

T  
621-9  
HAB

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica**

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

"DETERMINACION DE LA VIDA PROBABLE DE  
LOS MOTORES DE ELEVADORAS PORTA  
CONTENEDORES EN BASE AL EMPLEO DE  
LUBRICANTES DE PRODUCCION NACIONAL"

**INFORME TECNICO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECANICO**

Presentado por:

WALTER EFREN HABLICH CANSING

\*\*\*\*\*

GUAYAQUIL

ECUADOR

AÑO

1994



## AGRADECIMIENTO

Al Ing. ERNESTO MARTINEZ G.  
Director de éste Informe  
Técnico, por su ayuda,  
colaboración y abnegada  
preocupación para que éste  
trabajo concluya.

A mis compañeros y amigos  
que con su apoyo moral  
hicieron posible el  
cumplimiento de esta obra.



DEDICATORIA

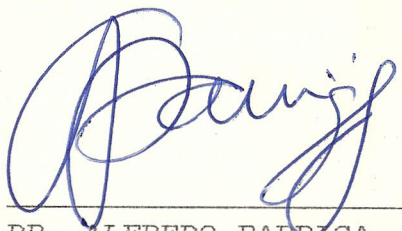
A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

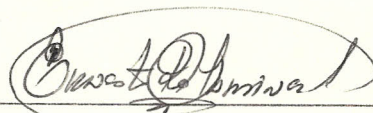
A MI ESPOSA Y

A MIS HIJAS





DR. ALFREDO BARRIGA  
Decano



ING. ERNESTO MARTINEZ  
Director de Informe



ING. FRANCISCO ANDRADE  
Miembro Tribunal



DECLARACION EXPRESA

Declaro que:

" Este informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica ".

( Reglamento de Graduación mediante la elaboración de Informes Técnicos ).



WALTER EFREN HABLICH CANSING



## RESUMEN

El presente informe técnico tiene como objeto de darle la importancia al área más descuidada dentro del mantenimiento, esto es la lubricación.

Para su mayor comprensión, es necesario conocer algunas bases que sustenten una decisión al momento de su aplicación y que además den a esta actividad una mayor importancia para la conservación de los equipos.

Como supervisor de lubricación de la división de mantenimiento de AUTORIDAD PORTUARIA DE GUAYAQUIL, he llegado a determinar un adecuado mantenimiento de los equipos. Esto es aprovechando las bases de las teorías existentes que, apoyadas con la experiencia, me permite establecer un análisis de los lubricantes como también, la determinación de un problema mecánico.

Para el control del desgaste interno del motor, problemas mecánicos y la vida de los lubricantes, he realizado varios análisis en el laboratorio, lo cual sirve para la disminución de las horas de operación de los equipos.

He seleccionado como prototipo 2 elevadoras portacontenedores de 40 Tons. de capacidad, con motor CAT-3208 TURBO - CARGADO de 225 HP a 2400 R.P.M.

Seleccioné 2 tipos de aceites lubricantes de producción nacional para motores, y los designe X e Y.

Se procedió a la operación de los equipos con los aceites seleccionados, tomando muestras a los 100, 150, 200, y 250 horas de operación.

Los resultados de los análisis tanto generales como espectrográficos, determinó que en ambos casos tenían el mismo problema de contaminación por hollín y alta concentración del elemento cobre. En uno de los equipos, en la última muestra, se registró un aumento considerable de silicio por posible entrada de tierra al motor.

Analizando las posibles causas que generaron estas contaminaciones de los equipos, determiné que existía un problema mecánico en el turbo - cargador.

Con este estudio he obtenido que los equipos no sufran daños de consideración por las causas antes mencionadas.



## VII

Dando como resultado con anticipación, conocer los problemas serios, ahorrando tiempo y dinero en las reparaciones e identificando de antemano, las áreas problemáticas y corrigiendo las prácticas inadecuadas de mantenimiento.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	V
INDICE GENERAL .....	VIII
SIMBOLOGIA .....	XI
INDICE DE FIGURAS .....	XII
INDICE DE TABLAS .....	XIII
DEFINICION DEL PROBLEMA .....	14

### CAPITULO I

I.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS LUBRICANTES PARA MOTORES DE ELEVADORAS .....	15
1.1 Estudio de la lubricación .....	15
1.2 Función de los lubricantes .....	22
1.3 Tipos de lubricantes .....	24
1.4 Características de los aceites lubricantes .....	27
1.4.1 Lubricantes para carter .....	38
1.4.2 Aditivos comunmente usados .....	46
1.5 Factores para seleccionar lubricantes .....	56



## IX

### CAPITULO II

II.- DETERMINACION DE FALLAS DE MOTORES POR LUBRICACION .....	58
2.1 Fallas probables en los motores .....	61
2.2 Problemas ocasionados por depósitos de carbón .....	63
2.3 Vida útil de los equipos .....	64

### CAPITULO III

III.-ANALISIS DE ACEITES LUBRICANTES USADOS .....	69
3.1 Análisis general .....	77
3.2 Análisis espectrográfico .....	78
3.3 Condiciones que limitan la vida de los lubricantes .....	83
3.3.1 Gráfico curva de desgaste en función de la calidad del aceite y del tiempo de funcionamiento .....	85
3.4 Ventajas del análisis de aceites lubricantes usados .....	87

### CAPITULO IV

IV.- SELECCION PROPUESTA .....	95
4.1 Requerimiento del motor de elevadora porta-contenedor: Tipo de Aceite.....	97
4.2. Características de aceite lubricante seleccionado.....	98

4.3 Análisis de resultados .....	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	105-108
BIBLIOGRAFIA .....	110



## SIMBOLOGIA

VI	:	Indice de viscosidad
S	:	Velocidad de corte
H	:	Espesor de la película de aceite
A <sup>o</sup>	:	Area
F	:	Fuerza de corte
V	:	Viscosidad
T	:	Temperatura
A', B'	:	Curvas
°C	:	Grados Centigrados
SAE	:	Society of Automotive Engineers
API	:	American Petroleum Institute
MIL-L	:	Normas Militares
EP	:	Extrema Presión
TBN	:	Número Total de Base
X, Y	:	Tipos de aceites
A, B	:	Equipos
p.p.m	:	Partes por millón
Si	:	Silicio
Al	:	Aluminio
Pb	:	Plomo
Fe	:	Hierro
Cu	:	Cobre
a1, a2, a3	:	Coefficientes para calcular la vida útil de un equipo.
Ic.	:	Indice de corrección.
Ea	:	Estimación de la vida útil del equipo.

## INDICE DE FIGURAS

Pág.

1.- Sin lubricación .....	
2.- Lubricación .....	
3.- Acción hidrodinámica y formación de la película de aceite .....	
4.- Aceite : Refinación y Elaboración .....	
5.- Viscosidad .....	
6.- Curvas típicas basadas en base aritmética .....	
7.- Curvas típicas basadas en base logaritmica .....	
8.- Índice de viscosidad .....	
9.- Curva para encontrar el índice de corrección....	
10.- Vista lateral equipo A .....	
11.- Vista lateral equipo B .....	
12.- Toma de muestra de equipo A .....	
13.- Toma de muestra de equipo B .....	
14.- Vista de gases de escape .....	
15.- Vista interior del turbo (turbina gases de de escape) .....	
16.- Vista eje y bocines de la turbina .....	
17.- Vista interior rines del turbo .....	
18.- Desgaste del equipo en función de la calidad del aceite y del tiempo de funcionamiento .....	
19.- Curvas de desgaste ( Fig. 20-21-22-23-24) .....	
25.- Dirección de los gases de escape a la turbina ..	



## INDICE DE TABLAS

Pág.

I.-	Guía general VI .....	
II.-	Relación de grados de viscosidad con respecto a la temperatura .....	
III.-	Rendimiento de los aceites y clasificación por servicio de motores a gasolina .....	
IV.-	Rendimiento de los aceites y clasificación por servicio de motores a diesel .....	
V.-	Coefficientes $\alpha$ para calcular la vida útil de un equipo, bajo determinadas condiciones de operación.....	
VI.-	Tabla de desgaste normal de motores .....	

## DEFINICION DEL PROBLEMA

Este estudio está basado en uno de los problemas que sostiene Autoridad Portuaria de Guayaquil, esto es la falta de equipos operativos de elevadoras porta-contenedores. Para esto se toma como antecedente un caso anterior el cual una elevadora porta contenedor Caterpillar V 900 CH de 40 Tons, de capacidad sufrió daño de consideración en el motor, por el consumo excesivo de aceite, en un tiempo corto de operación de la vida útil del equipo (aproximadamente 2000 horas de operación).

Un caso similar esta sucediendo a los demás equipos de la misma característica , por lo que existe la necesidad de investigar un problema mecánico, la vida útil del aceite lubricante y el desgaste interno del motor, producido por la falta de un programa de mantenimiento y por la selección inadecuada del tipo de aceite lubricante para el motor.



## CAPITULO I

### CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS LUBRICANTES PARA MOTORES DE ELEVADORAS.

#### 1.1 ESTUDIO DE LA LUBRICACION

La lubricación es tan importante para la industria como cualquier otra fase de la ingeniería.

La lubricación es una parte tan vital de la máquina, como sus partes internas del motor.

Lubricación puede definirse de varias maneras. Pero la más simple, se podría decir que la lubricación significa proporcionar una película suave o resbaladiza y que separa dos piezas en movimiento para permitirles que se muevan una con respecto a la otra.

Hablando técnicamente, la lubricación se define como:

El principio de soportar una carga deslizante sobre una película que reduce la fricción.

Uno de los problemas más grandes de la mecánica es la fricción y los consiguientes problemas de la generación de desgaste, ruido y calor. Por lo que podrá decir que la lubricación reduce la fricción a un grado mínimo, sustituyendo la fricción seca por la fricción fluida.

La fricción seca es el rozamiento entre partes sólidas, mientras que la fricción fluida es el interponer las superficies sólidas en movimiento una capa fluida de lubricante.

Existen dos tipos de deslizamiento (fricción).

\* Fricción seca → 

→	Fricción deslizante
→	Fricción rodante

\* Fricción fluida

La fricción es simplemente la fuerza que retarda las cosas en movimiento. Esto es evidente, pero al tratar de hacer algo para anularlo se llega a la conclusión de que no es una tarea tan sencilla y esta fuerza no es tan simple como parece. realizando un exámen



microscópico como se muestra en la figura # 1. Las piezas de metal maquinadas pone de manifiesto que sus superficies, por muy lisas que parezcan a simple vista. Son en realidad una serie de crestas y valles.

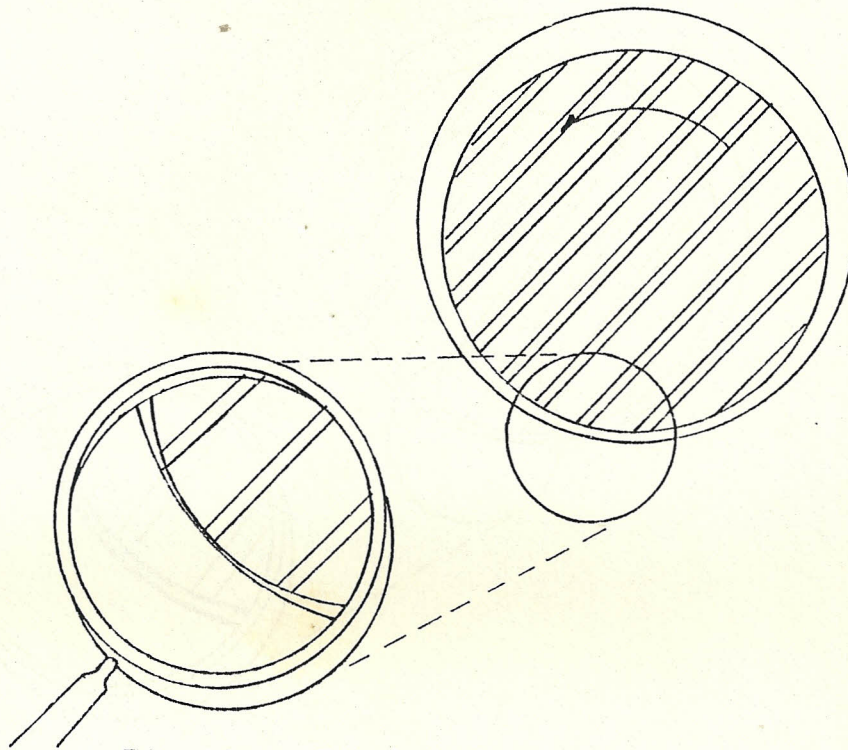


Fig. 1 .- Sin Lubricación

Se produce fricción al deslizarse las superficies en contacto una sobre la otra y dañarse físicamente las partes altas de estas crestas.

Esta acción produce desgaste, ruido y generación de calor. La cantidad de desgaste que puede ocurrir depende de la cantidad de carga o peso que se aplique.

Introduciendo un lubricante entre estas superficies se las mantiene separadas y de esa forma se reduce la fricción, como se muestra en la figura # 2.

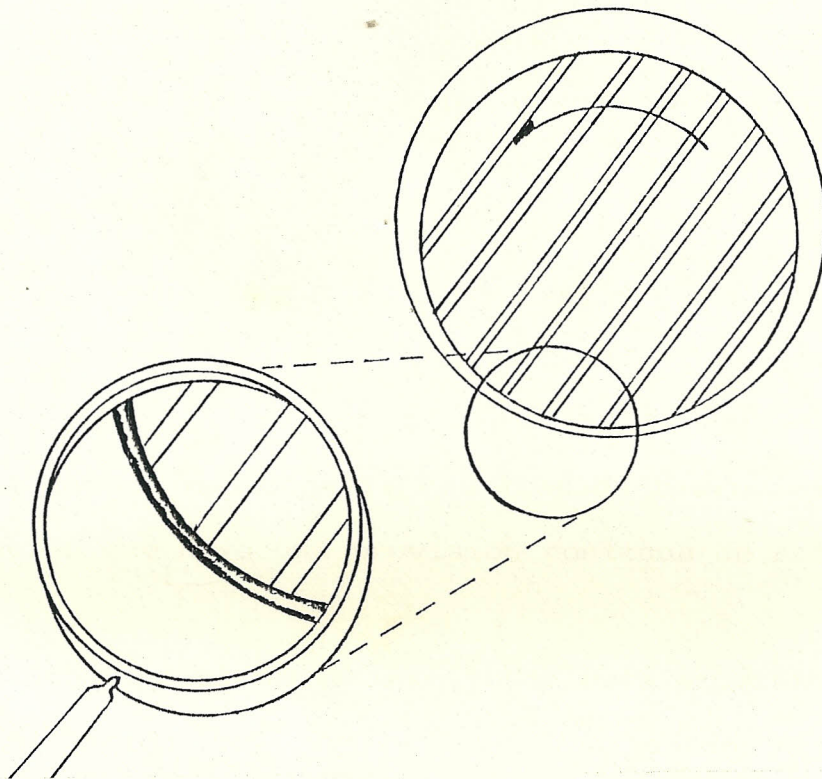


Fig. 2.- Lubricación

Un lubricante de mala calidad o inadecuado no separa suficientemente estas superficies.

