



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA DE REEMPLAZO
DE UNIDADES DE SERVICIO, MEDIANTE ANÁLISIS DE ACEITE
EN CORPORACIÓN GENERAL DE TRACTORES**

César Vinicio Solórzano Alvarez

Asesorado por el: Ing. Harley William Jerónimo Morales

Guatemala, agosto de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE REEMPLAZO
DE UNIDADES DE SERVICIO, MEDIANTE ANÁLISIS DE ACEITE EN
CORPORACIÓN GENERAL DE TRACTORES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR :

CÉSAR VINICIO SOLÓRZANO ALVAREZ

ASESORADO POR EL: ING. HARLEY WILLIAM JERÓNIMO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soría
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRÁCTICO EL EXÁMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga
EXAMINADOR	Ing. Héctor Alexander Juárez Reyes
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE REEMPLAZO DE UNIDADES DE SERVICIO,
MEDIANTE ANÁLISIS DE ACEITE EN CORPORACIÓN GENERAL DE
TRACTORES,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica, con fecha 18 de agosto de 2008.



César Vinicio Solórzano Álvarez

Guatemala, 31 de julio de 2009

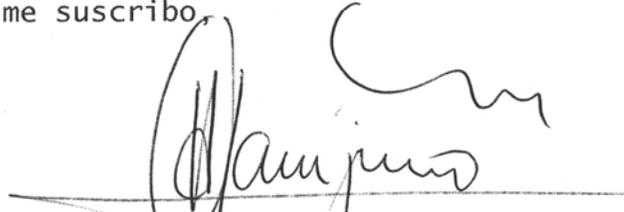
Ingeniero
Julio César Campos Paíz
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Ingeniero Campos:

Atentamente me dirijo a usted para someter a su consideración el Trabajo de Graduación del estudiante: CÉSAR VINICIO SOLÓRZANO ALVAREZ, previo a obtener el título de Ingeniero Mecánico.

El trabajo en referencia se titula **PROPUESTA DE REEMPLAZO DE UNIDADES DE SERVICIO MEDIANTE ANALISIS DE ACEITE EN CORPORACIÓN GENERAL DE TRACTORES**, el cual he asesorado y revisado; considerando que llena satisfactoriamente los requisitos recomiendo su aprobación.

Agradeciendo su atención a la presente y sin otro particular me suscribo,



Harley William Jerónimo Morales
Ingeniero Mecánico - Eléctrico
Colegiado No. 7628
ASESOR

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 19 de agosto de 2009
Ref.EPS.DOC.1160.08.09.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

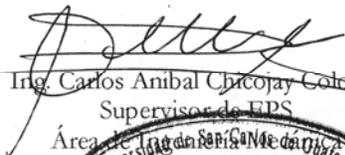
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **César Vinicio Solórzano Alvarez** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **199819454**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“PROPUESTA DE REEMPLAZO DE UNIDADES DE SERVICIO MEDIANTE ANÁLISIS DE ACEITE EN CORPORACIÓN GENERAL DE TRACTORES”**.

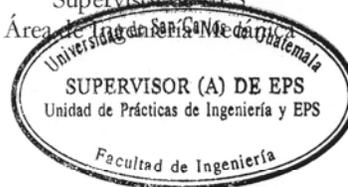
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería y EPS



c.c. Archivo
EESZ/ra

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 19 de agosto de 2009
Ref.EPS.D.490.08.09

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

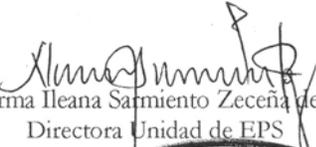
Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"PROPUESTA DE REEMPLAZO DE UNIDADES DE SERVICIO MEDIANTE ANÁLISIS DE ACEITE EN CORPORACIÓN GENERAL DE TRACTORES"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **César Vinicio Solórzano Alvarez** quien fue debidamente asesorado por el Ing. Harley William Jerónimo Morales y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación titulado PROPUESTA DE REEMPLAZO DE UNIDADES DE SERVICIO, MEDIANTE ANÁLISIS DE ACEITE EN CORPORACIÓN GENERAL DE TRACTORES, del estudiante César Vinicio Solórzano Alvarez, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
DIRECTOR a.i.



Guatemala, agosto de 2009

HLRO/behdei

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 314.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE REEMPLAZO DE UNIDADES DE SERVICIO, MEDIANTE ANÁLISIS DE ACEITE EN CORPORACIÓN GENERAL DE TRACTORES,** presentado por el estudiante universitario **César Vinicio Solórzano Alvarez,** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, agosto de 2009

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Mi Señor Jesucristo

Por haberme dado tan alto honor de haberle conocido y permitirme ser parte de su cuerpo y ser mi fortaleza, a quien doy toda la Gloria y Honor.

Mi papá

César Augusto Solórzano Gómez, agradezco profundamente su esfuerzo para que llegara a la meta, y por enseñarme principios morales, papá lo quiero mucho.

Mi mamá

Audelina Alvarez Méndez, agradezco sus palabras de aliento que tuvo todo el tiempo, también su enseñanza de perseverancia, mamá la quiero mucho.

Mi esposa

Tannya Barco, por su amor incondicional y apoyo que me ha brindado en todo momento y creer siempre en mí, te amo mucho.

Mis hermanos

Jarold Alexander Solórzano Alvarez y Sulvian Daniza Solórzano Alvarez, por su apoyo incondicional en este triunfo, los quiero mucho.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
JUSTIFICACIÓN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

FASE DE INVESTIGACIÓN:

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Reseña histórica	1
1.1.1. Actividades de la empresa	2
1.1.2. Visión y misión	3
1.1.2.1. Visión	3
1.1.2.2. Misión	3
1.1.3. Organización de la empresa	3
1.2. Marco teórico	5
1.2.1. Análisis de aceite del motor	5
1.2.1.1. Calidad de la muestra	5

1.2.1.1.1. Fuentes principales de la variabilidad de datos	6
1.2.2. Características a monitorear en el análisis de aceite	9
1.2.2.1. Apariencia	10
1.2.2.2. Viscosidad cinemática	10
1.2.2.3. Índice de viscosidad	10
1.2.2.4. Contaminación por agua	11
1.2.2.5. Análisis elemental de partículas	12
1.2.2.6. Régimen de desgaste	14
1.2.2.7. El estado del aceite	14
1.2.2.8. La limpieza del aceite	15

FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL:

2. DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE ACEITE	17
2.1. Fuentes de desgaste de metales	18
2.2. Muestreo de unidades (análisis estadístico)	21
2.2.1. Toma de muestra para análisis en el laboratorio	21
2.2.2. Resultado del muestreo	23
2.2.2.1. Tabulación de datos	24
2.2.2.2. Gráficas	33
3. PERÍODO DE REEMPLAZO DE LAS UNIDADES	47
3.1. Costo de mantenimiento del motor	47
3.2. Tabulación de datos	48

3.2.1. Gráfica de reemplazo	48
FASE DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE:	
4. CAPACITACIÓN AL PERSONAL OPERATIVO	51
4.1. Programa de capacitación	51
4.1.1. Contenido de la capacitación	53
4.1.2. Ayuda didáctica para la capacitación	54
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Organigrama de la empresa	4
2. Toma de muestra	6
3. Envase para la muestra	9
4. Prueba para verificar presencia de agua en la muestra	12
5. Cuenta partículas	14
6. Análisis de la muestra de aceite	18
7. Etiqueta de American Supreme Multigrado	25
8. Resultado de cobre de la unidad 1	33
9. Resultado de hierro de la unidad 1	33
10. Resultado de cromo de la unidad 1	34
11. Resultado de aluminio de la unidad 1	34
12. Resultado de cobre de la unidad 2	35
13. Resultado de hierro de la unidad 2	35
14. Resultado de cromo de la unidad 2	36
15. Resultado de aluminio de la unidad 2	36
16. Resultado de cobre de la unidad 3	37
17. Resultado de hierro de la unidad 3	37
18. Resultado de cromo de la unidad 3	38
19. Resultado de aluminio de la unidad 3	38
20. Resultado de cobre de la unidad 4	39

21. Resultado de hierro de la unidad 4	39
22. Resultado de cromo de la unidad 4	40
23. Resultado de aluminio de la unidad 4	40
24. Resultado de cobre de la unidad 5	41
25. Resultado de hierro de la unidad 5	41
26. Resultado de cromo de la unidad 5	42
27. Resultado de aluminio de la unidad 5	42
28. Resultado de cobre de la unidad 6	43
29. Resultado de hierro de la unidad 6	43
30. Resultado de cromo de la unidad 6	44
31. Resultado de aluminio de la unidad 6	44
32. Gráfica de reemplazo	48
33. Programa de capacitación	52
34. Contenido de capacitación	53

TABLAS

I. Fuentes de desgaste de metales	20
II. Periodo de servicio	24
III. Vigencia de clasificaciones de servicio API	26
IV. Horas de servicio de la unidad 1	27
V. Horas de servicio de la unidad 2	28
VI. Horas de servicio de la unidad 3	29
VII. Horas de servicio de la unidad 4	30
VIII. Horas de servicio de la unidad 5	31
IX. Horas de servicio de la unidad 6	32
X. Costo de repuestos para motor	47
XI. Momento de reemplazo de unidades	48

LISTA DE SÍMBOLOS

C°	Grados centígrados
Fe	Hierro
Cr	Cromo
Pb	Plomo
Cu	Cobre
Sb	Estaño
Al	Aluminio
Si	Silicio
Na	Sodio
%	Porcentaje
n	Tamaño de la muestra
Z	Valor de Z en la tabla normal
Ln	Logaritmo natural

GLOSARIO

Aditivo	Agregados que mejoran las características del aceite.
ASTM Internacional	Creada en 1,898, es una de las mayores organizaciones en el mundo que desarrollan normas voluntarias por consenso. ASTM es una organización sin ánimo de lucro que brinda un foro para el desarrollo y publicación de normas voluntarias aplicables a los materiales, productos, sistemas y servicios.
Desgaste	Es el daño de la superficie por remoción de material de una o ambas superficies sólidas en movimiento relativo.
Índice de viscosidad	Es el valor que indica la variación de viscosidad del aceite con la temperatura.
Lubricación	Es la introducción de una capa intermedia de un material ajeno entre las superficies en movimiento. Estos materiales intermedios se denominan lubricantes y su función es disminuir la fricción y el desgaste.

Muestreo	Es la selección de una muestra a partir de una población
Muestra	Es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística.
Norma ASTM	Como se usa en ASTM, una norma es un documento que fue desarrollado y establecido dentro de los principios de consenso de la organización, y que cumple los requisitos de los procedimientos y regulaciones de ASTM.
Viscosidad	Es la resistencia que un fluido opone a cualquier movimiento interno de sus moléculas, dependiendo por tanto, del mayor o menor grado de cohesión existente entre estas.

RESUMEN

En los diferentes sectores de la industria guatemalteca, se aplican sistemas de control, los cuales ayudan a que exista un mayor rendimiento de su maquinaria, equipos y motores, tal es el caso de la empresa Corporación General de Tractores, S.A. dentro de estos sistemas se encuentra el análisis de aceite.

Uno de los aspectos a tomar en cuenta para maximizar la vida y productividad de máquinas y motores es el análisis de aceite. Éste nos permite reducir costos y tiempo improductivo a través de medios desarrollados para evaluar las tendencias de estado y desgaste del aceite.

