



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

LUBRICANTES DERIVADOS DEL PETRÓLEO,  
CLASIFICACIÓN, CARACTERÍSTICAS  
FISICOQUÍMICAS Y APLICACIONES.

T É S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA QUÍMICA

PRESENTA:

Fabiola Carolina Méndez Díaz

ASESOR: Q. Celestino Silva Escalona

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.  
ASUNTO: **VOTO APROBATORIO**  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO  
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**



**ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ**  
Jefa del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el Art. 28 del Reglamento de Exámenes Profesionales nos permitimos comunicar a usted que revisamos la **Tesis:**

Lubricantes derivados del petróleo, clasificación, características fisicoquímicas y aplicaciones

---



---



---

Que presenta la pasante: Fabiola Carolina Méndez Díaz  
Con número de cuenta: 404079314 para obtener el Título de: Ingeniera Química

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 22 de septiembre de 2011.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>
<b>PRESIDENTE</b>	I.Q. Margarita Castillo Agreda	
<b>VOCAL</b>	Q. Celestino Silva Escalona	
<b>SECRETARIO</b>	I.A. Ana María Sixto Berrocal	
<b>1er SUPLENTE</b>	I.Q. Elvia Mayen Santos	
<b>2do SUPLENTE</b>	M. en I. Arturo Ortega Díaz	

NOTA: Los suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 120) HHA/gm

## DEDICATORIA

A mi Padre Celestial quien me dio la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar esta carrera y este trabajo.

A mis padres, porque creyeron en mi y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí. Mi triunfo es el de ustedes,

**¡LOS AMO!**

A mi hermano porque siempre me ha hecho ver las cosas de una manera tan simple y porque siempre me ha apoyado.

A mi esposo, quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante. Su cariño, comprensión y paciente espera para que pudiera terminar el grado son evidencia de su gran amor.

A mi abuelita, tíos, amigos, maestros a los que nunca dudaron que lograría este triunfo, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso, sincero e incondicional apoyo.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A todos, muchas gracias.

Carolina Méndez.

## INDICE

	PAGINA
INTRODUCCION.....	3
OBJETIVOS.....	4
1.0 QUIMICA DEL PETROLEO .....	5
1.1 Origen geológico del petróleo.....	6
1.1.1 Localización de cuencas petrolíferas.....	7
1.2 Naturaleza del petróleo crudo .....	8
1.2.1 Principales derivados del petróleo.....	9
2.0 PRINCIPALES DERIVADOS DEL PETRÓLEO.....	12
2.1 Composición química y propiedades del petróleo.....	12
2.2 Tipos y características del petróleo mexicano.....	14
2.2.1 Instalaciones petroleras en México.....	17
2.3 Contaminantes del petróleo y efectos en los procesos.....	17
2.3.1 Contaminantes del petróleo crudo.....	18
2.4 Refinación del petróleo.....	19
3.0 ACEITES LUBRICANTES.....	24
3.1 Bases de los lubricantes.....	25
3.1.1 Bases minerales.....	26
3.1.2 Bases semisintéticas ("Hydrocracked").....	27
3.1.3 Bases sintéticas.....	27
3.2 Funciones de los lubricantes.....	30
3.3 Clasificación.....	31
3.3.1 SAE Grados de Viscosidad.....	31
3.3.2 API Categoría de Servicios.....	32
3.3.3 Tipos de aceite.....	32
3.3.4 Selección de Aceites.....	32
4.0 GRASAS LUBRICANTES.....	34
4.1 Tipos de grasas lubricantes.....	35
4.2 Funciones de las grasas.....	40
4.3 Clasificación de las grasas.....	41
4.4 Aplicaciones de las grasas lubricantes.....	42
5.0 PROPIEDADES DE LOS ACEITES LUBRICANTES.....	44
5.1 Propiedades fisicoquímicas de los aceites lubricantes.....	45
5.1.1 Color y fluorescencia.....	45
5.1.2 Densidad.....	45
5.1.3 Viscosidad.....	47
5.1.3.1 Factores que afectan la viscosidad.....	50
5.1.4 Índice de viscosidad.....	53
5.1.4.1 Estabilidad de la lubricación.....	53
5.1.5 Punto de congelación.....	54
5.1.6 Resistencia a la oxidación.....	55
5.1.7 Aceitosidad o lubricidad.....	57

5.1.8	Rigidez dieléctrica.....	57
5.1.9	Punto de fluidez.....	59
5.1.10	Cenizas sulfatadas.....	59
5.1.11	Punto de inflamación.....	60
5.1.12	Índice de neutralización.....	61
5.1.13	Índice de alquitrán y de alquinatrización.....	62
5.1.14	Untuosidad.....	62
5.1.15	Separabilidad.....	63
6.0	PROPIEDADES DE LAS GRASAS LUBRICANTES.....	64
6.1	Propiedades fisicoquímicas de las grasas lubricantes.....	64
6.1.1	Dureza o penetración.....	64
6.1.2	Bombeabilidad.....	65
6.1.3	Punto de goteo.....	65
6.1.4	Resistencia al agua.....	66
6.1.5	Estabilidad.....	66
6.1.5.1	Prueba SKF V2F.....	67
6.1.6	Prueba de 4 bolas.....	67
7.0	TRIBOLOGIA.....	69
7.1	Fundamentos de la tribología.....	71
7.1.1	Fricción.....	71
7.1.2	Desgaste.....	71
7.1.3	Lubricación.....	73
7.1.3.1	Tipos de lubricación.....	75
7.2	Aplicaciones.....	77
7.3	El parámetro de película.....	78
	CONCLUSIONES.....	80
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	81
	TERMINOLOGIA.....	82
	ANEXO 1.....	85
	ANEXO 2.....	87
	ANEXO 3.....	90

## INTRODUCCION

En este trabajo se da a conocer tratar la importancia de los agentes lubricantes sólidos y líquidos, (aceites y grasas) su importancia y manejo, ya que no existe en el mundo máquina alguna que por sencilla que sea no requiera lubricación, ya que con esta se mejora tanto el funcionamiento, como la vida útil de los equipos y maquinarias.

El petróleo es la fuente de energía más importante de la sociedad actual, si nos ponemos a pensar qué pasaría si se acabara repentinamente, enseguida nos daríamos cuenta de la dimensión de la catástrofe: los aviones, automóviles y autobuses, gran parte de los ferrocarriles, barcos, máquinas industriales, centrales térmicas, y muchas calefacciones dejarían de funcionar; además los países dependientes del petróleo para sus economías se hundirían en la miseria. Así mismo, sus derivados son de gran importancia en nuestra vida moderna; si nos adentramos a lo que es el aceite y la grasa lubricante podemos ver la importancia que esto tiene a nivel industrial.

La refinación del petróleo, así como los productos que se obtienen: destilados ligeros y destilados intermedios principalmente, además de las especificaciones de los principales productos lubricantes en los cuales detallaremos sus propiedades fisicoquímicas más importantes así como sus aplicaciones.

El papel que desempeña la lubricación, su aplicación en el momento oportuno, en la cantidad correcta y del tipo adecuado es lo que hace que surja la necesidad de conocer cuáles son los derivados del petróleo, cómo se clasifican y sus características fisicoquímicas.

La necesidad de conocer la calidad de los productos lubricantes, hace que nazca la preocupación por conocer de una forma más detallada las características más importantes que se deben considerar para conocer nuestro lubricante, ya sea grasa o aceite.

Por lo tanto como ya se mencionó, estudiaremos a fondo lo que son los lubricantes, enfocándonos a aceites y grasas, sus características fisicoquímicas, su clasificación y finalmente sus aplicaciones.

## **OBJETIVOS**

Conocer los conceptos básicos de los lubricantes enfocándonos en los aceites y las grasas minerales; de igual forma se darán a conocer las pruebas fisicoquímicas de laboratorio relevantes para su aplicación y de esta manera comprender la importancia de la lubricación a nivel industrial.

Además se pretende que este material sirva de apoyo para toda persona que se interese en el área de lubricación y que requiera conocer los diferentes aceites y grasas minerales empleados en las diversas áreas de la industria llámese automotriz, química, mecánica, hidráulica, entre otras.

## 1.0 QUIMICA DEL PETRÓLEO

El petróleo es un líquido oleoso bituminoso (color oscuro) de origen natural compuesto por diferentes sustancias orgánicas (es una mezcla de hidrocarburos, aunque también suelen contener unos pocos compuestos de azufre y de oxígeno). Es, como el carbón, un combustible fósil. También recibe los nombres de petróleo crudo, crudo petrolífero o simplemente "crudo". Aunque se trata de un líquido aceitoso de color oscuro, es considerado una roca sedimentaria.

El petróleo se forma a partir de restos de pequeños organismos marinos que viven en cantidades enormes en mares cálidos y poco profundos. Si al morir estos organismos son rápidamente enterrados por sedimentos, fermentarán. Pasados millones de años, bajo la presión de nuevas capas de sedimentos, los restos orgánicos se transformarán en petróleo. El proceso comenzó hace muchos millones de años, cuando surgieron los organismos vivos en grandes cantidades, y continúa hasta el presente

Se encuentra en grandes cantidades bajo la superficie terrestre, en los estratos superiores de la corteza terrestre. Esto se debe a que el petróleo tiende a escapar a zonas más altas en las que soporte menos presión. En este viaje, con frecuencia acaban encontrando un esquisto impermeable o una capa de roca densa y se acumula, ya que son determinadas zonas de las que no puede salir (son las trampas). En otras ocasiones consigue alcanzar la superficie, cuando ocurre esto el petróleo se volatiliza dejando un residuo de asfalto y betún. No es de extrañar, por tanto, que fuese conocido ya por las antiguas civilizaciones. Los egipcios utilizaban el betún para impermeabilizar los barcos y para embalsamar las momias. Sin embargo, tan sólo desde finales del siglo XIX viene utilizándose a gran escala como combustible.

El petróleo además de ser un líquido oleaginoso e inflamable, consiste en una mezcla de hidrocarburos, que se extraen de lechos geológicos continentales o marítimos.

Del petróleo se dice que es el energético más importante en la historia de la humanidad; un recurso natural no renovable que aporta el mayor porcentaje del total de la energía que se consume en el mundo.

Aunque se conoce de su existencia y utilización desde épocas milenarias, la historia del petróleo como elemento vital y factor estratégico de desarrollo es relativamente reciente, de menos de 200 años.

La alta dependencia que el mundo tiene del petróleo y la inestabilidad que caracteriza el mercado internacional y los precios de este producto, han llevado a que se investiguen energéticos alternativos sin que hasta el momento se haya logrado una opción que realmente lo sustituya, aunque se han dado importantes pasos en ese sentido.

El petróleo contiene tal diversidad de componentes que difícilmente se encuentran dos tipos idénticos.

Además existen parámetros internacionales, tal como los del Instituto Americano del Petróleo (API) que diferencian sus calidades y por tanto, su valor. Así, entre más grados API tenga un petróleo, mejor es su calidad.

### **1.1 Origen geológico del petróleo**

Durante la era terciaria en el fondo de los mares se acumularon restos de peces, invertebrados y, probablemente, algas, quedando sepultadas por la arena y las arcillas sedimentadas. Las descomposiciones provocadas por microorganismos, acentuadas por altas presiones y elevadas temperaturas posteriores, dieron origen a hidrocarburos. Al comenzar la era cuaternaria los movimientos orogénicos convulsionaron la corteza terrestre y configuraron nuevas montañas, la cordillera de los Andes entre ellas. Los estratos sedimentarios se plegaron y el petróleo migró a través de las rocas porosas, como las areniscas, hasta ser detenido por anticlinales, pliegues con forma de A mayúscula, y por fallas que interrumpieron la continuidad de los estratos.

