

# Universidad Nacional de Ingeniería

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA  
DE PETROLEO Y PETROQUIMICA**



**TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA**

## **“ Análisis de Aceites Lubricantes Usados en Motores de Combustión Interna y su Interpretación ”**

*Trabajo Profesional para optar el Título de:*

**INGENIERO DE PETROLEO**

**PABLO A. MIÑAN LEUTHOLD**

PROMOCION 1960

**LIMA • PERU • 1983**

*A mis hijos....*

"ANÁLISIS DE ACEITES LUBRICANTES USADOS EN MOTORES DE  
COMBUSTIÓN INTERNA Y SU INTERPRETACIÓN"

I N D I C E

			<u>Pág. N°</u>
<u>Capítulo</u>	I	Introducción.-----	1
<u>Capítulo</u>	II	Condiciones <u>que</u> limitan la vida útil de un aceite.-----	3
<u>Capítulo</u>	III	<u>Principales análisis de Laboratorio en aceites usados.</u> -----	14
<u>Capítulo</u>	IV	C o n c l u s i o n e s	57
<u>Capítulo</u>	V	A n e x o s.-----	59

\* \* \* \* \*

" ANALISIS DE ACEITES LUBRICANTES USADOS EN MOTORES DE  
COMBUSTION INTERNA Y SU INTERPRETACION"

Capítulo I      Introducción

Los aceites lubricantes para motores provienen de la mezcla de "aceites básicos" o "bases lubricantes" altamente refinadas a las que se les han incorporado los "aditivos" apropiados para cumplir con cierto nivel de rendimiento.

Las características y propiedades especiales que presentan los "productos de marca" son el resultado de :

- Exhaustiva investigación, tanto en pruebas de laboratorio como de campo,
- Sofisticados y rigurosos procesos de refinación y purificación de las bases,
- Cuidadosa selección y dosificación de los aditivos.

### Objetivo del Informe

*Discutir las técnicas analíticas o ensayos más comunes que han sido empleadas en el análisis de aceites usados y relacionar su significado con el comportamiento del motor cuando ello sea posible.*

*Es necesario aclarar que las interpretaciones y cifras límites aplicadas para cada ensayo han sido adoptadas para el promedio de las condiciones de operación en el país, y que pueden existir opiniones que no estén enteramente de acuerdo con ellas.*

### Finalidad de los análisis de aceites usados

*Principalmente para :*

- Determinar si el aceite lubricante está apto o no para continuar en servicio.*
- Poner en evidencia la contaminación, abuso de servicio o simplemente como seguimiento de su control.*

-Detectar síntomas de posibles fallas, de  
bidas al funcionamiento o a la influencia  
del medio ambiente.

## Capítulo II      Condiciones que limitan la vida útil de un aceite

El deterioro de un lubricante en servicio  
puede ocasionarse por uno o más de las siguientes causas :

- a) -Agotamiento o degradación de los adi  
tivos.
- b) -Formación ó ingreso de contaminantes.

### a) Agotamiento o degradación de los aditivos

Los aditivos se incorporan a las bases lu  
bricantes, para mejorar sus características propias o impar  
tirles propiedades que estas no tienen.

Entre los principales aditivos para los  
lubricantes automotores, tenemos los :

- Inhibidores contra la oxidación del lubricante
- Inhibidores de la corrosión
- Agentes antidesgaste
- Detergentes y Dispersantes
- Agentes alcalinos
- Inhibidores de herrumbre
- Depresores del Punto de Escurrimiento
- Mejoradores del Índice de Viscosidad
- Modificadores de la fricción
- Inhibidores de espuma

Las propiedades que imparten estos compuestos van siendo gradualmente usados en el cumplimiento de sus respectivas funciones.

Como casi todos estos aditivos contienen elementos inorgánicos tales como azufre, calcio, zinc, fósforo magnesio, nitrógeno, etc., su depletación cuantitativa podría

determinarse por diversos métodos tales como espectrografía - de emisión, rayos X y aparatos de absorción atómica. Sin embargo, se debe tener mucha precaución en la interpretación de estos datos, pues la presencia de estos elementos en la misma concentración que tendría el producto nuevo y sin uso, no aseguraría el comportamiento esperado o asociado originalmente a estos elementos.

Debido a las severas condiciones de operación y contaminación durante el servicio, los aditivos pueden experimentar cambios químicos sin que necesariamente se produzca un cambio notable en la concentración de un elemento en particular asociado con los aditivos.

Normalmente durante el servicio de un lubricante ocurre una reducción en la concentración de estos elementos, bajo estas circunstancias los valores obtenidos, sí representan un índice de agotamiento o depletación que los aditivos han sufrido durante un lapso de tiempo.



Mediante la espectroscopía infrarroja es posible evaluar tanto los cambios químicos, como los cambios de concentración. La absorbencia a una longitud de onda dada nos identificará la estructura molecular presente y la extensión de la absorbencia nos dará la concentración presente en la muestra de aceite usado.

El método infrarrojo para ser valioso también requiere de ciertas precauciones y el rechazo o no de un aceite de motor usado, debe complementarse con otros ensayos rutinarios.

Durante su servicio el aceite está sometido directamente a la acción de altas temperaturas, presiones, a reacción y contaminantes. Estas condiciones promueven la degradación del lubricante por oxidación. Envejecimiento que se traduce en un espesamiento, formación de lodos y lacas y presencia de ácidos.

b) Formación o Ingreso de Contaminantes

*En los aceites usados es frecuente encontrar*

- A g u a*
- Polvo, arena o suciedad del aire*
- Residuos de la combustión*
- C o m b u s t i b l e*
- Partículas metálicas de desgaste del motor*

*Algunos de estos contaminantes pueden haber ingresado al aceite por deficiencia en su manipuleo : mal almacenamiento, medidores y embudos sucios, etc. y su presencia - se podría eliminar si se siguen procedimientos adecuados y simples en la manipulación de los lubricantes.*

*Descartado este descuido, la contaminación- subsiguiente reflejará las condiciones y/o funcionamiento del motor.*

Los contaminantes que llegan al lubricante representan otro medio para su degradación y su presencia puede deberse a una o más de las siguientes fuentes :

- Paso de los gases a través de los anillos
- Degradación por oxidación térmica
- Filtración inapropiada del aire o aceite.

En el caso específico de los aceites para motor, la fuente principal de estos materiales, está en el paso de los gases (blow - by gases) a través de los anillos hacia el cárter. Estos consisten principalmente en

- Combustible no quemado
- Subproductos de la combustión
- Suciedad del aire

Estos contaminantes del aceite de motor - son más específicamente, ácidos orgánicos e inorgánicos, compuestos orgánicos oxigenados, carbón u hollín, combustible no quemado, sales de plomo inorgánicas en caso que la gasolina -

contenga compuestos de plomo antidetonantes y elementos de sílice provenientes de la admisión de aire sucio.

### Contaminación Excesiva del Aceite

Resumiremos a continuación los principales contaminantes y su relación con las condiciones mecánicas y el funcionamiento del motor :

#### Principales contaminantes :

- a) El hollín del combustible
- b) La oxidación del lubricante
- c) Subproductos de la combustión
- d) Dilución con combustible
- e) Contaminación con Agua
- f) Materiales abrasivos

#### a. Excesiva cantidad de hollín

- Inyectores defectuosos
- Alimentación de combustible excesiva

- Restricción en la entrada de aire
- Motor en malas condiciones mecánicas
- Alargamiento de los períodos de cambio de aceite.

b. Formación de productos por oxidación del aceite

- Muy altas temperaturas en el motor
- Enfriamiento inadecuado
- Motor en malas condiciones mecánicas
- Alargamiento de los períodos de cambio de aceite.

c. Presencia de subproductos de la combustión

- Alto soplado al cárter de productos y gases de la combustión
- Alto contenido de azufre en el combustible
- Pobre combustión
- Alargamiento de los períodos de cambio de aceite

d. Dilución con combustible

- Mezcla muy pobre en aire
- Alimentación excesiva de combustible
- Repetidos arranques del motor en frío
- Bomba de combustible defectuosa
- Inyectores en mal estado

e. Contaminación con agua

- Monoblock o culatas agrietadas
- Fugas en las empaquetaduras
- Sellos con fugas
- Bajas temperaturas de enfriamiento
- Condensación de los vapores de la combustión.

f. Materiales abrasivos

arena , polvo , suciedad

- Filtros defectuosos
- Ambiente altamente contaminado

Contaminación                    origen y efectos

MOTORES GASOLINA

<u>Contaminantes</u>	<u>O r i g e n</u>	<u>E f e c t o s</u>
Productos de combustión in completa, <u>oxi</u> <u>dación</u> <u>polime</u> <u>rización</u> .	-G a s o l i n a -Aceite Lubrican te	Tendencia formación de depósitos. Tendencia formación de <u>l</u> <u>a</u> <u>c</u> <u>a</u> <u>s</u> Incremento viscosidad y oxidación.
H o l l i n	G a s o l i n a	Ennegrecimiento del aceite Incremento en viscosidad Tendencia formación de depósitos
P o l v o	Aire, filtro de aire respirador	Tendencia desgaste-abrasivo Tendencia formación depósitos
Partículas <u>me</u> <u>t</u> <u>á</u> <u>l</u> <u>i</u> <u>c</u> <u>as</u>	Desgaste motor, incremento <u>h</u> <u>e</u> <u>r</u> <u>r</u> <u>u</u> <u>m</u> <u>b</u> <u>r</u> <u>e</u>	Tendencia formación depósitos Tendencia desgaste-abrasivo
Dilución	Combustible, <u>f</u> <u>r</u> <u>e</u> <u>c</u> <u>u</u> <u>e</u> <u>n</u> <u>t</u> <u>e</u> <u>s</u> <u>p</u> <u>a</u> <u>r</u> <u>a</u> <u>d</u> <u>a</u> <u>s</u> partidas en <u>f</u> <u>r</u> <u>i</u> <u>o</u> , <u>e</u> <u>x</u> <u>c</u> <u>e</u> <u>s</u> <u>i</u> <u>v</u> <u>o</u> <u>-</u> <u>u</u> <u>s</u> <u>o</u> <u>d</u> <u>e</u> <u>l</u> <u>q</u> <u>u</u> <u>e</u>	Reducción viscosidad Baja estabilidad del aceite Tendencia formación <u>l</u> <u>a</u> <u>c</u> <u>a</u> <u>s</u>
Agua y Anticon <u>g</u> <u>e</u> <u>l</u> <u>a</u> <u>n</u> <u>t</u> <u>e</u> <u>s</u>	Condensación, rotura empaquetaduras	Tendencia formación <u>l</u> <u>a</u> <u>c</u> <u>a</u> <u>s</u> Tendencia corrosión metálicas Tendencia emulsión- Incremento oxidación Tendencia formación depósitos
A c i d o s	Gases combustión	Tendencia corrosión Tendencia formación <u>b</u> <u>o</u> <u>r</u> <u>r</u> <u>a</u> <u>s</u> Tendencia formación <u>l</u> <u>a</u> <u>c</u> <u>a</u> <u>s</u>

Contaminación : origen y efectos

MOTORES DIESEL

<u>Contaminantes</u>	<u>O r i g e n</u>	<u>E f e c t o s</u>
Productos de combustión in completa, <u>oxi</u> dación, Polimerización	Fuel Oil, aceite lubricante	Obscurecimiento del aceite incremento viscosidad Tendencia formación de lacas y sedimentos
H o l l í n (material carbonáceo)	Fuel Oil	Ennegrecimiento del aceite Incremento en viscosidad Tendencia a la formación de depósitos
Polvo, suciedad	Aire, Fuel Oil	Formación depósitos Tendencia al <u>desgas</u> te abrasivo
Partículas metálicas Herrumbre	Desgaste del motor, corrosión	Deterioro catalítico del aceite Tendencia formación depósitos Tendencia desgaste-abrasivo
Combustible	Filtración (bomba) soplado Combustión incompleta	Baja estabilidad del aceite Reducción de la viscosidad Tendencia formación de lacas
A g u a	Condensación Gases de combustión filtración por empaquetaduras o sellos	Baja estabilidad del aceite Tendencia formación de borras Tendencia a la corrosión.
Acidos	Soplado Gases de combustión en especial de fuel - con alto contenido S	Tendencia corrosión-metálica - baja estabilidad del aceite - Tendencia formación-borras y lacas.



Capítulo III Principales Análisis de Laboratorio en aceites Usados

Se han desarrollado varios ensayos para medir la acumulación de los diferentes contaminantes, siendo los más usados los siguientes :

- Determinación de la Viscosidad
- Dilución con Combustible
- Punto de Inflamación
- Contenido de Insolubles
- Contaminación con Agua
- Características Dispersantes
- Acidez Total (T. A. N.)
- Alcalinidad Total (T. B. N.)
- Análisis de Elementos
  - Espectrografía de Emisión
  - Absorción atómica
- Identificación Química
  - Espectroscopía infrarroja

a) Determinación de Viscosidades

La viscosidad es una medida del roce interno o la resistencia a fluir de un aceite. Es la propiedad más importante de un lubricante pues determina :

- La resistencia al arranque de un motor en frío
- La capacidad de formar una película resistente - en los descansos (metales de bancada y biela) a altas temperaturas.
- El flujo apropiado a través del circuito de lubricación
- El consumo de lubricante, específico de cada motor.

