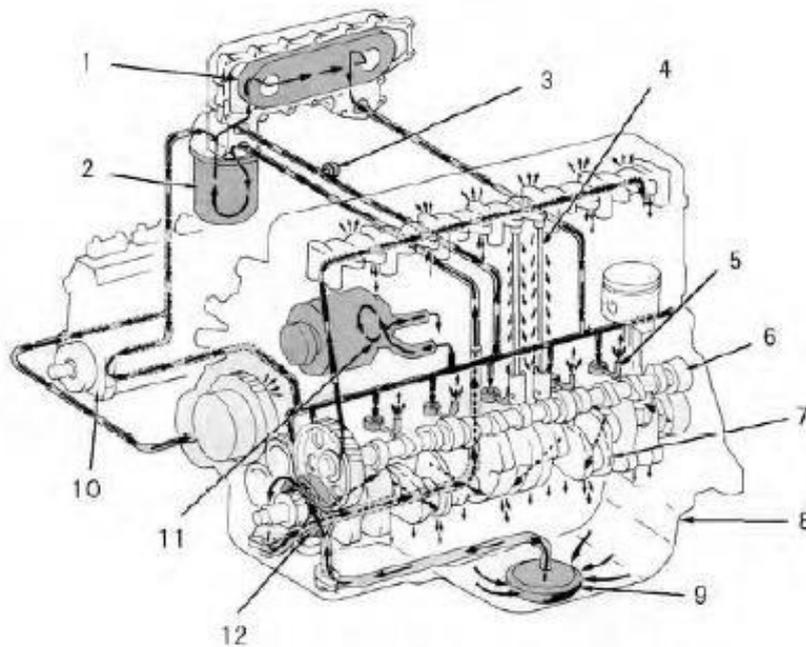
### Anexo 3: Bomba de lubricación tipo de lóbulos



#### Anexo 4: Bomba de lubricación de motores Diésel, con paletas



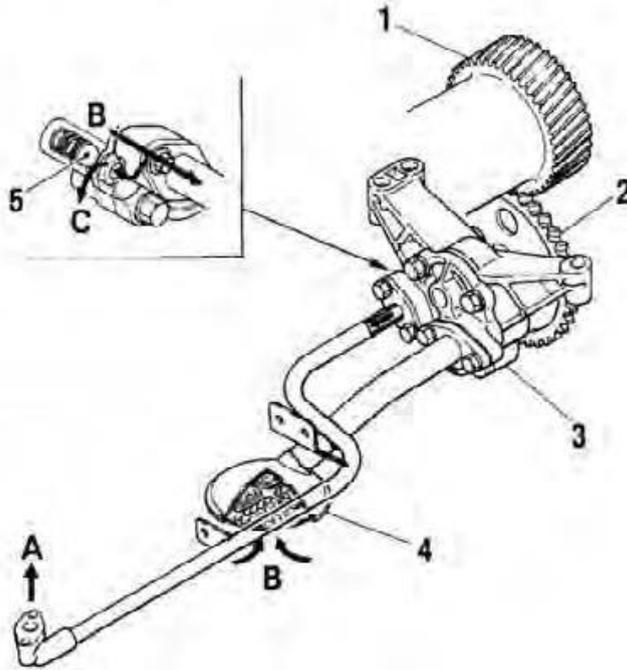
#### Anexo 5: Circuito de lubricación de motor Diésel



1. Intercambiador de calor del aceite
2. Filtro de aceite
3. Interruptor de presión de aceite
4. Varilla de empuje
5. Surtidor de aceite
6. Árbol de levas
7. Cigüeñal