El yacimiento no debe imaginarse como un gran “lago” subterráneo. El petróleo ocupa los intersticios de rocas sedimentadas muy porosas, acompañado habitualmente de gas natural y de agua salada.

### **1.1.1 Localización de cuencas petrolíferas**

El hallazgo de yacimientos de petróleo no es obra librada al azar y obedece a una tarea científicamente organizada, que se planifica con mucha antelación. Instrumental de alta precisión y técnicos especializados deben ser trasladados a regiones a menudo deshabitadas, en el desierto o en la selva, obligando a construir caminos y sistemas de comunicación, disponer de helicópteros, instalar campamentos y laboratorios, etc. Los estudios realizados se desarrollan según el siguiente ordenamiento:

- Relevamiento geográfico, que incluye la aerofotografía.
- Relevamiento geológico para identificar terrenos sedimentarios con posibilidad de contener petróleo.
- Aplicación de métodos geofísicos: Con gravitómetros se mide la aceleración de gravedad terrestre ( $g$ ), que disminuye ligeramente donde hay petróleo de menor densidad que las rocas que le rodean. Con magnetómetros se aprecian variaciones del campo magnético. También hay determinaciones de conductividad eléctrica del terreno. Y, finalmente, se detecta con sismógrafos las ondas sísmicas provocadas por la detonación de cargas explosivas. Todos estos procedimientos son concurrentes y permiten determinar la dirección, extensión e inclinación de los estratos presuntivamente petrolíferos.
- Perforaciones de prueba: Las muestras de rocas tomadas a distintas profundidades son analizadas química y geológicamente.

El petróleo crudo, también se argumenta que está compuesto principalmente de hidrocarburos almacenados en formaciones rocosas de tipo arenoso o calcáreo, de edades geológicas (cretácico y jurásico). Aún se desconoce totalmente el proceso de formación que explique el origen del petróleo; sin embargo, se han venido acumulando información y datos que refuerzan las teorías científicas existentes y tratan de explicar dicho fenómeno. Existen dos principales tipos de formaciones, que son: la Formación Inorgánica y la Formación Orgánica.

➤ Formación Inorgánica

Esta teoría asume que la formación del petróleo es resultado de reacciones geoquímicas entre el agua, bióxido de carbono y otras sustancias inorgánicas como carburos y carbonatos metálicos con desprendimiento de carbón e hidrógeno, los cuales por fuerzas naturales (presión y temperatura) se unen para formar el petróleo.

➤ Formación Orgánica

Es la más aceptada y describe que durante la era terciaria en el fondo de los mares se acumularon restos de peces, invertebrados y, probablemente, algas, quedando sepultados por la arena y las arcillas sedimentadas.

Las descomposiciones provocadas por los microorganismos, acentuadas por altas presiones y elevadas temperaturas, dieron origen a los hidrocarburos.

## **1.2 Naturaleza del petróleo crudo**

La palabra petróleo viene del latín *petra* (piedra) y *óleo* (aceite); significa literalmente aceite de piedra. Es un líquido oleoso, más ligero que el agua, se encuentra en su estado natural, formando a veces grandes manantiales en los estratos superiores de la corteza terrestre y además arde con facilidad.

Las diferentes etapas por las que ha pasado la humanidad se han identificado por edades. Por eso oímos hablar de la Edad de Piedra, Edad de Bronce y Edad de

Hierro. Cada uno de estos nombres hace referencia al hallazgo o descubrimiento (material) que marcó cada etapa.

La etapa que vino después de la Edad de Hierro, podría haberse llamado la “Edad del Petróleo” y con demasiada razón, ya que después de conocerse este importante elemento, el hierro, el bronce y la piedra quedaron relegadas a un segundo plano. Todo comenzó a girar en torno a este nuevo hallazgo, como la economía, el trabajo, el transporte, la fuerza, la energía, las medicinas, los viajes intergalácticos, los grandes inventos: carros, aviones, barcos, cohetes, locomotoras entre otros.

El petróleo crudo, es decir, tal como se presenta en la naturaleza, y como ya se menciono anteriormente tiene aspecto aceitoso y espeso y es de un color que se aproxima al negro. Se pueden considerar dos tipos. Petróleos livianos que son muy fluidos y menos pesados que el agua, incoloros o de colores claros y muy fáciles de evaporar; y petróleos pesados que son viscosos, espesos y fáciles de solidificar y que dejan como residuos, el asfalto y materias similares.

El petróleo crudo tiene poca utilidad; debe someterse a un proceso de refinado con el fin de separar sus componentes y darle aplicación industrial. A estos componentes se les llaman derivados del petróleo.

### **1.2.1 Principales derivados del petróleo.**

El gas natural está formado por metano, etano, propano y butano; los dos primeros gases se queman en la refinería, mientras que los otros dos son separados, licuados y comprimidos en bombonas como combustibles. Una vez eliminando estos gases se obtienen los principales derivados del petróleo:

- Gasolina: se usa como combustible para los motores de vehículos y aviones.
- Queroseno: se usa como combustible para algunos motores de aviones.

- Gasoleo: es un combustible empleado en motores diesel y para elevar la temperatura de las máquinas y locomotoras de vapor.
- Aceites lubricantes: se usan para engrasar piezas de máquinas.
- Combustibles: se emplea como combustible en hornos, locomotoras... en lugar de carbón.
- Asfalto: utilizado en la pavimentación de las calles y carreteras.
- Parafinas y vaselina: utilizado en productos farmacéuticos.

Por otra parte el petróleo es considerado una mezcla de hidrocarburos de diversos tipos y sus proporciones varían según el pozo de donde proceda. Una composición típica aproximada en base a sus elementos es la siguiente:

84 a 87% Carbono

1 a 13% Hidrógeno

1 a 4% Impurezas (azufre, nitrógeno, oxígeno, helio)

Al salir del pozo, el petróleo arrastra agua que lleva disueltos compuestos como cloruro de sodio, calcio y magnesio, esta agua debe ser eliminada antes de su procesamiento.

El petróleo al igual que el gas natural que le acompaña, es una fuente importante de múltiples productos orgánicos. Proporciona el combustible para los diversos tipos de motores de combustión interna y es materia prima para la obtención de casi el 90% de los compuestos orgánicos. Como ya hemos mencionado el petróleo crudo carece de utilidad comercial, pero se pueden separar de él una serie de productos útiles por destilación, mediante la cual se obtiene una serie de fracciones que posteriormente son la base de la industria petroquímica.

La industria petroquímica es la que se encarga de obtener nuevos productos a partir de los derivados del petróleo y el gas natural y los principales productos que se obtienen en una petroquímica son:

- Solventes: como la glicerina y el alcohol.
- Plásticos: para hacer juguetes, tubos, recipientes y otros.
- Cauchos sintéticos:, para fabricar llantas, artículos impermeables y aislantes.
- Fertilizantes: para cultivos.
- Insecticidas: contra las plagas.
- Detergentes: para lavar.
- Pinturas y barnices: para pintar.

## **2.0. PRINCIPALES DERIVADOS DEL PETRÓLEO**

Para poder hablar de los derivados del petróleo es indispensable conocer su composición química así como la refinación de este ya que hay gran variedad de petróleos en el mundo.

En México existe una gran diversidad de petróleos y dependiendo del área en la que se encuentren van a ser los derivados que vamos a obtener; por ejemplo la Refinería de Salamanca “Antonio M. Amor” es la única que genera lubricantes por las características del petróleo que llega a sus terminales, mientras que la Refinería de Tula “Miguel Hidalgo” es la que más barriles de gasolina magna produce.

### **2.1 Composición química y propiedades del petróleo**

El análisis químico revela que el petróleo esta principalmente constituido por hidrocarburos, compuestos por dos elementos: Carbono e Hidrógeno.

Es importante considerar que el petróleo es una mezcla y no una sustancia pura, por lo que el número de hidrocarburos presentes y sus respectivas proporciones varían dentro de límites muy amplios.

Es químicamente incorrecto referirse al petróleo de forma singular; pues existen muchos tipos de petróleos, teniendo cada uno de ellos su propia composición química y sus propias características, por ejemplo:

1. Son líquidos insolubles en agua y de menor densidad que ella. Dicha densidad está comprendida entre 0.75 y 0.95 g/ml.
2. Sus colores varían del amarillo pardo hasta el negro.
3. Algunas variedades son extremadamente viscosas mientras que otras son bastantes fluidas.

Es habitual clasificar a los petróleos dentro de tres grandes tipos considerando sus atributos específicos y sobre productos que suministran:

❖ Petróleos asfálticos

Negros, viscosos y de elevada densidad (0.95g/ml). En la destilación primaria producen poca nafta y abundante fuel/oil (combustóleo), quedando asfalto como residuo.

❖ Petróleos parafínicos

Fluidos de color claro y de baja densidad (0.75-0.85 g/ml). Rinden más nafta que los asfálticos. Cuando se refina sus aceites lubricantes se separa parafina.

❖ Petróleos mixtos

Tienen características y rendimientos comprendidos entre las otras dos variedades principales. Aunque sin ser iguales entre sí.

Como en otros combustibles los compuestos de azufre comunican mal olor al petróleo y sus derivados. Generan dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en la combustión, contribuyen a la contaminación del ambiente.

Los hidrocarburos que integran el petróleo son de distintos tipos, según su lugar de origen:

1. Petróleos Americanos: hidrocarburos de cadena abierta o alifáticos.
2. Petróleos de Pensilvania: hidrocarburos saturados (alcanos de número de carbonos de 1 a 40)
3. Petróleos de Canadá: hidrocarburos no saturados.
4. Petróleos Rusos: hidrocarburos cíclicos con 3, 4,5 ó 6 átomos de carbono en cadena abierta o cerrada.

5. **Petróleos Mexicanos:** los petróleos mexicanos presentan características muy variadas según la región de origen, así se tiene crudos de base asfáltica en la zona de Pánuco, de base nafténica en la zona sur, de base parafínica muy útiles para lubricantes y de base mixta en la zona de Poza Rica, Veracruz.

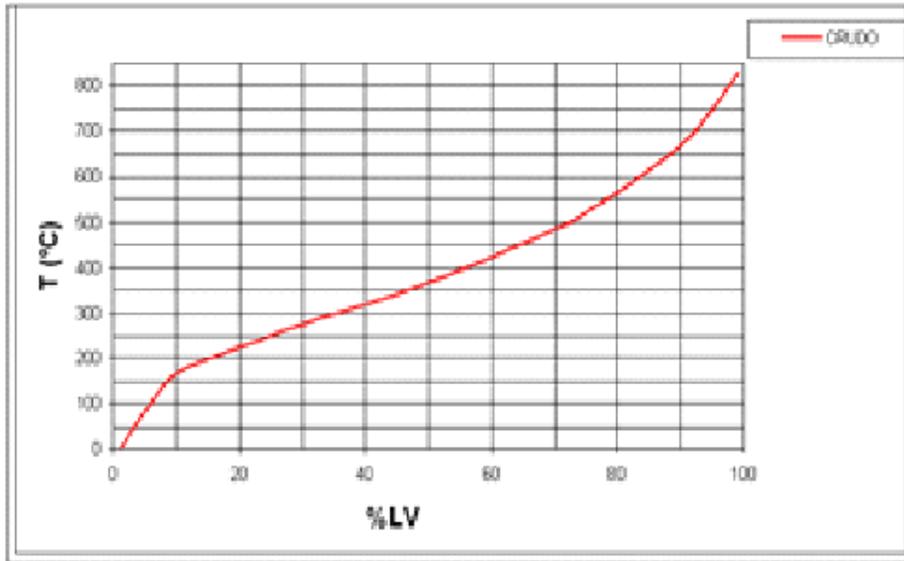
Por lo tanto la composición química del petróleo es muy variable , hasta el punto de que los cuatro tipos fundamentales de hidrocarburos: parafinas (hidrocarburos saturados), olefinas (hidrocarburos insaturados), naftenos (hidrocarburos cíclicos saturados o ciclo alcanos) e hidrocarburos aromáticos, no solamente difieren de un yacimiento a otro, sino también las diversas sustancias que es preciso eliminar más o menos completamente: gas, azufre (que junto con el sulfhídrico, mercaptanos y tio-alcoholes pueden alcanzar un 3%), agua más o menos salada, compuestos oxigenados y nitrogenados, indicios o vestigios de metales entre otras.