Por consiguiente, las crestas todavía se tocan y no se reduce suficientemente la fricción.

Este tipo de lubricación es el que se conoce como lubricación límite.



por supuesto todavía hay cierta lubricación, pero no es adecuada para proteger las piezas en movimiento.

la lubricación eficiente mantiene las superficies completamente separadas impidiendo que entren en contacto.

Este tipo de lubricación se conoce como lubricación hidrodinámica o de película de fluido completa.

Para que se mantenga la lubricación hidrodinámica es preciso que haya una provisión continua de aceite.

Sin embargo, el mantenimiento de esta provisión no es solo función del sistema de lubricación sino que también depende igualmente del diseño correcto de las piezas.

En forma esquemática, como se muestra en la figura # 3, se puede observar que una pieza con bordes agudos quita en efecto una capa del aceite de otra superficie al pasar sobre ella, sin embargo, si la pieza obliga al aceite a entrar por debajo, creando una cuña de aceite que separa las dos superficies, manteniendo las condiciones requeridas para la lubricación hidrodinámica, la cual reduce la fricción

y protege las piezas.

Un ejemplo típico de esta forma de lubricación es el de los cojinetes.

Cuando un eje cilíndrico está parado descansa sobre el fondo del cojinete. Al empezar a girar arrastra consigo el aceite y se forma la cuña.

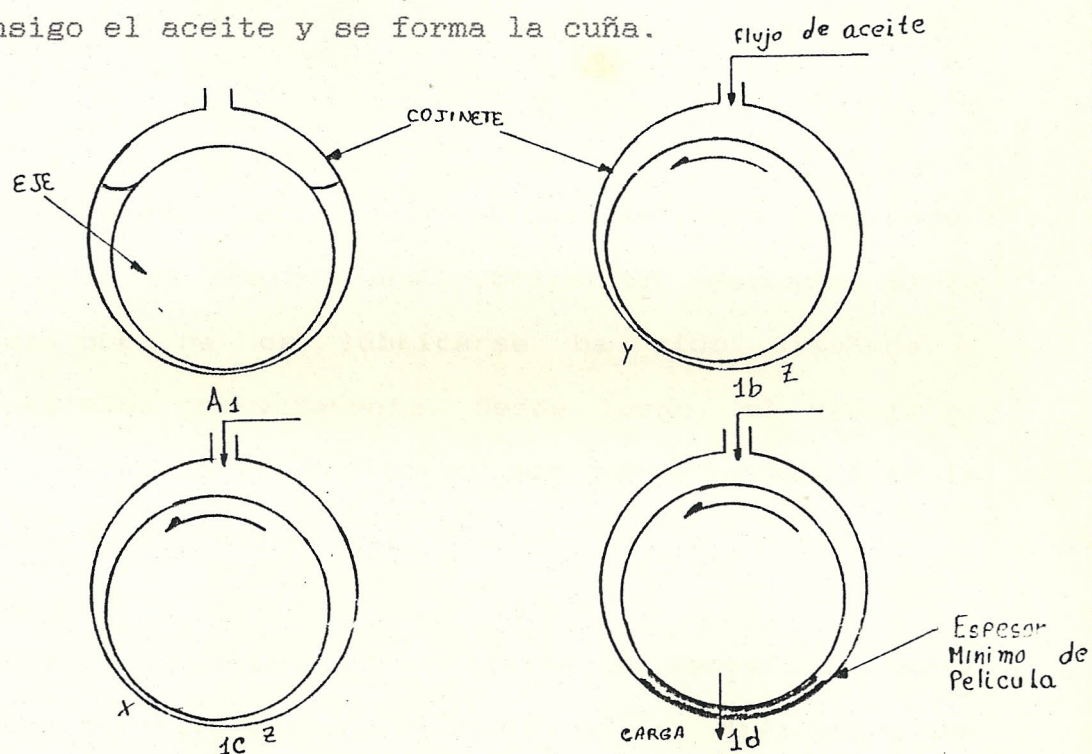


Fig. 3.- Acción hidrodinámica y formación de la película de aceite.

Fig.1a.-En reposo, el aceite ha sido expulsado por el contacto. Fig.1b.-Al iniciarse el movimiento, el eje trata de subir el cojinete hacia Y; el aceite empieza a fluir hacia el espacio Z. Fig.1c.-Aumenta la



velocidad; el eje empieza a resbalar sobre el aceite en Z y también empieza a arrastrar aceite a X; el eje flota en el aceite. Fig.1d.-Al aumentar la velocidad a un punto determinado, el eje se desplaza al lado opuesto de la posición B (al punto en donde se indica el mínimo espesor de la película); la presión de la película aumenta considerablemente y resiste la carga.

Con esta explicación simplificada se puede comprender que solo es posible una lubricación adecuada. Si la pieza que ha de lubricarse ha sido diseñada y construida correctamente. Desde luego, el elegir el tipo correcto de aceite es una parte esencial de la ecuación de la lubricación.

Al fin y al cabo, si el aceite es demasiado espeso puede ocurrir que las piezas tengan dificultad en moverse y recalientan, pues el aceite espeso tarda más en llegar a las zonas donde se necesita. Por otra parte si el aceite es demasiado delgado, la película lubricante puede no ser suficiente para proveer la barrera necesaria para impedir el desgaste.

Así pues, la elección del aceite correcto es de importancia primordial.

## 1.2 FUNCION DE LOS LUBRICANTES

Los lubricantes tienen una función muy importante es reducir la fricción, el desgaste y el ruido como también el mantener el mínimo de temperatura.

Un lubricante puede realizar esta función de dos maneras;

- 1.- Venciendo la fricción que es un factor importante en el incremento de temperatura.
- 2.- Transportando este calor producido por la fricción interna de las molécula de lubricante hacia las partes más frías del motor, esta función es de mucha importancia ya que mantiene toda la máquina casi a una temperatura constante.

La suciedad y otras formas de contaminación pueden ocasionar serios problemas en las piezas en movimiento en muchos tipos de maquinarias.

La lubricación ejecuta en este caso otra importante función, impidiendo la entrada de contaminantes que podrían acortar la vida de los engranajes y cojinetes lo cual ocasionaría reparaciones costosas y las consiguientes cambios de piezas.



El óxido y la corrosión pueden ocasionar daños costosos a muchas clases de maquinarias y los lubricantes ejecutan una función importante en la prevención de esos daños al formar una capa protectora que no permita la entrada de humedad o sustancias corrosivas.

Los lubricantes también sirven para amortiguar en el golpe que frecuentemente se presentan en las máquinas en movimiento.

Por ejemplo, el impacto causado por el contacto de los engranajes en la fase de arranque especialmente es amortiguado en gran parte por el aceite que ha quedado entre los dientes de los mismos.

### 1.3 TIPOS DE LUBRICANTES

Si se examina la naturaleza del aceite para ver como ayuda a superar uno de los problemas de la mecánica, la fricción.

Se conoce de que la mayoría del petróleo se extrae de la tierra mediante costosas operaciones y de operación.

El resultado de estas operaciones es un producto crudo principalmente hidrocarburos, que contiene muchas impurezas.

Este petróleo crudo se destila o fracciona industrialmente para producir alquitranes, aceites pesados, medianos y livianos, gas y gasolina.

Con el refino mediante solventes se eliminan las impurezas que quedan y se obtienen los aceites de base, que son los elementos principales del productos.

Mientras que las grasas son sustancias especiales de la adición de aceite con jabón químico.



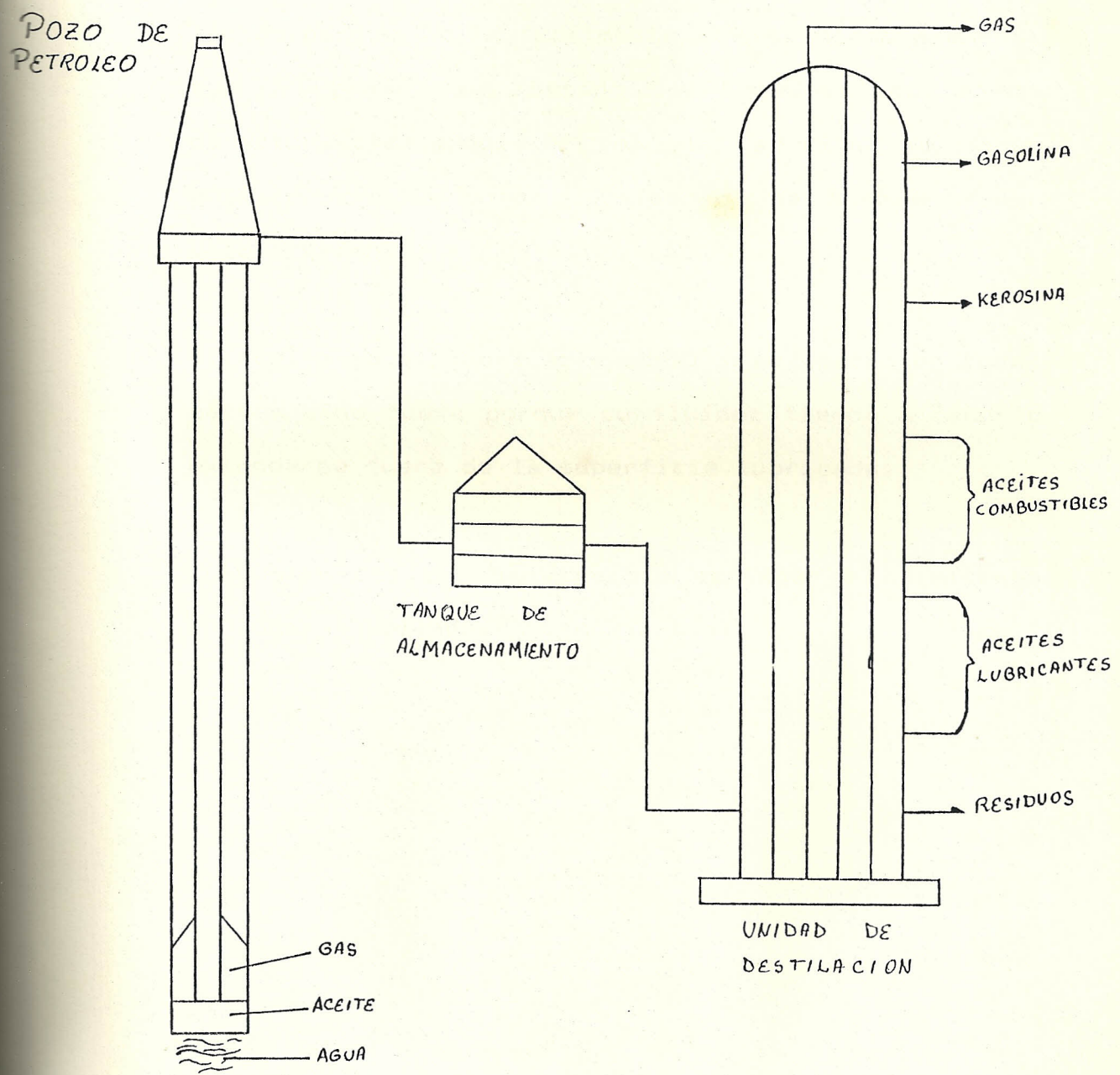


Fig. 4.- Aceite: Refinación y elaboración

¿Porqué se usa unas veces aceites y otras grasas?.

¿Cuál es la diferencia entre los dos?

En realidad los dos tipos de lubricantes son similares, pero existe una diferencia, el aceite es fluido porque fluye facilmente por si mismo mientras que la grasa su estado es semi-sólido, esta característica adquiere con la adición de jabón químico pero se puede considerar que también fluye bajo presión.

El aceite es el lubricante ideal y se usaría en todas partes sino fuera porque su fluidez tienda a hacerlo extenderse fuera de la superficie lubricada.

Cuando es difícil o imposible mantener el aceite en su lugar - sellado - usamos grasa.



#### 1.4 CARACTERISTICAS DE LOS ACEITES LUBRICANTES

Los aceites bases, son los lubricantes más populares debido a su relativo bajo costo que resulta de dos factores.

- 1.- Son productos del residuo obtenido de la destilación de petróleo.
- 2.- El progreso de las técnicas de proceso y mezcla que han hecho posible una gran capacidad de producción de los aceites básicos, se puede obtener una enorme variedad de productos terminados.

Los aceites lubricantes, representan unicamente una mínima fracción del total de productos que salen de una refinería.

El comportamiento de los modernos aceites lubricantes es el resultado de combinaciones adecuadas de crudos cuidadosamente seleccionados, una refinación también muy cuidadosa y el empleo de muchos tipos de compuestos químicos especialmente elaborados, conocidos como aditivos.

Ensayos físicos y químicos .- En la actualidad, se

acostumbran ciertos ensayos de laboratorio de rutina como medio para identificar los aceites lubricantes que no han sido usados para conocer su composición y sus características generales, estos ensayos por si solo no indican el desempeño de un aceite en un motor, sin embargo junto con los ensayos de laboratorio efectuadas en motores permiten predecir un nivel de funcionamiento con bastante exactitud.

los ensayos pueden ser aplicados también a los combustibles en la misma forma que para los lubricantes.

Apariencia, color y olor .- Los ensayos que se emplean generalmente como indicadores para determinar si la muestra a ser inspeccionada es típica y del producto sin uso. Los aditivos con que se cuenta hoy en día imparten su propio olor particular al producto y afectan el color básico de la materia prima. Por lo mismo este tipo de ensayo no permiten llegar a la conclusión alguna en cuanto a calidad sino solamente a sospechas de las posibles características.

Gravedad API .- La gravedad, según la determina la norma ASTM - D 287, proporciona una indicación de que el aceite es básicamente parafínico o nafténico.



Aquellos aceites con gravedad inferiores a 20 son conocidos como naturaleza nafténica, mientras que los de gravedad y superior a 24 considerados parafínicos.

Los aceites de base mixta o mezcla de aceite nafténicos y parafínicos varían generalmente entre 20 y 24, sin embargo la adición de aditivos puede afectar la gravedad de un aceite terminado.

