

 *Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

ESTUDIO DE LUBRICACIÓN PARA EL AHORRO DE RECURSOS EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA RENTA DE GRÚAS INDUSTRIALES

JULIO GERARDO ORELLANA AGUILAR

Asesorado por Ing. Mario Alfonso Pérez

Guatemala, febrero de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE LUBRICACIÓN PARA EL AHORRO DE RECURSOS EN UNA EMPRESA
DEDICADA A LA RENTA DE GRÚAS INDUSTRIALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA POR

JULIO GERARDO ORELLANA AGUILAR

ASESORADO POR ING. MARIO ALFONSO PÉREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO

DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATMALA, FEBRERO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay
EXAMINADOR	Ing. Danilo González Trejo
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XXIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	
1.1. Generalidades de la empresa	1
1.1.1. Historia	1
1.1.2. Misión	2
1.1.3. Visión	2
1.1.4. Organización	2
1.1.5. Ubicación	3
1.2. Lubricación	3
1.2.1. Tipos de lubricación	4
1.2.1.1. Lubricación límite	4
1.2.1.2. Lubricación hidrodinámica	5
1.2.1.3. Lubricación mezclada	6
1.2.1.4. Lubricación elato-hidrodinámica	7
1.3. Lubricantes	7
1.3.1. Clasificación de los lubricantes	9
1.3.1.1. Clasificación según su origen	9
1.3.1.2. Clasificación según su estado físico	10

1.3.1.3.	Clasificación de los aceites lubricantes	10
1.3.2.	Funciones de los aceites	14
1.3.3.	Propiedades de los aceites	16
1.3.3.1.	Viscosidad	17
1.3.3.2.	Índice de viscosidad	18
1.3.3.3.	Densidad	18
1.3.3.4.	Tensión superficial	18
1.3.3.5.	Punto de inflamación o chispa	19
1.3.3.6.	Punto de ignición	20
1.3.3.7.	Punto de fluidez	20
1.3.3.8.	Gravedad específica	20
1.3.3.9.	Color	20
1.3.3.10.	Demulsibilidad	21
1.3.3.11.	Oleosidad	21
1.3.4.	Aditivos para aceites	21
1.3.4.1.	Detergentes	23
1.3.4.2.	Dispersantes	24
1.3.4.3.	Dispersantes poliméricos	25
1.3.4.4.	Inhibidores de oxidación y corrosión	25
1.3.4.5.	Aditivos antidesgaste	26
1.3.4.6.	Modificadores de viscosidad	27
1.3.4.7.	Depresores del punto de fluencia	28
1.3.4.8.	Aditivos varios	28
1.3.5.	Contaminantes típicos en los aceites	29
1.3.5.1.	Silicio (tierra)	29
1.3.5.2.	Agua	30
1.3.5.3.	Sodio	31
1.3.5.4.	Potasio	32
1.3.5.5.	Aluminio	32

1.4.	Alquiler de grúas industriales	33
1.5	Descripción de modelos de grúas industriales a estudiar	34
2.	SITUACIÓN ACTUAL	35
2.1.	Lubricante actual de cada componente lubricado	35
2.2.	Intervalos de cambio de lubricantes	35
2.3.	Análisis de aceite usado	36
2.3.1.	Aspectos a evaluar en un análisis de aceite usado	37
2.3.1.1.	Distintas pruebas que se hacen a las muestras de aceite	39
2.3.1.1.1.	Análisis de viscosidad	39
2.3.1.1.2.	Análisis de agua <i>Kart Fischer</i>	40
2.3.1.1.3.	Análisis de acidez total (TAN)...	41
2.3.1.1.4.	Análisis base total (TBN)	41
2.3.1.1.5.	Análisis de creptación	43
2.3.1.1.6.	Análisis espectrográfico	44
2.3.1.1.7.	Análisis de glicol	44
2.3.1.1.8.	Análisis infrarrojo-FTR	45
2.3.2.	Herramientas necesarias para tomar una muestra	45
2.3.3.	Pasos para tomar correctamente una muestra de aceite usado	47
2.3.4.	Riesgos al tomar una muestra de aceite usado	49
2.4.	Muestreo	49
2.5.	Análisis de los resultados de las muestras de aceite del motor <i>Cummins N14</i> de la grúa Grove RT65S	56
2.6.	Análisis de resultados de las muestras de aceite del motor <i>Cummins N14</i> de la grúa P y H de 75 toneladas	64

2.7.	Costos de mantenimiento	71
2.7.1.	Costos incurridos por maquinaria parada	71
2.7.2.	Costos de mano de obra	72
2.7.3.	Costo de lubricantes	72
2.7.4.	Costo de análisis de aceite	73
3.	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	75
3.1.	Mejoras técnicas	75
3.1.1.	Sugerencias de cambio de tipo de aceite	78
3.1.2.	Alargamiento de intervalos de cambio	79
3.1.2.1.	Beneficios de alargamiento de intervalos de cambio	80
3.1.2.2.	Riesgos de alargamiento de intervalos de cambio	81
3.2.	Mejoras mecánicas	81
3.2.1.	Mecanismos de protección a sistemas de inducción	82
3.2.2.	Revisión a sistemas de enfriamiento	82
3.2.3.	Mejoras sistemas hidráulicos	83
3.2.4.	Mejoras cajas de engranajes	84
3.3.	Mejoras administrativas	84
3.3.1.	Programación de servicios	84
3.3.2.	Servicios en el campo	85
3.4.	Intervalos de muestreo	85
3.4.1.	Intervalos óptimos de muestreo	86
3.5.	Capacitación del personal	86
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS A LAS RUTINAS DE LUBRICACIÓN	87
4.1.	Sistemas de inducción	91

4.1.1.	Cambio de filtros de aire	91
4.1.2.	Cambio de filtros de diesel	91
4.1.3.	Cambio de filtros de aceite	92
4.2.	Sistemas de enfriamiento	92
4.2.1.	Termostatos	92
4.2.2.	Refrigerante	93
4.2.3.	Fugas en radiadores	93
4.3.	Calibración bomba de diesel	93
4.4.	Sistemas hidráulicos	94
4.4.1.	Interpretación de contaminantes en sistemas hidráulicos	94
4.5.	Cajas de engranajes	97
4.6.	Análisis comparativo de costos	97
4.6.1.	Costos de lubricación originales	97
4.6.2.	Costos de lubricación con la implementación	98
5.	SEGUIMIENTO AL ESTUDIO DE LUBRICACIÓN	101
5.1.	Nuevas máquinas	101
5.1.1.	Manuales	102
5.1.2.	Proveedores	103
5.2.	Nuevos aceites	103
5.3.	Sugerencias	104
5.4.	Personal nuevo	104
5.4.1.	Capacitación a personal nuevo	104
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES	109
	BIBLIOGRAFÍA	113
	ANEXOS	115



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Determinación del punto de inflamación de un lubricante	19
2	Determinación de la contaminación por agua	31
3	Determinación de viscosidad cinemática de lubricantes	40
4	Celda para determinación de números de neutralización con detección potenciométrica	42
5	Determinación de valores condensatorios de aceites usados según la igualdad de TAN y TBN	43
6	Herramientas para la toma de muestras de aceite	46
7	Válvula localizada para muestreo de aceite usado	47

TABLAS

I	Organigrama de la empresa	3
II	Clasificación API de aceites para motores a gasolina	11
III	Clasificación API de aceites para motores diesel	12
IV	Clasificación SAE de aceites según su viscosidad	13
V	Clasificación API para aceites de transmisiones manuales y ejes	14



PDF Complete

Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

VI	Tipos de aditivos para lubricantes	22
VII	Lubricantes utilizados en cada componente de las grúas	35
VIII	Límites condensorios	38
IX	Costo de lubricantes utilizados	72
X	Códigos de limpieza ISO	95
XI	Clasificación de viscosidades para lubricantes de motor	115

LISTA DE SÍMBOLOS

API	Instituto Americano del Petróleo (<i>American Petroleum Institute</i>). Establece los niveles de calidad para los lubricantes de automoción, orientados fundamentalmente a fabricantes norteamericanos. Los niveles de calidad se identifican con dos letras. Los que empiezan por S, se refieren a vehículos gasolina, y cuando empiezan por C, se refieren a vehículos diesel. La segunda letra después de la S o la C indica el nivel de calidad, en orden creciente, siendo API SJ por ejemplo el máximo nivel de calidad para vehículos de gasolina.
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (<i>American Society for Testing and Materials</i>). Establece las pruebas de laboratorio para los lubricantes de automoción, orientados fundamentalmente a fabricantes norteamericanos.
ATF	Fluido para transmisiones automáticas.
°C	Grados Celsius
Cm²/s	Centímetro cuadrado/segundo.

°F	Grados Fahrenheit
ISO	<p>Además de la escala SAE de viscosidad, utilizada fundamentalmente para aceites de automoción (motor, cajas de cambio, transmisiones, etc.), existe otra escala de viscosidad que se aplica para lubricantes industriales (hidráulicos, turbinas, compresores, herramientas neumáticas, engranajes industriales, transmisión de calor, dieléctricos, etc.). Esta escala de viscosidad es de la Organización Internacional de Estandarización I.S.O. (<i>International Standard Organization</i>). Esta escala mide la viscosidad en centistokes a 40°C y define unos márgenes de tolerancia dentro de cada grado ISO.</p>
P.p.m.	Partes por millón.
SAE	<p>Es una referencia de una escala de viscosidades seguida en todo el mundo, que estableció la Sociedad de Ingenieros Automotrices (<i>Society of Automotive Engineers</i>), para todos los aceites de uso en automoción. Esta clasificación dispone de los grados para motor SAE: 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W, 30, 35, 40, 45, 50 y 60, mientras que para las cajas de cambios manuales, diferenciales o transmisiones, asigna los SAE 70W, 75W, 80W, 85W, 90, 100, 150, 220. Los valores de viscosidad en grados SAE están medidos a 100° C.</p>

Si van seguidos de la letra W, nos indican que se han medido por debajo de 0° C. Ejemplo: SAE 20W-50. El 20W nos indica la viscosidad en frío y el 50 indica la viscosidad en caliente.

TAN

Análisis de acidez total. Medida de la cantidad total de ácidos presentes en el lubricante. Generalmente un incremento de TAN indica una oxidación o contaminación el aceite por productos ácidos. Los resultados son expresados en valores numéricos correspondientes a la cantidad de hidróxido de potasio requerido para la neutralización de los ácidos formados en un gramo de aceite.

TBN

Análisis de base total. Medida de la cantidad total de compuestos básicos presentes en el lubricante. Muchos compuestos empleados como aditivos de aceites de motor contienen compuestos alcalinos, para neutralizar la formación de ácidos que se producen durante la combustión. Generalmente un alto TBN indica una buena protección del motor y una pérdida de TBN está asociada con una menor protección para la neutralización de los ácidos formados.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

GLOSARIO

- Aceite base** Fluido lubricante que se obtiene de la destilación del petróleo o de transformaciones complejas. Es la materia prima con la que se fabrican los lubricantes.
- Aceite lubricante mixto** Concepto aplicable a aquellos lubricantes de motor de amplio campo de acción, que aseguran una adecuada lubricación tanto en turismos de gasolina como en turismos diesel.
- Aceites minerales** Fabricados con bases lubricantes obtenidas directamente de la destilación del petróleo.
- Aceites semisintéticos** Fabricados con mezclas de bases minerales y sintéticas.
- Aceites sintéticos** Fabricados con bases que provienen de transformaciones complejas o síntesis.
- Aditivos** Compuestos que se incorporan en pequeñas cantidades, a los aceites base para obtener un lubricante terminado con las características y prestaciones deseadas.

Aeroemulsión

Facultad que presenta un aceite para eliminar el aire ocluido en su interior. La aeroemulsión es muy importante en aceites de turbinas y, cada vez más, en aceites hidráulicos de alta severidad. Es una propiedad intrínseca del aceite base y no puede corregirse con aditivos.

Análisis de agua

Kart Fischer

Determinación de contaminación con agua a nivel de trazas en aceites que no permiten este tipo de variables en porcentajes mayores al 0,05%.

Análisis de crepitación

Determinación de la contaminación del lubricante con agua. Exceso de contaminación puede causar una pérdida de las propiedades de lubricación de los fluidos contaminados y corrosión/herrumbre del sistema lubricado.

Análisis

espectrográfico

Monitoreo de 20 elementos metálicos asociados con el desgaste, contaminación del lubricante y paquete de aditivos empleados en su formulación. Metales de desgaste son principalmente: hierro, cobre, plomo, estaño, cromo, aluminio, plata, níquel, magnesio y vanadio. Contaminantes del lubricante: silicio, boro, aluminio, sodio y plomo. Paquete de aditivos: fósforo, zinc, calcio, bario, boro, sodio, molibdeno, magnesio y silicio.

Este ensayo es muy efectivo para la determinación de los elementos metálicos nombrados cuando el tamaño de partícula no es superior a 6 micrones.

Análisis de glicol

Ensayo para determinar la presencia de glycoles provenientes principalmente de los sistemas de refrigeración de los vehículos. Una contaminación con glycoles provoca desgaste, corrosión y degradación del lubricante.

Antidesgaste

Aditivo que consigue disminuir la fricción entre las partes móviles.

Antiherrumbrante

Aditivo que evita que el vapor de agua de la combustión, o de la condensación atmosférica, forme herrumbre sobre las piezas del motor.

Antioxidante

Aditivo que consigue que el aceite tarde más en degradarse, ya que disminuye la oxidación del mismo.

Color del aceite

No es una propiedad fundamental, ni informa de la calidad de un lubricante. Asigna números bajos a aceites claros y números altos a aceites oscuros. La escala va desde: inferior a 0.5 hasta 8 (de más claros a más oscuros). Los colores de los aceites base pueden verse alterados por la incorporación de aditivos, por lo que el color de un aceite terminado vendrá determinado por esas dos variables.

- Conteo de partículas** Monitoreo consistente que permite un control sobre la cantidad y tamaño de partículas sólidas que contaminan principalmente los fluidos hidráulicos y aceites. Si existe agua a niveles superiores a 300 p.p.m., este ensayo es impracticable.
- Densidad** Es el peso de una sustancia por unidad de volumen. No debe confundirse con la viscosidad. Por ejemplo el agua es más densa que el aceite (pesa más) pero es más fluida (menos viscosa).
- Dilución con combustible** Ensayo que indica la cantidad de combustible presente en los aceites de motor. La dilución se puede asociar a malos ajustes o calibraciones, mal funcionamiento de los sistemas de inyección. Una excesiva dilución puede causar una pérdida de las características viscométricas del lubricante incrementándose también el riesgo de fuego o explosiones.
- Dispersancia** Es la cualidad que permite al aceite evitar las acumulaciones de los residuos insolubles producto de la combustión, manteniéndolos finamente dispersos a lo largo de todo el circuito.

- Dispersante** Aditivo que evita que las partículas se aglutinen, formando lodos y precipitados, en el propio seno del lubricante.
- Extrema presión** Propiedad que permite que dos superficies, sometidas a alta carga de trabajo, no queden "soldadas". Esta propiedad es muy importante para los engranajes de automoción e industriales.
- Ferrografía analítica** Ensayo de laboratorio de gran potencial para el diagnóstico y detección de partículas grandes de desgaste, por ejemplo > a 100 micrones, cuyo análisis microscópico permite una determinación del tipo de desgaste que está ocurriendo como también una identificación de contaminantes o partículas suspendidas en el aceite en uso.
- Ferrografía cuantitativa** Estudio de tendencias de distintos niveles de partículas grandes y pequeñas de tipo ferrosas que indican cambios en las tasas y severidades de desgastes en elementos rodantes como engranajes o rodamientos.
- Índice de viscosidad** El índice de viscosidad es ampliamente utilizado y aceptado para medir la variación que puede experimentar la viscosidad con los cambios de temperatura y está asociado con la determinación de viscosidad a 100 y 40 grados celcius.

Un alto índice indica una baja pérdida de las propiedades viscométricas del lubricante. Los valores típicos de índice de viscosidad son 95 para los aceites monogrado y de 125 a 150 para los multigrado. Cuanto más alto es este índice, menos varía la viscosidad con la temperatura.

Limpiar

En los motores, el lubricante mantiene limpio el motor, al arrastrar todos los residuos que se producen en la combustión.

Lubricación

Ciencia que estudia los procedimientos para reducir la fricción entre dos superficies en movimiento relativo, su entorno y sus consecuencias.

Lubricante

Toda sustancia sólida, semisólida o líquida, de cualquier origen, que sirve para reducir el rozamiento entre piezas y mecanismos en movimiento.

Lubricar

Reducir el rozamiento y la fricción entre dos piezas metálicas en contacto, interponiendo una película lubricante.

Mejorador del índice de viscosidad

Aditivo que consigue mantener el aceite fluido a bajas temperaturas y suficientemente viscoso a las temperaturas de régimen de motor, es decir, mantiene la viscosidad del lubricante a las distintas temperaturas de régimen de uso.

Minerales

Lubricantes fabricados con bases obtenidas directamente de la destilación del petróleo

Monogrado

Aceites cuya variación de viscosidad con temperatura está igual al base.

Multigrado

Aceites cuya variación de viscosidad con la temperatura es mínima. Estos aceites responden simultáneamente a las exigencias de utilización de altas y bajas temperaturas y pueden ser utilizados durante todo el año. Un aceite multigrado SAE es el que cumple a la vez dos escalas SAE (por ejemplo: 80W90; 15W40; 10W30, etc.).

Punto de congelación

Es la temperatura mínima a la que un aceite determinado es capaz de mantenerse fluido. Lógicamente, lo deseable es que el punto de congelación de un aceite para motores sea lo más bajo posible.