La viscosidad de un aceite puede ser afectada por factores físicos (contaminación) y factores químicos (oxidación). La contaminación con combusti-

ble no quemado disminuirá la viscosidad mientras que la oxidación o en particular el paso de gases al cárter producirán un aumento en la viscosidad. Por otro lado, la viscosidad de los lubricantes que contienen aditivos poliméricos, no muy resistentes, pueden mostrar una reducción durante el servicio debido al cizallamiento o corte mecánico de las moléculas de los polímeros.

Cuando el aumento de la viscosidad es causado por la oxidación del aceite, generalmente es acompañada por un aumento del Número Acido Total (T. A. N.) o un aumento en la absorción del carbonil que se puede apreciar con la técnica infrarroja.

#### Disminución de la Viscosidad

La viscosidad de un lubricante para motor puede haber disminuido por :

- Llenado con aceite de menor viscosidad
- Dilución con combustible no quemado
- Cizallamiento mecánico de los aditivos mejoradores del índice de viscosidad.

Entre los problemas que ocasionará esta disminución de la viscosidad, tendremos el aumento del desgaste y temperatura del motor.

#### Aumento de la Viscosidad

El aumento de la viscosidad de un aceite en uso, puede deberse a :

- Llenado con aceite de mayor viscosidad
- Degradación térmica del lubricante por la formación de gomas de productos de la oxidación (resinas) o evaporación de las fracciones más ligeras.
- Aumento del contenido de insolubles, hollín

polvo, etc.

-Contaminación con agua

-Reacción entre aditivos, por llenado con producto no apropiado o afín.

Este aumento de viscosidad ocasionará problemas de bombeo defectuoso y un aumento de temperatura en el sistema.

Como los diversos sistemas de medición de viscosidades están cayendo en desuso mencionaremos solamente el método ASTM-D445 que mide la viscosidad cinemática que se expresa en centistokes (c.S.t.)

Por regla general se considera como límite permisible una variación en viscosidad de un grado SAE, es decir el aceite debe descartarse si su viscosidad original aumenta o disminuye en un grado SAE.

*Sin embargo, la viscosidad por sí sola no es un criterio satisfactorio para determinar el buen estado de un aceite, ya que un lubricante deteriorado o diluido con combustible puede mostrar poca variación en su viscosidad con respecto a su valor original y sin embargo no estar apto para servicio, al haberse compensado la dilución con material insoluble. Por esto debe considerarse la viscosidad con relación a otros ensayos como son: contenido de insolubles y dilución con combustible.*

b) Dilución con combustible

*El efecto de la dilución, como ya hemos visto, es bajar la viscosidad y enmascarar el aumento de viscosidad debido al aumento de insolubles. La dilución también afecta al lubricante bajando su Punto de Inflamación, lo cual en casos extremos puede ser peligroso.*

La dilución es muy frecuente en motores diesel siendo la causa principal la mala regulación de los inyectoros y, por lo tanto, origina una combustión in completa. En los motores a chispa la dilución puede deberse a una combustión defectuosa por uso excesivo del choke o estrangulador, o bien a trabajar a temperaturas muy bajas, termostato defectuoso o desmontado.

La determinación de combustible se hace por el método ASTM-D322 para los motores gasolineros, que es un método de destilación por arrastre con vapor de agua y que nos da directamente el % en volumen de gasolina.

Para los motores diesel se determina indirectamente, mediante el Punto de Inflamación empleando un equipo Pensky - Martens con el método ASTM-D93.

En general el contenido de combustible en los aceites de motor no debe exceder los siguientes valores:

-Motores diesel 5 % en volúmen

-Motores a gasolina 7 a 8 % en volúmen

Cifras más altas indican operación anormal cuya causa debe ser investigada, reparada y el cambio de aceite es obligatorio.

Otra forma rápida para determinar el contenido de combustible en un lubricante consiste en determinar la indirectamente mediante la comparación de las viscosidades del aceite nuevo y de la muestra usada.

La tabla siguiente se basa en una tabla de mezcla entre un aceite nuevo sin dilución (Fresh oil : 0 % dilution) y dos diluyentes : gasolina (30 S.U.S. a 100°F) y diesel # 2 (36 S.U.S. a 100°F). Estos le reducirán la viscosidad hasta un valor que corresponderá a un % de dilución en volúmen.



DILUCION CON GASOLINA

PORCENTAJE DE DILUCION CON GASOLINA

Viscosidad-  
SUS a 100°F  
del aceite  
sin

% en Volúmen

uso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
150	143	137	131	125	120	115	110	106	102	98
200	189	179	170	162	155	148	141	134	127	121
250	236	223	211	199	189	179	169	159	151	144
300	281	264	249	235	222	209	197	185	175	167
350	326	305	287	271	255	240	226	213	200	188
400	372	346	324	304	287	272	258	245	222	210
450	420	392	366	342	319	299	280	263	246	231
500	465	433	404	377	350	328	308	290	275	252
550	508	472	440	410	381	357	334	312	292	272
600	550	505	465	435	411	388	366	345	325	292
650	592	545	503	469	441	413	386	360	335	311
700	635	580	535	502	470	440	412	376	352	330
750	678	623	588	543	499	457	419	396	372	349
800	727	668	613	567	527	490	456	425	395	367
850	775	710	650	600	555	515	480	447	416	385
900	820	750	688	634	587	544	513	474	437	402
950	865	794	730	670	614	571	530	491	454	419
1000	910	832	764	700	641	593	549	508	469	433
1100	1000	910	830	760	695	645	597	552	510	470
1200	1090	990	905	825	750	685	630	580	540	470
1300	1180	1075	980	895	805	730	660	615	575	540
1400	1270	1155	1050	950	860	780	710	655	610	570

DILUCION CON DIESEL

PORCENTAJE DE DILUCION CON DIESEL

Viscosidad-  
SUS a 100°F  
del aceite

% en Volúmen

sin uso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
150	146	142	138	134	130	126	122	118	115	112
200	192	185	179	173	167	161	155	150	145	140
250	239	229	220	212	204	196	189	182	175	168
300	286	274	263	252	241	230	220	211	203	195
350	332	316	302	289	277	265	254	243	233	223
400	379	360	343	327	313	300	287	274	262	250
450	427	405	384	365	349	334	319	305	290	275
500	475	451	428	406	385	366	348	331	316	300
550	520	492	466	442	420	398	378	360	342	325
600	565	533	504	477	455	433	412	391	370	350
650	610	575	545	517	490	463	438	415	395	375
700	658	620	584	552	524	495	468	443	420	400
750	704	662	624	590	557	527	500	476	454	423
800	752	707	665	626	590	557	527	500	472	445
850	798	750	706	662	623	585	550	518	493	468
900	845	790	740	695	655	615	580	550	520	490
950	885	830	780	730	685	640	595	560	535	513
1000	935	875	820	770	720	675	635	600	565	535
1100	1030	965	900	840	785	735	690	650	615	580
1200	1120	1050	985	925	855	800	750	705	665	625
1300	1215	1135	1060	990	925	865	810	760	715	670
1400	1310	1225	1145	1070	1000	930	865	805	760	715

c) Punto de Inflamación o Flash Point

Cualquier caída en el Punto de Inflamación original y conocido del lubricante sin uso, debe considerarse como contaminación con combustible.

Para esta determinación se pueden usar los métodos-ASTM-D92 que usa el equipo Cleveland de copa abierta o el ASTM-D93 con el equipo Pensky - Martens de copa cerrada. El segundo método es más exacto por su mejor captación de los gases durante la prueba.

Una disminución del Punto de Inflamación de 40°C o más, con relación a su valor original ya requiere investigación, puede considerarse peligrosa y obliga al cambio de aceite.

Otro criterio de rechazo podría ser cuando el Punto de Inflamación sea menor a 180°C en motores gasolinos y a 150°C en motores diesel.

d) Contenido de Insolubles

Esta determinación de contaminantes emplea el método ASTM-D893 por centrifugación de muestras de aceite usado previamente disueltas en pentano y benceno.

La razón básica para determinar el contenido de insolubles en aceites usados es conocer el grado de saturación del lubricante con respecto a los contaminantes y con ello saber si el lubricante está en condiciones de seguir siendo usado.

Los contaminantes que se detectan en estas pruebas provienen del : (ME) - Material extraño como polvo arena y hollín o carbón de la combustión.

(PM) - Partículas metálicas de desgaste del motor.

(PO) - Productos de la oxidación - del aceite y del combustible.

### Insolubles en pentano (IP)

En esta prueba, también llamada Contaminación Total, el pentano va a permitir separar todos los contaminantes que están presentes en el aceite usado y que no son solubles en el pentano. Si esta prueba aplica a un lubricante sin uso, como no hay contaminantes, el pentano lo disolverá completamente dando como lectura cero.

En un aceite usado esta prueba nos dará un % en peso que será el total de los contaminantes mencionados anteriormente.

Las cifras máximas permisibles varían según el tipo de motor, las condiciones de operación, el sistema de purificación (filtros) y de la calidad del lubricante, es decir de su capacidad dispersante.

Como apreciación muy general podría considerarse un 2 % como una cifra límite permisible para lubrican-

tes con una dispersión normal y 4% para los lubricantes altamente dispersantes.

Valores más altos de insolubles no sólo aumentarán la viscosidad del lubricante sino permitirán también la formación de lodos y depósitos.

Más acertada es la posición en que los lubricantes deben ser cambiados cuando la contaminación, sea lo suficiente para haber subido la viscosidad al siguiente grado SAE.

Insolubles en Benceno

Este ensayo adicional al anterior permite determinar los productos de la oxidación térmica que estando presentes en el aceite, son insolubles en el benceno.

La prueba es similar a la anterior, variando sólo el tipo de solvente y al igual que ella los resultados se expresan en % en peso.

La diferencia entre los insolubles en pentano y benceno se consideran como productos de la oxidación, tanto del lubricante como del combustible.

$$IP = ME + PM + PO = \text{Contaminación Total}$$

$$\underline{IB = ME + PM}$$

$$IP - IB = PO = \text{Oxidación}$$

Se considera que esta diferencia no debe exceder 0.5 % en peso, valores mayores no solo aumentarían notablemente la viscosidad sino favorecerían la formación de barnices o lacas y el desgaste del motor.

Actualmente debido al desarrollo de mejores aditivos se han conseguido lubricantes que por su dispersancia, su capacidad antioxidante y su reserva alcalina (TBN) han hecho que cada vez se use menos la prueba de Insolubles en Benceno. Los ensayos de insolubles en pentano sí continúan recomendándose en los análisis de aceites usados de motor, porque dan una idea bastante aproximada del maltrato al que ha estado sometido el lubricante ya sea por uso excesivo, descuido en la conservación de su nivel (nivel bajo) y/o filtros en mal estado.



A estas alturas es bueno recordar que los insolubles en pentano y la dilución con combustible, afectan a la viscosidad en sentidos opuestos: un lubricante puede presentar una viscosidad normal y contener excesivas cantidades de insolubles y combustible. De ahí que sea necesario disponer de estos tres ensayos para tener una definición bastante clara del estado del lubricante.

e) Contaminación con agua

La presencia del agua en el cárter del motor es indeseable pues :

- Aumenta la viscosidad del aceite
- Favorece la formación de espuma
- Ayuda a la formación de lodos
- Origina la corrosión en el motor

Toda combustión precisa de oxígeno y lo toma del aire que ingresa al motor por la admisión; este aire llevará consigo toda la humedad del medio ambiente y su condensación se verá favorecida si se presentan las siguientes condiciones :

- Marcha en frío (trabajo en vacío)
- Operación intermitente y corta con poca o ninguna carga
- Temperatura ambiente muy fría o termostatos de control removidos
- Fallas en el respiradero del cárter.

La presencia de agua se mide por el método ASTM-D95 que nos expresa su contenido en % en volúmen.

Dependiendo del grado de contaminación con agua, el lubricante presentará inicialmente una turbidez que se irá acentuando, conforme aumenta -

el agua, hasta tener una apariencia lechosa.

La acción nociva del agua afecta particularmente a los aditivos de los lubricantes, pues su presencia bajo las condiciones de operación del motor (temperatura, combustión, contaminantes) los hidroliza, reacciona con ellos y los destruye - prematuramente, es decir acorta la vida útil de los aditivos que deberían sólo depletarse en forma normal, a medida que van prestando su servi - cio y protección.

Como valores máximos permisibles de agua se recomenda descartar el lubricante si excede :

-Motores a gasolina : 0.2 % en volúmen

-Motores diesel : 0.5 % en volúmen

Si la cantidad de agua es mayor se hace necesario investigar la causa y repararla.

f) Dispersancia / Detergencia

Este método auxiliar, bastante simple, permite evaluar rápidamente la capacidad de dispersión de los lubricantes usados.

La técnica del "Blotter Spot" consiste en poner una gota de aceite en un papel filtro o secante y esperar su extensión o desarrollo. Se producirá una mancha más oscura (contaminantes) rodeada, en la mayoría de los casos, por una zona menos intensa (aceite). En su interpretación más simple, el tamaño del área total cubierta relacionada con el área más oscura interior, nos da una indicación visible de la capacidad del lubricante de retener partículas de materia contaminante en suspensión. Si el lubricante conserva en buen estado su capacidad dispersante, los contaminantes se extenderán - sobre toda la gota conjuntamente con el aceite.

*Cuanto más bajo sea su poder dispersante, o más alta sea la cantidad de contaminantes, más pequeña y concentrada será la parte oscura en comparación con la mancha total.*

*Aprovechando de que la gota es portadora de los contaminantes presentes en el aceite, Shell con la ayuda de un reactivo, ha desarrollado un método que permite determinar las características ácidas o básicas del aceite.*

*El reactivo coloreará la gota de verde, si el aditivo alcalino (que da el TBN) está en buenas condiciones y de rojo si éste se ha depletado, lo que significaría que el aceite está ácido y en condiciones de corroer químicamente (desgaste corrosivo) las aleaciones especiales de los metales de bancada y bielas.*

g) Acidez Total (T. A. N.)