Viscosidad .- Es la propiedad que más interesa cuando se habla de aceites lubricantes, se la define como la medida de la resistencia a fluir debido a la fricción, interna, molecular, de un líquido en movimiento. En la figura # 5, se muestra como está definida la viscosidad a una temperatura dada.

$$\text{Viscosidad} = \frac{\text{Fuerza de corte (unitaria)}}{\text{Régimen de corte}}$$

$$\text{Viscosidad} = \frac{F / A}{S / H} = \frac{F H}{S A}$$

Donde: H: Grueso de la película de aceite

S: Velocidad

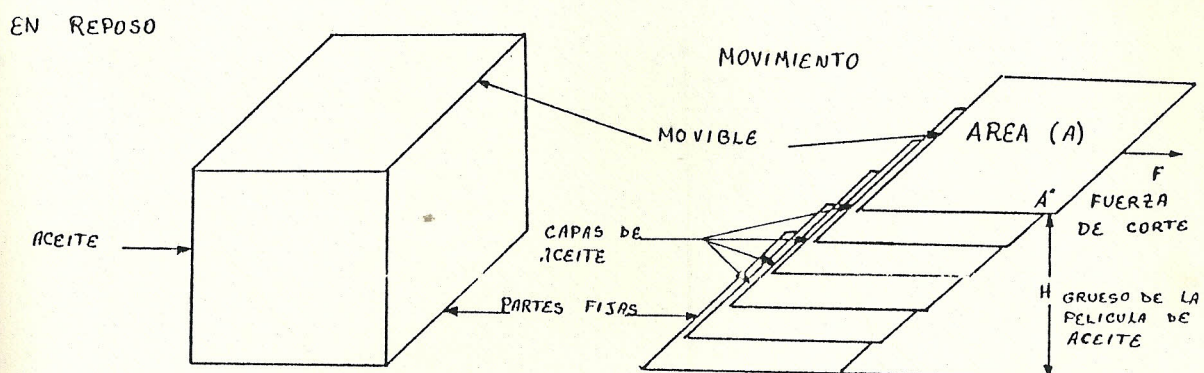


Fig. 5.- Viscosidad

Siendo la temperatura una medida del movimiento molecular, es la viscosidad de un líquido. El influye en la viscosidad siempre va acompañado de la temperatura a la cual fué o tiene que ser estabilizada en el laboratorio. En la figura # 6 y 7, se muestra que la viscosidad varía inversamente con la temperatura.

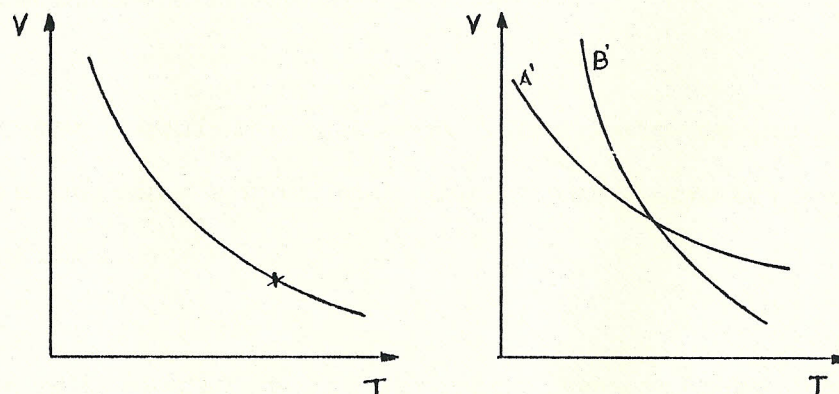


Fig. # 6.- Curvas típicas basadas en base aritmética



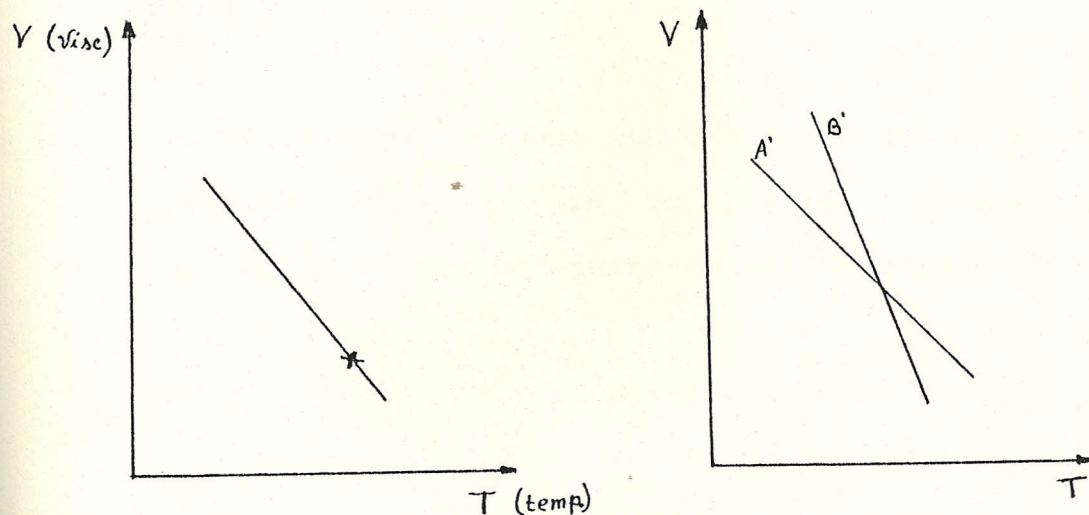


Fig. # 7.- Curvas típicas basadas en base logarítmica

Indice de viscosidad (VI) .- VI es una escala arbitraria utilizada para mostrar la magnitud de los cambios de viscosidad en los aceites lubricantes, con los cambios de temperatura.

El primer requisito para un lubricante es que tenga la viscosidad apropiada para las condiciones de operación.

Si la viscosidad sufre grandes variaciones con la temperatura, será necesario buscar un aceite de alto VI, es decir, un aceite que muestre cambios relativamente pequeños de viscosidad, con la

temperatura.

La aplicación y rango de temperaturas de operación son los factores más importantes a considerarse cuando se escoge un aceite de alto o bajo VI.

TABLA I  
GUIA GENERAL VI

RANGO	INDICE DE VISCOSIDAD
Bajo	Bajo 0 hasta 40 ó 50
Moderado	De 50 a 90
Elevado	Arriba de 90

Por lo tanto la principal importancia del índice de viscosidad reside en que indica el comportamiento de un aceite en cuanto a su viscosidad en una amplia gama de temperatura.

Punto de inflamación .- Es la temperatura más baja a la cual el aceite emite vapores que se encienden momentaneamente, cuando se aplica una llama bajo condiciones específicas de ensayo.



El punto de inflamación es una buena referencia cuando se trata de seguridad contra incendios, si la temperatura de transporte, almacenamiento o utilización de un producto es cercano al punto de inflamación, deben tomarse precauciones contra el peligro de fuego o explosión.

Se lo utiliza también como medio para detectar contaminación de un aceite, es una segura indicación de que el producto se ha contaminado con otro más volátil.

Por ejemplo gasolina. Intimamente relacionado con el punto de inflamación, esta el punto de combustión; o sea la temperatura a la cual no solamente se enciende; sino que continua quemandose.

Punto de fluidez .- Es la temperatura más baja a la cual fluye un aceite en condiciones específicas de ensayo.

La fluidez es un factor importante para el arranque y operación en climas fríos de aceites que lubrican por presión o por un sistema de baño.

Los aceites de bajo punto de fluidez y viscosidad apropiada, fluirán por la entrada de la bomba,

manteniéndose en circulación a través de unidad, cuando esta a comenzado a funcionar.

Conforme disminuye la temperatura, el aceite se va haciendo más y más viscoso, el punto de fluidez nos da una referencia sobre la capacidad del aceite para fluir (viscosidad) y circular por una máquina, cuando existen bajas temperaturas.

Resistencia a la oxidación .- Cuando el aceite queda expuesto al aire, se combina con el oxígeno en un proceso que se conoce como oxidación y la habilidad para resistir esta oxidación es otra de las propiedades básicos de un aceite, el proceso de oxidación se acelera con temperaturas altas y en situaciones donde el aceite esta sometido a continua agitación.

Residuos de carbón .- La cantidad de coque o residuos que queda después que un lubricante se ha vaporizado y quemado bajo condiciones específicas, es considerado el residuo de carbón. Este residuo fue empleado como medida indicadora de los posibles residuos (de carbón) que se podrían encontrar en motor.



El significado del residuo de carbón en relación con los modernos aceites con aditivos es relativamente menor en cuanto a predicción de la formación de depósitos, pero todavía es empleado para llevar a cabo comparaciones.

Se utilizan dos métodos para llevar a cabo esta determinación, los mismos que no producen resultados idénticos, pero están relacionados empíricamente mediante tablas adecuadas.

Contenido de cenizas .- El contenido de ceniza de lubricantes es la cantidad de material no combustible presente en el aceite. Los aceites minerales puros, limpios no tienen ceniza. Sin embargo muchos de los aceites modernos para motores contienen aditivos con bases metálicas, como: bario, calcio y zinc. Y el aceite acabado tiene tanta ceniza como cantidad de metal presente.

Se emplean dos ensayos de ceniza el ASTM - D 482, llamado también de ceniza, el ASTM - 874, que es el de ceniza sulfatada.

Los aceites de tipo de aditivo son evaluados mediante el método sulfatados el cual utiliza ácido sulfúrico añadido a la ceniza para prevenir la pérdida de los

metales y volátiles al convertir los metales en sus sulfatos.

En los aceites nuevos, la presencia de la ceniza sulfatada es un indicativo de la cantidad de aditivos metálicos presentes.

Sin embargo cualquier componente orgánico del conjunto aditivo, generalmente los dispersantes y algunos inhibidores, se volatilizan durante la combustión, así que no se puede medir realmente la cantidad total de aditivos presentes.

Los aceites lubricantes para motores van desde los aceites minerales puros hasta los aceites para cilindro diesel de alto contenido de ceniza. La importancia del contenido de ceniza varía entre los fabricantes de motores, algunos requieren aceites sin ceniza o bajo contenido de ceniza, mientras que otros prefieren los aceites con un contenido moderado o relativamente alto de ceniza.

En general, se supone que los aceites de bajo contenido de ceniza o sin ella son menos propensos a depositar formaciones en los cojinetes propulsoras o de potencia, mientras que los aceites de mayor



contenido de ceniza retrasan el desgaste y la ranuración del asiento de la válvula.

Los aceites con un contenido de ceniza inferior al 0.5 %, puede ser considerados bajos de ceniza, entre 0.5 - 1.5 % son considerados medio cenizas, y los que estan por arriba de 1,5 % son considerados aceites con alto contenido de cenizas.

Número base total (TBN) .- El número total base es una medida de la alcalinidad del aceite y puede ser determinado mediante la norma ASTM D - 664, con procedimientos potenciométricos y no dependen de el cambio de color observado.

El TBN es importante para analizar los aceites de motor diesel usados. En el caso de los aceites no usados, es importante saber si el aceite es del tipo alcalino y en caso de ser afirmativo que grado de alcalinidad alcanza, ya que la centralización de los productos ácidos de la combustión y el azufre de los combustibles están directamente relacionados con el desgaste debido a la corrosión.

#### 1.4.1 LUBRICANTES PARA CARTER

Los vehículos modernos, tanto con motor de gasolina como de diesel, están diseñados con arreglo a las más altas características de comportamiento.

Los constructores y usuarios emiten especificaciones que abarcan los tipos de lubricantes que hay que usarse en los motores, para esto existen normas y fichas técnicas para su aplicación.

Actualmente estas normas de usuarios abarcan toda la variedad de tipos de vehículos y condiciones de servicio.

Estas normas son emitidas por diversos organismos nacionales e internacionales.

SAE : Society of automotive Engineers

API : American Petroleum Institute

AGMA: American Gear Makers Association

CCMC: Las normas del mercado común Europeo

DIN : Las normas Industriales de la República

Federal de Alemania



DEF : Militares de Defensa Británicas  
DOT : Ministerio de transporte de EEUU  
ISO : International Standards Organization  
JIS : Industria Japonesa  
MIL-L: Normas Militares de los EE.UU

Las normas más corrientes son: SAE, API, MIL-L.

La SAE, se refiere a las características físicas de los lubricantes la API Y MIL-L, se refiere a los niveles de comportamiento de un lubricante.

Los aceites de lubricación para motores de automóviles se clasifican en dos categorías o grados.

Se conocen como aceites monogrados o multigrados. Los aceites monogrados son de un solo grado, es decir se trata de un aceite cuya viscosidad esta comprendida y dentro de los límites especificados correspondientes a la clasificación de un solo número SAE.

Los aceites monogrados se clasifican a una temperatura específica alta, y su formulación

permite usarlos en motores que trabajen dentro de ciertos límites de temperatura. Los aceites monogrados se especifican a una temperatura de 100 °C.

Hay cuatro clasificaciones, que son: SAE 20, 30, 40 y 50.

Las denominaciones de SAE se refiere a la viscosidad de un lubricante a temperatura dada.

En cambio los aceites multigrados, realizan su función en más de una gama de temperaturas por poseer la facultad de conservar su viscosidad a pesar de los cambios que surgan en las temperaturas de trabajo y del ambiente.

Estos aceites se clasifican con una temperatura alta y diversas temperaturas bajas, siendo la alta de 100 °C, igual que la de los aceites monogrados, pero la baja es de entre -30 °C y -5 °C.

Los lubricantes se designan SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W y 25W.



El sufijo W indica la existencia de una temperatura baja específica y es la clasificación correspondiente al invierno.

TABLA II  
RELACION DE GRADOS DE VISCOSIDAD CON RESPECTO A LA TEMPERATURA

SAE	TEMPERATURA °C
0W	- 30
5W	- 25
10W	- 20
15W	- 15
20W	- 10
25W	- 5

Los aceites multigrados se producen mezclando aceites de baja viscosidad con aditivos, de modo que un aceite especificado como SAE 15W/40, posea una viscosidad equivalente a la de un 15W a -15 °C, y a la de un aceite del grado 40 a 100 °C.

Un lubricante multigrado como este ofrece menos resistencia al arranque del motor y una circulación más rápida mientras el motor esta

frío, pero aún así proporciona una lubricación óptima cuando el motor está a su temperatura normal de trabajo. Se conoce que un motor se encuentra en una situación más vulnerable al desgaste cuando se le pone en marcha estando frío, antes de que se haya formado la película protectora de aceite.

La clasificación API trata de los niveles de comportamiento del lubricante esta clasificación abarca para motores a gasolina y diesel.

La clasificación API para motores a gasolina, la clasificación sucesiva denota un nivel más alto de protección para el motor.