Existen varios tipos de análisis que son hechos al aceite, los cuales son: régimen de desgastes, la condición del aceite, viscosidad, limpieza del aceite, prueba de agua y combustible. El régimen de desgaste vigila la concentración de desgaste del metal. La condición del aceite compara las características químicas del aceite usado contra el nuevo para evaluar si está proveyendo la lubricación y protección adecuada. La viscosidad analiza el espesor del aceite. La limpieza del aceite cuenta las partículas minúsculas en una muestra de aceite, las cuales disminuyen la vida del motor y la prueba de agua y combustible evalúa el grado de contaminación del aceite por agua y/o combustible.

Mediante el análisis de aceite se calculó el tiempo oportuno para reemplazar las unidades de trabajo de la empresa, minimizándole los costos de operación en reparaciones y tiempo muerto.

JUSTIFICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La empresa Corporación General de Tractores, presta servicios de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo para maquinaria pesada, en la capital y en el interior de la República, por lo que es de suma importancia la disponibilidad del 100% de las unidades de transporte para la movilización de su personal técnico para prestar el servicio a sus clientes.

Por tal motivo, actualmente es necesario tomar con suma consideración el momento adecuado del reemplazo de las unidades, para que no ocurran atrasos inesperados en que las unidades por desperfectos mecánicos serios en los cuales exista la posibilidad de no atender al cliente en el tiempo programado, puesto que se halla en cola una serie grande de clientes que atender.

Actualmente en la empresa no se tiene en consideración el reemplazo a tiempo de las unidades para obtener un valor de rescate de las mismas. Por lo anterior es justificable la finalidad de éste trabajo.

OBJETIVOS

GENERAL

- Análisis y propuesta del tiempo razonable de reemplazo de las unidades que se utilizan para servicios de mantenimiento de maquinaria, en la empresa Corporación General de Tractores.

ESPECÍFICOS:

1. Monitorear las unidades de servicio mediante el análisis de aceite.
2. Obtención de datos y análisis de laboratorio de las posibles fuentes de desgaste de metales en el motor.
3. Cálculo del tiempo de reemplazo de las unidades de servicio, mediante gráfico.
4. Concientizar al personal técnico y operativo de la importancia de una inspección básica del motor, para una mayor eficiencia.

INTRODUCCIÓN

En la Corporación General de Tractores (Gentrac), ubicada en Calzada Aguilar Batres 54-41 Zona 12, Guatemala, se desarrollará una propuesta de reemplazo de las unidades de servicio; es decir el momento justo en el que deben de ser reemplazadas para reducir los costos por mantenimiento.

El presente trabajo consta de cuatro capítulos, el primer proporcionará las generalidades de la empresa tales como: la actividad de la empresa y su organización. y los conceptos básicos de los cuales se basara la propuesta de reemplazo de las unidades de servicio.

El segundo capítulo se proporcionará los conceptos básicos, así como la información necesaria en la cual se basará la propuesta de reemplazo de la unidades de servicio de la empresa.

El tercer capítulo se llevará a cabo el desarrollo del tiempo de reemplazo que deben de tener la unidades, esto conociendo la fuentes de desgaste de metales, el muestreo de unidades y los resultados.

El cuarto capítulo considera la necesidad que existe de hacer conciencia al personal operativo de las unidades de servicio, en que deben de realizar una inspección diaria, tanto visual como de rutina para chequear niveles de aceite y niveles de agua, etc., para que la unidad de servicio se encuentre en óptimas condiciones y esto no permita tiempos muertos o paros innecesarios.

FASE DE INVESTIGACIÓN:

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 Reseña histórica

La Corporación General de Tractores, S.A. con nombre comercial Gentrac, es el representante exclusivo para Guatemala de la Marca CATERPILLAR, líder a nivel mundial en la venta de Tractores par Construcción de Caminos, motores, plantas eléctricas Diesel, así como montacargas eléctricos diesel y gasolina.

Gentrac inicia operaciones en Guatemala en el mes de marzo de 1998. La Corporación General de Equipos (COGESA) de El Salvador compra la Antigua Cía. Empresa representante en Guatemala antes de marzo de 1,998.

La experiencia de COGESA junto con su grupo de empresas y con el distribuidor de CATERPILLAR en El Salvador es de más de 60 años de experiencia en el mercado. El distribuidor de CATERPILLAR en Belice, Guatemala y El Salvador pertenece a la misma corporación, lo que conforma una fortaleza a los distribuidores para compartir sinergia en la región de Centro América.

Al transcurrir los años, Gentrac ha ganado terreno y prestigio en Guatemala, en lo que respecta a distribución y servicio ofrecidos en el ramo de la industria de maquinaria y equipo pesado, actualmente llegando a ser la empresa número uno de su ramo; proporciona productos de calidad mundial a toda Guatemala.

1.1.1 **Actividades de la empresa**

Corporación General de Tractores, S.A. es una empresa que se dedica a la venta, asesoría, alquiler, mantenimiento y reparación de maquinaria pesada, para necesidades de movimientos de tierra, generación de energía eléctrica, actividades agrícolas, industria marina, industria minera y transporte terrestre.

La Corporación General de Tractores, S.A. es el distribuidor autorizado por Caterpillar para Guatemala, dentro de la función de un distribuidor de este tipo es necesario efectuar ciertas actividades básicas para que el producto ofrecido al cliente llene las expectativas de los clientes y cumpla el propósito por el cual fue adquirido sin mayores problemas.

Dichos productos son altamente especializados, esto reduce el número de competidores o empresas similares capaces de proporcionar el soporte y los servicios necesarios para este producto. Dentro de las actividades que debe efectuar Corporación General de Tractores, S.A. se encuentran las siguientes: ventas, asesoría, alquiler, mantenimiento, reparación y soporte al producto.

En Corporación General de Tractores, S.A. se cuenta con repuestos, servicios de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, software para una efectiva administración del mantenimiento, distribución de puntos de venta al interior de la república (sucursales), visitas técnicas de nuestros representantes de ventas y la gestión de cobros.

1.1.2 Visión y misión

1.1.2.1 Visión

- **VISIÓN:** Los clientes tienen diferentes necesidades dependiendo de su giro específico de negocio; nosotros damos respuesta a esas necesidades con soluciones para movimientos de tierra, generación eléctrica, actividad agrícola, industria marinera, transporte terrestre y con el resto de equipo que se provee.

1.1.2.2 Misión

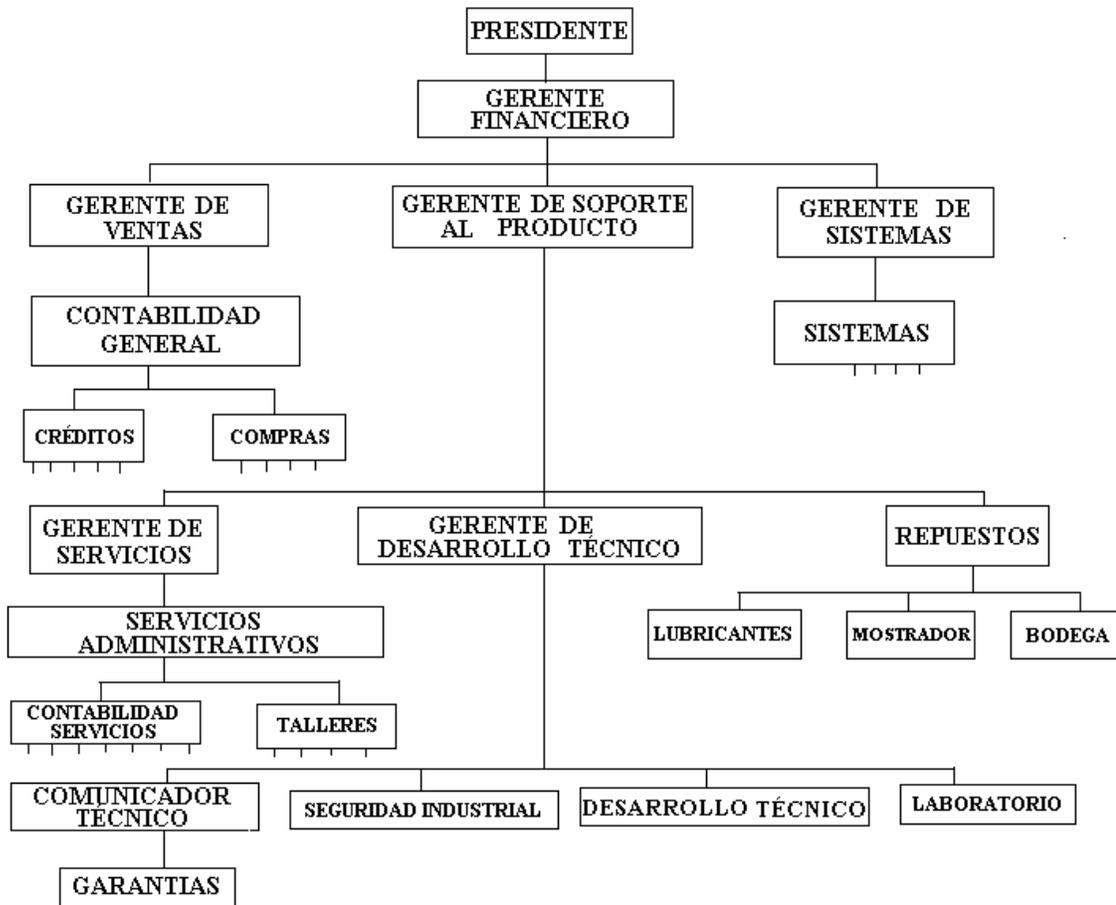
- **MISION:** Ser uno de los mejores distribuidores y sobrepasar las expectativas de servicio en la industria con la más alta calidad, cobertura de mercado, soporte de servicio y tiempo de entrega.
Establecer firmemente el liderazgo de Corporación General de Tractores, S.A. y Caterpillar en Guatemala.

1.1.3 Organización de la empresa

Corporación General de Tractores, S.A., como cualquier otra organización, dentro de sus principios fundamentales para el buen desempeño funcional como empresa, posee una estructura organizacional o jerárquica para establecer las responsabilidades, obligaciones y funciones de cada puesto de trabajo.

A continuación se presenta el organigrama de la empresa:

Figura 1. Organigrama de la empresa.



Fuente: Corporación General de Tractores, S.A.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Análisis de aceite del motor

Hay una gran variedad de métodos de pruebas de aceite en el mercado y pueden ser justificados por una u otra razón técnica. Sin embargo, sin un análisis de aceite apropiado, las técnicas de análisis de aceite más sofisticadas serán incluso inútiles.

1.2.1.1 Calidad de la muestra

El problema fundamental para cualquier programa de análisis de aceite es la calidad de la muestra. Mientras una práctica analítica pobre o los chequeos de integridad de datos insuficientes generan datos que no pueden interpretarse fiablemente, la práctica de muestreo impropia generará datos ficticios que son a menudo totalmente sin sentido con respecto a la condición que se supervisa o al diagnóstico de la falla.

Cuando los operadores del equipo tienen una comprensión clara de las causas de variación en los datos de la condición, ellos pueden ejercer control sobre esas causas.

Así, abajo el funcionamiento normal del equipo, cada medida de aceite tendrá a lograr un equilibrio dinámico claramente definido, y cualquier desviación puede evaluarse por su causa usando un procedimiento normal.