El método ASTM-D664 define el T.A.N. o Número Acido Total de un lubricante, como la cantidad de base, expresada en miligramos de hidróxido de potasio que se necesitan para neutralizar los componentes-ácidos presentes en un gramo de muestra.

En la composición del T.A.N. hay acuerdo general-que un aumento en este factor es un índice de aumento de contaminación con :

- Productos ácidos, generalmente inorgánicos y fuertes, resultantes de la combustión y la presencia de azufre en el combustible.
- Productos ácidos, generalmente orgánicos y débiles, resultantes de la oxidación térmica-del aceite y/o combustible.

La acción perjudicial de los primeros es contrarrestada por la reserva alcalina (T.B.N.) de los aditi-

vos alcalinos y la de los segundos por aditivos antioxidantes

Los primeros, si no son neutralizados por los aditivos alcalinos, corroerán químicamente las aleaciones de cobre y plomo de los descansos o metales de bancada y bielas y los segundos, si la operación ha sido muy severa aumentarán la viscosidad del aceite.

Esta prueba se usa frecuentemente en los análisis de aceites minerales puros o industriales, su uso en aceites aditivados para motor no está muy difundido y generalmente solo miden el T.B.N., característica que veremos a continuación. De todas maneras éste es un ensayo muy útil para determinar el maltrato o mal uso que se le ha dado a un lubricante, sobre todo en el caso de reclamos y quejas. Valores más altos que 4 mg. KOH/gr., nos confirmarán los altos insolubles, alta viscosidad y poca -

detergencia que hallamos determinado mediante otros ensayos.

h) Alcalinidad Total (T. B. N.)

Todo aceite de motor aditivado tiene una reserva alcalina, o Total Base Number que le servirá al lubricante para neutralizar los ácidos que se forman por la combustión.

Los combustibles, a pesar de su refinación, arrastran cierta cantidad de azufre. Esta cantidad de azufre dependerá de la mayor o menor cantidad de azufre que tenga el crudo de donde proviene. En razón a este azufre es que las compañías de petróleo elaboran sus lubricantes con diferentes reservas alcalinas.

El diesel y el petróleo combustible normalmente tienen más azufre que las gasolinas y debido a ello y



a tener una combustión más sucia es que existen lu  
bricantes con T.B.N., que van desde 8 hasta 70 mg.  
KOH/gr.

En resumen, el T.B.N., es una medida del potencial  
del lubricante para neutralizar los ácidos fuertes  
tales como ácidos minerales derivados del azufre ,  
cloro y bromo.

El T.B.N. puede definirse como la cantidad de áci-  
do clorhídrico (ASTM-D644) • la cantidad de ácido-  
perclórico (ASTM-D2896) que se necesitan para neu-  
tralizar todos los componentes básicos presentes -  
en un gramo de muestra.

El T.B.N. se expresa en un número equivalente de  
miligramos de hidróxido de potasio por gramo de lu-  
bricantes : mg KOH/gr.

Dependiendo del método que se use para medir el  
T.B.N., los lubricantes deben ser cambiados cuando  
se alcancen los siguientes mínimos

-ASTM-D644 = 1.5 mg. KOH/gr.

-ASTM-D2896 = 3.0 mg. KOH/gr.

Valores menores de T.B.N. estarían favoreciendo la corrosión química (desgaste) de los anillos de los pistones, las camisas de los cilindros y los metales de las bancadas, así como también facilitando la formación de barnices.

i) Análisis de Elementos

Análisis Espectrográficos

La espectrografía constituye uno de los más modernos métodos para el análisis de aceites usados.

Mediante el uso de aparatos muy sofisticados y precisos, se puede determinar muy rápida y con lecturas directas los diferentes elementos presentes en el lubricante. Estos elementos provienen de las siguientes fuentes :

- Elementos propios de los aditivos tales como zinc, calcio, bario, fósforo, etc.
- Metales propios del desgaste de las piezas - del motor, tales como hierro, cobre, cromo aluminio y plomo.
- Contaminación externa : silicio.

De los primeros se conoce su concentración original, es decir la cantidad en que cada uno de ellos ha sido incorporado en la formulación del producto nuevo.

La presencia de los otros es variable y depende - de muchos factores tales como :

- Tipo de motor, estado de desgaste, contaminación externa, consumo de aceite, frecuencia de cambio del lubricante, etc. De ahí que los principales fabricantes de motores hayan elaborado tablas con los límites normales (aceptables) pre -

cautorios (reportables) y de rechazo (inaceptables) de un lubricante, por supuesto también indican las medidas correctivas y reparaciones para cada caso, según el tipo y modelo de motor.

Estos valores y límites difieren mucho entre los diferentes fabricantes de motores, de ahí que sea necesario ciertas precauciones en el tomado de la muestra, preparación de la misma para su análisis y en su interpretación final, y más aún, muchos especialistas recomiendan su verificación por medios estadísticos, es decir el establecimiento de un patrón de desgaste específico para cada motor, basado en el análisis de varias muestras sucesivas, sacadas del motor teniendo en cuenta estrictamente los períodos de cambio que recomiendan los fabricantes de los motores.

Como referencia y para que se tenga una idea de la procedencia de las partículas de desgaste de un motor, relacionamos el siguiente cuadro.

TABLAS DE COMPOSICIÓN METALICA

<u>M e t a l</u>	<u>C o m p o n e n t e</u>
Hierro	Camisetas Engranajes Válvulas Cigüeñal
Cobre	Tubos del enfriador de aceite Cojinetes del eje de balancines Bocinas de pines de pistones Arandelas de empuje de engranajes Bomba de transferencia de combustible
Cromo	Anillos de pistones Válvulas de escape
Aluminio	Cojinetes de bancada del cigüeñal Cojinetes de biela Cojinetes de la bomba de aceite Cojinetes de engranajes Levantadores de bombas de inyección Pistones
Silicio	Proviene de contaminación externa

*Tanto los métodos de Absorción o Emisión Atómica reposan en el arrostre o suspensión, por parte del lubricante de finas partículas de desgaste o contaminación, que por su tamaño o peso no son depositadas en el cárter o retenidas por los filtros de aceite y que representan, según su cantidad, el desgaste normal o anormal de un motor.*

### ESPECTROMETRIA DE ABSORCION ATOMICA (AAE)

En este procedimiento, la muestra de lubricante se quema en una llama a muy alta temperatura y el equipo detecta cuánta energía es absorbida por un elemento químico en particular.

Como la llama disocia todos los elementos presentes, la interferencia entre ellos se elimina, empleando para cada elemento una lámpara de emisión de energía específica, cada lámpara sólo emite el espectro del elemento buscado o que se va a analizar. Sólo los átomos que corresponden a la luz emitida serán capaces de absorber su energía o radiación. Así si el tubo o lámpara usado corresponde al hierro, sólo los átomos de hierro absorberán o reducirán su energía, en mayor o menor cantidad según sea la concentración de hierro en la muestra.

Como el equipo ha sido calibrado para diferentes concentraciones, nos dará una alta precisión para cada elemento examinado. Sus lecturas son directas en PPM, es decir,

partes por millón de cada elemento, que sería el equivalente a miligramos de elemento por cada kilogramo de la muestra.

Como referencia, en los siguientes cuadros, damos algunos ejemplos de valores de desgaste determinados experimentalmente y expresados en PPM:

Desgaste Medio - Motores Diesel

Fierro	:	47.4	PPM
Aluminio	:	18.8	PPM
Cobre	:	21.5	PPM
Cromo	:	6.4	PPM
Sílice	:	17.7	PPM

Estos resultados han sido obtenidos analizando 110,000 análisis de aceites en motores diesel y según Wardman podrían considerarse como desgastes normales en motores que operan satisfactoriamente y de los cuales descartó los valores extremos, es decir, eliminó los valores altos obtenidos de motores que fallaron y los valores muy bajos alcanzados en motores con períodos de cambio muy cortos.



En el siguiente cuadro O'Hara dá valores críticos de desgaste para motores de 2 y 4 tiempos.

Valores Límites de Desgaste : PPM

	<u>Motor C</u>	<u>Motor D</u>
Cobre :	14 - 22	40 - 50
Aluminio :	13 - 20	7 - 12
Fierro :	66 - 95	63 - 73
Silicio :	13 - 18	14 - 19

Ambos motores son diesel turboalimentados, el motor C de 4 tiempos (1243 pulg.<sup>3</sup>) y el motor D 2 tiempos (1788 pulg.<sup>3</sup>).

Por su parte Volvo establece los siguientes valores para algunos modelos de motores :

Fierro	:	30	-	200	PPM
Cobre	:	3	-	20	PPM
Cromo	:	3	-	20	PPM
Níquel	:	0	-	5	PPM
Aluminio	:	5	-	30	PPM
Sílice	:	3	-	20	PPM

Toda esta diversidad de datos enfatizan nuevamente la necesidad de establecer valores para cada modelo de motor en particular.

La absorción atómica constituye un método de gran precisión, pero presenta el inconveniente de la pérdida de tiempo que significa el tener que cambiar la lámpara y calibración del equipo cada vez que se va a analizar otro elemento.

### ESPECTROSCOPIA DE EMISION ATOMICA (AES)

En esta determinación se quema también una muestra de lubricante usado, pero el detector mide los diferentes niveles de luz emitida.

La ventaja de este equipo sobre el de absorción reside en que puede analizar varios elementos en forma si multánea sin cambiar de lámparas y no precisa tampoco de una preparación especial de la muestra, de ahí el alto costo del equipo.

La espectroscopía de emisión puede ser definida como la determinación de los elementos químicos en una muestra por medición de las longitudes de ondas específicas que se producen (emisión) cuando los electrones excitados vuelven a su nivel de energía.

Cada emisión corresponderá a un elemento y midiendo la intensidad de la señal y su frecuencia se puede determinar qué elementos existen y en qué cantidad (PPM)

Ambos métodos, como ya indicáramos anteriormente, también se pueden usar con ciertas precauciones, en la determinación del agotamiento o degradación de aditivos.

Como se verá en la siguiente relación, hay elementos comunes entre el desgaste, contaminación y los aditivos y si a esta influencia añadimos los cambios químicos originados en los aditivos por el trabajo severo, y la acción del agua sobre los mismos, comprenderemos que lo más conveniente, para la determinación del desgaste del motor serían los métodos AAS y AES y lo más apropiado para evaluar el estado de los aditivos sería la identificación infrarroja.

ELEMENTOS METALICOS DE UN MOTOR

<u>DESgaste</u>	<u>CONTAMINACION</u>	<u>ADITIVOS</u>
Fe	Si	Si
Pb	Pb	Zn
Cu	B	B
Cr	Ca	Ca
Al	Al	Ba
Ni	Na	Na
Ag		Mg
Sn		P

La presencia normal de estos metales depende:

- De la metalurgia de los componentes del motor.
- Tipo de combustible.
- Formulación del lubricante

de tal modo que algunos metales pueden tener un origen múltiple, como por ejemplo :

- El "Si" en proporciones conocidas y muy baja (2 ó 3 PPM) vá incorporado en el aditivo-antiespumante pero también es el principal elemento en la tierra y polvo que ingresa al motor.
- El "Al" generalmente procede del desgaste de los pistones pero también puede provenir del polvo y la tierra.

- El "B", su presencia puede deberse a contaminación con el líquido refrigerante del motor, pero también puede formar parte de los aditivos de los aceites de cierto nivel.
- El "Pb" es uno de los elementos de los <sup>están</sup> que hechas las bancadas (metales) de biela y cigueñal y también puede estar presente por contaminación con el antidetonante de la gasolina.
- El "Ca" generalmente presente en los lubrificantes como agente detergente/dispersante puede en algunos casos proceder del anticongelante o de la contaminación con agua o polvo en ciertas localidades.

j) Identificación Química

La identificación química de ciertos elementos o estructuras moleculares mediante el análisis convencional es demasiado largo y trabajoso, de ahí que vaya dando paso a la técnica infrarroja.

Espectroscopía Infrarroja

La aplicación de la técnica infrarroja ha aumentado notablemente en los últimos años en la evaluación de la composición química de los aceites y en la determinación de los cambios químicos que pueden ocurrir en un lubricante - durante su uso.

En esta evaluación se determinan las estructuras moleculares por medio de la identificación de la luz que tiene la misma frecuencia de vibración que la estructura en particular involu

crada. Dado que se conocen perfectamente las frecuencias de vibración de muchas estructuras es posible identificar su presencia a partir de la determinación de la longitud de onda de luz que es absorbida.

En la práctica, la luz infrarroja de longitud de onda variable (generalmente entre 2 y 25 micrones) se hace pasar a través de una delgada película de lubricante. La absorbencia de una longitud de onda dada, identificará la estructura presente y la cantidad o nivel de absorbencia nos dará la concentración de esta estructura en la muestra.