Refrigerar	En los motores, el lubricante enfría los cojinetes, las paredes de los cilindros y la parte interna de los pistones (lugares donde no accede el sistema tradicional de refrigeración del motor).
Rozamiento	Toda fuerza que se opone al movimiento relativo de dos superficies en contacto.
Sellar	En los motores, el lubricante contribuye a hacer estanca la cámara de combustión evitando la fuga de los gases hacia el cárter al mantener la compresión adecuada.
Semisintéticos	Lubricantes fabricados con mezclas de bases minerales y sintéticas.
Sintéticos	Lubricantes fabricados con bases que provienen de transformaciones complejas o síntesis.
Viscosidad	Es la propiedad más importante de un lubricante. Se puede definir como la medida de la resistencia que tiene el aceite a fluir. La viscosidad varía con la temperatura, pero esta variación no es la misma para todos los aceites. Al aumentar la temperatura disminuye la viscosidad. Al disminuir la temperatura aumenta la viscosidad.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Cuanto menos varía la viscosidad de un aceite con la temperatura, mejor será su comportamiento. La viscosidad se expresa en centistokes a 40 °C ó a 100 °C.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

RESUMEN

La lubricación es la reducción de la fricción mediante el uso de una sustancia llamada lubricante. Los lubricantes se componen de un aceite base y aditivos, éstos últimos varían de acuerdo a las necesidades de aplicación, por ejemplo, para lubricantes de motor se necesitan aditivos que tengan la capacidad de absorber la suciedad que se genera por la combustión, que mejoren el comportamiento de la viscosidad ante las variaciones de temperatura. La viscosidad del aceite, por ser un líquido, se comporta en relación inversa a la temperatura, es decir, a una temperatura menor corresponde una alta viscosidad y a una temperatura alta, la viscosidad disminuye por lo que se hace necesario agregar a los aceites de motor aditivos, mejoradores de viscosidad.

Existen organizaciones que certifican la calidad de los aceites según su aplicación, entre estas se puede nombrar la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), la Organización Internacional de Estandarización (ISO) y los fabricantes de equipo, entre otros. Estas organizaciones dan su aprobación para los fabricantes de aceites que así lo deseen, esto da al consumidor la seguridad de que el aceite que posee dichas aprobaciones, cumple con los requerimientos de calidad necesarios para el buen desempeño en su aplicación.

Para determinar el buen desempeño del lubricante en los diferentes componentes existen ciertas herramientas, entre las más confiables está el análisis de laboratorio de aceite usado.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Este análisis ayuda a determinar el estado del aceite usado, en cuanto a sus aditivos y propiedades. Permite determinar el desgaste de la maquinaria, mediante el análisis espectrográfico y además, determinar la presencia de contaminantes en el sistema de lubricación. Al implementar un sistema de análisis de aceite usado, se pueden visualizar tendencias para programar reparaciones, alargar el tiempo de vida de la maquinaria tomando acciones correctivas sobre los resultados de los análisis y analizar el posible alargamiento del intervalo de cambio del lubricante.

OBJETIVOS

- **General**

Realizar un estudio de lubricación para la optimización de recursos de mantenimiento en una empresa dedicada a la renta de grúas industriales.

- **Específicos**

1. Conocer las propiedades de los aceites lubricantes para determinar qué características debe tener cada uno según su aplicación.
2. Identificar en el equipo, todos los componentes sujetos a lubricación, para la realización del estudio.
3. Analizar las condiciones bajo las cuales trabaja el equipo, y así determinar la selección correcta de lubricantes.
4. Conocer las técnicas adecuadas en la toma de una muestra de aceite usado, para que ésta sea representativa de la situación del aceite y del componente lubricado.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

5. Aprender a interpretar resultados de análisis de laboratorio, dando a conocer las posibles piezas desgastadas según los metales presentes.
6. Determinar la factibilidad de alargar los intervalos de cambio del aceite de motor mediante la interpretación de las condiciones del aceite usado en los diferentes motores del equipo.
7. Realizar un análisis comparativo de los costos antes y después de haber implementado el estudio de lubricación.

INTRODUCCIÓN

El contacto entre dos superficies, de las cuales, al menos una se encuentre en movimiento, provoca fricción y desgaste; este desgaste es reducible hasta cierto nivel por la acción de los lubricantes. Los lubricantes han sido modificados por la industria debido a las cambiantes necesidades, éstos existen con diferentes características según su aplicación. Para obtener estas características, los lubricantes han tenido que pasar por muchas investigaciones hasta llegar a descubrir los mejores métodos para su fabricación. El que existan buenos lubricantes no es el único factor necesario para reducir el desgaste en las piezas, es además necesario conocer las propiedades de éstos y su comportamiento en las diferentes aplicaciones, para seleccionar el lubricante adecuado.

Un estudio de lubricación permite determinar si la empresa está haciendo uso adecuado de los lubricantes en el equipo, permitiéndole visualizar las razones por las cuales en determinada aplicación es más conveniente utilizar cierto tipo de lubricante, incluye un análisis comparativo entre lubricantes y costos antes y después del estudio, el cual tiene aplicación en cualquier lugar donde existan piezas lubricadas.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

El presente trabajo de graduación, mostrará los beneficios de hacer un estudio de lubricación y mostrar las herramientas que llevan a lograr el objetivo de este, como los manuales de los fabricantes, la experiencia, la recomendación de los proveedores, los análisis de aceite usado y algunos otros. El análisis de laboratorio de aceite usado permite determinar la situación en la que se encuentra el mismo, proporciona información acerca de los aditivos y propiedades del aceite y su comportamiento en los diferentes componentes y permite conocer, de acuerdo a los componentes metálicos encontrados, qué partes del equipo mecánico están sufriendo un mayor desgaste, lo cual permitirá hacer las programaciones de mantenimiento preventivo y correctivo.

1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Generalidades de la empresa

La empresa en la cual se realiza el estudio de lubricación se dedica a la renta de grúas industriales, cuenta con varias unidades, las cuales se utilizan para diferentes aplicaciones, según las necesidades de los clientes. Las variables según los requerimientos en este tipo de negocio son muchas, las restricciones de transporte limitan aún más los trabajos, por lo que es necesario para satisfacer todas las necesidades, contar con una amplia flotilla de grúas, las cuales se adapten a los requerimientos diarios

1.1.1 Historia

La empresa inició operaciones en el año 1964, dedicada al arrendamiento de grúas, montacargas, equipos neumáticos, transporte y trabajos especiales. Actualmente ocupa el primer lugar a nivel Centroamericano en lo que a grúas se refiere ya que cuenta con una flota muy completa, operadores capacitados y la supervisión en cada uno de los trabajos; la empresa se caracteriza por la rápida atención, no importando la magnitud del trabajo. Se realiza la visita a los lugares de trabajo y el presupuesto de los mismos, sin costo alguno.

Esta empresa cuenta con una gama de grúas móviles que van desde 15 hasta 220 toneladas de capacidad, se trabaja con modalidades de arrendamiento por hora, día, semana, mes y trabajos a trato cerrado.



En todas las modalidades, las tarifas incluyen: supervisión, operador, ayudantes, combustible, lubricantes, servicios, reparaciones y seguros.

1.1.2 Misión

La empresa es líder en el alquiler de maquinaria industrial, provee soluciones a sus clientes en construcciones, transportes de cargas especiales, demoliciones y accidentes.

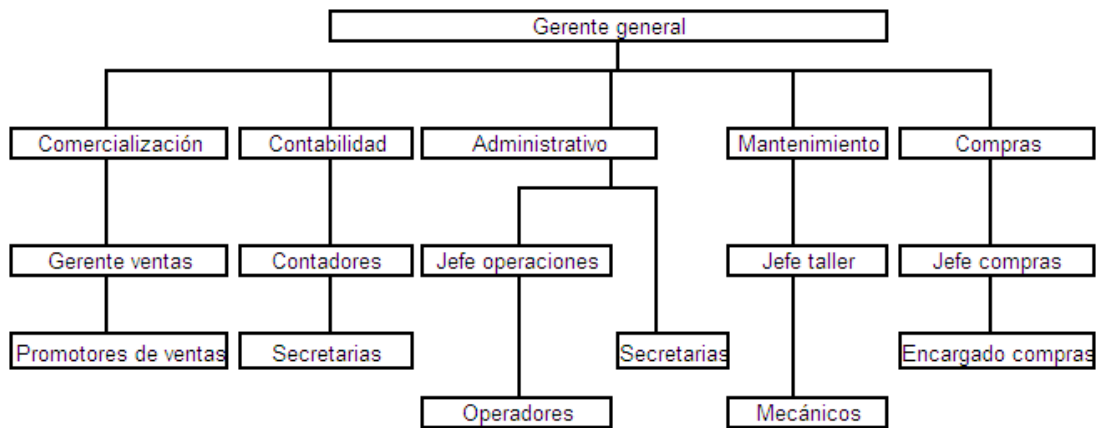
1.1.3 Visión

Ser la empresa a nivel Centroamericano que provea maquinaria industrial para proyectos de todo tipo, con la cual el cliente encuentre siempre solución a sus problemas, además brindar ayuda a los países de esta región en casos de catástrofes naturales.

1.1.4 Organización

Es una empresa mediana que cuenta con 86 trabajadores, su organigrama es el siguiente:

Tabla I. Organigrama de la empresa



1.1.5 Ubicación

La ubicación de la empresa, debe ser en un lugar estratégico, existen muchos requerimientos para la ubicación de un negocio de esta naturaleza. Entre los requerimientos más importantes de ubicación es un fácil acceso a transporte pesado y sin restricciones de horario, calles anchas y diseñadas para soportar el peso de la maquinaria con la que se trabaja. Esta empresa se ubica en el departamento de Guatemala, municipio de Villa Nueva, en donde según los propietarios se cumplen los requerimientos para el buen desempeño de las actividades.

1.2 Lubricación

La lubricación es la reducción de la fricción mediante el uso de una sustancia llamada lubricante.

1.2.1 Tipos de lubricación

El tipo de lubricación que cada sistema necesita se basa en la relación de los componentes en movimiento. Hay tres tipos básicos de lubricación: límite, hidrodinámica, y mezclada. Actualmente se habla de un cuarto tipo de lubricación: lubricación elasto-hidrodinámica. Para saber qué tipo de lubricación ocurre en cada caso, se necesita conocer algunas variables: la presión entre los componentes a ser lubricados, la velocidad relativa entre los componentes, la viscosidad del lubricante y otras.

1.2.1.1 Lubricación límite

Este tipo de lubricación ocurre a baja velocidad relativa entre los componentes y cuando no hay una capa completa de lubricante cubriendo las piezas. Cuando ocurre la lubricación límite, hay contacto físico entre las superficies y hay desgaste. La cantidad de desgaste y fricción entre las superficies depende de un número de variables: la calidad de las superficies en contacto, la distancia entre las superficies, la viscosidad del lubricante, la cantidad de lubricante presente, la presión, el esfuerzo impartido a las superficies, y la velocidad de movimiento.

Como ejemplo, la mayor cantidad de desgaste ocurre en el momento de la ignición del motor. Esto sucede debido a la baja lubricación límite, ya que el aceite se ha caído de las piezas al fondo del cárter, produciendo contacto de metal a metal. Una vez que arrancó el motor, una nueva capa de lubricante es establecida con la ayuda de la bomba de aceite a medida que los componentes adquieren velocidad de operación.

1.2.1.2 Lubricación hidrodinámica

En un determinado momento de velocidad crítica la lubricación límite desaparece y da lugar a la lubricación hidrodinámica. Esto sucede cuando las superficies están

completamente cubiertas con una película de lubricante. Esta condición existe una vez que una película de lubricante se mantiene entre los componentes y la presión del lubricante crea una ola de lubricante delante de la película que impide el contacto entre superficies. Bajo condiciones hidrodinámicas, no hay contacto físico entre los componentes y no hay desgaste. Si los motores pudieran funcionar bajo condiciones hidrodinámicas todo el tiempo, no habría necesidad de utilizar aditivos anti-desgaste y de alta presión en las fórmulas de lubricantes. Y el desgaste sería mínimo.

La propiedad que más afecta lubricación hidrodinámica es viscosidad. La viscosidad debe ser lo suficientemente alta para brindar lubricación (límitrofe) durante el arranque del motor con el mínimo de desgaste, pero la viscosidad también debe ser lo suficientemente baja para reducir al mínimo la "fricción viscosa" del aceite a medida que es bombeada entre los rulemanes y las bancadas, una vez que llega a convertirse en lubricación hidrodinámica. Una de las reglas básicas de lubricación es que la menor cantidad de fricción innecesaria va a ocurrir con el lubricante de menor viscosidad posible para cada función específica. Esto ocurre ya que cuanto más baja la viscosidad, menos energía es desperdiciada bombeando el lubricante.

En otras palabras, la función de la lubricación hidrodinámica es mantener una capa de líquido intacta entre superficies que se mueven una respecto de la otra, se logra generalmente mediante el bombeo del aceite. Por ejemplo, entre un cigüeñal y su asiento existe una capa de aceite que hace que el cigüeñal flote. El espesor de esta capa depende de un balance entre la entrada y la salida de aceite.

El espesor de equilibrio de la capa de aceite se puede alterar por:

- Incremento de la carga, que expulsa aceite.
- Incremento de la temperatura, que aumenta la pérdida de aceite.
- Cambio a un aceite de menor viscosidad, que también aumenta la pérdida de aceite.
- Reducción de la velocidad de bombeo, que disminuye el espesor de la capa.

La lubricación de un cigüeñal que rota dentro de su bancada es un ejemplo clásico de la teoría de la fricción hidrodinámica, como fue descrita por Osborne Reynolds en 1886. La teoría asume que bajo estas condiciones, la fricción ocurre solamente dentro de la capa fluida, y que es función de la viscosidad del fluido.

1.2.1.3 Lubricación mezclada

Este tipo de lubricación, es una mezcla inestable de lubricación limítrofe e hidrodinámica. Por ejemplo, en el momento de la ignición del motor (o cuando arranca un componente), la velocidad de los componentes aumenta velozmente y por una pequeña fracción de segundo se produce lubricación mezclada. En otras situaciones, cuando el esfuerzo y la velocidad de los componentes varía ampliamente durante el uso (durante manejo en montaña o en tráfico, por ejemplo) la temperatura puede hacer que el lubricante se "queme" más rápido y que así la lubricación hidrodinámica sea difícil de adquirir (ya que el lubricante ha perdido el beneficio de ciertos aditivos que se "quemaron"), dejando así el motor trabajando en una condición de lubricación mezclada, que producirá más desgaste.

1.2.1.4 Lubricación elato-hidrodinámica

El concepto de lubricación elasto-hidrodinámica, se usa solamente en aplicaciones de muy alta tecnología. A medida que la presión o la carga se incrementan, la viscosidad del aceite también aumenta. Cuando el lubricante converge hacia la zona de contacto, las dos superficies se deforman elásticamente debido a la presión del lubricante. En la zona de contacto, la presión hidrodinámica desarrollada en el lubricante, causa un incremento adicional en la viscosidad que es suficiente para separar las superficies en el borde de ataque del área de contacto. Debido a esta alta viscosidad y al corto tiempo requerido para que el lubricante atraviese la zona de contacto, hacen que el aceite no pueda escapar, y las superficies permanecen separadas. La carga tiene un pequeño efecto en el espesor de la capa, debido a que a estas presiones, la capa de aceite es más rígida que las superficies metálicas. Por lo tanto, el efecto principal de un incremento en la carga es deformar las superficies metálicas e incrementar el área de contacto, antes que disminuir el espesor de la capa de lubricante.

1.3 Lubricantes

Algunas de las propiedades necesarias más importantes para el desempeño satisfactorio de un lubricante son:

- a) Baja volatilidad en condiciones de operación. Las características de volatilidad son inherentes a la elección del aceite de base para un tipo particular de servicio, y no pueden ser mejoradas por el uso de aditivos.
- b) Características de flujo satisfactorias en el rango de temperatura a usar. Estas características dependen grandemente de la elección del aceite base; sin embargo se pueden mejorar mediante el uso de depresores del punto de escurrimiento y modificadores de viscosidad. Los primeros mejoran las características de fluencia a bajas temperaturas, mientras que los últimos lo hacen con la viscosidad a alta temperatura.
- c) Estabilidad superior o habilidad para mantener características deseables por un período razonable de uso. Mientras estas características dependen en un mayor grado del aceite de base, se asocian primordialmente con el agregado de aditivos, que mejoran las propiedades del aceite base en esta área.

La estabilidad de los lubricantes es afectada por el ambiente en el cual opera. Tales factores como la temperatura, potencial de oxidación y contaminación con agua, combustible no quemado, o ácidos corrosivos, limitan la vida útil del lubricante. Esta es el área donde los aditivos han hecho su mayor contribución en la mejora de las características del comportamiento y en extender la vida útil de los lubricantes.

- d) Compatibilidad con otros materiales del sistema. La compatibilidad de los lubricantes con sellos, rodamientos, embragues, etc., puede ser también parcialmente asociada con el aceite base. Sin embargo, los aditivos químicos pueden tener una mayor influencia en tales características.

1.3.1 Clasificación de los lubricantes

Existen diferentes formas para clasificar los lubricantes; según su origen, estado físico y algunas otras. A continuación se describen las más importantes.

1.3.1.1 Clasificación según su origen

Los aceites lubricantes se pueden clasificar según su origen como:

- a) **Aceites animales:** los aceites de origen animal.

- b) **Aceites minerales:** los aceites minerales proceden del petróleo, y son elaborados del mismo después de múltiples procesos en sus plantas de producción, en las refinarias. El petróleo bruto tiene diferentes componentes que lo hace indicado para distintos tipos de producto final, siendo el más adecuado para obtener aceites, el crudo parafínico.

- c) **Aceites vegetales:** los aceites de origen vegetal.

- d) **Aceites sintéticos:** estos no tienen origen directo del crudo o petróleo, sino son creados de subproductos petrolíferos combinados en procesos de laboratorio. Al ser más larga y compleja su elaboración, resultan más caros que los aceites minerales y aseguran un mejor comportamiento de trabajo bajo condiciones extremas.

