

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMAS DE ANÁLISIS DE ACEITES Y SU RELACIÓN CON ESTADOS DE OPERACIÓN DE SISTEMAS MECÁNICOS; PARA ESTANDARIZAR PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO. ENFOCADO AL EQUIPO AUTOMOTRIZ DEL INGENIO CONCEPCIÓN, ESCUINTLA.

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

NERY AMÍLCAR MARROQUÍN DEL CID

AI CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 1,999

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 tesis titulado:

PROGRAMAS DE ANÁLISIS DE ACEITES Y SU RELACIÓN CON ESTADOS DE OPERACIÓN DE SISTEMAS MECÁNICOS; PARA ESTANDARIZAR PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO. ENFOCADO AL EQUIPO AUTOMOTRIZ DEL INGENIO CONCEPCIÓN, ESCUINTLA.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica con fecha, 3 de febrero de 1998. No. CIM. 403 b

ing. del
(del)
(Cid)
~~Nery Amilcar Marroquín del Qto.~~
g

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



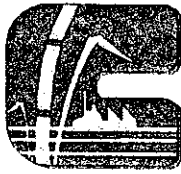
FACULTAD DE INGENIERÍA

Miembros de Junta Directiva

DECANO Ing. Herbert René Miranda Barrios.
VOCAL 1° Ing. José Francisco Gómez Rivera.
VOCAL 2° Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez.
VOCAL 3° Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana.
VOCAL 4° Br. Dimas Alfredo Carranza Barrera.
VOCAL 5° Br. José Enrique López Barrios.
SECRETARIO Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas.

Tribunal que practicó el examen General Privado

DECANO Ing. Herbert Réne Miranda Barrios.
EXAMINADOR Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma.
EXAMINADOR Ing. Herberth Mendoza Escobar.
EXAMINADOR Ing. Jesus Horacio Guerra Sandoval.
SECRETARIO Ing. José Alberto Boy Piedrasanta



CONCEPCION S.A.

abril 23, 1998

Ingeniero Edwin Sarceño
Supervisor de EPS de
Ingeniería Mecánica,
USAC.

Ingeniero Sarceño:

Por este medio me dirijo a usted, para informar que practiqué la debida revisión del informe final del trabajo realizado en el Ejercicio Profesional Supervisado del estudiante universitario: *Nery Amílcar Marroquín del Cid*, de la carrera de Ingeniería Mecánica, el cual se identifica con carnet No. 90-12357. Considerando que este trabajo, llena los requisitos estipulados por el Departamento de EPS.

De acuerdo a lo establecido en el reglamento de elaboración de TESIS de la Facultad de Ingeniería, autorizo este trabajo.

Atentamente,



Ing. Rodolfo Orlando García Soto
Ingeniero Mecánico Electricista.

Colegiado No. 1663



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.EPS.G.075.98

Guatemala, 24 de septiembre de 1998

Señor
Ing. Juan Merck Cos
Coordinador Unidad de Prácticas de
Ingeniería y E.P.S.
Facultad de Ingeniería, USAC
Presente.-

Señor Coordinador:

Por medio de la presente informo a usted, que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario NERY AMILCAR MARROQUIN DEL CID, procedí a revisar el Informe Final de la Práctica Supervisada, cuyo título es: "PROGRAMAS DE ANALISIS DE ACEITES Y SU RELACION CON ESTADOS DE OPERACION DE SISTEMAS MECANICOS; PARA ESTANDARIZAR PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO. ENFOCADO A EQUIPO AUTOMOTRIZ DEL INGENIO CONCEPCION, ESCUINTLA" el cual lo encuentro satisfactorio.

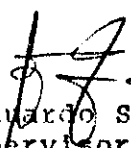
Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el país, principalmente en la satisfacción de necesidades del sector productivo y en el proceso de vinculación con el mismo.

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

sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy deferentemente,

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zeped
Asesor-Supervisor de E.P.S.
Area de Ingeniería Mecánica.



EES/eesz
c.c: Archivo



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.EPS.C.176.98

Guatemala, 24 de septiembre, de 1998

Señor
Ing. Carlos Humberto Pérez
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica.
Presente. -

Señor Director:

Por medio de la presente, envío a usted el Informe Final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), titulado: "PROGRAMAS DE ANALISIS DE ACEITES Y SU RELACION CON ESTADOS DE OPERACION DE SISTEMAS MECANICOS; PARA ESTANDARIZAR PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO. ENFOCADO A EQUIPO AUTOMOTRIZ DEL INGENIO CONCEPCION, ESCUINTLA."

Este trabajo, lo desarrolló el estudiante universitario NERY AMILCAR MARROQUIN DEL CID, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de Ley del referido trabajo, y existiendo la APROBACION del mismo por parte del Asesor Supervisor, esta COORDINACION también APRUEBA su contenido, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy deferentemente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. JUAN MERCK COS
COORDINADOR DE E. P. S.



JMC/eesz
c.c.: archivo
Adjunto Informe Final

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Coordinador del Area Materiales y Complementaria de la Escuela de Ingenieria Mecánica, luego de conocer la aprobación del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo titulado Programas de Análisis de Aceites y su Relación con Estados de Operación de Sistemas Mecánicos; para Estandarizar Planes de Mantenimiento Preventivo. Enfocado a Equipo Automotriz del Ingenio Concepción, Escuintla, del estudiante Nery Amilcar Marroquín Del Cid, recomienda su Autorización.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Arturo Estrada Martínez
Coordinador de Área

Guatemala, noviembre de 1.998



FACULTAD DE INGENIERIA

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 el visto bueno del Coordinador del Área Materiales y Complementaria, al trabajo de tesis Programas de Análisis de Aceites y su Relación con Estados de Operación de Sistemas Mecánicos; para Estandarizar Planes de Mantenimiento Preventivo. Enfocado al Equipo Automotriz del Ingenio Concepción, Escuintla., del estudiante Nery Amilcar Marroquín del Cid, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑANZA A TODOS

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

DIRECTOR



Guatemala, enero de 1,999.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

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, Ingeniero Carlos Pérez Rodríguez, al trabajo de tesis titulado **Programas de Análisis de Aceites y su Relación con Estados de Operación de Sistemas Mecánicos; para Estandarizar Planes de Mantenimiento Preventivo. Enfocado al Equipo Automotriz del Ingenio Concepción, Escuintla**, presentado por el estudiante universitario **Nery Amilcar Marroquín del Cid**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRIMASE

ING. HERBERT RENE MIRANDA BARRIOS

DECANO

Guatemala, enero de 1,999.



DEDICADO A

Jesucristo (Poder de Dios y Sabiduría de Dios), Abel Amílcar, María del Rosario, Damaris Antonieta, Ana Karina, Otto Leonel, Celita María, José Daniel y a Ellos.

AGRADECIMIENTOS

Con gratitud a:

Dios y a Jesús su hijo, por la oportunidad de vivir y alcanzar esta meta; me glorio en Ellos (1 Co 1:31).

Mis Padres: Abel y Rosario, personas especialmente creadas por Dios que me dieron la vida; gracias por su amor, por su apoyo, por su ejemplo. ¡Que el Señor de Gloria los Bendiga!, Esto es para ustedes, los quiero mucho.

Universidad de San Carlos: Por abrir sus puertas y promover el desarrollo intelectual en nuestra Patria.

Facultad de Ingeniería: Por compartir el cúmulo de conocimientos que alberga en sus aulas y talleres, los cuales recibimos con orgullo, para la instrucción de un pueblo, una familia y una nación.

Mis centros de instrucción: A todos los maestros y catedráticos de entonces, en: Escuela tipo federación "Luis Martínez Mont", Instituto experimental "Silvano A. Carías" e Instituto normal centroamericano para varones. Gracias por su valioso tiempo dedicado a la educación.

Ing. Ludín Recinos: Hermano y amigo, caballero de los que quedan pocos; gracias por el empuje inyectado a través de tu ejemplo, durante todo este tiempo. Que Dios te siga usando.

A los caballeros del Zoológico: Por los momentos convividos en los lugares de batalla y sacrificio: 4ave. Zona 1, 17 calle zona 12, 205, 305, 101 y 206 de Nima 1; 3ave, 4ave y 25 calle de Zona 12 y USAC. Gracias por su amistad y compañerismo. ¡No desmayen! y ¡... con Dios!

Familias Ramos Marroquín, Marroquín Mendieta, y Aldana Ordoñez: Por la gran ayuda que por su bondad, sinceridad y cariño, fue dada a mí, como estímulo para el logro de esta meta. Muchas gracias.

Personal de Fábrica y personal de TMT del ingenio Concepción, de entonces: Carol Marroquín, Ing. Rodolfo García, Ing. Marino Mendoza, Sr. Rudecindo Mejía, Lico Rodríguez, Miguel Contreras, Edgar Galicia. Sr. Arturo Godoy, Edgar Arévalo, Maco Aldana, Luis Castellanos, Fernando Pérez, Ubaldo Morales, Leonel García, LiLy Farfán, Laureano del Cid, Felix, y a todos los demás. Por compartir su gran experiencia y por su colaboración. Mil gracias.

Familiares, Amigos, Hermanos en Cristo y Compañeros que de una u otra forma colaboraron, en la búsqueda de mejorar y estimular mi desarrollo. Gracias.

ÍNDICE GENERAL

CONCEPTO	PÁGINA
LISTA DE ILUSTRACIONES	ii
LISTA DE SÍMBOLOS	viii
GLOSARIO	ix
INTRODUCCIÓN	xiv
HIPÓTESIS	xvi
OBJETIVOS	xvii

PARTE 1 *Fundamentos*

1. INGENIO CONCEPCIÓN S.A.	2
1.1 Descripción general	2
1.2 Propósito de la empresa	3
1.3 Descripción general –División TMT–	4
1.3.1 Propósito de TMT	6
1.3.1.1 Misión	6
1.3.2 Organización en TMT	6
1.4 Reorganización de la empresa	7
1.4.1 Descripción	8
1.4.1.1 Visión	9
1.4.1.2 Misión	10
2. MARCO TEÓRICO	14
2.1 Mantenimiento preventivo	14
2.1.1 ¿Qué es mantenimiento preventivo?	14
2.1.2 Como empezar un programa de MP	14
2.1.3 ¿Para qué inspeccionar?	15
2.1.3.1 ¿Qué tan frecuente inspeccionar?	16
2.1.4 Tipos de programas	18
2.2 Aceites lubricantes	19
2.2.1 Tipos de aceites	19
2.2.1.1 Aceites circulantes	19

2.2.1.2	Aceites para engranajes	20
2.2.1.3	Aceites para motores	20
2.2.2	Características de los lubricantes	21
2.2.3	Las condiciones de operación	22
2.3	Sistemas mecánicos de equipo automotriz	23
2.3.1	Motor diesel	23
2.3.2	Los motores diesel y los ciclos teóricos	26
2.3.3	Sistemas de inyección de combustible	27
2.3.4	Sistema de lubricación	29
2.3.5	Motores para camiones, autobuses y tractores	29
2.4	Sistemas hidráulicos	30
2.4.1	Bombas	30
2.4.1.1	Tipos de bombas	31
2.4.2	Válvulas	32
2.5	Mandos finales	34
3.	SERVICIO DE DIAGNOSTICO DE EQUIPO	36
3.1	Espectrofotometría	37
3.2	Filosofías de mantenimiento	37
3.3	Desgaste	41
3.4	Contaminación	44
3.4.1	Definición de contaminación	44
3.4.2	Partículas en suspensión	45
3.4.3	Humedad suspendida	47
3.4.4	Contaminación con combustible (Dilución)	47
3.4.5	Otros Tipos de contaminación	48
3.5	Control de contaminación del aceite hidráulico	48
3.5.1	Almacenamiento del aceite hidráulico	51
3.5.2	Filtración del aceite	52
3.6	Irregularidad del lubricante	52

P A R T E 2 *Aplicaciones*

4.	ANALISIS DE VARIABLES EN MOTORES DIESEL	56
4.1	Mantenimiento de motores en TMT	56
4.2	Análisis de variables de desgaste	58
4.3	Análisis de variables de contaminación	68
4.4	Relaciones de Contaminación -- Desgaste	75
4.5	Estandarización de períodos de MP	79

5. ANALISIS DE VARIABLES EN SISTEMAS HIDRAULICOS Y MANDOS FINALES	84
5.1 Desgaste y contaminación	84
6. PRUEBAS PARA ACEITES LUBRICANTES EN SISTEMAS MECÁNICOS	90
6.1 Generalidades de aceites propuestos	91
6.2 Análisis de irregularidad de los aceites	95
6.2.1 Viscosidades	96
6.2.2 Análisis de los elementos en aditivos	105
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES	113
REFERENCIAS	116
BIBLIOGRAFÍA	117
ANEXOS	118

LISTA DE ILUSTRACIONES

FIGURA	Página
1 Organización de la División TMT.....	10
2 Managerial Grid.....	11
3 ORGANIZACIÓN general Pantaleón - Concepción. 1er. y 2do. Nivel.	12
4 Estructura general reorganizativa de TMT, 3er. Nivel.	13
5 Lista de comprobación.....	17
6 Viscosímetros de tubo capilar utilizados para medir la viscosidad cinemática: a) Ostwald modificado, b) Ubbelohde, c) Fitz Simmons. (Gulf Oil Corporation.)	22
7 Motor diesel de dos tiempos.....	24
8 Motor diesel de cilindros opuestos.	24
9 Motor diesel de cuatro tiempos.....	24
10 Tipos de sistemas de combustión.....	25
11 Un motor diesel de alta velocidad moderno.	26
12 Conjunto inyectores electrónicos.....	28
13 Bomba rotatoria de engranes. (Eco Pump Co.)	31
14 Ilustración de los símbolos de sistemas de potencia.....	34
15 Fallas a tiempo.	38
16 Boletas de EDS para información del equipo.....	40
17 Acción del abrasivo, flujo y superficie de aplicación.....	50
18 Algunas actividades dentro de un servicio preventivo normal para motores, en TMT.....	57
19 Monitoreo del desgaste de Fe en motores diesel.	60
20 Monitoreo del desgaste de Cu en motores diesel.....	61

21	Monitoreo de desgaste de Fe, para motores convencionales con 250 horas entre servicios preventivos.....	62
22	Monitoreo de desgaste de Pb para motores con 250 horas entre servicios.....	63
23	Diagramas circulares de estados de desgaste de motores convencionales y electrónicos.....	69
24	Monitoreo de contaminación por DC en motores diesel.....	70
25	Monitoreo de valores de contaminación por carbonilla y HS, en motores convencionales y electrónicos.....	71
26	Monitoreo de valores de contaminación en motores diesel convencionales...	71
27	Resultados generales de contaminación de los motores diesel bajo el programa de servicio de diagnóstico de equipo.....	75
28	Relación de desgaste de Fe por contaminación con DC en motores convencionales.....	76
29	Relación de desgaste de Al por contaminación con carbonilla en motores convencionales.....	77
30	Relación de desgaste de Pb por contaminación con DC en motores electrónicos.....	77
31	Relación de desgaste de Pb por contaminación con Tierra en motores electrónicos.....	78
32	Muestreo del desgaste de Fe en motores electrónicos con 300 y 500 horas de servicios.....	81
33	Muestreo del desgaste de Cu en motores electrónicos con 300 y 500 horas de servicios.....	81
34	Representación de los valores de las variables de desgaste en sistemas hidráulicos de alzadoras.....	85
35	Representación de los valores de las variables de desgaste en sistemas	

	centralizados de lubricación de tractores.....	85
36	Representación de los valores de las variables de desgaste en mandos finales de alzadoras.....	86
37	Resumen general de condiciones de desgaste y contaminación en sistemas hidráulicos y mandos finales.....	89
38	Costo total de utilización de aceites para la prueba, por marcas.....	92
39	Costos por galón de aceite de las distintas marcas para los sistemas mecánicos.....	92
40	Monitoreo de los elementos aditivos principales en aceites para sistemas hidráulicos de tractores.....	96
41	Viscosidades por marca en motores electrónicos en la prueba.....	97
42	Viscosidades en aceites de motores diesel convencionales.....	97
43	Comparación de la viscosidad en aceites de motor, en relación a sus tiempos de cambio de aceite.....	99
44	Comportamiento del TBN del Essolube XD-3 15 w-40 de ESSO, durante su uso en motores electrónicos.....	100
45	Comparativo del TBN de aceites Shell y Esso para motores diesel.....	101
46	Desgaste de Fe en motores electrónicos por oxidación del aceite HDX de Quaker State.....	102
47	Resumen de irregularidad de las marcas de aceites en los sistemas mecánicos.....	104
48	Resumen general de Irregularidad de los aceites en los sistemas mecánicos.....	105

TABLA**Página**

I	Guía para frecuencias de toma de muestra	41
II	Orígenes del desgaste de metales.	43
III	Valores de referencia (en ppm)	43
IV	Contaminantes en sistemas hidráulicos.	45
V	Valores guía en aditivos.	54
VI	Hoja de control para un programa de análisis de aceite.	58
VII	Composición de metales en equipos y valores guía de desgaste.	59
VIII	Medidas de tendencias y de dispersión de los datos simples de desgaste en motores convencionales que operan en condiciones severas.....	63
IX	Distribución de frecuencias del monitoreo de valores de desgaste del Fe en motores Cummins NTC, convencionales.	66
X	Distribución de frecuencias del monitoreo de valores de desgaste de Fe en motores Cummins Celec, electrónicos.	66
XI	Medidas de tendencias y de dispersión de las distribuciones de frecuencias de desgaste en motores convencionales y electrónicos a 500 hrs de servicio preventivo.....	67
XII	Valores guía y promedio de valores guía considerados en el análisis de contaminantes.	70
XIII	Distribución de la muestra de contaminación por DC en motores Cummins NTC.	72
XIV	Distribución de los datos de contaminación por carbonilla en motores diesel Cummins NTC.	72
XV	Medidas de tendencias y de dispersión de las distribuciones de frecuencias de contaminación en motores convencionales y electrónicos a 500 hrs de servicio	

	preventivo.....	73
XVI	Ecuaciones de desgaste en función de los contaminantes presentes.....	79
XVII	Medidas de tendencias y de dispersión de las distribuciones de frecuencias de desgaste en motores electrónicos a 300 y 500 hrs de servicio preventivo.....	82
XVIII	Medidas de tendencia central y de distribución de los datos de desgaste y contaminación recolectados en la prueba con sistemas hidráulicos y mandos f.	87
XIX	Información técnica de los aceites en prueba y valores de aceites analizados en el laboratorio.....	93
XX	Viscosidades objetivo o ideales en los aceites de motor diesel SAE 15 W-40.....	95
XXI	Medidas de tendencia central y de dispersión de los datos de viscosidades obtenidos en el análisis de aceites por sistemas mecánicos.....	98
XXII	Medidas importantes de contaminación química en aceites de motor, por marcas registradas de aceites.....	103
XXIII	Medidas de tendencia central y de dispersión de los elementos del aditivo detergente/dispersante por marca.....	106
XXIV	Medidas de tendencia central y de dispersión de los elementos del aditivo antidesgaste/antioxidante por marca.....	107
XXV	Comparación de los valores analizados en aditivos con los valores guía, en partes por millón (ppm).....	108

LISTA DE SÍMBOLOS

- Al:** Aluminio.
ANSI: Siglas en ingles que significan: Instituto Nacional Americano de Medidas.
ASTM: Siglas en ingles que significan: Sociedad Americana de Pruebas para Materiales.
B: Boro.
°C: Grados Centígrados o grados Celsius.
Ca: Calcio.
Coefv: Coeficiente de variación.
Cr: Cromo.
CSA: Concepción S.A.
cSt: Centi-Stokes.
Cu: Cobre.
DC: Dilucion con combustible.
dinas-cm: Dinas por centimetro.
dina * s/pie²: Dina por segundo sobre pies cuadrados.
EP: Extrema Presión.
EPS: Ejercicio Profesional Supervisado.
°F: Grados Farenghheit.
Fe: Hierro.
gr: Gramos.
Gls: Galones.
H₂O: Formula química del agua.
hp: Caballos de fuerza (siglas en ingles que significa: unidad de potencia).
hrs: Horas.
HS: Humedad Suspendida.
ICP: Espectrómetro de plasma inducido.
IV: Indice de Viscosidad.
pie³: pies cúbicos.
pul Hg: Pulgadas de mercurio.
K: Potacio.
kWH: Kilowatts hora.
kms: Kilómetros.
kg: Kilogramos.
lb/hp/h o gr/kW/h: Libras sobre caballos de fuerza por hora o gramos sobre kilowatts por hora.
lb/pie² o kg/m²: Libras sobre pies cuadrados o kilogramos sobre metros cuadrados.
MC: Mantenimiento Correctivo.
Mg: Magnesio.
mm Hg: Milímetros de mercurio.
Mo: Molibdeno.
MP: Mantenimiento Preventivo.
Na: Sodio.
OG: Organización en Guatemala.
P: Fósforo.
Pb: Plomo.
ppm: Partes por millón.
PSA: Pantaleón S.A.
psia: Libras sobre pulgadas cuadradas absolutas.
psig: Libras sobre pulgadas cuadradas manométricas.
rpm: Revoluciones por minuto.
RRHH: Recursos Humanos.
SAE: Siglas en ingles que significa: Sociedad Americana de Ingenieros que para esta aplicación, indica la clasificación en grados de viscosidad de aceites para equipo automotriz.
SCL: Sistema Centralizado de Lubricación.
Si: Sílice.
Sn: Estaño.
SSU o SUS: Segundos Saybolt Universal.
TAN: Número de Acido Total.
TBN: Número de Base Total.
Zn: Zinc.

GLOSARIO

Abrasión	Desgaste o frotamiento de una superficie. El ensayo de abrasión consiste en el rayado de una superficie lisa del material.
Adherencia	La fuerza de fricción entre dos superficies en contacto.
Aditivos para presión extrema	Un aditivo para presiones extremas es un compuesto químico que aumenta la capacidad de carga de la película lubricante cuando se le somete a altas fricciones y velocidades y a cargas pesadas en los dientes de los engranes. Los aditivos para presión extrema reducen la fricción y el desgaste, especialmente en las altas temperaturas a las que tienen su máxima efectividad.
Agentes contra el desgaste	Disminuyen el coeficiente de fricción y reducen el desgaste en condiciones de lubricación de frontera o de película mezclada.
Anticongelante	Producto añadido al agua del radiador de un motor para impedir su congelación.
Antioxidantes	Los aditivos antioxidantes, llamados con frecuencia inhibidores, son usados ampliamente para reforzar las características de los aceites para los aceites hidráulicos y los que se emplean en sistemas circulatorios, así como también con las grasas para cojinetes a bolas y rodillos, con el fin de impedir la oxidación si existen condiciones oxidantes en el correspondiente sistema.
Bypass	Comunicación lateral, paso, desvío, derivación, tubo de paso.

Carburador	Dispositivo en el que el combustible es pulverizado y mezclado con el aire. La diferencia de presión que cruza el pistón, causada por la velocidad de la película a través de la boquilla (obturador), regula el flujo del combustible por medio de una válvula de aguja adosada al pistón. La demanda variable hacia el motor se obtiene variando el flujo de dentro del motor por medio de una válvula de mariposa.
Cárter de lubricante	La parte inferior del cuerpo de un motor de combustión interna que actúa como reserva de aceite.
Catalizador	Dispositivo utilizado para el control de emisiones de gases de escape, el cual efectúa la transformación química de estos gases en otros de menor daño para la salud del ser humano.
Cigüeñal	El eje principal de un motor u otra máquina, que lleva una manivela o manivelas para el enganche de las bielas por medio del muñón del cigüeñal.
Combustión	Conjunto de los fenómenos que acompañan la combinación de un cuerpo con el oxígeno.
Compresor	Máquina que comprime un gas después de haber sido inducido a una determinada presión y le entrega a una presión mucho mayor. Dicho gas es utilizado como fuente de energía.
Condensar	Reducir a menor volumen un gas. Volver líquido un vapor.
Correctores del índice de viscosidad	Los correctores del índice de viscosidad se agregan a los aceites para mejorar la relación viscosidad-temperatura, lo que significa obtener el cambio mínimo posible de la viscosidad dentro de los límites de temperatura esperados durante la operación.

Corrosión	Deterioro que sufren los materiales debido a: medio ambiente y contactos con materiales de distintas fuerzas electro motrices (fem).
Depresores de espuma	Estos aditivos son de gran utilidad para los aceites de turbina y aquellos que se emplean en sistemas circulatorios, para impedir la formación de espuma cuando son agitados con la presencia de aire; los depresores de aceite ayudan también a la extinción de la espuma cuando ésta ha llegado a formarse.
Desemulsibilidad	La desemulsibilidad es el término utilizado para describir la capacidad de un aceite para ceder agua. Cuanto mejor sea la desemulsibilidad del aceite, mas rápidamente el aceite se separará del agua después de que los dos se han mezclado.
Desemulsificadores	Ayudan a la capacidad natural de un aceite para separarse rápidamente del agua. Estos agentes pueden ser de ayuda para evitar la herrumbre ya que tienden a mantener el agua fuera del aceite y de las superficies de metal.
Detonación	La combustión espontánea de parte de la carga que hay en el cilindro de un motor de gasolina después de saltar la chispa, acompañada de golpe.
Disipar	Hacer desaparecer. Hacer cesar.
Dispositivo de encendido	Arranca la carga de un motor de gas o de un cohete.
Eje de levas	Eje que impulsa las válvulas de los motores de pistón por medio de las levas montadas en él o bien acufiadas sobre el mismo.
Embolo	Embolo buzo ahuecado para admitir la biela que se encuentra unida al extremo inferior.
Emulsificadores	Permiten la mezcla de aceite y agua para formar emulsiones estables. Se utilizan principalmente en la manufactura de aceites solubles en agua.

Erosión	Desgastar mediante fuerzas de rozamiento, incluyendo la acción de gases calientes de flujo rápido.
Estabilidad a la oxidación	Cuando un lubricante se expone al calor y al aire, tiene lugar una reacción química llamada oxidación. La rapidez de oxidación depende de la composición química del aceite, de la temperatura ambiente, de la amplitud del área de superficie expuesta al aire, del tiempo que el lubricante ha estado en servicio y de la presencia de contaminantes que pueden actuar como catalizadores para la reacción de oxidación.
Estabilidad térmica	La estabilidad térmica es una medida de la capacidad de los aceites para resistir los cambios químicos debidos a alta temperatura. Ya que el oxígeno está presente en la mayor parte de las aplicaciones de lubricantes, el termino estabilidad térmica se usa frecuentemente en relación con la resistencia de un aceite a la oxidación.
Fricción	La resistencia al deslizamiento con respecto al movimiento relativo de dos cuerpos en contacto.
Galvanoplastia	Operación mediante la cual se deposita en un objeto cualquiera, que sirve de molde, una capa de un metal previamente disuelto en un líquido, haciendo obrar sobre dicha disolución metálica una corriente eléctrica continua.
Indice de viscosidad	El índice de viscosidad (IV) es una medida empírica del cambio de viscosidad del aceite a causa de la temperatura. A mayor valor del índice de viscosidad, será menor el cambio en la viscosidad del aceite debido a la temperatura.
Lubricidad	La lubricidad es el término que se emplea para describir la "deslizabilidad". Si dos aceites de la misma viscosidad se utilizan en la misma aplicación y uno de ellos causa una reducción mayor en la fricción que el otro, se dice que tiene mejor lubricidad que el primero.

Nitración	Degradación que sufre el aceite por la presencia de nitrógeno.
Número de neutralización	El número de neutralización es una medida de la acidez o de la alcalinidad de un aceite. Usualmente se indica como el número total ácido (TAN) o el número total base (TBN) y se expresa como el equivalente en miligramos de hidróxido de potasio requerido para neutralizar el contenido ácido o básico de una muestra de 1gr de aceite. El aumento en TAN o la disminución en el TBN suele indicar que ha ocurrido oxidación.
Oxidación	Degradación que sufre el aceite por la presencia de oxígeno.
Proactiva	Acción que se lleva a cabo antes de que ocurra lo que no se desea.
Restirador	Accesorio sobre el cual el proyectista coloca su diseño para la ejecución de una prueba.
Sulfatación	Degradación que sufre el aceite por la presencia de azufre.
Sumidero	Relativo a un pozo o recipiente.
Viscosidad	Entre las diversas propiedades y especificaciones del lubricante, la viscosidad se suele considerar como la más importante. Es una medida de la fuerza requerida para vencer la fricción fluida y permitir que un aceite fluya.

INTRODUCCIÓN

Los equipos automotrices suelen ser muy costosos, lo mismo que los repuestos además de ser difíciles de conseguir. También el costo de mantenimiento preventivo se incrementa aceleradamente, si no se ha obtenido un equilibrio especial.

Las actividades de lubricación son indispensables para asegurar larga vida a los sistemas mecánicos, de modo que ha sido necesario mejorar los productos lubricantes por parte de las empresas petroleras, con tal de obtener mayor eficiencia, en cuanto al cumplimiento de las funciones para los cuales son formulados; cubriendo así, la gama de condiciones operativas a los que son sometidos los sistemas mecánicos de equipos automotrices.

La presente tesis consta de seis capítulos presentados en dos partes, las cuales contienen fundamentos y aplicaciones respectivamente se incluyen el planteo de hipótesis y los objetivos propuestos. En la parte de fundamentos, el capítulo primero da la descripción de la empresa usuaria del Ejercicio Profesional Supervisado. El capítulo segundo expone el marco teórico, en el cual se fundamenta la fase de servicio técnico profesional y la fase de investigación; en éste, se incluyen temas sobre mantenimiento preventivo, aceites lubricantes y sistemas mecánicos de equipo automotriz, principalmente los considerados en ésta como lo son: motor diesel, sistemas hidráulicos, y mandos finales.

El capítulo tercero presenta el tema sobre servicio de diagnóstico de equipo, mismo que es fundamental para llevar a cabo un programa de análisis de aceites por medio del laboratorio químico. La parte de aplicaciones se presenta en los capítulos cuarto, quinto y sexto, en los que se hace referencia al análisis de variables en motores diesel (capítulo cuarto), análisis de variables en sistemas hidráulicos y mandos finales (capítulo quinto); en

ambos capítulos se enfatizan los estados de desgaste y contaminación de los sistemas mecánicos mencionados. Y por último, los aceites lubricantes para pruebas en los sistemas (capítulo sexto), en el que se hace énfasis principalmente en la estabilidad de elementos aditivos, viscosidades y Costos de adquisición por marca.

Finalmente, se presentan las conclusiones a las que se llegó, seguido de las recomendaciones propuestas a la empresa.

HIPÓTESIS

Las condiciones operacionales del equipo automotriz de mayor relevancia económica en la empresa son variables y en diferentes gastos según las zonas donde operan; este gasto es representado en parte por el consumo de lubricantes y filtros, los que actualmente no están definidos eficientemente en la aplicación de los programas de mantenimiento preventivo, de manera que el sistema mecánico no se estime que pueda averiarse extremadamente en función al tipo y marca de aceite y filtro que se utiliza. Con el uso de diferentes marcas de aceites, se pretende *estandarizar los períodos de cambio* de los mismos y darle un mejor servicio a los sistemas mecánicos del equipo automotriz, *establecer la diferencia en el costo por hora* que los distintos aceites puedan dar y *mejorar la ejecución de los programas de mantenimiento preventivo en cuanto al nivel de calidad, control y tecnicismo.*

OBJETIVOS

Generales

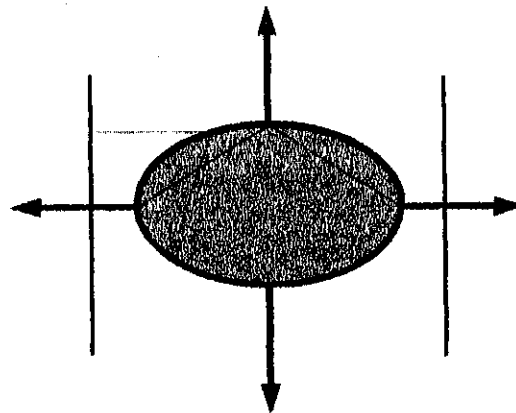
- Encontrar soluciones adecuadas a la problemática de la Empresa en cuanto a protección de los equipos y aceites lubricantes, medios de control eficientes de mantenimiento preventivo, normalización de períodos de servicios preventivos; basados en el desarrollo de un programa de análisis de aceites, por cada sistema mecánico automotriz.
- Llevar a cabo una serie de pruebas con distintas marcas de aceites para motor, aceites de transmisión hidráulica y aceites EP, realizando análisis físicos y químicos sobre muestras de éstos, para comparar los estados previos del equipo con el estado actual del mismo; separándolos en DESGASTE, CONTAMINACIÓN E IRREGULARIDAD DEL LUBRICANTE.

Específicos

1. Conocer el comportamiento de desgaste, frente a la contaminación física o química en: motores diesel electrónicos y convencionales, sistemas hidráulicos y mandos finales.
2. Comprobar la calidad del aceite lubricante entre los propuestos por: SHELL, PENNZOIL, QUAKER STATE Y ESSO, por equipo automotriz; de tal forma que los resultados sean de importancia para el comercio entre empresas.
3. Evaluar las propiedades físicas y químicas de los aceites lubricantes y el estado de los sistemas seleccionados del equipo automotriz.
4. Examinar las causas más comunes de contaminación, desgaste y condición de aditivos en cada aceite lubricante, según resultados analizados en el laboratorio.

P A R T E I

Fundamentos



1. INGENIO CONCEPCIÓN S. A.

1.1 Descripción general

El ingenio Concepción S.A. es una empresa agro-industrial dedicada al cultivo y proceso de la caña de azúcar, con 14,687.62 hectáreas sembradas con caña y ubicadas en diferentes sectores de la costa sur del país. Transporta un promedio de 7,510 toneladas de caña a granel por día, con equipo automotriz propio y, 650 toneladas de caña a granel y maletcada por día con equipo automotriz particular; 8,160 toneladas molidas por día con un rendimiento de 206.02 libras de azúcar por tonelada de caña y un promedio de producción de 4,413 quintales por día de azúcar para consumo local, clasificada en azúcar blanca, estándar, superior y azúcar morena, las que son reforzadas con vitamina A. También se produce un promedio de 9,737 quintales por día de azúcar para exportación, la cual no es vitaminada y se exporta a otros países entre los cuales están: Perú, Chile, Brasil, Haití, México, Honduras, etc.

El azúcar en este caso puede clasificarse como azúcar blanca especial y cruda. El ingenio Concepción también cuenta con una refinería en la que se produce un promedio de 10,000 quintales por día de azúcar refinada. La refinería surgió a raíz del crecimiento y de las exigencias del mercado local y extranjero por la demanda, la cual se caracteriza por su alto grado de calidad, pureza y su color blanco cristalino por lo que tiene gran aceptación para consumo doméstico, endulza más en menos cantidad porque posee 99.95 grados de Pol, los cuales determinan el porcentaje de sacarosa o azúcar que se extrae de la caña.