En la siguiente tabla se pueden apreciar la longitud de onda y la identificación de algunos compuestos:

<u>Longitud de Onda</u> <u>Micrones</u>	<u>Significado o</u> <u>Compuesto</u>
2.9 - 3	A g u a
5.7 - 5.9	Mejorador de índice
5.7 - 5.9	Productos de oxidación
6.1-7.9- 11.6	Nitratos orgánicos
8.3 - 9.1	Detergentes sulfonados
9.3 - 9.7	Glicol (refrigerante)
9.5 - 10.5	Ditiofosfato de Zinc
12.4 - 12.8	Dilución con con combustible

Existe también la técnica infrarroja diferencial que compara la absorbencia de dos muestras. La absorbencia registrada de este modo, representa la diferencia entre las absorbencias de la muestra conocida sin uso y la por evaluar o

usada. Esto permite eliminar absorbencias para una línea de base dada.

La siguiente tabla nos muestra las longitudes de onda de mayor interés en el análisis de aceites lubricantes. Puede notarse cierta interferencia en varias longitudes de onda lo que obliga a tener mucho cuidado en la interpretación de estos espectros infrarrojos.

Así por ejemplo, la absorbencia a  $5.8 \mu$  que es importante en la determinación de la oxidación del aceite, sufre la interferencia por la presencia de dispersantes y mejoradores del índice de viscosidad.

El empleo de la espectrometría diferencial, usando el aceite sin uso como referencia, elimina las absorbencias o interferencias debidas al mejorador de índice y al dispersante. De esta manera se podría apreciar claramente lo indeseable formsión de nitratos a  $6.1$  micrones y de productos de oxidación a  $5.8$  micrones.

ESPECTROFOTOMETRIA INFRARROJA DE ACEITES USADOS

<u>ABSORCION</u> - <u>Long. Onda</u> $\mu$	<u>TIPO</u> <u>Vibraciones</u>	<u>De</u> <u>COMPONENTE</u>	<u>NATURALEZA</u> d <u>e</u> <u>l</u>	<u>INTERFERENCIA</u>
2.9, 6.05	O-H	A g u a		Glicol y Produc tos de Oxidaci3n
5.85, 8.6	C=O	Oxidaci3n Dispersantes		Dispersantes y Mejoradores de Viscosidad
		Mejoradores del Indice- de Viscosi- dad		Oxidaci3n y Mejo radores de Visc.  Oxidaci3n y Dispersantes
6.1, 7.9, 11.6	O-N=O	Nitrato Org3nico		Alquenos
6.4	C-N=O	Comp. Nitrados		
8.5, 9.5	SO <sup>3</sup> Asim3t.	Sulfonato Deter gente		Oxidaci3n
9.3	C-O	GLICOL		Antioxidante
9.5 - 10.5	P-O-C	Ditiofosfato de Zinc		Arom3ticos
10. 20.0	C-H	Diluci3n con Combustible		Insaturaci3n

#### Capítulo IV      C o n c l u s i o n e s

Los análisis de aceites lubricantes usados se hacen primordialmente para determinar cuan agotados están sus aditivos o a cuanto ha llegado su contaminación. Los métodos empleados para esto, generalmente involucran el análisis espectrométrico de varios elementos inorgánicos para determinar tanto los elementos de los aditivos como de los contaminantes. También incluyen técnicos para determinar insolubles, acidez, alcalinidad y viscosidad todo lo cual tiene relación con el funcionamiento del motor. Su correlación con el estado del motor debe establecerse y corregirse antes de que sea perjudicial para el motor.

En este sentido es muy importante no exceder las instrucciones de los fabricantes en lo que se refiere a la calidad o nivel de rendimientos del aceite y a los períodos de cambio.

Los fabricantes de motores al establecer sus recomendaciones de cambio se han basado tanto en pruebas de campo como en el conocimiento de las cualidades y limitaciones de sus equipos y aunque estas recomendaciones nos parezcan elevadas son valaderas en las condiciones normales de operación - en sus respectivos países y esta normalidad involucra muchos factores, desde el buen mantenimiento y puesta a punto del motor hasta las buenas normas de manejo, combustibles, lubricantes y filtros de alta calidad, carreteras en buen estado, etc.

Los lubricantes modernos y de alto rendimiento protegen los motores en estas circunstancias y ciertamente, proporcionan un amplio márgen de seguridad para varias condiciones anormales. Pero no debe abusarse de ellos, ni exagerando su tiempo de operación, ni esperando un rendimiento o protección de un aceite de menor calidad que la recomendada por el fabricante y que no ha sido diseñado de acuerdo a las exigencias y servicio que va a prestar el motor.

Capítulo V      A n e x o s

En esta sección se incluyen información y ciertos cuadros referentes a :

- Lista de problemas en motores, origen ( 1) y efectos.
- Tabla para determinar la dilución con ( 2) diesel de un lubricante.
- Métodos ASTM para análisis de lubricantes ( 3) tes.
- Límites de operación para aceites usados, criterio y referencias de otro autor. ( 4)
- Límites de operación para aceites usados y normas de cambio según Diesel Detroit. ( 5)

- Niveles de rendimiento de los lubricantes y normas de cambio para automóviles norteamericanos - motores a gasolina. ( 6)
- Niveles de rendimiento de los lubricantes y normas de cambio para automóviles europeos - motores a gasolina. ( 7)
- Niveles de rendimiento de los lubricantes y normas de cambio para automóviles japoneses. ( 8)
- Niveles de rendimiento de los lubricantes y normas de cambio para automóviles con motor diesel. ( 9)
- Niveles de rendimiento de los lubricantes y normas de cambio para motores diesel norteamericanos. (10)

- Niveles de rendimiento de los lubricantes y normas de cambio para motores diesel europeos. (11)
- Exigencias de TBN o reducciones en los períodos de cambio en función del contenido de azufre en el combustible de los motores diesel. (12)
- Correspondencia entre las exigencias API y las especificaciones militares (13)
- Clasificación de las Viscosidades para aceites automotores según la SAE. (14)
- Comparación de diferentes escalas de viscosidades. (15)
- Cuadro de conversión entre las diferentes unidades de viscosidad. (16)
- Tabla de conversión entre viscosidad cSt vs S.U.S. (17)



-Cuadros de corrección de viscosidades entre las antiguas temperaturas de medición (100 y 210° F) y las actuales (40° y 100° C). (18)

\* \* \* \* \*

**ENGINE PROBLEM CHECK LIST**

Used Oil Test Result	Primary Causes	Specific Factors	Engine/Oil/Coolant Conditions Responsible
Water Present	Condensation	Low temperature operation	Stop-and-go driving. Low cooling jacket temperature. Excessive engine idling. Inadequate crankcase ventilation.
	Coolant leakage	Leaking head gasket	Defective or blown gasket. Improperly torqued cylinder head.
		Leaking seals on wet side liners	Improper installation; defective seals.
	Cracked block or cylinder head	Ring belt area	Freezing of engine coolant; overheating from insufficient coolant in system.
Poor Blotter Spot/ High Insolubles	High blowby	Exhaust system restrictions	Worn rings or liners; stuck or broken rings.
		Improper operation of centrifuge	Plugged exhaust manifold, pipe, or muffler.
	Faulty oil purification <sup>1</sup>	Rich operation	Water washing can introduce water into system.
	Fuel soot or lead compounds	Worn rings or liners, stuck rings	Overfueling; restricted air intake.
		Defective injectors	Poor mechanical condition of the engine.
	Fuel soot (diesel) Oil breakdown	High temperature operation	Poor spray pattern; dribbling nozzles.
		Extended oil drain periods	Excessive peak power operation; engine maladjusted or in poor mechanical condition.
Viscosity Increase		Oil pumping	Improper preventive maintenance practices.
	Dirt and dust	Inadequate air filter maintenance	High crankcase oil level. Worn bearings, valves, guides, and rings.
		Air leaks in intake system	Improper or poor preventive maintenance practices.
	Engine metals	Wear, corrosion, or failed parts	Poor mechanical condition of intake system.
		Fuel soot or lead	See items under Metals by Spectrograph.
Viscosity Decrease General Gasoline engines	Contamination	Water	See items under Blotter Spot/Insolubles. See items under Water.
	Oxidation and/or nitration	High temperature operation	All engines: overextended oil drains; inadequate cooling; excessive peak power operation.
	Use of a higher viscosity product	Misapplication	Gas and gasoline engines: too lean fuel mixture; overly advance spark.
Viscosity Decrease General Gasoline engines	Use of lower viscosity product	Misapplication	Initial fill or make-up with wrong product; improper recommendation; use of "viscosity improver" supplement.
	Fuel dilution	Rich carburetion	Initial fill or make-up with wrong product; improper recommendation.
		Poor combustion	Improperly adjusted or malfunctioning choke; improperly adjusted carburetor.
		Ignition difficulties	Worn or stuck rings; poor valve performance; low operating temperature; wrong heat range spark plugs.
		Low cooling jacket temperature	Fouled spark plugs; improper timing; loose wiring or faulty ignition cables; cross firing; faulty condenser coil.
Viscosity Decrease General Gasoline engines	Raw gasoline in oil	Excessive high speed operation or poor-quality oil	Excessive engine idling; stop-and-go service; improperly operating cooling system.
	Multiviscosity oil breakdown		Ruptured fuel pump diaphragm. Shearing of viscosity index improver.

ENGINE PROBLEM CHECK LIST (Continued)

Used Oil Test Result	Primary Causes	Specific Factors	Engine/Oil/Coolant Conditions Responsible
Diesel engines	Fuel dilution	Overfueling	Oversize injectors; restricted air supply or exhaust system; restricted fuel return line.
		Poor combustion	Ring sticking or breakage; dribbling injectors; poor injector spray pattern; worn rings and liners; restricted air supply or exhaust system.
		Cracked or broken fuel line fittings	Mechanical or engine vibration problems.
High-Than-Normal Trace Metals by Spectro Analysis	Outside contaminants; coolants; additives; engine metals from wear and corrosion	Metals found in used engine oils (asterisk indicates those to be monitored for level and/or change):	Source of metals in used engine oil:
		Aluminum*	Piston, bearings, and cylinders; dirt and dust contamination.
		Barium	Oil additive; diesel fuel additive.
		Boron*	Cooling water conditioners.
		Calcium	Oil additive (major); dirt and dust contamination (minor).
		Chromium*	Rings, cylinder liners, plated rocker arms, or crankshafts; cooling water conditioners.
		Copper*	Bearings and bushings; air filter mesh.
		Iron*	Engine parts.
		Lead*	Gasoline antiknock additive (major—gasoline engines); bearings.
		Magnesium	Oil additive (major); sea water contamination (minor).
		Phosphorus	Oil additive.
		Silicon*	Sand and dust contamination (major); wear of engine parts (minor).
		Silver*	Bearings (EMD locomotives).
		Sodium*	Sea water contamination; cooling water conditioners; dust contaminant.
		Tin*	Tin-plated pistons; bearings.
		Zinc	Oil additive (major); bearings (minor); galvanized metal surfaces.
Low Alkaline Reserve (diesel engines)	Contamination from fuel sulfur acids	High sulfur fuel	Oil not high enough TBN; over-extended drain period.
		Excessive blowby	Poor combustion; poor mechanical condition of engine.
	Oil oxidation	Excessive operating temperatures	Excessive peak power operation; poor mechanical condition of engine.
	Faulty oil purification <sup>1</sup>	Inadequate water washing during purification	Strong acids not removed.
Infrared Analysis (Gas Engines)			
Increased absorption at 5.8 microns	Oil oxidation	Excessive operating temperatures	High piston and cylinder temperatures; high fuel oil temperatures; engine hot spots.
Increased absorption at 6.1 microns	Nitrogen fixation (nitrogen oxides)	Improper combustion	Improper and/or poor operating practices, such as poor combustion, engine overload, faulty crankcase ventilation, fuel ratios, improper spark timing, and excessive blowby.

<sup>1</sup>Large marine or stationary engines.

## ESTIMATION OF FUEL DILUTION FROM CRANKCASE OIL VISCOSITIES

		SAYBOLT UNIVERSAL VISCOSITY AT 100 DEG. F.																					
		300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400			1500
FUEL-OIL DILUTION - PERCENT	0	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	0	FUEL-OIL DILUTION - PERCENT
	1	285	335	385	430	475	525	570	615	660	710	760	805	850	895	940	1025	1125	1225	1310	1400	1	
	2	270	320	365	405	450	495	540	580	625	670	715	755	800	840	880	965	1050	1135	1225	1300	2	
	3	260	305	350	390	430	470	510	550	590	640	670	710	750	790	830	900	980	1050	1140	1220	3	
	4	250	295	335	375	410	445	485	520	555	595	635	670	705	740	780	850	910	990	1060	1125	4	
	5	245	280	320	355	390	425	460	495	520	560	600	630	660	690	725	800	850	925	985	1025	5	
	6	235	270	305	335	370	400	435	465	490	525	560	590	625	655	685	745	800	865	920	980	6	
	7	225	260	295	320	350	380	410	435	465	495	530	560	590	615	640	700	750	810	860	900	7	
	8	215	250	280	305	330	360	390	415	440	470	500	525	555	575	600	660	700	760	805	845	8	
	9	210	240	265	290	315	340	370	390	415	440	470	495	520	540	565	620	655	705	750	790	9	
	10	200	230	255	275	300	325	350	370	395	415	440	465	490	510	525	575	610	650	700	725	10	
	11	195	220	245	265	285	305	330	350	375	395	420	440	460	475	495	540	570	615	655	680	11	
	12	185	210	235	250	270	290	315	335	355	375	395	415	435	450	460	510	535	575	610	630	12	
	13	180	205	225	240	260	280	300	320	340	360	375	390	410	420	430	470	500	530	565	595	13	
	14	170	195	215	230	245	265	285	305	320	340	355	370	390	395	405	440	470	495	525	555	14	
15	165	185	205	220	230	250	270	290	305	320	335	350	365	370	380	410	440	465	490	510	15		

Note - Table is based on a fuel-oil viscosity of 37 sec. Saybolt Universal at 100 deg. F.