TABLA III

RENDIMIENTO DE LOS ACEITES Y CLASIFICACION POR SERVICIO DE MOTORES A GASOLINA

DESIGNACION	DESCRIPCION DEL SERVICIO	DESCRIPCION DEL ACEITE
SA	Servicio útil en motores a gasolina y diesel. Emitida antes de 1930	Aceite mineral puro. Condiciones moderadas. Solo debe usarse cuando se recomienda
SB	Servicio mínimo para motores a gasolina. Emitida en 1930	Aceite inhibido. Condiciones moderadas. Protección mínima contra el desgaste abrasivo. Corrosión en los cojinetes. Oxidación. Solo debe usarse cuando se recomienda
SC	Servicio en garantía para motores a gasolina 1964.	Control a formación de depósitos a altas y bajas temperaturas. Protección contra desgastes y corrosión.
SD	Servicio en garantía para motores a gasolina 1968.	Más protección que SC respecto a: Formación de depósitos a altas y bajas temperaturas. Protección contra desgaste y corrosión.
SE	Servicio en garantía para motores a gasolina	Mayor protección que SD Oxidación a altas temperaturas.
SF	Servicio en garantía para motores a gasolina 1980.	Mayor protección que SE Estabilidad a la oxidación. Mejores propiedades antidesgaste, corrosión. Protección contra acumulación de barniz.

Para los motores a diesel hay cuatro clasificaciones del API. Las dos primeras se



refieren a motores de aspiraciones natural. Las dos últimas para motores turboalimentadas y también figura para motores de aspiración natural.

TABLA IV

RENDIMIENTO DE LOS ACEITES Y CLASIFICACION POR SERVICIO DE MOTORES DIESEL

DESIGNACION	DESCRIPCION DEL SERVICIO	DESCRIPCION DEL ACEITE
CA	Servicio ligero en motores diesel. y diesel. Emitida antes de 1940. Motores de aspiración natural	Combustible con poca proporción de azufre. Protección contra la corrosión de los cojinetes. Formación de depositos en la zona de anillos.
CB	Servicio moderado en motores diesel. Motores de aspiración natural Emitida en 1949	Combustible de calidad inferior con alta proporción de azufre. Protege la corrosión de los cojinetes. Protege la formación de depósitos a altas temperaturas.
CC	Emitida en 1961. Servicio moderado en motores diesel. Motores livianamente turboalimentado Motores a gasolina para servicio pesado.	Protección contra la corrosión por herrumbre Condiciones moderadas a severas. Protección contra formación de depósitos altas y bajas temperaturas.
CD	Servicio en garantía para motores a gasolina 1968.	Alta velocidad, potencia Control de desgaste y formación de depósitos. Funcionamiento a altas temperaturas. Combustible de diversas calidad. Corrosión en los cojinetes.



Los lubricantes para engranajes se clasifican desde GL-1 para condiciones de trabajo liviano hasta GL-6 para aplicaciones de alta presión, como los engranajes hipoidales que trabajan con cargas muy altas.

	API
GL-1	Servicio liviano
GL-2	Servicio liviano
GL-3	Servicio liviano
GL-4	Servicio liviano
GL-5	Servicio liviano
GL-6	Servicio severo

Las normas, Militares, MIL-L abarcan conjuntamente los motores de gasolina y diesel.

En algunos casos estas normas pueden guardar relación con las clasificaciones del API.

MIL-L	API
46152	SE
2104A	CA/CB
2104B	CC
2104C	CD

#### 1.4.2 ADITIVOS COMUNMENTE UTILIZADOS

La industria petrolera ha mejorado la calidad de los aceites lubricantes gracias a mejores métodos de refinación.

Sin embargo los avances más importantes se deben al uso de nuevos sintéticos químicos altamente complejo. Los lubricantes están llamados a rendir en muy diversas funciones, las cuales no pueden ser satisfechos en la mayoría de los casos por el lubricante solo de ahí que su rendimiento tiene que depender del uso atinado de aditivos específicos para un objetivo determinado.

Los aditivos utilizados en la formación de un aceite lubricantes son de muy variada clase.

Se incluye aditivos detergente, inhibidores del herrumbre, de dispersantes, depresores del punto de congelación emulsificantes, mejoradoras de viscosidad, agentes anti-desgaste, inhibidores de la oxidación, agentes de untuosidad y agente de extrema presión, para nombrar unos pocos, existen muchos otros



aditivos y pueden usarse en un solo lubricante con el fin de darles varias de estas propiedades.

Los aditivos se agregan con el propósito de mejorar, modificar o suprimir alguna propiedad de los aceites lubricantes básicos con los que se utilizan.

En los lubricantes, los aditivos son por lo general compuestos químicos que pueden simplemente modificar algunas propiedades físicas, o que tienen un efecto de tanto alcance que puede notarse fácilmente en operación. El empleo simultáneo de varios aditivos, no es cosa excepcional cada uno de ellas puede cumplir funciones específicas independientemente de los demás, o puede depender unos de otros completándose por el contrario, un aditivo puede también efectuar negativamente en la función de uno o de todos los aditivos presentes.

Los aditivos desempeñan varias funciones. Mejoran el comportamiento de lubricantes, protegen y por tanto aumentan la vida útil de los motores y componentes, y reducen los

gastos de utilización y de mantenimiento.

Aditivo mejoradores del índice de viscosidad

Se llaman mejoradores del índice de viscosidad porque poseen la facultad de modificar la viscosidad de un aceite. Este tipo de aditivo nos permite elegir un aceite de base menos denso que ya fluya fácilmente a temperaturas bajas y añadirles aditivos químicos.

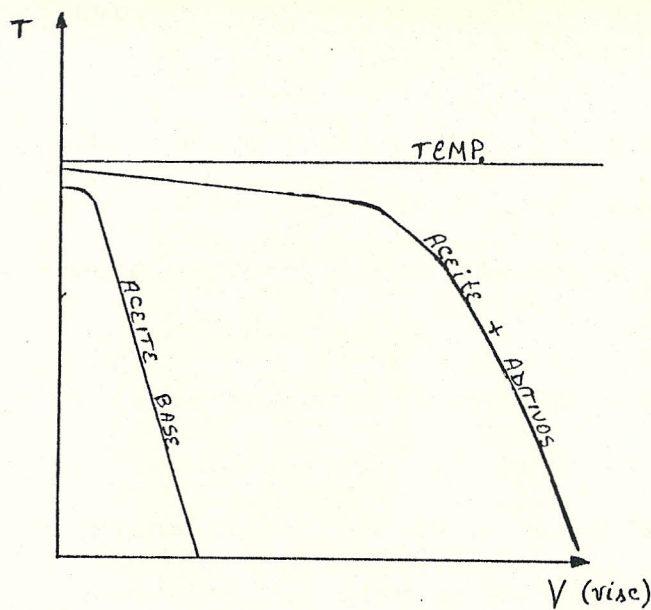


Fig. # 8.- Índice de viscosidad



Estos aditivos permiten al aceite realizar su función satisfactoriamente a temperaturas elevadas y ofrecer por tanto un nivel de comportamiento equivalente al de un aceite más denso. Las ventajas son que el motor arranca con más facilidad en frío y que los esfuerzos por consiguiente menores, además de ofrecer protección adecuada a temperaturas altas del motor.

Reductores del punto de fluidez .- Se añaden sustancias que rebajan el punto de fluidez para reducir la temperatura mínima a la cual fluye.

Naturalmente el aceite a una temperatura todavía más baja para que pueda usarse el aceite en condiciones más frías.

Las temperaturas extremadamente bajas dan lugar a que se solidifique el contenido de parafina de un aceite y estos aditivo tienen la facultad de retardar este proceso.

Aditivos anti-desgaste y EP .- Se añaden aditivos antidesgaste para contrarrestar el desgaste excesivo en partes sometidas a

fuertes cargas y altas temperaturas.

Presiones más severas acompañadas de acción de retorcimiento o deslizamiento necesitan otros aditivos especiales, los llamados aditivos para extrema presión.

Estos dos tipos de aditivos forman en las crestas ó donde quiera que se producen altas temperaturas y presiones, una sólida película de lubricación con baja resistencia al corte.

Esta película elimina el contacto directo entre las superficies metálicas y permite que las crestas se deformen y resbalen una contra otras sin fusionarse.

Detergentes y Dispersantes .- Las sustancias añadidas para garantizar la limpieza de un motor se llaman aditivos detergentes y dispersantes se añaden detergentes para mantener limpio el lubricante en zonas de temperaturas elevadas.

Los detergentes reforzados con materias alcalinas ayudan también a neutralizar algunos



de los ácidos de corrosión.

La facultad de los aceites de neutralizar estos subproductos de la combustión y la descomposición del lubricante se mide y expresa como su número total de base o TBN.

El TBN es una medida de la alcalinidad del aceite y es esta propiedad la que se opone a la formación de ácidos.

Los aditivos dispersantes son una especie de detergentes que actúa en las zonas de temperatura del motor más bajas, alejadas de las partes donde tiene lugar la combustión. Estos aditivos mantienen en suspensión moléculas de agua y combustible y aceites degradados. Es precisamente el equilibrio correcto de estos dos aditivos lo que garantiza un motor limpio y eficiente.

Inhibidores anticorrosión .- Otra forma de desgaste es la que ocasiona la corrosión, que se produce cuando los metales son atacados por reacciones electroquímicas.

Se agregan inhibidores anticorrosión al aceite para proteger a las superficies metálicas contra estas sustancias.

La corrosión también puede ser causada por la formación de herrumbre, debido a la presencia de vapor de agua en los cilindros, o moléculas de agua en el carter.

Puede presentarse agua en un motor a causa de dos factores:

- \* En primer lugar el agua es un importante subproducto de la combustión.
- \* En segundo lugar se produce condensación durante la puesta en marcha del motor y al enfriarse este después de pararlo.

El vapor de agua se condensa en las superficies interiores de un motor frío al ir calentándose o en las de un motor caliente que está enfriándose.

Este problema es particularmente prevaeciente en vehículos que se utilizan en trayectos



cortos, cuando un equipo se deja parado largo tiempo o hasta cuando se deja simplemente apartado por la noche.

También se añaden al lubricante inhibidores de las fases de vapor para superar este problema. Estos aditivos desprenden continuamente vapores que circulan por el motor y reducen considerablemente la corrosión causadas por el vapor de agua.

Inhibidores de oxidación o anti-oxidantes .-

La inevitable presencia de aire en los motores, en combinación con las altas temperaturas, también ocasionan deterioro del aceite. El oxígeno se combina con el aceite y esta oxidación hace surgir otros subproductos, tales como laca y barniz.

Estos productos insolubles en el aceite tienden a formarse en los pistones y cilindros. Vale mencionar que la oxidación también puede ser causada por la combinación de los combustibles y el aire que hace funcionar el motor.

Los inhibidores de la oxidación hacen que se

reduzca la rapidez con que tiene lugar el deterioro y se elude a veces a estos aditivos como anti-oxidantes.

La oxidación también trae consigo un aumento de la viscosidad, y la oxidación excesiva da lugar a la formación de materias sólidas y sustancias bituminosas que puedan pegarse a los componentes del motor. Estas acumulaciones pueden dar lugar a que se peguen los anillos y se produzcan daños en los cilindros. Al reaccionar químicamente con los aditivos detergentes se retarda la formación de estos elementos perjudiciales.

Inhibidores de espuma .- Las oclusiones de aire dentro de un motor son causa de que el aceite produzca espuma, dando lugar a una falta de circulación del aceite.

Ocurre esto por girar en aire momentaneamente el rotor de la bomba de aceite y dejar al sistema de lubricación falto de aceite análogamente, el aceite que contiene aire y pierde su facultad de soportar adecuadamente, cargas u obrar como refrigerante. Los



inhibidores de la espuma ayudan a evitar que surjan estos problemas y aceleran, la disipación de toda espuma que aún se forme.

## 1.5 FACTORES PARA SELECCIONAR LUBRICANTES

El complejo mundo de la industria presenta una amplia gama de retos a la destreza o habilidad del técnico en lubricación, debe considerarse entre la gran variedad y de lubricantes que se pueden obtener hoy en día.

Una de las primeras cosas que se deben considerar, es la carga o presión bajo las cuales el lubricante tendrá que funcionar, porque los lubricantes difieren en la habilidad para soportar cargas pesadas.

Otro factor es la velocidad, un cojinete o chumacera y que opere solamente a bajas velocidades necesita de un lubricante diferente, a un cojinete o chumacera similar que trabaje constantemente a velocidades altas.

Generalizando, mientras mayor sea la velocidad, más baja deberá ser la viscosidad del aceite que se va a usar también cuando se vaya a usar grasa en condiciones de altas velocidades, deberá tener la habilidad de mantenerse firme para que no sea desplazada fuera de COJINETES.



La temperatura y los cambios de la misma que afectan la viscosidad, el índice de viscosidad y el punto de fluidez también son importantes para seleccionar el tipo de lubricante.

Finalmente, el ambiente dentro del cual trabaja la máquina deberá considerarse cuidadosamente antes de escoger un lubricante específico, impurezas en el ambiente entre sí y otros factores ambientales deberán tomarse en cuenta.

## CAPITULO II

### 2.0 DETERMINACION DE FALLAS EN MOTORES POR LUBRICACION.

Se realizará el estudio basado a las fallas en los motores de nuestros equipos, principalmente en las elevadoras portacontenedores.

Se conoce que todo lubricante sufre contaminación en los motores durante su operación.

Esta contaminación es originada por el sistema y las condiciones de operaciones.

Una de las fallas que se ha presentado en los motores, son los depósitos de carbón (hollín) en el motor.

Estos depósitos son producidos por tres fuentes contaminantes:



a) Por contaminación atmosférica.

Esta contaminación es ocasionada por el polvo y suciedades lo cual produce un desgaste abrasivo en el interior del motor.

b) Por problemas mecánicos en el turbo.

El paso de aceite a través de los bocines, retenedores del turbo, origina la carbonización del aceite, que luego es retornado al carter.

c) Por productos resultantes de la combustión.

Estos productos o residuos provenientes de la mezcla combustible-aire, se evacuan en gran parte por el tubo de escape y la otra por los anillos al carter.

Las causas que producen estos residuos que permanecen en el motor son:

- Formación de depósitos inmediatamente.
- Ocasionan Herrumbre, Corrosión y desgastes en el motor.
- Degradación físico y químico del aceite.
- Carbonización del aceite debido a la alta temperatura.

Se ha observado los diferentes tipos de depósito en el motor de los equipos mediante los análisis realizados.

- a) Carbón en la cámara de combustión, hollín del combustible, carbonización del aceite y combustible polvos abrasivos, sales de plomo y otros residuos de la combustión.
- b) Barnices y lacas sobre émbolos, cilindros y cojinetes provenientes generalmente del combustible.
- c) Lodos caliente químicamente similares a los barnices y lacas.
- d) Lodos fríos de la emulsión de agua.