## **2.2. Tipos y características del petróleo mexicano**

Son miles los compuestos químicos que constituyen el petróleo y entre muchas otras propiedades, estos compuestos se diferencian por su volatilidad dependiendo de la temperatura de ebullición. Al calentarse el petróleo, se evaporan preferentemente los compuestos ligeros (de estructura química sencilla y bajo peso molecular), de tal manera que conforme aumenta la temperatura los componentes más pesados van incorporándose al vapor.

Las curvas de destilación TBP (de inglés "True Boiling Point", temperatura de ebullición real) distinguen a los diferentes tipos de petróleo y definen los rendimientos que se pueden obtener de los productos por separación directa, como se muestra en la gráfica 1. Por ejemplo, mientras que el crudo Itsmo se obtiene un rendimiento directo de 26% volumétrico de gasolina, en el maya se obtiene 15.7%.

Grafica 1: Comportamiento general de destilación del crudo, temperatura Vs porcentaje de vaporizado (Instituto Mexicano del Petróleo ref. 9).



La industria mundial de hidrocarburos líquidos clasifica el petróleo de acuerdo a su densidad en °API (parámetro internacional del Instituto Americano del Petróleo), que diferencia las calidades del crudo, lo cual se resume en la tabla 1.

Tabla 1: Comparación de los diferentes aceites crudos de la republica mexicana. (Instituto Mexicano del Petróleo ref. 9)

Aceite crudo	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	°API
Extrapesado	>1.0	10.0
Pesado	1.0-0.9	21.0-22.3
Mediano	0.92-0.87	22.3-31.1
Ligero	0.87-0.83	31.1-39.0
Superligero	<0.83	>39

Para exportación, en México se preparan tres variedades de petróleo crudo:

Itsmo. Ligero con densidad de 33.6 °API y 1.3% de azufre en peso.

Maya. Pesado con densidad de 22°API y 3.3% de azufre en peso.

Olmeca. Superligero con densidades de 39.3 °API y 0.77% de azufre en peso.

En la tabla 2 podemos apreciar una comparación de las variedades de petróleo que se producen en México.

Tabla 2: Las principales características de los petróleos mexicanos (Instituto Mexicano del Petróleo ref. 9)

Características	Olmeca	Itsmo	Maya
Peso específico 20/4°C	0.825	0.858	0.920
Grados API	39.3	33.6	22.0
Viscosidad, SSU a 15.6°C	43.3	60	1288
Factor de caracterización K	12.00	11.85	11.63
Contenido de Azufre (%peso)	0.77	1.3	3.3
Carbón Ramsbottom (%peso)	1.62	3.92	10.57
Vanadio	2.5	39.5	343.0
Gasolina (%vol.)	38.0	26.0	17
Destilados intermedios (%vol.)	33.7	32.0	28.0
Gasóleos (%vol.)	20.5	18.0	16.0
Residuo (%vol.)	5.4	23.0	38.0

### **2.2.1 Instalaciones petroleras en México**

En la República Mexicana se extraen más de 13 tipos de petróleo crudo con diferentes características físico-químicas.

Existen cuatro zonas productoras del petróleo; la norte, la centro, la sur y la marina, siendo las principales áreas productoras, al norte el Golfo de Sabinas y Burgos, al centro está conformada por Poza Rica y Papaloapan , la zona sur por el sur de Veracruz, Tabasco y Chiapas, y la marina por la sonda de Campeche, además se cuenta con 364 campos de producción, 6 080 pozos de explotación, 199 plataformas marinas, 12 centros procesadores de gas, 20 endulzadoras de gas, 19 plantas criogénicas, una planta de absorción, 10 fraccionadoras, 6 endulzadoras de condensados, 14 recuperadoras de azufre, 6 refinerías, 8 complejos petroquímicos, 38 plantas petroquímicas, 20 terminales de distribución de gas licuado y 77 plantas de almacenamiento y centros de venta de productos petrolíferos (Ref. 4).

Por las características del petróleo para los procesos de refinación Nacional y de exportación se llevan a cabo mezclas de los diferentes tipos de crudos antes mencionados para atender a los centros consumidores con las especificaciones requeridas.

Los petróleos vírgenes obtenidos son previamente estabilizados, es decir, se le eliminan la mayor cantidad de agua salada (deshidratación), y el gas asociado y posteriormente desalado para cumplir con las principales especificaciones como son el contenido de agua y sedimento.

### **2.3 Contaminantes del petróleo y efectos en los procesos**

En las refinerías del sistema PEMEX-Refinación, se procesan una gama de mezclas de petróleo crudo (19 tipos) con propiedades fisicoquímicas propias diferentes, que se clasifican como ligeros, intermedios y pesados, todos contienen materiales contaminantes que como impurezas causan inestabilidad en los

equipos de proceso y en las condiciones de operación, así como ensuciamiento y corrosión de los equipos.

### **2.3.1 Contaminantes del petróleo crudo**

La mayoría de estas impurezas se encuentran en el agua que viene asociada con el petróleo crudo, las arcillas y sedimentos como sólidos filtrables o suspendidos, vienen dispersos en el aceite.

La remoción de los contaminantes (sales, agua y sedimento, sólidos suspendidos y metales como se muestra en la tabla 3), del petróleo crudo es esencial para mantener la capacidad del procesamiento con periodos ocupacionales más largos y tener mayor ahorro de energía, reducción de costos de mantenimiento en tiempo de paros, contribución al aseguramiento ecológico, optimización de las condiciones operativas y disminución de corrosión e incrustación, así como obtener un mejor costo beneficio al reducir el empleo de aditivos.

Tabla 3: Las impurezas del petróleo crudo se pueden clasificar en dos grupos: miscibles e inmiscibles (Instituto Mexicano del Petróleo ref. 9).

Solubles en aceite	Rango de concentración
Sulfuros orgánicos	0.1-0.5% como sulfuro
Compuestos organometálicos	5-400 ppm (Ni, V, Fe, As)
Ácidos nafténicos	0.03-0.4% (volumen)
Compuestos nitrogenados	0.05-15% (volumen)
Asfalténos	3-14% (peso)
Parafinas	Variable según el tipo de crudo
Compuestos oxigenados	0-2.0% como oxígeno
Resinas, cresoles	Variables según el tipo de crudo
Insolubles en aceite	Rango de concentración
Salmuera	0.1-10% (volumen)
Sales inorgánicas	10-100 LMB
Sedimentos	0.01-1% (volumen)
Sólidos suspendidos	1-500B

### 2.3 Refinación del petróleo

La refinación del petróleo empieza con la destilación o fraccionamiento del petróleo crudo en grupos de hidrocarburos separados. Los productos resultantes están directamente relacionados con las características del crudo procesado. La mayor parte de los productos destilados se convierten posteriormente en otros

productos más utilizables cambiándoles el tamaño y estructura de las moléculas de sus hidrocarburos a través del rompimiento (“cracking”), reformado y otros procesos de conversión. Estos productos convertidos son sujetos a varios tratamientos y procesos de separación como la extracción, hidrotratamiento y endulzamiento para remover constituyentes indeseables y para mejorar la calidad del producto. Las refinerías integradas incorporan el proceso de fraccionamiento, tratamiento de conversión y operaciones de mezclado y pueden incluir también el procesamiento de los petroquímicos.

Estas mezclas de nuevos compuestos se separan mediante métodos tales como el fraccionamiento y la extracción por solvente. Las impurezas se eliminan por varios métodos, por ejemplo, deshidratación, eliminación de la desalación, el azufre y el hidrógeno.

Los procesos de refinación del petróleo se han desarrollado en respuesta a las cambiantes demandas del mercado para ciertos productos. Con la llegada del motor de combustión interna la tarea principal de las refinerías se convirtió en la producción de gasolina. Las cantidades de gasolina disponibles de la destilación eran insuficientes para satisfacer la demanda de los consumidores. Las refinerías comenzaron a buscar maneras de producir más gasolina y de mejor calidad por lo cual dos tipos de procesos de refinación del petróleo se han desarrollado:

I) Romper grandes moléculas de hidrocarburos pesados.

II) Remodelación o reconstrucción de las moléculas de hidrocarburos.

De acuerdo a lo anterior los procesos de refinación del petróleo para tratar y poder transformar los diferentes derivados del petróleo son los siguientes:

a) Destilación (Fraccionamiento): Dado que el petróleo crudo es una mezcla de hidrocarburos con diferentes temperaturas de ebullición, que pueden ser separados por destilación en grupos de hidrocarburos que hierven entre dos puntos determinados de ebullición. Hay dos tipos de destilación: atmosférica y al vacío.

b) Reformación: La reforma es un proceso que utiliza calor, presión y un catalizador (por lo general contiene platino) para provocar reacciones químicas con naftas actualizar el alto octanaje de la gasolina y como materia prima petroquímica. Las naftas son mezclas de hidrocarburos que contienen muchas parafinas y naftenos. Esta materia prima nafta proviene de la destilación de petróleo crudo o de procesos de craqueo catalítico, pero también proviene de craqueo térmico y los procesos de hidrocraqueo. La reforma convierte una parte de estos compuestos a isoparafinas y aromáticos, que se utilizan para mezclar la gasolina de octanaje más alto.

c) Craqueo (Arietamiento): En el refino de petróleo los procesos de craqueo descomponen las moléculas de hidrocarburos más pesados (alto punto de ebullición) en productos más ligeros como la gasolina y el gasóleo. Estos procesos incluyen craqueo catalítico, craqueo térmico y de hidrocraqueo.

d) Alquilación: Olefinas (moléculas y compuestos químicos) tales como el propileno y el butileno son producidos por el craqueo catalítico y térmico. Alquilación se refiere a la unión química de estas moléculas de luz con isobutano para formar moléculas más grandes en una cadena ramificada (isoparafinas) que se forma para producir una gasolina de alto octanaje.

e) Isomerización: La Isomerización se refiere a la reorganización química de los hidrocarburos de cadena lineal (parafinas), por lo que contienen ramificaciones unidas a la cadena principal (isoparafinas). Este proceso se consigue mediante la mezcla de butano normal con un poco hidrógeno y cloro y se deja reaccionar en presencia de un catalizador para formar isobutano, más una pequeña cantidad de butano normal y algunos gases más ligeros. Los productos se separan en un fraccionador. Los gases más ligeros se utilizan como combustible de refinería y el butano reciclados como alimento.

f) Polimerización: Bajo la presión y la temperatura, más un catalizador ácido, las moléculas de luz de hidrocarburos insaturados reaccionan y se combinan entre sí para formar moléculas más grandes de hidrocarburos. Este proceso con los

suministros de petróleo se puede utilizar para reaccionar butenos (moléculas de olefinas con cuatro átomos de carbono) con iso-butano (ramificadas moléculas de parafina, o isoparafinas, con cuatro átomos de carbono) para obtener una gasolina de alto octanaje.

g) Hidrotratamientos: El Hidrotratamiento es una manera de eliminar muchos de los contaminantes de muchos de los productos intermedios o finales obtenidos del proceso de refinación del petróleo. En el proceso de tratamiento con hidrógeno, la materia prima que entra se mezcla con hidrógeno y se calienta a 300 – 380°C. El aceite combinado con el hidrógeno entra entonces en un reactor cargado con un catalizador que promueve varias reacciones.