Figura 2. Toma de muestra



Fuente: Corporación General de Tractores, S.A.

1.2.1.1.1 Fuentes principales de la variabilidad de datos

Las fuentes principales de variabilidad de datos de muestras son:

- ✓ Procedimiento de muestreo (muestreo apropiado, etiquetado, etc.).
- ✓ Actividades de mantenimiento (reemplazos de los componentes o reparaciones, composiciones de aceite o cambio, etc.).

- ✓ Eventos operacionales (uso, mal empleo, exposición a esfuerzos altos, altas temperaturas, etc.).
- ✓ Prueba de la muestra (procedimiento de la prueba, calibración de la prueba y regularización, etc.).
- ✓ Entrada de los datos (impresión de datos, interfase automática, etc.).
- ✓ Presencia de uno o más modos de fracaso.

No esta demás decir, que todos estos factores están bajo el control del operador del equipo y con un poco de esfuerzo cada factor puede aislarse para que el comportamiento subsiguiente de los resultados del análisis de aceite puedan asociarse con modos de falla. Una vez la relación entre un facto de influencia particular y una medida de la condición se entiende, el operador de equipo puede modificar una política operacional para reducir el efecto de la interferencia o desarrollar reglas de interpretación para superar la interferencia.

El efecto de la composición del aceite o el cambio en el valor de los datos puede ser disminuido por secuencia de adición de aceite o intervalos de cambio del aceite comparado con el intervalo del muestreo, sabiendo que las muestras siempre deben tomarse antes de agregar o cambiar el aceite. Esta es una regla simple en la política del mantenimiento.

El efecto del uso intermitente en la tendencia de medida de los datos puede ser reducido usando el grabado y la selección apropiada de fórmula para calcular la tendencia. Esta es una función procesal simple que puede incorporarse en el programa de análisis de aceite.

Para lograr una interpretación confiable de los datos del aceite, el operador o el encargado del equipo debe entender las causas de la variación de los datos y deben implementarse políticas de mantenimiento apropiadas a las necesidades del monitoreo del equipo. Cuando el encargado de llevar el control, el historial de las pruebas de los equipos, se vuelve el instrumento para la interpretación de datos de la muestra diaria y un análisis confiable en un período de tiempo.

El control empieza con un procedimiento de muestreo de aceite adecuado que incluye:

- ✓ Adquisición de envases limpios para muestras,
 - ✓ Un adecuado procedimiento de toma de muestras,
 - ✓ Una adecuada identificación de la muestra.
-
- **Envases para muestras:** Los envases para muestra pueden tener una influencia considerable en el resultado del análisis de aceite. En la práctica, solamente debe de usarse envases de calidad. Todos los envases para muestra nuevos deben de mantenerse cerrados dentro de un envoltorio limpio. Si las muestras son tomadas de un sistema bien limpio como en el sistema de lubricación, los envases para las muestras también deben de estar ultra limpios.

Figura 3. Envase para la muestra



Fuente: Corporación General de Tractores, S.A.

1.2.2 Características a monitorear en el análisis de aceite

Hoy en día existen una gran variedad de pruebas de laboratorio para determinar las propiedades de aceite usado y la cantidad de partículas de desgaste que pueda contener en el momento de ser analizado.

Dentro de las pruebas podemos mencionar las siguiente: apariencia, viscosidad cinemática, índice de viscosidad, contaminación por agua, dilución y análisis elemental de partículas. (Dependiendo de las necesidades, se puede pedir al laboratorio otro tipo de análisis específico, para medir o monitorear otras características del aceite).

1.2.2.1 Apariencia

De la apariencia de la muestra de aceite podemos deducir los siguientes: Cambios en el color (oscurecimiento significativo) puede ser un indicativo de contaminación u oxidación, apariencia espumosa o lechosa puede indicar una contaminación por agua. Esta prueba se realiza por simple inspección visual de la muestra.

1.2.2.2 Viscosidad cinemática

Esta prueba determina la viscosidad cinemática del aceite, midiendo el tiempo que le toma a una cantidad específica de aceite pasar a través de un orificio calibrado para tal efecto a una temperatura dada. Esta prueba es aplicable a cualquier tipo de aceite normalmente se hace a 40° y 100° C. La viscosidad cinemática es el producto del tiempo que fluyo el aceite y el factor de calibración del instrumento. La viscosidad dinámica es el producto de la viscosidad cinemática por la densidad del aceite. Las unidades principales de viscosidad cinemática son el "Centistoke y poise".

Dentro de los aparatos usados para determinar la viscosidad cinemática tenemos el viscosímetro cinemático de Cannon y el viscosímetro cinemático de Houillon.

1.2.2.3 Índice de viscosidad

El índice de viscosidad generalmente se usa para determinar el comportamiento de la viscosidad de un aceite encima del rango normal de la temperatura de operación de un equipo. La prueba ASTM D2270 describe el procedimiento para calcular el índice de viscosidad a partir de lecturas de

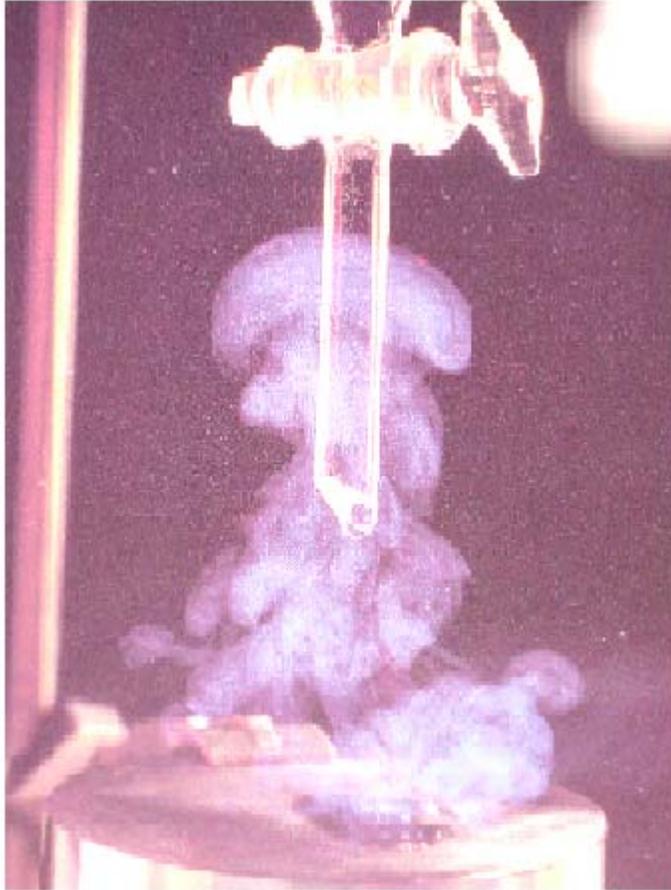
viscosidad cinemática tomadas a los 40° y 100° C por el método ASDTM D445 es aplicable a la mayoría de los aceites.

1.2.2.4 Contaminación por agua

Para determinar si en un aceite hay contaminación de agua, se puede hacer por una inspección visual a la muestra o por medio de la prueba de Crakle que consiste en dejar caer unas gotas de aceite en un recipiente de aluminio y si hay agua en el aceite se escuchara un ruido.

Para medir la cantidad de agua que contiene una muestra existen varios métodos, uno de ellos es el de Kart Fisher que se basa en la norma ASTM 1744, necesita unos cuantos mililitros de la muestra y es capaz de leer bajos rangos de ppm.

Figura 4. Prueba para verificar presencia de agua en la muestra



Fuente: Corporación General de Tractores, S.A.

1.2.2.5 Análisis elemental de partículas

Uno de los mejores usos del análisis de aceite es el análisis elemental de partículas, el cual permite conocer qué tipo de partículas y en qué cantidad se han ido desgastando en nuestro equipo, esto permite identificar las posibles

fuentes y poder efectuar tareas de mantenimiento necesarias para evitar daños mayores.

Para conocer y medir la cantidad de partículas en la muestra, existen hoy en día una gran cantidad de análisis, a continuación se enumeran algunos de ellos (no se entrara en detalle de cómo funcionan pues este seria tema de otro trabajo):

- Espectroscopia de emisión atómica
 - Electrodo de disco rotatorio
 - Plasma inductivamente acopiado

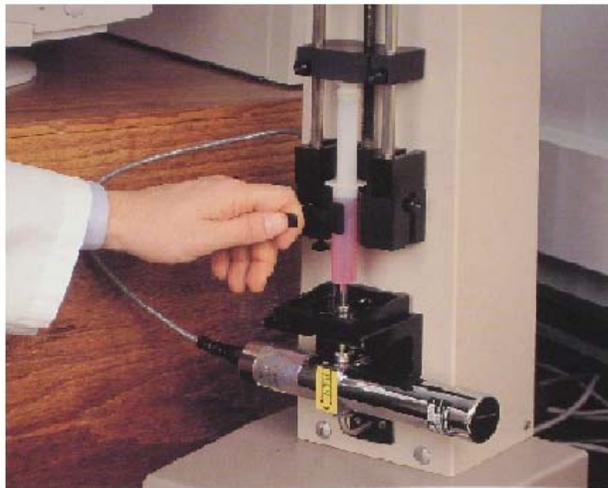
- Espectroscopio de absorción atómica
 - Espectroscopia de fluorescencia de rayos X

- Análisis de partículas de desgaste
 - Analizadores de partículas de desgaste
 - Cuantificador PQ
 - Ferrografía de lectura directa
 - Microscopio de electrón examinador

- Contadores electrónicos de partículas
 - Por obstrucción de luz
 - Por disminución de flujo
 - Por malla oculta

- Monitores de desgaste en línea
 - Sensores ferromagnéticos
 - Sensores de desgaste de todo metal

Figura 5. Cuenta partículas



Fuente: www.CAT.com

1.2.2.6 Régimen de desgaste

- Vigila las partículas de desgaste de metal, contaminantes y elementos del paquete de aditivos del aceite.

1.2.2.7 El estado del aceite

- Compara el aceite viejo con el nuevo para ver si está proveyendo lubricación y protección adecuada.

1.2.2.8 La limpieza del aceite

- Determina si contaminantes abrasivos están causando desgaste acelerado.

FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL:

2. DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE ACEITE

Por medio del análisis en intervalos regulares de las muestras de aceite tomadas del motor, el análisis del régimen de desgaste detecta partículas de metal pequeño, causado por el desgaste de componentes. Al vigilar las tendencias en el tipo y la cantidad de partículas, habrá una temprana detección de problemas antes de que ocurran daños mayores.

El análisis del Régimen de Desgaste permite encontrar problemas antes que resulten en reparaciones costosas o averías en los motores.

El análisis del Régimen de Desgaste puede detectar partículas que miden hasta aproximadamente 10 micras. La concentración de desgaste de metales es expresada en partes por millón (ppm). El programa de análisis de Aceite determina la presencia de por lo menos nueve sustancias diferentes: cobre, hierro, cromo, plomo, estaño, aluminio, molibdeno, silicio y sodio.