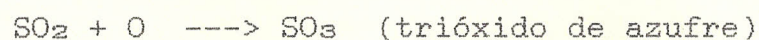
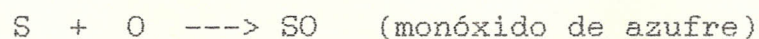
## 2-1 FALLAS PROBABLES EN LOS MOTORES

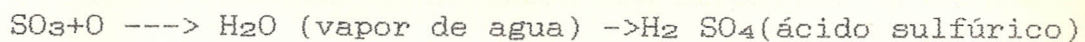
Muchas veces no se aprecia el estado de la mecánica de los equipos, la forma gradual y a veces lenta con que progresa algunas anomalías hace que sean francamente difícil de observar algo anormal.

En estos casos se llevará a analizar los diferentes aceites usados por el equipo.

Una de las fallas más difícil de apreciar en los equipos es la pérdida de potencia que puede ser originado por el progresivo ensuciamiento del filtro de aire, falta estanqueidad de válvulas y el desgaste de pistones y segmento.

La otra falla es la formación de ácidos que son formados en el proceso de la combustión del combustibles, (gasolina o diesel) formando las siguientes reacciones del azufre.





Este ácido formado se acumula en el sistema de lubricación, atacando químicamente las camisas de cilindros, anillos de pistón, válvulas etc.

Otras fallas que se produce en los motores son los siguientes:

- Los depósitos en la cámara de combustión.
- Depósitos sobre los vástagos y guías de válvulas.
- Depósitos en el asiento y caras de las válvulas.
- Elevadores de válvulas pegadas y desgastes.
- Desgaste de anillos y cilindros.



## 2.2 PROBLEMAS OCASIONADOS POR DEPOSITOS DE CARBON

Como se puede apreciar, los motores sufren una serie de problemas originados por los depósitos de carbón. Esto es en la cámara de combustión de los motores lo cual nos dá un bajo rendimiento y un elevado consumo de combustible.

En el caso de émbolos, anillos, válvulas y elevadores, se produce mayor desgaste y consumo de aceite como también mal funcionamiento y ruido de los elevadores.

En el caso del cárter, cámara de válvulas y tuberías, se produce flujo incorrecto del aceite y menor disipación del calor.

En el caso de los rines, bocines del turbo-cargador, se produce mayor desgaste y consumo de aceite.

### 2.3 VIDA UTIL DE LOS EQUIPOS

En un sistema económico dinámico, la mayor parte de las plantas y equipos, se deprecian y envían chatarra debido a un proceso económico, más bien que debido a un desgaste físico.

La depreciación económica es un proceso en el cual plantas y equipos pierden su valor debido a la introducción de innovaciones técnicas y cambios en las condiciones económicas.

La depreciación de bienes de capital, generalmente se procede gradualmente; el paso final de este proceso es quedar en chatarra. El período de tiempo, durante el cual una parte del equipo llena completamente sus funciones técnicas y económicas, es el período de vida útil, generalmente es un punto de partida para una estimación de las necesidades de renovación.

Vida útil total .- Es la edad después de la cual una máquina pasa a constituirse en chatarra.

Vida útil óptima .- Esta puede ser definida como



una parte de la vida útil total, en la cual una máquina alcanza su más alta eficiencia; y

Vida Util Económicamente Rentable .- Es normalmente, la vida útil de máquinas y equipos, puede extenderse sin límites por medio de cuidadosas reparaciones y mantenimiento.

Sin embargo los bienes de capital pasan generalmente a chatarra, tan pronto como su operación no proporciona ciertos requerimientos económicos.

Estimaciones de la amplitud de la vida útil, puede para una misma maquinaria, varía entre 10 y 30 años, la misma máquina puede alcanzar una "Edad Activa", completamente diferente, dependiendo de la manera y condiciones de utilización; desde ambos puntos de vista, los procesos de desgaste físico influyen en las condiciones de la obsolescencia económica.

La estimación de la vida útil y costo de las reparaciones de los equipos son 15 años considerando 2.000 horas de operación anuales), y 4 veces el costo promedio anual de reparaciones (porcentaje del precio de compra).

Para determinar la vida útil del equipo, se ha seleccionado los coeficientes  $\alpha$  según muestra la tabla V.

$$\alpha_1 = 0.5 \quad \alpha_2 = 0.7 \quad \alpha_3 = 0.8$$

El producto de estos tres coeficientes (según el número encontrado), debe ser multiplicado por un índice de corrección el cual se lo encuentra en la figura # 9, lo cual me proporcionará una apreciación más o menos exacta de como ha sido llevado el mantenimiento del equipo

$$\text{VIDA UTIL} = \alpha_T \times I_c \times E_a$$

donde

$$\alpha_T = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 = 0.28 \quad (\text{Coeficiente para calcular la vida útil de un equipo, bajo determinada condición de operación.})$$

$$I_c = 1.18 \quad (\text{Índice de Corrección})$$

$$E_a = 15 \text{ años} \quad (\text{Estimación de la vida útil del equipo.})$$

$$\text{VIDA UTIL} = 0.28 \times 1.18 \times 15$$

$$\text{VIDA UTIL} = 4,95 \approx 5 \text{ Años}$$

Esta ecuación sirve solamente como una orientación en el cálculo de esperanza de vida.



TABLA V

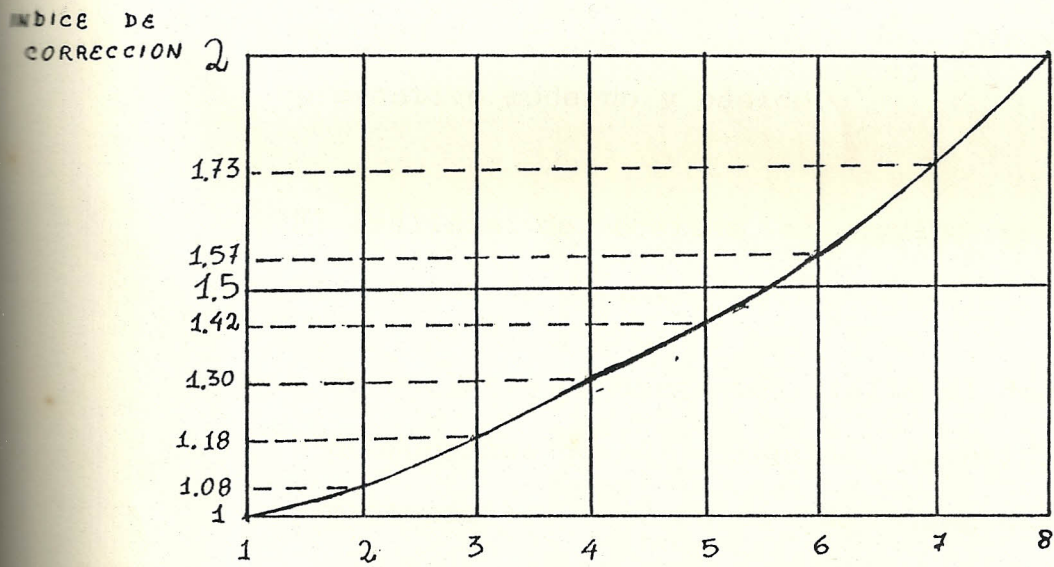
COEFICIENTES  $\alpha$  PARA CALCULAR LA VIDA UTIL DE UN EQUIPO, BAJO DETERMINADAS CONDICIONES DE OPERACION.

<u>CONDICIONES DE OPERACION</u>	<u>COEFICIENTES <math>\alpha</math></u>
- Operación normal en tres turnos	0,4 - 0,6
- Uso en locales excesivamente polvorientos	0,6 - 0,8
- Uso del equipo sin adecuada fundaciones	0,7 - 0,9

FUENTE: Mantenimiento - Ing. Vicente Cabezas.  
3ra. Edición. 1.985

FIGURA # 9

## CURVA PARA ENCONTRAR EL INDICE DE CORRECCION



Número de Coeficientes

FUENTE: Mantenimiento - Ing. Vicente Cabezas. 3ra.

Edición . 1.985



## \* CAPITULO III

### 3.0 ANALISIS DE ACEITES LUBRICANTES USADOS.

El análisis de aceites es una herramienta de administración del mantenimiento para todos los motores y equipos. Es un mantenimiento preventivo moderno y básico.

El análisis de aceites al equipo proporciona tres tipos de diagnóstico.

- El análisis de desgaste, vigila el desgaste de componentes de la máquina identificando y midiendo los elementos de desgaste en el aceite usado.
- La prueba química y la física, es la que detecta agua, combustible y anticongelante en el aceite.
- El análisis del estado de aceite determina, la cantidad de contaminantes (hollín, azufre,



oxidación y los productos de nitración).

Con todo análisis de aceites que se hace con regularidad, se esta protegiendo la inversión del equipo\*, esto es bajando el costo de reparaciones y aumentando la vida útil del equipo.

Los análisis de aceites en forma periódica da seis beneficios para nuestro mantenimiento, que son:

- Las reparaciones pequeñas siguen siendo pequeña, esto es, advertir con anticipación que existen inconvenientes antes que éstos se tornen problemas serios.
- Evita reparaciones innecesarias, por lo que se ahorra tiempo y dinero, ya que esto indica que reparar.
- También permite programar el tiempo inactivo para que no interfiera con el plan de trabajo.
- Reduce el tiempo que lleva hacer las reparaciones, identificando con precisión las áreas problemáticas, no se pierde tiempo innecesario armando y desarmando.



- Mejora el programa de mantenimiento estabilizando el presupuesto de mantenimiento, porque dá un pronóstico de las reparaciones necesarias y el tiempo inactivo para obtener algunos ahorros antes que ocurra la falla.
- Vigila las prácticas de mantenimiento, realizando pruebas rutinarias del aceite, llevando a cabo un mantenimiento realmente serio.

Ahora que se ha definido lo que es un análisis de aceite se centrará al estudio basado en la determinación de la vida probable de los motores de las elevadoras portacontenedores en base al empleo de lubricante de producción nacional.

Se procederá a seleccionar dos Elevadoras CATERPILLAR V 900 CH de 40 ton. de capacidad con un motor CATERPILLAR 3208 Turbo cargado de 225 HP a 2400 RPM.. Como se muestra en las figuras # 9 y 10, que son utilizadas para la transportación de Contenedores de 20 y 40 pies.





Fig. # 10 .- Vista lateral equipo A



Fig. # 11 .- Vista lateral equipo B





Fig. # 12 .- Toma de muestra de equipo A



Fig. # 13 .- Toma de muestra de equipo B



Se hará un ciclo de prueba a 250 horas de trabajo a cada elevadora.

Se toma muestras a las 100, 150, 200, 250 horas de operación, como se muestra en la figura # 12, 13.

Una vez realizado el ciclo, las muestras serán enviadas al laboratorio de prestigio, para su respectivo análisis.

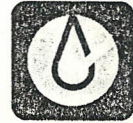
Luego, de analizadas las muestras en el laboratorio, se obtuvo el siguiente informe:





**Iiasa**  
 IMPORTADORA INDUSTRIAL  
 AGRÍCOLA S.A.  
 LABORATORIOS DE ACEITE  
 AV. J. TANCA MARENGO Km. 3  
 TELEFOS: 237000 - 271200 GUAYAQUIL  
 FAX: 273452

## ANÁLISIS PERIÓDICO DE ACEITE A.P.A.



AUT. PORTUARIA DE GUAYAQUIL  
 ATN: SR. WALTER HABLICH  
 AVE. 25 DE JULIO  
 VIA PUERTO MARITIMO  
 GUAYAQUIL.

ORDEN DE SERVICIO:  
 SEGMENTO NUMERO:  
 EQUIPO NUMERO: 784  
 SITIO DE TRABAJO: PUERTO MARITIMO  
 MARCA: CATERPILLAR  
 MODELO: 9900  
 SERIAL NUMERO: 3HD00188  
 NOMBRE DEL COMPARTIMIENTO: MOTOR PRIMARIO  
 MARCA / TIPO DE ACEITE: Hc SAE 40  
 SE CAMBIO ESTE ACEITE: No  
 NUMERO ORDEN DE COMPRA:  
 MUESTRA NUMERO:  
 ESTADO DE LA MUESTRA:  
 CONTROL DE LABORATORIO: 93J03392  
 EVALUACION DE LA MUESTRA: Normal

FECHA TOMADA	HORAS HRMTO	HORAS ACEITE	ACEITE AGREG.	LECTURAS VOLVIERON A LOS VALORES NORMALES. CONDICIONES DEL ACEITE SE ENCUENTRAN NORMALES. SIGA MUESTREANDO A INTERVALOS DE CAMBIO NORMAL, PARA OBSERVAR LAS TENDENCIAS.
10/06/93				
10/04/93	2965	150	2,5	
09/29/93				COBRE CONTINUA ALTO: INACEPTABLE. EL SILICIO ESTA ALTO: INACEPTABLE. EXCESIVO CONSUMO DE ACEITE. ACEITE AGREGADO DILUYE RESULTADOS EN LA MUESTRA. POSIBLE DESGASTE DE RODINES. CONDICIONES DEL ACEITE SE ENCUENTRAN NORMALES.
09/23/93	2815	182	12	LOCALICE LA ENTRADA DE TIERRA AL SISTEMA. CONTINUE MUESTREANDO PARA OBSERVAR TENDENCIAS.
09/17/93				COBRE CONTINUA ALTO: INACEPTABLE. LOS DEMAS ELEMENTOS SE ENCUENTRAN NORMALES. EXCESIVO CONSUMO DE ACEITE. HOLLIN ALTO: CARGONES PUEDEN INCREMENTAR DESGASTE. ACEITE AGREGADO DISMINUYE LA CONCENTRACION, PERO NO SIGNIFICA DISMINUCION DEL DESGASTE. RECOMENDAMOS UNA INSPECCION TECNICA DE INMEDIATO
09/11/93	2789	156	12	
09/17/93				EL COBRE ESTA LIGERAMENTE ALTO. LOS DEMAS ELEMENTOS SE ENCUENTRAN NORMALES. ACEITE AGREGADO DISMINUYE LA CONCENTRACION, PERO NO SIGNIFICA DISMINUCION DEL DESGASTE. CONDICIONES DEL ACEITE SE ENCUENTRAN NORMALES.
09/09/93	2736	103	6	

DESGASTE DE ELEMENTOS / P.P.M.						CONDICIONES DEL ACEITE / CONTAMINANTES:					
FE	CR	PB	AL	SI		H	OX	AZU	H2O	CMB	ANT
29	1	7	5	6		69	24	52	N	N	N
49	2	20	24	66		60	12	28	N	N	N
26	1	7	3	4		94	19	21	N	N	N
19	1	10	3	3		76	16	21	N	N	N

AL - ALUMINIO    PB - PLOMO    OX - OXIDACION    CMB - COMBUSTIBLE  
 CR - CROMO    SI - SILICIO    P - POSITIVO    ANT - ANTICONGELANTE  
 CU - COBRE    H - HOLLIN    N - NEGATIVO    NTB - NUMERO TOTAL BASE  
 FE - HIERRO    AZU - AZUFRE    H2O - AGUA    VIS - VISCOSIDAD



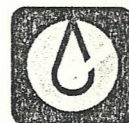
NOTA: EL PROPOSITO DE ESTE ANALISIS ES UNICAMENTE PARA DETECTAR DESGASTES MECANICOS. NO DEBE ENTENDERSE COMO GARANTIA EXPRESA O IMPLICITA DE QUE NO OCURRA LA FALLA DEL EQUIPO O ALGUNO DE SUS COMPONENTES





LABORATORIOS DE ACEITE  
 AV. J. TANCA MARENGO Km. 3  
 TELEFS: 237000 - 271200 GUAYAQUIL  
 FAX: 273452

## ANALISIS PERIODICO DE ACEITE A.P.A.



AUT. PORTUARIA DE GUAYAQUIL  
 ATN: SR. WALTER HABLICH  
 AVE. 25 DE JULIO  
 VIA PUERTO MARITIMO  
 GUAYAQUIL.