Estas actividades se desarrollan como prioridad en la producción del producto (azúcar) de la materia prima. También se desarrollan otras actividades derivadas de las anteriores, conocidas como *Producción de subproductos*, tales como melaza, cachaza y bagazo de caña, siendo este último un subproducto utilizado como combustible en el proceso de generación de energía eléctrica, actividad que se conoce con el nombre de *cogeneración*.

En la planta eléctrica, donde básicamente se lleva a cabo la actividad de cogeneración, se produce una cantidad promedio de 118,667 kWh al día de energía eléctrica para venta al sistema nacional interconectado; la planta eléctrica abastece el consumo de energía de toda la empresa. Concepción posee un Laboratorio de control de calidad, tiene como misión proyectarse como unidad de servicio, que estudia, planifica y desarrolla administración de calidad desde el campo, proceso de fabricación, hasta el cliente final, utilizando tecnología e informática moderna, basándose en normas nacionales e internacionales, con el objetivo de asegurar la calidad final del producto. Como se deduce, el Laboratorio es un área muy importante para que el azúcar, sea de excelente calidad.

Su organización está integrada por distintas Divisiones o Departamentos. Cada división, posee organizaciones, políticas, funciones, misiones y visiones de forma independiente, interrelacionándose organizadamente para lograr los objetivos globales, propuestos cada año en la empresa.

1.2 Propósito de la empresa

Es del conocimiento del ramo que el término Zafra, es el nombre que se da al período de cosecha de caña y producción de azúcar de caña, por lo cual, el propósito principal de esta empresa es lograr una Operación Eficiente, se entiende ésta, como el aprovechamiento al máximo de todos los días desde el inicio del período de zafra hasta que se inicie el período de lluvias continuas (en el intervalo mayo-junio, característica en Guatemala).

Por tanto, todas las divisiones que integran la empresa deben proponerse dar lo mejor de sí, como por ejemplo, Campo deberá sembrar más hectáreas y obtener mejores cosechas, a través de TMT se debe transportar más toneladas de caña por viaje, para que en fábrica puedan moler la suficiente caña y al final lograr la mejor producción en quintales de azúcar, considerando la cantidad y calidad de éste.

En Concepción cada uno de sus colaboradores, forma una parte muy importante y su reto es dar lo mejor de sí, por esto la empresa estima que lo más valioso es "Su Gente". Para ellos, Concepción tiene propósitos que los benefician y también a sus familias, es por eso que poseen organizaciones propias dentro de la empresa, entre éstas la Escuela Sta. María de Guadalupe donde se realizan actividades como programas de capacitación, los cuales buscan la relación de los contenidos educativos con las necesidades de la población escolar y de desarrollar técnicas de enseñanza por la práctica, que hacen de la escuela un motor de desarrollo de los niños; además, clínicas médica y odontológica, Cooperativa, Club social, Proyectos de viviendas, etc.

Otras actividades que se realizan, con el propósito de que su gente se sienta satisfecha de laborar en la empresa son: reconocimientos por esfuerzos realizados, parques educativos con tecnología apropiada, actividades deportivas, cursos de manualidades (sólo para señoras), actividades de desarrollo del personal, etc. También se realiza un programa que lleva por nombre "Un día en Concepción", el cual surge como una respuesta a la necesidad de proyectar socialmente a la empresa, especialmente en los diversos sectores de la comunidad de Escuintla.

1.3 Descripción general – División TMT –

La División de Talleres, Maquinaria y Transporte –TMT– es un departamento de gran apoyo a la empresa, puesto que, abarca actividades de trabajo de gran magnitud, tales como: reparaciones y actividades de mantenimiento a equipo automotriz, desde un vehículo liviano hasta maquinaria pesada, equipo para mecanización agrícola y de riego; tales actividades se llevan acabo en el taller. La adquisición, distribución y pruebas de maquinaria pesada están al alcance del departamento de maquinaria y la coordinación de los movimientos generales de los equipos mencionados según sea su necesidad y relación con los propósitos de la

¹ Estas son: Campo, Talleres - Maquinaria y Transporte (TMT), Fábrica, Recursos Humanos (RR. IIII.), Construcción, Informática, Servicios Administrativos (SEAD), Materiales y Suministros (M&S), etc.

empresa, está bajo la responsabilidad de Transporte. En síntesis, TMT tiene bajo su responsabilidad proveer del equipo automotriz necesario para transportar la materia prima (caña de azúcar), los productos y subproductos de ésta a sus destinos, la administración de equipo para riego y para mecanizar las tierras donde es cultivada la caña de azúcar.

La División TMT se interrelaciona funcionalmente con Campo y Fábrica, transportando la caña desde los lugares donde se lleva a cabo la actividad de corte y alce (llamados comúnmente con el nombre de Frentes); éstos se clasifican por medio de las letras A, B, C y D, de aquí se deriva la frase, por ejemplo: Frente A, localizado en la Finca XY – generalizada-. Dichos frentes no permanecen fijos en un lugar, sino que están cambiando de finca a finca durante la zafra hasta que esta se declara finalizada.

Una vez se cumple la actividad que la División de Campo requiera a TMT, la caña es transportada hacia la fábrica donde será procesada para obtener el anhelado producto principal, el azúcar. Una vez obtenida el azúcar y los subproductos de la caña, son transportados a lugares donde se desarrolla la actividad comercial. La División TMT proporciona el equipo que tanto campo como fábrica necesita, proponiendo tarifas distintas según sea la *Rentabilidad del equipo*, las que deben remunerar a la División TMT, según los equipos solicitados durante el período de zafra.

El taller está equipado con personal capacitado, en lo que respecta a mecánica automotriz, tanto en diesel como en gasolina y con herramienta y equipo especializado para inspección, reparación y control en general, para la gama de equipos automotrices que la división tiene bajo su responsabilidad. Uno de los propósitos restringidos de la División, es proyectarse a la comunidad brindando el servicio que requiera, principalmente reparaciones o mantenimiento de equipo automotriz; propósito que, debido al gran número de equipo propio, no ha sido posible llevar a cabo.

1.3.1 Propósito de TMT

Como toda división posee uno o más propósitos, en TMT encontramos un concepto fundamental que refleja el idealismo de sus dirigentes (misión), el cual nos describe el propósito principal de dicha organización.

1.3.1.1 Misión

Somos la empresa innovadora y líder de bajo costo en la agroindustria azucarera mundial en el servicio integrado de transporte y mantenimiento de caminos. Proporcionamos el servicio de comunicación radial para nuestra corporación.

Basamos nuestro servicio en el aprovechamiento eficiente y eficaz de nuestros recursos. Satisfacemos a nuestros clientes y accionistas mediante los principios de responsabilidad, productividad, trabajo en equipo, calidad, mejoramiento continuo, justo valor y tiempo, con la cual apoyamos la rentabilidad de nuestra corporación. Promovemos el desarrollo integral de nuestros colaboradores y la conservación del medio ambiente. Proporcionamos relaciones a largo plazo y de crecimiento mutuo con nuestros proveedores y atendemos las necesidades de la corporación Concepción y clientes en general.

1.3.2 Organización en TMT

La organización en TMT sufre cambios respectivos, según la actividad de zafra o de no zafra (llamada también tiempo de reparación), en cuanto a la cantidad de personal operativo que se requiere y a los puestos o cargos de trabajo necesarios para cada actividad, puesto que existen puestos transitorios que sólo se concretan en tiempo de zafra. A diferencia del personal administrativo, los demás cargos sufren cambios.

La División está compuesta según los puestos y las personas necesarias para cubrirlos, tal como se puede observar en el organigrama de la Figura 1.

1.4 Reorganización de la empresa

Las organizaciones y las personas que en ella están incluidas cambian continuamente. Nuevos objetivos se establecen, mientras que los viejos son reestructurados y modificados; mientras nuevos departamentos se crean, los viejos se reorganizan; las personas salen de la organización o cambian de cargos; ésta situación suele llamarse *Desarrollo Organizacional* (DO).

Una de las técnicas de intervención en DO, llamada *Desarrollo de equipos*, tiene por objetivo promover el desarrollo personal y organizacional, para facilitar el alcance de los objetivos individuales de los participantes del equipo, al mismo tiempo de atender los objetivos de la organización.

Una adaptación muy interesante de aplicación del desarrollo de equipos para el cambio organizacional es el DO del *tipo Grid – MANAGERIAL GRID –*.

El Managerial Grid es una rejilla compuesta de dos ejes que representan las dos principales preocupaciones de todo administrador (Figura 2): el eje *horizontal* del Grid representa la *preocupación por la producción*, mientras que el eje *vertical* representa la *preocupación por las personas*. Ambos ejes están divididos en nueve grados, donde el grado 1 representa la mínima preocupación, el grado 9 representa la preocupación máxima en alguna de las dos variables.

El modelo se basa en una tecnología integrada y pre-programada de DO, en la que el cambio organizacional se inicia con el cambio individual como un mecanismo de descongelamiento previo. Los problemas de procesos en el ámbito interpersonal, grupal e intergrupar deben ocurrir antes de los cambios en la estrategia y en el ambiente interno de la organización. La tesis afirma que el *modelo del tipo Grid* permite inducir el cambio y alcanzar los resultados deseados de una manera ordenada, rigurosa y controlada. El *modelo*

1.4.1.1 Visión

Debemos ampliar nuestro liderazgo más allá de la región Centroamericana. Para lograrlo tenemos que ser más creativos, flexibles y prácticos en el análisis de nuestros problemas, operaciones y oportunidades. Queremos seguir creciendo en forma sostenida y rentable, manteniendo un apego total a nuestros valores y cumpliendo con nuestras responsabilidades hacia los clientes, proveedores, accionistas, colaboradores y la sociedad.

Dado que la mayor parte de nuestra producción se exporta, tenemos que fomentar relaciones de largo plazo con nuestros **clientes**, proveyéndoles con productos y servicios de alta calidad, con tiempos de entrega exactos y esmerada atención. Tenemos que esforzarnos por reducir constantemente nuestros costos, para mantener nuestra competitividad en el ámbito local y mundial.

Debemos establecer relaciones de largo plazo con **nuestros cañeros y proveedores**, para beneficio mutuo.

Queremos maximizar el rendimiento sobre el capital invertido por nuestros **accionistas**, para ello debemos conocer mejor el mercado, ser innovadores adoptando nuevas tecnologías, mejorar la rentabilidad de las operaciones existentes; y seguir creciendo y buscando nuevos negocios conexos.

Estamos convencidos que para lograr nuestros objetivos debemos desarrollar nuestra organización, integrando el esfuerzo de todos los **colaboradores** y ayudando al desarrollo personal de cada uno.

Debemos ejecutar nuestras labores con la responsabilidad ante la **sociedad**, cuidando el medio ambiente que no rodea y contribuyendo al desarrollo de las comunidades en que trabajamos.

de DO reposa sobre tres ²premisas básicas basadas en las organizaciones; una de ellas expone que:

Las organizaciones alcanzan “satisfacciones” por debajo de su potencial, ya sea en cuanto a su funcionamiento, o en cuanto a su desempeño. Es necesario mejorar las condiciones de las organizaciones haciéndolas más competitivas y coherentes con el mundo actual, que se caracteriza por transformaciones aceleradas e incesantes.

El DO del *tipo Grid* parte del principio de que la empresa es un sistema complejo que debe ser analizado globalmente para verificar – ya sea en el todo o en las partes – cuál es su *excellence gap*, esto es, cuál es la discrepancia entre lo que la empresa es y lo que debería ser dentro de un estándar de excelencia.

1.4.1 Descripción

Actualmente, la empresa ha realizado movimientos de personal, los que se iniciaron oficialmente el 20 de mayo de 1,997; debido a que el número de personas que ocupaban un mismo puesto no era óptimo, de tal forma concluye a que eran demasiadas personas para una misma función, solucionando dicha situación con la reubicación de personal en ambas empresas: Pantaleón y Concepción. Estas empresas son resultado de personas que poseen acciones económicas, en una como en otra y por ello, deciden optimizar el recurso humano y dar una nueva estructura organizacional, referente a la actividad principal que es la producción de azúcar. El resultado final de esta reorganización, ha dado origen a un nuevo nombre que representa administrativamente lo que eran: ORGANIZACIÓN *Pantaleón - Concepción*; por tanto, queda estructurada generalmente como se indica en el organigrama de la Figura 3 y los propósitos que persiguen, se desarrollan a continuación:

² Chiavenato, Idalberto, *Administración de Recursos Humanos*, México: McGraw-Hill, 1988, pág. 524.

1.4.1.2 Misión

Es una organización agroindustrial dedicada a producir y comercializar caña de azúcar, azúcar, electricidad y otros productos derivados, que ofrece a sus clientes calidad, servicio y un precio competitivo; comprometida a maximizar la rentabilidad para beneficio de los accionistas, colaboradores y el País.

La estructura general de TMT en la reorganización, se muestra en la Figura 4.

son:

Producción de Azúcar (qq)	
Concepción	2,788,456
Pantaleón	6,193,572
TOTAL	8,982,028

Figura 1 Organización de la División TMT

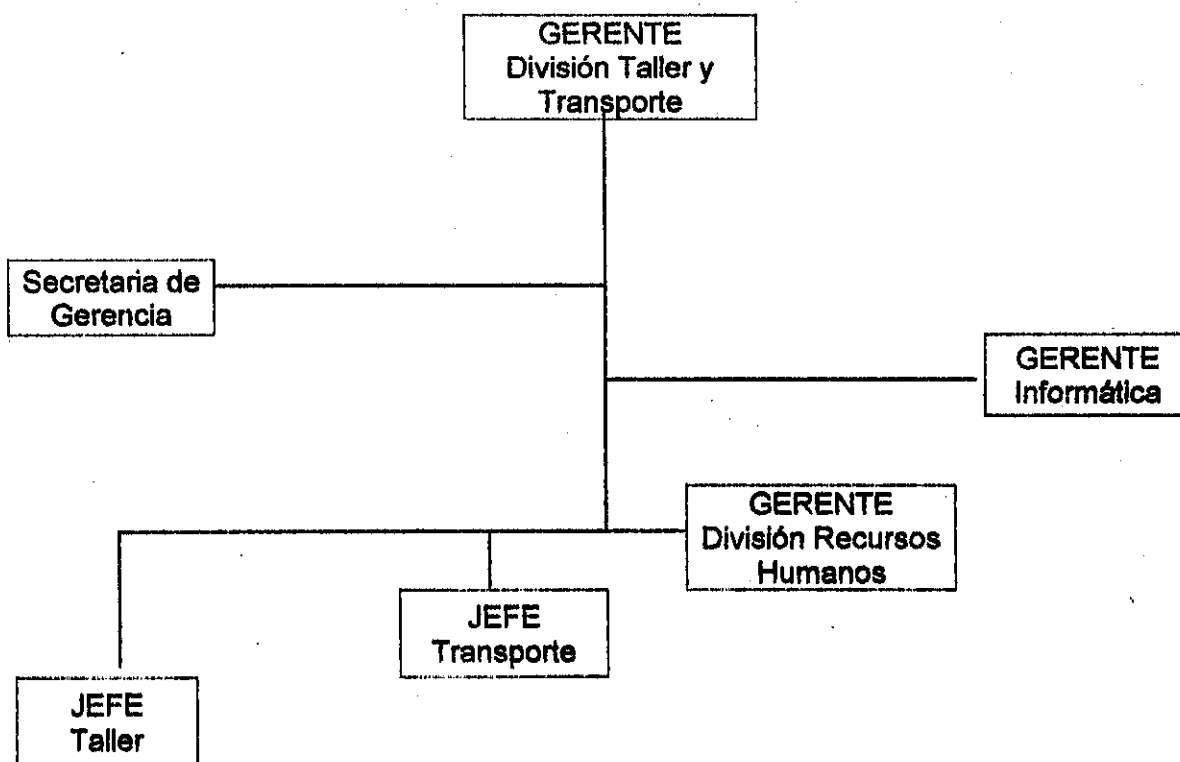
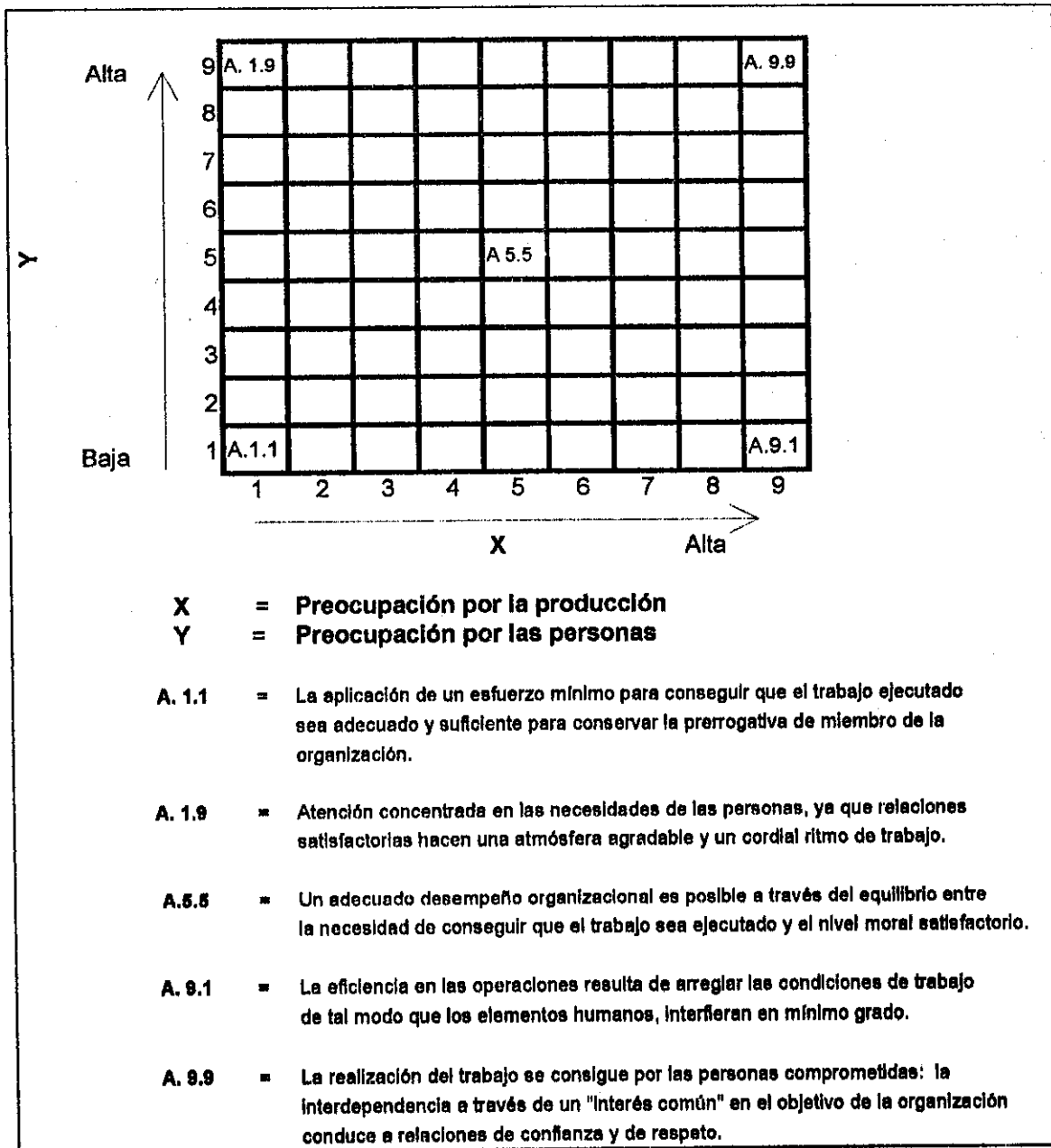


Figura 2 Managerial Grid



FUENTE: ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS HUMANOS; Idalberto Chiavenato.

Figura 3 ORGANIZACIÓN general Pantaleón - Concepción. 1er. y 2do nivel

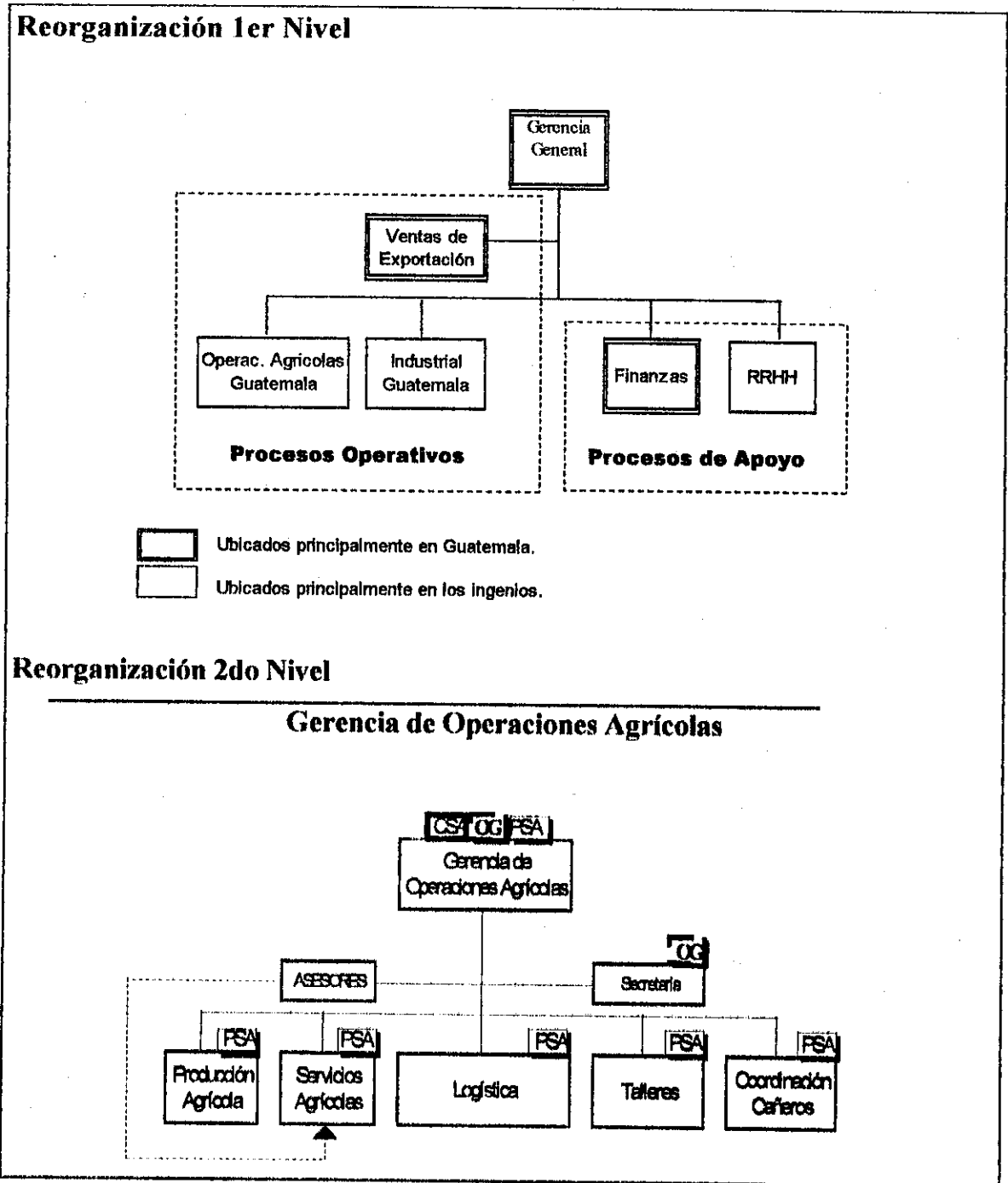
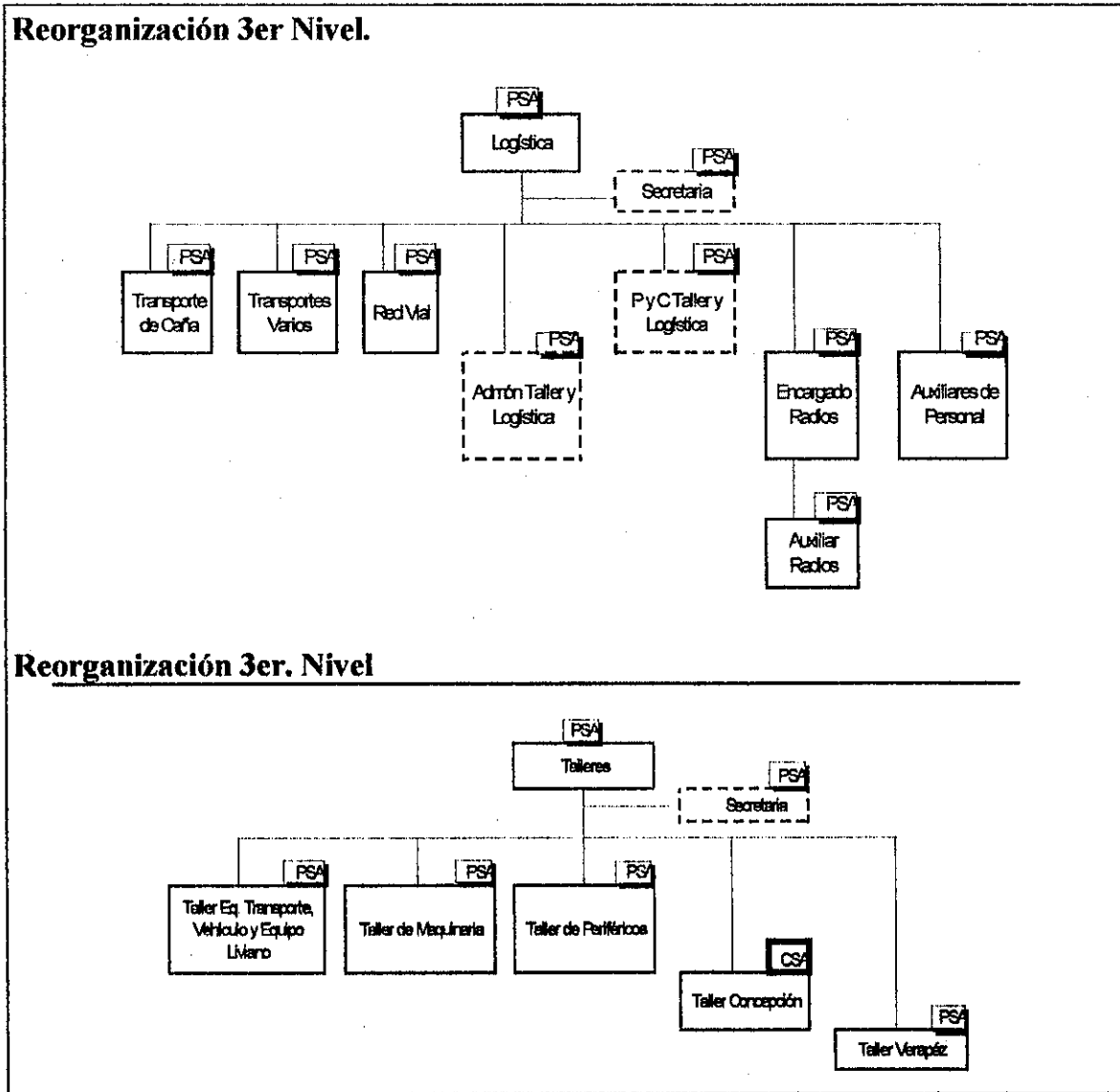


Figura 4 Estructura general reorganizativa de TMT, 3er. Nivel.



2. MARCO TEÓRICO

2.1 Mantenimiento preventivo

2.1.1 ¿Qué es mantenimiento preventivo?

Se define como el conjunto de actividades de mantenimiento, que llenan los requisitos para evitar el deterioro prematuro de los mecanismos que forman los sistemas de los equipos mecánicos. Estas actividades se establecen con base a la experiencia, las cuales se repiten periódicamente, según intervalos de operación seleccionados (hrs, km, millas, etc.) y cuya finalidad es prever fallas o averías en los equipos.

Cualquier programa de MP incluye las siguientes actividades básicas:

- 1) Inspección periódica de los activos y del equipo de la planta, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción o depreciación perjudicial.
- 2) Conservar la planta para anular dichos aspectos o adaptarlos o repararlos, cuando se encuentren en una etapa incipiente.

El monto de la actividad es inmaterial. Para un ingeniero electricista el MP puede significar la selección adecuada y colocación de los controles delicados para evitar tiempo ocioso innecesario. Para un ingeniero mecánico, puede significar un desmontaje completo y la sustitución de piezas gastadas de una bomba de proceso o una laminadora.

2.1.2 Como empezar un programa de MP

Para que un programa de MP tenga éxito, el administrador debe considerar que el aspecto económico no es la única variable de decisión. Un ingeniero puede arreglar un programa de MP hermético para conservar el equipo, y puede hacerlo con un costo mínimo de mantenimiento. Pero desde el principio él debe examinar el efecto de todas las facetas de un programa de MP sobre los costos de producción. Podría parecer ingeniería

insensata dejar que un motor de quinientos dólares se descomponga para mantener funcionando una línea de producción; pero, cuando se compara contra una pérdida de dos mil dólares de trabajo en proceso, debido a un paro imprevisto, resulta lógico.

No hay ningún programa hecho que sea fácil de hacer para ninguna planta, debe ser diseñado y elaborado a la medida para satisfacer requisitos individuales. No se han encontrado dos programas de MP exactamente iguales. La razón es clara, no hay dos plantas idénticas en cuanto a tamaño, edad, localización, construcción, equipo, servicios o distribución. Difieren en organización, políticas de producción y personal. Los problemas de mantenimiento son diferentes.

¿Dónde empezar el MP? El acuerdo general se orienta hacia la consideración de que es demasiado aplicar el MP a toda la planta de una sola vez. Es mejor ir construyendo el programa paso a paso.

Problema básico. Para simplificar, considerar inicialmente al MP como una función de minimizar los paros imprevistos o la depreciación excesiva de la planta y del equipo, a través de inspecciones periódicas para descubrir y corregir las condiciones desfavorables. Todo el programa depende de las inspecciones y de sus obligaciones relacionadas de adaptación y reparación.

2.1.3 ¿Para qué inspeccionar?

Cuando se elabora una lista de renglones de MP, se deben haber considerado en relación con la causa por la que necesita inspeccionarse. Ahora surge el trabajo de determinar qué partes físicas de cada pieza del equipo necesitan más atención.

La experiencia de la planta no basta para diseñar un programa. Una de las mejores fuentes es el manual de servicios que envía el fabricante de equipo.

Listas de verificación. Después de haberse tomado el trabajo de elaborar una lista de máquinas y los puntos que se deben inspeccionar, ¿Cómo asegurarse de que no han sido subestimados?. Esto se hace por la lista de comprobación.

En principio, una lista de comprobación desglosa para el inspector todos los puntos que deben comprobarse en cualquier pieza o tipo de equipo, o bien proporciona espacios para fechas e iniciales para demostrar cuándo se inspeccionó y por quién. No se deja nada a la memoria.

Una forma sencilla se muestra en la figura 5. Aquí de nuevo la distribución no es importante. La meta debe ser siempre la sencillez y un mínimo de administración.

2.1.3.1 ¿Qué tan frecuente inspeccionar?

— Frecuencia —

La decisión de la frecuencia para inspeccionar tendrá probablemente máxima importancia en los costos y economías de un programa de MP. La inspección excesiva es un gasto innecesario y puede involucrar más tiempo ocioso de producción que un paro de emergencia. La subinspección produce más paros y más reemplazos anticipados.

Se necesita un buen equilibrio para producir los ahorros óptimos.

No hay ninguna lista fácil de hacer. Uno debe fijar sus propios valores, nadie más puede hacerlo. Deben considerarse la edad de la planta y el tipo de equipo, el ambiente, los tipos de operación; otros factores semejantes también deben incluirse. No hay dos plantas iguales.

Figura 5 Lista de comprobación.

LISTA DE COMPROBACION PARA INSPECCIONES DE MAQUINARIA. INSPECCIONE Y MARQUE LOS SIGUIENTES RENGLONES. SEÑALE CON UNA X TODOS LOS ARTICULOS O RENGLONES DEFECTUOSOS.										
Para comprobarse	Defec- tuo	OK	Defec- tuo	OK	Defec- tuo	OK	Defec- tuo	OK	Defec- tuo	OK
Motores		✓		✓		✓	X		X	
Baleros	X			✓		✓		✓	X	
Engranajes	X		X		X		X		X	
Embrague		✓		✓		✓	X		X	
Freno		✓	X			✓		✓		✓
Tubería		✓	X			✓		✓		✓
Lubricación	X		X		X			✓		✓
Rodillos		✓		✓		✓		✓		✓
Cortadores		✓		✓		✓		✓		✓
Inspeccionado por: Fecha:	H. V. 06-Ene		H. V. 07-Ene		H. V. 08-Ene		H. V. 09-Ene		H. V. 10-Ene	

FUENTE: ENCICLOPEDIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL; L. C. Morrow.

Comience con el análisis de ingeniería. No hay escasez de datos sobre las frecuencias de inspección para cualquier tipo de equipo. La tarea principal es reunirlos, desenmarañar lo que uno necesita y luego ajustarlos a las condiciones de la planta.

El primer paso en la fijación del ciclo de frecuencia es un análisis de ingeniería del equipo desde los siguientes puntos de vista.

1. *Edad, condición y valor.* El equipo más antiguo y deteriorado necesita servicios más frecuentes. Pero si está a punto de desecharse o rápidamente se va a considerar obsoleto, puede ser más económico inspeccionarlo sobre base general, o no inspeccionarlo.

2. *Severidad del servicio.* Las aplicaciones más severas de equipos idénticos requieren ciclos más cortos. En una planta de procesos, usted puede necesitar inspeccionar una bomba crítica todos los días, e inspeccionar la misma bomba en una planta siderúrgica sólo una vez al mes.

3. *Requisitos de seguridad.* Permitir un amplio margen de seguridad.
4. *Horas de operación.* Muchos productores sugieren ciclos de frecuencia basados en un día de ocho horas, otros sobre el uso como el kilometraje.
5. *Susceptibilidad de deterioro.* ¿Cuál es la exposición de contaminarse, de fricción, fatiga, tensión, corrosión? ¿Cuál es la vida probable?
6. *Susceptibilidad de siniestro.* ¿Está el bien en cuestión sujeto a vibraciones, sobrecargas, o abuso?
7. *Susceptibilidad de perder el ajuste.* ¿Cómo lo afecta el ajuste indebido o el alineamiento inadecuado? Cuando las tolerancias del fabricante son estrechas, se necesitan ciclos más cortos de inspección.

En este proceso de revisar las recomendaciones del fabricante para fijar sus propias condiciones de planta, es mejor seguir esas recomendaciones hasta que se tengan buenos motivos para alterarlas.