This tabulation may be used to determine the approximate percentage of fuel oil contained in a sample of used Diesel-engine lubricating oil if the Saybolt Universal Viscosity at 100 deg. F. of the used oil and of the oil when new is known. To use this chart, pick the column headed by the viscosity nearest that of the new oil. Then in that column find the viscosity nearest to that of the used oil sample, and in the same horizontal line in the outside columns (headed Fuel-Oil Dilution) is given the percentage of fuel dilution.

Viscosity of the used oil sample may be determined in the laboratory by a standard Saybolt viscosimeter or it may be obtained with sufficient accuracy by the use of a portable viscosimeter such as the "Visgage". The viscosity of the oil when new may be obtained in the same way or taken from the suppliers specification.

Example: A sample of used oil is found to have a viscosity of 755 sec. at 100 deg. F. The oil when new had a viscosity of 850 sec. at 100 deg. F. In the column headed by 850 sec., a viscosity of 755 sec. lies in the horizontal line corresponding to a fuel dilution of two per cent.

Common Name	ASTM Designation <sup>1</sup>	ASTM Name (Standard Method of Test for:)
Gravity or Density <sup>2</sup>	D 287	API Gravity of Crude Petroleum and Petroleum Products (Hydrometer Method)
Color <sup>2</sup>	D 1500	ASTM Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale)
Carbon Residue <sup>2</sup>	D 189	Conradson Carbon Residue of Petroleum Products
Flash and Fire Points (Cleveland Open Cup—COC)	D 92	Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup
Flash Point (Closed Cup)	D 93	Flash Point by Pensky-Martens Closed Tester
Pour Point <sup>2</sup>	D 97	Pour Point
Viscosity (Centistokes)	D 445	Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (Kinematic and Dynamic Viscosities)
Viscosity Index <sup>2</sup>	D 2270	Calculating Viscosity Index from Kinematic Viscosity
Viscosity Conversion	D 2161	Conversion of Kinematic Viscosity to Saybolt Universal Viscosity or to Saybolt Furol Viscosity
Viscosity-Temperature Charts	D 341	Standard Viscosity-Temperature Charts for Liquid Petroleum Products
Water Dilution	D 322	Dilution of Gasoline-Engine Crankcase Oils
Water	D 95	Water in Petroleum and Other Bituminous Materials
Stability Tendency	D 892	Foaming Characteristics of Lubricating Oils
Insolubles	D 893	Insolubles in Used Lubricating Oils
Precipitation Number	D 91	Precipitation Number of Lubricating Oils
Trace Sediment	D 2273	Trace Sediment in Lubricating Oils
Acid Number (TAN or TAN ),	D 664	Neutralization Number by Potentiometric Titration
Base Number (TBN or TBN ),		
pH		
TAN by Perchloric Acid Method	D 2896	Total Base Number of Petroleum Products by Potentiometric Perchloric Acid Titration
or Alkalinity Value		
TAN, SAN, TBN (Colorimetric) <sup>2</sup>	D 974	Neutralization Number by Color Indicator Titration
Ash <sup>2</sup>	D 482	Ash from Petroleum Products
Ash (Sulfated)	D 874	Sulfated Ash from Lubricating Oil and Additives
Metals <sup>2</sup>	D 811	Chemical Analysis for Metals in New and Used Lubricating Oils
Phosphorus <sup>2</sup>	D 1091	Phosphorus in Lubricating Oils and Additives
Sodium <sup>2,3</sup>	D 1026	Sodium in Lubricating Oils and Additives (Gravimetric Method)
Sulfur <sup>2,3</sup>	D 1552	Sulfur in Petroleum Products (High Temperature Method)

These numbers may be followed by a dash (—) and other numbers or letters which indicate year of issue, revision, and/or option.

<sup>2</sup> Used primarily for fresh oils or additives.

<sup>3</sup> Sulfur can also be measured by other methods including D 129, D 1551, or D 2622.



RECOMMENDED OPERATING LIMITS FOR USED ENGINE OIL TESTS

	Test Method <sup>1</sup>	Gasoline Engines	Automotive Diesel Engines	(RR) Railroad Diesel Engines	Marine Trunk-Type Diesel Engines	Gas Engines
<b>Basic Tests</b>						
Appearance and Odor		No Numerical Limits — Interpreted by Observer				
Witness		No Numerical Limits — Interpreted by Observer				
Bitter Spot Test		No Numerical Limits — Interpreted by Observer				
Viscosity Increase at 100°F, %, Max. <sup>2</sup>	445	50	35	25	35	50
Viscosity Increase at 210°F, %, Max. <sup>2</sup>	2161	35	25	10	25	25
Viscosity Decrease at 100°F, %, Max.		25 <sup>3</sup>	25 <sup>3</sup>	25 <sup>3</sup>	25	—
Fuel Dilution, Vol %, Max.		5	5	5	—	—
<b>Trace Metals, ppm, Max.</b>						
Aluminum		40	40	20	40	40
Boron		—	—	40	—	—
Chromium		40	40	20	40	40
Copper		40	40	100 <sup>4</sup>	40	40
Iron		100	100	100	100	100
Lead		—	100	100	100	40
Silicon		20	20	10	20	10
Silver		—	—	6 <sup>+</sup>	—	—
Sodium		—	—	100	—	—
Tin		40	40	—	—	—
Zinc		—	—	10	—	—
<b>Supplementary Tests</b>						
Flash, Point, °F	92	5	5	350	390	—
Water, Vol %, Max.	95	0.2	0.2	0.2	0.5	0.1
Glycol Test	2982	Negative	Negative	—	—	Negative
<b>Insolubles</b>						
Pentane, Wt %, Max.	893	1.5	1.5	—	2.5	0.5
Benzene, Wt %, Max.	893	0.7	0.7	—	2.0	—
Oxidation Resins (Pentane-Benzene), Wt %, Max.	893	1.0	1.0	—	—	—
Coagulated Pentane, Wt %, Max.	893	—	—	3.0	—	—
Coagulated Benzene, Wt %, Max.	893	—	—	2.5	—	—
<b>Alkaline Reserve</b>						
Total Base Number	2896	—	2	2	6	2
pH	664	—	4	5	—	3
<b>Infrared Spectrograph, Differential Absorbance/cm, Max.</b>						
At 6.1 Microns (Nitration)		—	—	—	—	50
At 5.8 Microns (Oxidation)		—	—	—	—	50

Numbers refer to ASTM D \_\_\_\_\_ method

Limit based on SAE 30 viscosity oils (RR-SAE 40) under normal operation; limit can be varied for other viscosity number oils and special operation conditions.

Fuel dilution will usually control.

Limits for EMD engines. Other makes: Copper—40 ppm; silver—no limit.

Should be measured and compared with fresh oil value when fuel dilution suspected.

Warning if rapid drop to 50% of fresh oil level.

DIESEL DETROIT

USED LUBE OIL ANALYSIS GUIDELINES

	ASTM Designation	ENGINE SERIES				
		2-CYCLE Series 149	2-CYCLE Series 92	2-CYCLE Series 71	2-CYCLE Series 53	4-CYCLE Series 8.2L
Pentane Insolubles, Wt. %	D-893	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Carbon (Soot) Content Wt. % Max.	TGA †	0.80	0.80	0.80	0.80	2.00
Viscosity at 100°F, SUS	D-445 & D-2161					
% Max. Increase		40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
% Max. Decrease		15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Total Base Number (TBN), Min.	D-664	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Total Base Number (TBN), Min.	D-2896	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Water Content (Dilution), Vol. %, Max.	D-85	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Flash Point, °F, Max. Reduction	D-92	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Fuel Dilution, Vol. %, Max.	—	1.00	2.50	2.50	2.50	2.50
Glycol Dilution, PPM., Max.	D-2982	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Iron Content, PPM., Max.	‡	35	150	150	150	250
Sodium Content, PPM Max. Allowed Over Lube Oil Baseline	‡	50	50	50	50	50
Boron Content, PPM., Max. Allowed Over Lube Oil Baseline	‡	20	20	20	20	20

† TGA = Thermogravimetric analysis used and recommended by Detroit Diesel. No ASTM procedure designation.  
 ‡ Elemental analyses are conducted using either emission spectographic or atomic absorption instruments. Neither method has ASTM designation.

RECOMMENDED LUBE OIL DRAIN AND FULL-FLOW FILTER CHANGE INTERVALS WHEN BURNING LOW SULFUR DIESEL FUELS (0.5% BY WT. OR LESS)\*

SERVICE APPLICATION	ENGINE SERIES	ENGINE DESIGN	LUBE OIL DRAIN INTERVAL **	FILTER CHANGE INTERVAL
Hwy. Truck & Inter-City Buses	71 & 92	2-Cycle	20,000 Miles	20,000 Miles
	8.2L	4-Cycle	6,000 Miles	6,000 Miles
City Transit Coaches & Pick-Up & Delivery Truck Service (Stop-and-Go) Short Distance	53, 71, 92	2-Cycle	12,000 Miles	12,000 Miles
	8.2L	4-Cycle	6,000 Miles	6,000 Miles
Industrial & Marine	53, 71, 92	2-Cycle	150 Hours	150 Hours
	8.2L	4-Cycle	150 Hours	150 Hours
Large Industrial & Marine	149 (NA)	2-Cycle	500 Hrs. or One Yr.	500 Hrs. or One Yr.
	149 (T)	2-Cycle	300 Hrs. or One Yr.	300 Hrs. or One Yr.
Stationary (Stand-By) Engines	53, 71, 92	2-Cycle	150 Hrs. or One Yr.	150 Hrs. or One Yr.
	149	2-Cycle	150 Hrs. or One Yr.	150 Hrs. or One Yr.
	8.2L	4-Cycle	150 Hrs. or One Yr.	150 Hrs. or One Yr.
Generator Sets (Prime Power)	53, 71, 92	2-Cycle	500 Hrs. or One Mo.	500 Hrs. or One Mo.

# 1983 CRANKCASE & FILTER CHANGE INTERVALS

MAKE	ENGINE	API SERVICE CLASSIFICATION	CRANKCASE DRAIN INTERVALS				OIL FILTER CHANGE			
			NORMAL DRIVING		SEVERE SERVICE		NORMAL DRIVING		SEVERE SERVICE	
			MILES	MONTHS	MILES	MONTHS	MILES	MONTHS	MILES	MONTHS
American Motors	All	SF	7,500●	7.5●	2,500★	—	7,500●◆	7.5●◆	—	—
Chrysler, Dodge, Plymouth	All	SF, SF-CC	7,500■	12■	3,000	3	15,000☆	12☆	6,000	6
Ford, Lincoln, Mercury	Turbo (U.S.)	SF, SF-CC, SF-CD	5,000	5	3,000	3	5,000	5	3,000	3
	Turbo (Can.)	SF, SF-CC, SF-CD	6,000	12	3,000	3	6,000	12	6,000	6
	All Others	SF, SF-CC, SF-CD	7,500	12	3,000	3	7,500†	12†	6,000	6
General Motors	Gasoline	SF, SF-CC, SF-CD	7,500	12	3,000	3	15,000††	12	3,000	3
	Diesel 6-, 8-cyl.	SF-CC, SF-CD	5,000	—	2,500	3	5,000	—	2,500	3
	Diesel 4-cyl.	SF-CC, SF-CD	3,750	12	2,000	3	7,500‡	12	2,000	3

● After changing at first 5000 miles/5 months for all except Alliance. Time interval for Alliance is 6 months.  
 ★ Eagles only.  
 ◆ Four-cylinder engine; recommended at this interval but required every other oil drain. Alliance: first 7,500 miles/6 months then every other drain.  
 ■ Police or limousine in normal highway operation; 5,000 miles/6 months. Police, taxi or limousine in severe or urban operation: use Severe Service recommendations.  
 ☆ If mileage is less than 7,500 miles per 12 months, change each oil drain. Police, taxi or limousine: every other oil drain.  
 † For Canadian vehicles and U.S. 2.3 liter and 3.3 liter engines. All others: first oil drain then every 15,000 miles/12 months.  
 †† Turbocharged engines: change every oil drain. Others: after changing at first oil drain.  
 ‡ After changing at first oil drain.

CHART 1

## 1983 CHASSIS LUBRICANTS

Steering, Suspension

MAKE	TYPE	PART/SPEC NO.
American Motors	#2 Lithium●	8991230●
Chrysler	#2 Barium EP	2525035
Ford	#2 Lithium★ (Suspension)	M1C75-B
	#4-5 Lithium◆ (Steering)	M1C92-A II
General Motors	#1-2 Multipurpose EP■	6031-M■

● Except Alliance.  
 ★ Containing polyethylene & molybdenum disulfide.  
 ◆ Containing polyethylene  
 ■ Test measures E.P. and antiwear properties.

CHART 2

## 1983 CHASSIS LUBRICATION INTERVALS

Steering, Suspension

MAKE	MONTHS	MILES	METHOD
American Motors Steering: Concord, Spirit Eagles	15●	15,000●	Plugs, Fittings
	7.5★	7,500★	
Chrysler	36◆	30,000◆	Fittings
Ford	30	30,000	Plugs, Fittings
General Motors	12■	7,500■	Fittings

● After lubricating at first 12.5 months/12,500 miles.  
 ★ After lubricating at first 5 months/5000 miles.  
 ◆ One half this interval for severe service.  
 ■ Diesel engine cars. 5000 miles.