A su vez, los aceites sintéticos, se pueden clasificar en:

- Oligomeros olefínicos
- Esteres orgánico
- Poliglicoles
- Fosfato esterres

1.3.1.2 Clasificación según su estado físico

Según su estado físico, los aceites se pueden clasificar en:

- Líquidos
- Intermedios
- Sólidos
- Gaseosos

1.3.1.3 Clasificación de los aceites lubricantes

En general, los aceites lubricantes han sido clasificados bajo dos criterios:

- Según la calidad que proporciona el balance de sus aditivos.
- Según su viscosidad.

Para establecer un sistema de clasificación según la calidad, la API ha diseñado una nomenclatura según el tipo de motor al que se le va a aplicar el lubricante.

De esta forma, para motores que trabajan a gasolina, se estableció la letra "S" para relacionar con el principio de ignición por chispa que se utiliza en este tipo de motores, seguida de las letras "A" hasta la "L" para representar la evolución en orden alfabético de los grados de clasificación que se han desarrollado en forma sucesiva, siendo mayores los requerimientos por calidad a medida que progresa la letra del alfabeto. En la tabla II, se ilustra la evolución de la clasificación API de los aceites para motores a gasolina.

Tabla II. **Clasificación API de aceites para motores a gasolina**

Nivel de calidad	Periodo de validez
SA	antes de 1950
SB	1950 . 1960
SC	1960 . 1964
SD	1965 . 1970
SE	1971 . 1980
SF	1981 . 1987
SG	1988 . 1992
SH	1993 . 1996
SJ	1997 . 2000
SL	2001

Fuente: **Portal del mantenimiento industrial**, www.solomantenimiento.com

En cuanto a los aceites para motores diesel, la nomenclatura utiliza la letra "C" de la palabra en inglés **compresión** por tratarse de aceites para motores cuyo principio de ignición es por compresión y una letra en serie alfabética que representa la evolución del nivel de calidad. Esta evolución se ilustra en la tabla III.

Tabla III. **Clasificación API de aceites para motores diesel**

Nivel de calidad	Periodo de validez
CA	Antes de 1950
CB	1950 . 1952

CC	1952 . 1954
CD / CD-II	1955 . 1987
CE	1987 . 1992
CF / CF-2	1992 . 1994
CF-4	1992 . 1994
CG-4	1995 . 2000
CH-4	2001
CI-4	Actual

Fuente: **Portal del mantenimiento industrial**, www.solomantenimiento.com

La clasificación de los aceites según su viscosidad fue desarrollada por la SAE y se conoce mundialmente como la norma SAE J300. Esta clasificación define dos grupos de viscosidades: 6 grados de viscosidad a bajas temperatura o grados de invierno que están seguidos por la letra W por invierno en inglés y 5 grados de viscosidad de alta temperatura o grados de verano, que se identifican con un número solo, tal como se ilustra en la tabla IV y tabla V.

Tabla IV. Clasificación SAE de aceites según su viscosidad

Grado SAE	Viscosidad Cinemática cSt @ 100°C
0W	3,8
5W	3,8
10W	4,1

15W	5,6
20W	5,6
25W	9,3
20	5,6 a 9,3
30	9,3 a 12,5
40	12,5 a 16,3
50	16,3 a 21,9
60	21,9 a 26,1

Fuente: **Portal del mantenimiento industrial**, www.solomantenimiento.com

Tabla V. **Clasificación API para aceites de transmisiones manuales y ejes**

GL-1	Servicio liviana
GL-2	Condiciones más severas que GL-1
GL3	Servicio moderado
GL-4	Condiciones moderadas a severas
GL-5	Servicio severo (obsoleta)
GL-6	Condiciones más severas que GL-5

Fuente: **Citgo Petroleum Corporation**, www.citgo.com

1.3.2 Funciones de los aceites

Las funciones básicas de un lubricante son: reducción de la fricción, disipación del calor y dispersión de los contaminantes. El diseño de un lubricante para realizar estas funciones es una tarea compleja, que involucra un cuidadoso balance de propiedades, tanto del aceite de base como de los aditivos.

a) Reducción de la fricción

La reducción de la fricción se realiza manteniendo una película de lubricante entre las superficies que se mueven una con respecto de la otra, previniendo que entren en contacto y causen un daño superficial.

La fricción es un elemento común en la vida diaria. Una persona puede caminar por una rampa inclinada sin resbalar debido a la alta fricción entre la suela de sus zapatos y la rampa, y puede deslizarse montaña abajo en sus esquíes porque la fricción entre éstos y la nieve es baja. Ambos casos ilustran la fricción entre dos superficies ordinarias.

La cantidad de resistencia al movimiento debido a la fricción se puede expresar en términos del coeficiente de fricción:

$$\text{Coeficiente de fricción} = \frac{\text{Fuerza de fricción que se opone al movimiento}}{\text{Carga perpendicular a la superficie}} \quad (\text{Ecuación 1-1})$$

Este coeficiente es casi constante para cualquier par de superficies. Para metales limpios, con una terminación superficial ordinaria, expuestos a la atmósfera, el valor es aproximadamente 1. Para el mismo metal, contaminado por el manipuleo, el valor cae a

alrededor de 0,3. Para sistemas bien diseñados y lubricados, el coeficiente puede ser tan bajo como 0,005. Bajo condiciones muy especiales, se pueden obtener valores tan bajos como 0,000005. En contraste, los coeficientes para superficies metálicas limpias en el vacío, pueden ser tan altos como 200 ó más, y la soldadura en frío debido a la adhesión puede ocurrir. La lubricación es de dos tipos generales basado en el ambiente operacional, esto es, carga y velocidad del equipamiento y viscosidad del lubricante. Las superficies lisas separadas por una capa de lubricante no entran en contacto, y por lo tanto no contribuyen a las fuerzas de fricción. Esta condición se llama lubricación hidrodinámica. Se llega al límite de la lubricación cuando hay un contacto intermitente entre las superficies, resultando en fuerzas de fricción significativas.

b) Intercambio de calor

Una importante función de un lubricante es actuar como un enfriador, removiendo el calor generado por la fricción o por otras fuentes, tales como la combustión o el contacto con sustancias a alta temperatura. Para realizar esta función, el lubricante debe permanecer relativamente sin cambios.

Los cambios en la estabilidad térmica y estabilidad a la oxidación harán disminuir la eficiencia del lubricante. Para resolver estos problemas generalmente se agregan los aditivos.

c) Suspensión de contaminantes

La habilidad de un lubricante para permanecer efectivo en la presencia de contaminantes es bastante importante. Entre estos se cuentan agua, productos ácidos de la combustión y materia particulada. Los aditivos son generalmente la respuesta para minimizar los efectos adversos de los contaminantes.

1.3.3 Propiedades de los aceites

Se listan a continuación algunas de las propiedades de los aceites.

1.3.3.1 Viscosidad

La viscosidad de un fluido puede definirse desde el punto de vista práctico como su resistencia a fluir, es por tanto una medida de su fricción interna. La viscosidad determina la capacidad del lubricante para formar una película que separe las superficies metálicas en movimiento relativo.

Existen dos tipos de viscosidad: absoluta o dinámica y cinemática. La primera es la viscosidad que se definió inicialmente, mientras que la viscosidad cinemática es la relación entre la viscosidad absoluta de un aceite y su densidad, a la temperatura a la cual se efectúa la determinación de la viscosidad. Ésta es la que se utiliza comúnmente para la clasificación de los aceites lubricantes. La unidad de medida de la viscosidad cinemática es el *store* ($1 \text{ cm}^2/\text{s}$). La viscosidad de un fluido resulta ser función de la temperatura. En los líquidos, la viscosidad disminuye al aumentar la temperatura y aumenta al disminuir la temperatura. La variación de presión no provoca cambios apreciables.

La viscosidad absoluta de los gases aumenta al aumentar la temperatura. En el caso de aceites lubricantes nos referimos específicamente a las propiedades de los líquidos como fluidos newtonianos, es decir, que los esfuerzos cortantes en el fluido son proporcionales a las velocidades de deformación tangenciales.

1.3.3.2 Índice de viscosidad

Es una medida que expresa la cantidad de cambio de viscosidad con respecto a la temperatura. Un índice de viscosidad alto resulta ser mayor que 100, e indica poca variación de la viscosidad debida a los cambios de temperatura. Aceites con índice de viscosidad bajos (menores de 100), experimentan una mayor variación de la viscosidad en relación a la temperatura.

1.3.3.3 Densidad

La densidad es la masa por unidad de volumen.

1.3.3.4 Tensión superficial

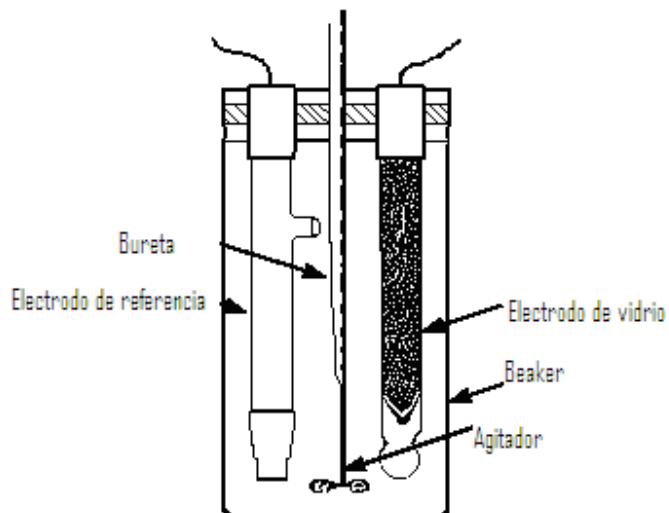
La tensión superficial es una fuerza que, como su nombre lo indica, produce efectos de tensión en la superficie de los líquidos, allí donde el fluido entra en contacto con otro fluido no miscible, particularmente un líquido con un gas o con un contorno sólido. Es una fuerza de cohesión molecular en un líquido y explica la formación de gotas en un líquido.

1.3.3.5 Punto de inflamación o chispa

Esta característica es la que limita la temperatura máxima de trabajo de un aceite. Es la temperatura a la cual los vapores desprendidos por el aceite se inflaman momentáneamente al contacto con una llama.

Esta propiedad es de mucha importancia en aceites de motor usados, debido a que la presencia de combustible en el aceite baja es punto de chispa, se ilustra en la figura 1.

Figura 1. **Determinación del punto de inflamación de un lubricante**



Fuente: **Citgo Petroleum Corporation**, www.citgo.com

1.3.3.6 Punto de ignición

Es la temperatura a la cual los vapores desprendidos por el aceite permanecen inflamados al contacto con una llama. Esta temperatura es aproximadamente de 20^oC a 25^oC mayor que la del punto de chispa.

1.3.3.7 Punto de fluidez

Es una característica importante en aceites que van a trabajar en bajas temperaturas, pues este punto representa la temperatura más baja a la cual el lubricante fluye libremente, es decir, la temperatura hasta la cual puede enfriarse un aceite sin que deje de fluir.

1.3.3.8 Gravedad específica

Se define como la densidad del aceite a 60^oF, dividida entre la densidad del agua a los mismos 60^oF. La gravedad específica de un aceite tiene poca incidencia sobre su función lubricante, pero se utiliza en cálculos de viscosidad durante la formulación.

1.3.3.9 Color

Esta característica del aceite da una pauta cualitativa de su estado. Sin embargo, no debe considerarse separadamente como elemento de juicio.

1.3.3.10 Demulsibilidad

La capacidad que tiene un aceite de separarse del agua es lo que se llama demulsibilidad. El valor de demulsibilidad toma importancia para aceites en contacto con agua o vapor. En la industria del petróleo, el término emulsión se aplica a la emulsión del aceite en agua.

1.3.3.11 Oleosidad

La propiedad del aceite de adherirse a superficies. La oleosidad y viscosidad no tienen relación alguna. No se dispone de una medida cuantitativa.

1.3.4 Aditivos para aceites

Los aditivos se pueden clasificar como materiales que imparten nuevas propiedades o mejoran las existentes del lubricante o combustible dentro de los cuales se incorporan. A continuación se presenta una revisión de los aspectos químicos y funcionales. Se resume en la tabla VI.

Tabla VI. Tipos de aditivos para lubricantes

Detergentes (Dispersantes metálicos)	Salicilatos Sulfonatos Fenatos Sulfofenatos
Dispersantes libres de cenizas	Cadenas largas de alqueniil succinamidas N-sustituídas Esteres y poliésteres de alto peso molecular Sales de amonio de ácidos orgánicos de alto peso molecular Bases de <i>Mannich</i> derivadas de fenoles alquilados de alto peso molecular. *Copolímeros de derivados de ácidos acrílicos o metacrílicos que contienen grupos polares, tales como aminas, amidas, iminas, imidas, hidróxilo, éter, etc. *Copolímeros de etileno.
Inhibidores de oxidación y corrosión de rodamientos	Fosfitos orgánicos Ditiocarbamatos metálicos Olefinas sulfuradas Ditiofosfatos de zinc
Antioxidantes	Compuestos fenólicos Compuestos aromáticos nitrogenado Terpenos fosfosulfurados
Modificadores de viscosidad	Polimetacrilatos Copolímeros de etileno - propileno Copolímeros de estireno - dienos Copolímeros de estireno . éster
Aditivos antidesgaste	Fosfitos orgánicos

	<p>Olefinas sulfuradas</p> <p>Ditiofosfatos de zinc</p> <p>Compuestos alcalinos como neutralizadores de ácidos</p>
Depresores del punto de escurrimiento	<p>Naftalenos alquilados con ceras</p> <p>Polimetacrilatos</p> <p>Fenoles alquilados con ceras</p> <p>Copolímeros de ésteres de acetato de vinilo/ácido fumárico</p> <p>Copolímeros de acetato de vinilo/éter vinílico</p> <p>Copolímeros de estireno - éster</p>

*También son modificadores de viscosidad

Fuente: **Citgo Petroleum Corporation**, www.citgo.com

1.3.4.1 Detergentes

Los materiales de este tipo son generalmente moléculas que tienen una larga "cola" hidrocarbonada y un extremo polar. La sección de la "cola" (un grupo oleofílico), sirve como solubilizante en el fluido de base, mientras que el grupo polar es atraído por los contaminantes en el lubricante.

Aunque estos compuestos se llaman comúnmente detergentes, su función parece ser la de dispersar la materia particulada, antes que la limpieza de la suciedad. Por lo tanto, es más apropiado categorizarlos como dispersantes.

1.3.4.2 Dispersantes

Un gran desarrollo en el campo de los aditivos fue el descubrimiento de los dispersantes sin cenizas. Estos materiales se pueden categorizar en dos grandes tipos: dispersantes poliméricos de alto peso molecular usados para formular aceites multigrado y aditivos de bajo peso molecular que se usan cuando no es necesaria una modificación de la viscosidad. Estos aditivos son mucho más efectivos que los tipos metálicos para controlar los depósitos de barros y barnices que resultan de una operación intermitente a baja temperatura de motores de gasolina.

Los compuestos útiles para este propósito se caracterizan por un grupo polar ligado a una cadena hidrocarbonada de un relativo alto peso molecular. El grupo polar generalmente contiene uno o más de los siguientes elementos: nitrógeno, oxígeno y fósforo.

Las cadenas solubilizantes son generalmente de un peso molecular mayor que las utilizadas en los detergentes; sin embargo, en algunos casos son bastante similares.

1.3.4.3 Dispersantes poliméricos

Estos dispersantes sin cenizas pueden servir para la función dual de dispersante y modificador de viscosidad. Tienen dos características estructurales diferentes: aquellas que son similares a los materiales empleados como modificadores de viscosidad y aquellas de los compuestos polares (que imparten propiedades dispersivas).

1.3.4.4 Inhibidores de oxidación y corrosión

La función de un inhibidor de oxidación es prevenir el deterioro del lubricante, asociado con el ataque del oxígeno.

Estos inhibidores destruyen los radicales libres (rompedores de cadena) o interactúan con los peróxidos involucrados en el mecanismo de oxidación.

Entre los antioxidantes más ampliamente usados están los de tipo fenólico y los ditiofosfatos de zinc. A los primeros se los considera como rompedores de cadena, mientras que los últimos se piensa que son destructores de peróxidos.

La corrosión de los metales de los cojinetes se considera generalmente que se debe principalmente a la reacción de los ácidos con los óxidos de los metales de los cojinetes. Durante la operación del motor, estos ácidos se originan por productos de la combustión incompleta del combustible, o por la oxidación del lubricante. Los inhibidores de oxidación pueden reducir esta tendencia significativamente.

Los detergentes pueden reducir la corrosión de los cojinetes neutralizando los ácidos corrosivos. Otros inhibidores tales como el ditiofosfato de zinc y las olefinas fosfosulfuradas no sólo inhiben la oxidación sino que forman una capa protectora sobre la superficie de los cojinetes, haciéndoles impenetrables al ataque de los ácidos.

1.3.4.5 Aditivos antidesgaste

El desgaste es la pérdida de metal con el subsiguiente cambio en la luz entre las superficies móviles. Si continúa, resultará en un mal funcionamiento del equipo. Entre los principales factores causantes de desgaste están el contacto metal-metal, presencia de abrasivos, y ataque de ácidos corrosivos.

El contacto metal-metal puede ser prevenido adicionando compuestos formadores de capas que protejan la superficie, bien por absorción física o por reacción química.

Los ditiofosfatos de zinc se usan ampliamente para este propósito y son particularmente efectivos para reducir el desgaste en los árboles de levas. Otros aditivos contienen fósforo, azufre, o combinaciones de estos elementos.

El desgaste por abrasión se puede prevenir por la remoción de las partículas por filtración del aire que entra al motor, y del aceite.

El desgaste por corrosión resulta principalmente de los compuestos ácidos formados por la combustión. Este tipo de desgaste se puede prevenir usando aditivos alcalinos tales como fenatos básicos y sulfonatos.