ORDEN DE SERVICIO :  
 SEGMENTO NUMERO :  
 EQUIPO NUMERO : 385  
 SITIO DE TRABAJO : PUERTO MARITIMO  
 MARCA : CATERPILLAR  
 MODELO : V900CH  
 SERIAL NUMERO : 3WD00189  
 NOMBRE DEL COMPARTIMIENTO : MOTOR PRIMARIO  
 MARCA/ TIPO DE ACEITE : SAE 40  
 SE CAMBIO ESTE ACEITE :  
 NUMERO ORDEN DE COMPRA :  
 MUESTRA NUMERO :  
 ESTADO DE LA MUESTRA :  
 CONTROL DE LABORATORIO : 93103391  
 EVALUACION DE LA MUESTRA : Reportable

FECHA TOMADA	HORAS HRMTO	HORAS ACEITE	ACEITE AGREG.	COMENTARIOS
07/29/93				COBRE CONTINUA ALTO:INACEPTABLE. EXCESIVO CONSUMO DE ACEITE. POSIBLE DESGASTE DE BOCINES.
09/23/93	5180	263	16	REVISAR PRESION DE GASES DEL CARTER. CONDICIONES DE ACEITE SE ENCUENTRAN EN SU LIMITE. SE RECOMIENDA CAMBIO DE ACEITE. SE RECOMIENDA UN CHEQUEO TECNICO DE INMEDIATO.
09/27/93				COBRE CONTINUA ALTO:INACEPTABLE. LOS DEMAS ELEMENTOS SE ENCUENTRAN NORMALES. EXCESIVO CONSUMO DE ACEITE.
09/21/93	5130	217	11	REVISAR PRESION DE GASES DEL CARTER. RECOMENDAMOS UN ANALISIS TECNICO DE INMEDIATO. CONTINUE MUESTREANDO PARA OBSERVAR TENDENCIAS.
09/17/93				EL COBRE ESTA ALTO:INACEPTABLE. ACEITE AGREGADO DISMINUYE LA CONCENTRACION, PERO NO SIGNIFICA DISMINUCION DEL DESGASTE.
09/09/93	5082	155	6	HOLLIN ALTO:CARBONES PUEDEN INCREMENTAR DESGASTE. REVISAR PRESION DE GASES DEL CARTER. CAMBIE EL ACEITE DE INMEDIATO. CONTINUE MUESTREANDO PARA OBSERVAR TENDENCIAS.
09/17/93				VALORES INDICAN TENDENCIA DE DESGASTE NORMAL. HOLLIN ALTO:CARBONES PUEDEN INCREMENTAR DESGASTE. VERIFIQUE AJUSTE DE COMBUSTIBLE(BOMBA, INYECTORES).
09/03/93	5030	103	2	CAMBIE EL ACEITE DE INMEDIATO. SIGA MUESTREANDO A INTERVALOS DE CAMBIO NORMAL. PARA OBSERVAR LAS TENDENCIAS.

DESGASTE DE ELEMENTOS / P.P.M.							CONDICIONES DEL ACEITE / CONTAMINANTES:					
CU	FE	CR	PB	AL	SI		H	OX	AZU	H2O	CHB	ANT
59	31	2	18	2	16		89	12	26	N	N	N
52	25	1	7	5	8		83	13	32	N	N	N
52	10	1	5	2	2		93	10	24	N	N	N
2	25	1	6	3	3		93	20	54	N	H	N

AL - ALUMINIO    PB - PLOMO    OX - OXIDACION  
 CR - CROMO    SI - SILICIO    P - POSITIVO  
 CU - COBRE    H - HOLLIN    N - NEGATIVO  
 FE - HIERRO    AZU - AZUFRE    H2O - AGUA

CMB - COMBUSTIBLE  
 ANT - ANTICONGELANTE  
 NTB - NUMERO TOTAL BASE  
 VIS - VISCOSIDAD



NOTA: EL PROPOSITO DE ESTE ANALISIS ES UNICAMENTE PARA DETECTAR DESGASTES MECANICOS. NO DEBE ENTENDERSE COMO GARANTIA EXPRESA O IMPLICITA DE QUE NO OCURRA LA FALLA DEL EQUIPO O ALGUNO DE SUS COMPONENTES



### 3.1 ANALISIS GENERAL

Este análisis determina la vida útil del aceite, así como detectar problemas derivados de presencia de agua, etc.

ANALISIS INFRAROJO .- Por medio de este análisis se determina la cantidad de contaminantes (hollín, azufre, oxidación y los productos de nitración).

### 3.2 ANALISIS ESPECTROGRAFICO

Por medio de este análisis, establece de un modo preciso y rápido el tipo y nivel de desgaste de diferentes metales en el aceite.

Después de las muestras analizadas se puede dar las pautas principales en los equipos A y B en estudio con cada tipo de aceite lubricante X y Y.

100 HORAS DE OPERACION			
ANALISIS GENERAL		ANALISIS ESPECTROGRAFICO	
EQUIPO A	EQUIPO B	EQUIPO A	EQUIPO B
*Aceite X en condiciones normales *Alto consumo de aceite X, disminuye concentración.	*Alta contaminación de hollín, posible por combustión incompleta o carbonización en el turbocargador	*Cobre ligeramente alto, - desgaste ligero en los cojinetes, bocines en turbocargador bocines de bomba de aceite.	*Los valores indican tendencia a desgaste normal *Demás elementos se encuentran normales.



150 HORAS DE OPERACION			
ANALISIS GENERAL		ANALISIS ESPECTROGRAFICO	
EQUIPO A	EQUIPO B	EQUIPO A	EQUIPO B
*Exceso consumo de aceite *Alta contaminación de hollín: carbonos pueden incrementar desgaste *Aceite agregado disminuye concentración	*Exceso consumo de aceite *Alta contaminación de hollín, posible carbonización de aceite en el turbo. *Solicita cambio de aceite inmediato	*Cobre continua alto: inaceptable *Posible desgaste camisas y anillos *Bocines y rines del turbo *Necesita inspección inmediata	*Cobre aumenta aceleradamente por posible desgaste de cojinetes (bielas y bancadas) bocines y rines en el turbo

En la figura # 14, se observa gases de escape de coloración blanquinosa.



Fig. # 14.- Vista de gases de escape

En los dos equipos se realizan las inspecciones en bomba de inyección e inyectores en el banco de prueba, determinándose que no existe avería alguna.

200 HORAS DE OPERACION			
ANALISIS GENERAL		ANALISIS ESPECTROGRAFICO	
EQUIPO A	EQUIPO B	EQUIPO A	EQUIPO B
*Exceso consumo de aceite *Aceite agregado diluye resultados en la muestra *Se realiza inspeccion y reparacion técnica en el turbo *Se realiza cambio de filtros: de aire, aceite *Contaminación de hollín disminuye	*Alta contaminación de hollín *Excesivo consumo de aceite *Recomienda análisis técnico inmediato	*Alta Contaminación de Silicio. *Aluminio alto inaceptable *Cobre continúa alto inaceptable *Los demás elementos se encuentran normales.	*Cobre continúa alto: inaceptable *Los demás elementos se encuentran normales

En el equipo A se realiza la siguiente inspección técnica en el turbo cargador



como se muestra en las figuras # 15, 16 y 17.



Fig. # 15.-Vista interior del turbo, turbina gases de escape



Fig. # 16 .- Vista eje y bocines de la turbina





Fig .# 17 .- Vista interior rines del turbo

250 HORAS DE OPERACION			
ANALISIS GENERAL		ANALISIS ESPECTROGRAFICO	
EQUIPO A	EQUIPO B	EQUIPO A	EQUIPO B
*Condiciones del aceite encuentran normales *Disminuye consumo de aceite	*Condiciones de aceite se encuentran en su límite *Excesivo consumo de aceite *Hollín continua alto *Recomienda inspección técnica inmediato	*Lecturas volvieron a los valores normales	*Cobre continua alto *Posible desgaste de los bocines *Los elementos Si, Pb, y Fe, en aumento *El Si es causado por el polvo arena y tierra aspirado *Las piezas se encuentran sometidos a mayores desgastes en el motor



### 3.3 CONDICIONES QUE LIMITA LA VIDA DE LOS LUBRICANTES

Una de las causas principales que limitan la vida de los aceites en los motores de elevadora portacontenedores es: la contaminación y la degradación.

Para determinar si el aceite usado del motor esta en condiciones de seguir en servicio, se ha realizado varios ensayos a cada uno.

En el equipo B, se registró degradación del aceite en apenas 100 horas de operación debido a la alta contaminación por hollín.

Después de varios ensayos se detectó en ambos equipos contenían alta contaminación por hollín como también entrada de tierra, polvo y arena. Esta contaminación en el aceite usado fué generado por varias causas posibles:

- a.- Sistema de inyección.
- b.- Flujo de gases del carter.
- c.- Por mal estado del turbo.
- d.- Sistema de admisión (filtro de aire averiado).

Una vez realizadas las comprobaciones de cada una de las causas se determinó que las contaminaciones se originaron por mal estado del turbo, y avería en el sistema de admisión.



3.3.1 GRAFICOS CURVA DE DESGASTE EN FUNCION DE LA CALIDAD DEL ACEITE Y DEL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO.

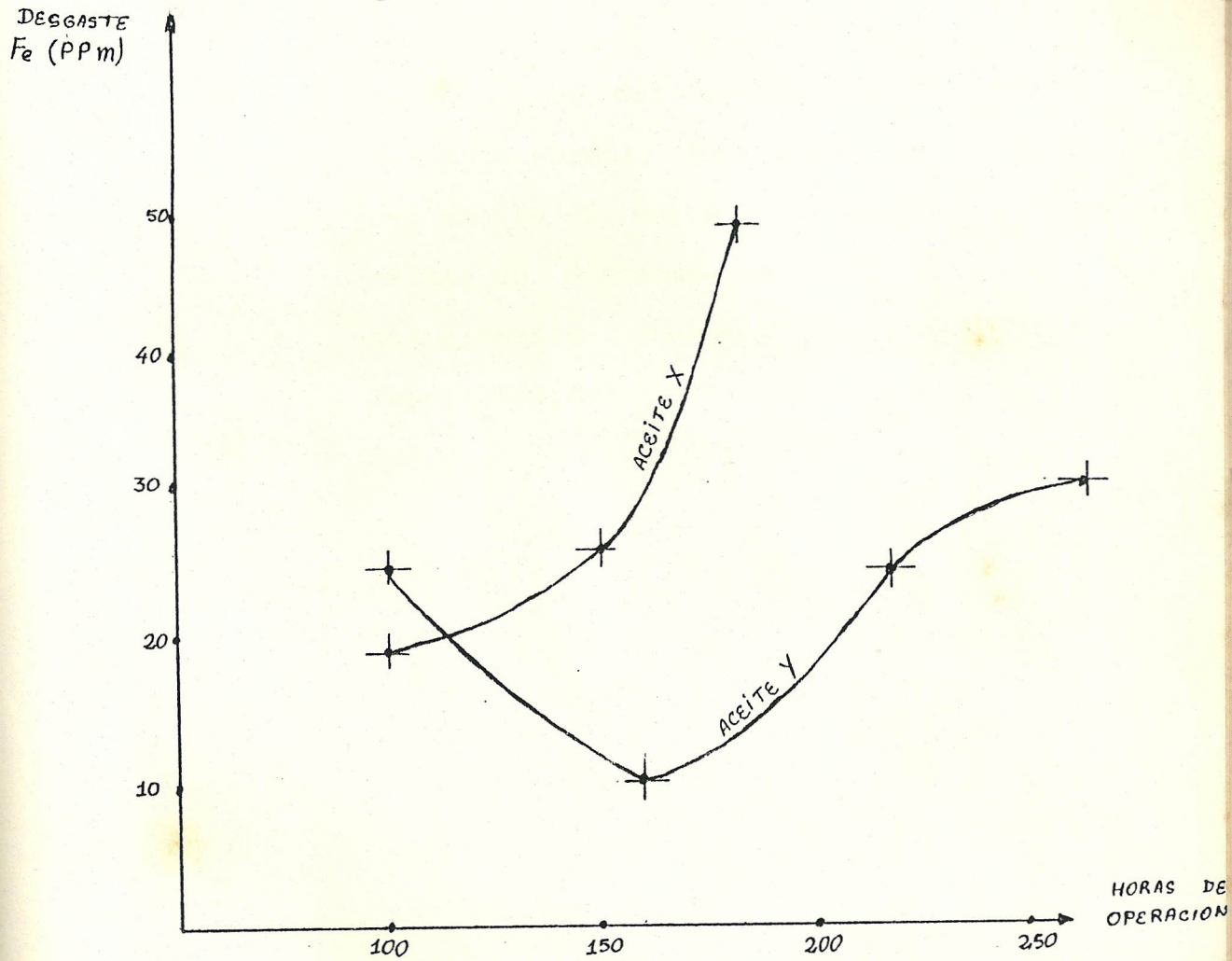


Fig. # 18 .- Desgaste del equipo en función de la calidad del aceite y del tiempo de funcionamiento.

Estos datos fueron proporcionados por los informes de laboratorio.

En la figura # 18, se muestra el grado de desgaste de la sustancia ferrosa depositada en los aceites lubricantes X e Y.

En la curva del aceite X, se observa desgaste normal. En cambio en la curva del aceite Y entre los puntos 1 y 2, existe un descenso en la concentración del elemento hierro, debido a la reposición del aceite consumido.