CHART 3

## 1983 GEAR LUBRICANTS

MAKE	MANUAL TRANSMISSIONS/ TRANSAXLES	DIFFERENTIAL	
		STANDARD	LIMITED-SLIP
American Motors	GL-5●	GL-5★ or 8991018	GL-5★ or 8991018
Chrysler	Transaxles: A-412: GL-4 or 3744994 Others: DEXRON® II	GL-5 or 3744994	GL-5★ or 3744994◆
Ford	4-, 5-speed M2C83-C Transaxles Type F■	M2C154-A	M2C158-A☆
General Motors	Transmissions: 4-speed: GL-5 5-speed: SF 5W-30† 5-speed: DEXRON®-II†† Transaxles: 4-speed: DEXRON®-II 5-speed: SF 5W-30‡	GL-5‡‡ or 1052271‡‡	1052271‡‡

● For top-up or refill.  
 ★ For top-up only. Obtain refill from dealer.  
 ◆ For refill use 3744994 and 4057100 (additive).  
 ■ Or DEXRON®-II.  
 ☆ Equivalent to M2C154-A plus 4 ounces M2C118-A friction modifier.  
 † Chevette and 1000 with diesel engines.  
 †† Camaro, Firebird, Chevette and 1000 with gasoline engines.  
 ‡ Cavalier, 2000, Skyhawk, Firenza and Cimarron.  
 ‡‡ Riviera, Toronado, Eldorado and Seville final drive also.  
 ‡‡‡ For refill use 1052271 plus 4 ounces 1052358 additive.

CHART 4

## 1983 AUTOMATIC TRANSMISSION FLUIDS AND DRAIN RECOMMENDATIONS SEVERE SERVICE

MAKE	FLUID	MONTHS	MILES
American Motors	DEXRON®-II●	Eagles: 27.5★	27,500★
		Alliance: 24★	30,000★
Chrysler	DEXRON®-II●	—	15,000
Ford	C-5: Type H Others: DEXRON®-II●	—	30,000
		—	30,000
General Motors	DEXRON®-II●	—	15,000◆

● Including automatic transaxles.  
 ★ Normal service interval.  
 ◆ Normal service interval is 100,000 miles.

CHART 5



**U.S. ENGINE MANUFACTURER OIL DRAIN SCHEDULES  
FOR GASOLINE POWERED VEHICLES**

ENGINE MANUFACTURER	MODEL YEAR			
	1981		1982 AND 1983	
	MONTHS	mi (km)	MONTHS	mi (km)
AMERICAN MOTORS	12	7,500 (12,000)	12	7,500 (12,000)
CHRYSLER	12	7,500 (12,000)	12	7,500 (12,000)
FORD				
V-8 ENGINES	12	7,500 (12,000)	12	7,500 (12,000)
4 & 6 CYL. ENGINES	12	10,000 (16,000)	12	7,500 (12,000)
GENERAL MOTORS	12	7,500 (12,000)	12	7,500 (12,000)

- SF OR SF/CC QUALITY.
- EXTENDED DRAIN INTERVALS NOT LIKELY.

EUROPEAN CAR MANUFACTURERS  
CURRENT GASOLINE ENGINE OIL RECOMMENDATIONS

MANUFACTURER	SAE GRADE	API CLASSIFICATION	OIL DRAIN INTERVALS, km
BRITISH LEYLAND (BLS-22-OL-02)  AUSTIN MORRIS  JAGUAR	15W- MULTIGRADES OR 10W-40 (20W-50 ABOVE 0°C)	SE + CCMC	19,000  10,000
FORD EUROPE (SSM-2C-9001A)	10W-30 OR 10W-40 UP TO 20W-50	SE	10,000
GM EUROPE (OPEL AND VAUXHALL) (GM 6136-M)	10W-40 TO 20W-50	SE	10,000
RENAULT	—	SE/CC + CCMC	10,000-16,000
PEUGEOT-CITROEN TALBOT	—	SE/CC + CCMC	10,000
FIAT	15W-40 PREFERRED	SE + CCMC	10,000
MERCEDES BENZ	—	SE/CC + OM 616	10,000
VOLKSWAGEN	15W-40 OR 15W-50 PREFERRED (20W-50 ABOVE -10°C)	SE + CCMC	10,000
VOLVO	10W-30 OR 10W-40 (20W-50 ABOVE 0°C)	SE + CCMC	10,000

\*OIL AND FILTER CHANGE

JAPANESE CAR MANUFACTURERS

1982 GASOLINE ENGINE OIL RECOMMENDATIONS

MANUFACTURER	SAE GRADE	API CLASSIFICATION	OIL DRAIN INTERVALS, km
TOYOTA	10W-30/40/50 (20W-50 ABOVE -12°C)	SE	15,000 5,000 (TURBOCHARGED)
NISSAN DATSUN	10W-30 OR 10W-40 (20W-50 ABOVE -7°C)	SD (PLUS)	10,000 5,000 (TURBOCHARGED)
HONDA	10W-40 OR 15W-40 (20W-50 ABOVE -12°C)	SE	10,000
MAZDA		SD (PLUS)	10,000 (FAMILA) 5,000 (OTHER CARS)
ISUZU		SC (PLUS)	5,000

Lubricants recommendation for turbo-charged gasoline engine cars in Japan

Manufacturer	Toyota	Nissan		Mitsubishi			
Name of cars	Crown, Soarer, Mark II Chaser, Cresta, Celica XX	Gloria Cedric Laurel Skyline Leopard	Bluebird Silvia Gazelle	Galant Starion	Lancer	Cordia Tredia	Mirage
Engine Type	M-EJT	L20ET	Z18ET	G63B	G62B	G32B	G12B
Maximum power (ps/rpm)	145/5600	145/5600	135/6000	145/5500	135/5800	115/5500	105/5500
Maximum torque (kg.m/rpm)	21.5/3000	21.0/3200	20.0/3600	22.0/3000	20.0/3500	17.0/3000	15.5/3000
Displacement (cc)	2000	2000	1800	2000	1800	1600	1400
T/C manufacturer	Garrett Airesearch (USA)	-	-	-	Mitsubishi HI		-
Fuel system	Fuel injection	-	-	-	-	carburation	-
Lubricant API classification SAE viscosity	SD, SE, SF S/G: SAE 30 min. M/G: SAE 10W min.	SD, SE, SF SAE 10W min.		SD, SE, SF Not specified			
Drain interval	5000 km or 6 months	5000 km or 6 months		5000 km or 6 months			
Specific requirement of cooling time for T/C	After highway driving <80 km/h: 20 sec. idling 100 km/h: 1 min. idling >100 km/h: 2 min. idling After urban driving Not specified	After highway driving 30 sec. idling  After urban driving Not specified		Not specified			

## Passenger Car Diesel Crankcase Oil Recommendations

<u>Manufacturer</u>	<u>Main</u>	<u>Performance Level</u>	<u>Viscosity Grades</u>	<u>Drain Interval</u>	<u>Special Tests</u>	<u>Manufacturer Specification</u>
General Motors	Oldsmobile Cadillac Buick	1979 & 1980 SE/CC	30, 10W/30	3,000 mi		GM 6146-M
	Chevrolet Pontiac	1981 SF/CC or SF/CD		5,000 mi		GM 6049-M
Volkswagen/ Audi	Dasher Rabbit	MIL-L-46152	15W/40, 20W/40	7,500 mi (USA) 7,500 km (Europe)		
Daimler-Benz	240D 300D	46152/CCMC	40, 30 20W/40 - 50 10W, 10W/30-40-50 5W/20 - 30	7,500 km	OM 616	page 226
Peugeot	504D	MIL-L-46152	15W/40, 20W/40	5,000 km	504D	
Citroen	CX 2500D	MIL-L-2104C	20W/30 - 40 10W, 10W/30	5,000 km	CX 2200	
Volvo	264D	SE/CC	10W/40	7,500 km		97365
Ford (Europe)	Granada D	SE	Monogrades & Multigrades	5,000 km		9001-AA
Opel	Record Ascona	SE/CC	10W/40 20W/50	5,000 km		GM 6146-M
Fiat	131D 132D	MIL-L-2104C	Monogrades 15W/40	7,500 km	SOFIM	
Renault	R-20	MIL-L-2104C	20W/40, 15W/40	5,000 km	R-20 D	
Alfa Romeo		MIL-L-2104C	Monogrades	5,000 km	500 hr. Mille Miglia type test	
British Leyland	Princess	CC/CCMC	Monogrades & Multigrades	3,000 mi		BLS 01-02
Toyota	Crown	CC or CD	10W/30	5,000 km		
	Mark-II, Blizzard Blizzard (U.S.)	SE/CC	10W/30	3,750 mi		
Nissan	Cedric Gloria, Laurel, Bluebird, Skyline	CC or CD	30, 10W/30	5,000 km		
Isuzu	Florian Gemini, 117 Coupe	CC	10W-30	5,000 km		
Mitsubishi	Galant Sigma Galant Ramda Galant Eterna	CC CD (for turbocharged engine)	30, 10W/30	5,000 km		

## U.S. DIESEL ENGINE MANUFACTURER LUBRICANT RECOMMENDATIONS

MANUFACTURER	ENGINE TYPE & SERVICE	OIL QUALITY	OIL CHEMISTRY	DRAIN INTERVAL, km	MULTIGRADE OILS
ALLIS-CHALMERS	NAT. ASPIRATED, MILD, 0.5% S FUEL	CC	PREFER HIGH ASH (1.5 wt-%)	VARIES WITH ENGINE TYPE	CONSIDERING ACCEPTANCE
	ALL TYPES, SEVERE, HIGH S FUEL	CD			
CATERPILLAR	3200 SERIES	CC/CD	HIGH TBN FOR HIGH SULFUR FUEL	10-40,000* 250 h	10W-30 FACTORY FILL 15W-40 SERVICE FILL 10W-30/40 3200 SERIES
	TURBOCHARGED	CD			
CUMMINS	ALL TYPES, STOP-AND-GO	CC/SC	1.85 wt-% ASH MAX	16,000 RECOMMENDED 19,000-25,000 TYPICAL 40,000 MAX UNDER LIGHT SERVICE	STRONGLY RECOMMENDED 15W-40
	NAT. ASPIRATED	CC			
	TURBOCHARGED	CC/CD			
DETROIT DIESEL	TWO-CYCLE	CB, CC/SC CD/SE for 15W-40	1.00 wt-% ASH MAX 0.07 wt-% Zn MIN (PREFER 0.85% ASH)	160,000 HIGHWAY 20,000 CITY 40,000 MAX FILTER CHANGE	ALLOWS SAE 15W-40 FOR COLD SERVICE [BELOW 0°C (32°F)] IF FIELD PROVEN. NOT ALLOWED IN 149 SERIES
	FOUR-CYCLE	CC/SE, CD/SE	NO SPECIFICATION	10,000, 200 h	SAE 30 ABOVE 4°C (40°F) AND MULTI-GRADE BELOW 4°C (40°F)
INTERNATIONAL HARVESTER	NATURAL ASPIRATED ON HIGHWAY	CC/SE, CD/SE, CC	NO SPECIFICATION	10,000, 200 h	SHOULD USE BELOW 4°C (40°F)
	ALL OTHER TYPES & SERVICE	CD	NO SPECIFICATION	100-200 h*	ALLOWED (15W-40 PREFERRED) FOR ON HIGHWAY NOT ALLOWED IN AG. EQUIP.
JOHN DEERE	ALL TYPES & SERVICE	MIL-C, CD/SD	NO SPECIFICATION	100 h	ONLY BELOW 0°C (32°F)
MACK	PRE-1977 ENGINES	EO-K/EO-J	NO SPECIFICATION	13,000 (25,000 WITH ESI PACKAGE)	NOT RECOMMENDED
	ALL 1977 AND PRE-1977 ENGINES RETROFITTED TO ESI+	EO-K/EO-J	NO SPECIFICATION	40,000 WITH ESI PACKAGE	15W-40, 10W-30 IF LESS THAN -18°C (0°F)
	ALL 675 AND 673 AND CALIFORNIA REGISTERED ENGINES	EO-K	NO SPECIFICATION	40,000 WITH ESI PACKAGE	SAME AS ABOVE

\*VARIES WITH ENGINE AND SERVICE CONDITIONS.