2.1.4 Tipos de programas

Hay muchos diseños, y distribuciones, pero los programas son de dos tipos principales:

- 1) *Formas totales.* Enlistan en una hoja grande todas las piezas de equipo de una planta, departamento clase de máquina o función de servicio.
- 2) *Tarjetas individuales.* Normalmente hay una tarjeta separada para cada pieza de equipo, máquina o función de servicio.

2.2 Aceites lubricantes

Los aceites lubricantes son líquidos grasos que se obtienen de diversas sustancias vegetales, animales y minerales (derivados del petróleo), siendo estos últimos los llamados *Aceites Parafinados*. *Los aceites lubricantes juegan un papel importante en el funcionamiento de todo equipo, ya que, con ellos, se forma una película que reduce la fricción entre las piezas en movimiento.*

2.2.1 Tipos de aceites

Los lubricantes están clasificados en una variedad muy amplia, de acuerdo con el servicio al que se han de aplicar en mayor proporción.

Al ingeniero de mantenimiento le interesa básicamente lo relativo a las clasificaciones siguientes:

- Aceites para sistemas circulatorios.
- Aceites para engranajes.
- Aceites para maquinaria o para motores.

2.2.1.1 Aceites circulantes

Probablemente son éstos lubricantes de más alta calidad que se pueden obtener en la actualidad.

Los aceites para sistemas circulatorios pueden ser a base de parafina o de naftalina, de acuerdo con el servicio al que se destinen. Para los aceites destinados a turbinas, aceites hidráulicos y para trenes de laminación de acero, predominan en aplicación los primeros.

Los aceites circulantes contienen aditivos. Los aceites hidráulicos son estabilizados para darles resistencia contra la oxidación y retardar la formación de óxidos en el sistema; usualmente también contienen dispersantes de espuma.

2.2.1.2 Aceites para engranajes

Éstos pueden ser aceites puramente minerales con variaciones muy amplias de viscosidad, o de aceites combinados que contienen aditivos para presiones extremadamente altas, para mejorar la resistencia filmica y la capacidad de carga. Estos aceites son adecuados para cajas de engranajes rectos, cónicos, helicoidales, helicoidales cónicos, doble-helicoidales o de corona, en aquellos casos en que se trabaja con dispositivos de lubricación por salpicadura o por alimentación forzada.

Al iniciarse el empleo de engranajes helicoidales y más tarde, cuando se diseñaron estos tipos de engranes industriales capaces de soportar mayores esfuerzos en los dientes, fue también desarrollado el tipo de lubricación para altas presiones.

El tipo suave, no corrosivo, de aceite para engranajes, es, más que un lubricante, un auxiliar para uso de las plantas industriales. Un producto de tal naturaleza puede tener la misma capacidad de carga y la necesaria resistencia filmica que los aceites para engranes hipoidales, pero la naturaleza de los aditivos lo coloca entre la categoría de los EP, de consistencia suave. Este tipo de aceite para engranes es muy útil, no sólo para los engranes convencionales que trabajan acero contra acero, sino también en los mecanismos de engranajes a tornillo sinfin, en los que es de importancia que no se formen costras o adherencias.

2.2.1.3 Aceites para motores

Los aceites rojizos, puramente minerales, quedan comprendidos dentro de esta clasificación y se emplean para la lubricación de mecanismos de operación externa, de diferentes máquinas, tales como motores, bombas, compresores y maquinaria en general, en donde se aplica la lubricación mediante aceiteras o copas de aceite.

2.2.2 Características de los lubricantes

Las diversas propiedades químicas y físicas de los lubricantes se miden y se emplean para determinar lo adecuado que es un lubricante para diferentes aplicaciones. Tales características son: Viscosidad, Índice de Viscosidad (IV), Estabilidad a la oxidación, Estabilidad térmica, Número de neutralización, Lubricidad y Desemulsibilidad.

Con relación a la viscosidad, la industria utiliza varios sistemas diferentes para expresar la viscosidad de un aceite. Las especificaciones de lubricante suelen expresar su viscosidad en ¹segundos universales Saybolt (SUS o SSU) a 100 y 210 ²°F (37.8 y 98.9 °C) y/o en ³centistokes (cSt) a 40 y 100 °C (104 y 212 °F). La viscosidad expresada en centistokes se denomina *viscosidad cinemática*. La viscosidad cinemática se define como el cociente entre la viscosidad dinámica o absoluta y la densidad del fluido.

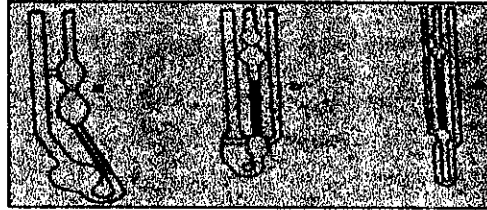
Los laboratorios determinaran experimentalmente la viscosidad del aceite usando un viscosímetro (Fig. 6). El viscosímetro mide la viscosidad cinemática de un aceite por el tiempo (en segundos) que requiere un volumen especificado, a una temperatura determinada.

¹ Segundos Saybolt Universales, son una expresión de la viscosidad y no es más que el tiempo en segundos necesario para que 60 cm³ del aceite pasen a través de un tubo capilar normalizado. M. F. Spotts, *Proyecto de Elementos de Máquinas*, España: Editorial Reverté, S.A., 1976, pág. 349.

² Grados Fahrenheit (°F), $F = 9/5 C + 32$, donde C representa a los grados centígrados (°C). Earl W. Swokowski, *Álgebra y Trigonometría con Geometría Analítica*, México, D. F.: Grupo Editorial Iberoamérica, S. A. de C. V., 1988, pág. 57.

³ Stoke, es la unidad de medida correspondiente a la viscosidad cinemática en el sistema métrico. Un centistoke (cSt) = 0.01 stokes = 1 cm²/seg. Robert W. Fox, *Introducción a la Mecánica de Fluidos*, México: McGraw-Hill, 1990, pág. 35.

Figura 6 Viscosímetros de tubo capilar utilizados para medir la viscosidad cinemática: a) Ostwald modificado, b) Ubbelohde, c) Fitz Simmons. (Gulf Oil Corporation.)



FUENTE: MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL; Robert C. Rosaler.

2.2.3 Las condiciones de operación

— Aditivos —

Además de los conocimientos de las características básicas de los lubricantes derivados del petróleo, es necesario considerar las condiciones de operación en las que actúen y su comportamiento relacionado con la presencia de aditivos. La maquinaria moderna se fabrica con precisión y la lubricación se planea desde el momento en que los planos se encuentran en el restirador.

Los aditivos han sido creados para satisfacer una variedad extensa de requisitos y, por lo tanto, se encuentra una amplia diversidad de estos productos, entre los cuales están: Correctores del índice de viscosidad, antioxidantes, depresores de espuma, aditivos para presión extrema, aditivos para limpieza de motores, agentes contra el desgaste, desemulsificadores y emulsificadores.

En la categoría de aditivos para limpieza de motores, quedan comprendidos los **detergentes** y los **dispersantes**. Se emplean para mejorar las características de servicio de los aceites modernos para servicio pesado que se utilizan en motores y maquinas diesel. Los **detergentes** son limpiadores y aseguran un rendimiento muy satisfactorio del aceite en un sistema circulatorio, evitando la formación de materias residuales no lubricantes, tales como lodos y licores resultantes de la descomposición y de la combustión,

acumulaciones alrededor de los anillos en los pistones, en los claros de las chumaceras y en cualquier otra parte de los elementos mecánicos de la máquina.

Para apoyar esta función depuradora, se agrega un aditivo más, conocido como **dispersante**, el que mantiene los cuerpos extraños insolubles dispersos en el aceite hasta su eliminación por drenado.

La selección y el cuidado de los aceites es un tema que se trata en la sección de anexos de esta tesis.

2.3 Sistemas mecánicos de equipo automotriz

2.3.1 Motor diesel

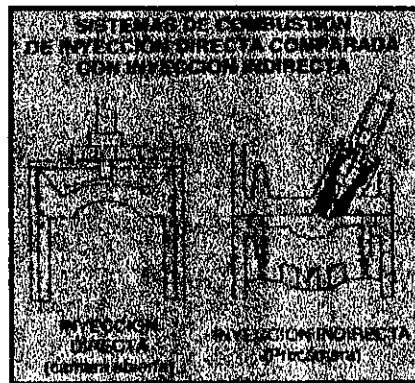
Principios de funcionamiento. El motor diesel es un motor en el cual el cilindro se carga con aire que se comprime hasta que está entre un rango de temperatura de 800 °F (426.6 °C) a 1200 °F (648.8 °C) para inflamar el combustible inyectado en el espacio de combustión. El combustible se inflama por el aire caliente, y los gases en expansión impulsan el pistón hacia abajo en el tiempo de potencia.

Las relaciones de compresión de los motores diesel varían desde 12:1 hasta 23:1.

Los tipos de motor son de dos categorías: ciclo de dos tiempos y ciclo de cuatro tiempos. Las disposiciones típicas de motores con ciclo de dos tiempos se muestran en las figuras 7 y 8. En la figura 9 se muestra la disposición típica de un motor con ciclo de cuatro tiempos.

combustible se ayuda por el movimiento más rápido del aire. Con el diseño de cámara abierta puede obtenerse mayor economía de combustible, en tanto que una cámara dividida permite emisiones más bajas.

Figura 10 Tipos de sistemas de combustión



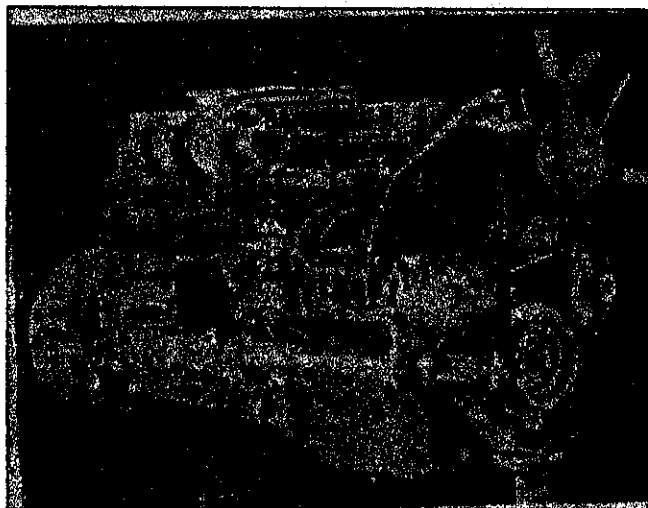
FUENTE: LUBRICACION "El Motor Diesel de Alta Velocidad en Vehículos Comerciales"; Norbert A. Nann.

Los motores son con frecuencia turbocargados para aumentar el caballaje producido por un desplazamiento dado del motor. El turbocargado utiliza parte de la energía de la velocidad y del calor de desperdicio del gas de escape del motor para impulsar una turbina conectada a un compresor centrífugo de alta velocidad. La potencia para el tamaño dado de paquete puede más que duplicarse siempre que los componentes de un motor sean lo suficientemente fuertes para soportar las más altas presiones en el cilindro. Los motores altamente turbocargados suelen tener medios para reducir la temperatura del aire después de que el aire sale del compresor por medio de un enfriador de aire a aire o un enfriador de aire a agua. Estos dispositivos se conocen como interenfriadores. La Figura 11 ilustra un motor diesel de alta velocidad moderno.

Características de rendimiento. El rendimiento de un motor diesel es afectado por la temperatura, presión y la humedad del aire. Se emplean factores de corrección para

asegurarse de que la potencia especificada tome en cuenta las pérdidas que se esperan con las condiciones en el sitio de altitud y temperatura. Estos factores de corrección son especificados casi siempre por algunas ⁴Asociaciones internacionales.

*Figura 11 Un motor diesel de alta velocidad moderno.
Cortesía de Mack Trucks Inc*



FUENTE: LUBRICACION "El Motor Diesel de Alta Velocidad en Vehículos Comerciales"; Norbert A. Nann.

2.3.2 Los motores diesel y los ciclos teóricos

Al igual que todos los motores térmicos que emplean combustibles fósiles, el motor diesel extrae energía mecánica de la energía térmica liberada por la combustión de hidrógeno y carbono (del combustible) con el oxígeno (del aire).

El análisis de ciclos y la experiencia muestran que la eficiencia térmica de los motores de combustión intermitente se aumenta al incrementar el índice de compresión. Consecuentemente, el motor diesel (que necesita un elevado índice de compresión para producir una alta temperatura del aire para la ignición) es más eficiente que el motor de

⁴ Diesel Engine Manufacturers Association (DEMA), la Society of Automotive Engineers (SAE), las Deutsche Industrie Normen (DIN), las British Standards (BS), o la International Standards Organization (ISO). Robert C Rosaler, *Manual de Mantenimiento Industrial*, México: CECSA, 1986, Volumen II, pág. 4-149.

gasolina de ignición por chispa (que emplea índices más bajos para evitar problemas de combustión debida a la ignición espontanea). Ciertos diseños recientes de motores diesel grandes de velocidad mediana y baja tienen una eficiencia térmica de aproximadamente el 50% bajo condiciones típicas de operación. No se han logrado cifras de igual magnitud con los motores de tamaño mas pequeño, aunque muchos motores recientes altamente perfeccionados de velocidad mediana y elevada exhiben una eficiencia del 40 al 42 por ciento dentro de una gama de carga y velocidad limitadas. Esto se compara con aproximadamente el 30% para motores, en el caso de los motores a gasolina usados en vehículos automotores. Una cifra del 40% se traduce en un régimen de consumo de combustible de aproximadamente 0.35 lb/hp/h o 213 gr/kW/h.

El motor diesel es un sistema flexible ya que, como carece de sistema de encendido y de carburador, conserva gran parte de su elevada eficiencia en combustible a carga parcial y en marcha mínima. La ventaja económica por volumen en combustible de un motor diesel, en comparación con un motor de gasolina, puede alcanzar del 75% al 100% en ciertas aplicaciones de vehículos de entrega y autobuses livianos. La considerable ventaja del motor diesel refleja principalmente una superior eficiencia térmica, pero también refleja el contenido de densidad y valor térmico del combustible aproximadamente un 12% más elevado en comparación con la gasolina.

2.3.3 Sistemas de inyección de combustible

Todos los motores diesel necesitan un sistema de inyección de combustible que dosifique y entregue una cantidad precisa de combustible en el momento apropiado durante cada carrera impulsora. La entrega se efectúa directamente en el aire comprimido caliente, mediante una boquilla de inyección de combustible diseñada para distribuir el combustible para combustión, a la vez que reduce al mínimo el humo de escape y otros componentes mal quemados derivados del combustible. El diseño del sistema también es importante para mantener el índice de combustión ideal a fin de lograr una elevada eficiencia térmica sin esfuerzos y ruidos excesivos del motor.

Si bien todos los motores modernos usan émbolos buzo que presurizan el combustible a más de cien veces la presión atmosférica, existen algunos ⁵diseños básicos del sistema de inyección empleados en los motores diesel de alta velocidad.

Conjuntos inyectoros. El conjunto inyector, uno por cilindro, montado en la culata del cilindro. Este conjunto combina todas las funciones del sistema inyector en un solo lugar. Sin embargo, cada conjunto inyector requiere activación por el árbol de levas del motor, mediante un sistema similar al sistema de activación de las válvulas del motor. El volumen de combustible se controla con la posición radial del embolo de inyección. Este sistema solo eleva la presión del combustible realmente entregado, evitando la necesidad de líneas de combustible de alta presión. Debido a que es activado por el árbol de levas del motor, el sistema requiere un diseño global de ingeniería mas integrado que el de los sistemas mas comunes tipo distribuidor y de bomba individual, que usan sus propios sistemas de árbol de leva. La Fig. 12 ilustra un conjunto inyector.

Figura 12 Conjunto inyectoros electrónicos



FUENTE: LUBRICACION "El Motor Diesel de Alta Velocidad en Vehículos Comerciales"; Norbert A. Nann

⁵ Sistema tipo distribuidor, Sistema de bomba individual, Conjunto inyectoros y Sistema de presión-tiempo. Norbert A. Nann, *LUBRICACION*, "El Motor Diesel de Alta Velocidad en Vehículos Comerciales", USA: Texaco Inc., 2000 Westchester Avenue, White Plains, N. Y. 10650, Volumen 78 - Número 1, 1992, pág. 10.

2.3.4 Sistema de lubricación

Cómo trabaja un aceite de motor. En un motor de combustión interna, el aceite está en el cárter. La bomba lo hace circular a través de una pantalla que elimina las partículas extrañas mayores y luego lo hace pasar a través de un filtro que retiene los contaminantes de menor tamaño. El aceite ya filtrado circula por conductos del bloque del motor hasta los cojinetes, el mecanismo de las válvulas y a los pistones y paredes de cilindros antes de volver de nuevo al cárter. Un bypass asegura que el aceite llegue a las piezas del motor incluso si el filtro está bloqueado.

En algunos motores, la lubricación se efectúa en parte por el chapoteo causado en el cárter por la rotación del cigüeñal. En su circulación por el motor, el aceite sirve para lubricar las piezas, mantener el motor libre de herrumbre y depósitos, sellar los segmentos y válvulas evitando fugas de los gases de combustión y refrigerar las superficies internas calientes. Los aditivos del aceite aumentan mucho su capacidad para evitar el desgaste excesivo y la formación de depósitos además de aumentar su resistencia a la oxidación y al deterioro a alta temperatura.

2.3.5 Motores para camiones, autobuses y tractores

Los productores de motores diesel de alta velocidad han clasificado este tipo de motores como de *servicio pesado*. En el mercado de mayor potencia prevalecen los motores de la gama de 250 a 450 hp (187 a 336 kW). Estos motores de servicio pesado deben trabajar entre 6,000 – 15,000 hrs antes de necesitar una reparación general. Las flotas bien mantenidas de camiones de transporte que usan lubricantes de alta calidad pueden trabajar hasta más de 500,000 ⁶millas (800,000 km.) antes de necesitar una reparación general.

⁶ Una milla es equivalente a 1,600 metros.

Los motores de servicio pesado tienen un sistema de combustible que incluye un émbolo de inyección individual para cada cilindro, revestimientos reemplazables, un cigüeñal rectificable, guías y asientos de válvula reemplazables y un sistema de levas y empujador de levas de calidad óptima. La capacidad de aceite del cárter por lo general es relativamente grande – 30 a 56 cuartos (28 a 53 litros).

Como resultado de un diseño conservador, estos motores tienden a ser relativamente pesados; 6 a 9 libras por hp (3.5 a 5 kg/kW).

2.4 Sistemas hidráulicos

Un sistema comprende un grupo de dispositivos que forman una red. Un sistema hidráulico incluye los dispositivos y redes que operan por la presión de líquidos. El líquido más predominante en los sistemas hidráulicos es el agua; el segundo es el aceite.

Un sistema usual incluye una fuente de presión (un tanque elevado o una bomba), un sistema de conducción (canales, tubos, válvulas, etc.) y un sumidero. En esta forma, en un sistema de fluido (líquido o gas), se transporta un fluido de un punto a otro gracias al empleo de cierto tipo de energía. Debido a la resistencia en el sistema, se pierde energía de presión como energía de calor en la red.

Es necesario conocer los fundamentos de la ⁷mecánica de fluidos con objeto de entender, diseñar y mantener un sistema.

2.4.1 Bombas

En ausencia de otra fuente de presión, una bomba es el componente esencial de un sistema hidráulico. La otra fuente de presión más común es un receptáculo que se mantiene a gran altura (o energía potencial). Ya que las bombas tienen diversas

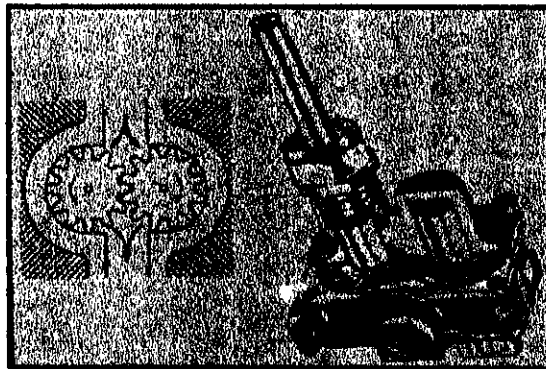
⁷ Consultar libros con información sobre mecánica de los fluidos tales como: Robert W. Fox, *Introducción a la mecánica de fluidos*. Victor Streeter, *Mecánica de fluidos e Hidráulica*. Claudio Mataix, *Mecánica de fluidos y Máquinas hidráulicas*.

características de acuerdo con su velocidad y tamaño y se requiere una amplia exposición para una idea cabal, sólo se expondrán aquí los detalles esenciales. En la Figura Φ de la sección de anexos se muestra la clasificación de bombas proporcionada por el Hidraulic Institute.

2.4.1.1 Tipos de bombas

Bombas de engrane. una bomba de engranes, mostrada en la Figura 13, depende para su acción de un par de engranes ajustados en un alojamiento. El fluido suele introducirse en los espacios entre dientes en el lado de la entrada y se transporta a lo largo del alojamiento al lado de salida.

Figura 13 Bomba rotatoria de engranes. (Eco Pump Co.)



FUENTE: MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL; Robert C. Rosaler.

Bombas centrífugas. Las bombas más utilizadas en las aplicaciones de planta son del tipo centrífugo, en el cual el movimiento rotatorio del impulsor imparte fuerza centrífuga al líquido, la cual eleva la presión.

En el intervalo específico de velocidades de 1,000 a 6,000 r.p.m. pueden utilizarse también impulsores de doble succión si se necesita balancear el empuje axial.

En la tabla I-I de la sección de anexos, se muestran una forma en blanco de hoja de datos para especificar una bomba. Toda la información debe llenarse y enviarse a los vendedores para que la completen y preparen la oferta.

El diseño apropiado de la casa de bombas y de los cárcamos de succión de bombas, condiciones de entrada, etc., es muy importante para el adecuado rendimiento de las mismas.

Básicamente, el mantenimiento de la bomba requiere lubricación apropiada de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Los estoperos y los empaques deben inspeccionarse y atenderse en forma adecuada. Si no realizan el montaje apropiado, la operación y el mantenimiento, los defectos mostrados en la tabla II-I de la sección de anexo (pág. 138) serán evidentes y deberá corregirse tan pronto como se descubran.

2.4.2 Válvulas

Una válvula se emplea para regular el flujo en un tubo. Un sistema hidráulico puede contener varias válvulas, algunas de las cuales deben ser sólo para posiciones de cierre o de apertura plenas, en tanto que otras válvulas regulan la cantidad de flujo como se desee; las últimas usualmente se suelen considerar válvulas de control. Las válvulas de control pueden operarse manual o automáticamente, dependiendo de la cantidad deseada de flujo, la presión, la temperatura, el nivel, etc.

Otros componentes de un Sistema. Además de las bombas y válvulas, debe considerarse la tubería del sistema. Esto incluye las conexiones asociadas, como codos, reducciones, ramales, cambios de dirección y conexiones T. Las dimensiones estándar de tubos, por ejemplo, diámetro nominal, diámetro interior, espesores, etc., para varios tipos de tubería se encuentran en la literatura correspondiente. La velocidad de flujo en un tubo varía normalmente de 8 a 15 pie/s (2.44 a 4.57 m/s) con objeto de mantener la caída de presión

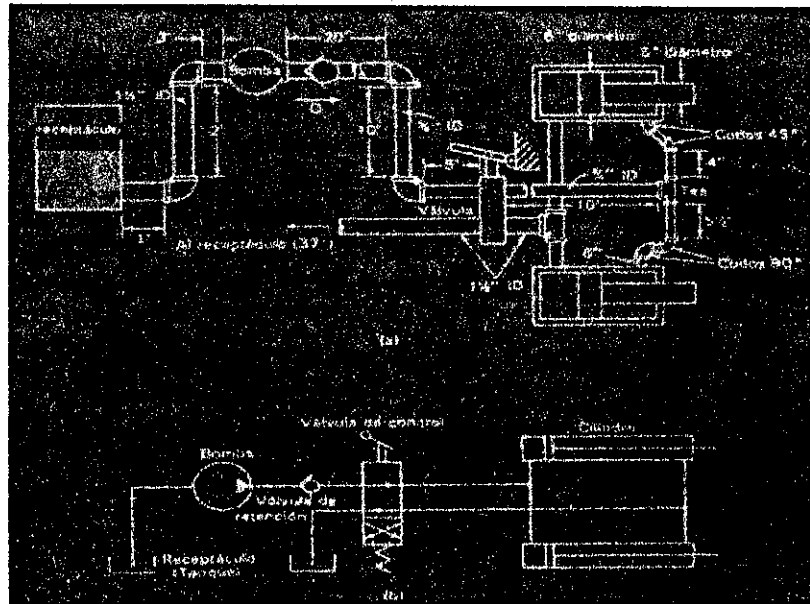
razonablemente baja para un tamaño de bomba determinado y también para suministrar una cantidad óptima de fluido.

Otros componentes que con frecuencia son parte de un sistema hidráulico incluyen intercambiadores de calor, filtros, coladeras, desmineralizadores, boquillas de aspersión, trampas de vapor, juntas de expansión, orificios de restricción y dispositivos de medición.

Símbolos gráficos para sistemas de potencia con fluido. De acuerdo con la definición de la American National Standards Institute, los sistemas de potencia con fluidos son los que transmiten y controlan la potencia gracias al empleo de un fluido a presión que está dentro de un circuito cerrado. La ANSI Y 32.10 proporcionan los símbolos gráficos que se emplean usualmente para dibujar diagramas de circuitos de los sistemas de potencia con fluidos.

La figura 14 muestra un sistema de potencia y su representación simbólica. Se trata de una bomba que transfiere líquido desde un receptáculo a través de una válvula de retención y una válvula de control de cuatro vías a cilindros hidráulicos, los otros extremos de los cuales están conectados a otro receptáculo abierto que contiene líquido.

Figura 14 Ilustración de los símbolos de sistemas de potencia.



FUENTE: MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL; Robert C. Rosaler.

2.5 Mandos finales

Estos dispositivos mecánicos sirven para aumentar el par de fuerza que viene del diferencial o de los embragues direccionales y pasarlo a las ruedas de tracción de las máquinas.

Generalmente existen tres tipos de mandos finales los cuales se usan dependiendo del tamaño, capacidad y clase de máquina; por ejemplo, las máquinas de llantas que son más rápidas, usan mandos finales del tipo de engranajes planetarios para el aumento del par de salida. Los tractores de carriles mayores traen en los mandos finales engranajes de doble reducción o engranajes planetarios. El de doble reducción consiste en un piñón que trae la potencia y la transmite a otro engranaje que está montado en un segundo piñón. Éste

transmite la potencia a un engranaje final mayor para dar el aumento de par. El sistema planetario consiste en un engranaje solar que transmite la potencia a los engranajes satélites y de éstos a un engranaje soporte que acciona el conjunto de la rueda dando mayor par de potencia de salida.

Los periodos de cambios de aceite de los mandos finales son del orden de las 1,000 hrs, pero debe analizarse el aceite en periodos más cortos, para tener información del desgaste de los elementos del comportamiento.

3. SERVICIO DE DIAGNÓSTICO DE EQUIPO

El servicio de diagnóstico con base en el análisis de una muestra de aceite es una actividad que ayuda básicamente a controlar el funcionamiento de maquinaria; con el fin de evitar contaminación con agentes tales como tierra, agua, combustible, refrigerante, grasa, etc. Otros objetivos que persigue el servicio de diagnóstico son: extender la vida útil de la maquinaria, aceite y filtros, así como optimizar su uso. El servicio de diagnóstico además de ayudar a mantener la maquinaria funcionando y en buen estado, es una útil herramienta para evitar paros innecesarios de maquinaria, evitar gastos excesivos en repuestos, optimizar el uso de lubricantes, extender períodos de cambio cuando sea posible y vigilar la correcta operación del equipo.

Entre las actividades que se involucran en el servicio de diagnóstico de equipo, encontramos como primer paso: realización de una toma de muestra de aceite de las partes lubricadas de los sistemas mecánicos; otros pasos que se deben seguir son:

- **Análisis en un laboratorio químico.**
- **Interpretación de resultados y diagnóstico, incluye corrección-reparación de maquinaria, muestreo periódico, corrección-reparación de condiciones.**
- **Reportes periódicos, incluye resumen trimestral, resumen anual, análisis costo beneficio.**

Los beneficios que se obtienen al llevar un programa de análisis de aceites por medio del servicio de diagnóstico de equipo son:

1. **Disminución de costos de operación**
2. **Menor tiempo de reparación**
3. **Costos de servicio más bajos**
4. **Incremento en la vida útil de equipos**
5. **Mejora programas de mantenimiento**
6. **Disminución de paros no programados**

3.1 Espectrofotometría

Espectrofotometría de absorción atómica es el nombre que se le da al método empleado para llevar a cabo el análisis de aceite, que se realiza en el laboratorio químico. Para el análisis, un aparato denominado espectrofotómetro basado en el principio de absorción, en el que los átomos de cada elemento absorben luz tan solo de una longitud de onda específica. El instrumento se regula para que emita y detecte luz de la longitud de onda de cada uno de los elementos que se estudian (Fe, Cr, Al, Pb, Sn, Cu, Mo, Si, Mg, %, H₂O, etc.). Para llevar a cabo la regulación se utiliza una solución estándar que contiene una concentración conocida del elemento que se ensaya con el objeto de hacer comparaciones y observar tendencias de valores. Mediante éstas, a través de muchos años de investigación, se han establecido tasas estándar de desgaste obtenidas de pruebas en máquinas que operan normalmente, éstas, se conocen como "patrones o parámetros de desgaste normal de las partes lubricadas".

La detección excesiva de cantidades de partículas metálicas en mención, en el aceite, indica tarde o temprano una falla segura; por lo cual, debe mantenerse un programa continuo del muestreo del aceite para "sugerir" correctivos en caso haya un aumento referido en la tasa de partículas de desgaste.

3.2 Filosofías de mantenimiento

Desde hace mucho tiempo con el fin de mantener funcionando correctamente las máquinas creadas, se han desarrollado ideologías de mantenimiento basadas en las experiencias de fabricantes y usuarios. Algunos conceptos tales como los que se desarrollan a continuación son unos de ellos.

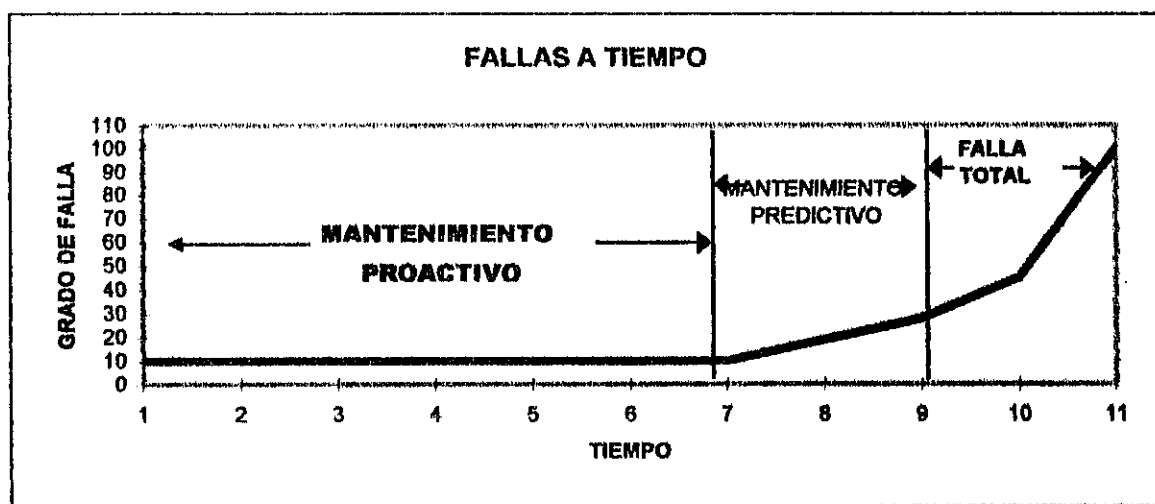
Mantenimiento proactivo. La idea básica es que las actividades de mantenimiento son proactivas cuando se anticipan a la falla, no es una respuesta a la falla.

Mantenimiento predictivo. Se monitorea la progresión de la falla para establecer las reparaciones menores del equipo antes de un paro total.

Mantenimiento hasta paro total. Se hace una reparación total de la máquina ya que no se tiene un programa de mantenimiento.

Con base en estas ideas, se ha logrado mejorar aspectos tales como: extensiones de vida útil de elementos de máquinas y períodos en usos de lubricantes; dando como resultado un mejor aprovechamiento del servicio de las máquinas a la industria, tal como es el caso mostrado en la gráfica 15, donde las fallas con un grado correspondiente, son sometidas a las ideologías de mantenimiento proactivo y predictivo hasta alcanzar la falla total con respecto al tiempo de utilidad del equipo.

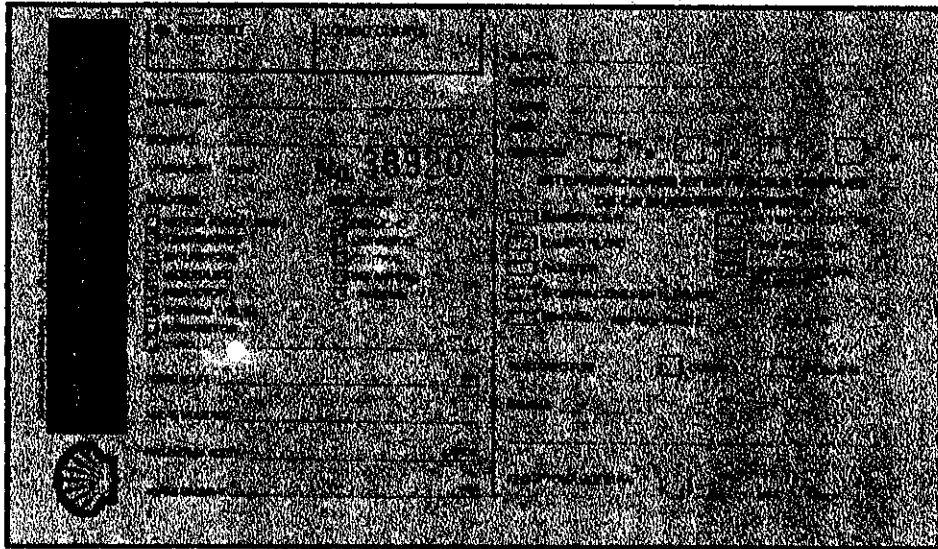
Gráfica 15 Fallas a tiempo



Para recurrir al servicio de diagnóstico e implementar un programa de análisis de aceite es necesario hacer uso de un laboratorio, donde se analizan las muestras de aceite de las máquinas o sistemas mecánicos, que se deseen incluir en el programa. Para ello, es necesario llevar un *registro de información* en el que se incluye el nombre de la empresa, nombre o código del equipo (esencial para el historial), marca y clasificación del aceite, hrs o km de aceite (número total de uso del aceite hasta el momento del muestreo), hrs o km de la unidad (número total de operación de la máquina o sistema hasta el momento del muestreo de aceite) y la fecha de toma de muestra. La figura 16 da un ejemplo de como presentar esta información; las empresas petroleras implementadas con laboratorios proporcionan boletas con información similar a la aquí mostrada.