1.3.4.6 Modificadores de viscosidad

Los modificadores de viscosidad o mejoradores del índice de viscosidad, como fueron conocidos en principio, comprenden una clase de materiales que mejoran las características de viscosidad/temperatura del lubricante. Esta modificación de las propiedades reológicas resulta en un incremento de la viscosidad a todas las temperaturas. El incremento en la viscosidad es más pronunciado a altas temperaturas, lo cual mejora sensiblemente el índice de viscosidad del lubricante.

Los modificadores de viscosidad son generalmente polímeros orgánicos solubles en aceite con pesos moleculares en el rango de 10.000 a 1.000.000. La molécula del polímero en solución es "hinchada" por el lubricante, y el volumen de la molécula así "hinchada" determina el grado al cual el polímero incrementa la viscosidad. Cuanto más alta la temperatura, más grande es el volumen y más grande el efecto "espesante" del polímero.

Además de la mejora en la viscosidad, del comportamiento de estos polímeros también depende la estabilidad de la resistencia al corte y la estabilidad química y térmica.

Con un sistema dado de polímeros, la estabilidad al corte disminuye con el aumento del peso molecular. La pérdida debida al corte se refleja en una pérdida de la viscosidad del lubricante.

Por otra parte, el "poder espesante" del modificador de viscosidad aumenta con un incremento en el peso molecular, para un tipo dado de polímero. Se debe establecer un balance que tenga en cuenta la estabilidad al corte y las necesidades de viscosidad, al igual que la estabilidad térmica y a la oxidación durante las condiciones actuales de operación de la máquina.

1.3.4.7 Depresores del punto de fluencia

Los depresores del punto de fluencia previenen la congelación del aceite a bajas temperaturas. Este fenómeno se asocia con la cristalización de las ceras de parafina que están presentes en las fracciones de aceite mineral. Para lograr bajos puntos de fluencia, las refinerías eliminan los constituyentes que contienen ceras, los cuales solidifican a temperaturas relativamente altas, mediante un proceso conocido como "descerado". El descerado completo podría reducir el rendimiento del aceite a un nivel no económico. Por lo tanto, el proceso de descerado se suplementa usando aditivos que bajan el punto de fluencia del aceite.

1.3.4.8 Aditivos varios

Esta categoría incluye compuestos antioxidantes e inhibidores de espuma. Los productos químicos empleados como antioxidantes incluyen sulfonatos, imidazolinas sustituidas, aminas, etc.

Una considerable cantidad de información de estos aditivos se puede obtener de las patentes de los productos. Los agentes antiespumantes incluyen siliconas y varios copolímeros orgánicos.

1.3.5 Contaminantes típicos en los aceites

Entre los contaminantes encontrados en las muestras de aceite usado, los más comunes son:

1.3.5.1 Silicio (tierra)

La cantidad de silicio leída por la computadora combina todos los elementos parecidos. Por eso es normal encontrar silicio en un motor nuevo o recién rectificado porque la computadora lee como "silicio" la silicona que sale de nuevos retenes y selladores. También puede haber silicona en los aditivos del aceite como antiespumante.

Si podemos mantener el nivel de silicio debajo de 10 ppm en un auto o camión en 6,000 kilómetros de recorrido, entonces el motor tendrá poco desgaste y seguramente alcanzará una vida útil larga, ya que el desgaste de cilindros es directamente proporcional con la cantidad de silicio que ingresa.

Un alto contenido de silicio requiere una revisión completa del sistema de entrada de aire. La causa principal de desgaste en los motores es el inadecuado soplado de filtros de aire, ya sea cuando no es necesario o con alta presión de aire comprimido. Un filtro sencillo nunca debe ser soplado ni golpeado para limpiarlo, sino ser cambiado.

Cuando el vehículo tiene un filtro doble (algunos camiones, tractores y vehículos pequeños), el filtro exterior puede ser soplado hasta 5 veces con 30 psi de aire comprimido, de adentro hacia afuera. Si alguna vez se ve tierra en el filtro interior hay que cambiar ambos filtros.

1.3.5.2 Agua

El agua causa herrumbre y aumenta el potencial corrosivo de los ácidos. También reacciona con ciertos aditivos para formar productos agresivos. El agua también actúa como catalizador para promover oxidación en la presencia de metales como hierro, cobre y plomo. Cuando hay agua libre en el cárter, pueden crearse micro-organismos que se comen el aceite, formando ácidos que causan oxidación y obstruyen el filtro.

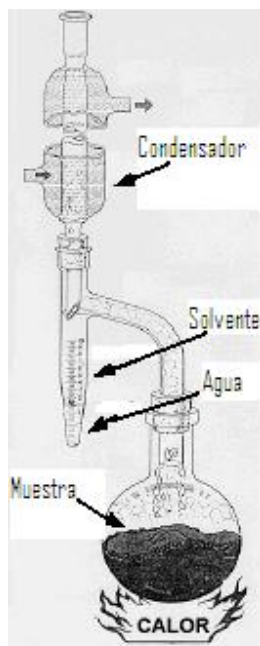
El agua reduce la película lubricante e interfiere con la lubricación dejando las piezas susceptibles al desgaste abrasivo, adhesivo y fatiga. En áreas de presión las gotas de agua colapsan causando cavitación. Esta cavitación se ve como corrosión o picado de la superficie donde hay diferencias

de presiones. Las burbujas de agua o aire en caso de espuma por exceso de aceite en el cárter llegan al punto de presión e implosión, causando grietas pequeñas o puntos microscópicos en la superficie.

Cada vez que implosiona otra burbuja en el mismo lugar se agranda este punto.

El agua ingresa por los respiraderos, retenes y el sistema de enfriamiento. También se acumula mediante la condensación (humedad en el motor cuando se enfría). La determinación de contaminación por agua se ilustra en la figura 2.

Figura 2. **Determinación de la contaminación por agua**



Fuente: **Citgo Petroleum Corporation**, www.citgo.com

1.3.5.3 Sodio

Si la muestra fue tomada con el motor caliente, cualquier ingreso de agua normalmente debería haberse evaporado y solo dejar residuos de sus minerales. En algunos casos el sodio puede entrar con la humedad del aire al motor, pero generalmente es un residuo de agua. Esta agua puede haber entrado por una empaquetadura de culata, camisa o bloque perforado o simplemente por lavado del motor con agua a alta presión. De todas maneras, siempre hay que controlar este contaminante.

Si el sodio no esta entrando por el sistema de refrigeración, hay que revisar los procedimientos de mantenimiento y lavado. Muchas veces se encuentra el uso de agua a presión para lavar el motor y una tapa sin arandela de sello. A veces entra por donde se mide el aceite.

El sodio también puede estar presente en la gasolina.

1.3.5.4 Potasio

La contaminación por potasio es similar a lo que ocurre con el sodio, pero en menor cantidad.

1.3.5.5 Aluminio

El aluminio aparece en el análisis por varias causas. Una parte de esto puede ser desgaste. La otra parte viene del aire contaminado con tierra que se introduce en el motor. La tierra y polvo que respira el motor contiene un porcentaje de aluminio que varía entre 0.29% a 0.33%.

Esto quiere decir que por cada 10 p.p.m. de tierra que se observa en el análisis, se debe tener cerca de 3 p.p.m. de aluminio por la tierra. Si la muestra tiene 10 p.p.m. de silicio y 5 p.p.m. de aluminio, 2 p.p.m. serán provenientes del desgaste. La contaminación de aluminio se evita controlando el ingreso de silicio.

1.4 Alquiler de grúas industriales

Las grúas industriales tienen un gran número de aplicaciones, para cada grupo de aplicaciones y según los requerimientos existen varios tipos, entre los trabajos más comunes están:

- Introducción y desalojo de equipos en lugares de difícil acceso: fábricas de productos alimenticios, fábricas de plásticos, fábricas de bebidas gaseosas, plantas de cemento, ingenios azucareros, plantas de generación eléctrica.
- Montaje de pre-fabricados.
- Montaje de estructuras metálicas.
- Montaje de vallas publicitarias.
- Elevación e izaje de equipos y materiales en general.
- Elevación e izaje de equipos con sobre peso y sobre dimensiones.
- Demoliciones.
- Perforaciones para explosivos.
- Perforaciones para anclajes
- Dragados.

1.5 Descripción de modelos de grúas industriales a estudiar

a) Grúa Grove Crane Modelo RT65S:

Capaz de cargar hasta 35 toneladas, pluma retrancada de carga con un radio máximo de 3 mts, motor Cummins N14, transmisión de seis velocidades con tracción en las cuatro ruedas. Con un peso total de 67,250 Lbs.

Largo: 7.41 mts

Alto: 2.83 mts.

Ancho: 3.31 mts.

b) Grúa P y H modelo T 750:

Capaz de cargar hasta 150,000 lbs, pluma retrancada de carga con un radio máximo de 3.5 mts. Y un largo máximo de la pluma de 33.53 mts. Motor Cummins N 14.

Ancho: 3.02 mts.

Largo: 12.47 mts.

Alto: 3.65 mts.

2 SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Lubricante actual de cada componente lubricado

Se resumen en la tabla VII los lubricantes que se están utilizando actualmente en la empresa para cada componente lubricado.

Tabla VII. **Lubricantes utilizados en cada componente de las grúas**

Motor de grúa	Esso Lube SAE 15W-40
Motor de camión	Esso Lube SAE 15W-40
Transmisiones mecánicas	Esso <i>Gear Oil GX 85W-140</i>
Transmisiones automáticas	<i>Automatic Transmission Fluid ATF Dexron III/Mercon</i>
Sistemas de dirección hidráulica	<i>Automatic Transmission Fluid ATF Dexron III/Mercon</i>
Sistemas hidráulicos	Hidráulico <i>Teresstic ISO 68</i>
Sistemas de enfriamiento	<i>Refrigerante Loctite</i>
Engrase de chasis y cojinetes	Grasa Texaco Multifak EP No. 2

2.2 Intervalos de cambio de lubricantes

Se ha determinado que actualmente existe un control muy vago sobre la realización de los servicios a la maquinaria, existe un cuaderno en donde se registra la fecha, la máquina, el horómetro, y el tipo de reparación.

Al analizar las anotaciones se puede observar que no se tiene información precisa sobre el tipo de reparación o servicio, ya que en la columna de reparación sólo aparecen anotaciones como %servicio+, %varias reparaciones+, %cambio de hules+, etc. Lo cual no da la seguridad para establecer un récord sobre las reparaciones que se le han hecho a determinada máquina. En el momento en que se estudió la secuencia de las horas en que se hizo servicio a cada máquina, se encontraron valores negativos, es decir, que según las anotaciones, no coincide una secuencia lógica en muchos casos.

Se ha establecido como base 250 horas para cambio de aceites de motor, mas no existe actualmente un parámetro establecido para cambio de los demás lubricantes utilizados.

2.3 Análisis de aceite usado

Actualmente, no se practica ningún tipo de análisis de muestras de aceite usado a la maquinaria de la empresa, un análisis de aceite usado consiste en hacer diferentes tipos de pruebas a una muestra de aceite, con el objeto de visualizar algunos aspectos importantes tanto de la situación de funcionamiento de la máquina, como también del papel que está desempeñando el aceite dentro de la máquina.



2.3.1 Aspectos a evaluar en un análisis de aceite usado

En el análisis de aceite se evalúa la posibilidad de alargar intervalos de cambio de lubricante o la necesidad de acortar dichos intervalos, basado en parámetros ya establecidos y clasificados como niveles normales, anormales o críticos según el número de partículas de metales medidas en partes por millón (ppm) encontradas en la muestra de aceite, permite además visualizar la situación interna del motor para tomar acciones correctivas, puede servir como herramienta comparativa entre una situación y otra.

El propósito de un análisis de aceite es planificar el mantenimiento basado en condiciones. Algunas de las muestras analizadas solamente confirmarán que nuestro plan de mantenimiento es el adecuado, mientras que otras podrán indicar que podemos extender el intervalo entre cambios, problemas en el sistema básico de mantenimiento o condiciones específicas que requieren atención, un alto nivel en el silicio puede significar la necesidad de un cambio del filtro de aire o un arreglo al sistema de entrada de aire; un alto nivel de agua, sodio, potasio puede significar la necesidad de un arreglo al sistema de enfriamiento; etc.

Para la correcta toma de decisiones, existe un criterio generalizado para todos los tipos de motores, en el cual se dan rangos normales, anormales y

críticos de los diferentes elementos que se analizan en un laboratorio de aceite usado y se resumen en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Límites condenatorios**

Elemento	Satisfactorio	Anormal	Crítico	Posible Causa
Aluminio	<10	10 . 15	> 15	Pistones
Cromo	<6	6 . 10	> 10	Anillos
Cobre	<17	17 . 30	> 30	Enfriador o chumaceras Cilindros/camisas del piston
Hierro	<70	70 . 150	> 150	Chumaceras
Plomo	<26	26 . 39	> 39	Anticongelante
Potasio	<17	17 . 99	> 99	Polvo, suciedad
Silicon	<21	21 . 30	> 30	Anticongelante
Sodio	<26	26 . 110	> 110	Inyectores
Hollín	<3.5	3.5 - 5.0	> 5.0	Oxidación
TAN	<5.7	5.7 - 6.5	> 6.5	Aceite de transmisión
Bario	<21	21 . 100	>100	

Fuente: **Citgo Petroleum Corporation**, www.citgo.com

2.3.1.1 Distintas pruebas que se hacen a las muestras de aceite

Pueden existir muchas pruebas especiales de laboratorio para analizar muestras de aceite usado, pero las más utilizadas y representativas son las siguientes:

2.3.1.1.1 Análisis de viscosidad

La viscosidad del aceite de motor se mide a 100°C y debería mantenerse dentro de los rangos establecidos por el API para el grado utilizado. Un SAE 40 o un SAE 15W-40 debería mantenerse entre 12.5 cSt y 16.3 cSt a 100°C. Variaciones dentro de este rango no son significativas. En la figura 3 se muestra la determinación de viscosidad cinemática de lubricantes. Para los valores de otras viscosidades ver la tabla SAE J300. La pérdida de viscosidad causará mayor desgaste de cojinetes (plomo, estaño, bronce) por falta de lubricación hidrodinámica. El aumento de viscosidad puede causar mayor desgaste de anillos y alta presión de aceite que puede abrir la válvula de alivio de presión del filtro de aceite y pasar aceite sucio al motor.

Figura 3. **Determinación de viscosidad cinemática de lubricantes**



Fuente: **Citgo Petroleum Corporation**, www.citgo.com

2.3.1.1.2 **Análisis de agua Kart Fischer**

Determinación de contaminación con agua a nivel de trazas en aceites que no permiten este tipo de variables en porcentajes mayores al 0,05%. Prueba ASTM D492.

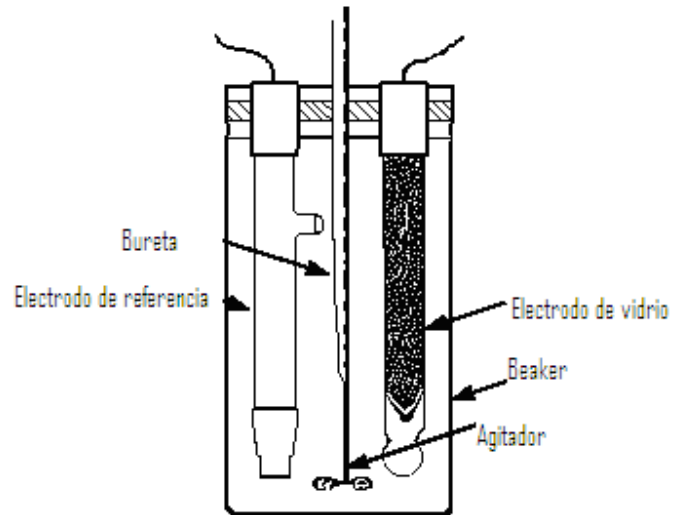
2.3.1.1.3 Análisis de acidez total (TAN)

La acidez y alcalinidad en los lubricantes se expresa a través de sus números de neutralización. El TAN es la medida de la cantidad total de ácidos presentes en el lubricante. Generalmente un incremento de TAN indica una oxidación o contaminación del aceite por productos ácidos. Los resultados son expresados en valores numéricos correspondientes a la cantidad de hidróxido de potasio requerido para la neutralización de los ácidos formados en un gramo de aceite. Prueba ASTM D664.

2.3.1.1.4 Análisis base total (TBN)

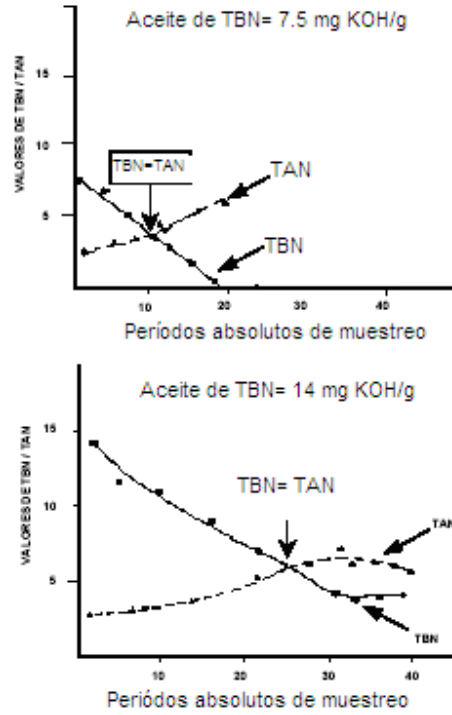
Medida de la cantidad total de compuestos básicos presentes en el lubricante. Muchos compuestos empleados como aditivos de aceites de motor contienen compuestos alcalinos, para neutralizar la formación de ácidos que se producen durante la combustión. Generalmente un alto TBN indica una buena protección del motor y una pérdida de TBN está asociada con una menor protección para la neutralización de los ácidos formados. Prueba ASTM D2896. En la figura 4 se muestra una celda para la determinación de números de neutralización.