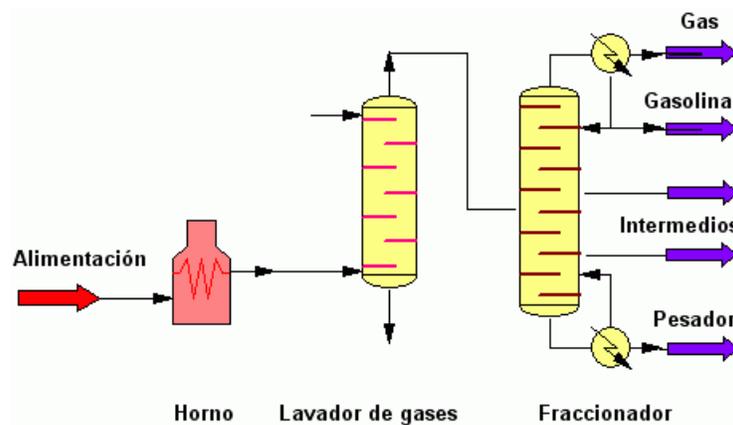


Figura 1: Gracias a los conocimientos generados por la química, se pueden obtener del petróleo numerosos y variados compuestos, principalmente combustibles, que usamos a diario y que han revolucionado al mundo moderno. La separación y transformación de estos derivados se realiza al interior de una refinería. (Instituto Mexicano del Petróleo ref. 9)

De acuerdo la figura 1 podemos ver que el crudo se calienta en una caldera y se hace pasar a la columna de fraccionamiento, donde la temperatura disminuye con la altura. Las fracciones con mayor masa molecular (empleadas para producir por ejemplo aceites lubricantes y ceras) sólo pueden existir como vapor en la parte inferior de la columna, donde se extraen. Las fracciones más ligeras (que darán

lugar por ejemplo a combustible para aviones y gasolina) suben más arriba y son extraídas ahí. Todas las fracciones se someten a complejos tratamientos posteriores para convertirlas en los productos finales deseados. Lo anterior lo podemos ver de una forma más abstracta en la figura 2.

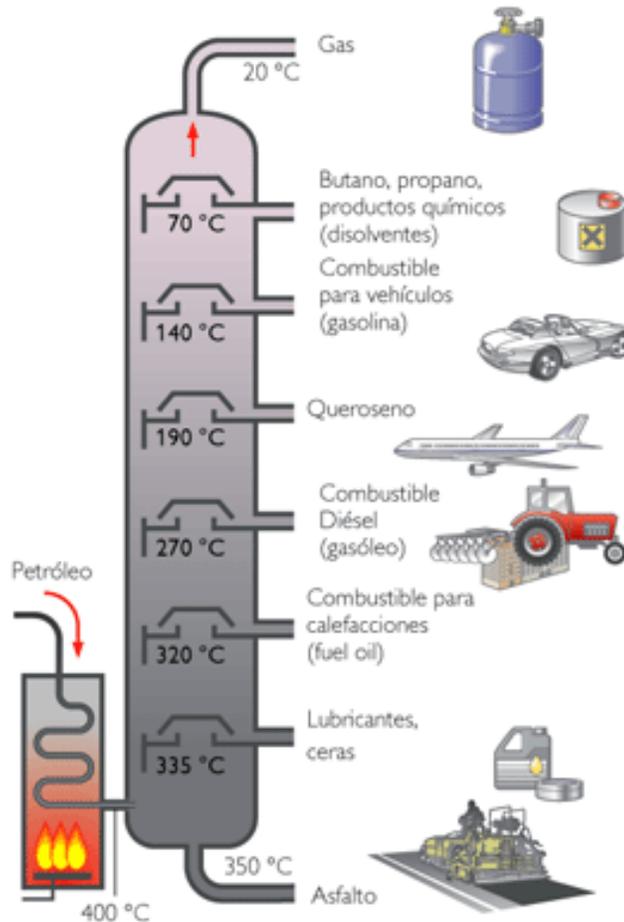


Figura 2: Diagrama simplificado de la refinación del petróleo. (Instituto Mexicano del Petróleo ref. 9)

### 3.0. ACEITES LUBRICANTES

Un lubricante es toda sustancia sólida, semisólida o líquida de origen animal, vegetal, mineral o sintético que pueda utilizarse para reducir el rozamiento entre piezas y mecanismos en movimiento. En la mayoría de los casos es aceite mineral. En otras ocasiones se utiliza agua, aire, o lubricantes sintéticos cuando hay condiciones especiales de temperatura, velocidad, entre otros.

La película lubricante permite separar las rugosidades de dos superficies que se encuentran en movimiento relativo evitando que se entre en contacto directo metal-metal o sólido- sólido. La película lubricante puede ser sólida en el momento de la puesta en marcha de un mecanismo o constituida por la unión de capas laminadas (ref. 5).

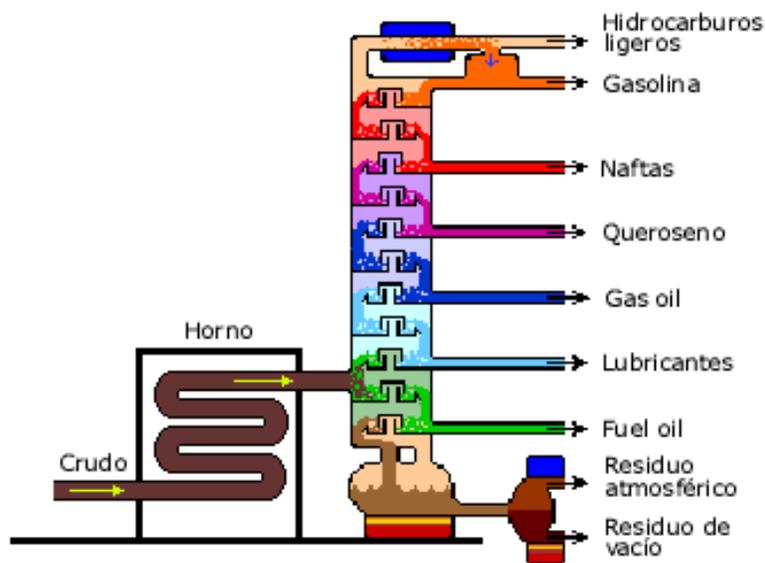


Figura 3: Torre de destilación fraccionada de petróleo crudo, en la cual podemos observar en donde se localizan los lubricantes como producto de la refinación (Instituto Mexicano del Petróleo ref. 9).

Un lubricante está compuesto esencialmente por una base más aditivos.

Las bases lubricantes determinan la mayor parte de las características del aceite, tales como: viscosidad, resistencia a la oxidación, punto de fluidez, entre otras.

Los lubricantes se caracterizan por:

1. Por su composición.
2. Por su calidad.
3. Por su grado de viscosidad.

Según su Composición pueden ser:

- De base mineral.
- De base semisintética.
- De base sintética.

Según su calidad:

- Alta
- Baja

Según su grado de viscosidad:

- Alto
- Bajo

De no ser posible una clasificación se habla de aceites minerales de base mixta.

### **3.1 Bases de los lubricantes.**

Un lubricante está compuesto esencialmente por una base más aditivos. Como ya se mencionó las bases lubricantes determinan la mayor parte de las características del aceite, tales como: viscosidad, resistencia a la oxidación, punto de fluidez, entre otras características importantes.

Las bases lubricantes pueden ser:

- Minerales: Derivados del petróleo
- Semisintéticas: Mezcla petróleo- química
- Sintéticas: Químicas.

### **3.1.1 Bases minerales.**

Es el componente mayoritario de los lubricantes, por lo que su calidad tiene gran influencia en el producto final. Los aceites minerales son mezclas de hidrocarburos.

Dado que, en la mayoría de los casos, se trata de compuestos de hidrocarburos en forma de cadena o de anillo, saturado y no saturados, la clasificación del aceite mineral es simple, presentando:

- a) Las parafinas una proporción principal de base parafínica superior al 75%.
- b) Los naftenos una proporción principal de base nafténica superior al 75%.
- c) Los aromáticos una proporción principal de aromáticos superior al 50%.

Por la obtención de diferentes tipos de aceite lubricante, se suele usar, hoy en día la refinación con disolventes. Junto con esta caracterización química son de importancia los valores físicos, tales como densidad, viscosidad, fluidez, influencia térmica y otras propiedades. Los aceites minerales cubren aproximadamente un 90% de la demanda de los aceites lubricantes (ref. 5).

La obtención del lubricante mineral puede darse por los siguientes procesos:

- I. Destilación a presión atmosférica. Se separa del petróleo todas aquellas fracciones de baja volatilidad, que constituyen los combustibles conocidos como nafta, queroseno y gas oil.
- II. Destilación de vacío. El petróleo crudo es reducido, siendo destilado al vacío. Se generan distintas fracciones de destilación conocidas como "cortes" de características diferentes.
- III. Refinación con furfural. La refinación con furfural constituye la primera etapa del proceso y tiene por objeto extraer mediante este solvente los hidrocarburos aromáticos que no poseen propiedades lubricantes.
- IV. Desparafinados. Este proceso elimina los componentes parafínicos para que los lubricantes sean líquidos a temperaturas bajas (hasta aproximadamente  $-10^{\circ}\text{C}$ ). Esto se realiza mediante la extracción con una

mezcla de solventes, enfriamiento y filtración de las parafinas cristalizadas.

- V. Hidrotratamiento catalítico. También denominado hidrocracked, se lleva a cabo mediante el tratamiento de los aceites desaromatizados y desparafinados con el objeto de aumentar la resistencia a la oxidación y estabilidad de los mismos (esto último se consigue eliminando los compuestos nitrogenado). Una medida de la calidad y el grado de refinación es el color del aceite mineral base. Se puede afirmar que para aceites de la misma viscosidad, cuanto menor el color es mejor su refinación. Si la destilación no ha sido buena, el grado de parafinicidad, naftenicidad y aromaticidad modifican las propiedades del lubricante.

### **3.1.2 Bases semisintéticas (“Hydrocracked”)**

Son el resultado de un complejo proceso de hidrogenación catalítico. Este moderno sistema obtiene unos excelentes resultados en la mejora de viscosidad de las bases minerales. También son denominadas como bases minerales “No Convencionales”. Comparados con aceites minerales clásicos que son monogrado, los aceites “Hydrocracked”, ofrecen grandes ventajas, ya que son multigrado y mucho más resistentes a la oxidación. Es un excelente producto para producir aceites de alta calidad con un costo reducido.