Para la *toma de muestra*, se necesita equipo especial, el cual incluye: bomba de pistón accionada manualmente, mangueras, botes desechables y la boleta de información. El método de *Drenado* para la toma de muestra no necesita de una bomba, ni de mangueras, por lo que es más económico pero de mayor dificultad en cuanto al procedimiento, ya que éste, debe llevarse acabo directamente de los tapones de drenado de los sistemas mecánicos a los recipientes de aceite.

Figura 16 Boletas de EDS para información del equipo



La toma de muestra utilizando una bomba de pistón, debe llenar ciertos *Requisitos de muestreo* para asegurar la calidad de la misma y obtener resultados eficientes al momento del análisis en el laboratorio. Estos requisitos incluyen los siguientes pasos:

- Muestrear a temperatura normal de operación.
- Al arranque inicial, tomar la muestra 5 min. después de haber parado el equipo (caso de motores de combustión interna).
- Muestrear antes del filtro.
- Llenar hasta $\frac{3}{4}$ de la capacidad del bote que contendrá la muestra.
- Siempre muestrear del mismo punto y bajo las mismas condiciones y procedimientos.
- Para maquinaria con cambios frecuentes de aceite, pre-programar el intervalo de tiempo.

La tabla I da la guía para frecuencias de toma de muestra.

El análisis en el laboratorio se lleva acabo a través de un equipo especial. el *Infrarrojo*, que mide porcentualmente fenómenos en el aceite, tales como: oxidación, nitración, sulfatación, carbonilla presente, etc. El ICP clasifica y mide las partículas abrasivas

localizadas en la muestra de aceite, en ppm. Además, en el análisis del laboratorio se realizan pruebas físicas y químicas, tales como análisis de HS, TAN, TBN, prueba de viscosidad a 40 °C ó a 100 °C, IV, punto de inflamación, punto de fluidez, etc.

¿Qué se analiza? Esencialmente se analiza los siguientes aspectos:

- A. Desgaste
- B. Contaminación
- C. Irregularidad en el lubricante.

Tabla 1 Guía para frecuencias de toma de muestra

Clasificación	Equipo	Horas
AUTOMOTRIZ	Motor diesel	150
	Transmisiones	300
	Diferenciales	300
	Mandos finales	300
INDUSTRIAL	Sist. hidráulicos	200
	Turbinas gas/vapor	500
	Compresor aire/gas	500
	Cajas engranajes:	
	alta velocidad	300
baja velocidad	1000	
AVIACION	Cojinetes/elem. rotatorios	500
	Motores recíprocos	25-50
	Turbinas gas	100
	Caja engranajes	100-200
	Sist. hidráulicos	100-200

3.3 Desgaste

El desgaste es un fenómeno que ocurre cuando por fatiga, corrosión, abrasión, adhesión, delaminación u oxidación, se desprenden partículas del metal con el cual se fabricó un elemento de la máquina.

El análisis elemental por espectroscopia de emisión atómica determina la cantidad de metales de desgaste de un tamaño de hasta 10^1 micrones (micras). Una partícula de este tamaño es considerada destructiva.

Se tienen diferentes tipos de partículas metálicas de desgaste. En la tabla II se da la guía para determinar los orígenes del desgaste de metales.

El impacto del *desgaste* sobre el aceite resulta en acumulación de metales, disminución de agentes antidesgaste y cataliza la oxidación del mismo; por lo que se debe hacer un análisis periódico para monitorear las tendencias de desgaste. Se tienen valores guía para cada parte de cada equipo o maquinaria los cuales se miden sobre la base de tendencias; aunque se tienen valores puntuales, no es recomendable tomarlos como límites ya que el desempeño de cada unidad se analiza por separado y no siempre se rigen en los mismos valores.

Para obtener los valores guía se saca un promedio de acuerdo a marca, modelo y tipo de maquinaria, la tabla III da un ejemplo de los valores guía. Un criterio, propuesto para la evaluación de tendencias de desgaste, afirma que un incremento de 5 a 10 ppm o del 100% es una razón que llama la atención, pues se presenta un posible estado anormal de la maquinaria; arriba de 15 ppm o del 200% es una causa para intervenir inmediatamente.

¹ Un micrón o micra se designa en notación potencial de la siguiente forma: 10^{-6} y su prefijo es la letra griega μ , así, una micra es la millonésima parte de un metro (μm). CAMECO Industries, Inc. SP 1800B OADER, Service Manual (Alzadora de caña SP 1800B, Manual de Servicio), USA: CAMECO, Inc. P.O. Box 968, Thibodaux, Louisiana 70302, 1992, pág. 3-2.

Tabla II Orígenes del desgaste de metales

	MOTORES	Transmisión	Diferenciales	Reductores	HIDRAULICO	BOMBA FREN	Coj. de engranajes	Componentes de línea
HIERRO	Cilindros Bloque Engranajes Cigüeñal Eje de levas Bomba Aceite	Engranajes Discos Housing Cojinetes banda freno	Engranajes Eje Cojinetes Housing	Engranajes Eje Cojinetes Housing	Housing Cojinetes Eje Bomba	Engranajes Eje Cojinetes Housing	Engranajes Eje Cojinetes	Cigüeñal Block Housing Tornillos Eje Anillos Pistón Cilindros Bomba aceite
COPRE	Bushings Cojinetes Válvulas de entrada	Bushings Cojinetes Discos Clutch	Bushings Cojinetes	Bushings Cojinetes	Pistones bomba Cilindros Bushings Cojinetes bomba Enfriadores Aceite (Algunos) Motor Bomba Cilindros (Algunos)	Cojinetes	Bushings Cojinetes	Platos Bushings Cojinetes
ALUMINIO	Pistones Cojinetes Bushings Block (algunos) Housing Cojinetes bomba	Bushings	Bushings			Bomba aceite	Bomba aceite	Plato Pistones Cojinetes
CROMO	Anillos Válvulas de escape	Cojinetes Rotatorias (Alguna)	Cojinetes Rotatorias (Alguna)	Cojinetes Rotatorias (Alguna)	Vorillas Cojinetes (Alguna)	Cojinetes Rotatorias (Alguna)	Cojinetes Rotatorias (Alguna)	Anillos Cojinetes Rotatorias (Alguna)
ESTAÑO	Cojinetes Bushings Copa pistones							Copa pistones Cojinetes Bushings
PLOMO	Cojinetes Aditivo gasolina							Cojinetes

Tabla III Valores de referencia (en ppm)

EQUIPO	Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni
Engranajes	300	15	45	40	30	20	10
Transmisión	300	15	45	40	30	20	10
Motores							
Cummins	75	5	40	30	40	15	10
Cat 353	57	7	30	30	40	17	10
Hino	60	5	40	30	40	19	10
Hidráulicos	15	5	10	10	10	15	10
Mandos F.	300	15	45	40	30	20	10
Reductores	25	5	15	15	15	20	10

3.4 Contaminación

3.4.1 Definición de contaminación

Contaminación es cualquier material extraño mezclado con el aceite hidráulico que provoca un efecto de deterioro al circular el aceite en un sistema mecánico. No se ha establecido la manera de describir a los contaminantes, pero en un sistema mecánico usualmente se consideran estar en formas de energía o material.

Entre las formas de energía se incluyen calor, cargas electrostáticas, campos magnéticos y radiación. Cualquier contaminante en forma de energía puede ser caracterizado por su intensidad. Un contaminante en forma de material en un sistema de aceite puede existir como un gas, líquido o sólido. Un gas puede estar en el aceite en estado disuelto o como burbujas, puede ser caracterizado por su densidad, absorción, solubilidad, punto de rocío y reactividad. Un líquido, depende de su compatibilidad con el aceite, puede ser libre, disuelto o emulsificado, se puede caracterizar un contaminante líquido por presión de vapor, temperatura baja, emulsificabilidad, filtrabilidad y corrosión. La Tabla IV da una lista de varios contaminantes típicos que se hallaron en sistemas hidráulicos, con el carácter y probable fuente por cada contaminante.

La contaminación es un fenómeno que contribuye al desgaste y corrosión de los elementos móviles de cualquier equipo; es el paso número uno y el más crítico en el análisis del aceite. Los tipos de contaminantes que se presentan, son clasificados así:

1. Partículas sólidas en suspensión
2. Humedad suspendida (dilución con agua)
3. Dilución por combustible
4. Otros

Tabla IV Contaminantes en sistemas hidráulicos

CONTAMINANTE	CARACTERISTICA	FUENTE Y COMENTARIOS
Acidos por productos	Corrosivo	Descomposición del aceite. Puede también surgir de agua contaminante de fosfato-ester fluidos.
Lodo	Bloqueo	Descomposición del aceite.
Agua	Emulsión	Ya que se introduce en el sistema causando fallas por oxidación e inhibición.
Aire	Soluble Insoluble	Efecto que puede ser controlado por aditivos anti-espuma. Exceso insoluble de aire debido a goteras impropias.
Otros aceites	Admisible pero reaccionaría	Mal uso del fluido por llenado, etc.
Grasas	Puede o no ser admisible	De puntos de la lubricación.
Sedimento	Insoluble	Ensamble anterior de cañería no propiamente limpia.
Partículas metálicas	Insoluble con acción catalítica	Se origina por contaminación del agua, controlable con aditivos anti-óxido.
Capas de pintura	Insoluble, bloqueo	Pintura vieja dentro del tanque no compatible con el fluido.
Partículas abrasivas	Abrasión y bloqueo	Partículas aerotransportadas (se quita con filtro aéreo).
Partículas elastómeras	Bloquean	Descomposición del sello. Chequear si el fluido es compatible con el sello.
Sellando compuesto partículas	Bloquean	El compuesto sellador no se debe usar en juntas de la cañería.
Arena	Abrasión y bloqueo	No se deben usar como un llenador al manipular curvaturas de la cañería.
Partículas adhesivas	Bloquean	Adhesivos o compuestos no deben usarse en empaques.

FUENTE: INDUSTRIAS CAMECO Manual de servicios de Alzadora de caña SP 800B

3.4.2 Partículas en suspensión

Se dice que el 100% del desgaste, 82% es gracias a la contaminación; como se mencionó anteriormente, una partícula de 10 micrones es considerada destructiva, lo que da una idea de que esta medida es equivalente al tamaño de un polvo de talco, el cual es sumamente pequeño al alcance de nuestra vista. Los contaminantes más comunes en esta clasificación son:

Tierra
Partículas metálicas
Carbonilla

El tamaño de contaminantes que se pueden encontrar en el aceite varía de 3 a 200 micrones (0.00012 a 0.008 pulgadas) y las equivalencias pueden considerarse desde una bacteria, que puede ser observada únicamente en un microscopio, hasta un grano de arena que observamos comúnmente con nuestros ojos, respectivamente. Lo que ocurre muchas veces es que partículas grandes se quiebran aumentando el número de partículas en otras más pequeñas.

El fenómeno de la contaminación es grandemente considerado en nuestros días, así que continuamente se desarrollan estudios para controlarla; algunos de los pasos para evitar sólidos en equipo mecánico, tales como establecer mal funcionamiento de filtros o cambio de ellos, sellos en mal estado, inspección en respiraderos y tapones magnéticos, y el monitoreo continuo de contaminación (mantenimiento proactivo); han demostrado que, por ejemplo, los cojinetes pueden tener vida eterna al remover partículas abrasivas; una reducción del 80% en el cambio de bombas de aceite y que es posible la reducción del 75% en consumo de aceite, si se lleva un estricto control a través de los pasos mencionados y desarrollar nuevos pasos para un mejor control.

El paso esencial para el control de sólidos es el *monitoreo continuo* de la contaminación que se presente, ya que, si se tienen filtros no adecuados para remover impurezas o filtros en mal estado, es posible determinar el tiempo de duración de dichos filtros, así como también se puede detectar rápidamente cualquier cambio en el ingreso de contaminantes, detectar a tiempo algunas fallas en progreso (de lubricante, de equipo, de condiciones, etc.), detectar fallas en aplicación (presión alta, temperatura, vibración, fallas en arranque, fatiga); por esto se considera que el controlar la contaminación es el primer paso y el más crítico en el análisis de aceite.

3.4.3 Humedad suspendida

El agua, el segundo contaminante más peligroso en el aceite, puede presentarse en cualquiera de los tres estados siguientes:

Disuelta en solución. Si la dilución de agua en el aceite es menor que el 1%, el aceite la absorbe hasta el punto de saturación.

Emulsificada. Si la dilución es mayor o igual que el 1%, el aceite se vuelve turbio (opaco).

Libre (lluvia). Si la dilución es mayor que el 1%, entonces significa que permanece agua en el fondo del tanque.

Debido a la presencia de agua en cualquiera de sus estados, se concluye: *Agua en baja cantidad y poco tiempo DILUYE, en grandes cantidades y mucho tiempo OXIDA.*

La contaminación con agua produce efectos nocivos en el aceite y elementos de máquinas; algunos de estos efectos son:

1. Reacción con aditivos del aceite que son solubles (ej. : antidesgaste y antioxidantes).
2. Forma ácidos y precipitado.
3. Aumenta la conductividad.
4. Luego de mucho tiempo promueve oxidación y formación de lodos.
5. Una gota de agua en un galón de aceite a 180°F destruye el aditivo antidesgaste (Zn) y lo lleva a niveles menores de 100 ppm.
6. El agua en estado libre, disminuye la vida de cojinetes de 10 a más de 100 veces.

3.4.4 Contaminación con combustible (Dilución)

Cuando hay contaminación con combustible, normalmente se interrumpe la película de aceite y se diluyen los aditivos. La presencia de combustible en el aceite ocasiona principalmente la disminución del grado de viscosidad SAE, de manera el 5% de contaminación por combustible disminuye la viscosidad de un aceite SAE 30 a un SAE 20; el 7% de contaminación disminuye la viscosidad de un SAE 30 a un SAE 10.

Algunas de las principales causas de contaminación por combustible se saben que son fugas en líneas de combustible y/o mala calibración en inyectores y/o mala calibración en bombas.

3.4.5 Otros tipos de contaminación

Refrigerante. Promueve la alta viscosidad del aceite, el ingreso de agua que produce emulsiones y mala lubricación.

Aire. Es la fuente primaria de oxígeno, por lo tanto, el aceite se oxida y también se incrementa la viscosidad del mismo, produce cavitación, oscurece el aceite y eleva la temperatura de operación en los equipos mecánicos.

Temperatura. En un fluido hidráulico, al aumentar la temperatura de 100°F a 140°F se reduce la protección a la mitad por variación en la viscosidad. El aceite tiene un rango de temperatura, si se opera en el límite inferior del rango, puede extenderse hasta cinco veces la vida del aceite.

Cuando la viscosidad del aceite se incrementa más del 20% o disminuye en 10% se recomienda cambiar el aceite.

3.5 Control de contaminación del aceite hidráulico

El control de contaminación es relativamente una ciencia nueva que se complementa a la ingeniería, derivado de muchas prácticas desarrolladas entre el personal. Aún cuando se conoce mucho acerca de la prevención y control de contaminantes, se estima que el 70% de fallas del sistema hidráulico es debido a la condición pobre del fluido.

Obviamente, el cuidado en el aceite hidráulico, influirá en la vida útil del componente en el sistema. Se trata de obtener información que lleve a mejorar el control de contaminación en los sistemas que se mantienen operando. En otras palabras, la meta es reducir la cantidad de partículas sólidas, dañinas, que están en aceites hidráulicos. Lograr esta tarea, representa

² La presencia en un 1% de agua, también equivale a 10 000 ppm. SHELL, *Servicio de Diagnóstico de Equipo*, Guatemala: Shell de Guatemala S. A., 1997, pág. 21.

cubrir información de los efectos de la contaminación de maquinaria hidráulica en funcionamiento, cómo medir la contaminación, evaluaciones de la tolerancia de tierra en el componente y cómo usarlas, fuentes de contaminación, cómo prevenir la contaminación durante ensamblajes y servicios, cómo establecer un nivel de limpieza y cómo especificar y construir filtros.

El efecto de contaminación. Se deben considerar varios factores cuando se examina el efecto de contaminación en la vida y funcionamiento de maquinaria hidráulica. Estos factores incluyen cómo la contaminación afecta en el propósito del aceite hidráulico, tolerancias mecánicas en componentes, definir el tipo de contaminación, y cómo fallan los componentes cuando se contamina un sistema. La contaminación provoca efectos como: deterioro del aceite, obstrucción en conductos, desgaste abrasivo, falla de componentes.

Hay cuatro funciones primarias de un aceite hidráulico:

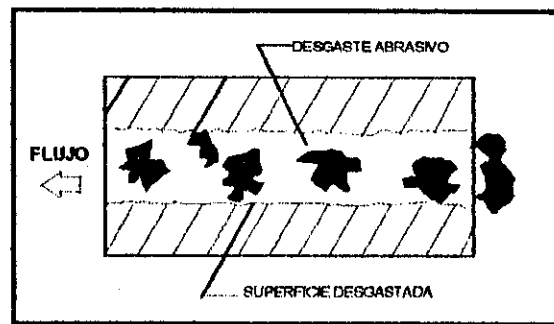
1. Transmitir potencia
2. Enfriar y disipar calor
3. Lubricar partes móviles
4. Sellar espacios entre partes

La contaminación sólida interfiere con los primeros tres de la lista de funciones. Interfiere en la transmisión de potencia al bloquear o tapar orificios pequeños en aparatos tal como válvulas de presión y válvulas de mando del flujo. La acción de una válvula afectada por contaminación sólida de esta manera es imprevisible e inseguro.

La contaminación interfiere con el proceso de enfriamiento formando una capa en las paredes del tanque hidráulico. La transferencia de calor del aceite a la pared se impide por la formación de este lodo y eventualmente da por resultado un sistema que opera a más altas temperaturas. El efecto más serio de esa contaminación que un sistema puede tener, es cuando ésta afecta la habilidad de lubricación del aceite hidráulico. Este puede ocurrir en

varias maneras diferentes: Partículas muy finas, más pequeñas que el espacio mecánico de un componente, pueden coleccionarse en el espacio y eventualmente en el bloque de flujo del aceite de lubricación, entre las partes móviles y por otra parte, interfiere con el funcionamiento del componente. Cuando las partículas son del mismo tamaño que el espacio por donde deben pasar, frotan contra las partes móviles, descomponiendo la película lubricante, y causa daño al componente (Fig. 17).

Figura 17 Acción del abrasivo, flujo y superficie de aplicación



FUENTE: INDUSTRIAS CAMECO Manual de servicios de Alzadoras de caña SP 1800B.

Este uso genera más contaminantes, goteo, baja eficiencia y genera calor. Partículas grandes de contaminación sólida, no pueden pasar en los espacios entre partes móviles y normalmente no causan abrasión. De cualquier modo que, este género de contaminantes se puede coleccionar a la entrada de un espacio, entre partes móviles.

Clases de fallas en componentes. Las partículas contaminantes tienen una variedad de formas y tamaños. La mayoría es abrasiva y causa fallas por desgaste en componentes hidráulicos. Hay tres tipos de fallas inducidas por contaminación: Fallas catastróficas, fallas intermitentes y fallas de la degradación.

Fallas catastróficas. Estos ocurren cuando una partícula grande se atranca en un componente principal. Por ejemplo si una partícula causó el bloqueo de una veleta en una

hendidura del rotor, la bomba o motor podrían fallar. Si el orificio de una válvula piloto es bloqueado por partículas, una falla catastrófica podría ocurrir. Partículas finas también pueden causar fallas catastróficas en una válvula debido a la obstrucción de espacios.

Fallas intermitentes. Se puede causar una falla intermitente cuando los contaminantes se establecen en el asiento del cilindro del distribuidor. Si el asiento del distribuidor es más duro que el contaminante, se lavará la partícula probablemente lejos, cuando la válvula se vuelva a abrir. Este género de problema puede causar funcionamiento irregular de la válvula y crear una situación peligrosa de potencialidad.

Fallas de la degradación. Las fallas de la degradación son causadas por uso, corrosión y corrosión por cavitación. Estos problemas producen goteo interior en los componentes del sistema, que progresan hasta que ocurre la falla completa. Este género de problemas en una bomba el resultado usualmente es una falla catastrófica en unos puntos.

3.5.1 Almacenamiento del aceite hidráulico

En la mayoría, el elemento más importante para mantener funcionando el sistema hidráulico es el mantenimiento propio del sistema. La experiencia muestra que casi el 75% de todo problema del sistema hidráulico se atribuye al aceite hidráulico. Frecuentemente el problema es causado por contaminación del aceite por aire, agua o partículas sólidas que interfieren con el funcionamiento de componentes hidráulicos.

Una vez se tiene el aceite correcto, el próximo paso más importante es prevenir la introducción de contaminantes en el sistema. Este incluye un cuidado en el almacenamiento y manejo de los aceites, utilizando siempre toneles de la casa comercial sin manchas, limpios y secos; colocarlos en buena posición y cubrirlos para prevenir la acumulación de tierra, agua o polvo. Se deben guardar los toneles tan llenos como sea

posible y protegerlos del súbito cambio de temperatura, esto prevendrá o minimizará la condensación de la humedad dentro del mismo.

Si se tiene el aceite correcto y han llenado el sistema sin introducir contaminantes, el próximo factor más importante para la operación eficaz y vida larga del sistema es la filtración.

3.5.2 Filtración del aceite

Cuándo los sistemas operan a altas rapidezces y presiones, los contaminantes hacen que pierda excesivamente su uso y poder. Esto puede causar el mal funcionamiento de los componentes hidráulicos. Las recomendaciones del fabricante por cambiar los cartuchos del filtro se deben seguir tan estrechamente como sea posible. De cualquier modo, puede haber una gran variación en la longitud de períodos de servicio y sólo la experiencia puede dictar cuánto tiempo se deben establecer los períodos para una aplicación particular.

Un buen programa de MP debe incluir cambios regulares del elemento del filtro.

3.6 Irregularidad del lubricante

Esta actividad también se lleva acabo mediante el análisis por Espectrofotometría (pag 43); se realiza el conteo en partes por millón (ppm) de los componentes comunes de aditivos, tales como: Aditivo antidesgaste (Zn, P, Mo), dispersantes y detergentes (Mg, Ca, B), antioxidantes (Zn, P, K), mejoradores alcalinos y antiespumantes (Na, Mg). La medición de estos valores, indica la capacidad de estos elementos de permanecer estables (no degradados), a pesar de las condiciones de operación a las que son sometidos los aceites; para ello se tienen valores gula para aditivos que se dan en la Tabla V, según la clasificación del aceite para cada aplicación.

El *análisis infrarrojo* es el método que se utiliza para medir la presencia de otros contaminantes en el aceite, clasificados como contaminantes químicos, los cuales no se ven a simple vista pero son perjudiciales (aún más que los contaminantes físicos, ya que para éstos, existen formas de separación por medio de la centrifugación) para los aceites lubricantes y por tanto a los sistemas mecánicos lubricados por éstos. Entre los contaminantes químicos se clasifican los siguientes: oxidación, nitración, sulfatación, dilución con combustible y agua; como contaminante físico se tiene a la carbonilla. La Oxidación, se produce por la ventilación del lubricante, contaminación, operación a temperaturas arriba de lo normal. Por cada 10°C de aumento en la temperatura, se dobla la razón de la oxidación.

La nitración se produce por: ventilación del lubricante, operación de la unidad a temperaturas arriba de lo normal, provocando un incremento en la viscosidad y acidez del aceite y oscurecimiento del lubricante. La Sulfatación se da debido a la mezcla del aceite con el combustible por desgaste de anillos, descalibración de inyectores o bomba de combustible; sin embargo, al mezclarse con agua se forma ácido sulfúrico el cual provoca desgaste por corrosión. La carbonilla se debe a la mezcla de combustible pobre, mayor contenido de combustible que aire por obstrucción en filtro de aire, descalibración de inyectores o bomba, descenso de temperatura de operación, y baja compresión provocando desgaste de anillos, camisas de cilindros, etc. por abrasión, además contribuye a la degradación del lubricante causando aumento en la viscosidad del aceite.

Tabla V Valores guía en aditivo

IDENTIFICACION DEL ACEITE	Mg 1 000	Ca 2 500	Zn 900	P 800	B 0	Pb 0	S 25 000
SAE 50, aceite de motor, ZDDP							
GL1, aceite para engranajes, SAE 90, No EP, inhibe oxidación	0	0	300	300	0	0	17 000
ISO 220, GL2, ligero EP, aceite industrial para engranajes	0	0	0	200	0	0	16 000
EP 90, GL-5, medio EP, Transmisiones, diferenciales	0	0	0	900	0	0	28 000
EP 90, GL-6, alto EP, altas grasas	0	0	0	1 500	0	0	40 000
ISO 220, EP con boro, aceite de engranajes	0	0	0	400	2 000	0	22 000
Aceite de motor	265	2 200	1 200	1 100	15	0	7 500

Se conoce que la *producción de ácidos* reduce el TBN, los *subproductos de combustión* dan lugar a un aumento en el TAN y la *producción de carbonilla* (hollin) aumenta la viscosidad del aceite de motor.

P A R T E 2

Aplicaciones

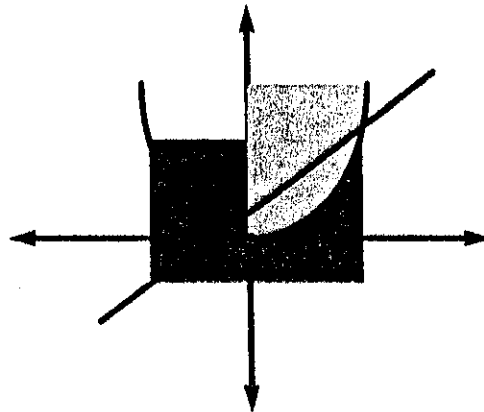


Figura 18 Algunas actividades dentro de un servicio preventivo normal para motores, en TMT

Programa de Servicios preventivos para equipo automotriz de CONCEPCIÓN S.A. División TMT. 500 Hrs. Tipo 1
SISTEMA MOTOR 1. Revisar filtro de aire, sopletear o cambiar. 2. Cambiar aceite de motor y filtro de aceite. 3. Cambiar filtro de combustible. 4. Sopletear radiador. 5. Revisar o cambiar fajas. 6. Chequeo de niveles y engrase. 7. Servicio a batería. 8. Revisar fugas de aceite en motor. 9. Revisar cargadores de motor. 10. Revisar o cambiar mangueras de agua.

Los programas de análisis de aceites, que ofrecen las petroleras, son una herramienta ágil para realizar controles eficientes en el estado previo y posterior (condición física) de cualquier sistema mecánico, donde el factor lubricación será siempre un factor importante en la durabilidad de los mismos. El costo de una muestra de aceite analizada varía entre Q60.00 a Q120.00 (1 US\$ = 6.50 Q, 1,998) dependiendo de la tarifa que las petroleras proponen. Considerando la importancia de llevar a cabo un programa rígido de análisis de aceites, para los objetivos que se pretenden alcanzar en cuanto al mejoramiento de programas de MP en TMT, se desarrollan a continuación los siguientes puntos:

Análisis de variables de desgaste de los motores diesel, y
Análisis de variables de contaminación en motores diesel.

4. ANÁLISIS DE VARIABLES EN MOTORES DIESEL

Los capítulos anteriores presentan la teoría que fundamenta el trabajo que se desarrolla en éste y los siguientes capítulos; en éstos, se estará presentando esencialmente los resultados obtenidos –según la hipótesis formulada y los objetivos planteados–, los cuales son importantes para la presentación de las conclusiones y recomendaciones finales. Se espera que el lector, pueda utilizar esta información y aplicarla, según sus expectativas y criterio personal.

4.1 Mantenimiento de motores en TMT

Normalmente se habla de MP o simplemente mantenimiento de todas las partes que integran un equipo automotriz, esta sección, se refiere sólo a motores diesel, entre los cuales se encuentran motores registrados de marcas Cummins, Caterpillar y John Deere, que proporcionan la potencia en Cabezales, Alzadoras de caña y Tractores (series 7400 y 4560 JD) respectivamente. Para llevar a cabo la actividad de mantenimiento, se han planteado programas basados en recomendaciones por el fabricante y la experiencia del personal operativo; éstos incluyen actividades como: Cambiar aceite y filtro de motor, cambiar filtro de diesel, soplear filtros de aire, etc. Durante el desarrollo de esta investigación, estos programas se llevaban a cabo en períodos regulares de 250 hrs y 500 hrs entre servicios preventivos, según las condiciones de operación de los distintos equipos automotrices. Se trata entonces de investigar si estos períodos son o no, indicados para evitar desperfectos mecánicos, mismos que provocan costos elevados de reparación en dicha empresa. La figura 18 muestra algunas actividades que se realizan durante los servicios, aplicados a motores diesel y gasolina.

4.2 Análisis de variables de desgaste

El control de variables de desgaste es una actividad importante en el desarrollo de programas de análisis de aceites cuando éstos, son una herramienta auxiliar en los programas de MP. La actividad consiste en archivar en una tabla, los datos relacionados con el proceso del programa, tal como se muestra en la tabla VI, la columna E.E. (elemento específico) registra los equipos automotrices, en las otras columnas está calculada la fecha aproximada de cambio de aceite, y la fecha de muestreo de aceites, basándose en el incremento en horas (horas al muestreo u horas estándar de servicio) que se desee para cada equipo y las horas de operación al día de los mismos; ya tomadas las muestras de aceite, se envían al laboratorio, donde se realiza el análisis; la petrolera se responsabiliza enviar el reporte de la muestra analizada a la empresa que requirió del servicio, este reporte proporciona la información necesaria para analizar el desgaste de los sistemas mecánicos, los cuales registran la fecha en que se llevó acabo el análisis. Los reportes son archivados en un mueble y/o en computadora.

Tabla VI Hoja de control para un programa de análisis de aceite

E.E.	Sistema	Fecha cambio de Aceite	Fecha muestreo	Horometro	Horas al muestreo	Lectura prox. muestreo	Fecha prox. muestreo
3BE	Motor	14-Mar		8384	175	8559	27-Mar
3GA	Motor	18-Abr		80	175	255	28-Abr
3GH	Motor	27-Abr		773	175	948	07-May
3GI	Motor	27-Abr		991	175	1166	07-May
3GH	Hidraulico		29-Abr	800	200	1000	10-May
3GI	Hidraulico		29-Abr	1017	200	1217	11-May
3GI	M.F.		29-Abr	1017	300	1317	17-May
3FO	Hidraulico		29-Abr	518	200	718	26-May
3FO	M.F.		29-Abr	518	300	818	09-Jun

El análisis de desgaste consiste en observar el comportamiento de los elementos desgastados (Fe, Pb, Al, Cu, etc.), considerando el estado anterior y el estado actual (registro de información) de los elementos, en ppm, basándose en los valores guía de desgaste (Tabla VII). De esta forma, se obtiene información sobre las condiciones o estados del equipo,

ubicándolo en cualquiera de los grupos de diagnóstico, los cuales son: *Normal, Anormal y Crítico.*

Tabla VII Composición de metales en equipos y valores guía de desgaste

Elemento	Valor de desgaste	Estado del equipo	Promedios de valores de desgaste
Hierro (Fe)	65 ppm	Anormal	
	130 ppm	Crítico	97.5 ppm
Cromo (Cr)	5 ppm	Anormal	
	15 ppm	Crítico	10.0 ppm
Plomo (Pb)	40 ppm	Anormal	
	100 ppm	Crítico	70.0 ppm
Cobre (Cu)	30 ppm	Anormal	
	100 ppm	Crítico	65.0 ppm
Estaño (Sn)	40 ppm	Anormal	
	100 ppm	Crítico	70.0 ppm
Aluminio (Al)	20 ppm	Anormal	
	50 ppm	Crítico	35.0 ppm
Níquel (Ni)	10 ppm	Anormal	
Plata (Ag)	10 ppm	Anormal	-

Los valores descritos anteriormente se consideran valores guía de desgaste. No son límites puntuales ya que el desgaste es individual para cada unidad y por ende debe ser considerado dependiendo de la tendencia que muestre el sistema mecánico. Se diagnostica que un sistema se encuentra en condición Normal, cuando los valores de desgaste analizados en el laboratorio son menores que los valores que se dan para el estado Anormal. Normalmente, los distintos estados o condiciones de los equipos son identificados con colores en los reportes de análisis de aceites de algunas petroleras; estos colores están asignados de la manera siguiente: Normal: *Verde*, Anormal: *Amarillo* y Crítico: *Rojo*.

Los motores diesel considerados en la investigación, fueron 35 en total, con diferentes diseños y marcas; para nuestro estudio, se han clasificado en dos ramas: motores diesel *convencionales* y motores diesel *electrónicos*; la diferencia entre éstos radica en que los electrónicos son motores manipulados por una computadora y los otros no.

Entre los motores convencionales involucrados en el tratamiento experimental se tiene: *Caterpillar* (8), *John Deere* (7) y *Cummins NTC* (12), entre los electrónicos, se tiene únicamente a los *Cummins Celec* (8), los números en los paréntesis son la cantidad de motores por marca, que formaron el total de la muestra.