Figura 4. **Celda para determinación de números de neutralización con detección potenciométrica**



Fuente: **Citgo Petroleum Corporation**, www.citgo.com

Figura 5. **Determinación de valores condensorios de aceites usados según la igualdad de TAN y TBN**



Fuente: **CITGO Petroleum Corporation**, www.citgo.com

2.3.1.1.5 Análisis de creptación

Determinación de la contaminación del lubricante con agua. Exceso de contaminación puede causar una pérdida de las propiedades de lubricación de los fluidos contaminados y corrosión/herrumbre del sistema lubricado.

2.3.1.1.6 Análisis espectrográfico

Monitoreo de 20 elementos metálicos asociados con el desgaste, contaminación del lubricante y paquete de aditivos empleados en su formulación. Metales de desgaste son principalmente: hierro, cobre, plomo, estaño, cromo, aluminio, plata, níquel, magnesio y vanadio. Todos los análisis de aceite de motor usado reportarán elementos de materiales de desgaste. Lo importante es minimizar ese desgaste a través un programa de mantenimiento proactivo. Contaminantes del lubricante: silicio, boro, aluminio, sodio, y plomo. Paquete de aditivos: fósforo, zinc, calcio, bario, boro, sodio, molibdeno, magnesio, y silicio.

Hay varios contaminantes que pueden aparecer en el aceite usado. Todos estos son dañinos y causarán desgaste. El análisis de aceite demuestra esta contaminación en partes por millón (ppm). Este ensayo es muy efectivo para la determinación de los elementos metálicos nombrados cuando el tamaño de partícula no es superior a 6 micrones, mientras en un alto porcentaje los filtros de aceite solamente retienen las partículas mayores de 10 micrones. Las partículas grandes causan el daño al entrar, rayando o lijando las camisas o el bloque. Después quedan atrapadas en el filtro de aceite. Las partículas menores continúan circulando y dañando cojinetes, bujes, válvulas con sus guías y asientos, anillos y camisas en cada paso por el motor. Prueba ASTM D5185.

2.3.1.1.7 Análisis de glicol

Ensayo para determinar la presencia de glicoles provenientes principalmente de los sistemas de refrigeración de los vehículos.

Una contaminación con glicoles provoca desgaste, corrosión y degradación del lubricante. Prueba ASTM D2982.

2.3.1.1.8 Análisis infrarrojo-FTIR

Ensayo que entrega información sobre: hollín sulfatos, oxidación, glicoles, agua, correlación total de productos de degradación.

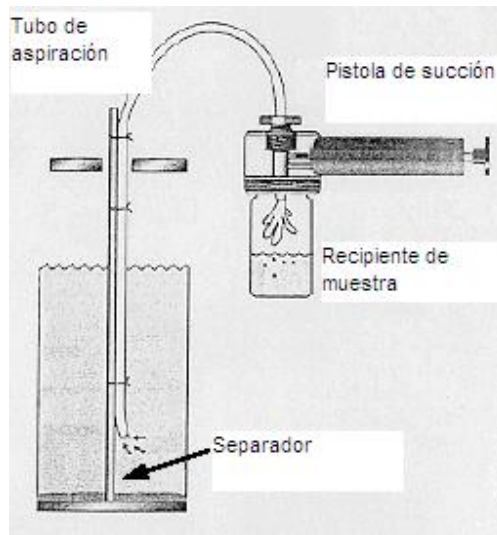
2.3.2 Herramientas necesarias para tomar una muestra

Para tomar una muestra de aceite usado, existen dos métodos, el más confiable, consiste en extraer la muestra de aceite del orificio donde se introduce la varilla de medición del nivel de aceite, para tomar la muestra por este método se requiere de la siguiente herramienta:

- Bomba de vacío, consiste en una pequeña bomba en la cual se enrosca el bote plástico que contendrá la muestra, la bomba succiona el aceite del motor por medio de la manguera hasta llevarlo al bote.
- Manguera plástica, debe ser de un cuarto de pulgada de diámetro, para que pueda entrar en el orificio de la bomba de vacío.
- Bote plástico, de aproximadamente una pulgada y media de diámetro para poder roscarlo en la bomba, debe estar completamente limpio ya que esto determinará la certeza en los resultados del análisis.
- Trapo para limpiar, siempre es bueno contar con un trapo para limpiar posibles derrames de aceite.
- Etiqueta para identificar la muestra, en esta se harán las anotaciones para diferenciar la muestra.
- Lapicero para hacer las anotaciones necesarias como lo son el kilometraje total o las horas totales de uso de la máquina; el kilometraje o las horas de uso del aceite; marca y modelo de la máquina; fecha de toma de la muestra.

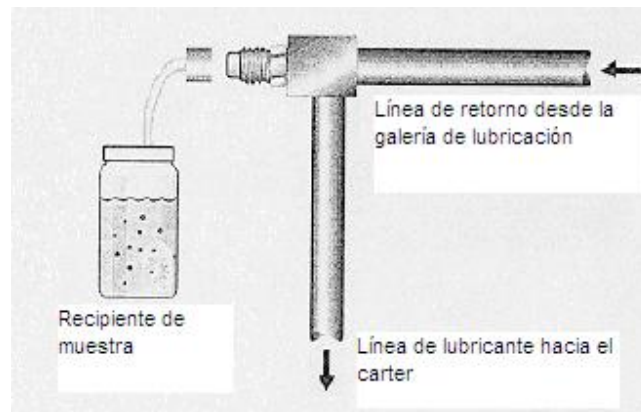
Otro método para tomar las muestras consiste en tomar la muestra del orificio del cárter, donde usualmente se saca el aceite para hacer el cambio. Para este método se requiere de toda la herramienta anterior, excepto de la bomba de vacío y la manguera que se ilustran en la figura 6.

Figura 6. **Herramientas para la toma de muestras de aceite**



Fuente: **Citgo Petroleum Corporation**, www.citgo.com

Figura 7. **Válvula localizada para muestreo de aceite usado**



Fuente: **Citgo Petroleum corporation**, www.citgo.com

2.3.3 Pasos para tomar correctamente una muestra de aceite usado

Con el propósito de que los resultados de la muestra sean lo más representativo posible, es decir, que a través de ellos se pueda visualizar la realidad de la situación interna de la máquina, es necesario tomar en cuenta algunos aspectos:

- Si la muestra a tomar es de un motor, se debe arrancar éste, durante un tiempo hasta que llegue a su temperatura normal de operación con el objeto de que todos los sedimentos sean arrastrados y dispersados en todo el aceite, para no tener el riesgo de tomar una muestra con más o con menos de los sedimentos o partículas sólidas que se encuentran adentro del motor.
- Luego de que el motor llegue a su temperatura normal de operación, se procede a sacar la varilla de medición del nivel de aceite, luego se corta un pedazo de manguera de aproximadamente 20 cm. más largo que la varilla, para que sea lo suficientemente largo para llegar al final del

conducto de medición y permita que la manguera pase por la bomba de vacío y se introduzca en el bote que contendrá la muestra.

- Enroscar el bote plástico en la bomba de vacío.
- Introducir la manguera en la bomba de vacío y apretarla.
- Introducir la manguera en el orificio de la varilla de medición del nivel de aceite.
- Mantener el bote plástico de la muestra en posición vertical, para evitar que se contamine la bomba con derrames de aceite.
- Succionar el aceite del motor con la bomba de vacío, hasta llenar por lo menos tres cuartas partes del bote plástico.
- Desenroscar el bote de la bomba y taparlo inmediatamente con su tapadera.
- Sacar la manguera plástica del motor.
- Sacar la manguera plástica de la bomba de vacío.
- Introducir la varilla de medición del nivel de aceite en el orificio del motor.
- Desechar la manguera usada.
- Identificar la muestra con todos los datos indicados en el apartado 2.3.2.

2.3.4 Riesgos al tomar una muestra de aceite usado

El principal riesgo al tomar una muestra de aceite usado es la contaminación de la muestra, ésta se puede dar en cualquier momento y es por eso que cualquier medida que se pueda tomar para evitar la contaminación es oportuna y ayudará a la certeza en los resultados. Otro riesgo es el manejo de la información de la muestra, se debe tener mucho cuidado al tomar los datos de la maquinaria y tener la seguridad de la certeza de los mismos, además identificar la muestra lo más pronto posible para evitar confusiones con otras muestras ya que esto alteraría la veracidad de los resultados.

2.4 Muestreo

Se ha determinado que los empleados no tienen conocimiento sobre lo que es una toma de muestras para el análisis de aceite, esto, consecuencia de que actualmente no se practica ningún tipo de análisis de laboratorio de aceite usado para la maquinaria de la empresa.

Para determinar la situación actual de la maquinaria y además determinar la factibilidad de un posible alargamiento en los intervalos de cambio, es necesario tomar y analizar una muestra de aceite de los principales componentes que estén sujetos a evaluación para el alargamiento del intervalo de cambio y además que haya sido utilizado por el número de horas propuestas para el nuevo intervalo de cambio.

CITGO PRODUCT TECHNOLOGY

LABORATORY REPORT

Sample Descrip: ESSO XLT-3 15W40 250 HRS.

Sample Source: GRUA GROVE 65TON

Sample Size: 4 OZ PLASTIC Date Sampled: n/a

<i>Test ID</i>	<i>Test Description</i>	<i>Result</i>
D1744-B	WATER (KF)	334.2ppm
D445-A	VISCOSITY, AUTO, ALL	
	cSt @ 40'C	56.15 cSt
	cSt @ 100'C	12.8 cSt



PDF Complete

Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

	VISC INDEX	141
D5185	<i>METALS BY ICP</i>	
	AG (silver)	0 ppm
	AL (aluminum)	1 ppm
	B (boron)	0 ppm
	BA (barium)	0 ppm
	CA (calcium)	1341 ppm
	CD (cadmium)	0 ppm
	CR (chromium)	2 ppm
	CU (copper)	14 ppm
	FE (iron)	62 ppm
	MG (magnesium)	143 ppm
	MO (molybdenum)	1 ppm
	NA (sodium)	5 ppm
	NI (nickel)	0 ppm
	P (phosphorus)	786 ppm
	PB (lead)	3 ppm
	SI (silicon)	13 ppm
	SN (tin)	9 ppm
	Z (zinc)	987 ppm
	S (sulfur)	6054 ppm
	K (potassium)	1 ppm
D664-A	TAN (mg KOH/g)	1.8 mg KOH/g
P050-A	WATER (HP)	pos
P126-A	SOOT BY INFRACAL	0.1 %
	<i>(end of report)</i>	

CITGO PRODUCT TECHNOLOGY

LABORATORY REPORT

Sample Descrip: ESSO XLT-3 15W40 275 HRS.

Sample Source: GRUA GROVE 65TON

Sample Size: 4 OZ PLASTIC Date Sampled: n/a

Test ID	Test Description	Result
D1744-B	WATER (KF)	397.9ppm
D445-A	VISCOSITY, AUTO, ALL	
	cSt @ 40'C	48.23 cSt
	cSt @ 100'C	11.4 cSt
	VISC INDEX	146
D5185	METALS BY ICP	
	AG (silver)	0 ppm
	AL (aluminum)	2 ppm
	B (boron)	0 ppm
	BA (barium)	1 ppm
	CA (calcium)	1423 ppm
	CD (cadmium)	0 ppm
	CR (chromium)	4 ppm
	CU (copper)	17 ppm
	FE (iron)	68 ppm
	MG (magnesium)	187 ppm
	MO (molybdenum)	1 ppm
	NA (sodium)	6 ppm
	NI (nickel)	0 ppm
	P (phosphorus)	854 ppm
	PB (lead)	5 ppm
	SI (silicon)	18 ppm
	SN (tin)	10 ppm
	Z (zinc)	1001 ppm
	S (sulfur)	6102 ppm
	K (potassium)	1 ppm
D664-A	TAN (mg KOH/g)	2.3 mg KOH/g



PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

P050-A WATER (HP)

pos

P126-A SOOT BY INFRACAL

0.3 %

(end of report)

CITGO PRODUCT TECHNOLOGY

LABORATORY REPORT 1.3

Sample Descrip: ESSO XLT-3 15W40 300 HRS.

Sample Source: GRUA GROVE 65TON

Sample Size: 4 OZ PLASTIC Date Sampled: n/a

Test ID	Test Description	Result
D1744-B	WATER (KF)	462.8ppm
D445-A	VISCOSITY, AUTO, ALL	
	cSt @ 40'C	41.13 cSt
	cSt @ 100'C	7.54 cSt
	VISC INDEX	153
D5185	METALS BY ICP	
	AG (silver)	0 ppm
	AL (aluminum)	4 ppm
	B (boron)	0 ppm
	BA (barium)	1 ppm
	CA (calcium)	1886 ppm
	CD (cadmium)	0 ppm
	CR (chromium)	7 ppm
	CU (copper)	25 ppm
	FE (iron)	182 ppm
	MG (magnesium)	233 ppm
	MO (molybdenum)	1 ppm
	NA (sodium)	7 ppm
	NI (nickel)	0 ppm
	P (phosphorus)	891 ppm
	PB (lead)	8 ppm
	SI (silicon)	25 ppm
	SN (tin)	11 ppm
	Z (zinc)	1020 ppm
	S (sulfur)	6139 ppm
	K (potassium)	1 ppm
D664-A	TAN (mg KOH/g)	2.9 mg KOH/g



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

P050-A WATER (HP)

pos

P126-A SOOT BY INFRACAL

0.5 %

(end of report)

2.5 Análisis de los resultados de las muestras de aceite del motor Cummins N14 de la grúa Grove RT65S

Se presenta a continuación una interpretación comparativa de las tres muestras; La primera de 250 horas, la segunda de 275 horas y la tercera muestra con 300 horas de uso del aceite, basado en la tabla del apartado 2.3.1.

- Aluminio: se observa que en las tres muestras el nivel encontrado de aluminio se encuentra dentro de los límites de condición satisfactoria.
- Cromo: las primeras dos muestras están en un nivel de cromo satisfactorio, la muestra de 300 horas, tiene un nivel de cromo anormal pero no crítico, este nivel representa desgaste en los anillos del pistón.
- Cobre: la primera muestra de 250 horas de uso, contiene un nivel satisfactorio de cobre, la segunda muestra de 275 horas contiene 17 p.p.m. de cobre lo cual está en el límite inferior de la tabla del apartado 2.3.1 para un criterio de anormal, por estar en el límite inferior lo podemos tomar con un criterio de nivel satisfactorio.
- Hierro: las primeras dos muestras se encuentran en un nivel de hierro satisfactorio, la muestra de 300 horas contiene un nivel de hierro de 182 p.p.m. lo cual es un número crítico y representa un desgaste crítico en las camisas o cilindros del pistón.
- Plomo: en las tres muestras se reporta un nivel satisfactorio de plomo.
- Potasio: en las tres muestras se reporta un nivel satisfactorio de potasio.
- Silicón: las muestras de 250 y 275 horas reportan un nivel satisfactorio de plomo; la muestra de 300 horas reporta un nivel anormal de silicón que representa suciedad o polvo, lo cual indica que el sistema de filtración de aire no está cumpliendo a las 300 horas con los requerimientos de filtración.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- Sodio: las tres muestras reportan un nivel satisfactorio de sodio.
- TAN: el número total de ácidos se reporta en condición satisfactoria para las tres muestras.
- En las tres muestras de aceite aparecen trazas de agua, lo cual indica una posible contaminación del aceite, otra razón puede ser el mal estado de los empaques que separan el sistema de enfriamiento con el sistema de lubricación lo cual debe ser chequeado.

CITGO PRODUCT TECHNOLOGY

LABORATORY REPORT

Sample Descrip: ESSO XLT-3 15W40 250

Sample Source: CUMMINS 315 MOD.92

Sample Size: 4 OZ PLASTIC Date Sampled: n/a

Test ID	Test Description	Result
D1744-B	WATER (KF)	382.7ppm
D445-A	VISCOSITY, AUTO, ALL	
	cSt @ 40'C	121.08 cSt
	cSt @ 100'C	15.29 cSt
	VISC INDEX	126
D5185	METALS BY ICP	
	AG (silver)	0 ppm
	AL (aluminum)	8 ppm
	B (boron)	12 ppm
	BA (barium)	0 ppm
	CA (calcium)	376 ppm
	CD (cadmium)	0 ppm
	CR (chromium)	4 ppm
	CU (copper)	14 ppm
	FE (iron)	64 ppm
	MG (magnesium)	987 ppm
	MO (molybdenum)	0 ppm
	NA (sodium)	1 ppm
	NI (nickel)	0 ppm
	P (phosphorus)	906 ppm
	PB (lead)	7 ppm
	SI (silicon)	6 ppm
	SN (tin)	2 ppm
	Z (zinc)	1190 ppm
	S (sulfur)	5231 ppm
	K (potassium)	1 ppm



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

D664-A	TAN (mg KOH/g)	2.9 mg KOH/g
P050-A	WATER (HP)	pos
P126-A	SOOT BY INFRACAL	0.1 %
<i>(end of report)</i>		

CITGO PRODUCT TECHNOLOGY

LABORATORY REPORT

Sample Descrip: ESSO XLT-3 15W40 275 HRS.