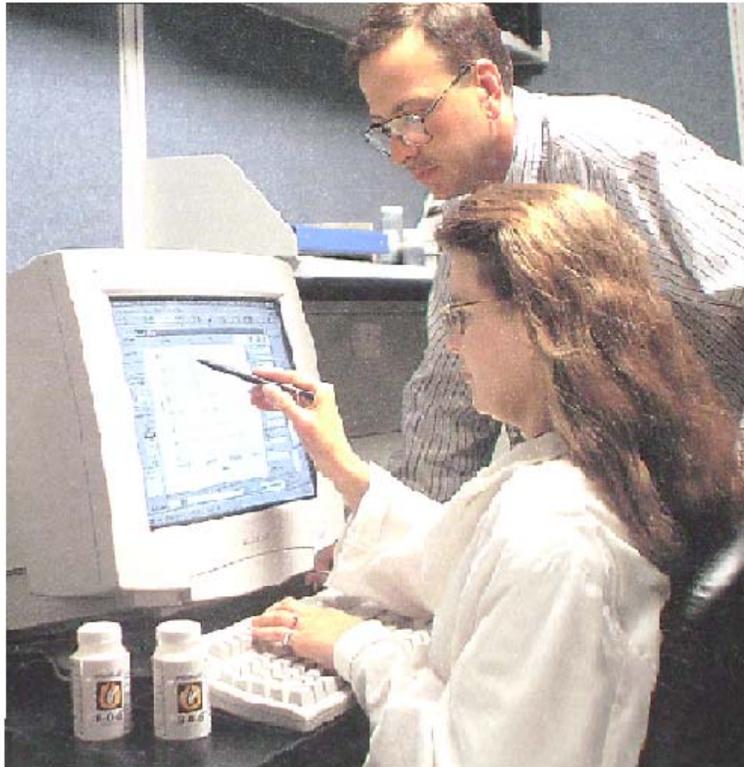
Todos estos son metales de desgaste que se encuentra en los motores excepto dos:

- Silicio (el cual normalmente indica la presencia de suciedad) y
- Sodio (el cual indica la presencia de agua o refrigerante).

Por eso la determinación de tendencia es una parte esencial del Análisis del Régimen de Desgaste. Después de tomar tres muestras de un compartimiento en particular, se establece una tendencia para cada metal de desgaste, entonces para la interpretación se comparan muestras subsiguientes

a esta línea de tendencias para reconocer rápidamente desviaciones al igual que vigilar cambios graduales en los niveles de concentración. Esta atención a las tendencias nos ayuda en el análisis del ciclo de vida del motor.

Figura 6. Análisis de la muestra de aceite



Fuente: Corporación General de Tractores, S.A.

En el laboratorio se utilizó un espectrómetro de emisión para hacer el Análisis del Régimen de Desgaste. El espectrómetro determina los elementos de desgaste y silicio en una muestra al someter el aceite a temperaturas muy alta. A esta temperatura, los elementos en las muestras son “Atomizados” con cada uno emitiendo una longitud de onda de energía de luz diferente. El

sistema óptico mide y registra la energía de la luz y calcula los resultados, en partes por millón, para cada elemento.

Generalmente todos los vehículos nuevos traen su manual de servicio; este incluye las rutinas de mantenimiento preventivo y el intervalo de tiempo al cual estas deben aplicarse; los motores diesel no son la excepción, en esta parte del capítulo se pretende obtener nuevas frecuencias de mantenimiento por medio del análisis de aceite usado en el motor, se utilizarán los programas de mantenimiento que normalmente utilizan los encargados del mantenimiento de los vehículos como punto de partida para la obtención de nuevo programa y sus frecuencias en este caso si fuere necesario, según el análisis de aceite es el factor determinante.

Hoy en día, cuando el costo es un factor determinante en la toma de decisiones se tiene que encontrar la frecuencia de muestreo que mejor se adapte a nuestras condiciones (el análisis tiene un costo) tomando en cuenta la importancia que nuestros vehículos tienen y lo importante que implica evitar una falla en nuestro motor cuando esta en funcionamiento.

2.1 Fuentes de desgaste de metales

Tabla I Fuentes de desgaste de metales

Elemento	Fuentes posibles
Hierro (Fe)	Cojinetes, ejes, anillos de pistón, engranajes, válvulas, camisas, corrosión de depósitos y tuberías. Temp. Anormales de operación, degradación de aceite, combustible y/o contaminación de regri., anillos rotos o atascados.
Cromo (Cr)	Ejes, anillos de pistón. Cojinetes. Escapes de gases, consumo de aceite, degradación del aceite.
Plomo (Pb)	Cojinetes, falta de lubricación, contaminación de refrigerante, contaminación de combustible.
Cobre (Cu)	Cilindros, cojinetes, partes que contengan bronce.
Estaño (Sb)	Chumaceras, partes que contengan bronce.
Aluminio (Al)	Motor, pistones, chumaceras, anillos.
Silicio (Si)	Cojinetes, contaminación por tierra.
Sodio (Na)	Aditivos anticorrosión.

Fuente: Corporación General de Tractores S.A.

2.2 Muestreo de unidades (análisis estadístico)

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$n_0 = Z^2 p q / d^2$$

Donde:

n = tamaño de muestra.

Z = valor de Z en la tabla normal.

p = prevalencia estimada, en nuestro estudio es de 0.02

q = 1-p = 0.98 para nuestro estudio

d = error de muestreo = 0.02

2.2.1 Toma de muestra para análisis en el laboratorio

Procedimiento para la toma de muestras

El objetivo primario del proceso de muestreo es para adquirir una copia figurada de las propiedades del lubricante, contaminante y desgaste de metales y así, una identificación de las condiciones de los motores. Generalmente, las propiedades químicas de la muestra serán una buena copia figurada de los metales de desgaste que están en el depósito. Sin embargo, las partículas de metales desgastados serán afectados por el cuenta partículas y la distribución del tamaño.

En la práctica, una muestra contendrá algunos residuos viejos (pequeñas partículas suspendidas) como también material removido recientemente que puede incluir partículas grandes. La mayor parte de partículas grandes del sistema, son retenidas en el filtro o se asientan en el depósito, así todas las partículas grandes en la muestra han sido generadas recientemente.

Si se usa una técnica confiable de muestreo, la presencia de residuos viejos no disminuirá la efectividad global en el procedimiento del análisis de aceite. Para obtener una muestra confiable, deben de considerarse los siguientes criterios generales.

- a. Las muestras deben de tomarse cuando el equipo esta en operación a la temperatura nominal de funcionamiento. Si esto no es posible, entonces la muestra debe de ser tomada inmediatamente al apagarse el motor sin dejar que el aceite se enfríe y/o sedimenten las partículas grandes.
- b. Las muestras siempre deben de tomarse del sistema de lubricación o de la aceitera (carter), en el mismo punto, corriente debajo de todos los componentes productores de desgaste.
- c. Es preferible tomar muestras desde una válvula colocada para este propósito. Si las muestras son tomadas de una válvula asegúrese de limpiar la salida y dejar salir por el tubo el aceite por un tiempo suficiente para asegurarse que al envase de la muestra entre aceite fresco proveniente de la aceitera.

- d. Si las muestras son tomadas usando una bomba de vacío, la manguera debe cortarse al mismo largo que la varilla medidora o a una longitud suficiente para alcanzar el punto medio del depósito. Asegúrese de insertar la manguera, la misma distancia en todas las muestras tomadas de ese motor y de que la manguera no descienda hasta la parte baja del depósito.
- e. Finalmente, coordine los cambios de aceite y una política de composición con la política de toma de muestras. Si la muestra es tomada al mismo tiempo que el cambio de aceite, recuerde tomar la muestra antes de cambiar el aceite para obtener datos de condición actualizados, y tome otra muestra una o dos horas después del cambio, para obtener un punto de tendencia en la próxima rutina de la muestra. La segunda muestra es especialmente importante si los intervalos de cambio de aceite son demasiado cortos para más de una muestra rutinaria.

2.2.2 Resultado del muestreo

Tamaño de muestra

$$n_0 = \frac{(-0.4)^2 (0.02) (0.98)}{(0.02)^2} = \frac{(0.16) (0.02) (0.98)}{(0.0004)} = 7.84$$

n ajustada:

$$n = \frac{n_0}{\left(1 + \frac{n_0}{N}\right)} = \frac{7.84}{\left(1 + \frac{7.84}{20}\right)} = 5.63 \approx 6$$

Es decir, se debe realizar el muestreo 6 unidades en total. Para obtener la cantidad de unidades en donde se realizará el muestreo.

2.2.2.1. Tabulación de datos

A continuación se muestra la frecuencia que se utiliza para el análisis periódico.

Tabla II Período de servicio

Equipo	Servicio Continuo	Servicio mensual
Motores diesel	270 horas ó 5,000 Km.	1 mes

Fuente: Historial de vehículos, Corporación General de Tractores, S.A.

Para la realización de este trabajo se tomó como base la frecuencia de 270 horas entre muestreos de aceite ya que el vehículo se encuentra operando en forma continua, en promedio de 8 a 10 horas diarias.

El aceite que se usa para motores a diesel tiene el "donut" de certificación del API (Instituto Americano de Petróleo) con las siglas "CI-4" en la parte superior.

Muchos de los aceites con clasificación SL también son CI-4. Por esto son certificados para la máxima protección en ambos motores. De acuerdo a las normas del API, el SL puede estar antes o después del CI-4 (ej.: SL/CI-4 o CI-4/SL).

Figura 7. Etiqueta de American Supreme Multigrado



Fuente: www.widmanbanner.com

El Instituto Americano de Petróleo en conjunto con los fabricantes de vehículos, motores, y aceites, clasifican y certifican los aceites, manteniendo las normas necesarias vigentes para la protección requerida.

Tabla III Vigencia de Clasificaciones de Servicio API

Vigencia de Clasificaciones de Servicio API			
Motores a Diesel			
CA	1900	30 años	Obsoletos
CB	1930	25 años	Obsoletos
CC	1955	24 años	Obsoletos
CD	1979	9 años	Obsoletos
CE	1988	3 años	Obsoletos
CF	1991	2 años	Vigente
CF-4	1993	2 años	Vigente
CG - 4	1995	4 años	Vigente
CH - 4	1999	3 años	Vigente
CI - 4	2002	ACTUAL	Vigente

Fuente: American Petroleum Institute - API

Para nuestro análisis se utilizará el aceite multigrado 15W40, el que actualmente se utilizó en el momento del muestreo, de las unidades.

Tabulación:

Tabla IV Horas de servicio de la unidad 1

Unidad 1	270	540	810	1080	1350
Cobre	8	8	8.2	8.5	8.8
Hierro	144	144.3	144.7	144.9	145.1
Cromo	1	1	1.2	1.3	1.5
Plomo	5	5	5.5	5.6	5.6
Aluminio	30	28	32	33	34
Silícico	45	47	49	50	53
Molibdeno	1	1	2	4	4
Magnesio	184	186	188	188	190
Sodio	10	9	7	6	6
Estaño	0	0	1	2	2
Zinc	1062	1000	1125	1186	1892
Fósforo	1100	1133	1143	1156	1158
Agua	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Combustible	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Aceite	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Hollín	50	50	52	51	53
Oxidación	50	52	53	54	54
Nitración	100	104	106	108	111
Azufre	119	121	122	122	122

Fuente: César Vinicio Solórzano

Elementos de desgaste: en p.p.m.