### 3.4 VENTAJAS DEL ANALISIS DEL ACEITE LUBRICANTE USADO

Este tipo de análisis ha sido de mucha importancia dentro del programa de mantenimiento, pues nos protege la inversión del equipo, bajando los costos de reparaciones y aumentando la vida útil de los equipos.

Este análisis nos ha establecido que hay presencia de contaminación (hollín) en el aceite, originado por un problema mecánico en el motor.

Las ventajas de este análisis son:

- a.- La determinación de la vida útil del aceite lubricante (155 horas de operación).
- b.- Se ha determinado la contaminación en el motor en un intervalo corto de operación.
- c.- Se ha determinado los problemas mecánicos en el equipo, esto es en el turbo-cargador.
- d.- Se ha determinado el desgaste interno en el motor.

He aquí la importancia de estos análisis, sin ellos no se hubiera detectado la contaminación, y el continuo desgaste interno en el motor, debido a las elevadas concentraciones de los elementos Cu, Al, Fe, Pb y Si.

Además de mayor acumulación del contaminante en el motor durante el servicio, el aire y las altas temperaturas promueven la oxidación, de continuar indefinidamente aumentando la viscosidad, barniz y lodo.

También los productos ácidos de los gases de combustión promueven la corrosión metálica.

Con todo esto se ha reducido el tiempo muerto del equipo. Aumenta de su disponibilidad.

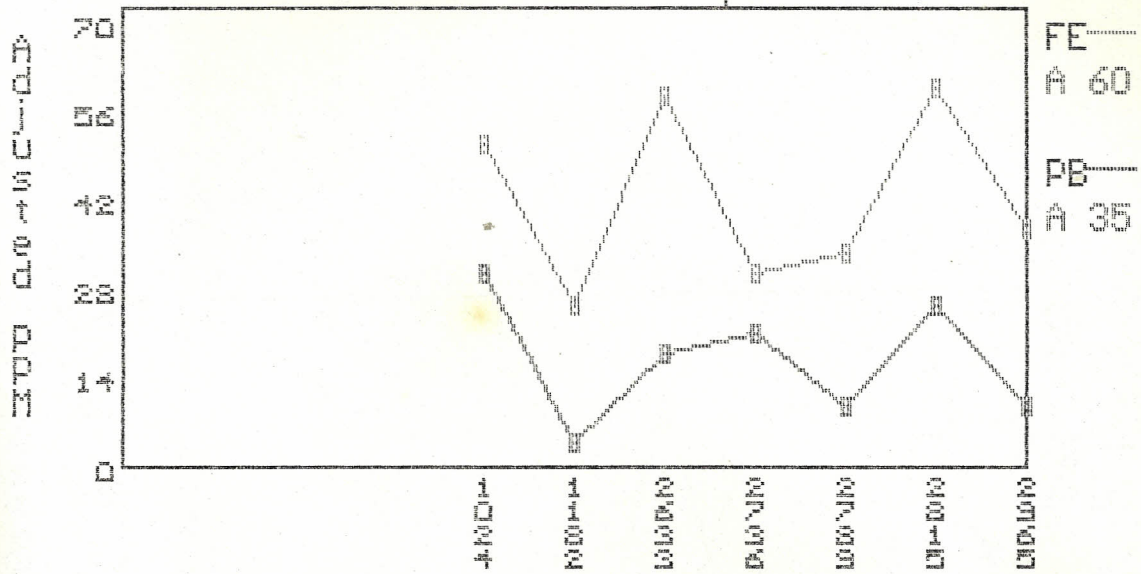
Reducción de costo de mantenimiento (mano de obra y materiales).

Respaldo para extender la vida útil de los aceites lubricantes.

Al realizar el estudio de las curvas de desgaste (figuras # 19 a la 24), se observa que existe, un aumento y disminución de concentración de los



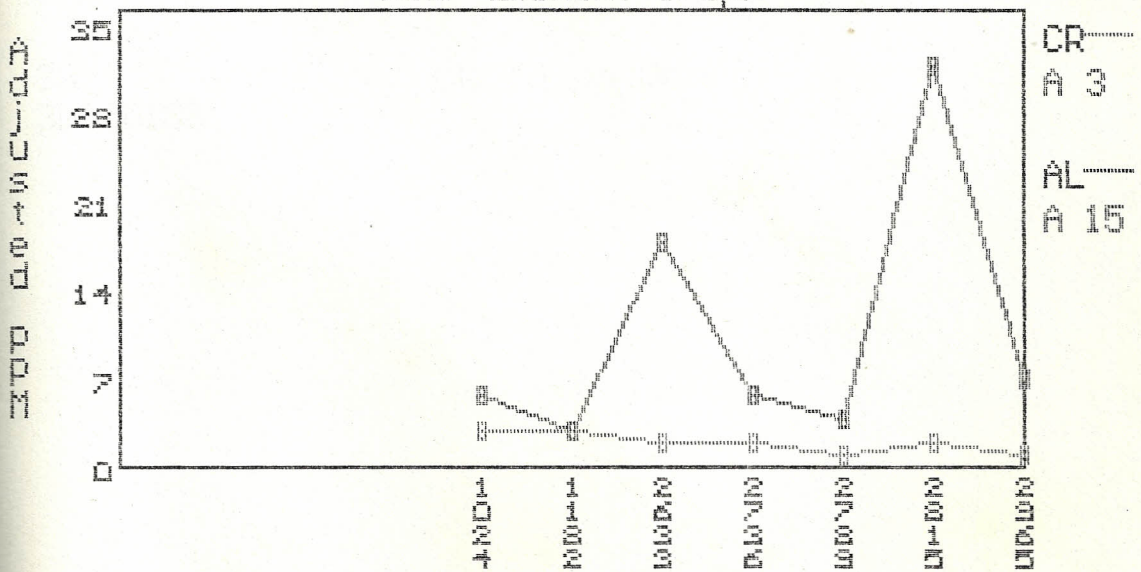
Wear Element Graph

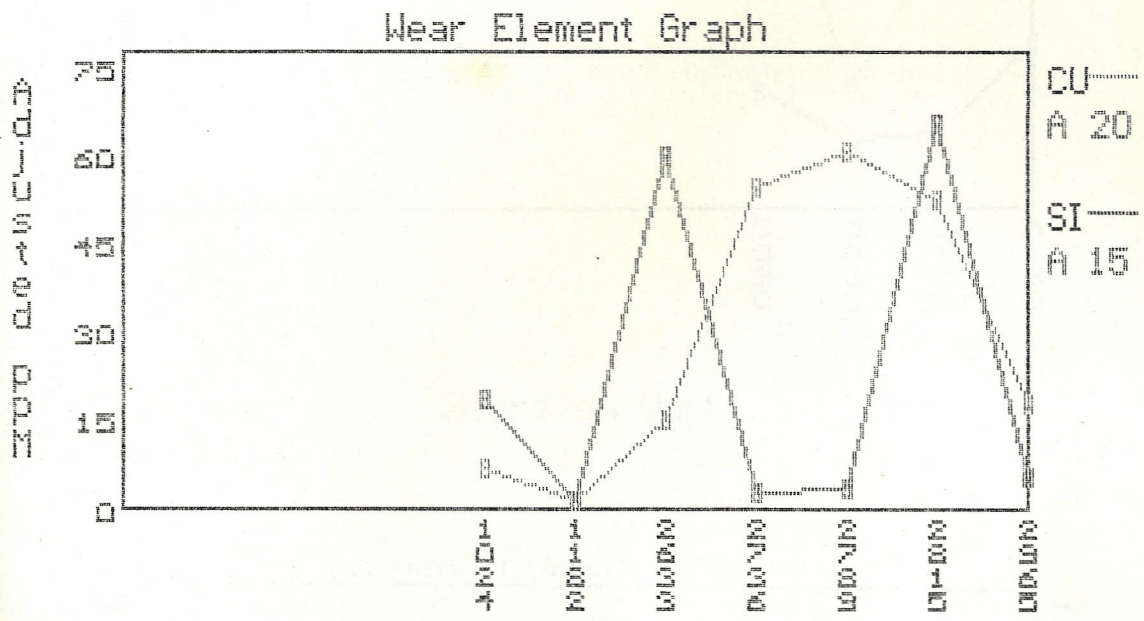


384  
3W000188

Hours on Unit

Wear Element Graph



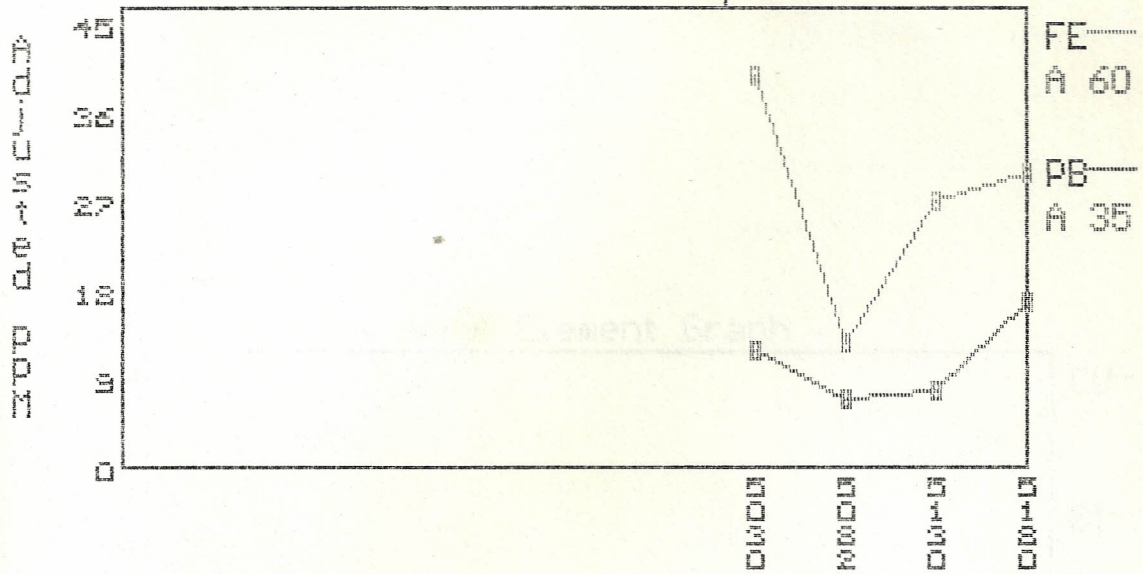


384  
3WD00188

Hours on Unit



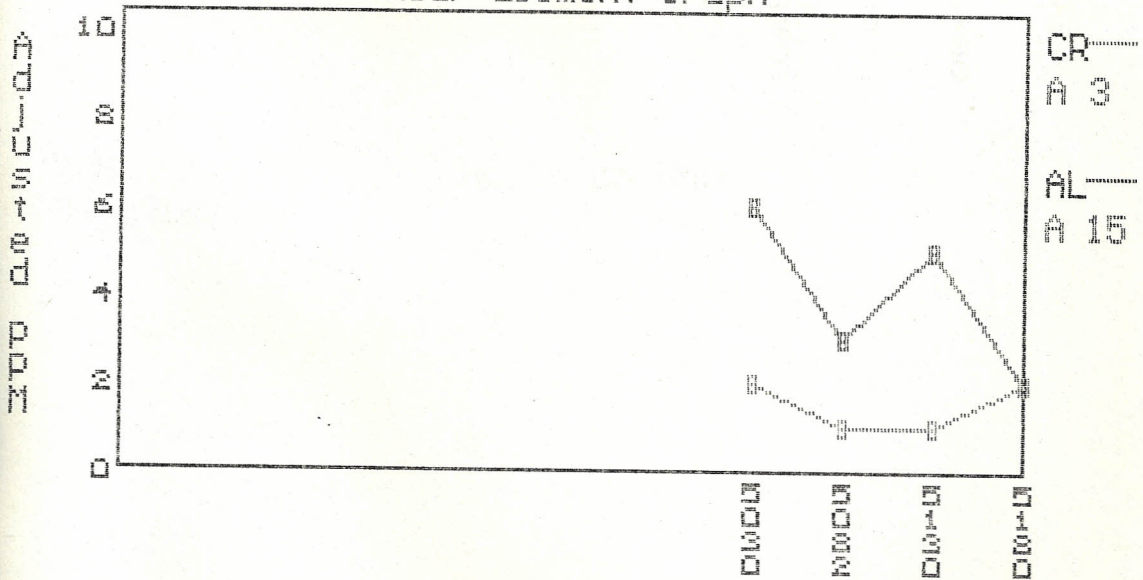
Wear Element Graph



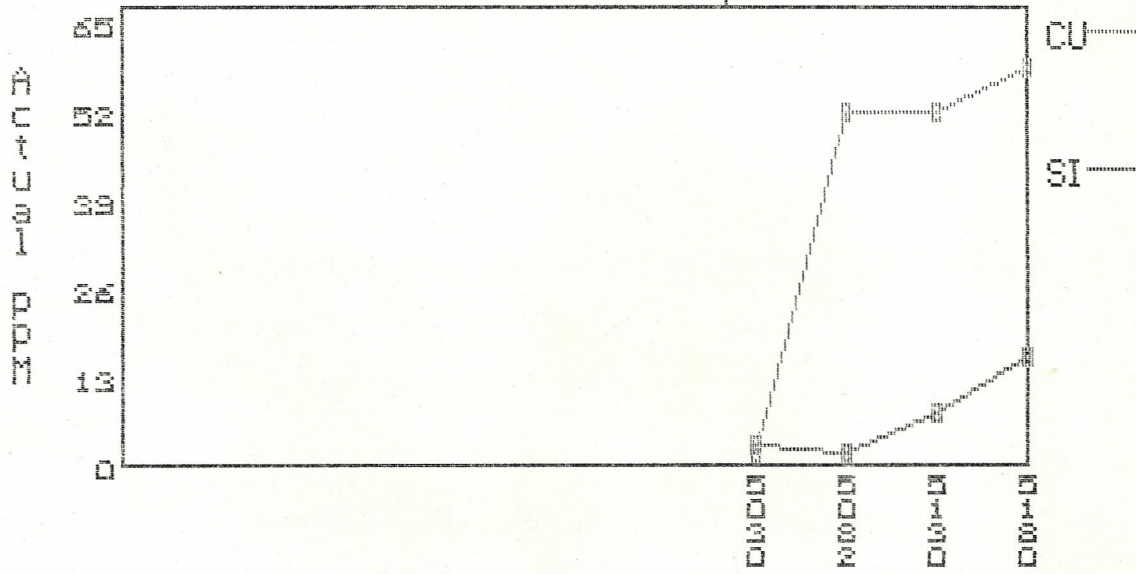
385  
3WD00189

Hours on Unit

Wear Element Graph



Wear Element Graph



385  
3WD00189

Hours on Unit



elementos Fe, Pb, Cr, Al, Cu y Si, en el motor, esto es a que existe un excesivo consumo de aceite lubricante, que al reponerlo produce disminución de las concentraciones antes mencionadas. (Los valores de p.p.m, que se tabulan en las gráficas son ajustados a las 250 horas).