8. Cárter de aceite
9. Rejilla de succión de aceite
10. Bomba de inyección
11. Bomba de vacío
12. Bomba de aceite

Anexo 6: Estructura de bomba de aceite



1. Engranaje del cigüeñal
2. Bomba de engranaje de aceite
3. Bomba de aceite
4. Tamiz de aceite
5. Válvula de alivio

**A** : Hacia el filtro de aceite

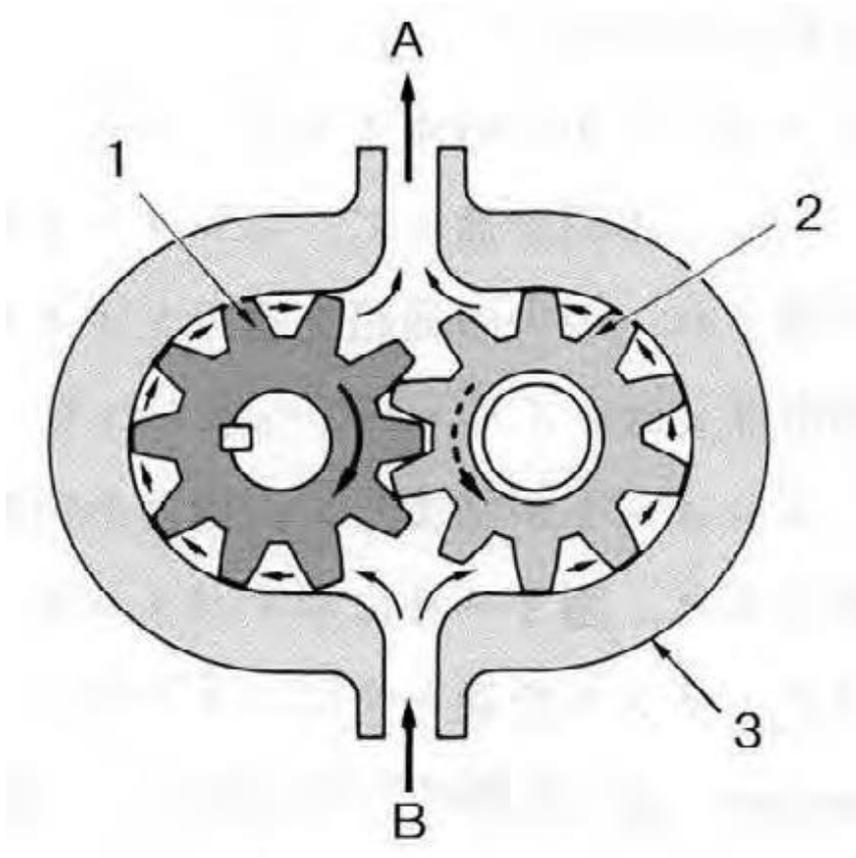
**B** : Desde el cárter de aceite

**C** : Hacia el cárter de aceite

- La bomba de aceite **3** es un tipo de engranajes. La bomba funciona por la fuerza de rotación del cigüeñal **1** a través del engranaje entre el cigüeñal **1** y el engranaje de la bomba de aceite **2**.

- La bomba de aceite lleva una válvula de alivio **5** para el control. Cuando la presión de aceite sobrepasa un valor prescrito, la válvula de alivio **5** hace una parte de aceite retornar al cárter para evitar la sobrecarga en el sistema de lubricación.

Anexo 7: Bomba de aceite con piñones



1. Engranaje impulsor
  2. Engranaje impulsado
  3. Cuerpo de la bomba
- A: Salida de aceite  
B: Entrada de aceite

El engranaje impulsado gira a la dirección opuesta por la rotación del engranaje impulsor, generando presión negativa en la entrada de aceite. Esta presión negativa hace el aceite entrar en el cuerpo de la bomba por la entrada de aceite **B**, fluir entre el engranaje y la pared interior del cuerpo hacia la salida de aceite **A** presionado.

## Anexo 8: Carguío del camión CAT 785C



Anexo 9: Certificado de validez de contenido del Instrumento

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO							
ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		
	Si	No	Si	No	Si	No	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
4	X		X		X		
<b>Aspectos Generales</b>					Si	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario.					X		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación.					X		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir.					X		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				X	NO APLICABLE		
<b>APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES</b>							

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

Apellidos y nombres : *Valdemar Campos, Edwin Ronald*  
 Profesión : *Ingeniero Mecánico*  
 Especialidad : *Circuitos Telemétricos*



Firma del experto

Edwin Ronald Valdemar Campos  
 ING. MECÁNICO  
 R. CIP. N° 188677

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)	
	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>			
	Si	No	Si	No	Si	No		
1	X		X		X			
2	X		X		X			
3	X		X		X			
4	X		X		X			
<b>Aspectos Generales</b>					Si	No		
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario.					X			
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación.					X			
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir.					X			
<b>VALIDEZ</b>								
APLICABLE				X	NO APLICABLE			
<b>APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES</b>								

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

Apellidos y nombres : Robles Maldonado Jesús  
 Profesión : Ingeniero  
 Especialidad : Mecánico eléctrico  
 Mantenimiento mecánico

  
**ROBLES MALDONADO JESÚS PEREZ**  
 DEL INGENIERO ELECTRICISTA  
 No. Colegiado de Ingeniería C.P. 87 2013

Firma del experto

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
4	X		X		X		
<b>Aspectos Generales</b>					<b>Sí</b>	<b>No</b>	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario.					X		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación.					X		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir.					X		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				X	NO APLICABLE		
<b>APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES</b>							

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

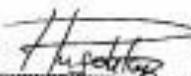
<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

Apellidos y nombres : *Pélaez Chávez, Víctor Hugo*

Profesión : *Ing. Mecánico*

Especialidad : *Cremas planetaria*

  
 Víctor Hugo Pélaez Chávez  
 ING. MECÁNICO  
 R. G.P. N° 197130

**Firma del experto**