EUROPEAN DIESEL ENGINE MANUFACTURER LUBRICANT REQUIREMENTS

MAKE	ENGINE TYPE	OIL QUALITY	OIL CHEMISTRY	OIL DRAIN, km	VISCOSITY REQUIREMENT
BEDFORD	NA	MIL-L 2104B MIL-L-48152 API CC	-	5 10,000/ 3 MONTH	SG/MG
	TC	CC OR CD		10,000/ 3 MONTH	SG
BERLIET AND RENAULT	NA	CC	1.5 wt-% MAX ASH	5,000	SG/MG
	TC	MIL-L-2104C MIL-L-2104C PLUS BORE POLISH		-	20,000
BRITISH LEYLAND	NA	MIL-L-48152	-	5,000	SG/MG
		MIL-L-2104B	-	10,000	
		API CC	-	20,000	
TC	MIL-L-2104C API CD	-	VARIABLES ACCORDING TO MODEL	SG/MG	
DAIMLER-BENZ	SPEC 227.1 AND 227	MIL-L-46152/ MIL-L-2104C PLUS OM 616	1.5 wt-% MAX ASH 0.08-0.12 wt-% Zn MG SHEAR STABILITY TO CCMC	NORMAL 15,000	SG 227.1  SG 227
	SPEC 228.1	MIL-L-2104C PLUS BORE POLISH PLUS OM 616 PLUS OM 352A PLUS FIELDTEST	ZINC LIMIT DEPENDS ON OM 352A ASH LIMIT RELAXED TO 2.0 wt-%	UP TO 30,000 km	MG (15W-40)
DEUTZ	NA	CC/CD	-	15,000	-
	TC	CD			
FIAT	NA	MIL-L-2104C	-	10,000	SG/MG (15W-40)
	TC				
FORD	NA	API CC	-	TRANSIT 75,000 DELIVERY 6,500 HIGHWAY 20,000	SG/MG
	TC	API CD			
M.A.N.	SPEC 269	MIL-L-46152 CC/SE	-	LONG DISTANCE 20,000 LOCAL DELIVERY 15,000 STOP-GO HEAVY DUTY 10,000	SG (NOT 10W)
	SPEC 270	MIL-L-2104C CD/SD PLUS MWB-B			15W-40
	SPEC 271	MIL-L-2104C CD/SD PLUS MWM-B			SG (SAE 30 ONLY)
	SPEC 344	CC/SE CD/SE PLUS MWM-B	ZINC wt-% 0.1-014	HEAVY DUTY STOP-GO 25,000	
	NEW SHPDO SPEC UNDER CONSIDERATION				
PERKINS	NA	MIL-L-46152 MIL-L-2104C	-	STOP-GO 5,000	SG/MG
	TC	MIL-L-2104C+ 20% BORE POLISH IN FORD TORNADO		NORMAL 10,000	
SCANIA	NA	CC/CD	-	SHORTTRIP 10,000 HIGHWAY 20,000	SG/MG (PREFER)
	TC	CD + BORE POLISH			
ROLLS ROYCE	NA	MIL-L-46152 API CC	-	10,000	SG/15W-40/ 20W-40 MG PREFERRED
	TC	MIL-L-2104C API CD + FIELD SERVICE			
SAURER	NA	MIL-L-46152 MIL-L-2104B CC/SE	MIN TBN 7	SHORT TRIP 7,500 HIGHWAY 10,000	SG/10W-30, 15W-40, 20W-40 PREFERRED
	TC	MIL-L-2104C PLUS 100 h PETTER AV-B			
VOLVO	NORMAL			SHORT TRIP 5,000/ 8 MONTH LONG TRIP 10,000/ 6 MONTH	SG/MG
	NA	CC OR CD			
	TC	CD + BORE POLISH			
	LONG DRAIN				
	NA	CC OR CD			
TC	CD PLUS BORE POLISH TEST PLUS 200,000-km FIELD TEST	SHORTTRIP 10,000/ 6 MONTH 20,000/ 6 MONTH	MG (15W-40 ONLY)		

NA.- NORMALLY ASPIRATED  
TC.- TURBOCHARGED

SG.- SINGLE GRADE  
MG.- MULTIGRADE



## DIESEL LUBE OIL REQUIREMENTS FOR HIGH SULFUR FUELS

EQUIPMENT	FUEL SULFUR LEVEL, wt-%				COMMENTS
	0-0.5	0.5-0.75	0.75-1.0	1.0-1.5	
ALLIS CHALMERS	100 h DRAIN				DRAIN PERIODS ARE FOR FUELS WITH <0.5 wt-% SULFUR.
CATERPILLAR	CD QUALITY OIL				DRAIN PERIOD ½ NEW OIL TBN VALUE (ASTM D-2896)
	7 TBN MIN	10-15 TBN	15-20 TBN	20-30 TBN	
	DRAIN PERIOD FOR CD QUALITY 7 TBN OIL				
	NORMAL DRAIN	½ NORMAL DRAIN	¾ NORMAL DRAIN		
CONTINENTAL	CC QUALITY OIL DRAIN 50 h	CD QUALITY OIL DRAIN 50 h			
CUMMINS	MAXIMUM FUEL SULFUR LEVEL NOT TO EXCEED 1.0 wt-%. NORMAL DRAIN PERIOD 250 h.		REQUIRE HIGHER TBN OILS AND REDUCED DRAIN PERIODS		MIN. USED OIL TBN 2.0 (D-664). REFER TO ORONITE TECHNICAL INFORMATION 80-34.
DAIMLER-BENZ GERMANY	SPEC 227.0, MIL-C 15,000 km DRAIN	DRAIN INTERVAL 50% OF NORMAL			
	SPEC 227.1, MIL-C 15,000 km DRAIN				
	SPEC 228.1, SHPDO 30,000 km DRAIN				
MERCEDES BENZ BRAZIL	OIL SHOULD HAVE MINIMUM 10 TBN DUE TO GENERAL USE OF 1.0 wt-% SULFUR FUEL. DRAIN INTERVALS 10,000 km WITH ALL SULFUR LEVELS.				USED OIL MUST MAINTAIN A MINIMUM 40 TBN (D-2896) AFTER OM 352A ENGINE TEST.
DETROIT DIESEL GM	DRAIN PERIOD LONG DISTANCE HAULS ENGINE SERIES 71, 92 – CC QUALITY OIL				TO ACHIEVE THESE OIL DRAIN PERIODS, REGULAR OIL ANALYSIS IS REQUIRED AND ALL CONDEMNING LIMITS MUST BE OBSERVED.
	160,000 km	32,000 km	16,000 km	—	
	DRAIN PERIOD SHORT DISTANCES ENGINE SERIES 53, 71, 92 – CC QUALITY OIL				
	20,000 km	4000 km	2000 km	—	
	DRAIN PERIOD INDUSTRIAL AND MARINE ENGINES SERIES 53, 71, 92 – CC QUALITY OIL				MIN. USED OIL TBN 1.0 (D-664)
	150 h	30 h	15 h	—	
	DRAIN PERIOD LARGE INDUSTRIAL ENGINES SERIES 149 – CC QUALITY OIL				NATURALLY ASPIRATED TURBOCHARGED
	500 h	100 h	50 h	—	
DEUTZ	NORMAL DRAIN PERIOD – CD QUALITY OIL				
	200-240 h	100-120 h			
	15,000 km	7500 km			
FORD TRACTORS	NORMAL DRAIN PERIOD – CC QUALITY OIL				NATURALLY ASPIRATED
	150 h		75 h		
	NORMAL DRAIN PERIOD – CD QUALITY OIL				NATURALLY ASPIRATED TURBOCHARGED
	300 h		150 h		
100 h		50 h			
FORD INDUSTRIAL ENGINES	NORMAL DRAIN PERIOD – CD QUALITY OIL				NO MENTION OF FUEL SULFUR LIMITS ARE GIVEN.
	100 h				

## DIESEL LUBE OIL REQUIREMENTS FOR HIGH SULFUR FUELS (Cont.)

EQUIPMENT	FUEL SULFUR LEVEL, wt-%				COMMENTS
	0-0.5	0.5-0.75	0.75-1.0	1.0-1.5	
GARDNER	NORMAL DRAIN PERIOD – CC QUALITY OIL				MAX. RECOMMENDED FUEL SULFUR LEVEL 0.5 wt-%
	400 h 10,000 km	DRAIN MORE FREQUENTLY			
INTERNATIONAL HARVESTER	NORMAL DRAIN PERIOD – CD QUALITY OIL				
	10,000 km	5000 km	2500 km		
	200 h	100 h	50 h		
LEYLAND	NORMAL DRAIN PERIOD				MAX. RECOMMENDED FUEL SULFUR LEVEL 0.5 wt-%
	200 h, VARIES ACCORDING TO MODEL				
LISTER	CC QUALITY OIL DRAIN 250 h	CD QUALITY OIL DRAIN 250 h			
M.A.N.	LONG DISTANCES DRAIN 20,000 km SHORT DISTANCES DRAIN 10,000 km	CHANGE OIL AT 20% NEW OIL TBN VALUE. TBN METHOD NOT SPECIFIED.			
MURPHY	CC QUALITY OIL DRAIN 150 h	CD QUALITY OIL DRAIN PERIOD 150h	-		
PERKINS	CD QUALITY OIL DRAIN 200 h	10 TBN MIN. LEVEL FOR FUEL LEVEL ABOVE 0.6 wt-%. DRAIN 200 h.			
ROLLS ROYCE	AUTOMOTIVE APPLICATIONS. DRAIN PERIOD. EAGLE AND CE ENGINES.				RECOMMEND FUEL HAVING 0.5 wt-% SULFUR OR LESS
	10,000 km				
	NONAUTOMOTIVE APPLICATIONS. DRAIN PERIOD. C, SF65C, D RANGE ENGINES				MAX. RECOMMENDED FUEL SULFUR LEVEL 0.5%
200 h		-			
VOLVO	CD + BORE POLISH QUALITY "NORMAL" OIL DRAINS 10,000 km. SHPDO OIL DRAINS 20,000 km.				MAX. RECOMMENDED FUEL SULFUR LEVEL 0.5 wt-%

THE FOLLOWING EQUIPMENT MANUFACTURERS PRESENTLY HAVE NO PUBLISHED ENGINE OIL DRAIN LIMITS FOR DIFFERENT SULFUR FUELS. FOR THIS EQUIPMENT THE NORMAL DRAIN PERIOD WOULD APPLY.

DAVEY	SAURER	KOMATSU	SCHRAMM
D.A.F.	SCANIA	MACK	TOYOTA
DATSUN	HATZ	MAZDA	VERSATILE
JOHN DEERE	HERCULES	PETTER	WHITE
FIAT			

THIS LISTING IS BASED ON INFORMATION AVAILABLE TO CHEVRON CHEMICAL COMPANY UP TO JULY 1981 AND IS TO BE USED ONLY AS A GUIDE. IT ILLUSTRATES HOW SOME MANUFACTURERS ARE CONCERNED WITH THE USE OF HIGHER SULFUR FUELS AND HOW THEY HAVE REACTED BY EITHER REDUCING OIL DRAIN PERIODS OR INCREASING OIL TBN VALUES.



AUTOMOTIVE DIESEL FUEL SULFUR LEVEL  
AND ENGINE OIL TBN LEVEL REQUIREMENTS

OEM	FUEL SULFUR LEVEL, wt-%			
	0-0.5	0.5-0.75	0.75-1.0	1.0-1.5
Caterpillar	CD quality	10-15 TBN	15-20 TBN	20-30 TBN
Cummins	Fuel sulfur level not to exceed 1.0 wt-%. No specific TBN or drain interval specified.			
Detroit Diesel	CC quality 100,000-mile drains	drain interval 20% of normal	drain interval 10% of normal	-
Mack	No recommendation			
IH	CD quality 6,000-mile drains	drain interval 50% of normal		drain interval 25% of normal
Daimler Benz Germany	MIL-C 15,000-km drains	drain interval 50% of normal		
Mercedes Benz Brazil	Oil should have minimum 10 TBN due to general use of 1.0 wt-% sulfur fuel. Drain intervals 10,000 km with all sulfur levels. Used oil must maintain a minimum TBN value of 4.0 (D-2896) after OM 352A engine test.			
M.A.N. Germany	If used with high sulfur fuel, change oil at 20% of fresh oil TBN.			
Perkins	MIL-C plus bore polish control	10 TBN minimum for fuel levels above 0.6 wt-%.		
Volvo	Maximum fuel sulfur level is 0.5%	-	-	-

No Published Limits

DAF	J. I. Case	Scania	John Deere
Fiat	Saurer	Rolls Royce	Allis Chalmers

PERFORMANCE LEVEL	
API	OTHER
CA/SB	MIL-L-2104A
CB/SC	SUPPLEMENT 1 (DEF-2101D)
CC/SC	MIL-L-2104B
CC/SD	MIL-L-46152
CC/SE	MIL-L-46152
CC/SE MG	MIL-L-46152 (CCMC)
CC/SF	MIL-L-46152B
CC/SF MG	MIL-L-46152B (CCMC)
CD	—
CD/SC	MIL-L-2104C
CD/SD	MIL-L-2104C
CD/SE	MIL-L-2104C
CD+	EO-K, HPDO (PC-1)
CD/SF	MIL-L-2104C MIL-L-46152B