De acuerdo al informe del laboratorio, se puede apreciar la cantidad de aceite agregado en cada período de operación de los equipos.

En el equipo A las curvas de desgaste de los elementos Fe, Pb y Cr, se encuentran en el rango normal, mientras que el Al, Cu y Si, se encuentran en valores inaceptables.

En el equipo B, las curvas de desgaste de los elementos Fe, Pb, Al, Cr y Si, se encuentran en el rango normal, mientras que el Cu, se encuentra inaceptable.

En la tabla VI, muestra los valores de desgaste normal de motores.

TABLA VI

## TABLA DE DESGASTE NORMAL DE MOTORES

Cu	Fe	Cr	Pb	Al	Si
20	60	3	35	15	15



## \*CAPITULO IV

### 4.0 SELECCION PROPUESTA

El aceite lubricante como parte importante en los motores a diesel turbo-cargador se han adaptado a las condiciones de operación para soportar mayores temperaturas y mayores esfuerzos mecánicos, debido al incremento en la presión de operación ha significado también aumento en las cargas mecánicas, tanto en el punto muerto superior como en los cojinetes, y mayores cargas térmicas sobre los diferentes componentes metálicos y especialmente sobre los aceites lubricantes.

Al exponerse la película lubricante a la acción de los gases de combustión en condiciones de altas presiones y de temperatura, se garantiza la estabilidad térmica y la estabilidad a la oxidación en el aceite lubricante.

Para mantener limpios los pistones se deben tener el aceite lubricante con propiedades de detergencia y

dispersancia excelente.

Para obtener una lubricación exitosa en los motores a diesel se debe seleccionar los mejores lubricantes.

En el caso de poseer mayor presión mecánica, como también el incremento de la temperatura en las camisas en el punto muerto superior, esta reduce el grosor de la película lubricante, lo que aumenta considerablemente el riesgo de una lubricación límite y por consiguiente desgaste.

Para evitar todo lo anterior se debe asegurar el grosor de la película lubricante en el punto muerto superior aumentando la rata de suministro de aceite y reponiendo las pequeñas pérdidas del aceite.

Esto ayuda asegurar una película óptima del aceite y a mantener el nivel de TBN lo que evita el desgaste corrosivo de los distintos componentes.



#### 4.1 REQUERIMIENTO DEL MOTOR DE ELEVADORA PORTACONTENEDORES: TIPO DE ACEITE

Para satisfacer los requerimientos de lubricación en los motores diesel-turbocargador, es necesario que el aceite lubricante, soporte altas temperaturas y elevadas cargas, como también ofrezca menos resistencia al arranque del motor y una circulación más rápida mientras el motor está frío, esto es poseer baja viscosidad a baja temperatura y bajo punto de fluidez.

El motor debe tener buena acción de sello en los anillos, enfriamiento auxiliar de cojinetes y paredes del cilindro, con un aceite lubricante de viscosidad adecuada.

Se debe tener protección contra el desgaste, como en las partes móviles del motor y cámara de combustión, libres de depósitos, para esto es necesario, mantener el aceite lubricante con propiedades detergentes, dispersantes, antiespumantes, antidesgastes.

También es importante que el motor mantenga buena economía de aceite y combustible, esto es que el aceite tenga una viscosidad adecuada con baja resistencia del aceite al arrancar y al calentarse.

#### 4.2 CARACTERISTICA DEL ACEITE LUBRICANTE SELECCIONADO

Los motores diesel turbo-cargador requieren lubricantes de gran tecnología no solo debido a su diseño sino a las condiciones de sobre carga de funcionamiento, las elevadas temperaturas y los ambientes polvorientos.

Para seleccionar el aceite lubricante para los motores en estudio es necesario conocer las funciones que deben cumplir esto es: refrigerar, reducir desgaste, evitar corrosión en cojinetes, reducir acumulación de depósitos y mantener en suspensión los contaminantes.

Estos motores requieren de un bajo contenido de cenizas, mantener una limpieza satisfactoria de los pistones esto es mejorar las propiedades detergentes y dispersante de los aceites, así como la estabilidad térmica y la estabilidad a la oxidación.

Es también necesario minimizar el tiempo de resistencia del aceite en los canales de los rines, a fin de evitar la descomposición posterior del aceite.

Estos aceites deben cumplir los requisitos de las especificaciones



de rendimiento:

\* API servicio SF/CD

\* MIL - L - 2104 D ó MIL - L - 2104 E

\* CATERPILLAR SERIE 3

\* CATERPILLAR TO - 2

#### 4.3 ANALISIS DE RESULTADOS

Despues de un seguimiento de cuatro muestras en los equipos A y B, se puede observar que en ambos existe alta concentración del elemento cobre, elevada generación de hollín y la última muestra tomado del ciclo al equipo A se registro excesiva contaminación de Si, Al, Pb, y Fe, por lo que se puede concretar:

- 1.- Un posible problema en la bomba de inyección e inyectores (flujo y dosificación incorrecta). Cuando los motores no queman completamente todo el combustible, se dice que existe combustión incompleta, lo que deja un residuo de hollín. Esto se debe a que existe un posible problema en la bomba de inyección o en los inyectores.
- 2.- Un posible problema en el turbo-cargador por las altas generación de hollín (desgaste de bocines y elevado consumo de aceite). Cuando el turbo-cargador sufre un problema mecánico esto es desgaste de bocines y rines , el aceite se carboniza, por el contacto con la superficie de la turbina.

La turbina recibe los gases de escape, que provienen de un grupo de cilindros que es



recibida por el colector de escape, luego alimenta una sección de paletas guías de entrada a la turbina. (En la figura # 25, se muestra la dirección de los gases de escape a la turbina).

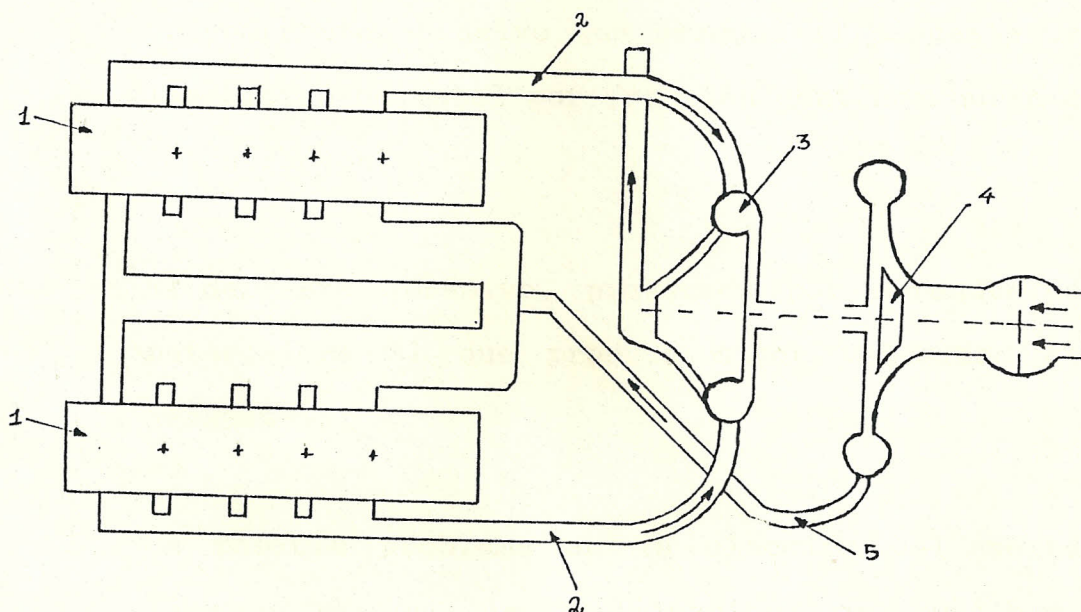


Fig. # 25.- Dirección de los gases de escape a la turbina

3.- Un posible problema de paso de gases de la cámara de combustión al cárter (desgaste de rines y camisas). Cuando existe desgaste de rines y camisas en el motor, se produce el paso de gases de la combustión al cárter contaminando el aceite lubricante.

4.- Un posible problema en el sistema de admisión (filtro de aire roto). La contaminación por Si se generó por falla en la empaquetadura del filtro de aire.

El Si, en el aceite se torna, esencialmente, en un compuesto abrasivo que produce el desgaste de las piezas de metal por fricción continua durante la operación.

El desgaste abrasivo, provocado por arranque de material es el que produce mayor velocidad de desgaste.

5.- Un posible problema en la elección del aceite lubricante. Con la utilización de un buen lubricante con el nivel de detergencia adecuado, se evita parte de esta acumulación de impurezas, al ser transportados a los filtros de aceite, donde quedan retenidas las partículas sólidas superiores a determinado tamaño.

Luego de revisar problemas que originaron la degradación del aceite y desgaste interno en el motor, se determinó que el turbo-cargador, presentaba desgaste acelerado en bocines y rines (fig. # 16), lo que generaba elevada concentración del elemento



cobre, la carbonización del aceite (hollín), se realizó por el paso de lubricante a través de los bocines y rines desgastados a la caja de la turbina a la temperatura de 427 °C por contacto con los gases de escape .

Esta carbonización del aceite retorna al carter, contaminando todo el aceite, formando grandes cantidades de depósitos de carbón y consumo excesivo de aceite.

Se determinó también que la contaminación de Si, se generó por la entrada de tierra, polvo y arena, producida por falla en la empaquetadura del filtro de aire.

Una vez reparado el problema mecánico en el turbo y cambiando el filtro de aire, se realizó un nuevo muestreo del aceite nuevo en el equipo A, se pudo observar que el desgaste de los elementos Cu, Fe, Pb, y Al, volvieron a valores normales, los contaminantes hollín y silicio disminuyeron y se redujo considerablemente el consumo de aceite como se muestra en el análisis a 150 horas de operación del aceite nuevo.

La bomba de inyección e inyectores no indicó ningún problema de flujo y dosificación del combustible.

La prueba de los gases del carter y de compresión no indicó averías graves al motor.



## CONCLUSIONES

Al conocer la importancia en la determinación de la vida probable en los motores en base al empleo del lubricante de producción nacional fué necesario realizar un estudio de las características fisico-químicas de los lubricantes, obteniendo suficiente elemento de juicio para la aplicación y el cumplimiento en forma óptima de la función lubricación.

Así mismo, el conocimiento de los análisis me ha permitido obtener un apoyo valedero en su aplicación, detectando los problemas mecánicos, y dando la ventaja de operabilidad de los equipos y el ahorro de recursos económicos.

Por medio de la fórmula aplicada a la vida útil se ha determinado que la vida útil económicamente rentable del equipo es de  $1/3$  de la estimación de la vida útil, por cuanto este resultado se debió a las condiciones de operación y es una orientación en el cálculo de esperanza de vida.

También existe otro factor que determina la vida útil de acuerdo a la intensidad de desgaste físico, esto es la cantidad de sustancias ferrosas en el aceite.

Para esto se llevó a cabo análisis periódicos de los aceites lubricantes usados, determinando:

- 1.- Los niveles de desgaste de los elementos en el motor se encontraba con valores normales
- 2.- Un acelerado desgastes de rines y bocines del turbo.
- 3.- Terminación prematura de la vida útil del Lubricante debido a la elevada contaminación y degradación producida por la falla mecánica del turbo.
- 4.- Alta contaminación de arena, polvo y tierra en el área de operación y el mal estado del filtro de aire provocó que haya un aumento acelerado de partículas abrasivas, que junto con las partículas de carbón en el aceite se produce un desgaste acelerado en el motor, restandole la vida útil del equipo.
- 5.- El tipo de aceite lubricante utilizado es de calidad aceptable, por cuanto mantuvo el nivel de desgaste con valores normales en los elementos internos del motor.
- 6.- Despues de reparado el turbo y con un nuevo muestreo los valores de desgaste volvieron a valores normales y se redujo considerablemente el consumo de aceite.



Con un programa de mantenimiento junto con análisis periódicos de aceite con interpretaciones del laboratorio reducen al mínimo los cambios de aceites sin perjudicar al motor, haciendo reparaciones menores en vez de mayores.

Las pruebas realizadas en el laboratorio no tienen valor económico para la empresa, por cuanto los proveedores de los lubricantes se comprometen a dar este tipo de servicio.

Los ahorros obtenidos son elevados, producto del aumento de tiempo de operación del equipo y disminución de las fallas, lo que produce un mantenimiento mejorado a base de la vigilancia regular mediante los análisis de aceite.

## RECOMENDACIONES

Los análisis realizados en el laboratorio ha demostrado que se puede corregir problemas menores, determinando contaminación y desgaste del motor. Por esta razón es necesario realizar un programa de análisis periódico del aceite porque protege la inversión del equipo.

Para esto se recomienda realizar inspección y mantenimiento a las siguientes partes:

- \* A las 200 horas de operación realizar el cambio de aceite del motor y filtro, con las características dada.
- \* Revisar la temperatura de operación del motor. En el sistema de admisión de aire del motor limpiar filtro de aire (con presión de aire menor a 20 PSI).
- \* A las 500 horas de operación cambiar filtro de aire.
- \* Limpiar respiradero del carter, revisar presión de los gases del carter.
- \* En el sistema de combustible limpiar y cambiar filtros.
- \* A las 2000 horas de operación, comprobar los diafragmas de la válvula PVC.



- \* Verificar la relación de aire combustible.
- \* Chequeo de bomba de inyección e inyectores.
- \* Comprobar y reemplazar kit de repuesto de turbo cargador.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- M.S. JOVAJ, Motores de Automóvil - 1.982 Vol.1.
- 2.- CABEZAS Vicente Ing., Mantenimiento - 1.985 3ra.Edic.
- 3.- TEXACO, Boletín Técnico, Aspectos Importantes Sobre el TBN (1/1991)
- 4.- TEXACO, Boletín Técnico, Color y Olor en Lubricante (4/1991)
- 5.- TEXACO, Boletín Técnico, Modernos Motores a Diesel (8/1991)
- 6.- CASTROL, Informativo Técnico - 365/366/367/87
- 7.- GULF, Informativo Técnico - 1.982
- 8.- VALVOLINE, Informativo Técnico - 1.992
- 9.- CATERPILLAR, Informativo Técnico - 1.992
- 10.- HEMPHILL SCHOOLS, Informativo Técnico, Lubricación y engrase - 1.987
- 11.- SHELL DEL ECUADOR, Informativo Técnico - 1.991