Elementos Principales de Desgaste

Fe - Hierro (ppm)

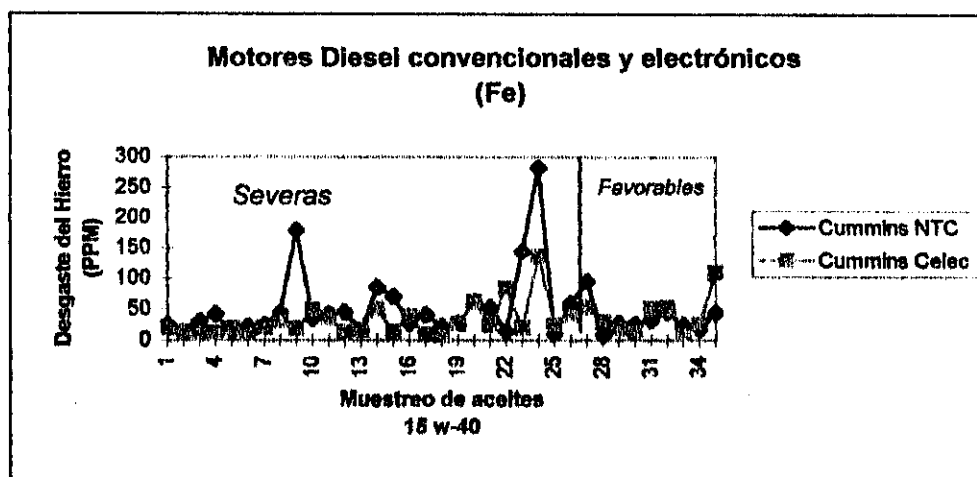
Pb - Plomo (ppm)

Al - Aluminio (ppm)

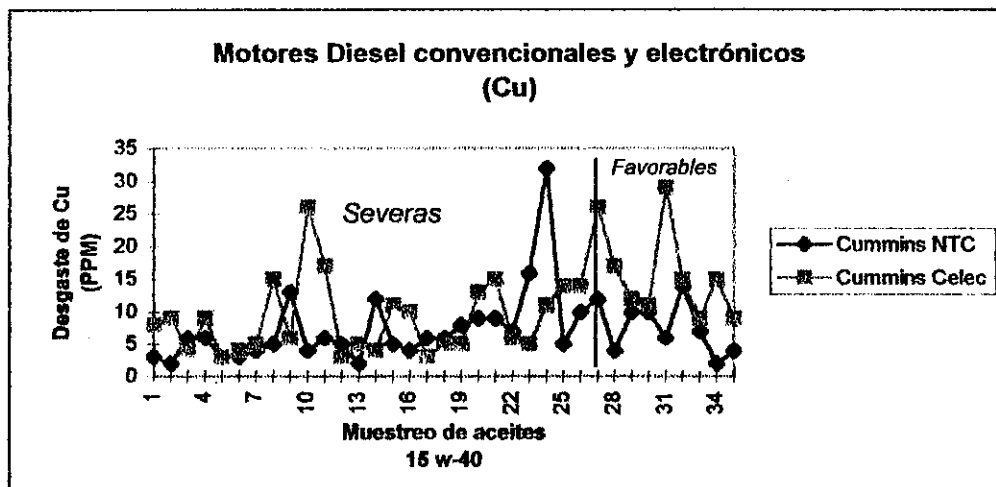
Cu - Cobre (ppm)

Los datos del desgaste experimentado de algunos elementos principales en motores convencionales y electrónicos, no consideran la marca de aceite utilizado; se muestran como ejemplo en las gráficas 19 a 20, a 500 hrs entre servicios. La viscosidad de los aceites empleados para estas pruebas son SAE 15 W 40.

Gráfica 19 Monitoreo del desgaste de Fe en motores diesel



Gráfica 20 Monitoreo del desgaste de Cu en motores diesel



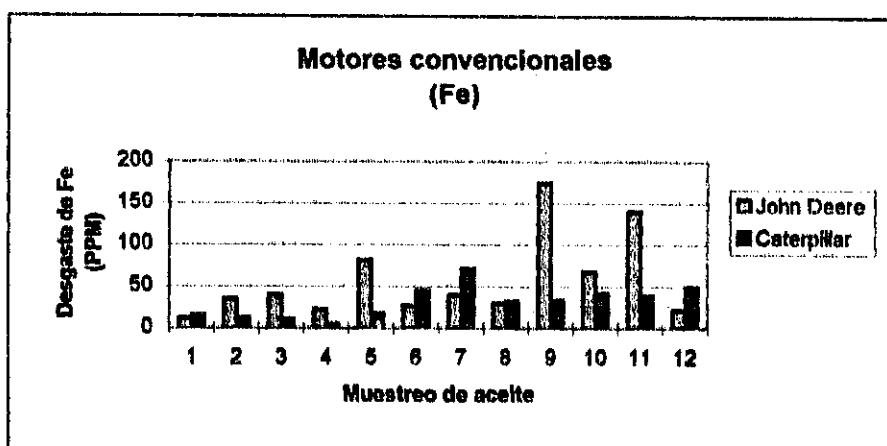
Como se puede observar en las gráficas anteriores – Desgaste de los elementos metálicos principales– los datos son el total de muestras de aceite analizadas en el laboratorio, de manera similar se pueden crear las gráficas de los otros dos elementos principales de desgaste, ya que, como se mencionó antes, existen otros elementos que son analizados en el laboratorio y son también reportados en los informes recibidos por parte de Shell de Guatemala; tal es el caso de los elementos metálicos: Estaño, Níquel, Cromo y Plata.

Considerando las gráficas, se puede observar que éstas se dividen en dos partes: *condiciones severas* y *condiciones favorables*, las cuales representan las condiciones en que operan estos motores. Los motores que operan en condiciones severas, son aquellos que son parte de equipos automotrices que circulan la mayor parte, sobre áreas de terrenos no asfaltados (terrasería), y los que operan en condiciones favorables, casi siempre lo hacen sobre terrenos asfaltados o pavimentados. Los motores electrónicos, el mayor tiempo de operación lo hacen sobre condiciones severas.

Los motores convencionales con servicios preventivos a cada 250 hrs, operan siempre bajo condiciones *Severas*. Los datos de desgaste analizados y reportados, referentes a

motores John Deere y Caterpillar, se muestran como ejemplo, en las gráficas 21 a 22, donde se observan los valores puntuales de algunos elementos metálicos principales desgastados donde una vez más no se considera la marca de aceite empleada.

Gráfica 21 Monitoreo de desgaste del Fe, para motores convencionales con 250 hrs entre servicios preventivo



Se conoce que para cada uno de los elementos metálicos desgastados, las propiedades mecánicas difieren una de la otra y son consideradas como factor importante en el diseño de mecanismos que integran los motores diesel de combustión interna. En la tabla VIII se muestran algunas de las medidas de tendencia central y de dispersión para los datos obtenidos en el análisis de los elementos principales desgastados, para motores convencionales con 250 hrs entre servicios preventivos.

Gráfica 22 Monitoreo de desgaste del Pb, para motores con 250 hrs entre servicios

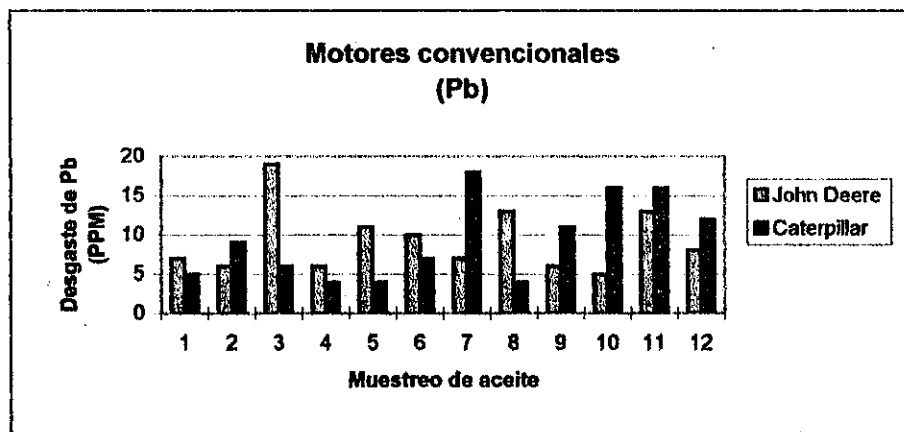


Tabla VIII Medidas de tendencias y de dispersión de los datos simples de desgaste en motores convencionales que operan en condiciones severas

MEDIDAS	CATERPILLAR	JOHN DEERE
<u>Media Aritmética de:</u>		
Hierro	30	57
Plomo	9	9
Cobre	13	14
Aluminio	10	12
<u>Moda de:</u>		
Hierro	no tiene	39
Plomo	4	6
Cobre	2	2
Aluminio	11	13
<u>Desviación estándar de</u>		
Hierro	19	51
Plomo	5	4
Cobre	19	35
Aluminio	2	1
<u>Variación relativa:</u>		
Hierro	63 %	90 %
Plomo	55 %	45 %
Cobre	151 %	250 %
Aluminio	23 %	12 %

Según la tabla anterior, las muestras que más variaron con relación a sus promedios, fueron los valores analizados de *Fe* y *Cu*, siendo valores significativos de estados normales, los que más se repitieron según sus modas; la desviación estándar muestra la distribución de

la muestra con relación a los promedios incluyendo la variación de ésta respecto al promedio para cada elemento. El coeficiente de variación de desgaste, representa la relación entre los promedios de las muestras de los elementos metálicos desgastados (tabla VIII) y los promedios de los valores de condiciones anormal y crítico de los valores guía de desgaste para cada elemento (tabla VII), se representa mediante la siguiente relación:

$$\text{Coeficiente de Variación} = \frac{\text{Media Aritmética}}{\text{Prom. valor guía}} \times 100 = \text{Coefv} = \frac{\bar{X}}{V_{gt}} \times 100 \quad (1)$$

El coeficiente de variación de desgaste, da el promedio de los valores de los elementos desgastados, como un porcentaje de los promedios de los valores guías de desgaste, para condiciones de desgaste representadas con colores amarillo y rojo, dados en la tabla VII. Según la relación anterior, tenemos los siguientes coeficientes de variación de desgaste, para motores **Caterpillar**: *Fe* 31%, *Pb* 13%, *Cu* 20% y *Al* 29%, en otras palabras, el promedio de desgaste del hierro en motores Caterpillar, forma el 31 por ciento del promedio de los valores guía de desgaste, admisibles para el hierro; de igual manera es para el plomo..., etc. Los coeficientes de variación de desgaste para motores **John Deere** son: *Fe* 58%, *Pb* 13%, *Cu* 20% y *Al* 34%. Lo interesante del coeficiente de variación de desgaste, es saber que entre más grande sea este porcentaje respecto al promedio del valor guía de desgaste de cada elemento metálico, mayor será el deterioro o avería por el desgaste que sufren los distintos mecanismos del motor diesel, con relación a los metales con que se fabrican los mecanismos, lo cual indica una medida práctica que da una idea de lo que podría estar pasando con el desgaste de cada pieza. De los coeficientes anteriores, se puede deducir que para ambas marcas de motores convencionales a 250 horas entre servicios, las piezas fabricadas de *Fe* y *Al*, fueron las más afectadas por el desgaste. Para ubicar qué piezas son fabricadas con estos elementos metálicos, consultar la tabla II del capítulo anterior.

Las causas de desgaste de los elementos metálicos mencionados se atribuyen a: mala operación de la máquina por parte del operador, condiciones del medio donde operan, la falta de cumplimiento de los períodos de MP, el desajuste de los mecanismos, etc. que forman parte de lo que se ha considerado como condiciones

Causas de Desgaste
Mala operación de la máquina
Medio donde operan
No-cumplimiento de los períodos de MP
Reparaciones demasiado rápidas

severas de operación. Un factor importante que se considera como principal influyente en el desgaste de los motores diesel es la *Contaminación* que sufren los aceites, tema que será tratado en el resto de éste y los capítulos siguientes. Como posibles *soluciones* a los problemas de desgaste para lograr mantener a éste en estado Normal, se consideran los siguientes: Obtener los mejores operadores de equipo automotriz, sometiéndolos a algunas pruebas de destreza, de manera que el examinador pueda calificar al solicitante como apto; dichas pruebas pueden ser elaboradas por personal experimentado en el ramo, especialmente por el ingeniero de mantenimiento; el objeto principal de estas pruebas es, obtener medios de control para evitar el posible deterioro que sufren los equipos automotrices por mala operación; al operante se le debe hacer la observación de que una

buena operación disminuye los choques repentinos entre piezas de mecanismos, que provocan en muchas ocasiones desprendimientos de material, deteriorando parcial o totalmente las piezas mecánicas, tal es el caso del mecanismo que llamamos comúnmente Bloqueo, que se localiza generalmente en diferenciales traseros de trailers, los que dan más potencia a los mismos para

Posibles soluciones
Pruebas de destreza
Excelentes operadores
Cumplimiento de los programas de MP
Tiempo y dedicación al reparar

salir de condiciones difíciles de terrenos mal tratados. Algo muy importante tratándose de soluciones es, lograr que se cumplan lo más exacto que se pueda, los programas de MP que tiene la empresa y, lograr un buen control de la contaminación en el aceite.

La información recolectada de los datos de desgaste del hierro, de la muestra de motores convencionales y electrónicos con 500 hrs entre servicios, está representada en las tablas IX y X de distribución de frecuencias, en la tabla XI se dan algunas medidas de tendencia central y de dispersión de todos los datos, de modo que las primeras tablas muestran un ejemplo de la manera como se agruparon las muestras, para obtener los valores estadísticos que se necesitan para la comparación entre los elementos metálicos desgastados en dichos motores.

Tabla IX Distribución de frecuencias del monitoreo de valores de desgaste del Fe en motores Cummins NTC, convencionales

Límites de desgaste (ppm)	Monitoreo desgaste (fi)	fr (%)	X_i	$f_i \cdot X_i$	$(X_i - \bar{X})^2$	$f_i \cdot (X_i - \bar{X})^2$	Límites reales
9 - 53	27	77.1	31.0	837.0	764.1	20631.4	8.5 - 53.5
54 - 143	5	14.3	98.5	492.5	1588.6	7943.0	53.5 - 143.5
144 - 278	2	5.7	211.0	422.0	23212.7	46425.4	143.5 - 278.5
279 - 323	1	2.9	301.0	301.0	58737.0	58737.0	278.5 - 323.5
TOTALES	35	100.0		2053.0		133736.8	

donde:

f_i = Frecuencia

f_r = Frecuencia relativa

X_i = Marca de clase

\bar{X} = Media aritmética o promedio

Tabla X Distribución de frecuencias del monitoreo de valores de desgaste del Fe en motores Cummins Celec, electrónicos

Límites de desgaste (ppm)	Monitoreo desgaste (fi)	f_r (%)	X_i	$f_i \cdot X_i$	$(X_i - \bar{X})^2$	$f_i \cdot (X_i - \bar{X})^2$	Límites reales
8 - 28	21	60.0	18.0	378.0	313.3	6579.1	7.5 - 28.5
29 - 49	6	17.1	39.0	234.0	10.9	65.34	28.5 - 49.5
50 - 70	5	14.3	60.0	300.0	590.5	2952.4	49.5 - 70.5
71 - 91	1	2.9	81.0	81.0	2052.1	2052.1	70.5 - 91.5
92 - 133	1	2.9	112.5	112.5	5898.2	5898.2	91.5 - 133.5
134 - 154	1	2.9	144.0	144.0	11728.9	11728.9	133.5 - 154.5
TOTALES	35	100.0		1250.0		29276.1	

Tabla XI Medidas de tendencias y de dispersión de las distribuciones de frecuencias de desgaste en motores convencionales y electrónicos a 500 hrs de servicio preventivo

MEDIDAS	CUMMINS NTC	CUMMINS CELEC
<u>Media Aritmética de:</u>		
Hierro	59	36
Plomo	22	26
Cobre	8	11
Aluminio	13	13
<u>Moda de:</u>		
Hierro	33	20
Plomo	13	17
Cobre	5	5
Aluminio	9	6
<u>Desviación estándar de</u>		
Hierro	63	29
Plomo	24	20
Cobre	7	7
Aluminio	8	10
<u>Variación relativa:</u>		
Hierro	107 %	82 %
Plomo	106 %	78 %
Cobre	88 %	62 %
Aluminio	64 %	74 %

De la tabla anterior se observa que los valores de la moda permanecen por debajo de los promedios, lo cual indica que los motores permanecen la mayor parte en estado normal. Los coeficientes de variación de desgaste (ecuación 1) en motores convencionales Cummins NTC son: Fe 60%, Pb 31%, Cu 12% y Al 37% y para motores electrónicos Cummins Celec son: Fe 37%, Pb 37%, Cu 17% y Al 37%; de modo que el Fe avanza paulatinamente al valor de transición entre un estado normal y uno anormal, en ambos motores, según la tabla VII.

Para completar la información de análisis de desgaste de los motores diesel en cuestión, la gráfica 23 muestra una serie de diagramas circulares que representan la clasificación de dichos motores con relación a los estados o condiciones de desgaste, según cómo se ubican las muestras de aceite de los análisis realizados en el laboratorio.

4.3 Análisis de variables de contaminación

La contaminación es un factor inevitable que sufren los aceites y sistemas mecánicos de equipos automotrices. Continuando con el desarrollo de programas de análisis de aceites, es necesario un control de variables de contaminación, especialmente aquellas que más influyen en estos sistemas, como lo son: *Carbonilla y Sílice (Si) o tierra*, variables que forman parte de la **Contaminación física** en los aceites; a diferencia del Sílice (ppm), la carbonilla se mide en porcentajes contenidos en cada muestra de aceite; la **Contaminación química** en los aceites de motor son: *Oxidación, Nitración, Sulfatación, DC y Agua*; que también se miden en porcentajes de muestras de aceite. La tabla XII muestra los valores de

Contaminantes principales	guía que se pueden utilizar en nuestros análisis de contaminantes; no son límites puntuales y deben ser considerados dependiendo de la tendencia que muestre el sistema mecánico.
Carbonilla (%)	
Tierra (ppm)	
Dilución con diesel (%)	
Oxidación (%)	
Nitración (%)	
Sulfatación (%)	

En lo que sigue, se presentarán los resultados obtenidos en la investigación, los cuales permiten conocer situaciones como ¿Cuál es el o los contaminantes de mayor influencia? las causas que provocan la contaminación y un aspecto importante, la relación Contaminación-Desgaste, o sea el desgaste experimentado por los motores diesel frente a cada uno de los contaminantes principales. Los resultados debidos a la contaminación química por oxidación, nitración y sulfatación, presentes en los aceites de motor se consideran en el capítulo 6. Por otra parte, ningún aceite es capaz de evitar o hacer desaparecer cualquiera de los contaminantes conocidos, por lo que una vez más, no se consideran las marcas de aceites empleadas.

En las siguientes gráfica, se muestran los valores de algunas de las variables más relevantes de contaminación, donde se observan los estados previos y posteriores (o

actuales) de los sistemas, según el orden que presentan las gráficas, ya que estos datos fueron recolectados en fechas distintas.

Gráfica 23 Diagramas circulares de estados de desgaste de motores convencionales y electrónicos

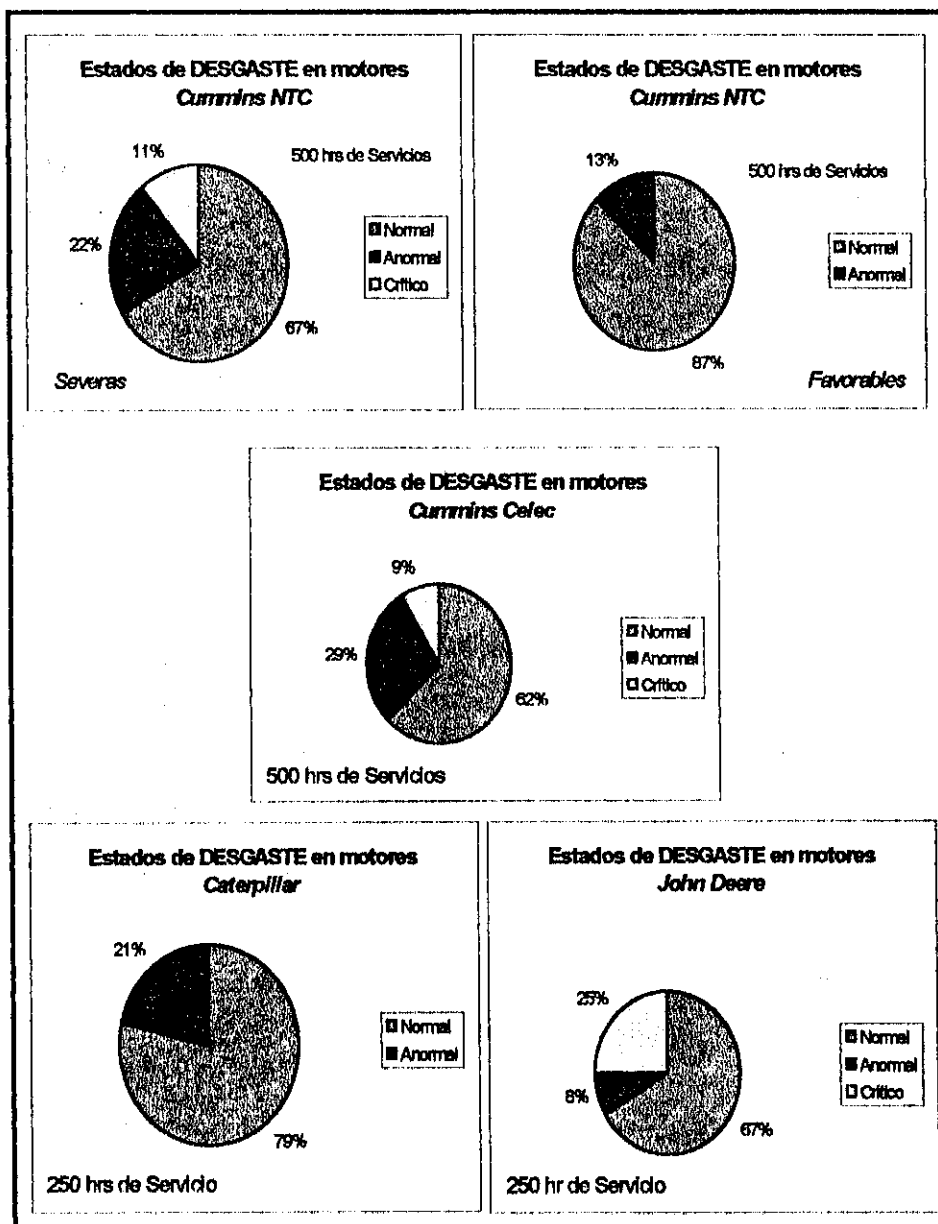
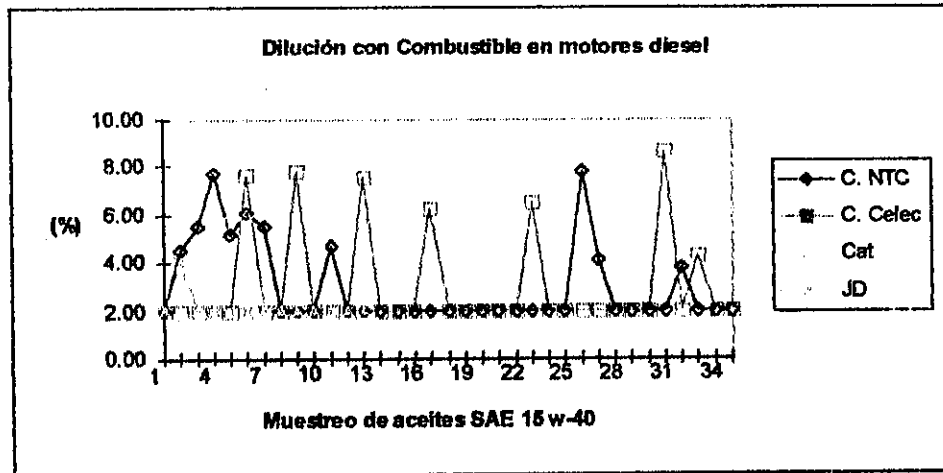


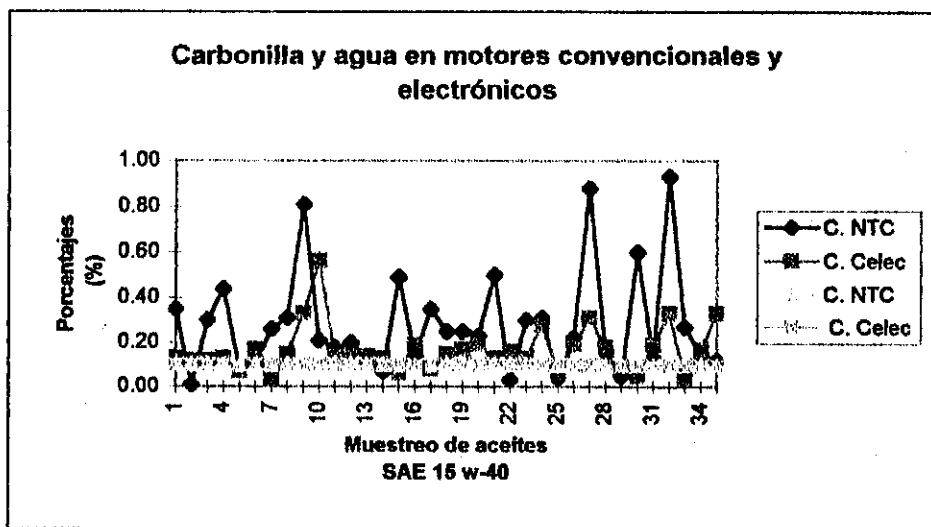
Tabla XII Valores de guía y promedio de valores de guía considerados en el análisis de contaminantes

Contaminantes	Valores de referencia	Estado del Equipo	Promedios de valores de referencia
Combustible	2.00 %	Normal	8.505 %
	2.01% - 15.00%	Anormal	
	15.00 %	Crítico	
Agua	0.10 %	Normal	Se debe utilizar 10 %
	X > 0.10 %	Anormal	
Carbonilla	0.30 %	Anormal	0.65 %
	1 %	Crítico	
Tierra (Si)	30 ppm	Anormal	65 ppm
	100 ppm	Crítico	

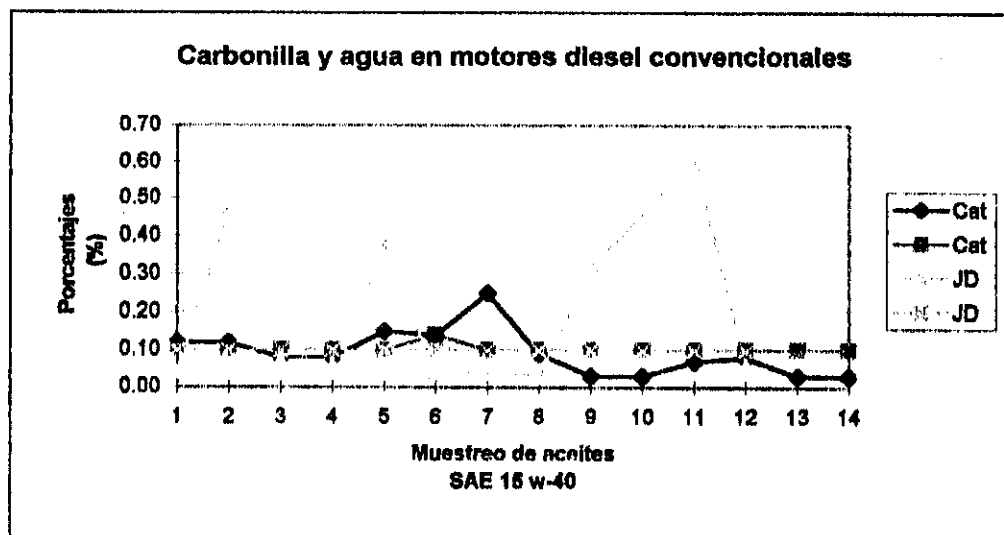
Gráfica 24. Monitoreo de contaminación por DC en motores diesel



Gráfica 25 Monitoreo de valores de contaminación por carbonilla y HS, en motores convencionales y electrónicos



Gráfica 26 Monitoreo de valores de contaminación en motores diesel convencionales



Las gráficas anteriores son ejemplos de como se registran los valores de las variables de contaminación, de los reportes enviados por el laboratorio. Estos valores, fueron clasificados en tablas de distribución de frecuencias, de las que se mostrarán las referentes a las variables más relevantes al tema de la contaminación en motores Convencionales y Electrónicos cuyos servicios preventivos son efectuados cada 500 hrs de operación del sistema, estas tablas muestran un ejemplo de la forma en que se agruparon los datos.

Tabla XIII Distribución de la muestra de contaminación por DC en motores Cummins NTC

DC (%)	f_i	X_i	$f_i \cdot X_i$	f_i	Límites reales	$(X_i - \bar{X})^2$	$f_i \cdot (X_i - \bar{X})^2$
2.00 - 2.94	25	2.47	61.80	71.4	1.995 - 2.945	0.78	19.45
2.95 - 3.89	1	3.42	3.40	2.9	2.945 - 3.895	0.005	0.005
3.90 - 4.84	3	4.37	13.10	8.6	3.895 - 4.845	1.04	3.11
4.85 - 5.79	3	5.32	16.00	8.6	4.845 - 5.795	3.87	11.62
5.80 - 7.69	1	6.75	6.70	2.9	5.795 - 7.695	11.51	11.51
7.70 - 8.64	2	8.17	16.30	5.7	7.695 - 8.645	23.21	46.42
TOTALES	35		117.30	100			92.12

Tabla XIV Distribución de los datos de contaminación por carbonilla en motores diesel Cummins NTC

Carbonilla (%)	f_i	X_i	$f_i \cdot X_i$	f_i	Límites reales	$(X_i - \bar{X})^2$	$f_i \cdot (X_i - \bar{X})^2$
0.01 - 0.15	11	0.08	0.90	31.4	0.005 - 0.155	0.05	0.50
0.16 - 0.30	13	0.23	3.00	37.1	0.155 - 0.305	0.004	0.005
0.31 - 0.45	5	0.38	1.90	14.3	0.305 - 0.455	0.01	0.04
0.46 - 0.75	3	0.61	1.80	8.6	0.455 - 0.755	0.10	0.29
0.76 - 0.90	2	0.83	1.70	5.7	0.755 - 0.905	0.29	0.58
0.91 - 1.05	1	0.98	1.00	2.9	0.905 - 1.055	0.47	0.47
TOTALES	35		10.2	100			1.93

La tabla XV contiene el resultado de algunas medidas estadísticas importantes de los datos agrupados en las tablas anteriores, de la que se deduce el comportamiento de las variables de contaminación en las muestras de aceite.

Tabla XV Medidas de tendencias y de dispersión de las distribuciones de frecuencias de Contaminación en motores convencionales y electrónicos a 500 hrs de servicio preventivo

MEDIDAS	CUMMINS NTC	CUMMINS CELEC
Media Aritmética de:		
DC	3.35	3.91
Carbonilla	0.29	0.18
Tierra	11	21.5
Moda de:		
DC	2.48	2.55
Carbonilla	0.19	0.15
Tierra	7	13
Desviación estándar de		
DC	1.65	1.79
Carbonilla	0.24	0.11
Tierra	6	22.3
Variación relativa:		
DC	49.10 %	45.78 %
Carbonilla	81.54 %	63.21 %
Tierra	61 %	104 %

Observando principalmente los promedios de las variables de contaminación en ambos motores, se tiene que la contaminación por DC se experimentó más allá de lo normal, en ambas categorías, problema que debe corregirse para evitar daños progresivos en los motores, de hecho los valores más repetidos o modas se encuentran un poco arriba de lo admitido que es menos o igual al 2%, lo cual confirma que este caso de contaminación, es

más prominente que los valores de las otras variables de contaminación pero que de igual forma contribuyen al deterioro de las piezas móviles.

	Coeficientes de variación (%)	
	NTC	Celec
Dilución con diesel	39.39	45.98
Carbonilla	44.62	27.69
Tierra	17	33

La ecuación 1 también es aplicable al caso de variables de contaminación, debido a que es un concepto práctico que se puede generalizar en el tema de análisis de aceite; los resultados o valores de coeficientes de variación de contaminantes en ambas clases de motores, se dan en el recuadro inicial a este párrafo; éstos valores se obtienen empleando el mismo procedimiento que se usa para el caso anterior referente al desgaste.

Factores como mala calibración de inyectores, desajustes en la bomba de inyección, mala filtración del diesel, fugas en la línea de combustible, relación de la mezcla inadecuada (más combustible que aire), etc., están relacionados con la contaminación a causa de diesel diluido y producción de carbonilla, las cuales afectan la viscosidad del aceite. Otras como mala filtración del aire de admisión, sistemas con poca protección ambiental al operar, son algunas de las causas por lo que el aceite se contamina con tierra. Es necesario inspeccionar con frecuencia todo el sistema para evitar que la contaminación del aceite por cualquiera de los factores mencionados, produzca una disminución en las propiedades de protección de los aceites de motor y por lo tanto al motor mismo.

Causas de contaminación

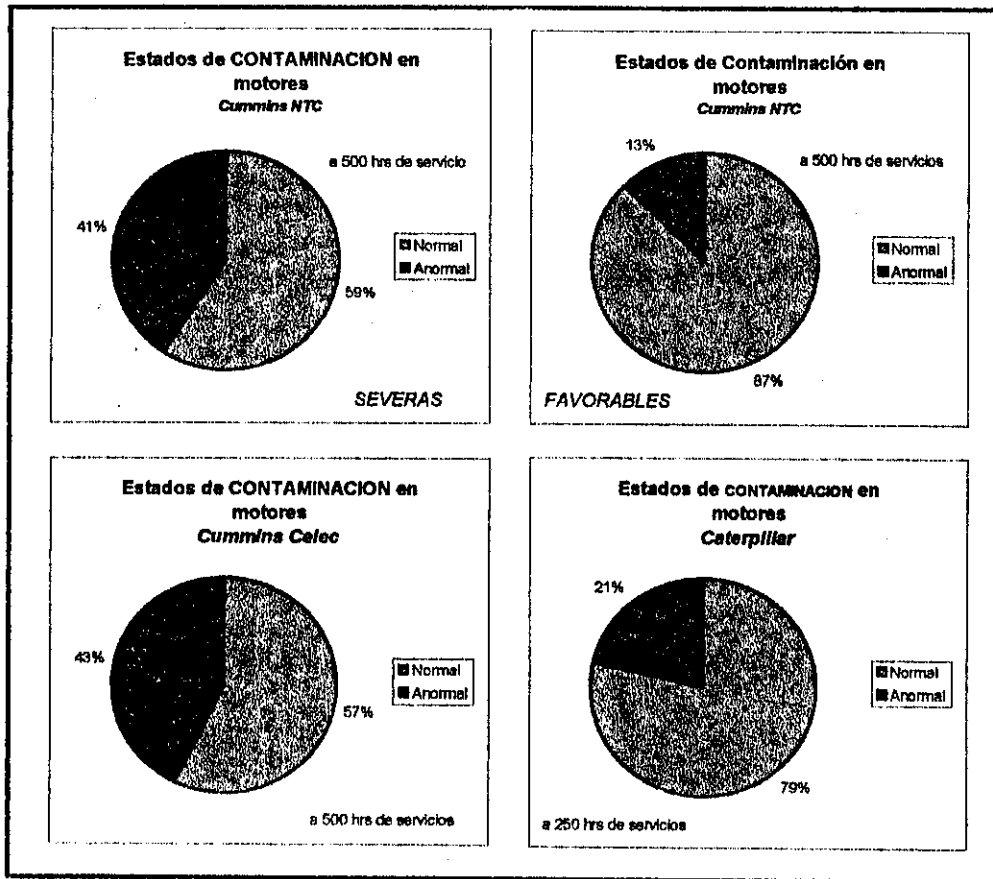
Se pueden mencionar en general: Bomba de inyección e inyectores mal calibrados, mala filtración de diesel y aire de admisión, fugas, mezcla de combustión no adecuada, motores a la intemperie parcial.

Posibles soluciones

Se pueden considerar: Inspecciones frecuentes, un rígido programa de análisis de aceites, implementación en los sistemas de filtración, períodos de servicios bien calculados y bien aplicados.