### **3.1.3 Bases sintéticas.**

Son aquellos obtenidos únicamente por síntesis química, ya que no existen en la naturaleza. Una de las grandes diferencias de los aceite sintéticos frente a los minerales es que presentan una estructura molecular definida y conocida, así como propiedades predecibles. En la tabla 4 se puede apreciar los tipos de base y sus aplicaciones. Los productos que hasta hoy se conocen como lubricantes sintéticos pueden ser ubicados entre alguna de las siguientes familias citadas a continuación:

a) **PAO. “Poly Alpha Olefines”** (poli alfa olefinas) , son el resultado de una química del etileno que consiste en la reacción de polimerización de compuestos olefínicos. Son multigrado según la clasificación SAE para motor y cajas de cambio, y su punto de congelación es muy bajo. También son conocidos como hidrocarburos de síntesis, por ser “construidos” artificialmente con productos procedentes del crudo petrolífero. Se aplican en aceites de uso frigorífico por su propiedad de continuar fluidos a muy baja temperatura. Si comparamos éste con un aceite mineral tiene un mayor índice de viscosidad y una mejor resistencia a la oxidación.

b) **Ésteres orgánicos.** Se obtienen también por síntesis, es decir, de forma artificial, pero sin la participación de productos petrolíferos. Al contrario de las bases anteriormente mencionadas los ésteres son producto de la reacción de esterificación entre productos de origen vegetal, tales como alcoholes y ácidos grasos de origen vegetal. Son multigrado y tienen un poder lubricante extraordinario. Los ésteres tienen propiedades sobresalientes, tales como alta untuosidad, que es la capacidad de adherirse formando una capa límite continua sobre metales de Fe y Al. Elimina el tiempo de formación de película, reduciendo el desgaste producido en ese momento.

Posee propiedades “autolimpiantes”, ya que es capaz de evitar formación de depósitos adheridos en las paredes internas del motor.

Posee también excelente resistencia a altas temperaturas y altísima biodegradabilidad, por lo tanto, no rompe el equilibrio ecológico ya que es absorbido por las bacterias sin causarles daño. Su grado de degradación biológica es puro. Son usados en aceites para compresor, aceites hidráulicos y aceites de transmisión.

c) **Ésteres fosfóricos.** Son producto de la reacción de óxidos fosfóricos y alcoholes orgánicos. Su alto costo hace que su uso quede restringido a los fluidos hidráulicos resistentes al fuego en aplicaciones muy específicas. Tiene un muy buen poder lubricante y anti desgaste.

Tabla 4: Aplicación de las bases sintéticas (Instituto Mexicano del Petróleo ref. 9)

<b>TIPOS</b>	<b>APLICACIÓN PRINCIPAL</b>
Oligómeros de olefina (PAOs)	Automotriz e Industrial
Ésteres Orgánicos	Aviación y Automotriz
Ésteres Fosfóricos	Industrial

En la tabla 5 podemos apreciar una comparación de 4 diferentes tipos de bases y sus propiedades de cada una.

Tabla 5: Comparación de las propiedades de las bases (Instituto Mexicano del Petróleo ref. 9).

<b>Base</b>	<b>Mineral</b>	<b>Hidrocrack</b>	<b>P.A.O.</b>	<b>Éster</b>
<b>Viscosidad</b>	Monogrado	Multigrado	Multigrado	Multigrado
<b>Índice de Viscosidad</b>	Bajo 100	Bueno 120-150	Bueno 120-150	Muy bueno 130-160
<b>Índice de congelación (°C)</b>	Débil -10/-15	Débil -15/-25	Excelente -40/-60	Excelente -40/-60
<b>Resistencia a la oxidación</b>	Buena	Buena	Muy buena	Excelente
<b>Volatilidad</b>	Media	Media	Excelente	Excelente
<b>Untuosidad</b>	No	No	No	Si
<b>Biodegradabilidad</b>	No	No	No	Si

### **3.2 Funciones de los lubricantes.**

Los lubricantes son materiales puestos en medio de partes en movimiento con el propósito de brindar enfriamiento (transferencia de calor), reducir la fricción, limpiar los componentes, sellar el espacio entre los componentes, aislar contaminantes y mejorar la eficiencia de operación.

Por ejemplo, los lubricantes desempeñan también la función de “selladores” ya que todas las superficies metálicas irregulares (vista bajo microscopio se ven llenas de poros y ralladuras). El lubricante “llena” los espacios irregulares para hacerlo “liso”. Si el aceite es muy ligero (baja viscosidad), no va a tener suficiente resistencia y la potencia se va a “escapar”, si el aceite es muy pesado o grueso (alta viscosidad) la potencia se va a perder en fricción excesiva (calor).

En general cuando los anillos de un motor empiezan a fallar, se dice que el motor “quema aceite”, ya que el aceite se escapa entre los anillos y la camisa del pistón, perdiendo así también potencia. Si el aceite se ensucia, actuará como abrasivo entre los componentes gastándolos.

Los lubricantes también trabajan como limpiadores ya que ayudan a quitar y limpiar las partículas de material que se desprenden en el proceso de fricción, ya que de otra forma estos actuarían como abrasivos en la superficie del material. Otro uso de los lubricantes es para impartir potencia de una parte de la maquinaria a otra, por ejemplo en el caso de sistemas hidráulicos (bomba de dirección). No todos los lubricantes sirven para esto y no todos los lubricantes deben cumplir esta función.

Los lubricantes también contribuyen al enfriamiento de la maquinaria ya que transfieren calor de las zonas de alta fricción hacia otros lados (radiadores) enfriándola antes de la próxima. En resumen, las principales funciones de los lubricantes son:

- d) Disminuir el rozamiento.
- e) Reducir el desgaste.
- f) Retirar calor (refrigerar).
- g) Facilitar el lavado (detergencia) y la dispersión de las impurezas.
- h) Minimizar la herrumbre y la corrosión que puede ocasionar el agua y los ácidos residuales.
- i) Transmitir potencia.
- j) Reducir la formación de depósitos duros (carbón, barnices, lacas).
- k) Sellar

### **3.3 Clasificación**

Distintas organizaciones cooperan para proveer estándares y sistemas de clasificación para que el funcionamiento de los aceites de los motores pueda ser probado y clasificado. Un ejemplo son las siguientes organizaciones:

- ❖ SAE (Society of Automotive Engineers)- Sociedad de Ingenieros Automotrices.
- ❖ API (American Petroleum Institute)- Instituto Americano del Petróleo.
- ❖ ASTM ( American Society for Testing Materials)- Sociedad Americana de Prueba de Materiales.
- ❖ Varios fabricantes de motores y la milicia también proveen sus propias especificaciones.

La clasificación de los aceites lubricantes se puede dar de acuerdo a:

#### **3.3.1 SAE Grados de Viscosidad.**

Indica como es el flujo de los aceites a determinadas temperaturas. Esto no tiene que ver con la calidad del aceite, contenido de aditivos, funcionamiento o aplicación para condiciones de servicio especializado.

Algunos lubricantes pueden cumplir con más de un rango de servicio y son identificados “para servicio CH-4/SJ” (anexo 2), esto significa que cumple con los

requerimientos de API CH-4 y SJ lo cual tiene que ver con la tecnología del lubricante. Cuando se indica un rango dual como el que acabamos de ver, el primer rango es el rango primario para el cual fue diseñado y el segundo a su vez cumple con los requerimientos del segundo rango.

### **3.3.2 API Categoría de Servicios**

Los rangos de servicio API definen la calidad mínima que debe tener un aceite. Los rangos que comienzan con la letra C Compression (compresión) por su sigla en inglés, son para motores que trabajan con diesel, mientras que los rangos que comienza con la letra S Spark (chispa) por su sigla en inglés, son para motores que trabajan con gasolina. La segunda letra indica la actualización de los rangos, el rango "CH" es más actualizado que el "CG", el rango "SJ" es más actualizado que el "SH", etc.

### **3.3.3. Tipos de aceite**

El Aceite Multigrado (por ejemplo SAE 5W 30) provee buena cantidad de flujo durante temperatura fría, pero retiene espesor en el aceite para lubricación a alta temperatura.

El Aceite Monogrado se recomienda cuando se va a operar el motor en donde el rango de variación de la condición de la temperatura es muy cerrada con respecto al uso que se le da al multigrado.

## **3.4. Selección de Aceites.**

Usted podrá seleccionar el aceite de su preferencia utilizando los siguientes criterios:

1. Determine la viscosidad del aceite recomendada basándose en la temperatura ambiente esperada durante el período de cambios de aceite.
2. Interprete la nomenclatura de API (figura 4), y seleccione el aceite adecuado. Todos los aceites certificados por API deberán traer este símbolo de registro.



Figura 4: Logotipo oficial que deben portar los lubricantes certificados por API (ref.1)

## 4.0 GRASAS LUBRICANTES

Se define a la grasa lubricante como una dispersión semilíquida a sólida de un agente espesante en un líquido (aceite base). Consiste en una mezcla de aceite mineral o sintético (85-90%) y un espesante. Al menos en el 90% de las grasas, el espesante es un jabón metálico, formado cuando un metal hidróxido reacciona con un ácido graso. Un ejemplo es el estearato de litio (jabón de litio).

La naturaleza y porcentajes de los componentes de la grasa dependen mucho de las aplicaciones para las cuales va a estar destinada, por ejemplo:

- a) Aceite base: 75.96%
  - Aceite mineral
  - Aceite sintético
  - Aceite vegetal
- b) Espesantes 3-25%
  - Jabones metálicos simples
  - Jabones metálicos complejos
  - Espesantes con base no jabonosa
  - Espesantes inorgánicos
- c) Aditivos : 0-10%

Las grasas, en ciertas aplicaciones, se pueden utilizar en sustitución de los aceites lubricantes. Su uso está normalmente limitado a aquellos puntos en los que no es posible ni cómoda la utilización de aceites lubricantes o donde, desde el principio, se presupone un conjunto de restricciones para un buen rendimiento de la lubricación.

Cuando la grasa debe contener propiedades especiales, se incluyen otros constituyentes que actúen como inhibidores de la oxidación y mejoren la resistencia de la película. Existe otro tipo de aditivos, los estabilizadores, al cambiar el jabón, aceite o aditivo, se pueden producir diferentes calidades de grasas por una amplia gama de aplicaciones.

La grasa se emplea generalmente en aplicaciones que funcionan en condiciones normales de velocidad y temperatura como lo hacen los baleros y la quinta rueda. La grasa tiene algunas ventajas sobre el aceite. Por ejemplo, la instalación es más sencilla y proporciona protección contra la humedad e impurezas. Generalmente se utiliza en la lubricación de elementos tales como cojinetes de fricción y antifricción, levas, guías, correderas, piñonería abierta de algunos rodamientos.

#### **4.1 Tipos de grasas lubricantes**

Los aceites lubricantes no son adecuados para todas las aplicaciones técnicas, dado que gotean y a lo largo de un intervalo de tiempo prolongado no permanecen en el punto a lubricar.

Tampoco se pueden equipar todos los puntos de fricción con una alimentación continua de aceite lubricante. Para este y otros casos se emplean grasas lubricantes.

En muchos casos las grasas lubricantes ejercen además la función de inmovilidad a causa de su estructura pastosa, y además pueden permanecer más tiempo en el punto de fricción u ofrecer una barrera adicional contra sustancias extrañas.

Fundamentalmente, las grasas lubricantes se clasifican en dos tipos:

##### **Tipo 1:**

Grasas lubricantes con espesantes jabonosos como: Jabón simple, jabón mixto, jabón complejo con diferentes bases metálicas, p. ej. litio (Li), sodio (Na), calcio

(Ca), bario (Ba), aluminio (Al), etc. Los tipos de grasa más comunes emplean como espesante un jabón de calcio (Ca), sodio (Na), o litio (Li).