Condiciones del Aceite/Contaminantes %

Tabla V Horas de servicio de la unidad 2

Unidad 2	270	540	810	1080	1350
Cobre	12	15	16	18	20
Hierro	52	55	56	61	63
Cromo	2.5	4	4	4.5	4.6
Plomo	3	3	3.6	3.8	4.2
Aluminio	7	7	7.5	7.9	8
Silícico	8	8.5	8.5	9	10
Molibdeno	14	14	15	16	16
Magnesio	377	382	382	386	387
Sodio	10	20	20	23	23
Estaño	2	2	3	3.5	4.1
Zinc	1065	1893	1905	2000	2440
Fósforo	1158	1750	1958	2300	2313
Agua	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Combustible	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Aceite	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Hollín	95	98	100	113	115
Oxidación	11	11	13	13	13
Nitración	19	19	19	19	19
Azufre	25	30	32	37	37

Fuente: César Vinicio Solórzano.

Elementos de desgaste: en p.p.m.

Condiciones del Aceite/Contaminantes %

Tabla VI Horas de servicio de la unidad 3

Unidad 3	270	540	810	1080	1350
Cobre	11	11	11.5	11.8	12
Hierro	50	55	86	101	115
Cromo	0	0.1	0.3	0.8	1.2
Plomo	1	1.5	2	2.1	2.3
Aluminio	5	5.6	5.9	6.4	7
Silícico	6	7	7.7	9	14
Molibdeno	46	32	32	28	18
Magnesio	407	382	375	300	274
Sodio	4	4.3	4.8	5	5.2
Estaño	0	0	0	0	0
Zinc	1214	1200	1250	1328	1402
Fósforo	1147	1154	1174	1221	1249
Agua	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Combustible	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Aceite	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Hollín	95	115	118	165	184
Oxidación	35	46	64	94	118
Nitración	42	42.3	44	44.1	43
Azufre	72	76	78	84	96

Fuente: César Vinicio Solórzano

Elementos de desgaste: en p.p.m.

Condiciones del Aceite/Contaminantes %

Tabla VII Horas de servicio de la unidad 4

Unidad 4	270	540	810	1080	1350
Cobre	31	52	86	122	135
Hierro	56	59	93	102	107
Cromo	1	1.1	1.8	2.5	3
Plomo	1	3	6	7	9
Aluminio	6	6.8	8	8.6	9
Silícico	11	13	17	19	20
Molibdeno	9	10	15	16	19
Magnesio	192	198	209	235	271
Sodio	5	5	5	5.2	5.3
Estaño	0	0	0	0.2	0.6
Zinc	1093	1150	1372	1485	1524
Fósforo	1075	1154	1174	1239	1274
Agua	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Combustible	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Aceite	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Hollín	93	98	100	101	101
Oxidación	0	3	8	15	18
Nitración	0	14	18	27	32
Azufre	0	46	78	84	93

Fuente: César Vinicio Solórzano

Elementos de desgaste: en p.p.m.

Condiciones del Aceite/Contaminantes %

Tabla VIII Horas de servicio de la unidad 5

Unidad 5	270	540	810	1080	1350
Cobre	62	138	142	200	346
Hierro	63	84	126	153	170
Cromo	4	4	4.1	4.1	4.2
Plomo	3	6	9	10	13
Aluminio	9	10	11	12	13
Silícico	7	9	12	14	16
Molibdeno	45	45.2	45.4	46	46
Magnesio	412	418	425	452	468
Sodio	1	5	16	20	24
Estaño	2	4	5	6	7
Zinc	1523	1532	1574	2003	2247
Fósforo	1339	1422	1678	1915	2111
Agua	Negativo	Negativo	Negativo	Afirmativo	Afirmativo
Combustible	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Aceite	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Hollín	192	192	193	194	194
Oxidación	28	29	30	32	34
Nitración	42	44	57	94	114
Azufre	114	117	119	120	123

Fuente: César Vinicio Solórzano

Elementos de desgaste: en p.p.m.

Condiciones del Aceite/Contaminantes %

Tabla IX Horas de servicio de la unidad 6

Unidad 6	270	540	810	1080	1350
Cobre	29	33	54	131	176
Hierro	28	36	42	134	192
Cromo	0	0	0.4	0.5	1
Plomo	0	1.2	1.6	2	2
Aluminio	3	3	4	5	6
Silícico	4	5	5	7	10
Molibdeno	47	54	64	96	124
Magnesio	200	235	279	321	362
Sodio	1	2	2	3	4
Estaño	0	0.1	0.4	0.6	1
Zinc	909	946	1174	1200	1282
Fósforo	1102	1115	1178	1200	1227
Agua	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Combustible	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Aceite	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Hollín	91	95	100	142	176
Oxidación	11	13	14	15	29
Nitración	15	24	33	40	47
Azufre	27	42	67	92	113

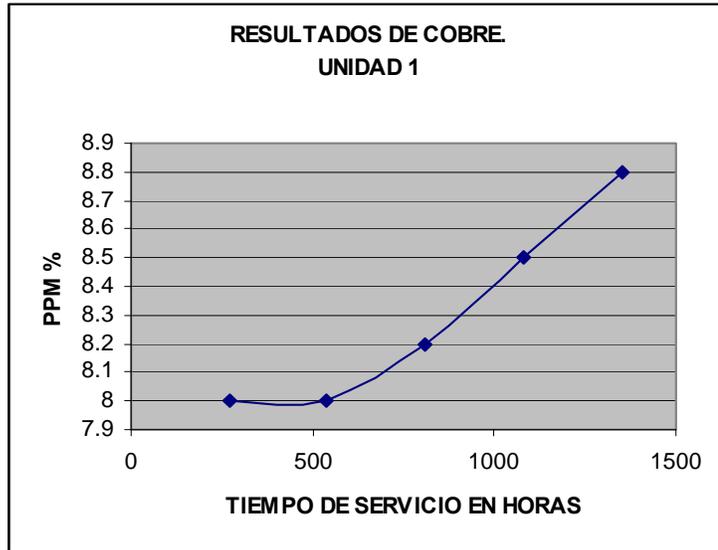
Fuente: César Vinicio Solórzano

Elementos de desgaste: en p.p.m.

Condiciones del Aceite/Contaminantes %

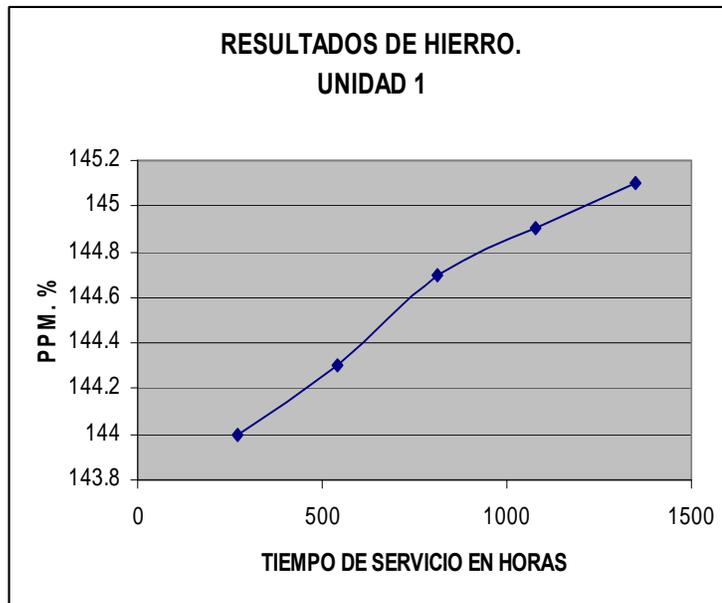
2.2.2.2. Gráficas

Figura 8. Resultado de cobre de la unidad 1



Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 9. Resultado de hierro de la unidad 1



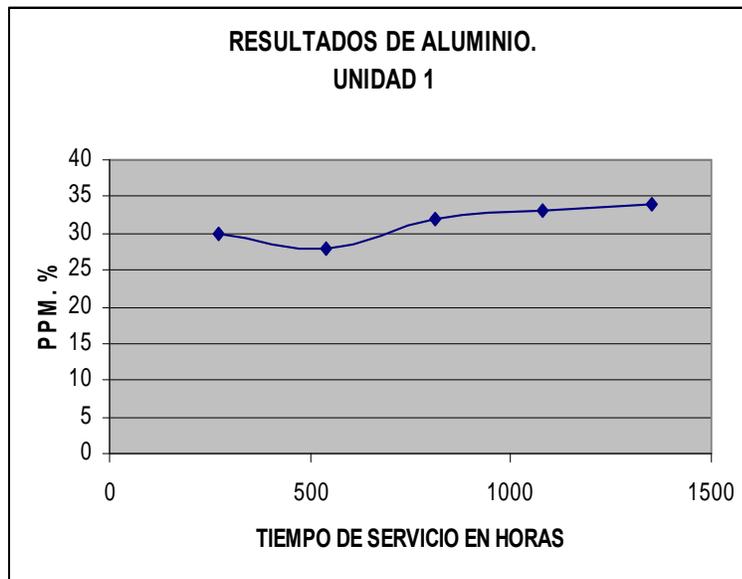
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 10. Resultado de cromo de la unidad 1



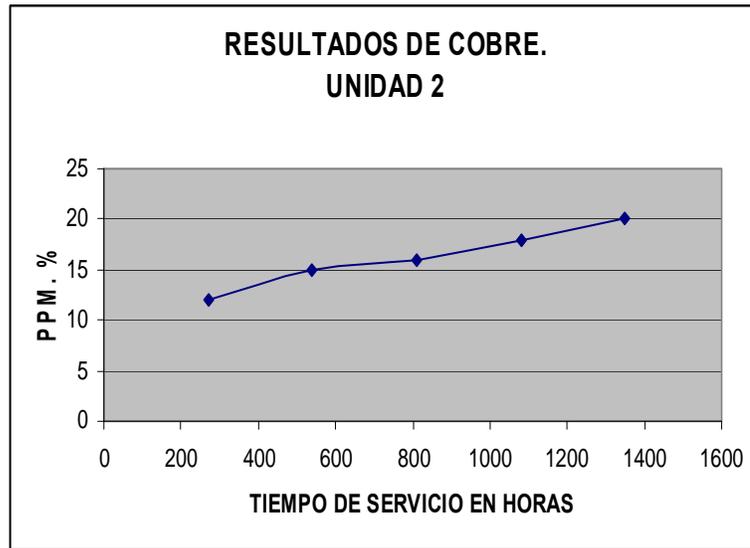
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 11. Resultado de aluminio de la unidad 1



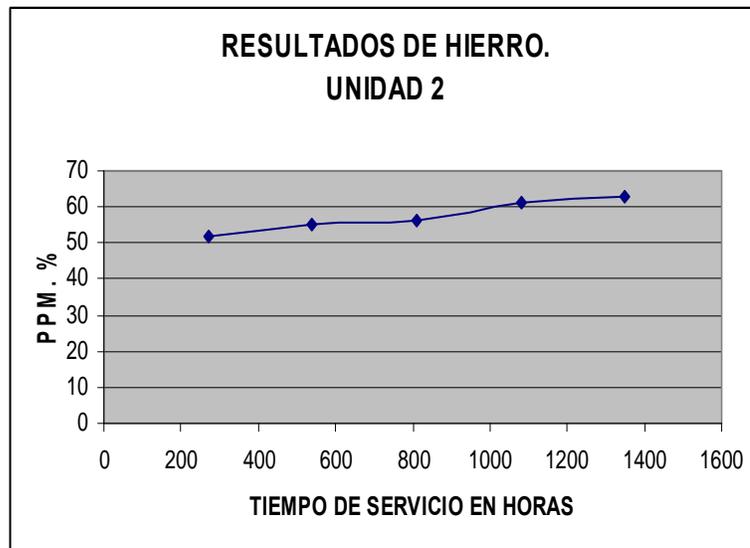
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 12. Resultado de cobre de la unidad 2