La gráfica 27 muestra el resumen del resultado general de los estados o condiciones que presentaron los motores ante la contaminación.

Gráfica 27 Resultados generales de contaminación de los motores diesel bajo el programa de Sservicio de diagnóstico de equipo



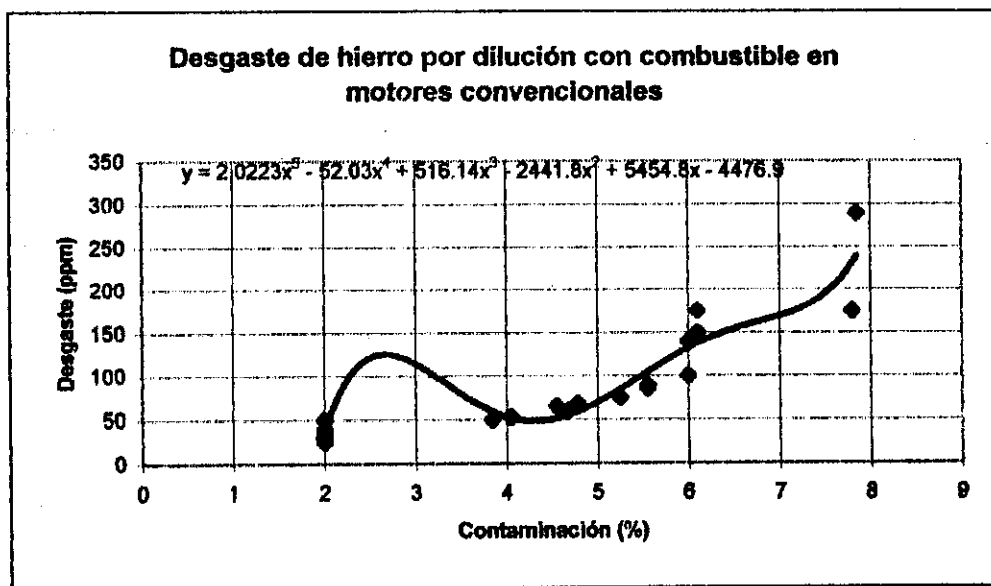
4.4 Relaciones de contaminación – desgaste

Al referirse a este tema, se presenta una herramienta de tipo matemático, la cual relaciona el desgaste que los diferentes contaminantes provoca en los elementos metálicos que forman los diferentes mecanismos que componen al motor diesel, en palabras generales, el desgaste como una función de la contaminación. De tal forma que un individuo puede saber cuándo un elemento mecánico, está próximo a un estado Anormal (o ya lo está) en sus piezas y como consecuencia, en su operación y vida útil; ¿Cómo se hace? utilizando los valores de desgaste o sus promedios, expuestos en la tabla VII, un programa

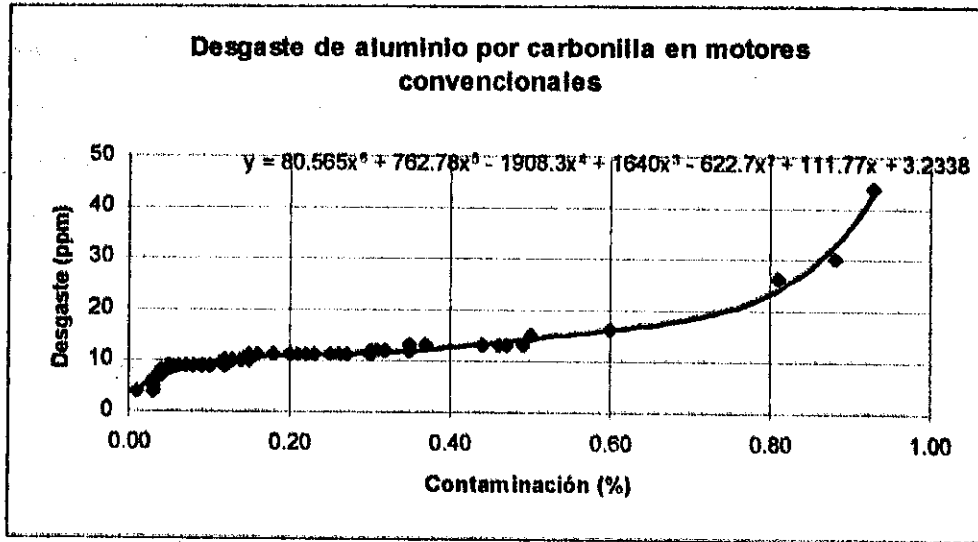
de análisis de aceites controlado por medio de una técnica como la que se muestra en la tabla VI y las condiciones expuestas en el capítulo 3 de esta tesis.

El método empleado en el planteo de las ecuaciones o funciones, es básicamente una aplicación del método estadístico que se conoce como regresión funcional – $f(x)$ –, en el que, los datos obtenidos durante el período de experimentación son ajustados a cualquiera de las curvas polinomiales o de otra índole, que el método utiliza. Las gráficas 28 a 31 muestran ejemplos de como se ajustan estos valores a las curvas.

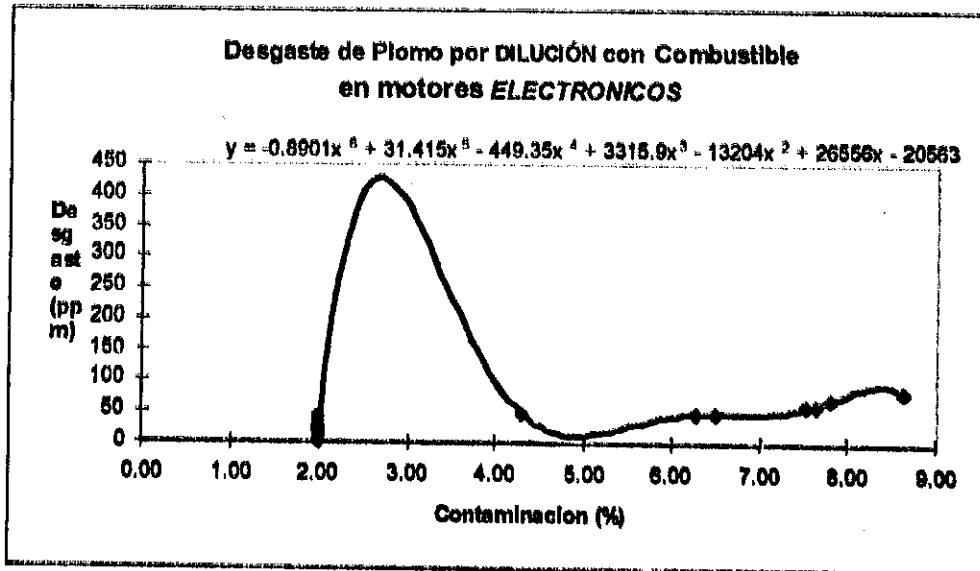
Gráfica 28 Relación de desgaste de Fe por contaminación con D.C. en motores convencionales



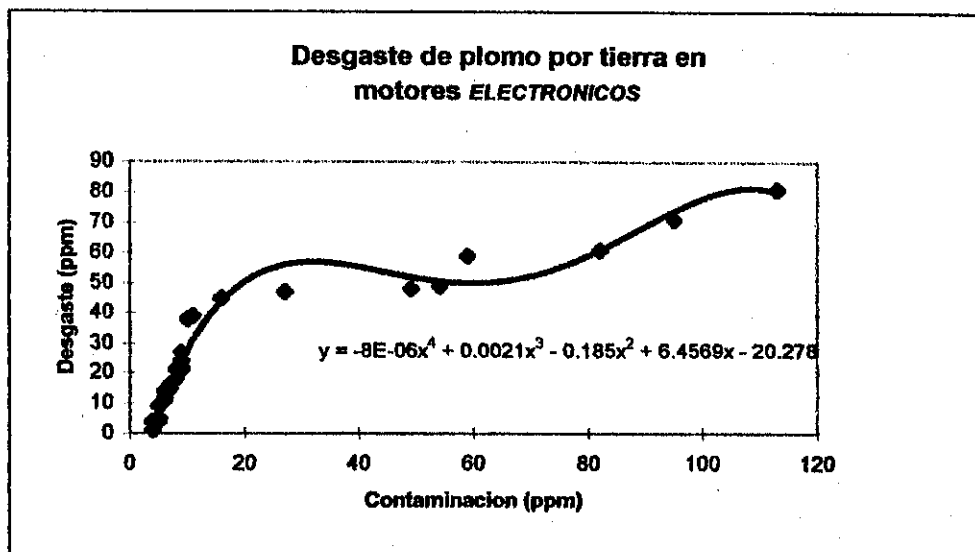
Gráfica 29 Relación de desgaste de Al por contaminación con carbonilla en motores convencionales



Gráfica 30 Relación de desgaste de Pb por contaminación con DC en motores Electrónicos



Gráfica 31 Relación de desgaste de Pb por contaminación con tierra en motores electrónicos



Estas gráficas muestran un arreglo de los datos de desgaste producidos por la contaminación del aceite, en motores diesel; de modo que, es posible el uso de gráficas de este tipo para hacer una proyección en la medición de los elementos de desgaste provocados por los factores contaminantes, sin hacer un muestreo periódico de aceite, basando esta proyección en los valores guía que hasta ahora se tienen para desgaste y contaminación; debido al comportamiento que se presente en las gráficas, se estimará la fecha, hrs de operación o km recorridos para la ejecución de un nuevo servicio preventivo.

En la tabla XVI, se plantean las funciones contaminación vs. desgaste como una herramienta útil para este tipo de análisis; hay una función para cada variable principal de desgaste (Fe, Al, Pb, Cu), que relaciona cada una de las variables principales de contaminación (DC, Carbonilla - C - y Tierra - Si -) con las de desgaste.

4.5 Estandarización de períodos de MP

En la hipótesis planteada para este trabajo, se hace mención del gasto representado por el consumo de lubricantes (aceites de motor) que siempre es considerado; surge la pregunta ¿Pueda o no que se esté aplicando bien los programas de MP? La respuesta, es relativa si se considera el buen o mal estado del sistema, la marca de aceite que se utiliza, la viscosidad adecuada y la filtración del aceite, ante las hrs o km de operación del motor.

Tabla XVI. Ecuaciones de desgaste en función de los contaminantes presentes

Relación $y = f(x)$	ecuaciones para motores convencionales
$Fe = f(DC)$	$y = 2.02 x^6 - 52.03 x^4 - 516.14 x^3 - 2441.8 x^2 + 5454.8 x - 4476.9$
$Fe = f(C)$	$y = 194.58 x^3 - 60.97 x^2 + 145.01 x + 8.67$
$Fe = f(SI)$	$y = 8.9267 e^{0.1318 x}$
$Pb = f(DC)$	$y = 5.70 x^3 - 67.78 x^2 + 253.42 x - 273.13$
$Pb = f(C)$	$y = 478.07 x^2 - 209.29 x + 21.25$
$Pb = f(SI)$	$y = 2.5945 e^{0.1427 x}$
$Al = f(DC)$	$y = 0.29 x^6 - 7.27 x^4 + 70.31 x^3 - 326.07 x^2 + 717.28 x - 576.56$
$Al = f(C)$	$y = 80.56 x^6 + 762.78 x^5 - 1908.3 x^4 + 1640 x^3 - 622.7 x^2 + 111.77 x + 3.23$
$Al = f(SI)$	$y = 5.4557 e^{0.0638 x}$
$Cu = f(DC)$	$y = 4.37 x^2 - 28.28 x + 43.68$
$Cu = f(C)$	$y = 2.2381 e^{4.0477 x}$
$Cu = f(SI)$	$y = 2.67 x - 16.70$
	ecuaciones para motores electrónicos
$Fe = f(DC)$	$y = 11.78 x - 1.85$
$Fe = f(C)$	$y = 84.19 x^2 + 213.84 x - 5.69$
$Fe = f(SI)$	$y = 27.787 \ln(x) - 33.028$
$Pb = f(DC)$	$y = -0.89 x^6 + 31.41 x^5 - 449.35 x^4 + 3315.9 x^3 - 13204 x^2 + 26556 x - 20563$
$Pb = f(C)$	$y = -4E+06 x^6 + 5E+06 x^5 - 3E+06 x^4 + 721319 x^3 - 88941 x^2 + 5139.3 x - 101.95$
$Pb = f(SI)$	$y = -8E-06 x^4 + 0.0021 x^3 - 0.18 x^2 + 6.46 x - 20.28$
$Al = f(DC)$	$y = 0.14 x^6 - 4.01 x^4 + 44.07 x^3 - 229.18 x^2 + 557.03 x - 481.37$
$Al = f(C)$	$y = -7056.9 x^6 + 4055.1 x^4 + 540.43 x^3 - 378.09 x^2 + 102.85 x - 0.08$
$Al = f(SI)$	$y = -2E-09 x^6 + 9E-07 x^5 - 0.0001 x^4 + 0.009 x^3 - 0.29 x^2 + 4.38 x - 10.29$
$Cu = f(DC)$	$y = 4.0078 x^{0.8306}$
$Cu = f(C)$	$y = 59.4 x + 0.71$
$Cu = f(SI)$	$y = 6.3896 e^{0.0184 x}$

Es importante lograr determinar para este caso, el número de horas para los períodos de cambio de aceite, como punto fundamental para estandarizar los programas de servicios preventivos que se estarán practicando, no-solo en la empresa usuaria del EPS, sino en cualquier otra empresa con equipos automotrices.

Datos de camiones

Marca: Freightliner

Motor: Cummins Celec

Modelo: 93

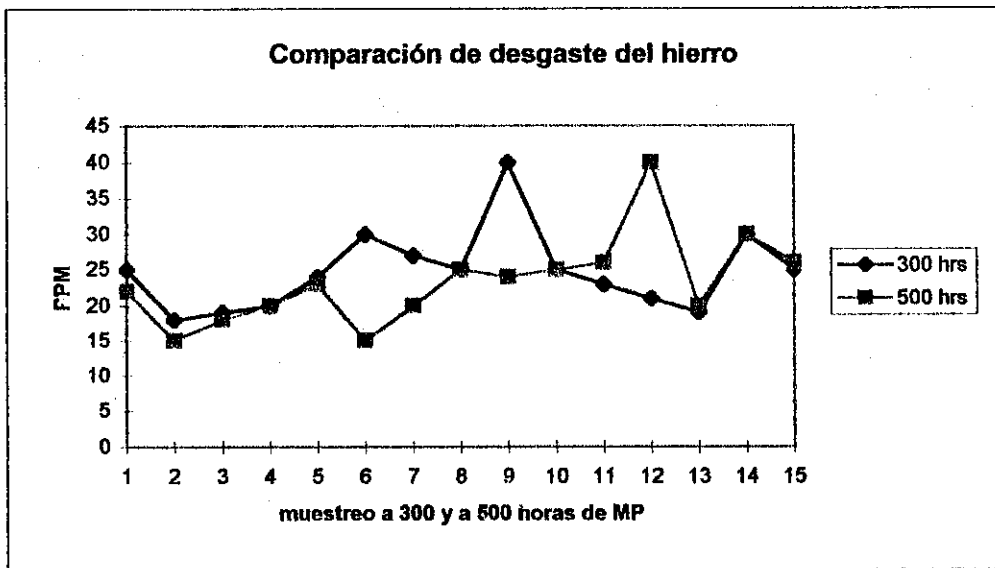
Condiciones: Severas

Servicios: 300 y 500 horas

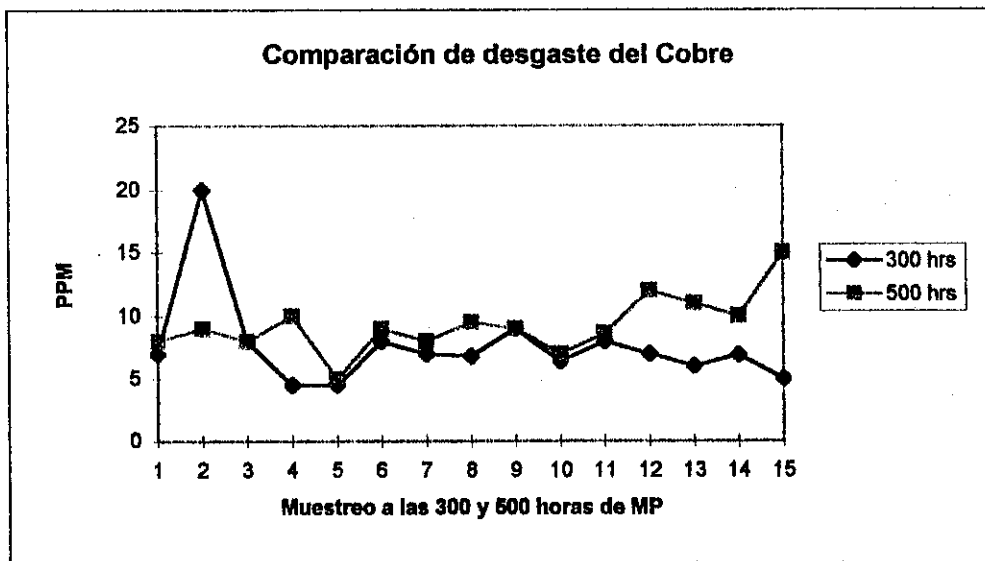
Se realizó una comparación (prueba) entre dos grupos de cabezales, con las siguientes condiciones: igual marca, igual marca y tipo de motor, mismas condiciones de operación y del mismo modelo; de manera que se utilizaron marcas de aceites diferentes, sometiendo ambos grupos a un continuo programa de análisis de aceites, utilizando el mismo laboratorio de lubricantes; la única diferencia fundamental radica en el número de horas en que se efectuó el cambio de aceite que fue de 300 hrs para uno y de 500 hrs para el otro grupo.

Llevando acabo todos los pasos descritos en el capítulo 3, referente al Servicio de Diagnóstico de Equipo, se presentan en las siguientes gráficas los datos recolectados en ambos grupos, los que representan el desgaste de algunos de los elementos principales. Todos los motores utilizados en esta prueba, son *Electrónicos*.

Gráfica 32 Muestreo del desgaste de Fe en motores electrónicos con 300 y 500 horas de servicios



Gráfica 33 Muestreo del desgaste de Cu en motores electrónicos con 300 y 500 horas de servicios



En la siguiente tabla se expone como ejemplo, la distribución de frecuencias de una de las muestras estadísticas de desgaste de los elementos principales, los cuales reflejan el total de datos obtenidos. Como ya se conocen los valores de las medidas de dispersión y de tendencia central de los motores electrónicos a 500 horas de servicio (tabla XI), se puede observar en la tabla XVII las diferencias entre éstos valores y los que se obtuvieron con relación a las 300 hrs de servicio.

Tabla XVII *Medidas de tendencias y de dispersión de las distribuciones de frecuencias de desgaste en motores electrónicos a 300 y 500 hrs de servicio preventivo*

MEDIDAS	300 horas	500 horas
<u>Media Aritmética de:</u>		
Hierro	26	36
Plomo	14	26
Cobre	10	11
Aluminio	8	13
<u>Moda de:</u>		
Hierro	28	20
Plomo	12	17
Cobre	7	5
Aluminio	6	6

Según los valores de la tabla anterior, estos periodos al compararse con relación a los valores guía de desgaste, no representan una condición anormal del equipo, aún cuando existe una diferencia considerable (200 hrs) entre un período y otro. No se sabe cual de los dos periodos es el más indicado para la ejecución de un buen plan de mantenimiento, pero sí demuestran ser aceptables.

	Coef. de Desgaste	
	300 hrs	500 hrs
Hierro	27 %	37 %
Plomo	19 %	37 %
Cobre	15 %	17 %
Aluminio	23 %	37 %

Otra medida interesante que se puede considerar para el caso, es el coeficiente de variación de desgaste para ambos grupos de motores electrónicos con las respectivas horas de servicios, ya que éste, dará el valor aproximado que se puede utilizar para los criterios de MP con relación al desgaste que sufren los mecanismos

del motor. El resumen de estos coeficientes se muestra en el recuadro al inicio de este párrafo.

Se puede argumentar que el período de servicios a las 500 hrs, aparentemente no se puede afirmar que los mecanismos de los motores estén averiados y con este período, se está obteniendo un buen ahorro en el costo de uso de

aceites y filtros, por lo que éste período parece eficiente. Sin embargo, se puede hacer una última comparación en esta prueba; se sabe que, por las

Registros

500 hrs = Overhaul a 8000 hrs

300 hrs = Overhaul a 15000 hrs

estadísticas registradas en lo referente a reparaciones de motores, especialmente en los bien conocidos **Overhaul**, al llevar un programa de servicios a las 500 hrs se estará llevando acabo una actividad de éstas, a las 8,000 hrs de haber operado un motor diesel, mientras que en un programa a las 300 hrs, se realizará un overhaul hasta que el motor halla operado 15,000 hrs aproximadamente; casi el doble del anterior. Se supone que esto, representa un ahorro considerable (el 47%) en el costo de llevar acabo un overhaul, de un período a otro.

5. ANÁLISIS DE VARIABLES EN SISTEMAS HIDRÁULICOS Y MANDOS FINALES

El control de las variables de desgaste y contaminación presentes en estos sistemas mecánicos, se puede realizar de la misma forma como se hizo en el caso de motores diesel, tal como se muestra en la tabla IX, a diferencia de que en éstos, se efectúan cambios de aceites en períodos de 1,500 hrs y con tomas de muestreo de aceite a cada 250 hrs de operación respectivamente. La técnica utilizada en la tabla VI, puede generalizarse a todo tipo de sistemas mecánicos que se deseen incluir en un programa de análisis de aceite.

Equipo
Alzadoras Cameco SP-1800
Tractores John Deere 7400
y 4560

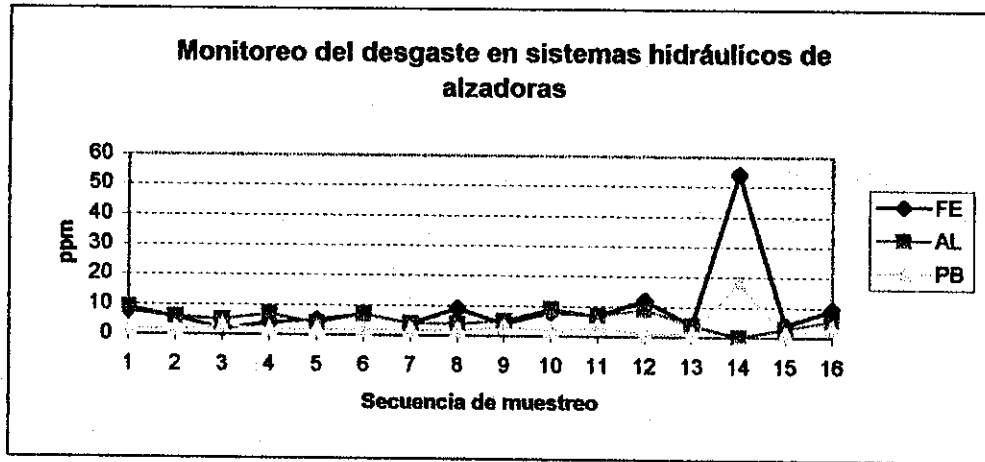
En este capítulo se presentan los resultados obtenidos que caracterizan el desgaste y la contaminación experimentada en los sistemas, resultados que demuestran un caso típico en la operación de tractores y alzadoras de caña, de la empresa.

5.1 Desgaste y contaminación

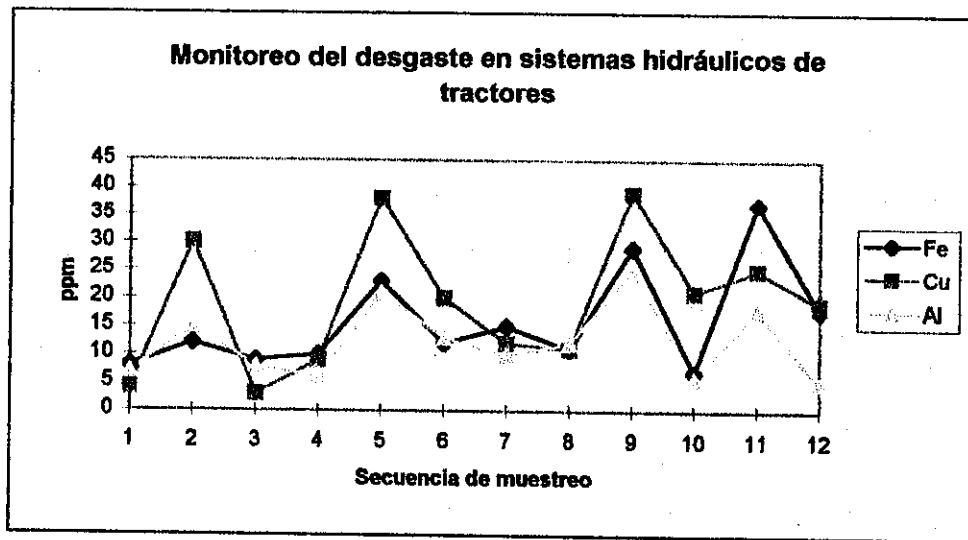
Para representar el desgaste y la contaminación analizados, se usan tablas y gráficas que representan los datos más relevantes de la investigación, enfocada a dichos sistemas mecánicos. Se utilizará una vez más la selección de los elementos metálicos cuya magnitud en la unidad de desgaste fue mayor, así como también se selecciona el principal o los principales elementos de contaminación presentes.

Las gráfica 34 y 35 muestran la organización de los datos de desgaste recolectados en sistemas hidráulicos y en la gráfica 36 los de mandos finales. La tabla XVIII da valores estadísticos importantes, como los son las medidas de tendencia central y otras. En esta sección como en la siguiente se utilizará el concepto del coeficiente de variación.

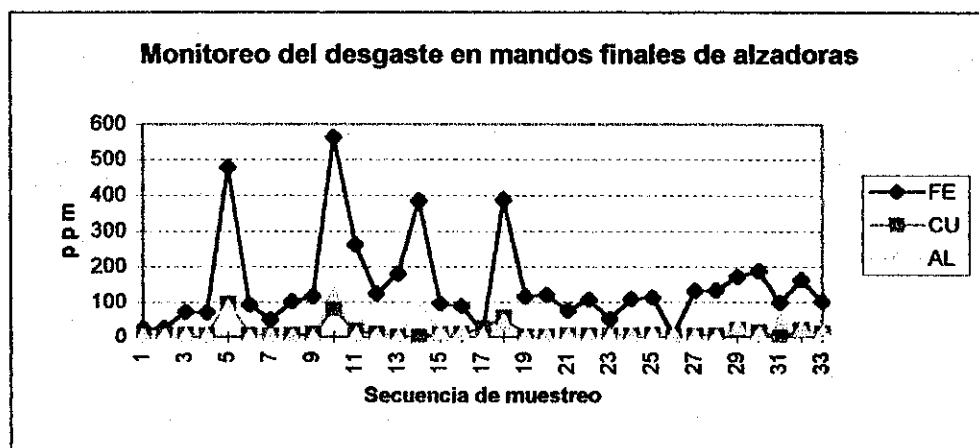
Gráfica34 Representación de los valores de las variables de desgaste en sistemas hidráulicos de alzadoras



Gráfica35 Representación de los valores de las variables de desgaste en sistemas centralizados de lubricación de tractores



Gráfica 36 Representación de los valores de las variables de desgaste en mandos finales de alzadoras



Los valores mostrados en las gráficas son la representación puntual del desgaste que experimentaron los principales elementos metálicos allí presentes, cada uno de ellos, están asociados a una fecha, a un determinado período de operación del sistema y a una marca de aceite, lo que permite observar la magnitud de dichos valores (los valores de los elementos metálicos) y compararlos con los valores guías de desgaste, dados en la tabla III. El tipo de aceite utilizado en los sistemas hidráulicos de alzadoras fue un ISO 100, para tractores SAE 15 W/30 y para mandos finales de alzadoras: SAE 80 W-90 y 85 W-140.

Vale la pena dar a conocer la diferencia entre el sistema hidráulico de Alzadoras y el de tractores; en el capítulo 2 se trató la información necesaria, que sobre sistemas hidráulicos se sabe. Generalmente un sistema hidráulico está formado por un depósito del fluido hidráulico, una bomba y accesorios del sistema, que es típico en los sistemas de alzadoras; a diferencia de las alzadoras, el sistema de los tractores, utiliza el aceite hidráulico no solo para accionar los accesorios, sino también, para lubricar otros sistemas mecánicos como lo

son la transmisión mecánica y los diferenciales. Por esta función, el sistema hidráulico de los tractores puede denominarse: *Sistema centralizado de lubricación -SCL-*.

Tabla XVIII Medidas de tendencia central y de distribución de los datos de desgaste y contaminación recolectados en la prueba con sistemas hidráulicos y mandos finales

<i>Elementos principales</i>	<i>Sistema hidráulico CAMECO</i>	<i>SCL John Deere</i>	<i>Mandos finales CAMECO</i>
Promedios:	(ppm)	(ppm)	(ppm)
Hierro	9.20	16	146
Cobre	2.2	19	14
Aluminio	-	6	17
Tierra	10.27	7	48
Modas:			
Hierro	4	16	117
Cobre	2	3	14
Aluminio	-	5	17
Tierra	8	8	6
Desviación S:			
Hierro	12.23	9.43	129.6
Cobre	1.5	11.7	21.71
Aluminio	-	1.21	30.00
Tierra	12.18	2.43	87.7
Variación Rel.:	(%)	(%)	(%)
Hierro	132.90	60.5	88.58
Cobre	66.98	62.8	152.6
Aluminio	-	20.1	180
Tierra	118.64	34.30	183.00

En la tabla anterior se dan los promedios de elementos metálicos desgastados y el promedio del contaminante principal para cada sistema mecánico, como resultado del monitoreo continuo; los promedios demuestran que los valores guía para metales y contaminación con tierra, dados en las tablas III y XII, no fueron superados, manteniendo los valores más repetidos representados por la moda, menores que los valores límite, previos a un estado anormal; por lo que dichos sistemas no sufrieron excesivas condiciones críticas de desgaste y contaminación. Las desviaciones estándar y variaciones relativas no son más que valores que representan el comportamiento de la muestra de datos con relación a los promedios obtenidos.

La gráfica 37 muestra el resumen de las condiciones de desgaste y contaminación, resultados que presentaron los sistemas mecánicos en cuestión hasta la última fecha en que se realizaron los análisis de aceite, además indica la ubicación general dentro de los estados normal, anormal y crítico de los sistemas mecánicos durante la investigación; de modo que estos valores (en %) son atribuidos a la contaminación con tierra.

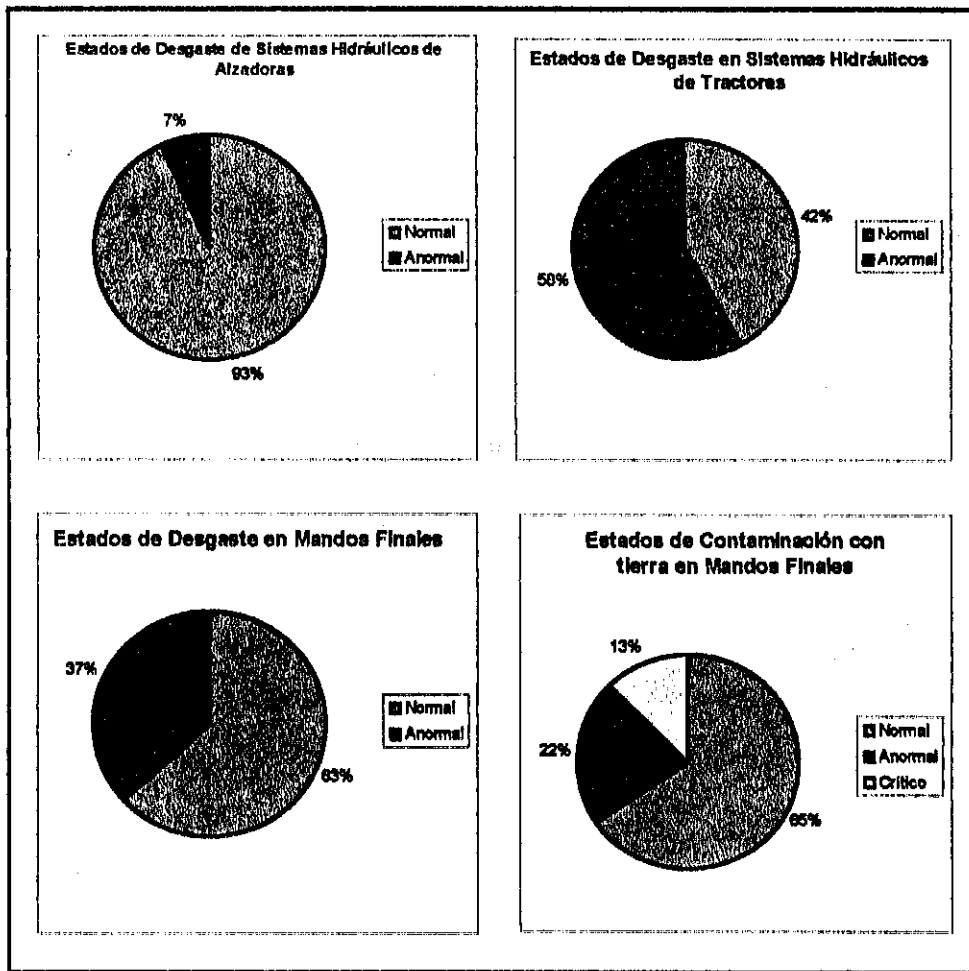
Los coeficientes de variación de desgaste y contaminación que se obtuvieron en esta prueba fueron: **sistemas hidráulicos de Alzadoras con 61.3% de Fe, 22.0% de Cu y 15.8% de tierra; sistemas centralizados de lubricación de tractores con 106.7% de Fe, 190.0% de Cu, 40.0% de Al y 10.8% de tierra; mandos finales con 30.7% de Fe, 35.8% de Cu, 85.0% de Al y 73.8% de tierra.** Estos coeficientes indican la proximidad y/o superación al promedio de los valores guía de los estados anormal y crítico (al 100%) de los elementos desgastados y contaminación con tierra; además proporcionan información útil para considerar acciones preventivas según sea la condición que represente dicho coeficiente, respecto al sistema mecánico.

Se puede observar en las gráficas anteriores que los metales expuestos son los elementos principales de desgaste; el contaminante principal es la tierra o sílice, debido a que los otros, resultaron insignificantes, además no todos los contaminantes expuestos en el capítulo anterior, pueden considerarse en este caso.