- **Grasas cálcicas (Ca)**

Las grasas cálcicas tienen una estructura suave, de tipo mantecoso, y una buena estabilidad mecánica. No se disuelven en agua y son normalmente estables con 1-3% de agua. En otras condiciones el jabón se separa del aceite de manera que la grasa pierde su consistencia normal y pasa de semilíquida a líquida. Por eso no debe utilizarse en mecanismos cuya temperatura sea mayor a 60°C. Las grasas cálcicas con aditivos de jabón de plomo se recomiendan en instalaciones expuestas al agua a temperaturas de hasta 60°C,. Algunas grasas de jabón calcio-plomo también ofrecen buena protección contra el agua salada, y por ello se utilizan en ambientes marinos. No obstante, existen otras grasas cálcicas estabilizadas por otros medios distintos del agua; éstas se pueden emplear a temperaturas de hasta 120°C; por ejemplo, grasas cálcicas compuestas.

- **Grasas sódicas (Na)**

Las grasas sódicas se pueden emplear en una mayor gama de temperaturas que las cálcicas. Tienen buenas propiedades de adherencia y obturación. Las grasas sódicas proporcionan buena protección contra la oxidación, ya que absorben el agua, aunque su poder lubricante decrece considerablemente por ello. En la actualidad se utilizan grasas sintéticas para alta temperatura del tipo sodio, capaces de soportar temperaturas de hasta 120°C.

- **Grasas líticas (Li)**

Las grasas líticas tienen normalmente una estructura parecida a las cálcicas; suaves y mantecosas. Tienen también las propiedades positivas de las cálcicas y sódicas, pero no las negativas. Su capacidad de adherencia a las superficies metálicas es buena. Su estabilidad a alta temperatura es excelente, y la mayoría de las grasas líticas se pueden utilizar en una gama de temperaturas más amplia que las sódicas. Las grasas líticas son muy poco solubles en agua; las que

contienen adición de jabón de plomo, lubrican relativamente, aunque estén mezcladas con mucho agua. No obstante, cuando esto sucede, están de alguna manera emulsionadas, por lo que en estas condiciones sólo se deberían utilizar si la temperatura es demasiado alta para grasas de jabón de calcio-plomo, esto es, 60°C.

- **Grasas de jabón compuesto**

Este término se emplea para grasas que contienen una sal, así como un jabón metálico, usualmente del mismo metal. Las grasas de jabón de calcio compuesto son las más comunes de este tipo, y el principal ingrediente es el acetato cálcico. Otros ejemplos son compuestos de Li (Litio), Na (Sodio), Ba (Bario), y Al (Aluminio). Las grasas de jabón compuesto permiten mayores temperaturas que las correspondientes grasas convencionales.

- **Grasas espesadas con sustancias inorgánicas**

En lugar de jabón metálico se pueden emplear distintas sustancias inorgánicas como espesantes, por ejemplo, bentonita y gel de sílice. La superficie activa utilizada sobre partículas de estas sustancias absorben las moléculas de aceite. Las grasas de este grupo son estables a altas temperaturas y son adecuadas para aplicaciones de alta temperatura; son también resistentes al agua. No obstante, sus propiedades lubricantes decrecen a temperaturas normales.

- **Grasas sintéticas**

En este grupo se incluyen las grasas basadas en aceites sintéticos, tales como aceites ésteres y siliconas, que no se oxidan tan rápidamente como los aceites minerales. Las grasas sintéticas tienen por ello un mayor campo de aplicación. Se emplean distintos espesantes, tales como jabón de litio, bentonita y PTFE (teflón). La mayoría de las calidades están de acuerdo a determinadas normas de pruebas militares, normalmente las normas American MIL para aplicaciones y equipos avanzados, tales como dispositivos de control e instrumentación en aeronaves,

robots y satélites. A menudo, estas grasas sintéticas tienen poca resistencia al rozamiento a bajas temperaturas, en ciertos casos por bajo de  $-70^{\circ}\text{C}$ .

- **Grasas para bajas temperaturas (LT)**

Tiene una composición tal que ofrecen poca resistencia, especialmente en el arranque, incluso a temperaturas tan bajas como  $-50^{\circ}\text{C}$ . La viscosidad de estas grasas es pequeña, de unos  $15\text{mm}^2/\text{s}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ . Su consistencia puede variar de NLGI 0 a NLGI 2 (anexo 1); estas consistencias precisan unas obturaciones efectivas para evitar la salida de grasa.

- **Grasas para temperaturas medias (MT)**

Las llamadas grasas "multiuso" están en este grupo. Se recomiendan para equipos con temperaturas de  $-30$  a  $+110^{\circ}\text{C}$ ; por esto, se puede utilizar en la gran mayoría de los casos.

La viscosidad cinemática del aceite base debe estar entre  $75$  y  $220\text{mm}^2/\text{s}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ . La consistencia es normalmente 2 ó 3 según la escala NLGI.

- **Grasas para altas temperaturas (HT)**

Estas grasas permiten temperaturas de hasta  $+150^{\circ}\text{C}$ . Contienen aditivos que mejoran la estabilidad a la oxidación. La viscosidad del aceite base es normalmente de unos  $110\text{mm}^2/\text{s}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ , no debiéndose exceder mucho ese valor, ya que la grasa se puede volver relativamente rígida a temperatura de ambiente y provocar aumento del par de rozamiento. Su consistencia es NLGI 3.

- **Grasas extrema presión (EP)**

Normalmente una grasa EP contiene compuestos de azufre, cloro ó fósforo y en algunos casos ciertos jabones de plomo. Con ello se obtiene una mayor resistencia de película, esto es, aumenta la capacidad de carga de la película lubricante. Tales aditivos son necesarios en las grasas para velocidades muy lentas y para elementos medianos y grandes sometidos a grandes tensiones.

Funcionan de manera que cuando se alcanzan temperaturas suficientemente altas en el exterior de las superficies metálicas, se produce una reacción química en esos puntos que evita la soldadura.

La viscosidad del aceite base es de unos 175mm<sup>2</sup>/s (máx. 200mm<sup>2</sup>/s) a 40° C. la consistencia suele corresponder a NLGI 2. En general, las grasas EP no se deben emplear a temperaturas menores de -30° C y mayores de +110° C.

- **Grasas antiengrane (EM)**

Las grasas con designación EM contienen bisulfuro de molibdeno (MoS<sub>2</sub>), y proporcionan una película más resistente que los aditivos EP. Son conocidas como las "antiengrane". También se emplean otros lubricantes sólidos, tales como el grafito, a estas grasas lubricantes también se les conoce comúnmente como grasas grafitadas.

### **Tipo 2:**

- **Grasas lubricantes con espesantes no jabonosos**

Que son sustancias sólidas orgánicas e inorgánicas, por ejemplo arcilla (bentonita), gel de sílice, poliureas, plásticos.

Los llamadas lubricantes adherentes que se caracterizan por su capacidad especial de adherencia a las superficies en fricción, en su estructura básica se componen de los tipos de grasas lubricantes 1 o 2.

En los lubricantes adherentes se diferencian entre los siguientes grupos principales:

- lubricantes pulverizables no bituminosos con y sin lubricante sólido
- lubricantes bituminosos
- Lubricantes bituminosos/no bituminosos con disolventes y sin lubricante sólido

## 4.2 Funciones de las grasas

En algunos casos la grasa es el mejor lubricante aunque en otros, el aceite se muestra más eficaz. De todas formas la grasa y el aceite, aunque presenten cualidades diferentes, tienen el mismo objetivo: reducir el roce y el desgaste de dos superficies en movimiento.

Las grasas no disponen de cualidades de enfriamiento y limpieza de que dispone un lubricante líquido, pero poseen otras cualidades que hacen, en casos específicos, que su utilización sea más adecuada que la de un aceite, como por ejemplo cuando la sustancia necesita mantenerse fija en un mecanismo. Este caso se da principalmente cuando las posibilidades de una nueva lubricación son limitadas o económicamente injustificadas. La mayoría de las grasas son utilizadas para cojinetes con rodamientos y a veces para cojinetes lisos; para cajas de cambios y engranajes abiertos. Supuestamente una grasa debe realizar las mismas funciones que un aceite e incluso más. En ciertas funciones, su desempeño es superior al de los aceites.

Por eso, una grasa puede ser utilizada:

- Para impedir que elementos contaminantes (polvo, impurezas, agua, gases corrosivos, etc.) entren en las partes lubricadas.
- Para prevenir fugas y goteras no deseadas del producto.
- Para reducir la frecuencia de lubricación. La grasa se mantiene bastante fija, garantizando una lubricación por largos periodos. Por esta razón los intervalos entre una verificación y otra pueden ser más espaciados con las grasas que con los aceites.
- Para operaciones intermitentes, ya que se mantiene en su sitio durante los periodos de suspensión o parada. En caso de arranques frecuentes es preferible la utilización de una grasa antes que un aceite.

- Si las piezas de una máquina están muy desgastadas. La grasa puede permitir la utilización prolongada de piezas desgastadas que normalmente funcionan con aceite.
- Para reducir el ruido provocado por el desgaste de las máquinas, con una capa más espesa.
- Para poder utilizar determinados aditivos sólidos que tienen excelentes propiedades lubricantes y que no pueden ser mezclados con lubricantes líquidos.

### **4.3 Clasificación de las grasas**

La clasificación de las grasas lubricantes no está regulada de forma clara. A causa de las múltiples aplicaciones y de las diferentes composiciones, las grasas se clasifican principalmente según su aceite base o su espesante.

#### **Aceite base:**

El aceite contenido en una grasa se denomina aceite base. Su porcentaje varía según el tipo y la cantidad de espesante, así como según la aplicación prevista de la grasa lubricante. El porcentaje de aceite base se sitúa en la mayoría de las grasas entre 85 y 97%. El tipo de aceite base aporta a la grasa alguna de sus propiedades típicas.

#### **Espesantes:**

Los espesantes se dividen en dos grupos: los organometálicos (jabón) y los no organometálicos, y confieren a las grasas lubricantes su comportamiento típico. Las grasas lubricantes de jabón se dividen en grasas lubricantes de jabón complejo y normal, tomando su denominación según el catión básico del jabón (p. ej. grasas lubricantes de jabón de litio, sodio, calcio, bario, aluminio). Estos jabones se elaboran a partir de ácidos grasos, que son productos obtenidos de aceites y grasas animales y vegetales.

En una unión de estos ácidos con los hidróxidos metálicos correspondientes se produce la formación de jabones utilizados como espesantes para la fabricación de grasas lubricantes.

Esta subdivisión según cationes de jabón es especialmente significativa. Los cationes aportan importantes características específicas del producto, por ejemplo, el punto de goteo de las grasas de jabón de calcio asciende a  $< 130^{\circ}\text{C}$ , mientras que el de las grasas de jabón de litio alcanza unos  $180^{\circ}\text{C}$ . Si se combinan dos o más cationes, se habla de tipos de grasas lubricantes de base mixta.

El porcentaje de espesantes en las grasas lubricantes se sitúa, por término medio, entre 3 y 15%, siendo algunas veces mayor. El porcentaje de espesante depende de la composición de la grasa, de su consistencia, así como del tipo de espesante y del procedimiento de fabricación correspondiente. Sustancias activas:

#### **4.4 Aplicaciones de las grasas lubricantes**

Se utilizan las grasas donde un mecanismo puede ser lubricado pocas veces y donde un aceite lubricante no permanecería en la posición. También actúan como sellantes valiosos para prevenir el ingreso del agua y del polvo, por ejemplo en un motor, los cojinetes deben ser engrasados ya que están expuestos a fricción. Cuando existe bajo esquileo (golpe de un metal con metal sin lubricación), la viscosidad cae para dar el efecto de un cojinete lubricado aproximadamente de la misma viscosidad que el aceite bajo usado en la grasa. Las grasas de base de litio son las más usadas en aplicaciones generales; las bases de sodio y litio tienen punto de fusión más arriba que las grasas con base de calcio pero no son resistentes a la acción del agua. Las grasas de base de litio tienen un punto de fusión que cae entre  $190^{\circ}\text{C}$  y  $220^{\circ}\text{C}$  ( $350^{\circ}\text{F}$  a  $400^{\circ}\text{F}$ ). Sin embargo la temperatura máxima de uso para la grasa con base litio es  $120^{\circ}\text{C}$ .