Sample Source: CUMMINS 315 MOD.92

Sample Size: 4 OZ PLASTIC Date Sampled: n/a

Test ID	Test Description	Result
D1744-B	WATER (KF)	527.2ppm
D445-A	VISCOSITY, AUTO, ALL	
	cSt @ 40'C	119.87 cSt
	cSt @ 100'C	14.12 cSt
	VISC INDEX	117
D5185	METALS BY ICP	
	AG (silver)	0 ppm
	AL (aluminum)	10 ppm
	B (boron)	16 ppm
	BA (barium)	0 ppm
	CA (calcium)	459 ppm
	CD (cadmium)	0 ppm
	CR (chromium)	5 ppm
	CU (copper)	16 ppm
	FE (iron)	75 ppm
	MG (magnesium)	1135 ppm
	MO (molybdenum)	0 ppm
	NA (sodium)	2 ppm
	NI (nickel)	0 ppm
	P (phosphorus)	1084 ppm
	PB (lead)	11 ppm
	SI (silicon)	8 ppm
	SN (tin)	3 ppm
	Z (zinc)	1278 ppm
	S (sulfur)	5656 ppm
	K (potassium)	3 ppm
D664-A	TAN (mg KOH/g)	3.1 mg KOH/g



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

P050-A WATER (HP)

pos

P126-A SOOT BY INFRACAL

0.2 %

(end of report)

CITGO PRODUCT TECHNOLOGY

LABORATORY REPORT

Sample Descrip: ESSO XLT-3 15W40 300 HRS.

Sample Source: CUMMINS 315 MOD.92

Sample Size: 4 OZ PLASTIC Date Sampled: n/a

Test ID	Test Description	Result
D1744-B	WATER (KF)	659.8ppm
D445-A	VISCOSITY, AUTO, ALL	
	cSt @ 40'C	118.02 cSt
	cSt @ 100'C	13.47 cSt
	VISC INDEX	110
D5185	METALS BY ICP	
	AG (silver)	0 ppm
	AL (aluminum)	15 ppm
	B (boron)	19 ppm
	BA (barium)	0 ppm
	CA (calcium)	579 ppm
	CD (cadmium)	0 ppm
	CR (chromium)	9 ppm
	CU (copper)	20 ppm
	FE (iron)	83 ppm
	MG (magnesium)	1203 ppm
	MO (molybdenum)	0 ppm
	NA (sodium)	3 ppm
	NI (nickel)	1 ppm
	P (phosphorus)	1176 ppm
	PB (lead)	13 ppm
	SI (silicon)	12 ppm
	SN (tin)	5 ppm
	Z (zinc)	1386 ppm
	S (sulfur)	6795 ppm
	K (potassium)	3 ppm
D664-A	TAN (mg KOH/g)	3.8 mg KOH/g



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

P050-A WATER (HP)

pos

P126-A SOOT BY INFRACAL

0.3 %

(end of report)

2.6 Análisis de resultados de las muestras de aceite del motor Cummins N14 de la grúa P y H de 75 toneladas

A continuación, se presenta una interpretación comparativa de las tres muestras; la primera de 250 horas, la segunda de 275 horas y la tercera muestra con 300 horas de uso del aceite, basado en la tabla del apartado 2.3.1.

- Aluminio: el nivel de aluminio en la primera muestra, de 250 horas tiene una condición satisfactoria, la muestra de 275 horas tiene un nivel de aluminio que está en el límite inferior de la condición anormal lo cual se puede considerar como bueno, mientras que la tercera muestra, de 300 horas está en el límite superior de la condición normal por lo que se puede considerar como crítico. Esto representa desgaste en los pistones por lo que sí es un factor determinante para tomar una decisión en cuanto al alargamiento del intervalo de cambio.
- Cromo: las primeras dos muestras reportan un nivel de cromo satisfactorio, la muestra de 300 horas reporta un nivel de cromo anormal, este nivel representa desgaste en los anillos del pistón.
- Cobre: las primeras dos muestras, de 250 y 275 horas respectivamente, reportan un nivel de cobre satisfactorio, mientras que la muestra de 300 horas reporta anormal, esto representa desgaste en las chumaceras.
- Hierro: la primera muestra, de 250 horas reporta un nivel satisfactorio de hierro, mientras que la muestra de 275 horas y 300 horas reportan un nivel anormal de hierro, este material representa un desgaste en las camisas o cilindros del pistón.
- Plomo: las tres muestras de aceite reportan un nivel satisfactorio de plomo.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- Potasio: las tres muestras de aceite reportan un nivel satisfactorio de potasio.
- Silicón: las tres muestras reportan un nivel satisfactorio de silicón, esto representa un buen funcionamiento del sistema de inducción de aire.
- Sodio: las tres muestras reportan un nivel satisfactorio del sodio.
- TAN: el número total de ácidos en las tres muestras de aceite es satisfactorio.
- En las tres muestras de aceite de la grúa P y H 75 y en las tres muestras de aceite de la grúa Grove 65 aparecen trazas de agua, lo cual da indicios de posible contaminación del aceite.

CITGO PRODUCT TECHNOLOGY

LABORATORY REPORT

Sample Descrip: ESSO 85W140

Sample Source: CUMMINS 315 MOD.92 500HRS

Sample Size: 4 OZ PLASTIC Date Sampled: n/a

Test ID	Test Description	Result
D1744-B	WATER (KF)	0.034
D445-A	VISCOSITY, AUTO, ALL	
	cSt @ 40'C	305.1 cSt
	cSt @ 100'C	18.8 cSt
	VISC INDEX	88
D5185	METALS BY ICP	
	AG (silver)	0 ppm
	AL (aluminum)	7 ppm
	B (boron)	22 ppm
	BA (barium)	0 ppm
	CA (calcium)	56 ppm
	CD (cadmium)	0 ppm
	CR (chromium)	2 ppm
	CU (copper)	12 ppm
	FE (iron)	85 ppm
	MG (magnesium)	32 ppm
	MO (molybdenum)	1 ppm
	NA (sodium)	1 ppm
	NI (nickel)	1 ppm
	P (phosphorus)	521 ppm
	PB (lead)	0 ppm
	SI (silicon)	28 ppm
	SN (tin)	0 ppm
	Z (zinc)	56 ppm
	S (sulfur)	10235 ppm



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

	K (potassium)	0 ppm
D664-A	TAN (mg KOH/g)	1.4 mg KOH/g
P030	APPEARANCE	M/P
P045-B	RESIDUE WEIGHT METHOD B	1876 ppm
P050-A	WATER (HP)	pos
	<i>(end of report)</i>	

CITGO PRODUCT TECHNOLOGY

LABORATORY REPORT

Sample Descrip: ESSO 85W140

Sample Source: CUMMINS 315 MOD.92 825HRS

Sample Size: 4 OZ PLASTIC Date Sampled: n/a

Test ID	Test Description	Result
D1744-B	WATER (KF)	0.3965
D445-A	VISCOSITY, AUTO, ALL	
	cSt @ 40'C	305.1 cSt
	cSt @ 100'C	POS. HP cSt
	SUS @ 100'F	ND SUS
	SUS @ 210'F	ND SUS
	VISC INDEX	ND
D5185	METALS BY ICP	
	AG (silver)	0 ppm
	AL (aluminum)	12 ppm
	B (boron)	40 ppm
	BA (barium)	1 ppm
	CA (calcium)	71 ppm
	CD (cadmium)	0 ppm
	CR (chromium)	5 ppm
	CU (copper)	16 ppm
	FE (iron)	828 ppm
	MG (magnesium)	52 ppm
	MO (molybdenum)	1 ppm
	NA (sodium)	3 ppm
	NI (nickel)	3 ppm
	P (phosphorus)	765 ppm
	PB (lead)	0 ppm
	SI (silicon)	83 ppm
	SN (tin)	0 ppm
	Z (zinc)	96 ppm
	S (sulfur)	15550 ppm



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

	K (potassium)	0 ppm
D664-A	TAN (mg KOH/g)	2.3 mg KOH/g
P030	APPEARANCE	M/P
P045-B	RESIDUE WEIGHT METHOD B	2520 ppm
P050-A	WATER (HP)	pos

(end of report)

Seguidamente se presenta el análisis comparativo de los resultados de las muestras de aceite tomadas al convertidor de la grúa Grove 650; la primera muestra con 550 horas y la segunda muestra con 825 horas de uso del aceite.

Inicialmente la primera muestra, según los análisis de viscosidad, presenta una viscosidad normal para el número de horas de uso, mientras que la segunda muestra no se encuentra dentro de los rangos de viscosidad que puede analizar el laboratorio debido al mal estado del aceite por lo que en el espacio correspondiente a la viscosidad se muestra que no pudo ser analizada.

- Aluminio: la primera muestra reporta un nivel satisfactorio de aluminio, mientras que la muestra de 825 horas reporta un nivel anormal, esto producto de desgaste en los engranes del convertidor.
- Cromo: las dos muestras de aceite reportan un nivel satisfactorio de cromo.
- Cobre: ambas muestras reportan niveles satisfactorios de cobre.
- Hierro: la primera muestra reporta un nivel anormal de desgaste de hierro, mientras que la segunda muestra reporta un nivel crítico de desgaste de hierro por lo que se puede ver que no es recomendable un intervalo de 825 horas para el cambio de aceite del convertidor.
- Silicón: la primera muestra, de 550 horas, reporta un nivel de silicón anormal, mientras que la segunda muestra reporta un nivel de silicón crítico, esto se debe a la contaminación que existe dentro del convertidor. Los contaminantes tienen una relación directa con el desgaste y por este alto grado de contaminación se ve un alto nivel de desgaste de hierro.
- Sodio: ambas muestras reportan un nivel satisfactorio de sodio.
- TAN: el número total de ácidos es satisfactorio para las dos muestras del convertidor.
- Bario: ambas muestras reportan un nivel de bario satisfactorio.

- Se encontró trazas de agua en ambas muestras, lo cual se puede atribuir a contaminación de aceite nuevo o al mal estado de los empaques del convertidor por lo que se debe proceder a monitorear el estado de los empaques.

2.7 Costos de mantenimiento

Como parte del análisis de la situación actual es necesario determinar sobre qué costos se está trabajando en la empresa en lo referente a mantenimiento, esto encierra costos de reparaciones, servicios, costos de oportunidad por no tener disponibilidad de maquinaria por estar en mantenimiento, costos de mano de obra, etc.

2.7.1 Costos incurridos por maquinaria parada

El tiempo en que la maquinaria esta parada por mantenimiento varía de una reparación a otra, cuando una máquina está en mantenimiento no permite que ésta genere ingresos a la empresa por lo que se hace necesario hacer un análisis del tiempo promedio que se emplea para mantenimiento. El análisis se hará para fines del departamento de mantenimiento, tomando en cuenta que es el departamento de ventas el encargado de hacerlas trabajar, si las máquinas están disponibles.

La empresa cuenta con 19 grúas, a un promedio de ingresos por hora de alquiler de Q800.00 por lo que tres grúas paradas por mantenimiento impiden el ingreso de Q2,400.00 por hora a la compañía.

2.7.2 Costos de mano de obra

En el departamento de mantenimiento, el promedio de costos de mano de obra por cada mecánico es de Q23.00 por hora.

2.7.3 Costo de lubricantes

En la tabla IX se resumen los precios de los lubricantes utilizados para las grúas en sus diferentes presentaciones.

Tabla IX. **Costo de lubricantes utilizados**

Componente Lubricado	Lubricante utilizado	Presentación	Precio
Motor de grúa	Aceite SAE 15W-40	Tonel 55 gls.	Q 3,608.45
Motor de camión	Aceite SAE 15W-40	Tonel 55 gls.	Q 3,608.45
Transmisiones mecánicas	Aceite SAE 85W-140	Tonel 55 gls.	Q 4,585.56
Transmisiones automáticas	<i>Aceite Hidráulico Automatic Transmission Fluid ATF Dexron III /Mercon</i>	Tonel 55 gls.	Q 4,055.98
Sistemas de dirección hidráulica	<i>Aceite Hidráulico Automatic Transmission Fluid ATF Dexron III /Mercon</i>	Tonel 55 gls.	Q 4,055.98
Sistemas	Aceite Hidráulico	Tonel 55 gls.	Q 3,110.67

hidráulicos	Teresso ISO 68		
Sistemas de enfriamiento	Refrigerante Loctite	Galón	Q 35.00
Engrase de chasis y cojinetes	Grasa Texaco Ronex MP No. 2	Tonel 35 lbs.	Q 512.39

2.7.4 Costo de análisis de aceite

Existen diferentes laboratorios alrededor del mundo para realizar análisis de aceite usado por lo que el costo puede variar de una condición a otra, los costos que se muestran a continuación dan un claro parámetro de comparación de costos para un análisis de esta naturaleza. En Guatemala existe la empresa Gentrac, dicha empresa presta el servicio de análisis de aceite usado, con un costo de Q112.67 por análisis de condiciones de aceite y desgastes, además un costo de Q65.00 por análisis de TBN (número total de bases, ver apartado 2.3.1.1) y un análisis de viscosidad Q74.39 adicionales. Algunas empresas proveedoras de lubricantes en Guatemala, ofrecen el servicio de análisis de aceite gratis para sus clientes.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

3 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

3.1 Mejoras técnicas

Para respaldar la propuesta de mejoramiento técnico es necesario analizar las propiedades de los lubricantes que actualmente se están utilizando en cada componente lubricado, así como también analizar los tipos de componentes para los cuales estos están diseñados y así tener la seguridad que se está utilizando el lubricante adecuado en cada componente o proponer otro tipo de lubricante.

Esso Lube XD-3 SAE 15W-40

El aceite que se utiliza para los motores de las grúas, según el fabricante del aceite, están diseñados para ser utilizados en:

- Equipos con motores diesel de los principales fabricantes americanos.
- Camiones de carga ligera y carga pesada.
- Maquinaria de industria de construcción, minería, extracción y agricultura.
- Motores diesel de dos tiempos.

La razón por la cual se dice que los aceites monogrado son para utilizarlos en motores de dos tiempos, es porque los aceites multigrado contienen ciertos aditivos que no son adecuados para motores de dos tiempos; esto no quiere decir que los aceites monogrado no sean adecuados para motores de cuatro tiempos.

Especificación API del aceite utilizado actualmente: CI-4, CH-4, CG, SL, SJ. Según el fabricante del aceite, en temperaturas de ambiente arriba de 30°C es necesario utilizar en los motores un aceite SAE 40. Cuando los motores son de cuatro tiempos, es mejor utilizar un aceite SAE 15W-40 que un

aceite monogrado 40 debido a que el índice de viscosidad del multigrado es mayor al del monogrado, esto significa que a un mayor cambio de temperatura, el multigrado sufrirá menor variación en su viscosidad que el aceite monogrado.

a) **Hidráulico 68**

El aceite hidráulico que se utiliza para los sistemas hidráulicos de las grúas, según especificaciones del fabricante del aceite, es recomendable para las siguientes aplicaciones:

- Sistemas que utilizan bombas de engranes, paletas y pistones axiales donde se recomienda el uso de aceites hidráulicos antidesgaste.
- Aplicaciones hidráulicas donde la contaminación y las fugas son inevitables.
- Donde pequeñas cantidades de agua son inevitables y esta agua puede dañar los componentes.
- Sistemas con engranes y rodamientos donde se requieren características antidesgaste.
- Sistemas que requieren alta capacidad de carga y protección contra el desgaste.
- Aplicaciones donde la protección contra la corrosión es importante como los sistemas con pequeñas cantidades de agua existente.
- Máquinas con un amplio rango de componentes que utilizan varias aleaciones en su diseño.

b) **Fluido para transmisiones automáticas Esso ATF**

En los sistemas de dirección hidráulica de las grúas, se utiliza un fluido para transmisión automática, conocido como ATF por sus siglas en inglés, las aplicaciones recomendadas por el fabricante, para este tipo de lubricante son las siguientes:

- Transmisiones automáticas de *General Motors*, Ford y todas las restantes marcas estadounidenses.
- También es sustituible para algunas transmisiones mecánicas.
- Convertidores de torque.
- Transmisiones hidrostáticas.
- Aplicaciones de compresores de aire.
- Otros tipos de servicio donde un ATF es recomendado.

El fabricante del equipo recomienda utilizar en estos equipos un aceite con la especificación Dexron.

c) **Esso Gear Oil GX 85W-140**

Este tipo de lubricantes son diseñados para engranajes de servicio pesado, según el fabricante de aceites, son recomendados para las siguientes aplicaciones:

- Ejes, diferenciales y mandos finales de vehículos de carga pesada.
- Autobuses, furgonetas y camiones de carga pesada y carga ligera.
- Maquinaria de industria de construcción, minería, extracción y agricultura.
- Otras aplicaciones industriales y de automoción con engranajes hipoidales que operan bajo condiciones de alta velocidad/carga de choque, alta velocidad/bajo par y/o baja velocidad/alto par.

d) **Especificaciones API del aceite utilizado actualmente: GL-5**

El fabricante de la maquinaria recomienda utilizar en temperaturas hasta de 30 °C un lubricante SAE 90 y para temperaturas arriba de 30 °C un

lubricante SAE 140 por lo que en las temperaturas de operación de Guatemala, si se puede utilizar un lubricante multigrado SAE 85W-140.

e) **Grasa Multifak EP # 2**

La grasa EP2 que se utiliza en las grúas está recomendada para aplicaciones donde un aditivo de extrema presión es necesario, en cojinetes, rodamientos y otras aplicaciones bajo condiciones normales de operación. Especificación de la grasa actual NLGI 2. El fabricante del equipo recomienda utilizar en temperaturas ambientales de entre -6 °C y 52 °C una grasa de base de litio con especificación NLGI.

3.1.1 Sugerencias de cambio de tipo de aceite

Después del análisis realizado en la sección 3.1 se puede determinar lo siguiente:

Las especificaciones del aceite utilizado coinciden con las requeridas por el fabricante en todos los casos, por lo que se sugiere seguir utilizando el mismo tipo de aceite que se utiliza actualmente.

En el futuro los cambios en los tipos de aceite utilizados se harán solamente si se corrobora que en el manual del fabricante se requiere un tipo de aceite diferente al actualmente utilizado, en dado caso existiera diferencia entre el tipo de aceite utilizado y el recomendado por el fabricante, es necesario analizar el tipo de base con la que está fabricado cada uno de los lubricantes, posteriormente verificar si son compatibles uno con el otro, si estos fueran incompatibles es necesario hacer un lavado con un aceite que contenga

alta cantidad de aditivos como por ejemplo el fluido para transmisiones automáticas ATF.