El problema de la contaminación con tierra es casi inevitable, debido a que los sistemas mencionados, son expuestos a lugares donde se opera en condiciones severas, esto hace que factores climáticos, la intemperie, fenómenos naturales comunes y no comunes (irregulares), afecten los sistemas al transcurrir el tiempo. Para considerar el problema e ir en busca de soluciones, se puede pensar en realizar actividades no comunes, como por ejemplo, adquirir los aceites en recipientes pequeños y ligeros, tal como cubetas en vez de los toneles regulares, aunque esta actividad represente un incremento en el costo de

adquisición, se estará contribuyendo a evitar la contaminación del aceite, lo cual también contamina a los sistemas mecánicos.

Gráfica 37 Resumen general de condiciones de desgaste y contaminación en sistemas hidráulicos y mandos finales



6. PRUEBAS PARA ACEITES LUBRICANTES EN SISTEMAS MECÁNICOS

Antes de iniciar este capítulo, se debe mencionar en que consiste una verdadera prueba de aceite, al menos de manera generalizada. En una prueba se debe considerar por lo menos tres factores, la fórmula y la base de aditivos que utilizan las empresas de lubricantes en su fabricación, el diseño de los sistemas mecánicos, consultando a los fabricantes de éstos y por último, la calidad de operadores de máquinas, que incluyen los sistemas mecánicos considerados en este trabajo.

Para la prueba ha describir en esta sección, se considera la fórmula que presentan los aceites en su marca respectiva (analizando los elementos del paquete de aditivos) y las condiciones de operación de los sistemas; por lo que se considera a ésta como una semi-prueba o prueba incompleta, puesto que para considerarla completa, se debería por ejemplo: en un motor diesel, después de que éste halla operado un determinado número de horas con una marca de aceite cualquiera, desmontar las piezas o mecanismos para hacer las mediciones debidas y observar la diferencia de éstas con las iniciales (cuando nuevos) y determinar dicha cantidad para representar el desgaste sufrido, repitiendo esta operación una y otra vez, empleando varios motores cada uno con una marca de aceite distinta; de esta forma se puede referir a una marca determina de aceite, como la que mejores lubricantes protectores posee, claro que se deben considerar el costo de dichos aceites y el trabajo de los operadores, sí esto influye o no en el incremento del desgaste en las piezas, de tal forma que, se hace la salvedad de que no se puede atribuir el incremento al desgaste de cualquier sistema mecánico a determinada marca de aceite, porque no se conoce cómo están las condiciones mecánicas (internas) del motor (podrían haber desperfectos de fábrica u otros) y la calidad de operación del equipo automotor (del operador o conductor), se supone que este factor es irrelevante en la empresa (el 90% o 95% son eficientes). Otra prueba en los lubricantes para sistemas hidráulicos, por ejemplo, es la prueba 35VQ25 de Vickers y la

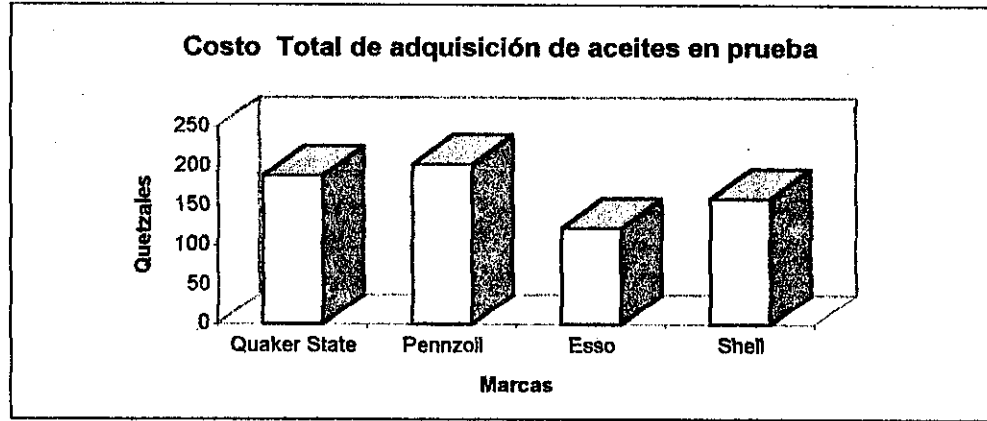
prueba ASTM método D-2882, con Bombas de Alabe. En lo que resta, se estará presentando el resultado en el análisis de lo que se ha considerado como una prueba de aceites incompleta.

6.1 Generalidades de aceites propuestos

Se seleccionaron para la prueba, algunas de las marcas conocidas quienes proponen sus mejores productos, puesto que se examinan en alguna forma. Las marcas involucradas fueron Esso, Quaker State, Shell y Pennzoil, con clasificaciones diversas de viscosidades para cada aplicación, cada uno de los productos fueron seleccionados técnicamente, mismos que se presentan en la tabla XIX.

Entre una marca y otra, es obvio que hay una diferencia considerable en cuanto al costo de adquisición de los productos, no importando esta condición, se trató de observar y experimentar si alguno de ellos cumplía mejor su función o todos permanecían equilibrados al respecto. En la gráfica 38 se muestra el costo total de adquisición de los productos por marca implicada, para abastecer el volumen total de lubricación de todos los sistemas mecánicos. Regularmente el motor Cummins necesita de 12 a 13 Gls; el motor Caterpillar, 4.5 a 5 Gls; el motor John Deere, 5 a 6 Gls; el sistema hidráulico de Alzadoras, 82 Gls, y 3 Gls para lubricar el número de mandos finales de éstas; para el sistema hidráulico de tractores, 17 a 20 Gls.

Gráfica 38 Costo total de utilización de aceites para la prueba, por marcas



La gráfica 39 nos da la variación de los costos de cada producto adquirido, por sistema.

Gráfica 39 Costos por galón de aceite de las distintas marcas para los sistemas mecánicos

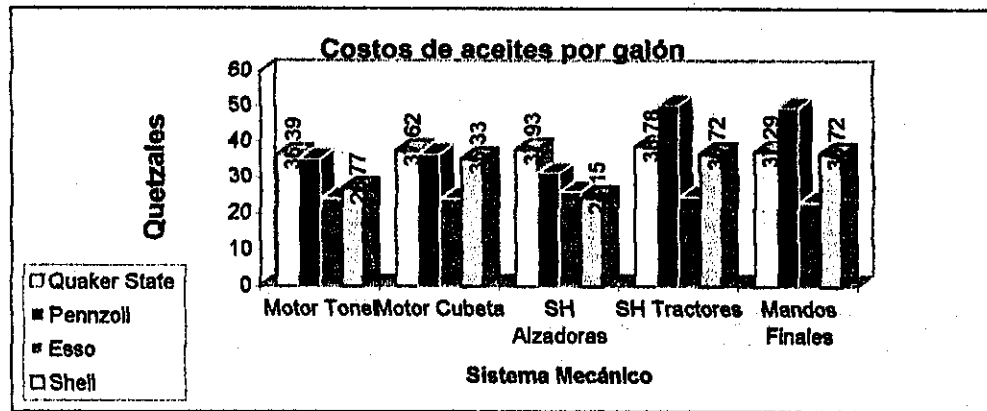


Tabla XIX Información técnica de los aceites en prueba y valores de aceites analizados en el laboratorio

Viscosidad SAE o ISO	INFORMACION DE ACEITES PARA PRUEBA							
Marcas	ESSO	SHELL	PENNZOIL	QUAKER STATE				
SAE 15 W - 40 para Motores								
Nombre Especificación	XD - 3 CF - 4		RIMULA X CF - 4		LONG LIFE CF - 4		HDX Universal Fleet CF - 4	
DATOS TECNICOS								
Pto. ignición °C	214.00		228.00		224.00		227.00	
Pto. fluidez °C	24.00		30.00		30.00		34.00	
Visc. Cinemática:								
a 100 °C en cSt.	16.00	14.86	14.20	14.83	16.00	16.00	14.23	14.86
IV	134.00		138.00		142.00		148.00	
TBN en mg KOH/g	8.00		10.00		8.00		8.00	
Cenizas sulf. % W	0.80				41.0		0.87	
SAE 80 W - 90 para Mandos finales								
Nombre Especificación	GEAR OIL GL - 8		SPIRAX HD GL - 8		GEAR PLUS GL - 8		H. PERFORMANCE GL - 8	
DATOS TECNICOS								
Pto. inflamación °C	208.00		188.00		210.00		207.00	
Visc. en cSt. a 100 °C	14.10	14.03	16.80	17.87	14.60	16.12	13.80	14.60
IV	95.00		106.00		95.00		103.00	
SAE 16 W/30 para Sistemas Hidráulicos Tractores John Deere								
Nombre Especificación	Torque Fluid 50 J20A H-G		Donax TD JEM-200		Hydra Trans J20G H-G		Tractor Trans. Fluid J20A/B H-G	
DATOS TECNICOS								
Pto. inflamación °C	200.00		202.00		204.00		218.00	
Pto. de fluidez °C	38.00		40.00		34.00		35.00	
Visc. a 100 °C	9.45	9.20	9.40	10.80	8.85	9.20	9.63	9.81
a 40 °C en cSt.	57.80		60.27		55.10		59.80	
IV	145.00		150.00		145.00		144.00	
ISO 100 para Sistemas Hidráulicos de Alzavaca de cañ 8P-1800								
Nombre Especificación	Nuto H 26VQ25		Tellus Vikem ETM-8		Pennzoil AW 38VQ25		TC - 4 38VQ25	
DATOS TECNICOS								
Pto. Fluidez °C	10.00		24.00		14.00		18.00	
Pto. inflamación °C	232.00		260.00		238.00		243.00	
Visc. a 40 °C	92.80		100.00	99.82	103.00		107.40	
a 100 °C en cSt.	10.60	11.13	11.80	11.78	11.40	11.78	11.60	11.72
IV	87.00		102.00	108.00	101.00		100.00	
No. negro = Datos tomados de manuales de lubricación.								
No. resultados = Datos tomados de análisis de aceites en uso, hechos en el laboratorio de lubricantes.								

En las gráficas anteriores se puede observar que el costo de adquisición total más elevado fue el que produjo la marca Pennzoil; es evidente que los productos de las marcas

estadounidenses (Quaker S. y Pennzoil), elevan más el Costo que los fabricados en el país, sin embargo, la diferencia es mínima entre las propiedades físicas y químicas; como lo muestra la tabla XIX. Además se observa en la gráfica 39, que el costo por galón de aceites presentado en cubetas, es más elevado que el presentado en tonel; por ejemplo, en lo que a aceite de motor se refiere, existe un incremento del 3.4%, en el precio del galón de aceite Quaker State en cubeta que en tonel, mientras que Shell presenta un incremento del 32% en una situación similar, lo que hace más cara la adquisición de los aceites Shell en esta presentación, que las otras marcas. Se consideró para la prueba, la necesidad de hacer adquisiciones en cubetas, debido ha que ésta es más ligera y fácil de transportar, y es lo más recomendable para proteger los aceites de la contaminación, especialmente en los lugares de trabajo, fuera del taller, donde es necesario el almacenamiento de reservas de aceite para los servicios preventivos que se programan. Los aceites fueron distribuidos en los departamentos de servicio mayor, servicio rápido y maquinaria, con presentaciones en tonel; en los Furgones y Fuleadores se emplearon cubetas – más que toneles – para los servicios de maquinaria necesarios en los frentes de cosecha.

Extender horas en los servicios preventivos, controlando los aceites por medio de análisis en laboratorios, resulta un tanto difícil; debido a la presencia de contaminantes, no pueden

**Extensiones de
períodos**
Control de aditivos
Viscosidad objetiva
Oxidación
Nitración
Sulfatación
Control de desgaste

incrementarse demasiadas horas. Extender horas puede significar un ahorro significativo en lubricantes y filtros, ya que son los elementos que se consideran en cada servicio, pero extender horas, también significa más desgaste. Factores como control de estabilidad en aditivos del lubricante, equilibrio en la viscosidad objetiva de los aceites, por ejemplo los mostrados en la tabla XX, equilibrada contaminación por

oxidación, nitración, sulfatación y un mantenimiento bajo en los niveles de desgaste, son esenciales a considerar si se quiere experimentar con extensiones de cambios de aceite. Sin embargo, lo que resta de esta sección, hablará sobre estos factores de manera detallada.

Tabla XX Viscosidades objetivo o ideales en los aceites de motor diesel SAE 15 W-40

Nombre	Marca	Visc. Mínima a 100 °C en cSt	Visc. Objetiva a 100 °C en cSt	Visc. Máxima a 100 °C en cSt
Rimula X	Shell	12.78	14.2	17.04
Long Life	Pennzoil	13.5	15	18
Essolube XD-3	Esso	13.5	15	18
HDX Universal F	Quaker State	12.81	14.23	17.02

Las viscosidades mínima y máxima de la tabla anterior, sirven para saber cuando un aceite debe ser reemplazado, puesto que los valores de viscosidades cercanas a éstas, ya no representan protección contra el desgaste; la viscosidad objetiva representa el valor ideal en el que todo aceite cumple su función con eficiencia.

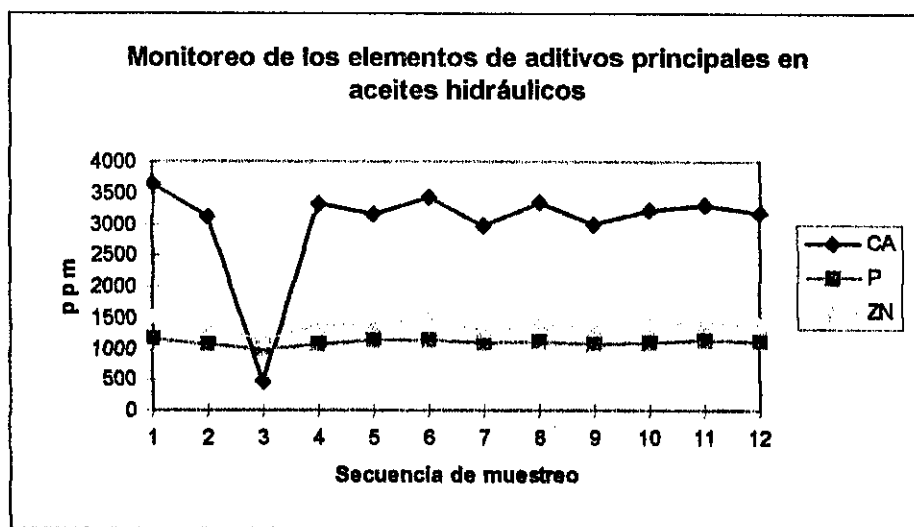
Resulta interesante saber que los elementos de aditivos más relevantes fueron el Fósforo y Zinc en aceites hidráulicos de alzadoras y mandos finales; fósforo zinc y calcio en aceites para motores diesel y SCL de tractores, elementos que representan a los aditivos antidesgaste/antioxidante y dispersantes/detergentes respectivamente. La Gráfica 40 muestra la secuencia de valores recolectados durante el monitoreo de los elementos aditivos.

Según la tabla V del capítulo tres, los elementos de aditivos mencionados fueron los que permanecieron más estables, debido a que el promedio de sus valores permanece cercano a los valores comunes que presentan dichos elementos en la tabla.

6.2 Análisis de irregularidad de los aceites

Anteriormente se mencionó que un aceite *no puede ser eterno*. La irregularidad de los aceites a medir es prácticamente la que tiene que ver con aumentos o disminuciones de viscosidad y la contaminación química presente.

Gráfica 40 Monitoreo de los elementos aditivos principales en aceites para sistemas hidráulicos de tractores

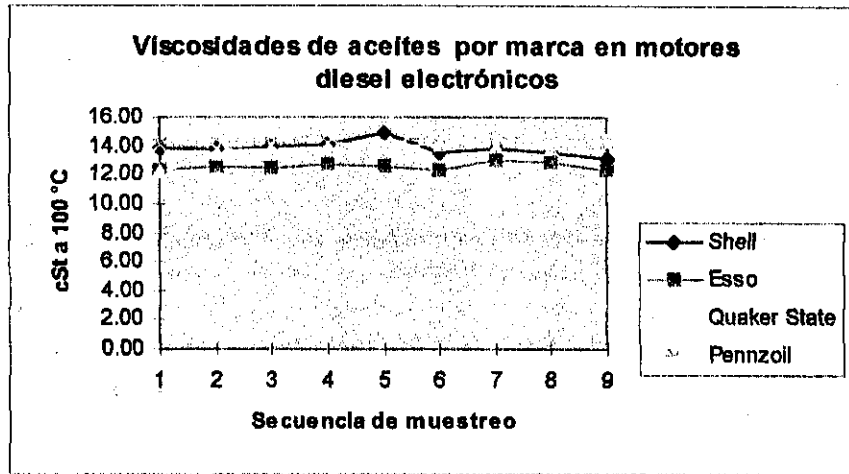


Los valores que resultan más importantes, en el análisis de irregularidad, según la aplicación, por marca de aceite involucrada, para lubricar o transmitir potencia a los sistemas mecánicos en este caso, se presentan en la siguiente sección.

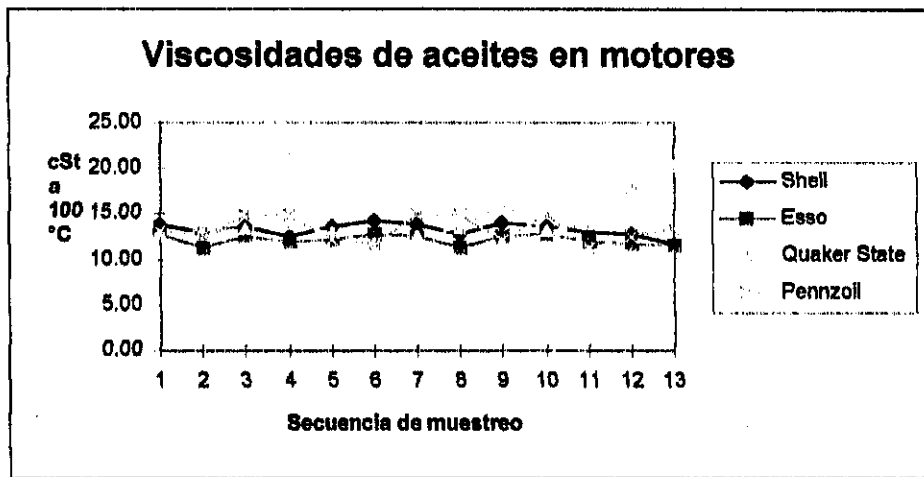
6.2.1 Viscosidades

Las viscosidades son medidas a 40 °C para aceites hidráulicos y a 100 °C para aceites de motor y mandos finales, en los laboratorios. A continuación se consideran las variaciones de éstas por sistema.

Gráfica 41 Viscosidades por marca en motores electrónicos en la prueba



Gráfica 42 Viscosidades en aceites de motores diesel convencionales



En las gráficas anteriores se puede observar la tendencia de las viscosidades para cada secuencia de análisis, ya que ésta tiene asignaciones de fechas por cada muestra. La gráfica 31 muestra las viscosidades en motores electrónicos, los cuales operan en condiciones severas; en la gráfica 32 se muestran las viscosidades de los motores onvencionales; los

convencionales que utilizaron aceites de Esso y Shell, operan en condiciones favorables, factor que influye mucho en el análisis.

La tabla XXI nos da un resumen de los datos más importantes de la viscosidad de los aceites, presentando medidas de tendencia central y de dispersión de la muestra de datos que comparándolos con la tabla XVIII y XIX se puede deducir cual de las marcas de aceites mantuvo (según los promedios) la viscosidad a un nivel estable (no excesivamente degradada) a pesar del uso con respecto a la que presenta en la formulación inicial (cuando nuevo). Una vez más, los desviaciones estándar y variaciones relativas indican como se distribuye la muestra de los datos monitoreados con relación a los valores promedios. En las conclusiones finales se puede observar el uso que se le da a los valores de las tablas tratadas en este trabajo.

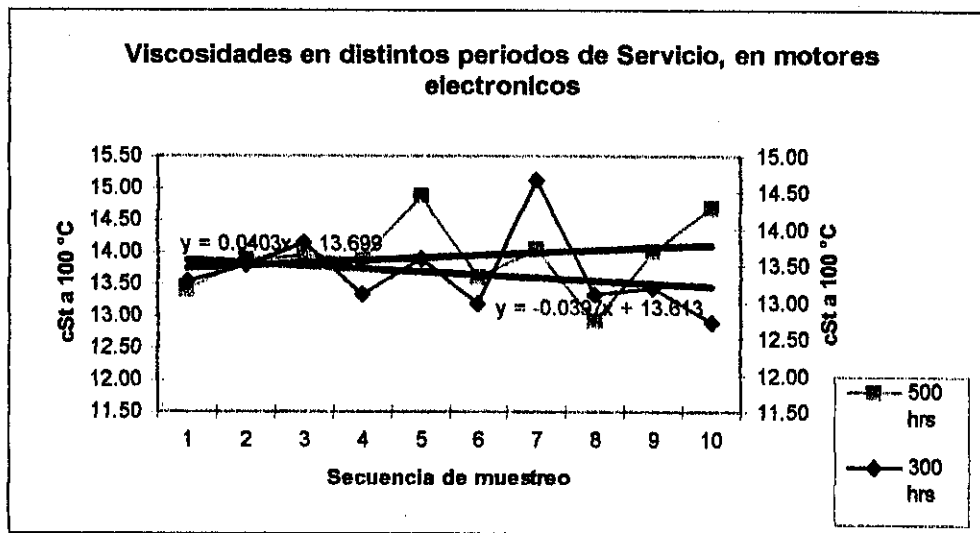
Tabla XXI Medidas de tendencia central y de dispersión de los datos de viscosidades obtenidos en el análisis de aceites por sistemas mecánicos

Medidas	ESSO	SHELL	QUAKER STATE	PENNZOIL
M. CONVENCIONALES:				
Promedio	12.10	13.14	14.18	13.19
Desviación S.	0.56	0.80	2.31	1.44
Variación rel.	4.62%	6.12%	16.29%	10.88%
M. ELECTRONICOS:				
Promedio	12.55	13.85	13.72	14.28
Desviación S.	0.25	0.48	0.63	0.28
Variación rel.	2.01%	3.43%	4.62%	1.93%
SH. ALZADORAS:				
Promedio	97.37	99.96	95.98	-
Desviación S.	1.52	1.09	1.20	-
Variación rel.	1.56%	1.09%	1.25%	-
SH. TRACTORES:				
Promedio	-	51.15	48.91	46.21
Desviación S.	-	1.41	1.28	1.08
Variación rel.	-	2.76%	2.62%	2.34
MANDOS FINALES:				
Promedio	22.25	-	14.73	13.01
Desviación S.	6.97	-	0.67	3.53
Variación rel.	31.32%	-	4.57%	27.17%

Las unidades con que fueron medidas las viscosidades y los grados de temperatura a los que se midieron, son los mismos que se presentan en la tabla XVIII; en la prueba para mandos finales fue necesario hacer una variante, puesto que la viscosidad de los aceites Esso, SAE 85 W-140, la cual se compara con un SAE 80 W-90 de las otras marcas. Como podemos ver, la diferencia entre las medidas principales presentadas en la tabla XXI no son tan marcadas.

Si las viscosidades anteriores son representativas de 250 y 500 hrs entre servicios de motores diesel y sus valores permanecen cercanos a los valores objetivo, significa que las viscosidades se degradarán posiblemente en un período mayor que 500 hrs, pero como se hizo ver anteriormente, la contaminación es un factor importante a considerar; se observa lo que sucedió en este caso, al hacer énfasis en la prueba de 300 - 500 hrs de servicios preventivos, descrita en el capítulo cuatro referente a los motores electrónicos. La gráfica 33 muestra como se distribuyeron las viscosidades durante esta prueba. Se aclara que en estos datos, están incluidas todas las marca de aceite involucradas en la prueba y otras más (Chevron y Texaco).

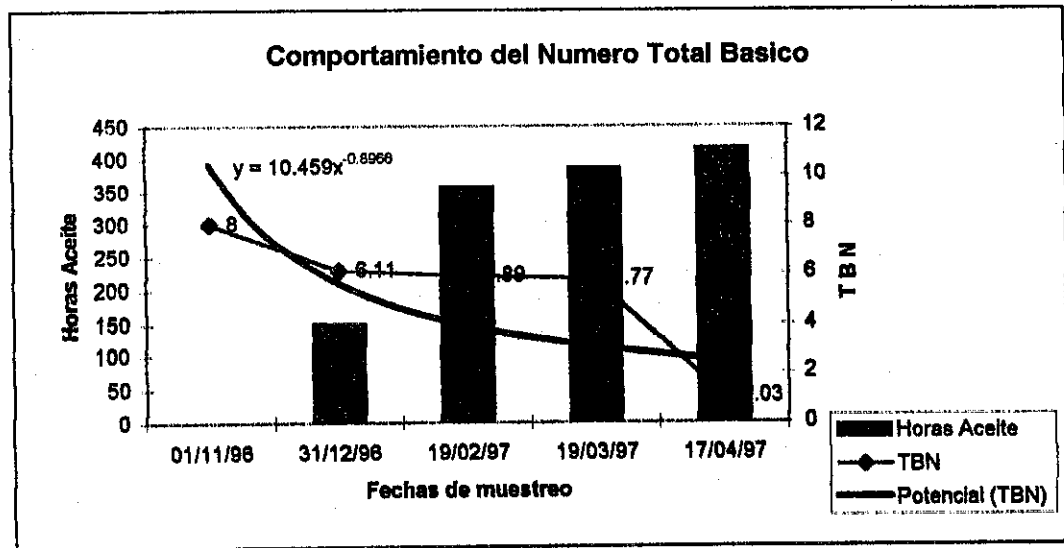
Gráfica 43 Comparación de la viscosidad en aceites de motor, en relación a sus tiempos de cambio de aceite



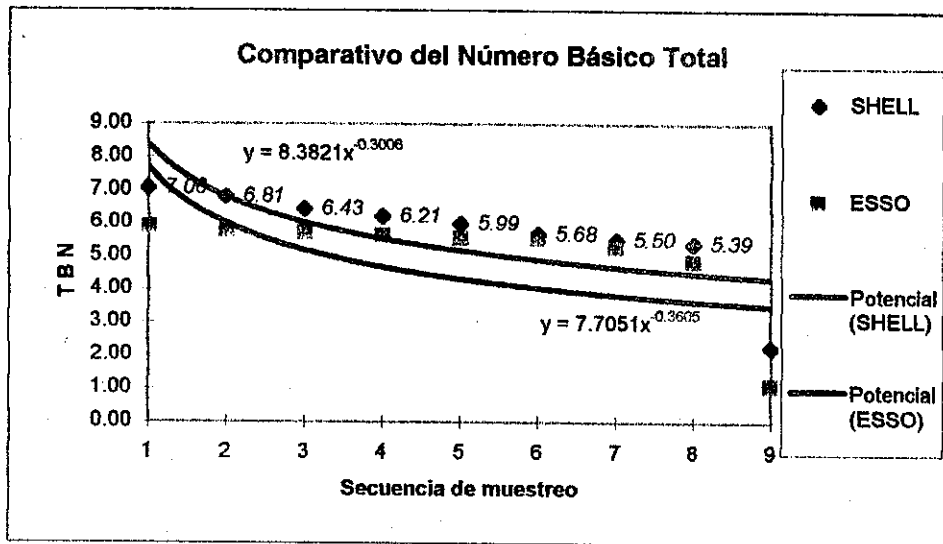
Las viscosidades de aceites, de la gráfica anterior fueron tomadas de análisis cuyos valores resultaron en Estado *Normal* para los motores que los utilizaban, en otras palabras, desgaste, contaminación e irregularidad del lubricante, en Verde; también se observa que las ecuaciones de las curvas ajustadas son casi iguales, lo que nos asegura que sus promedios también lo son y que se mantienen en límites cercanos a los valores objetivos.

Un aspecto importante en el análisis de irregularidad del aceite de motor, es la medición del TBN; se observa la comparación gráfica entre dos marcas de aceite, la primera muestra como se comporta el TBN frente a las horas que opera regularmente un aceite, antes de que éste sea cambiado por uno sin uso (gráfica 34); la otra (gráfica 35), muestra el comparativo del TBN entre las marcas analizadas.

Gráfica 44 Comportamiento del TBN del Essolube XD-3 15 w-40 de ESSO, durante su uso en motores electrónicos.



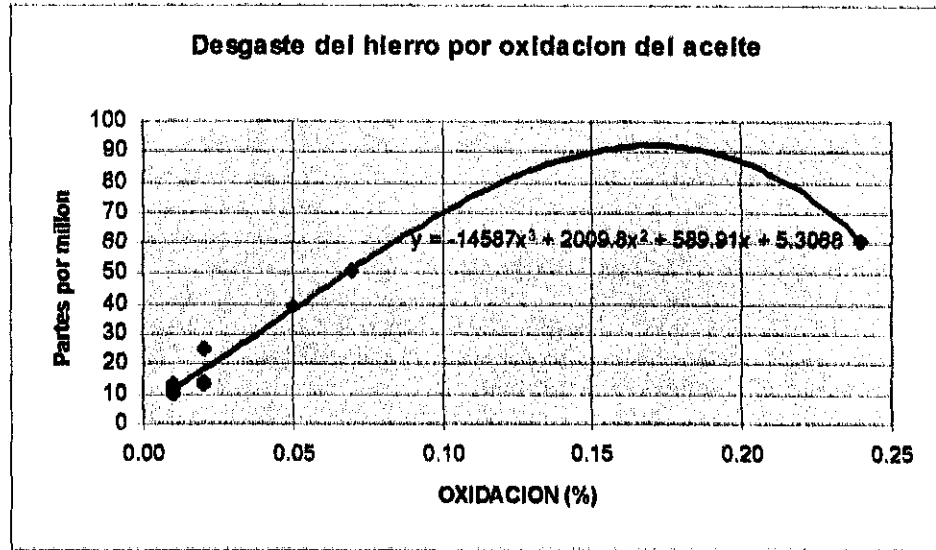
Gráfica 45 Comparativo del TBN de aceites Shell y Esso para motores diesel



Las gráficas anteriores demuestran que el TBN de todo aceite de motor, tiende a disminuir conforme el uso de los mismos porque éste se oxida, debido a los ácidos que se producen dentro del motor.

¿Qué produce la oxidación, la nitración y la sulfatación en los aceites de motor y cómo afectan éstos al motor con relación al desgaste? Esta claro que oxidación, nitración y sulfatación son factores de la contaminación química (*Los valores guías para Oxidación, Nitración y Sulfatación son: 0.20% (anormal) y 0.40% (crítico)*) que sufre el aceite de motor; pero el aceite contaminado, puede repercutir en el desgaste de las piezas mecánicas que forman un motor diesel. En la gráfica 36 se muestra un ejemplo del efecto de la contaminación química en el desgaste de un elemento principal; también estos factores tienen sus valores guías a los que se puede hacer referencia al emplear programas de análisis de aceites.

Gráfica 46 Desgaste del hierro en motores electrónicos por oxidación del aceite HDX de Quaker State



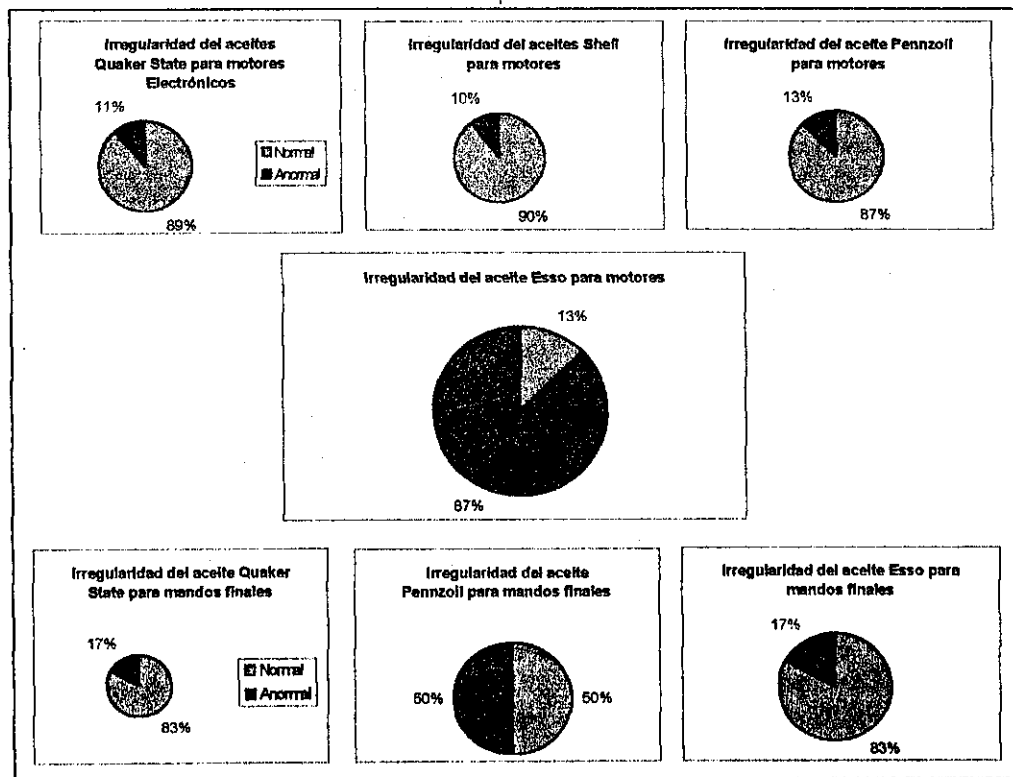
Los efectos de la contaminación química en el desgaste de los otros elementos metálicos, pueden presentarse de manera similar a la expuesta en la Gráfica 29; la cual también resulta significativa para toda marca de aceites de motor, porque la oxidación y los contaminantes químicos dependen de los factores que los provocan, tales como agua, aire, azufre, etc. que contaminan los aceites conforme el uso prolongado de los mismos.

La tabla XXII da los valores representativos de análisis de irregularidad por Oxidación, Nitración y sulfatación, resultantes en las pruebas, para cada marca involucrada.