La grasa usada para los árboles de levas de un motor se compone de los aceites grasos a los cuales se agregan alquitrán, grafito, o mica para aumentar la durabilidad de la grasa y para darle una superficie mejor.

## 5.0 PROPIEDADES DE LOS ACEITES LUBRICANTES

La lubricación correcta en la maquinaria ha sido definida como el uso de:

- El lubricante correcto
- En la cantidad exacta
- En el lugar apropiado
- En el momento oportuno

Para elaborar un plan de lubricación para cualquier máquina debe tomarse en consideración el diseño de la máquina y sus condiciones de operación. Debe seleccionarse un lubricante que, aunque no es mejor conforme a cada una de las condiciones a satisfacer, da por lo menos un desempeño mínimo en cada una de ellas y, por lo tanto, es satisfactorio para todas las condiciones de operación. Tal fórmula de transacción no es ideal, pero es, sin embargo necesario.

Para elaborar un plan de lubricación debemos tomar en consideración por lo menos las siguientes preguntas:

1. ¿Está diseñada para lubricación con aceite o con grasa?
2. ¿Opera a baja velocidad y carga pesada, a alta velocidad y carga ligera, o a cierta combinación intermedia de velocidad y carga?
3. ¿Son los cojinetes del tipo simple o del tipo anti fricción?
4. ¿Van a operar los cojinetes bajo presión extremadamente alta?
5. ¿A qué temperatura trabajara la máquina?
6. ¿Cómo ha de aplicarse el lubricante?
7. ¿Qué contaminantes pueden entrar o ponerse en contacto con el lubricante?
8. ¿Cuánto tiempo se supone que debe permanecer el lubricante en la máquina?

## 5.1 Propiedades fisicoquímicas de los aceites lubricantes

De acuerdo a las características de los lubricantes podemos saber si se clasifica en aceite o en grasa. Sin embargo es necesario mencionar que no todas las características aplican a los aceites y de la misma forma no todas aplican a las grasas.

### 5.1.1 Color y fluorescencia

Actualmente el color del aceite dice muy poco acerca de sus características, ya que es fácilmente modificable con aditivos. No obstante, hasta hace pocos años, se le daba gran importancia como indicativo del grado de refinado, y la fluorescencia era indicativo del origen crudo (aceites minerales).

El procedimiento para determinar el color de un aceite es el ASTM D-1500 (anexo 3), en el que se compara el color del aceite con una serie de vidrios patrón de distintos colores, ordenados en sentido creciente de 0 a 8. Pero para aceites muy claros, tales como los aceites aislantes, aceites blancos, entre otros, la escala ASTM no puede establecer diferencias y es preciso usar otros métodos como el colorímetro Saybolt.

El colorímetro Saybolt establece unas escalas que va desde el -16 para el color blanco amarillento hasta +30 para el blanco no diferenciable con agua.

En los aceites en servicio, el cambio de color puede alertar sobre deterioro, contaminación, etc. Este método de prueba cumple el ASTM D 156-07<sup>a</sup>.

### 5.1.2 Densidad

La densidad o densidad absoluta es la relación masa volumen, representada por las siguientes unidades:

$$\frac{m}{V} = \left[ \frac{kg}{m^3} \right] = \left[ \frac{g}{cm^3} \right] = \left[ \frac{g}{ml} \right]$$

La densidad relativa está definida como el cociente entre la densidad de una sustancia y de la otra sustancia tomada como referencia, dando como resultado:

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_0}$$

Donde  $\rho_r$  es la densidad relativa,  $\rho$  es la densidad absoluta y  $\rho_0$  es la densidad de referencia que regularmente es la del agua a una presión de 1 atm y 4°C.



Figura 5: Densímetro para determinar la densidad relativa de los líquidos sin necesidad de calcular antes su masa y volumen (Manual de Laboratorio PEMEX 2008 ref. 5).

Para obtener la densidad relativa la prueba se realiza, colocando una probeta de 250 ml y llenándola del aceite de prueba hasta la marca (de 250 ml), posteriormente se introduce un densímetro (ver figura 3) y se deja reposar por 10 minutos, después se toma la lectura de dicho instrumento e inmediatamente se toma la temperatura. El método de prueba cumple con el ASTM D 1298 (anexo 3).

### **5.1.3 Viscosidad**

La viscosidad es una de las características más importantes del aceite. Es una medida de fluidez a temperaturas definidas. Los aceites de baja viscosidad, denominados aceites ligeros, fluyen libremente. Los de alta viscosidad o aceites pesados fluyen lentamente, podría decirse que contra su voluntad. Los aceites que tienen viscosidades entre estos extremos son llamados aceites de viscosidad media.

En general, los aceites pesados se usan en partes que se mueven a bajas velocidades bajo extremas presiones, ya que el aceite pesado resiste mejor a ser expulsado por la presión de entre las partes rozantes.

Los aceites ligeros se usan en los casos en que se presentan velocidades más altas y presiones más bajas, ya que estos aceites no imponen un frenado excesivo a las piezas y la alta velocidad permite la formación de una buena cuña de aceite aun cuando éste sea ligero. Las bajas temperaturas demandan aceites ligeros y las altas temperaturas aceites más pesados. Esto se debe a que la viscosidad de los aceites aumenta a medida que bajan sus temperaturas y disminuye a medida que suben.

La viscosidad es una de las propiedades más importantes de un lubricante. De hecho buena parte de los sistemas de clasificación de los aceites están basados en esta propiedad. La viscosidad se define como la resistencia de un líquido a fluir. Esta resistencia es provocada por las fuerzas de atracción entre las moléculas del líquido. El esfuerzo necesario para hacer fluir el líquido (esfuerzo de desplazamiento) estará en función de esta resistencia. Los fluidos con alta viscosidad ofrecen cierta resistencia a fluir, mientras que los pocos viscosos lo hacen con facilidad.

La viscosidad se ve afectada por las condiciones ambientales, especialmente por la temperatura y la presión, y por la presencia de aditivos modificadores de la misma, que varían la composición y estructura del aceite.



Figura 6: Aceite con baja viscosidad (Noria Latinoamérica ref.6)

La fricción entre moléculas genera calor; la cantidad de calor generado está en función de la viscosidad. Esto también afecta a la capacidad sellante del aceite y a su consumo. La viscosidad también tiene que ver con la facilidad para ponerse en marcha de las máquinas, particularmente cuando operan en temperaturas bajas. El funcionamiento óptimo de una máquina depende en buena medida del uso del aceite con la viscosidad adecuada para la temperatura ambiente.

Además es uno de los factores que afecta a la formación de la capa de la lubricación.

La viscosidad se divide en:

- a) Viscosidad dinámica o absoluta
- b) Viscosidad cinemática o comercial
- c) Viscosidad aparente

Los términos viscosidad absoluta y viscosidad dinámica se usan intercambiamente, para distinguirla de la viscosidad cinemática o comercial. Empezaremos definiendo viscosidad dinámica.

#### ❖ **Viscosidad dinámica o absoluta**

Se define, como ya he mencionado como la resistencia de un líquido a fluir.

Matemáticamente se expresa como la relación entre dos fuerzas aplicada para mover una capa de aceite (tensión de corte) y el grado de desplazamiento conseguido.

Para vencer la fricción entre placas será necesario aplicar una fuerza F. Dado que la fricción entre capas está relacionada con la viscosidad, Newton demostró que la fuerza F es una medida de la fricción interna del fluido, siendo proporcional a la superficie de la placa móvil S y al gradiente de velocidad V/D:

$$F = \frac{\eta SV}{D}$$

En donde:

F= fuerza

S= superficie de la placa móvil

$\eta$  (eta)= es el coeficiente de viscosidad absoluta

V/D= es el gradiente de velocidad o grado de desplazamiento.

Por lo tanto la viscosidad absoluta queda definida como:

$$\text{Viscosidad Absoluta} = \frac{\text{Esfuerzo de corte}}{\text{Velocidad de corte}} = \frac{\text{dinas/cm}^2}{\text{s}^{-1}} = 1P \text{ (Poise)}$$

$$\text{Esfuerzo de corte} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}} = \frac{\text{dinas}}{\text{cm}^2} = \text{s}^{-1}$$

$$\text{Velocidad de corte} = \frac{\text{Velocidad del fluido}}{\text{Distancia entre las superficies}} = \frac{\text{cm/s}}{\text{cm}} = \text{s}^{-1}$$

Podemos ver así que la viscosidad de un fluido se puede determinar conociendo la fuerza necesaria para vencer la resistencia del fluido en una capa de dimensiones conocidas.

### ❖ **Viscosidad cinemática o comercial**

La viscosidad cinemática se define como la resistencia a fluir de un fluido bajo la acción de la gravedad.

En el interior de un fluido, dentro de un recipiente, la presión hidrostática (la presión debida al peso del fluido) está en función de la densidad.

Por otra parte, el tiempo que tarda en fluir un volumen dado de fluido es proporcional a su viscosidad dinámica.

Podemos expresar la viscosidad cinemática como:

$$\text{Viscosidad cinemática} = \frac{\text{Viscosidad absoluta}}{\text{Densidad}} = 1 \text{ Stoke}$$

La gravedad específica, puede aplicarse en la expresión anterior en lugar de la densidad. Por lo dicho anteriormente, la viscosidad cinemática puede definirse como el tiempo requerido por un volumen dado de fluido en fluir a través de un tubo capilar por la acción de la gravedad.

### ❖ **Viscosidad Aparente**

La viscosidad aparente es la viscosidad de un fluido a determinadas condiciones de temperatura y agitación (no normalizadas).

La viscosidad aparente no depende de las características del fluido, si no de las condiciones ambientales, y por tanto variara según las condiciones.

#### **5.1.3.1 Factores que afectan la viscosidad**

Aunque la mayor parte de los casos sería deseable que la viscosidad de un lubricante permaneciera constante, esta se ve afectada por las condiciones ambientales, como ya he mencionado. Para evitarlo se usan aditivos, llamados mejoradores del Índice de viscosidad que nos ayudan a que la viscosidad se mantenga estable.

a) Efectos de la temperatura

En termodinámica la temperatura y la cantidad de movimiento de las moléculas se consideran equivalentes. Cuando aumenta la temperatura de cualquier sustancia (especialmente en líquidos y gases) sus moléculas adquieren mayor movilidad y su cohesión disminuye, al igual que disminuye la acción de las fuerzas intermoleculares.

Por ello, la viscosidad varía con la temperatura, aumentando cuando baja la temperatura y disminuyendo cuando se incrementa.

b) Efecto de la velocidad de corte

No todos los fluidos responden igual a la variación de la velocidad de corte. Debido a su naturaleza. La mayoría de los fluidos no varían su viscosidad al variar la velocidad de corte. Son los llamados fluidos newtonianos. En estos, el grado de desplazamiento de las capas del líquido es proporcional a la fuerza que se aplica. Ejemplo de ello son los aceites monogrado.