3.1.2 Alargamiento de intervalos de cambio

El alargamiento de intervalos de cambio de aceite consiste en determinar la factibilidad, mediante análisis de aceite usado, de poder aumentar el número de horas de uso del aceite en la maquinaria, con el fin de reducir los costos de mantenimiento y reducir el tiempo muerto de la maquinaria por mantenimiento.

El análisis de aceite mide, entre otros, tres aspectos importantes que dan un parámetro de la situación del motor y ayudan a tomar decisiones sobre el posible alargamiento del intervalo de cambio. Estos tres aspectos son:

- Estado del aceite
- Presencia de contaminantes
- Metales de desgaste

Estos tres aspectos están estrechamente relacionados, debido a que por ejemplo la presencia de contaminantes en el aceite provoca un deterioro en las propiedades del aceite, lo cual causa que este no sea capaz de proteger el desgaste al que son sometidas las piezas del motor. Aunque dependiendo de la situación, estos indicadores, dan la pauta para las decisiones que se deben tomar en cada equipo analizado.

Después de haber analizado los reportes de los análisis de aceite practicado a los motores y convertidor de las grúas, se propone alargar de 250 horas actuales a 275 horas de uso del aceite, según los resultados, el aceite que se está utilizando, presenta condiciones satisfactorias después de 275 horas de uso, con lo cual se está alargando el intervalo de cambio y reduciendo todos los costos que esto conlleva.

3.1.2.1 Beneficios de alargamiento de intervalos de cambio

El principal objetivo de toda operación de mantenimiento es disminuir los costos de la empresa, por esta razón, constantemente se están buscando nuevos métodos para hacer más eficientes las operaciones, lo cual implica una reducción de costos. Al alargar los intervalos de cambio de aceite, la empresa obtiene significativos ahorros representados por menor compra de lubricantes por año, menor cantidad de filtros necesarios por año, menor carga de actividades para el personal de mantenimiento, menos tiempo muerto de la maquinaria por mantenimiento. Todos estos beneficios pueden ser obtenidos llevando un estricto control del estado de la maquinaria y de los lubricantes.

3.1.2.2 Riesgos de alargamiento de intervalos de cambio

Las diferentes variables a las que es expuesta la maquinaria, llevan a caer en una serie de riesgos, que si no se consideran y se les presta la atención debida, pueden incrementar los costos originales en vez de reducirlos.

Uno de los riesgos que se corren al alargar los intervalos de cambio es que si la maquinaria es expuesta a situaciones extremas de suciedad o polvo y no se tiene el cuidado de cambiar los filtros de aire de inducción al motor, el aceite no es capaz de dispersar la gran cantidad de tierra que entra al motor y por consiguiente el polvo actúa como lija y provoca excesivo desgaste de las piezas del motor, por lo que se sugiere llevar un control más estricto para las unidades que trabajan donde existen condiciones extremas de suciedad. Otro riesgo que ocurre cuando alargamos al máximo los intervalos de cambio del motor es que si no se lleva un control estricto de las fechas y horas de uso del aceite para programar los cambios de aceite, es posible que se deje pasar mucho tiempo después de lo programado y para este tiempo de uso, el aceite no tiene las propiedades necesarias para mantener una adecuada protección al motor.

3.2 Mejoras mecánicas

Con los resultados de los análisis de aceite se pueden proponer mejoras para reducir los contaminantes en el aceite y de esta forma asegurar el buen funcionamiento del mismo durante el período de uso.

3.2.1 Mecanismos de protección a sistemas de inducción

La propuesta de mejora para los sistemas de inducción, consiste en proteger del ingreso de contaminantes al motor por cualquiera de los posibles accesos, los cuales pueden ser el sistema de admisión de aire, el sistema de

admisión de combustible o posibles entradas de contaminantes por el sistema de enfriamiento en el caso de los motores.

Para llevar un buen control de la entrada de contaminantes al motor, es necesario dar a conocer los períodos de vida de los filtros de aire y combustible ya que los filtros de aceite sólo cumplen la función de retener la suciedad que ya ingresó al motor o bien productos de la combustión.

Los filtros de aire no deben ser sopleteados más de tres veces en su vida útil y a una presión no mayor a 25 psi. Es conveniente además tener la seguridad de que el combustible que se está utilizando es de buena calidad para mantener una combustión correcta y evitar desperfectos.

3.2.2 Revisión a sistemas de enfriamiento

Para la revisión de los sistemas de enfriamiento, existen varios criterios, entre los cuales está el más sencillo que no es exactamente el mejor y consiste simplemente en revisar constantemente la temperatura de operación de la maquinaria y que ésta se encuentre en un rango *%normal±*, pero el término normal está a criterio de quien opera la máquina, algo que para alguien es normal, para otra persona puede ser anormal por lo que no es un método confiable y pueden pasar desapercibidos problemas serios que tenga el sistema de enfriamiento.

Otro método es estar midiendo constantemente la temperatura de operación con un termómetro láser, lo cual sería bastante efectivo, pero muy costoso por las diferentes situaciones que se tienen que dar para que esto se lleve a cabo. Afortunadamente esta información sobre los sobrecalentamientos se puede detectar en los análisis de aceite usado, en este tipo de análisis se

mide el TAN (ver apartado 2.3.1.1) el cual si está en un parámetro anormal (según la tabla VIII) puede ser causa de constantes sobrecalentamientos por lo que dentro de la propuesta de análisis de aceite se incluye el control a los sistemas de enfriamiento.

3.2.3 Mejoras sistemas hidráulicos

El principal problema de los sistemas hidráulicos son las fugas y la contaminación, la situación óptima en todo sistema hidráulico es tener cero fugas y cero contaminación, pero estas situaciones son ideales y en muchos casos muy difíciles y caras para lograrse, por lo que las mejoras a los sistemas hidráulicos se reducirán a evitar en gran medida las fugas y evitar lo más posible la contaminación dentro de los sistemas.

El aceite hidráulico de los sistemas de las grúas, muy pocas veces es cambiado en su totalidad debido a que las cantidades de aceite hidráulico que usan los sistemas son demasiado grandes, con capacidades de alrededor de 550 galones, por lo que resulta poco rentable cambiar todo el hidráulico del sistema y se hace sólo en situaciones de contaminación extrema o reparaciones mayores en donde necesariamente tenga que ser removido el hidráulico. La propuesta de cambio de aceite hidráulico es cada 1,650 horas de uso, si el análisis así lo indica y en caso contrario, monitorear a partir de este período cada 275 horas.

3.2.4 Mejoras cajas de engranajes

En base a los resultados, las mejoras que se proponen para las cajas de engranajes, es un monitoreo para cada servicio de estado de los empaques con el fin de eliminar el ingreso de contaminantes al interior de las cajas,

además el período de cambio de aceite para este tipo de componentes debe ser cada 550 horas.

3.3 Mejoras administrativas

Con el fin de llevar un registro de costos, debe practicarse un estricto control sobre los servicios de la maquinaria, para ello es necesario establecer una base de datos en donde se describen todas las actividades a realizarse en cada servicio según la cantidad de horas de trabajo.

3.3.1 Programación de servicios

Los servicios deben ser programados para tener todos los repuestos necesarios en bodega y de esa forma minimizar el tiempo muerto de la maquinaria, por lo que el piloto de la maquinaria debe avisar a taller con un mínimo de 24 horas antes que el tiempo de servicio se cumpla. Si la maquinaria está por regresar a la planta, el servicio se programa para hacerse en el taller y si la maquinaria se encuentra trabajando en un proyecto donde no puede regresar a la planta, entonces, se programará la llegada del mecánico ambulante para que se realice el servicio en el campo.

3.3.2 Servicios en el campo

Por la complejidad de la movilización de las grúas en ciertos casos, es necesario realizar los servicios en el campo, es decir, en el lugar donde se encuentra trabajando la maquinaria.

Este caso es común, por lo que se requiere la disposición de un mecánico ambulante para cumplir con este tipo de necesidades; el mecánico ambulante debe llegar al lugar donde se encuentra trabajando la maquinaria con todos los repuestos necesarios para realizar el servicio y perder el mínimo de tiempo, ya que durante el tiempo de servicio, la máquina no deberá trabajar. El mecánico ambulante es el responsable de indicar al taller, qué repuestos fueron los que se cambiaron para agregarlos a la base de datos de la grúa y además reportar sobre posibles fallas para programar reparaciones futuras.

3.4 Intervalos de muestreo

Existen varias variables que permiten determinar los intervalos de muestreo, lógicamente para fines de conocer la situación en la que está trabajando cada sistema; se quisiera tener intervalos de muestreo muy cortos y de esta forma analizar en todo momento la situación y tomar acciones rápidas, pero esto tiene un costo elevado y pasaría a ser algo no productivo, por lo que hay que establecer un balance entre la información requerida y el costo de los análisis. Según las necesidades de información sobre el estado del aceite, es necesario muestrear cada 550 horas en los motores de combustión interna, cada 1,100 horas en los sistemas de engranes y cada 1,650 horas en los sistemas hidráulicos, si el estado del aceite hidráulico es satisfactorio a las 1,650 horas, éste deberá muestrearse, a partir de allí, cada 275 horas.

3.4.1 Intervalos óptimos de muestreo

Cada motor es diferente de otro y trabaja en condiciones distintas, por lo que el muestreo debe hacerse a cada motor; las acciones que se toman con un motor son diferentes de las que se deben tomar con otro a excepción de si los

problemas son causados por el tipo de lubricante que se está aplicando a la maquinaria o si existiera algún tipo de contaminación en el aceite nuevo, de lo contrario se hace necesario muestrear todos los motores. La finalidad del sistema de análisis es determinar tendencias para alargar y programar reparaciones.

3.5 Capacitación del personal

Para obtener buenos resultados sobre la aplicación de las mejoras, es necesario capacitar al personal en la selección del lubricante adecuado para cada aplicación, además sobre la importancia de la buena toma de muestras, ya que el costo de los análisis es elevado, al tener los resultados, estos deben ser 100% atribuibles al estado del aceite y no debe existir duda respecto a que haya influido la forma en que se tomó la muestra.

4 IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS A LAS RUTINAS DE LUBRICACIÓN

Según la recopilación de datos sobre la duración de piezas, lubricantes, filtros, mangueras, etc. Se determina la descripción de la rutina de servicio según la cantidad de horas:

Servicio de 275 horas:

- Cambio de aceite de motor
- Cambio de filtros de aceite de motor
- Cambio de filtros de combustible
- Limpieza o cambio de filtros de aire
- Revisión de fajas de motor
- Revisión de mangueras de radiador
- Corrección de fugas
- Engrase general: todas las graseras y pluma
- Revisión de niveles (planetarios, convertidor, caja reductora *swing*, *winches*, sistema hidráulico, frenos)
- Otros.

Servicio de 550 horas:

- Cambio de aceite de motor
- Cambio de filtros de aceite de motor
- Cambio de filtros de combustible

- Limpieza o cambio de filtros de aire
- Cambio de aceite del convertidor
- Cambio de filtro de aceite del convertidor
- Cambio de fajas del motor
- Revisión de mangueras de radiador
- Corrección de fugas
- Engrase general: todas las graseras y pluma
- Revisión de niveles (planetarios, convertidor, caja reductora *swing*, *winches*, sistema hidráulico, frenos)
- Otros.

Servicio de 825 horas:

- Cambio de aceite de motor
- Cambio de filtros de aceite de motor
- Cambio de filtros del sistema hidráulico
- Cambio de filtros de combustible
- Cambio de filtros de aire
- Revisión de fajas de motor
- Cambio de mangueras de radiador
- Corrección de fugas
- Engrase general: todas las graseras y pluma
- Revisión de niveles (planetarios, convertidor, caja reductora *swing*, *winches*, sistema hidráulico, frenos)
- Otros.

Servicio de 1,100 horas:

- Cambio de aceite de motor
- Cambio de filtros de aceite de motor
- Cambio de filtros de combustible
- Limpieza o cambio de filtros de aire
- Cambio de aceite planetarios
- Cambio de aceite de caja reductora del *swin*
- Cambio de aceite *winches*
- Cambio de aceite del convertidor
- Cambio de filtro de aceite del convertidor
- Revisión de fajas de motor
- Revisión de mangueras de radiador
- Corrección de fugas
- Engrase general: todas las graseras y pluma
- Revisión de niveles (planetarios, convertidor, caja reductora *swing*, *winches*, sistema hidráulico, frenos)
- Otros.

Servicio de 1,375 horas:

- Cambio de aceite de motor
- Cambio de filtros de aceite de motor

- Cambio de filtros de combustible
- Limpieza o cambio de filtros de aire
- Revisión de fajas de motor
- Revisión de mangueras de radiador
- Corrección de fugas
- Ajuste de frenos
- Engrase general: todas las graseras y pluma
- Revisión de niveles (planetarios, convertidor, caja reductora *swing*, *winches*, sistema hidráulico, frenos)
- Otros.

Servicio de 1,650 horas:

- Cambio de aceite de motor
- Cambio de filtros de aceite de motor
- Cambio de aceite del sistema hidráulico
- Cambio de aceite de los *out riggers*
- Cambio de filtros del sistema hidráulico
- Cambio de filtros de combustible
- Limpieza o cambio de filtros de aire
- Revisión de fajas de motor
- Cambio de mangueras de radiador
- Corrección de fugas
- Engrase general: todas las graseras y pluma
- Revisión de niveles (planetarios, convertidor, caja reductora *swing*, *winches*, sistema hidráulico, frenos)
- Otros.

4.1 Sistemas de inducción

4.1.1 Cambio de filtros de aire

En el ambiente existen partículas sólidas suspendidas, aún en los lugares donde suelen operar las grúas industriales. Los filtros de aire impiden que estas partículas de polvo ingresen al motor y permitan que en el interior de éste se mantenga libre de partículas extrañas. Los filtros de aire deben ser cambiados cada 825 y sopleteados cada 275 horas a una presión no mayor de 25 psi.

4.1.2 Cambio de filtros de diesel

Los filtros de diesel cumplen la función de retener cualquier tipo de suciedad que se encuentre en el combustible y así permitir que cuando éste llegue a los inyectores esté libre de partículas extrañas y no provoque taponamiento en los conductos. Los filtros de diesel deben ser cambiados cada 275 horas.

4.1.3 Cambio de filtros de aceite

Los filtros de aceite se deben cambiar cada vez que se vota el aceite y se utilice aceite nuevo, en este caso cada 275 horas.

4.2 Sistemas de enfriamiento

Los sistemas de enfriamiento tienen indicadores de temperatura que el operario debe estar controlando constantemente a efecto de que se mantengan dentro de los niveles aceptables

4.2.1 Termostatos

Los termostatos cumplen la función de no permitir la circulación del refrigerante en el radiador mientras la temperatura de operación es inferior a la temperatura ideal, con la finalidad de aprovechar el calor generado por el motor, para alcanzar más rápido la temperatura de operación ideal. Una vez se alcanza la temperatura de operación ideal, el termostato abre y permite la circulación del líquido refrigerante a través del radiador. Los termostatos cuando dejan de funcionar, se traban y no funcionan por temperatura, es necesario revisar el funcionamiento de los termostatos cada 825 horas de uso.

4.2.2 Refrigerante

El refrigerante del sistema de enfriamiento debe ser reemplazado cada 825 horas, al igual que las mangueras de hule que conducen el refrigerante del radiador al motor y viceversa.

4.2.3 Fugas en radiadores

Las fugas en los sistemas de enfriamiento deben ser revisadas por el taller cada 275.

4.3 Calibración bomba de diesel

La calibración de la bomba de diesel va estrechamente relacionada con el resultado de los análisis de aceite usado, cuando el nivel de hollín es alto en los resultados de los análisis, hay que calibrar la bomba de diesel. Lo que ocurre es que al estar mal calibrada la bomba se da una combustión inadecuada por lo que quedan residuos de la combustión en el aceite y se ve reflejado en el alto contenido de hollín en el aceite.

4.4 Sistemas hidráulicos

El control de la contaminación en cualquier sistema hidráulico es un proceso que puede mejorar en gran manera el funcionamiento del sistema y alargar su vida. El esfuerzo para mantener la contaminación a un mínimo empieza con el proceso de diseño del sistema y continúa durante toda la vida útil del elemento.

Las áreas principales para un mantenimiento adecuado del fluido hidráulico en funcionamiento, incluyen:

- Impedir la contaminación manteniendo el sistema cerrado y utilizando dispositivos y procedimientos adecuados de filtración del fluido y del aire.
- Establecer intervalos de cambio de fluido de forma que éste se reemplace antes de que se estropee. En caso necesario, se pueden realizar muestras del fluido en el laboratorio a intervalos específicos para ayudar a establecer la frecuencia de cambio.
- Mantener el depósito adecuadamente lleno para aprovechar la ventaja de sus características de disipación de potencia e impedir que la humedad se condense en el interior de las paredes.

4.4.1 Interpretación de contaminantes en sistemas hidráulicos

Existe un estándar regido por ISO para la determinación del tamaño de las partículas sólidas de contaminación en el aceite. Este método de identificación del nivel de contaminantes en un fluido usa un código de dos dígitos (xy) donde %x+ representa las partículas más largas de 5 μm (micrómetros) e %y+ representa las partículas más largas de 15 μm .

Utilizando estos códigos y por medio de la siguiente tabla se puede determinar el número de partículas por mililitro más grandes de 5 μm y las partículas por mililitro más grandes de 15 μm existentes en el aceite hidráulico, lo cual se determina mediante la tabla X.