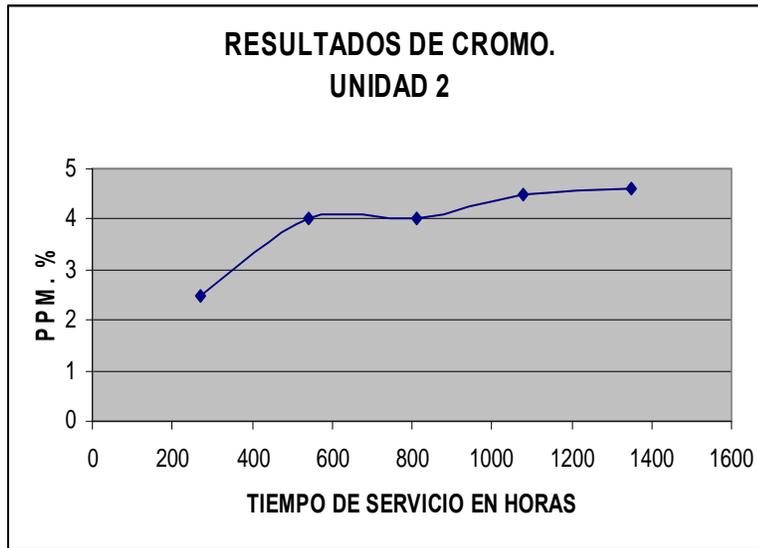
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 13. Resultado de hierro de la unidad 2



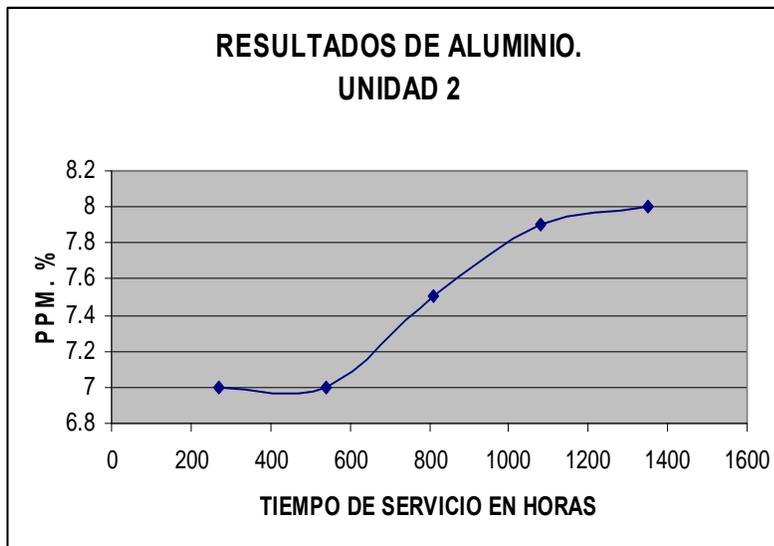
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 14. Resultado de cromo de la unidad 2



Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 15. Resultado de aluminio de la unidad 2



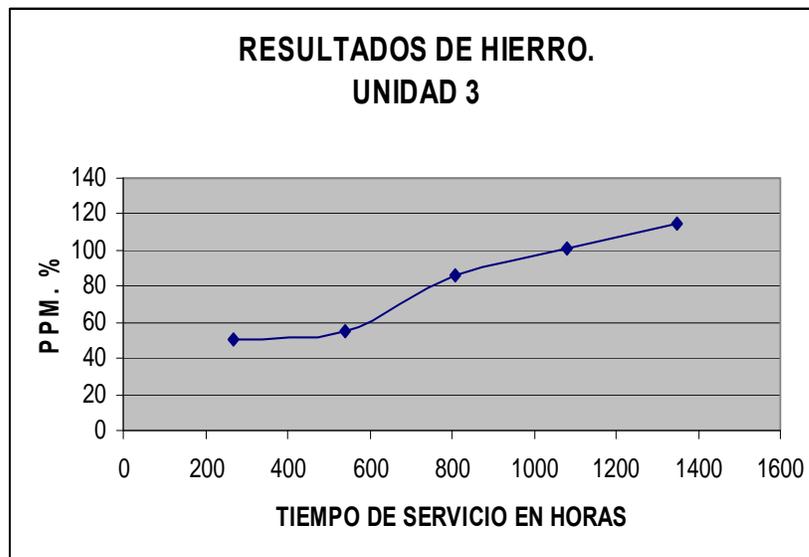
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 16. Resultado de cobre de la unidad 3



Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 17. Resultado de hierro de la unidad 3



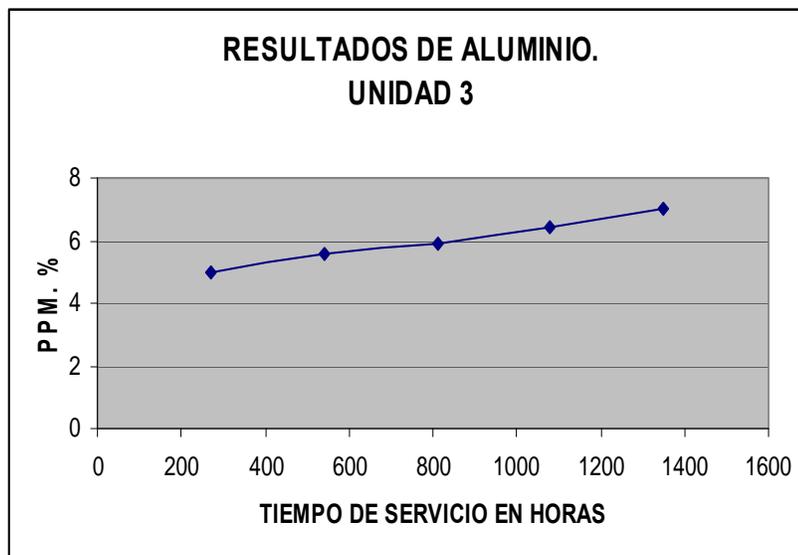
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 18. Resultado de cromo de la unidad 3



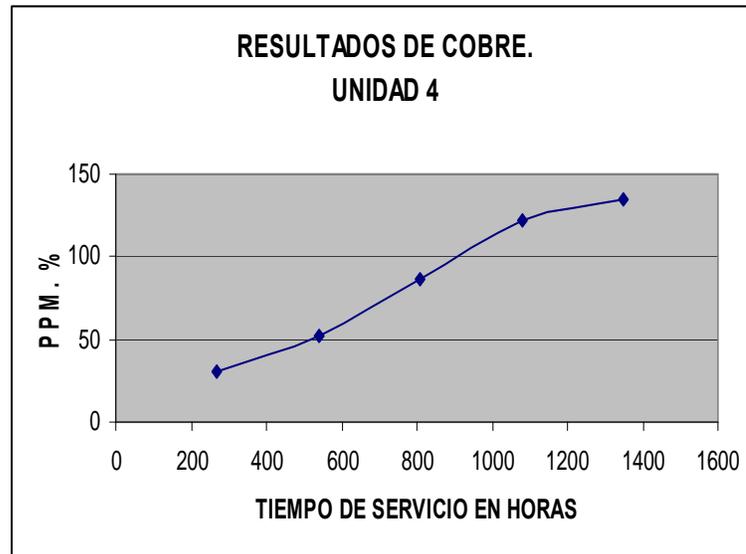
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 19. Resultado de aluminio de la unidad 3



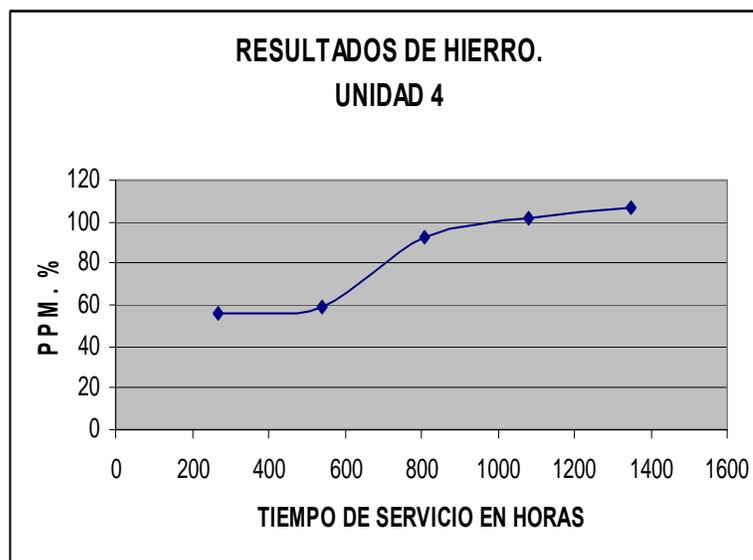
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 20. Resultado de cobre de la unidad 4



Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 21. Resultado de hierro de la unidad 4



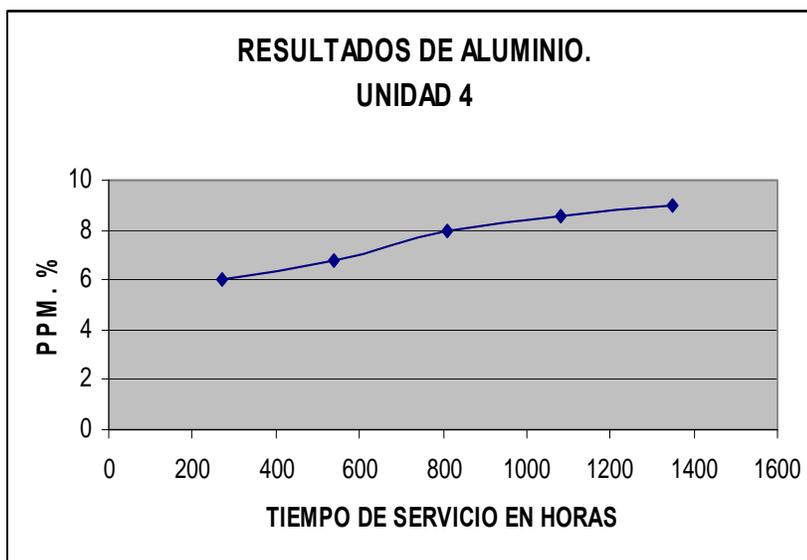
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 22. Resultado de cromo de la unidad 4