Tabla XXII Medidas importantes de contaminación química en aceites de motor, por marcas registradas de aceites

<i>Motores</i>	<i>Medidas</i>	<i>QUAKER</i>			
		<i>ESSO</i>	<i>SHELL</i>	<i>STATE</i>	<i>PENNZOIL</i>
<i>Convencionales a 500 hrs</i>	OXIDACIÓN %				
	Promedio	0.06	0.05	0.14	0.08
	Desviación S.	0.02	0.01	0.19	0.08
	Variación Rel.	25.98	15.71	130.02	107.29
	NITRACIÓN %				
	Promedio	0.05	0.05	0.10	0.08
	Desviación S.	0.03	0.01	0.10	0.03
	Variación Rel.	72.56	15.71	93.73	43.93
	SULFATACIÓN %				
	Promedio	0.09	0.08	0.12	0.13
	Desviación S.	0.05	0.02	0.11	0.09
	Variación Rel.	53.63	28.28	90.39	73.24
<i>Convencionales a 250 hrs</i>	OXIDACIÓN %				
	Promedio	0.06	0.07	0.03	0.05
	Desviación S.	0.02	0.05	0.02	0.02
	Variación Rel.	26.35	71.90	47.20	46.19
	NITRACIÓN %				
	Promedio	0.04	0.07	0.06	0.05
	Desviación S.	0.03	0.05	0.03	0.02
	Variación Rel.	61.63	68.50	58.13	40.09
	SULFATACIÓN %				
	Promedio	0.09	0.12	0.03	0.12
	Desviación S.	0.04	0.07	0.03	0.04
	Variación Rel.	47.13	55.52	93.54	35.36
<i>Electrónicos</i>	OXIDACIÓN %				
	Promedio	0.08	0.05	0.05	0.08
	Desviación S.	0.06	0.03	0.07	0.06
	Variación Rel.	66.54	49.35	148.32	71.03
	NITRACIÓN %				
	Promedio	0.03	0.04	0.04	0.05
	Desviación S.	0.03	0.02	0.02	0.03
	Variación Rel.	101.38	45.52	55.26	53.63
	SULFATACIÓN %				
	Promedio	0.09	0.08	0.04	0.12
	Desviación S.	0.05	0.06	0.05	0.06
	Variación Rel.	51.92	66.54	132.29	49.41

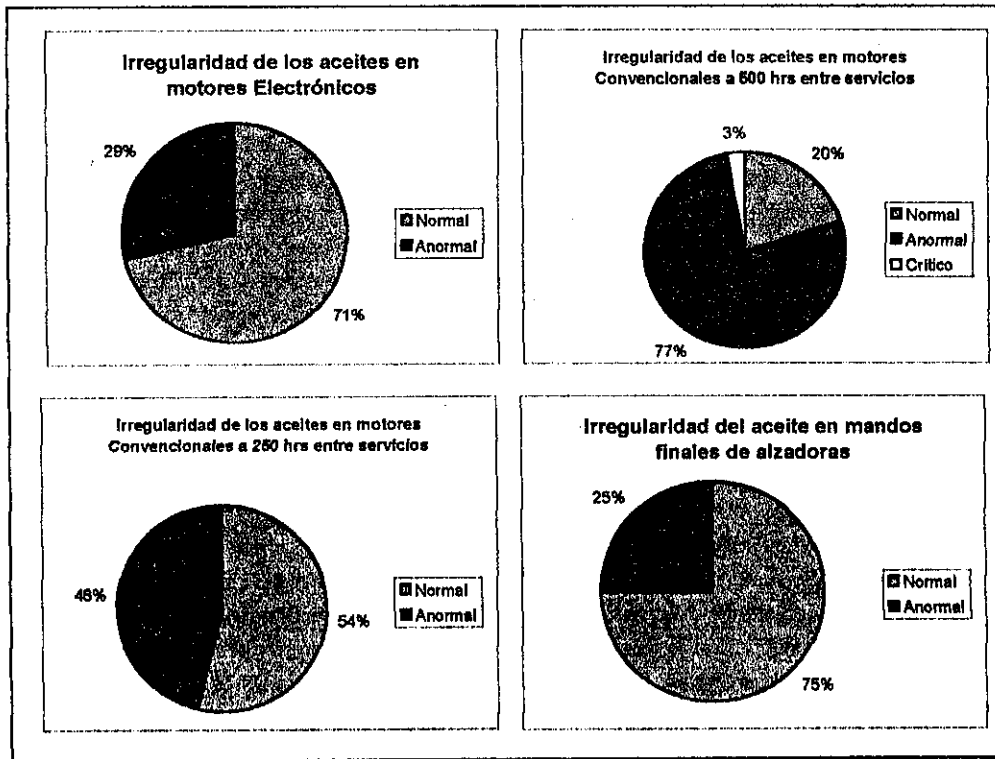
Gráfica 47 Resumen de irregularidad de las marcas de aceites en los sistemas mecánicos



La gráfica anterior muestra un resumen del comportamiento de irregularidad de los aceites por marca; lo más común es que las condiciones varíen dependiendo de las viscosidades y contaminación química, por ejemplo, el aceite de motor Esso permaneció en estado anormal debido a que su viscosidad se mantuvo por debajo del valor mínimo dado en la tabla XIV. En mandos finales, Quaker State (80 W-90) produjo una igualdad en porcentajes de estados con Esso (85 W-140), sin importar que fueran de viscosidad SAE distinta y superó aún, los porcentajes de estados de Pennzoil, cuando éstos eran de la misma viscosidad SAE. Todas las marcas de aceites permanecieron en estado normal en los sistemas hidráulicos, de tal forma que no hubo diferencia.

La gráfica 38 representa el resumen general de los estados de irregularidad de los aceites, en los sistemas mecánicos considerados.

Gráfica 48 Resumen general de Irregularidad de los aceites en los sistemas mecánicos



6.2.2 Análisis de los elementos en aditivos

La parte de analizar aceites relacionada con el control de elementos aditivos de los aceites de motor diesel, demuestra que cada una de las marcas está específicamente formulada, según aspectos que interesan cubrir, de acuerdo a los criterios que manejan los fabricantes de lubricantes; puesto que algunos fabricantes pueden proyectar su producto, a mantener más limpio el motor, otros por ejemplo, brindar más protección al desgaste, neutralizar más los ácidos, prevenir más la oxidación, etc. El caso es que en esta sección, se analizan los resultados de las muestras con relación a las marcas que fabrican aceites.

Seleccionando los aditivos antidesgaste/antioxidante y los detergentes/dispersantes y haciendo referencia en la información mostrada en el recuadro sobre los valores de referencia, que como mínimo deben tener los elementos B, Mg, Ca, Zn y P en los aceites de motor, para que éstos puedan ser admitidos en el campo de lubricación automotriz.

La tabla XXIII muestra valores de los elementos para los aditivos detergentes/dispersantes, conformados con B, Mg y Ca; Además, la tabla XXIV da los valores para aditivos antidesgaste/antioxidantes conformados por los elementos P y Zn, básicamente.

Valores guía	
Boro	15 ppm
Magnesio	265 ppm
Calcio	2200 ppm
Zinc	1200 ppm
Fósforo	1100 ppm

Tabla XXIII Medidas de tendencia central y de dispersión de los elementos del aditivo detergente/dispersante por marca

Marcas	Quaker State	Pennzoil	Esso	Shell
Boro:	ppm	ppm	ppm	ppm
promedio	269.6	263.9	248.9	53.1
Desviación S	112.2	80.6	62.2	94.4
Variación relativa	0.42%	0.3%	0.25%	1.8
Magnesio:				
promedio	1030.2	38.5	1084.1	61.9
Desviación S	158.0	32.8	39.0	29.8
Variación relativa	0.15%	0.9%	0.04%	0.5%
Calcio:				
promedio	611.4	2269.0	484.4	2708.0
Desviación S	270.9	150.5	13.5	314.5
Variación relativa	0.44%	0.07%	0.03	0.12%

Tabla XXIV Medidas de tendencia central y de dispersión de los elementos del aditivo antidesgaste/antioxidante por marca

Marcas	Quaker State	Pennzoil	Esso	Shell
Zinc:	ppm	ppm	ppm	ppm
Promedio	1175.9	1267.4	1145.5	1089.2
Desviación S.	63.7	75.5	44.0	144.8
Variación rel.	0.05%	0.06%	0.04%	0.13%
Fósforo:				
promedio	983.8	995.4	181.3	869.2
Desviación S.	26.9	57.6	486.3	99.4
Variación rel.	0.03%	0.06	0.41%	0.11%

Los resultados demuestran que las marcas están formulados a base de: aceites Esso, con más boro y magnesio que calcio en detergentes/dispersantes, con una relativa disminución en el nivel de antidesgaste/antioxidante. Aceites Shell, con más B y Ca que Mg con una relativa disminución en el nivel de antidesgaste/antioxidante. Quaker State con más B y Mg que Ca y aceites Pennzoil con más B y Ca que Mg, ambas marcas mantienen una mínima diferencia en el nivel de antidesgaste/antioxidante con relación a los valores de referencia.

Esto permite agrupar a: ESSO con QUAKER STATE y SHELL con PENNZOIL, básicamente como formulados de igual manera, puesto que es obvio que la combinación del B con otro elemento aditivo es la base de los aditivos detergentes/dispersantes y P y Zn permanecen constantes como requisito para los aditivos antidesgaste/antioxidante.

Se supone que el promedio de los valores promedios analizados de los elementos aditivos, expuestos en las tablas anteriores, se mantiene por arriba del promedio de los valores de referencia para dichos aditivos, entonces se puede argumentar que determinada marca mantiene una buena estabilidad química en sus aditivos detergentes/dispersantes y antidesgaste/antioxidante, con relación al uso del aceite y con base a las partes por millón que un aceite nuevo debe tener (valores de referencia); por lo que esto podría ser una

alternativa para medir la calidad de un tipo y marca de lubricante, tal como se muestra en la tabla XXV para aceites de motor.

Tabla XXV Comparación de los valores analizados en aditivos con los valores guía, en partes por millón (ppm)

		<i>Deter/disper</i>	<i>A-desg/A-oxid</i>	<i>TOTAL</i>
	<i>Promedio de valores de guía</i>	826.7	1150	1976.7
<i>Promedio de promedios de valores aditivos por marca</i>	Quaker State	Pennzoil	Esso	Shell
<i>Deter/disper</i>	637.1	857.1	605.8	941.0
<i>A-desg/A-oxid</i>	1079.8	1131.4	1163.4	979.2
TOTALES	1716.9	1988.5	1769.2	1920.2

La muestra de datos de los valores obtenidos en la tabla anterior, es de los resultados obtenidos en el laboratorio, los cuales pertenecen a un grupo de motores Cummins Celec, de clasificación: *electrónicos*. Los valores anteriores sugieren suponer que los aceites de motor de Shell poseen mejores aditivos Detergentes/dispersantes comparado con las otras marcas; por su lado, los aceites Esso poseen mejores aditivos Antidesgaste/antioxidante que los demás aceites.

Globalmente, los aceites Pennzoil están 3.4% por arriba de Shell, 11.0% de Esso, 13.6% de Quaker State y 0.59% por arriba del promedio de los valores de referencia de aditivos para aceites de motor. Por tanto, los aditivos de aceites Pennzoil, pueden considerarse como más estables con relación a sus funciones de protección y limpieza en motores diesel.

CONCLUSIONES

1. El desarrollo de programas de análisis de aceites y pruebas con diferentes marcas de aceite, utilizando el laboratorio de lubricantes, resulta ser una herramienta útil para diagnosticar el estado operativo de los sistemas mecánicos, ya que, a través de éstos, se tiene una técnica de control eficaz para registrar (en hrs, km, millas, etc.) la condición de operación del sistema y la calidad de fabricación del aceite; los cuales son importantes para la ejecución de los planes de mantenimiento preventivo de la empresa.
2. En el análisis de desgaste en motores diesel Cummins convencionales y electrónicos, los resultados fueron: 87 ppm de hierro, 24 ppm de plomo, 10 ppm de cobre y 13 ppm de aluminio. Las partes que están compuestas por estos elementos son: de hierro: cilindros, engranajes, cigüeñal y eje de levas; de plomo: cojinetes; de cobre: bujes, cojinetes y válvula de admisión; y de aluminio: pistones, cojinetes, bujes y cojinetes de bomba de aceite; según esto, las partes más afectadas son las que están construidas con hierro, por lo que se debe enfatizar especialmente en el monitoreo de los valores de dicho elemento, con relación a los valores guía (tabla VII).
3. El desgaste del elemento hierro en los motores electrónicos fue del 37% y en los motores convencionales, 60%; según los análisis, la razón por la cual los motores electrónicos presentaron 23% menos desgaste que los convencionales, se debe a que los convencionales fueron contaminados con carbonilla (se

produce debido a una mezcla con mayor contenido de combustible que aire) y dilución con combustible (presencia de combustible en el aceite), mientras que los electrónicos únicamente presentaron dilución con combustible; situación provocada por falta de mantenimiento.

4. El período de lubricación a 1,500 hrs de operación para sistemas hidráulicos y mandos finales de alzadoras, es un período confiable, ya que los análisis de desgaste, contaminación e irregularidad del lubricante, ubican porcentualmente a dichos sistemas en estados (físicos o químicos) más *normales* que *anormales*.
5. El período de servicios preventivos a 250 hrs de operación en motores diesel Caterpillar y John Deere, es eficiente ya que los valores promedio de desgaste y contaminación presentaron estados *normales*.
6. Los programas de mantenimiento preventivo no se cumplen exactamente en la empresa, provocando atrasos en las actividades de lubricación para los sistemas mecánicos; por tal razón, fue necesario realizar pruebas de aceite en motores diesel Cummins electrónicos, con 300 y 500 hrs de operación, llevando a cabo análisis físicos y químicos de los aceites en un laboratorio, los resultados fueron: 33% menos desgaste de las partes (componentes) a 300 hrs; sin embargo, el desgaste de las partes a 500 hrs no refleja un mal estado (*anormal o crítico*); por lo que, los factores decisivos para estandarizar los períodos de lubricación (optimización) son: el costo de lubricantes y filtros y el costo de horas al overhaul de los motores.

7. La calidad de los aceites involucrados, se ~~con~~ considera aceptable en cuanto a protección de los sistemas mecánicos, ante ~~las~~ condiciones de trabajo a los cuales son sometidos, según los periodos de lubricación destinados para cada sistema. En cuanto a viscosidad, de las cuatro marcas involucradas, una de ellas presentó inestabilidad (estado *anormal* en el análisis de irregularidad del lubricante), situación que se ve reflejada en el valor promedio de la viscosidad de dicho aceite (específicamente, aceite de motor) cuyo valor es 1.2 cSt (a 100°C) por debajo del valor de viscosidad mínima (tabla XX). Esta situación da lugar a que el sistema presente un desgaste de mayor magnitud que puede ocasionar desperfectos mecánicos.
8. Dentro de las marcas y tipos de aceites, existen unos que han sido formulados para proveer más protección a los sistemas mecánicos que otros; por lo que el ingeniero de mantenimiento, debe tomar la decisión correcta en cuanto a la adquisición de la(s) marca(s) de aceite (sin importar el costo) que provea(n) la mejor protección; para ello, debe basarse en el tiempo de operación y condiciones de trabajo de los sistemas, con el objeto de incrementar la vida útil de éstos.
9. Los factores contaminantes que causaron el desgaste de los elementos: hierro, cobre y aluminio fueron: dilución con combustible y carbonilla, en el sistema motor diesel; tierra o sílice, en los sistemas hidráulico y mandos finales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al personal administrativo y operativo de talleres, maquinaria y transporte (TMT) del ingenio Concepción:

- 1) Organizar una prueba de aceites para motor, según lo establecido en esta investigación; estandarizando la prueba a 750 hrs sin cambio de aceite, tomando muestras de éste cada 150 hrs, para observar el comportamiento del TBN y rendimiento de los aceites, según el costo del galón por hora operada, analizando al final de ésta, promedios de desgaste, promedios de contaminantes y promedios de viscosidad en cSt a 40°C, para conocer el límite de horas, en que se puede experimentar con extensiones en el uso de los aceites, comparado con el período normal de servicios preventivos.
- 2) Utilizar los promedios de los valores guía de desgaste para las condiciones *anormal y crítico* (tablas III y VII), como valores estándar, sin sobrepasarlos; para que los sistemas mecánicos sean controlados con efectividad, procurando mantener a éstos bajo los valores límites de *anormalidad* (tabla XII) de los contaminantes: carbonilla, dilución con combustible, tierra, etc. Así también, deberán cumplir con exactitud, los períodos normalizados de mantenimiento preventivo, aplicados a los sistemas (motor diesel, s. hidráulicos y mandos finales).
- 3) Llevar a cabo análisis de las relaciones desgaste – contaminación (considerando sus promedios), con los promedios estandarizados de valores

guía, para un mejor control, de modo que se pueda reflejar porcentualmente la diferencia entre los valores de dichas relaciones. Por ejemplo: si se tiene un promedio de 100 ppm de hierro en cinco análisis de desgaste, en un motor diesel y sabiendo que el promedio de valores guía (*anormal y crítico*) para el desgaste de hierro es 97.5 ppm (tabla VII), la operación (Promedio de análisis/Promedio de valores guía * 100) da como resultado un 107.7% de desgaste de hierro; ésto indica que se ha iniciado un período de deterioro del 7.7% en las partes del motor aleadas con hierro.

- 4) Estandarizar valores guía que reflejen el desgaste de los elementos metálicos (como los de la tabla VII), para cada marca y modelo de motores diesel, de modo que, se pueda determinar la tendencia de valores de desgaste (aplicados a la operación de éstos en la Empresa), a través de un programa de análisis de aceite.
- 5) Continuar con la aplicación de aceites SAE 15 W-40 CF-4 o CG-4 en motores diesel, aceites SAE 15 W-30 J20A o J20C en sistemas centralizados de lubricación de tractores, aceites ISO 100 en sistemas hidráulicos de alzadoras de caña y aceites SAE 85 W-140 GL-5 para mandos finales; con el uso de estos aceites se estará garantizando un equilibrio normal en la vida útil del sistema.
- 6) Continuar con los servicios preventivos a 1,500 hrs para sistemas hidráulicos y mandos finales de alzadoras, y un período de 1,000 hrs para sistemas centralizados de lubricación (SCL) de tractores.

- 7) Efectuar un programa de análisis de aceites, aplicando servicios preventivos a 400 hrs de operación, en motores diesel Cummins. Con esto obtendrán un ahorro en consumo de aceites del 31% comparado con un servicio a 300 hrs, un ahorro del 37% en el costo de overhaul, comparado con un servicio a 500 hrs y se harán overhaul a 12 000 hrs de operación aproximadamente.
- 8) Realizar muestreos de aceite a 200 hrs y utilizar las relaciones de desgaste en función de la contaminación (Tabla XVI), para saber cómo un contaminante está o estará influyendo en el desgaste de motores diesel, o a determinadas horas de operación subsiguientes (después del muestreo).
- 9) Continuar con el desarrollo de la investigación, utilizando básicamente lo que registra este informe, de tal modo que se pueda especificar y detallar cada punto analizado, para profundizar, aún más, en los temas aquí tratados.

REFERENCIAS

1. L.C. Morrow, **Enciclopedia de mantenimiento industrial** (México: CECSA, 1986) Tomo 1, pág. 15, 28; Tomo 6, pág. 83, 89, 91.
2. Robert C. Rosales, **Manual de mantenimiento industrial** (México: CECSA, 1986) Tomo II, pág. 4-147, Tomo III; pág. 9-4, 9-26, 9-35, Tomo V, pág. 17-7, 17-13.
3. SHELL, **Servicio de diagnóstico de equipo** (Guatemala: Shell de Guatemala S. A., 1997) pág. 21.
4. SHELL, **Manual técnico de lubricantes y especialidades** (Guatemala: Shell de Guatemala S.A., 1997) pág. 3, 4, 11, 15, 16.
5. Norbert A. Nann, LUBRICACION, "El motor diesel de alta Velocidad en vehículos comerciales" (USA: Texaco Inc, Vol. 78 -- Número 1, 1992) pág. 3, 4, 7, 8, 10, 12, 13.
6. Quaker State Corporation, **Product & Technical bulletins complete (Boletín completo de productos y tecnología**, USA: Quaker State, revised 11/20/95 - 12/19/95) Bulletin number, 1006, 2003, 2005, 3002, 3004.
7. M.F. Spotts, **Proyecto de elementos de máquinas** (España: Editorial Reverté S. A., 1976) pág. 349.
8. Chúa Sosa, Héctor Adolfo, **Tecnología de la lubricación y diagnóstico de desgaste de la maquinaria de construcción**, (Guatemala: USAC, 1984) pág. 75.
9. Robert W. Fox, **Introducción a la mecánica de fluidos** (México: McGraw - Hill, 1990) pág. 35.
10. Notichón, **Noticias de Concepción** (Guatemala: Ediciones América, febrero 1994) pág. 9; septiembre 1994, pág. 6; junio 1995 época III abril, No. 11, pág. 10.
11. CAMECO Industries, Inc, SP 1800 B LOADER, **Service manual (Alzadora de caña SP 1800 B, manual de servicio**, USA: CAMECO Inc, 1992) pág. 1-15, 2-1, 3-1, 3-2, 3-4.
12. PENNZOIL, **Línea de productos**, pág. 1, 17.
13. Idalberto Chiavenato, **Administración de recursos humanos** (México: McGraw-Hill, 1988) pág. 523.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chinchilla Cabrera, Francisco J., **Consideraciones sobre lubricación y sistemas hidráulicos**, Guatemala: USAC, 1981.
2. Robert C. Rosales, **Manual de mantenimiento industrial**, México: CECSA, 1986.
3. M.F. Spotts, **Proyecto de elementos de máquinas**, España: Editorial Reverté S. A., 1976.
4. SHELL, **Manual técnico de lubricantes y especialidades**, Guatemala: Shell de Guatemala S.A., 1997.
5. Notichón, **Noticias de Concepción**, Guatemala: Ediciones América, febrero 1994; septiembre 1994; junio 1995 época III abril, No. 11.
6. Davies, Cornelius, **Maquinaria agrícola**, Madrid: Aguilar, 1956.
7. Kirschenbauer, H.G., **Grasas y aceites: Química y tecnología**, México: Continental, 1964.
8. Quaker State Corporation, **Product & Technical bulletins complete (Boletín completo de productos y tecnología)**, USA: Quaker State, revised 11/20/95 -- 12/19/95.
9. Chúa Sosa, Héctor Adolfo, **Tecnología de la lubricación y diagnóstico de desgaste de la maquinaria de construcción**, Guatemala: USAC, 1984.
10. L.C. Morrow, **Enciclopedia de mantenimiento industrial**, México: CECSA, 1986.
11. Robert W. Fox, **Introducción a la mecánica de fluidos**, México: McGraw - Hill, 1990.
12. SHELL, **Servicio de diagnóstico de equipo**, Guatemala: Shell de Guatemala S. A., 1997.
13. CAMECO Industries, Inc, SP 1800 B LOADER, **Service manual (Alzadora de caña SP 1800 B, manual de servicio)** USA: CAMECO Inc, 1992.
14. Hunt, Donell, **Maquinaria agrícola**, México: Limusa, 1986.
15. Hernández S., Roberto, **Metodología de la investigación**, México: McGraw-Hill, 1990.
16. Norbert A. Nann, LUBRICACION, "El motor diesel de alta velocidad en vehículos comerciales", USA: Texaco Inc, Vol. 78 - Número 1, 1992.

ANEXOS

SELECCIÓN Y CUIDADO DE ACEITES

Para seleccionar un lubricante específico y llenar los requisitos de protección debidos, considerando los diseños de equipos mecánicos frente a las condiciones de trabajo, se debe consultar el manual de servicios que proporcionan las empresas fabricantes de sistemas mecánicos. Si no se tiene acceso a éstos, se debe tratar de consultar a un profesional en el ramo, seguramente él dará las recomendaciones para la aplicación debida. En la actualidad, los aceites multigrados son los mejores productos para aplicaciones automotrices, debido a su cualidad: varían de viscosidad con relación a la temperatura ambiente, que esté reinando en el lugar donde opera el sistema; en el frío o en el calor, éste cumplirá con los requisitos de protección necesarios. También, para cada sistema mecánico, hay una viscosidad SAE diferente, por lo que es recomendable consultar los manuales técnicos de lubricantes que distribuyen las empresas petroleras, de esta forma, se tiene mayor variedad para elegir.

Una vez seleccionados los productos, debe asegurarse de que se aplique la cantidad necesaria de aceite, para cada situación. Si se desea almacenar lubricantes en una empresa, se debe asegurar el cumplir con los requisitos que a continuación se dan, mismos que serán útiles para conservar y prolongar la vida útil del lubricante.

Protección de lubricantes

Para ello se necesita:

1. Local adecuado "bajo techo"
2. Bien iluminado
3. Aislado del medio ambiente o intemperie
4. Los aceites deben estar libres de contaminación:

- a) Asegurar que estén cerrados los recipientes, así no penetrará el polvo.
- b) Limpiar los recipientes por lo menos dos veces por semana.
- c) Colocar los recipientes grandes en posición inversa a la manera usual de colocar “boca abajo” en el caso de aceites en toneles almacenados por largo tiempo; de esta manera, se estará contrarrestando el efecto de expansión y contracción de los recipientes debido a la variación de temperatura en el día y la noche, respectivamente. Básicamente se estará evitando la oxidación del aceite por la condensación del agua que contiene el aire, misma que sucederá al transcurrir los días.
- d) Depositar los aceites usados en un solo lugar (bidones, fosas, tanques, etc.) y efectuare un programa adecuado para el trato de estos aceites. No se deben tirar en ríos, lagos o mares, ni en terrenos, para evitar que se contaminen.

¿Cómo seleccionar el aceite adecuado?

Los aceites para motores se clasifican de acuerdo a dos sistemas principales -- la categoría de servicios del Instituto Americano del Petróleo (API) y el grado de viscosidad de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE). Estos sistemas que son utilizados por los fabricantes de automóviles y los fabricantes de aceites, ayudan a los consumidores a seleccionar el aceite adecuado para sus motores.

Categoría de servicio API. La clasificación API de un aceite se basa en su rendimiento en pruebas de motores que evalúan la habilidad del aceite para mantener el motor limpio, resistir a la espumación y oxidación e impedir la formación de lodo y otros depósitos. Los aceites son designados ya sea “S” (estación de servicio) -- para automóviles impulsados por gasolina -- o “C” (comercial) para los motores diesel.

Estación de servicio. Las letras A-G indican los requerimientos de servicios satisfechos por el aceite -- en que “A” es el nivel más bajo y “G” es el nivel más alto. De hecho, los aceites los aceites SA a SD están obsoletos; los aceites modernos llevan las designaciones SE, SF y SG. Debido a que cada categoría substituye a la categoría anterior (en que “SD” substituye a “SC” y así sucesivamente), los consumidores lógicamente pueden seleccionar

cualquier categoría que satisface o excede la recomendación en el manual del propietario del automóvil. Por ejemplo, el aceite SG puede usarse si el manual del propietario recomienda el tipo SC, SD, SE, o SG. De hecho, los aceites SG ofrecen mayor protección que cualquiera de las demás clasificaciones.

Comercial. Estas clasificaciones utilizan el mismo tipo de sistema alfabético que los aceites de estación de servicio: CA, CB, CC, CD, CD II, CE y CF. Los aceites CF son la clasificación más reciente y de la mejor calidad diseñados para motores diesel comerciales altamente turboalimentados y de servicio severo. Varios aceites de alta calidad satisfacen los requerimientos de servicio a gasolina y a diesel y así lo indica en sus rótulos. Por ejemplo, XX SAE 30 está marcado con SG, SF/CC, CD. Este rótulo indica que está diseñado para los requerimientos más estrictos de los motores a gasolina (SG) y para los requerimientos más estrictos de los motores diesel para automóviles (CD). SF y CC se incluyen en el rótulo como referencia a las clasificaciones previas para ambos tipos de motores. También se puede observar la designación "HD", que significa "alto detergente" o "servicio pesado" (con un alto contenido de detergente).

Grado de viscosidad SAE. La viscosidad de un aceite se refiere a su "consistencia" o espesor, a una temperatura específica. Es indicada por un número -- 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 o 50. La letra "W" que aparece normalmente con los números 0 al 25 significa "invierno".

Los aceites más delgados (bajos valores de viscosidad) se formulan para funcionar mejor en climas fríos, debido a que el aceite se espesa a bajas temperaturas. Los aceites más espesos se formulan para temperaturas calurosas y para la operación de servicio pesado.

La mayoría de los aceites modernos son aceites de viscosidades múltiples, marcados con dos valores de viscosidad – tal como el 5W-30. Estos aceites contienen un mejorador del índice de viscosidad, que reduce la tendencia del aceite a espesarse a bajas temperaturas y a adelgazarse a altas temperaturas. Esto permite que se usen en áreas con amplias variaciones de temperatura o durante los intervalos de cambio de aceite que cubren dos estaciones.

FIGURA I CLASIFICACIÓN DE BOMBAS

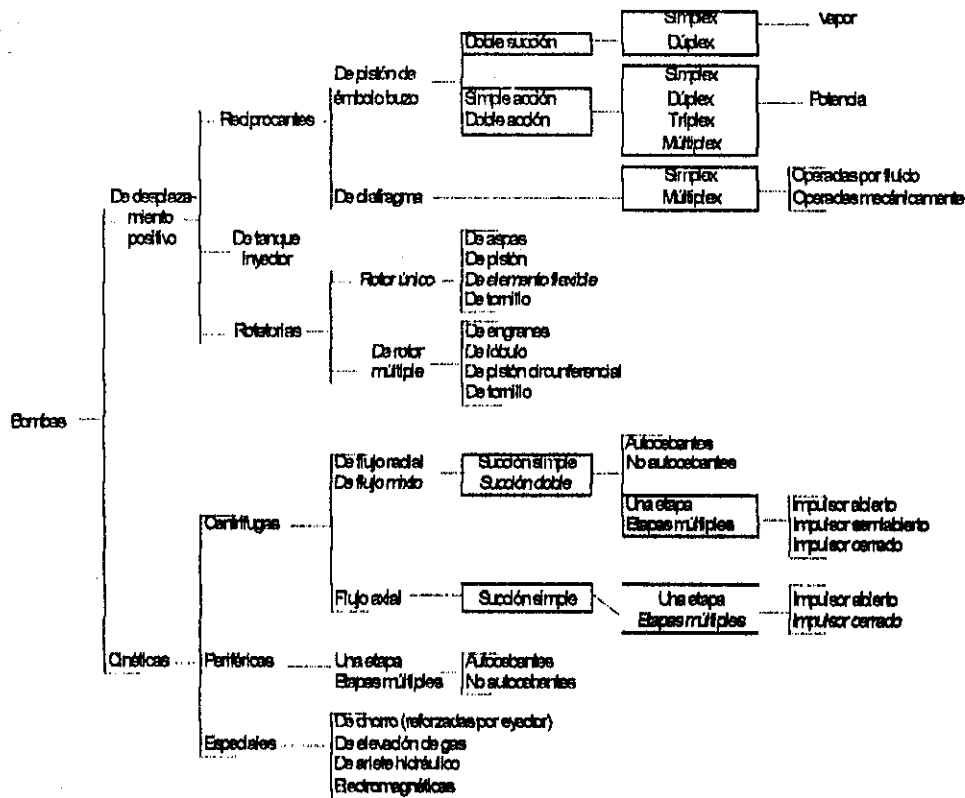


TABLA I-1. HOJA DE ESPECIFICACIONES DE BOMBA CENTRIFUGA PARA TURBINA DE VAPOR

Cliente	Orden de trabajo No.		
Ubicación de la planta	Fecha		
Solicitud de información No.	Equipo No.		
Servicio de la bomba	No. requerido		
Condiciones de operación		Especificaciones	
Fluido bombeado	Tipo de bomba	Cat. No.	
Temperatura de bombeo, °F	Etapas	r/min	
Densidad relativa a temp. de bombeo	Tamaño de succión, in.	Ubicación	
Viscosidad a temp. bombeo, cP	Serie de boquilla	Cara de brida	
Presión de vapor a temp. bombeo	Tamaño de descarga, in.	Ubicación	
% de sólidos y composición	Serie de boquilla	Cara de brida	
Carga en la succión, psig	hp hidráulicos	% Eficiencia	
Carga en la descarga, psig	bhp	hp máx.	
CDT, ft, normal	CPNS requeridas por la bomba, ft. de fluido		
Capacidad de la bomba, gpm, normal	Diseño	Materiales y componentes de bomba	
CPNS disponible, ft. de fluido	Carcasa	Imp. máx.	
Sin sobrecarga	Th'kn de carcasa	Corr. permitida	
Rotación (vista en el lado de acoplamiento)	Eje	Diám.	Cuñero
Motor hecho por	Camisas del eje	Brinell	
hp	V	Fases	Frec.
Armazón	Momento de torsión estándar	Impulsor	
Fabricante y tipo	Anillo de desgaste del impulsor		tipo
Carcasa	Clase	Grupo	D.E.
hp de turbina	Anillo de desgaste de carcasa		
Fabricante	Cojinete radial		No. Fabricante
Tipo	Cojinete empuje		No. Fabricante
hp nominales	Empaquetadura		No. De anillos
Vapor de entrada, psia	temp., °F	Jaula de sello	
Vapor de escape, psia	Temp. °F	Calidad	Fluido para sello
No. horas flujo vapor	¼ C	¼ C	Estopero
El concursante dará curvas de rendimiento de turbina, materiales, planos y hojas de dimensiones, etc.			Sello mecánico
Impulsor montado por			Fabricante
Observaciones			Acoplamiento
Temp. diseño de carcasa, °F			Placa de brida
Presión diseño de carcasa, psig			Escurrecimiento (pestaña) (batea)
Prueba hidrostática de carcasa, psig			Peso de bomba, lb
El concursante dará curvas de rendimiento de turbina, materiales, planos y hojas de dimensiones, etc.			Peso de placa de base, lb
El concursante llenará estos espacios y otros que estén en blanco. El seleccionado suministrará:			Peso impulsor, lb
Copias certificadas de planos dimensionales			Peso total, lb
Copias de curvas de rendimiento para el fluido bombeado			Temp. diseño de carcasa, °F
Copias de lista de piezas de repuesto			Presión diseño de carcasa, psig
Ejemplares de manuales de instrucciones	No. Fecha	Revisiones	Apr.

TABLA II - I. CAUSAS Y SÍNTOMAS DE MAL FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS

Causas	Síntomas									
	La bomba no descarga líquido	Capacidad inadecuada	Carga inadecuada	La bomba se para después de arrancar	La bomba requiere demasiada potencia	Fugas excesivas por el estopero	Hay que reemplazar el estopero con frecuencia	La bomba vibra o está ruidosa	Calentamiento de cojinetes	La bomba trabaja forzada se pega
Bomba y tubo de succión no tienen suficiente sobrealimentación con el líquido que se maneja	X	X		X				X		X
Alzada excesiva de succión	X	X		X				X		
Margen insuficiente entre alzada de succión y presión de vapor	X	X						X		X
El líquido contiene gas		X	X	X						
Bolsa de aire en tubo de succión	X	X		X						
Entrada de aire en tubo de succión		X		X						
Entrada de aire a la bomba por el estopero		X		X						
Válvula de pie muy pequeña		X								
Válvula de pie semicobierta		X						X		
Válvula de pie y tubo de succión no están sumergidos del todo	X	X		X				X		
Conexión del sello de agua en estopero de succión obstruida				X			X			
Anillos hidráulicos en estopero mal colocados				X		X	X			
Velocidad muy baja	X	X	X							
Velocidad muy alta					X					
Sentido incorrecto de rotación	X		X							
Carga manométrica total del sistema mayor que la de la bomba	X	X	X		X					
Carga manométrica total del sistema menor que la de la bomba					X					
Densidad relativa del líquido no es la que se pensó originalmente					X					