Tabla X. **Códigos de limpieza ISO**

Código	Número de partículas por 100 milímetros			
	Mayores 5µm.		Mayores 15 µm.	
	Más de	hasta a	Más de	hasta a
20/17	500k	1M	64k	130k
20/16	500k	1M	32k	64k
20/15	500k	1M	16k	32k
20/14	500k	1M	8k	16k
19/16	250k	500k	32k	64k
19/15	250k	500k	16k	32k
19/14	250k	500k	8k	16k
19/13	250k	500k	4k	8k
18/15	130k	250k	16k	32k
18/14	130k	250k	8k	16k
18/13	130k	250k	4k	8k
18/12	130k	250k	2k	4k
17/14	64k	130k	8k	16k
17/13	64k	130k	4k	8k
17/12	64k	130k	2k	4k
17/11	64k	130k	1k	2k
16/13	32k	64k	4k	8k
16/12	32k	64k	2k	4k
16/11	32k	64k	1k	2k
16/10	32k	64k	500	1k
15/12	16k	32k	2k	4k
15/11	16k	32k	1k	2k
15/10	16k	32k	500	1k
15/9	16k	32k	250	500
14/11	8k	16k	1k	2k
14/10	8k	16k	500	1k
14/9	8k	16k	250	500
14/8	8k	16k	130	250
13/10	4k	8k	500	1k
13/9	4k	8k	250	500
13/8	4k	8k	130	250
12/9	2k	4k	250	500
12/8	2k	4k	130	250
11/8	1k	2k	130	250

Fuente: **Citgo Petroleum Corporation**, www.citgo.com

4.5 Cajas de engranajes

Para las cajas de engranes se ha determinado usar el aceite 85W-140 por las características que requiere el fabricante para este tipo de equipo y su lubricante debe ser cambiado en un intervalo de 1,100 horas, además, se debe monitorear el aceite cada 825 horas para disminuir el riesgo de excesivo desgaste tomando las acciones pertinentes a los resultados de los análisis.

4.6 Análisis comparativo de costos

El objeto de hacer un estudio de lubricación en la empresa, es reducir los costos de mantenimiento, por lo que se hace necesario hacer un análisis de costos para determinar las diferencias económicas que conlleva el practicar un tipo de rutinas u otro. Para fines de exponer la relación de costos al alargar el intervalo de cambio de aceite de motor de 250 horas a 275 horas, el siguiente análisis incluye sólo costos de lubricación de motor, sin incluir aceites de cajas de engranes, hidráulicos, filtros, etc.

4.6.1 Costos de lubricación originales

Los datos que se exponen a continuación son para el intervalo de cambio original de 250 horas:

Cambios de aceite de un motor en un año: 6 cambios por año
Total de motores en la empresa: 29 motores
Horas muertas de un motor por servicio: 3 horas

Costo de mano de obra por hora: Q46.00

Costo de oportunidad por maquinaria parada por hora: Q800.00

Costo tonel de 55 galones de aceite: Q3,608.45

Galones utilizados por servicio por cada motor: 11 galones

Cálculos:

Total de cambios por año:

6 cambios * 29 motores = 174 cambios por año

Costo por galón de lubricante:

Q3,608.45/55gls. = Q65.61 por galón

Costo de lubricantes por año:

Q65.61*11gls.*174 cambios = **Q125,577.54 por año**

Costo de mano de obra en servicios por año:

2 operarios * Q23* 3 horas* 174 cambios = **Q24,012 por año**

Costo de oportunidad por maquinaria parada por año:

Q800* 3 horas* 174 cambios = **Q417,600 por año**

Total costos originales de lubricación de motor: **Q 567,189.54 por año.**

4.6.2 Costos de lubricación con la implementación

Total de cambios por año:

6 cambios originales * 250 horas = 1500 horas

1500 horas/275 horas = 5.45 cambios por año implementados

5.45 cambios * 29 motores = 158.05 cambios por año

Costo por galón de lubricante:

Q3,608.45/55gls. = Q65.61 por galón



Costo de lubricantes por año:

$Q65.61 * 11 \text{ gls.} * 158.05 \text{ cambios} = \mathbf{Q114,066.27 \text{ por año}}$

Costo de mano de obra en servicios por año:

$2 \text{ operarios} * Q23 * 3 \text{ horas} * 158.05 \text{ cambios} = \mathbf{Q21,810 \text{ por año.}}$

Costo de oportunidad por maquinaria parada por año tomando en cuenta el ahorro de una hora de maquinaria porque ya se tiene determinado lo que se va a cambiar en el servicio y listos los repuestos:

$Q800 * 2 \text{ horas} * 158.05 \text{ cambios} = \mathbf{Q252,880 \text{ por año.}}$

Total costos originales de lubricación de motor: **Q 388,756.27 por año.**

Ahorro con la implementación: **Q 178,433.27 por año.**



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

5 SEGUIMIENTO AL ESTUDIO DE LUBRICACIÓN

5.1 Nuevas máquinas

En toda empresa que vaya creciendo, siempre se va a tratar de adquirir más y mejores máquinas, en el caso de una empresa dedicada a la renta de grúas industriales, el objeto será tener más equipo para poder cumplir con todas las necesidades de los clientes de manera inmediata, es por esto que parte del estudio de lubricación es determinar qué hacer en caso llegue a la empresa equipo nuevo.

Cuando se adquiere equipo de un proveedor de maquinaria nueva, el procedimiento a seguir es mucho más fácil, debido a que dicho proveedor tiene la obligación de proporcionar toda la información referente tanto a la lubricación del equipo, como la referente a todo el mantenimiento requerido por el equipo, es importante almacenar toda esta información ordenadamente para que cualquier persona relacionada con el mantenimiento del equipo pueda tener acceso a dicha información en cualquier momento.

Se puede dar el caso de que la empresa adquiriera maquinaria de segundo uso, es decir, que ya tuvo uno o varios dueños antes que la empresa la adquiriera, en estos casos es importante investigar acerca de los manuales de operación y mantenimiento del equipo, si no se tuviera acceso a esta información lo recomendable es no utilizar el equipo hasta tener la información necesaria para su operación y mantenimiento, esta información puede ser solicitada vía Internet al fabricante del equipo y si se decide buscar ésta por otros medios, se debe tener la certeza que la información que se obtuvo es de la marca y modelo del equipo que se requiere.

5.1.1 Manuales

Los manuales son una herramienta muy importante tanto para el manejo como para el mantenimiento del equipo en cualquier industria, en los manuales podemos encontrar toda la información necesaria para el buen funcionamiento del equipo. Ante todo se debe respetar la información que en los manuales del fabricante aparezca, ya que las máquinas están diseñadas para trabajar bajo ciertas condiciones y la forma más efectiva de alargar la vida del equipo es siguiendo todas las recomendaciones de los fabricantes al pie de la letra. En ocasiones algún asesor o proveedor puede dar recomendaciones que no coincida con los manuales, es esos casos, lo correcto es hacer lo que recomienda el fabricante.

Para cualquier tipo de maquinaria nueva o usada se debe poseer los manuales tanto de operación como de mantenimiento.

5.1.2 Proveedores

Durante la operación de cualquier empresa, siempre llegarán ofrecimientos de nuevos proveedores o puede surgir la necesidad, para la empresa, de buscarlos. Al cambiar de producto o de marca de producto siempre se debe exigir al proveedor las especificaciones del producto que provee, éstas deben cumplir con los requerimientos de los manuales del fabricante. Se debe escoger siempre al proveedor que más garantice tanto la calidad del producto, como la existencia en un momento determinado de necesidad del producto.

5.2 Nuevos aceites

La tecnología de los aceites lubricantes está en constante cambio, los fabricantes por su parte, en todo momento están exigiendo nuevas especificaciones y requerimientos a los productores de lubricantes, también las normas ambientales cada vez son más exigentes y obligan a los productores a hacer modificaciones a las fórmulas originales para que cubra con los requerimientos nuevos. Se debe estar informado sobre los cambios en la tecnología de los lubricantes y tener el conocimiento de las marcas de aceites lubricantes que cumplen con las últimas especificaciones y de los requerimientos en lo que a especificaciones se refiere por parte de los fabricantes del equipo.

5.3 Sugerencias

Una buena práctica es estar siempre abierto a escuchar y evaluar sugerencias, para después implementar planes de acción si estos fueran necesarios, por lo cual se implementó un canal para la recepción de sugerencias, el cuál las hace llegar a la gerencia para su evaluación y la determinación de futuros planes de acción.

5.4 Personal nuevo

La documentación de las rutinas de mantenimiento tiene varias funciones, entre ellas el tener documentos de apoyo para la capacitación de personal nuevo, si en determinado momento no se tiene acceso a la experiencia del personal antiguo, se cuenta con documentos que respaldan y guían las actividades que corresponde realizar en todas las rutinas de mantenimiento.

5.4.1 Capacitación a personal nuevo

Toda persona que inicie a trabajar en el departamento de mantenimiento debe recibir capacitación basada en los documentos ya existentes para las rutinas de actividades, la importancia de la capacitación sobre las rutinas de mantenimiento radica en que la empresa se asegure que el trabajador tendrá los conocimientos necesarios para desempeñar correctamente el mantenimiento que requiere la maquinaria, dentro de la documentación existen referencias sobre el tipo de lubricante que debe utilizar cada componente de la

maquinaria y de esta forma reducir el riesgo de desperfectos por mala administración de lubricantes.

CONCLUSIONES

1. Para la buena utilización de recursos en una empresa dedicada a la renta de grúas industriales se requiere un análisis minucioso sobre la manera de hacer las cosas y el por qué de ella, mediante un estudio de lubricación se puede reducir la cantidad de dinero empleada para mantenimiento en una cifra significativa y además, asegurar la adecuada lubricación de la maquinaria para el alargamiento de su vida útil.
2. Existen diferentes aceites lubricantes según el tipo de aplicación, desde su fabricación los aceites son diseñados, modificados y se le añaden a las bases, los aditivos que cada aplicación requiere. Entre las variables que influyen para la fabricación del lubricante, están la temperatura de trabajo, la presión de trabajo, el tipo de materiales a lubricar y los requerimientos de los fabricantes de equipo.
3. En las grúas industriales, los componentes que están sujetos a lubricación son: el motor de combustión interna de la grúa, motor de combustión interna del camión de la grúa, sistema de dirección hidráulica, sistema de levantamiento hidráulico, transmisión manual o automática, diferencial, mando final, cojinetes y chasis.

4. Las grúas industriales trabajan en condiciones extremas en cuanto a contaminación, largos períodos de operación, condiciones climáticas y potencia exigida a los sistemas, por lo que se requiere la utilización de lubricantes que cumplan con las exigencias de los fabricantes en cuanto a rendimiento y calidad de aditivos, la última norma para lubricantes de motores diesel de la API es la CI-4, para aceites para motores a gasolina es la SL.

5. Para la correcta toma de muestras de aceite usado es necesario tomar en cuenta aspectos como la estricta limpieza en las herramientas para la toma de la muestra, es necesario también que el motor se encuentre a temperatura de operación para que las partículas no estén sedimentadas en el fondo del sistema de circulación, no tener contacto con el aceite de la muestra, de lo contrario los resultados del análisis pueden variar de la situación real del aceite y del componente lubricado.

6. Los análisis de laboratorio de aceite dan a conocer tres situaciones, éstas son: el estado del aceite, el estado de la maquinaria y la presencia de contaminantes dentro del motor. El estado del aceite se puede determinar a partir de los rangos de viscosidad y el índice de viscosidad de la muestra de aceite, además se puede determinar el nivel de aditivos que contenga el aceite; entre los elementos que se utilizan para fabricar estos aditivos están el fósforo, azufre, o combinaciones de estos elementos. El estado de la maquinaria se determina mediante los niveles satisfactorios, anormales o críticos de los metales de desgaste, los cuales principalmente son aluminio, cromo, cobre y hierro. La presencia de contaminantes se ve directamente relacionada con la

situación del aceite y de la maquinaria, los contaminantes más comunes son: silicio, agua, sodio y potasio.

7. Según los análisis de aceite practicados a una muestra representativa de los motores de las grúas, si es factible alargar el intervalo de cambio de los aceites de motor de 250 horas a un período de cambio de 275 horas de uso, con lo cual no se pone en riesgo la vida útil de la maquinaria debido a que los resultados muestran los niveles de los metales de desgaste dentro de límites satisfactorios.
8. Con la implementación del estudio de lubricación se pueden analizar comparativamente los costos originales con un alargamiento del intervalo de lubricación en 25 horas, lo cual, en lo referente al aceite de motor, mano de obra y costo de oportunidad por maquinaria parada, tiene un ahorro estimado en Q 178,433.27 por año.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

RECOMENDACIONES

1. En las empresas se tiene al personal acostumbrado a realizar las cosas de cierta manera, se deben realizar análisis de las formas en que se realizan las labores y encontrar una razón fundamentada como respuesta a todo lo que se hace, esto ayudará a encontrar siempre mejores formas de realizar las cosas y así reducir costos.
2. Para la correcta selección de aceites lubricantes, se debe recurrir a los manuales de los fabricantes, es la fuente más confiable sobre los requerimientos del sistema. Si no se tiene acceso a los manuales, se deben analizar las condiciones de operación del sistema y buscar un lubricante cuyas especificaciones coincidan con las condiciones de operación.
3. Un mismo equipo puede utilizar varios tipos de lubricantes, por lo que no se debe generalizar un solo lubricante para todo el equipo, es necesario describir las condiciones de operación de cada componente para aplicar el lubricante adecuado.

4. Los mismos sistemas, dependiendo de las condiciones de funcionamiento pueden utilizar lubricantes diferentes, por lo que antes de aplicar un lubricante de sebo asegurar que las condiciones de funcionamiento coincidan con las especificaciones de éste.

5. Se debe tener el cuidado de tomar las muestras de aceite bajo las condiciones adecuadas para que ésta represente la situación real del lubricante, nunca tomar una muestra de aceite sin antes asegurarse que éste se encuentre a temperatura de operación, además no se debe de tener contacto físico con la muestra y la higiene es un aspecto importante a considerar para la representatividad de la muestra.

6. Para la interpretación de resultados es necesario tener en cuenta qué tipo de motor se está analizando, aunque estén en las mismas condiciones, no todos los motores arrojan resultados iguales por lo que al enviar muestras al laboratorio debe incluir la mayor cantidad de datos del sistema y su situación para una mejor interpretación de resultados.

7. Aparentemente alargar los intervalos de cambio conlleva un ahorro pero para que esto se dé, se debe tener la seguridad de que en el intervalo propuesto se obtenga los límites de desgastes y contaminantes permitidos, de lo contrario lejos del ahorro se provoca un gasto mayor.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

8. No necesariamente todas las acciones que se tomen sobre un análisis van a representar ahorro para una empresa, por lo que para el aseguramiento de la existencia de beneficios económicos, es necesario siempre hacer un análisis de costos para comparar los costos originales con los generados con la implementación.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

BIBLIOGRAFÍA

1. Citgo Petroleum Corporation. **Lubricantes automotrices e industriales.** Miami, Estados Unidos de América: s.e., 1997.
2. Citgo Petroleum Corporation. **Boletín informativo aceites usados.** Tulsa OK. Estados Unidos de América: s.e., 1999.
3. Detroit Diesel. Used lubricating oil análisis **Technician's guide. S.I., s.e., s.a.**
4. Esso Standard Oil S.A. , **Manual de aseguramiento de calidad,** Guatemala: s.e., 1995.
5. García Villavicencio, Jaime Luciano. Planeamiento de la Lubricación en máquinas de producción. Tesis Ing. Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1986.
6. <http://www.citgo.com/products>
7. <http://www.solomantenimiento.com>
8. <http://www.texaco.com.gt/catalogo>
9. Jiménez, Gustavo. **Pruebas de Laboratorio en aceites lubricantes.** Venezuela: Editorial Neográfica C.A. s.a.
10. Lubrizol Petroleum Chemicals Company. **Intervalos de drenaje para motores diesel.** (Cleveland-Ohio, Estados Unidos de América), (# C-9995), octubre, 1989.
11. Maraven, S. A. **Pruebas de laboratorio en aceites lubricantes usados y su interpretación.** Caracas Venezuela: s.e., s.a.
12. Maraven, S.A. **Resumen de métodos de análisis para productos lubricantes.** Caracas Venezuela: s.e., s.a.
13. Obert, Edward F. **Motores de Combustión Interna, Análisis y Aplicaciones.** México: Editorial Continental S.A. de C.V., 1992.
14. Oronite Additives. **Testing used engine oils.** Richmond-California, Estados Unidos de América: s.e., 1983.
15. Product Technical Services. Petroleum Products Department. **Línea Básica, Lubricantes y Especialidades Afines.** 11 ed. Estados Unidos de América; Esso Inter-América Inc. Exxon Corporation, s.e. 1982.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ANEXO 1

Tabla XI. Clasificación de viscosidades para lubricantes de motor

Grado SAE	Viscosidad Máx. (cP) Arranque en frío a la temperatura indicada °C (b)	Viscosidad Máx. (cP) Bombeo a baja temp. s/efuerzo de fluencia a la temp. Indicada en °C (c)	Viscosidad Cinemática (cSt) @ 100°C (d)		Viscosidad alta temperatura alta tasa de corte (cP) a 150°C y 10 ⁶ s (e)
			Min.	Máx.	
0 W	9200 a - 35	60000 a -40	3,8	-	-
5 W	6600 a - 30	60000 a -35	3,8	-	-
10 W	7000 a - 25	60000 a -25	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	-	-
20	-	-	5,6	menor que 9,3	2,6
30	-	-	9,3	menor que 12,5	2,9
40	-	-	12,5	menor que 16,3	2,9 (*)
40	-	-	12,5	menor que 16,3	3,7 (**)
50	-	-	16,3	menor que 21,9	3,7
60	-	-	21,9	menor que 26,1	3,7

Nota: 1 cP = 1 mPa x s; 1cSt = 1 mm²/s

- (*) Los Grados 0W-40, 5W-40, 10W-40
- (**) Los Grados 15W-40, 20W-40, 25W-40, 40

Fuente: **CITGO Petroleum Corp.** www.citgo.com