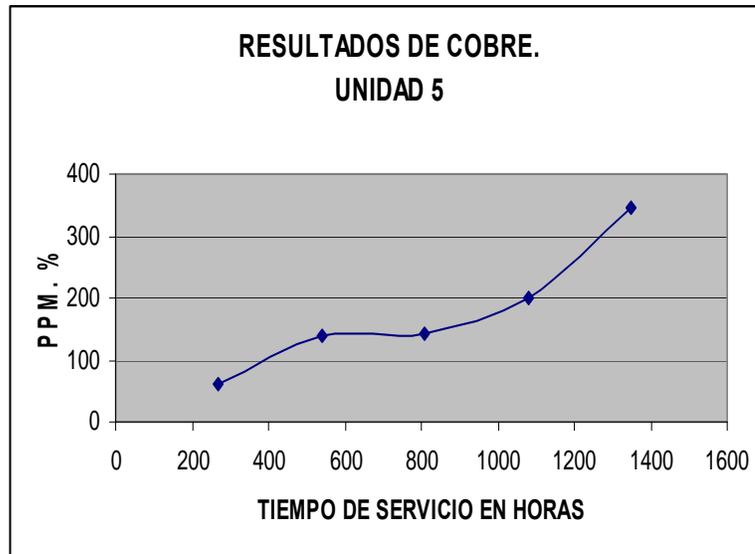
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 23. Resultado de aluminio de la unidad 4



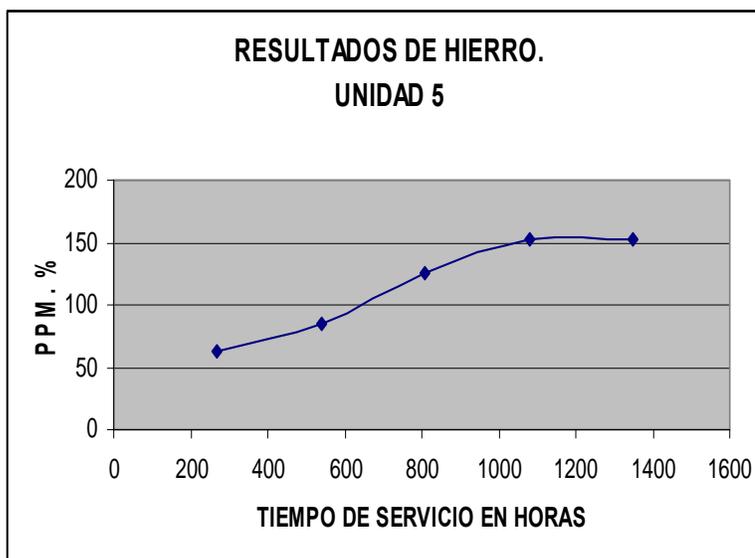
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 24. Resultado de cobre de la unidad 5



Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 25. Resultado de hierro de la unidad 5



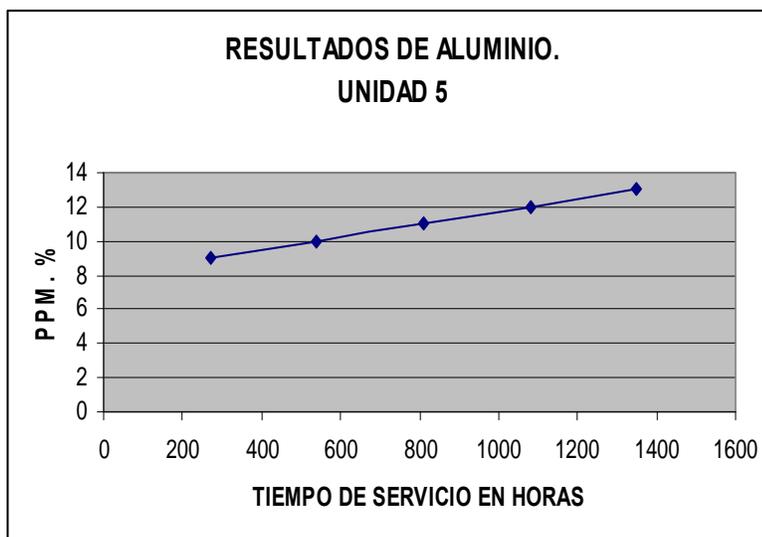
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 26. Resultado de cromo de la unidad 5



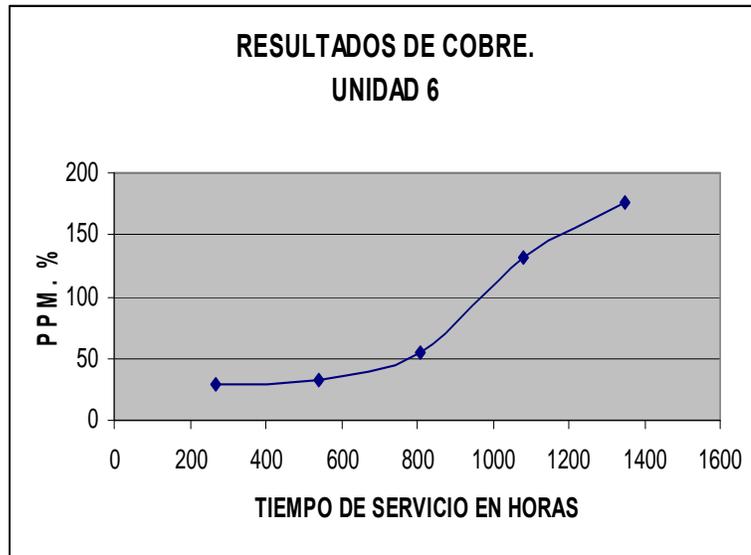
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 27. Resultado de aluminio de la unidad 5



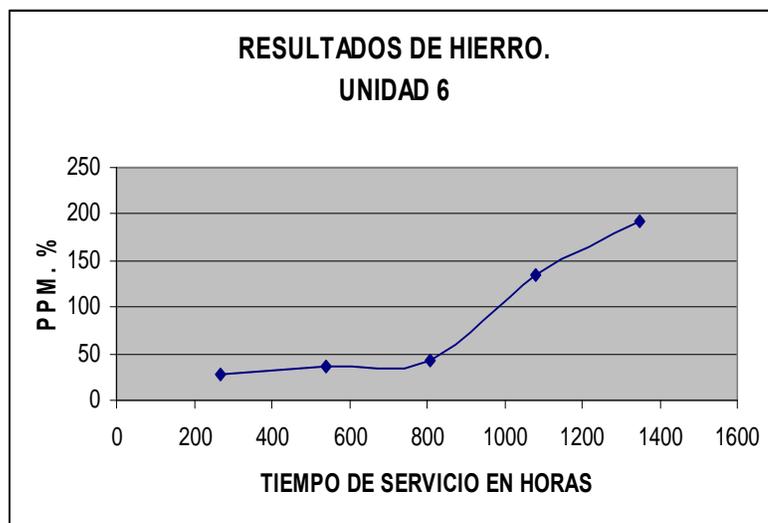
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 28. Resultado de cobre de la unidad 6



Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 29. Resultado de hierro de la unidad 6



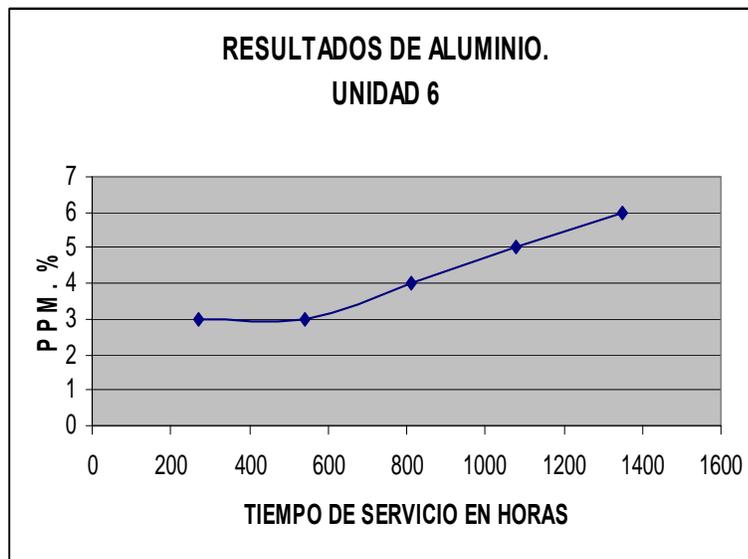
Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 30. Resultado de cromo de la unidad 6



Fuente: César Vinicio Solórzano

Figura 31. Resultado de aluminio de la unidad 6



Fuente: César Vinicio Solórzano

Como se puede observar en las gráficas, existe un aumento en el porcentaje de partículas por millón (% ppm) de cobre, hierro, cromo y aluminio. Esto nos indica que existe presencia de partículas de desgaste, las cuales son indicadores de los siguientes efectos:

Cobre: La alta concentración de cobre indica el desgaste de un buje o una arandela de empuje.

Hierro: Puede tener muchas procedencias, una de ellas es la de herrumbre que aparece después de haber almacenado durante algún tiempo el motor. Usualmente el aumento de la contaminación por el hierro cuando está acompañado por una pérdida de las propiedades lubricantes del aceite indica un desgaste severo de las camisas de cilindro.

Cromo: Una alta concentración de cromo indica anillos de pistón deteriorados, con excepción de los anillos cubiertos con plasma.

Aluminio: Su presencia puede ser crítica. La concentración de aluminio indica desgaste de los cojinetes. Aumentos relativamente pequeños de los niveles de éste elemento deben recibir atención inmediata porque una vez que empieza el desgaste rápido el cigüeñal puede originar partículas de metal más grandes que quedaran atrapadas en los filtros de aceite.

3. PERÍODO DE REEMPLAZO DE LAS UNIDADES

3.1 Costo del mantenimiento del motor

En esta sección se analizan los costos de repuestos en que se incurre al realizar la reparación de motor de una unidad.

Tabla X Costo de repuesto para motor

REPUESTOS PARA MOTOR DE LAS UNIDADES			
CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
4	PISTONES STANDARD	Q1.294,75	Q5.179,00
1	JUEGO DE ANILLOS STD.	Q2.577,00	Q2.577,00
1	JUEGO DE TEJAS CENTRALES	Q757,15	Q757,15
1	JUEGO DE TEJAS DE BIELA	Q500,00	Q500,00
1	JUEGO DE TEJAS AXIALES	Q196,00	Q196,00
4	BIELAS	Q962,50	Q3.850,00
1	KIT DE EMPAQUES DE MOTOR	Q1.623,00	Q1.623,00
1	FAJA PARA TIEMPO	Q468,75	Q468,75
1	TENSOR DE FAJA DE TIEMPO	Q356,25	Q356,25
8	VALVULAS DE ADMISION	Q151,79	Q1.214,29
4	VALVULAS DE ESCAPE	Q178,50	Q714,00
12	GUIAS DE VALVULAS	Q40,25	Q483,00
1	BOMBA PARA ACEITE	Q1.777,68	Q1.777,68
4	BUJIAS DE PRE-CALENTAMIENTO	Q325,00	Q1.300,00
1	SELLO	Q3,59	Q3,59
1	THERMOSTATO	Q89,29	Q89,29
1	KIT DE FAJAS PARA ALTERNADOR	Q294,65	Q294,65
1	BULBO INDICADOR DE PRESION DE ACEITE	Q90,18	Q90,18
1	BULBO INDICADOR DE TEMPERATURA DE AGUA	Q176,79	Q176,79
4	ROLDANAS PARA INYECTOR	Q8,93	Q35,72
4	ROLDANAS PARA TOPE DE INYECTOR	Q10,75	Q43,00
4	ROLDANAS TERMICAS	Q40,25	Q161,00
4	ROLDANAS INTERMEDIAS	Q11,61	Q46,43
4	ROLDANAS DE TOPE	Q10,72	Q42,86
1	EMPAQUE DE ACEITERA	Q78,85	Q78,85
COSTO TOTAL			Q22.058,48