## SAE VISCOSITY CLASSIFICATION SYSTEM

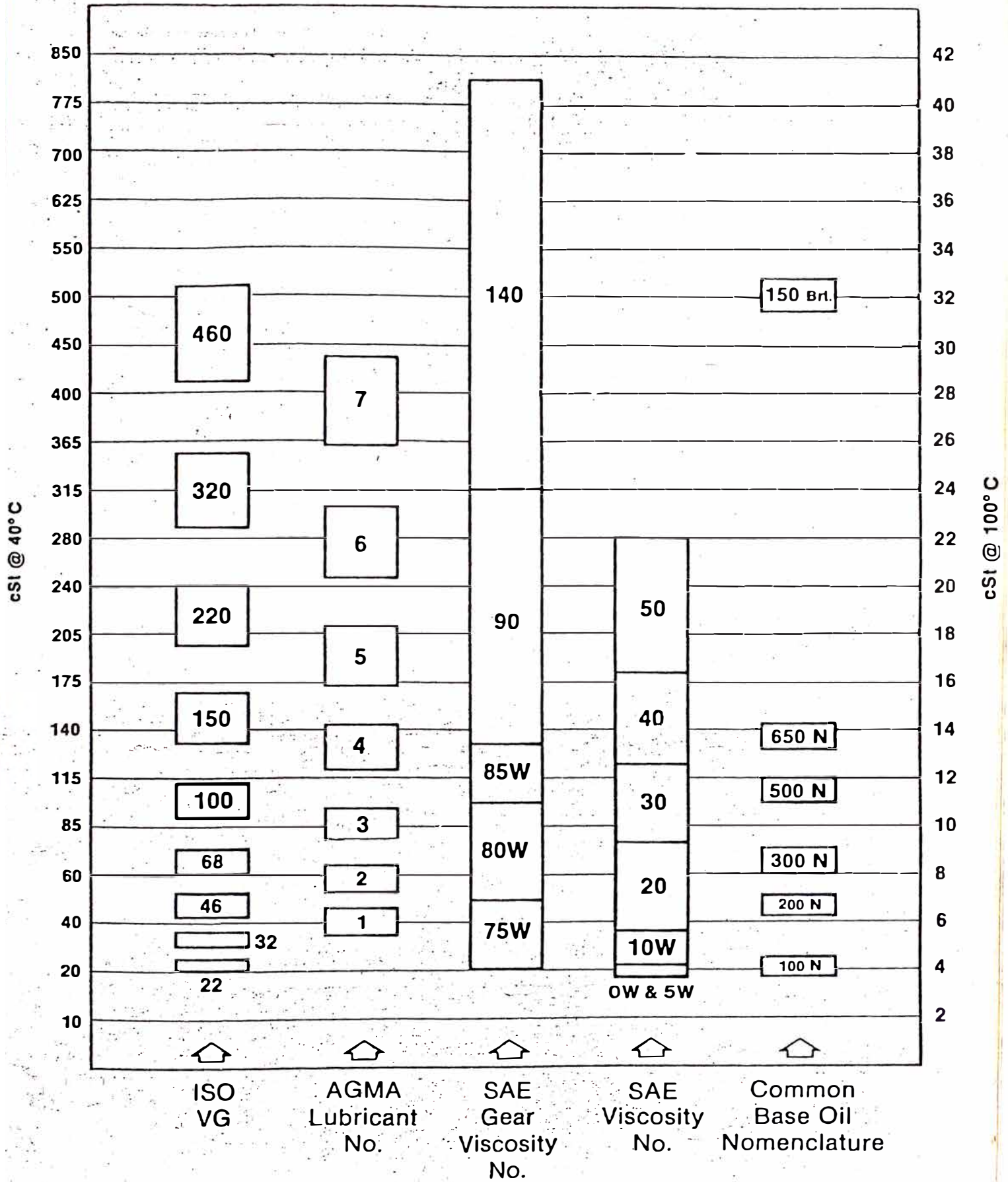
J300 SEP80

SAE GRADE	VISCOSITY AT TEMPERATURE*	BORDERLINE PUMPING TEMPERATURE**	VISCOSITY AT 100°C ASTM D-445, cSt	
	cP @ °C MAXIMUM	°C MAXIMUM	MINIMUM	MAXIMUM
0W	3250 @ -30	-35	3.8	—
5W	3500 @ -25	-30	3.8	—
10W	3500 @ -20	-25	4.1	—
15W	3500 @ -15	-20	5.6	—
20W	4500 @ -10	-15	5.6	—
25W	6000 @ -5	-10	9.3	—
20	—	—	5.6	<9.3
30	—	—	9.3	<12.5
40	—	—	12.5	<16.3
50	—	—	16.3	<21.9

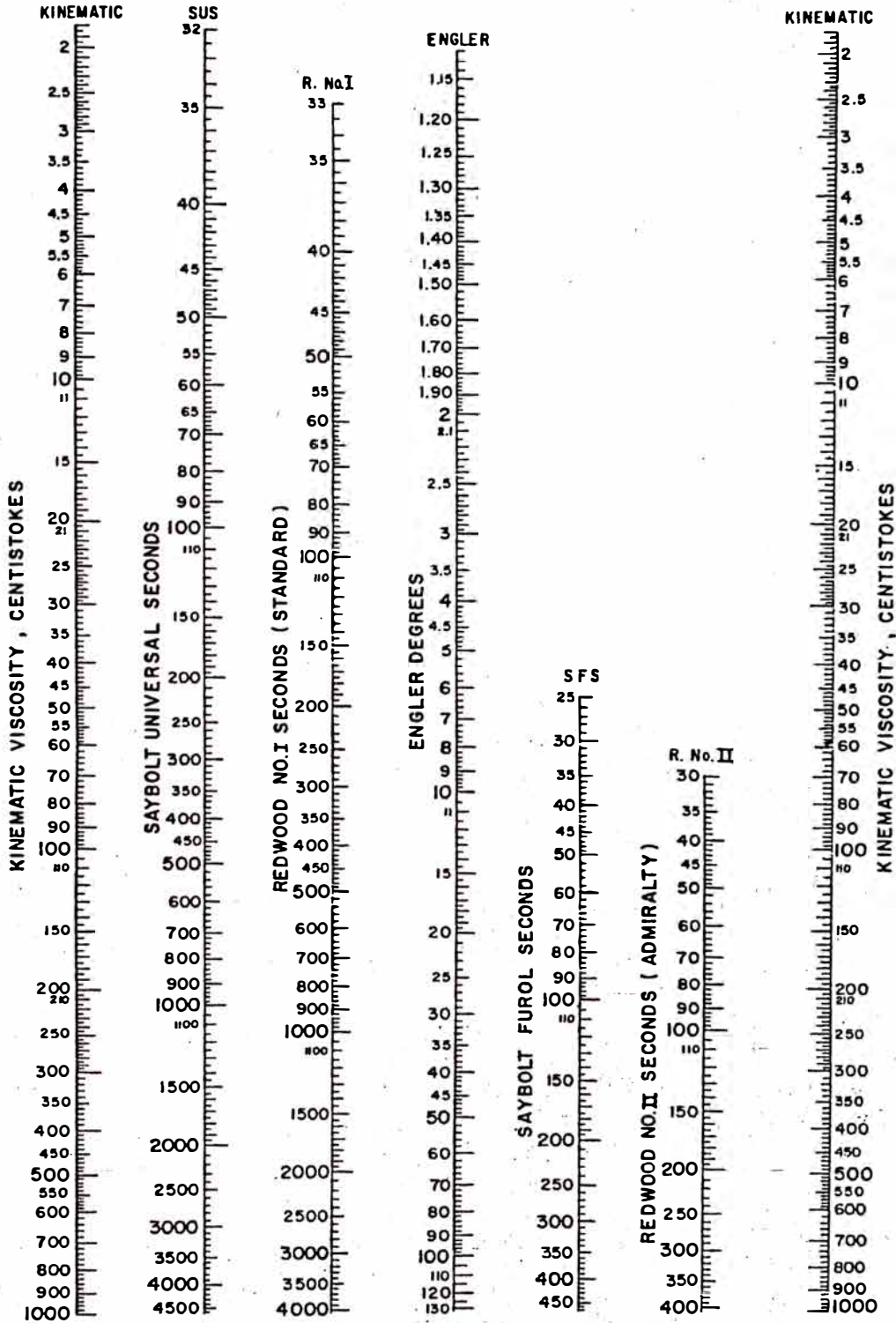
\* MEASURED BY COLD CRANKING SIMULATOR. (ASTM D-2602 EXTENSION)

\*\* MEASURED BY MINI-ROTARY VISCOMETER. (ASTM D-3829)

# Comparative Viscosity Classifications



LUBRICATION



LINE UP STRAIGHT EDGE SO CENTISTOKE VALUE ON BOTH KINEMATIC SCALES IS THE SAME. VISCOSITIES AT THE SAME TEMPERATURE ON ALL SCALES ARE THEN EQUIVALENT.

TO EXTEND RANGE OF ONLY THE KINEMATIC, SAYBOLT UNIVERSAL, REDWOOD NO. I AND ENGLER SCALES: MULTIPLY BY 10 THE VISCOSITIES ON THESE SCALES BETWEEN 100 AND 1000 CENTISTOKES ON THE KINEMATIC SCALE AND THE CORRESPONDING VISCOSITIES ON THE OTHER 3 SCALES. FOR FURTHER EXTENSION, MULTIPLY THESE SCALES AS ABOVE BY 100 OR A HIGHER POWER OF 10.

(EXAMPLE 1500 CENTISTOKES = 150 X 10 cSt = 695 X 10 SUS = 6950 SUS)

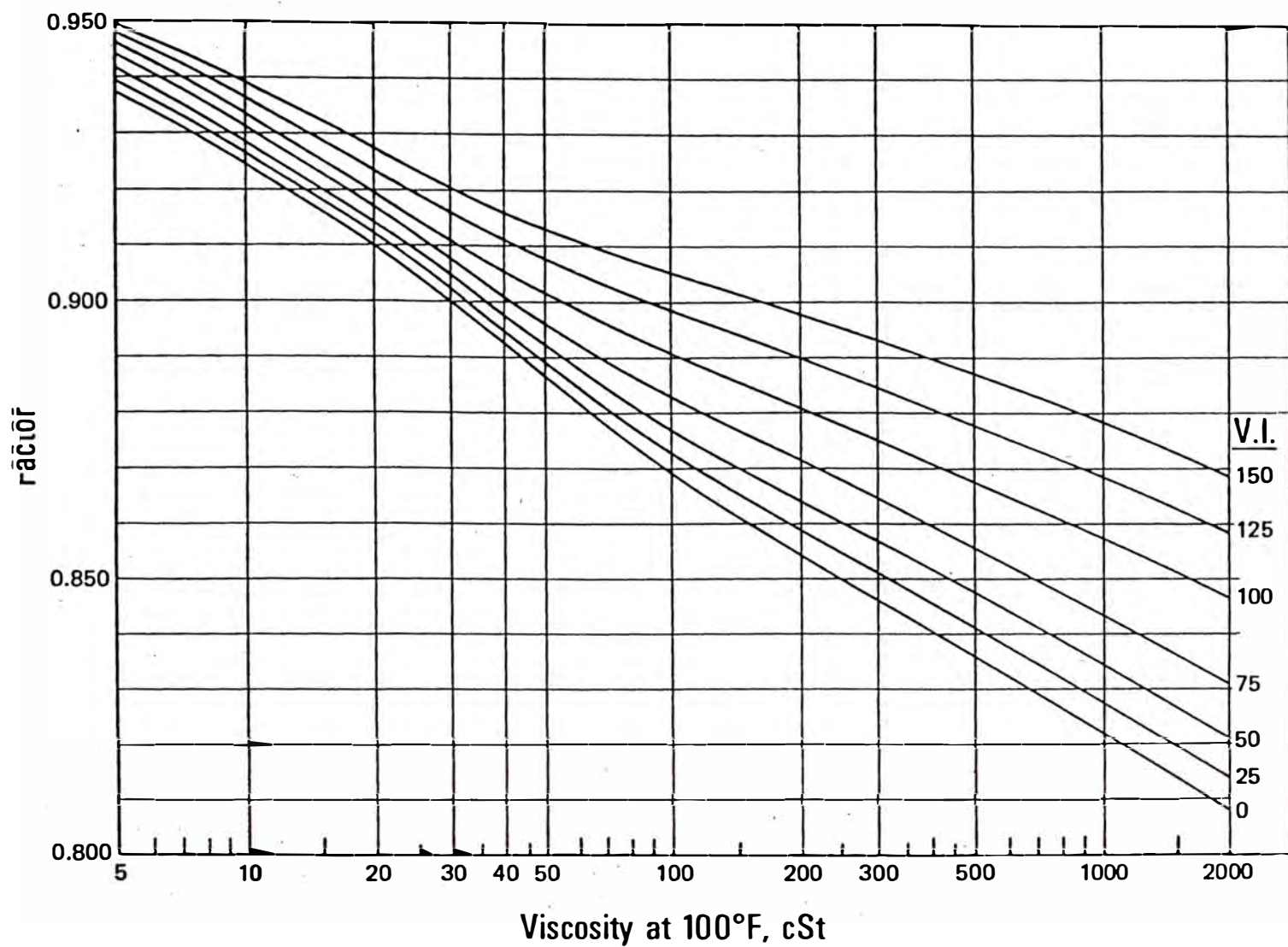
## APPROXIMATE CONVERSION OF SAYBOLT TO CENTISTOKE VISCOSITIES

This table may be used only for conversion of viscosities at the same temperature.

<u>cSt</u>	<u>SUS</u>	<u>cSt</u>	<u>SUS</u>
2.5	35	160	739
3.3	37	172	796
4.0	39	184	853
4.8	42	197	910
		209	967
5.6	44		
7.6	51	221	1024
9.4	57	233	1081
11.0	62	246	1138
12.6	68	270	1251
		295	1365
14.1	74		
15.6	80	320	1479
17.0	85	344	1593
18.5	91	369	1706
19.9	97	393	1820
		418	1934
21.2	103		
22.5	108	442	2048
23.8	114	467	2161
26.4	125	491	2275
29.0	137	516	2389
		540	2503
31.5	148		
34.0	159	565	2616
36.5	170	590	2730
39.0	182	614	2844
43.9	204	639	2958
		663	3071
48.9	227		
53.8	250	688	3185
58.8	273	713	3299
63.7	295	737	3413
68.6	318	762	3527
		786	3641
73.5	340		
78.5	363	811	3754
83.5	386	835	3868
88.5	409	860	3982
93.5	432	909	4210
		983	4555
98.5	455		
110.5	512	1106	5125
123.0	569	1229	5694
135	626	1351	6263
147	683	1474	6832
		1597	7402



# Factors to Convert $V_{100}^{\circ\text{F}}$ to $V_{40}^{\circ\text{C}}$



# Factors to Convert $V_{210}^{\circ F}$ to $V_{100}^{\circ C}$