Fuente: César Vinicio Solórzano

3.2 Tabulación de datos

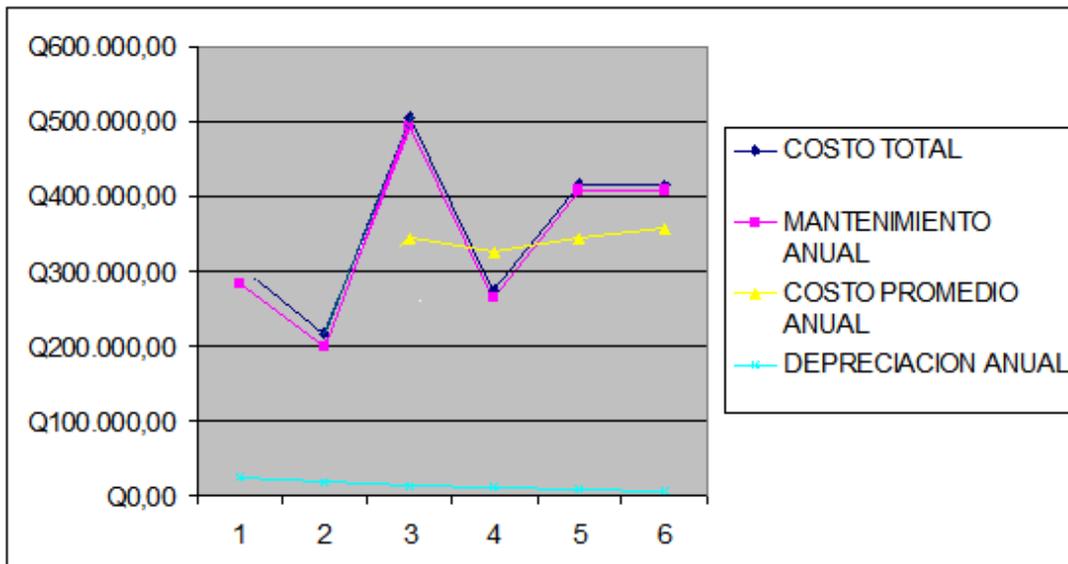
Tabla XI Momento de reemplazo de unidades

AÑO	VALOR DE REVENTA	DEPRECIACION		MANTENIMIENTO		COSTO TOTAL		COSTO PROMEDIO ANUAL
		ANUAL	ACUMULADA	ANUAL	ACUMULADA	ANUAL	ACUMULADA	
0	Q118.480,99							
1	Q94.784,82	Q23.696,17	Q23.696,17	Q283.693,80	Q283.700,82	Q307.396,99	Q307.396,99	Q307.396,99
2	Q76.775,71	Q18.009,11	Q41.705,27	Q199.625,40	Q483.333,08	Q217.641,37	Q525.038,36	Q262.519,22
3	Q62.956,06	Q13.819,65	Q55.524,92	Q491.081,53	Q974.414,61	Q504.901,18	Q132.043,53	Q343.313,18
4	Q52.253,53	Q10.702,54	Q66.227,46	Q263.125,20	Q1.237.539,81	Q273.827,74	Q1.303.767,27	Q325.941,80
5	Q43.892,94	Q8.360,59	Q74.587,97	Q408.105,20	Q1.645.645,01	Q416.465,79	Q1.720.232,98	Q344.046,61
6	Q37.309,04	Q6.583,98	Q81.171,95	Q408.105,20	Q2.053.750,22	Q414.689,18	Q2.134.922,17	Q355.820,32

Fuente: César Vinicio Solórzano

3.2.1. Gráfica de reemplazo

Figura 32. Gráfica de reemplazo



Fuente: César Vinicio Solórzano

La ecuación a utilizar para el costo promedio anual es:

- $Y_1 = 35515 e^{0.0426x}$

La ecuación para el costo total es:

- $Y_2 = 33023 e^{0.0809x}$

Entonces $Y_1 = Y_2$

- $35515 e^{0.0426x} = 33023 e^{0.0809x}$

- $\ln(35515 e^{0.0426x}) = \ln(33023 e^{0.0809x})$

- $X = 3.7234 \approx$ (aproximadamente 3 años y 7 meses).

FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE:

4. CAPACITACIÓN AL PERSONAL OPERATIVO

“Es un proceso educacional de carácter estratégico aplicado de manera organizada, su objetivo principal es proporcionar conocimientos y habilidades necesarias para desempeñar su labor, mediante un proceso de enseñanza – aprendizaje”¹.

4.1 Programa de capacitación

¹ www.elprisma.com/apuntes/administracion_de_empresas/capacitacionrecursoshumanos/

Figura 33. Programa de capacitación

Justificación
Este curso ésta dirigido a todo el personal operativo
Objetivo
<ul style="list-style-type: none"> * Dar a conocer la importancia del análisis de aceite * Conocer las posibles fuentes de desgaste de metales en el motor * Concientizar al personal técnico y operativo de la importancia de una inpección básica del motor para una mayor eficiencia
Metodología
El curso tiene una orientacion teórica - técnica donde se daran explicaciones teóricas así como técnicas
Evaluación
Para la evaluación se tendrá en cuenta tanto la participación activa en clase como las evaluaciones escritas.
Contenido
<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocimientos básicos sobre el aceite <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Aceite lubricante <ol style="list-style-type: none"> 1.1.1 Composición del aceite base 1.1.2 Composición de aditivos 2. Normas y categorías del aceite <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Clasificación de viscosidad 2.2 Clasificación del rendimiento de aceite 3. Límites del deterioro del aceite del motor <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Puntos de inflamación 3.2 Viscocidad cinemática 3.3 Número de total de ácido (TAN) 3.4 Humedad 3.5 Ejemplos de falla 4. Aceite y combustible <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Relación entre el contenido de azúfre y el TBN 5. Aceite y temperatura <ol style="list-style-type: none"> 5.1 Viscosidad y temperatura 5.2 Duración del aceite y temperatura 6. Mantenimiento para el aceite <ol style="list-style-type: none"> 6.1 Arranque (operación de calentamiento) 6.2 Revisión del nivel de aceite 6.3 Comprobación de la presión del aceite 6.4 Cambio del aceite del motor y del filtro 6.5 Prevención de la entrada de suciedad 6.6 Limpieza del respiradero 6.7 Limpieza y sustitución del elemento del filtro de aire 6.8 Uso de un aceite de motor apropiado 6.9 Precauciones al guardar el aceite 6.10 Prevención de la entrada de suciedad 7. Muestreo de aceite <ol style="list-style-type: none"> 7.1 Análisis de aceite 7.2 Interpretación del análisis de aceite

Fuente: César Vinicio Solórzano

4.1.1 Contenido de la capacitación

Figura 34. Contenido de la capacitación

Contenido	
1.	Conocimientos básicos sobre el aceite
1.1	Aceite lubricante
1.1.1	Composición del aceite base
1.1.2	Composición de aditivos
2.	Normas y categorías del aceite
2.1	Clasificación de viscosidad
2.2	Clasificación del rendimiento de aceite
3.	Límites del deterioro del aceite del motor
3.1	Puntos de inflamación
3.2	Viscosidad cinemática
3.3	Número de total de ácido (TAN)
3.4	Húmedad
3.5	Ejemplos de falla
4.	Aceite y combustible
4.1	Relación entre el contenido de azúfre y el TBN
5.	Aceite y temperatura
5.1	Viscosidad y temperatura
5.2	Duración del aceite y temperatura
6.	Mantenimiento para el aceite
6.1	Arranque (operación de calentamiento)
6.2	Revisión del nivel de aceite
6.3	Comprobación de la presión del aceite
6.4	Cambio del aceite del motor y del filtro
6.5	Prevención de la entrada de suciedad
6.6	Limpieza del respiradero
6.7	Limpieza y sustitución del elemento del filtro de aire
6.8	Uso de un aceite de motor apropiado
6.9	Precauciones al guardar el aceite
6.10	Prevención de la entrada de suciedad
7.	Muestreo de aceite
7.1	Análisis de aceite
7.2	Interpretación del análisis de aceite

Fuente: César Vinicio Solórzano

4.1.2 Ayuda didáctica para la capacitación

La capacitación se realizó de forma expositiva con la ayuda de una cañonera y computadora, optimizando de esta manera el tiempo de clase.

CONCLUSIONES

1. Se monitorearon las unidades de servicio, tomando muestras de cada una para realizar el análisis de aceite, para conocer el estado en el que se encontraban.
2. Tras el análisis de laboratorio se encontró presencia de desgaste de metales en el motor, el cual ayudó a identificar las unidades más dañadas dentro de la flotilla. Se pudo observar una tendencia creciente de desgaste de metales, tales como el cromo, el hierro, aluminio y cobre.
3. Con base a lo anterior, se determinó que el tiempo de reemplazo de las unidades de servicio es de 3.7234 años, aproximadamente 3 años y 7 meses. Tiempo en el cual las unidades proporcionarían su mayor rendimiento y se obtendrá un valor de rescate de cada automotor.
4. Se realizó una capacitación al personal técnico y operativo, instruyendo a dicho personal en conocimientos básicos del aceite, límites del deterioro del aceite del motor, mantenimiento para el aceite, viscosidad, revisión del nivel de aceite, muestreo de aceite, análisis de aceite e interpretación del análisis aceite.

RECOMENDACIONES

1. Llevar a cabo un muestreo y análisis de aceite de las unidades de manera constante para no incrementar los costos por reparación o daño total en el automotor. .
2. El personal que utiliza las unidades de servicio debe realizar una inspección diaria, ya que son ellos quienes están familiarizados con los vehículos y pueden fácilmente detectar fallas. La inspección debe incluir los componentes básicos tales como: fluidos, líquido de batería, líquido de frenos, etc. Revisar también mangueras, luces, fajas, llantas, etc.
3. Brindar una capacitación constante a los técnicos y operarios, para que tenga con claridad sus atribuciones y responsabilidad sobre las unidades de servicio. Dicha capacitación debe ser tanto teórica como práctica, sin olvidar proporcionar un manual o instructivo en el que puedan apoyarse y así realizar un mejor desarrollo de sus labores.
4. Coordinar bajo un esquema de mejora continua un plan de mantenimiento preventivo para las unidades de servicio. Evitando así demoras, costos de reparación, clientes insatisfechos, etc.

BIBLIOGRAFÍA

1. Consejo editorial. **Gentrac, dos líderes se unen por Guatemala.** Edición Año 2 – Número 8. Guatemala, enero 2005.
2. Folletos Caterpillar. **S.O.S. Oil análisis.** Application Guide
3. Juárez Reyes, Héctor Alexander. El análisis de aceite, implementación de un plan de mantenimiento predictivo basado en el análisis de aceite hidráulico para un equipo de bombeo de Concreto. Trabajo de Graduación Ingeniería Mecánica. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, año 2000.
4. Marks, S. **Manual del Ingeniero Mecánico.** 2ª Edición. Mc Graw-Hill. México.
5. Urrutia Estrada, Luis Fernando. Diseño de un sistema de análisis de laboratorio para aceites lubricantes en una empresa distribuidora de lubricantes. Trabajo de Graduación Ingeniería Mecánica –Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, año 1999.
6. www.astm.org/cqi (Guatemala, junio 2009)