Los fluidos en los que no se cumple esta condición son llamados no newtonianos, dentro de ellos podemos establecer varios tipos:

1. Fluidos plásticos o de Bingham: Estos fluidos no fluyen mientras que la fuerza que se les aplica no supere un cierto nivel (umbral). Una vez rebasado dicho umbral, el desplazamiento conseguido es proporcional a la fuerza aplicada. Este es el caso de los aceites multigrado.
2. Fluidos pseudoplásticos: En estos no aparece ningún umbral, pero el desplazamiento conseguido no es proporcional a la fuerza, sino que aumenta en una proporción mucho mayor.
3. Fluidos dilatantes: Es estos la viscosidad aumenta al aumentar la fuerza aplicada. Es como si el fluido fuera frenándose al aplicar la fuerza

4. Fluido tixotrópico: En estos la viscosidad va disminuyendo al aplicar la fuerza y acto seguido vuelve a aumentar al cesar la fuerza. El efecto contrario se conoce como reopexia. Las variaciones tixotrópicas son debidas a la destrucción de los enlaces intermoleculares a causa del corte, y a su reconstrucción progresiva al cesar este. Como por ejemplo la grasa.

La SAE (American Society of Automotive Engineers) ha dividido los aceites en grados. Algunos aceites con polímeros tienen un comportamiento multigrado (20W/50, entre otros, ver tabla 6).

Tabla 6: División de los grados de aceite según SAE. (Instituto Mexicano del Petróleo ref. 9).

SAE Grado de Viscosidad	Viscosidad Pa.s	Temperatura Máxima °C	Viscosidad a 100°C(212°F)mm <sup>2</sup> /s	
			Mín.	Máx.
0W	3.25	-35	3.8	...
5W	3.5	-30	3.8	...
10W	3.5	-25	4.1	...
15W	3.5	-20	5.6	...
20W	4.5	-15	5.6	...
25W	6	-10	9.3	...
20	...	...	5.6	<9.3
30	...	...	9.3	<12.5
40	...	...	12.5	<16.3
50	...	...	16.3	<21.9
60	...	...	21.9	<26.1

Actualmente este tipo de prueba se realiza en equipos automáticos los cuales cuentan con un baño de silicón ya sea a 40 o 100 °C y dentro de ese baño hay un capilar (el cual tiene una constante dada por el fabricante) por el que se pasa la muestra de aceite 2 veces. El resultado (en tiempo) se multiplica por la constante del tubo y de esta forma obtenemos la viscosidad del lubricante. La prueba de viscosidad cumple con el ASTM D445 (anexo 3).

#### **5.1.4 Índice de viscosidad**

El índice de viscosidad es la medida de la variación de la viscosidad de un aceite en función de la temperatura.

Esta es una medida arbitraria que fue introducida en 1929 por Dean y Davis. El método consiste en comparar la viscosidad del aceite dado con la de los dos aceites patrón: el procedente del crudo de Pensilvania (parafínico), cuya viscosidad varía muy poco con la temperatura, y el procedente del crudo del Golfo de México (nafténico), que varía mucho de viscosidad con la temperatura. A estos se les asigna un índice de viscosidad de 100 y 0 respectivamente.

Cuanto más alto es el índice de viscosidad, más estable es la viscosidad del aceite.

##### **5.1.4 .1 Estabilidad de la lubricación. Curva de Stribeck**

Entre 1900 y 1902 Stribeck realiza experimentos sistemáticos para medir  $f$  en cojinetes en función de la velocidad en giro  $-N-$ , de la carga por unidad de área proyectada  $-P-$  y de la viscosidad. Son la base de la teoría de Sommerfeld.

La curva de Stribeck- aunque hay algunas dudas de que Stribeck la usara exactamente en la forma que se presenta aquí, representa las características generales de superficies lubricadas en movimiento relativo entre sí. La expresión  $\mu.N/P$  es conocida como el número de Sommerfeld. En la gráfica 2 se mantienen constante  $N$  y  $P$  para representar la relación existente entre la viscosidad del fluido,  $\mu$ , y el coeficiente de rozamiento,  $f$

Donde:

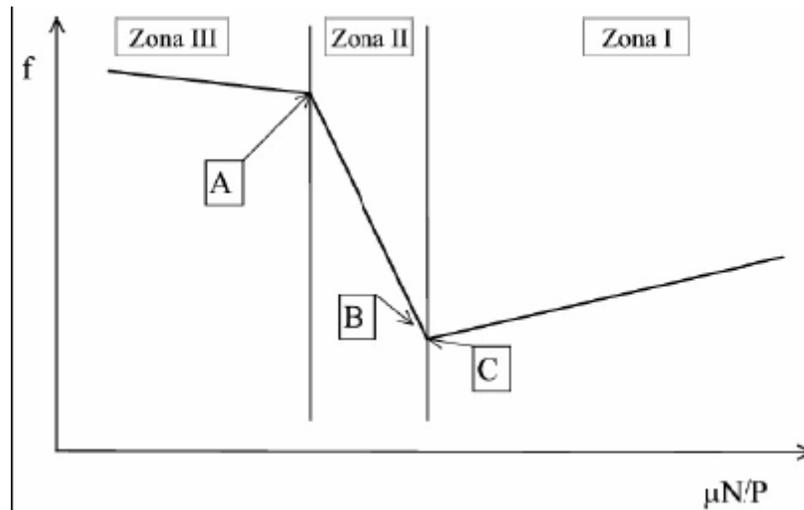
$f$ = Coeficiente de rozamiento

$\mu$ = Viscosidad del fluido

$N$ = Velocidad de giro

$P$ =Carga por unidad de área proyectada

Grafica 2: El gráfico puede dividirse en 3 zonas (Manual de Lubricación ref.1)



- ❖ Zona I: lubricación hidrodinámica y elastohidrodinámica. Las superficies del cojinete están perfectamente separadas con una película gruesa de fluido: no hay contacto directo entre las superficies que deslizan y por tanto prácticamente no hay desgaste. A medida que la viscosidad disminuye, decrece la película hasta el punto C.
- ❖ Zona II: lubricación mixta o elastohidrodinámica parcial.
- ❖ Zona III: lubricación límite.

### 5.1.5 Punto de congelación

El punto de congelación es otra de las propiedades del aceite que tiene particular importancia si se van a lubricar máquinas que operan en clima frío. El punto de congelación del aceite es la temperatura más baja a la cual mantiene su fluidez cuando se enfría.



Figura 7: Termómetro en ° Fahrenheit donde se aprecia a que temperatura es un punto de congelación supuesto. (Noria Latinoamérica ref. 6)

Cuando se supone que un aceite debe permanecer en su forma líquida y fluir a pesar de sus bajas temperaturas debe seleccionarse uno con bajo punto de congelación. De la misma manera que el agua pierde su fluidez y se convierte en sólido a determinada temperatura, el aceite también deja de fluir. Ciertos aceites con alto punto de congelación dejarán de fluir a 4°C, en tanto que en otros con bajo punto de congelación seguirán fluyendo libremente en temperaturas bajo cero. Este método de prueba cumple con el ASTM D 5293 (anexo 3).

#### **5.1.6 Resistencia a la oxidación**

Como el aceite es una mezcla compleja de compuestos de hidrógeno y carbón, denominados hidrocarburos, cuando estos se les expone al calor, se combinan lentamente con el oxígeno del aire y se modifican químicamente, convirtiéndose en materiales que no son propios para la lubricación. A la lenta combinación de aceite con oxígeno se le llama oxidación, y los materiales resultantes se les denominan productos de la oxidación. Mientras que la oxidación ocurre lentamente en todos los aceites en servicio, la agitación y el salpique, así como la exposición del aceite a temperaturas muy por encima de la temperatura ambiente, apresuran la oxidación. Las turbinas y los grandes sistemas de lubricación circulante en las

que el aceite permanece por largo periodo sin ser cambiado, deben lubricarse con aceites de alta resistencia a la oxidación, que son más caros porque sus costos de refinación son más altos. En los casos en que el aceite permanece en servicio por poco tiempo, o en los que se añade aceite nuevo con frecuencia como compensador, los tipos de más baja resistencia a la oxidación pueden dar un servicio satisfactorio.

La prueba RPVOT, o Prueba de Oxidación en Recipiente Rotativo a Presión, trabaja sometiendo un aceite a estrés en un ambiente oxidativo que incluye calor, agua, catalizador de cobre, oxígeno, presión y agitación. Esta prueba mide la cantidad de tiempo que el aceite puede resistir estas condiciones estresantes antes de que se alcance el punto de ruptura y el aceite se degrade (oxide). Este resultado es influenciado por la cantidad y tipo de antioxidantes, la presencia de inhibidores naturales en el aceite base, y la resistencia del aceite base a la oxidación.

Sin embargo, debido a que las condiciones que experimenta un aceite de turbina en aplicación en la vida real pueden ser considerablemente diferentes a las que se encuentran en la prueba RPVOT, puede no ser buena la correlación entre los valores de RPVOT y la vida oxidativa en-servicio. Por ejemplo, un aceite puede tener un valor de 1000 minutos, mientras que otro aceite puede tener un valor RPVOT de sólo 700 minutos.

Sin embargo, dependiendo de las condiciones de estrés actuales y los factores de formulación, el aceite que inicia con el número RPVOT más bajo puede oxidarse a una tasa más lenta y por lo tanto puede ser oxidativamente más estable que un aceite con un valor RPVOT más alto. En otras palabras, los factores de formulación (aceites base y aditivos) responden de forma distinta a diferentes condiciones de estrés en-servicio. En este caso, el aceite con el más bajo valor RPVOT de aceite nuevo puede ser una mejor opción para resistencia a la oxidación a largo plazo. Dicho esto, para aceites de turbina generalmente no es aconsejable elegir lubricantes con RPVOTs por debajo de 600 minutos, y valores

en la prueba por arriba de 1000 minutos generalmente se consideran fuera del rango de sensibilidad de la prueba.

Consideremos también que la prueba RPVOT es excelente para medir el grado de degradación oxidativa (por ejemplo, agotamiento de aditivos) para aceites de turbina en-servicio, comparando el número RPVOT en-servicio contra la línea de base del aceite nuevo. Este método cumple el ASTM D 2272 (anexo 3).

#### **5.1.7 Aceitosidad o lubricidad**

Se conoce con estos nombres a la capacidad de un lubricante de formar una película de un cierto espesor sobre una superficie.

Esta propiedad está relacionada con la viscosidad; a mayor viscosidad, mayor lubricidad. En la actualidad suelen usarse aditivos para aumentar la lubricidad sin necesidad de aumentar la viscosidad.

Este método de prueba se cumple con el ASTM D6079 (anexo3).

#### **5.1.8 Rigidez dieléctrica**

La rigidez dieléctrica o tensión de perforación es la tensión que produce un arco eléctrico permanente entre dos electrodos bien definidos separados 2.5 mm, sumergidos en aceite a 20°C. Se expresa en kv/cm . Esta propiedad orienta sobre la capacidad aislante del aceite, así como de la presencia en el mismo de impurezas tales como agua, lodos, polvo, gases, etc. La presencia de impurezas disminuye la rigidez dieléctrica de un aceite. Las impurezas facilitan el paso de la corriente a través del aceite.

La temperatura incrementa el valor de la rigidez dieléctrica, hasta alcanza un valor máximo a 100°C.



Grafica 3: A mayor rigidez dieléctrica menor cantidad de agua (Instituto Mexicano del Petróleo ref. 9).

Esta propiedad es de especial significación en los aceites de transformador y en los aceites para compresores frigoríficos.

Para realizar esta prueba se coloca una copa especial con dos electrodos (figura 6) y se va suministrando el voltaje. En cuanto se ve el arco eléctrico se deja de suministrar el voltaje. Este método de prueba cumple con ASTM D-877(anexo 3).

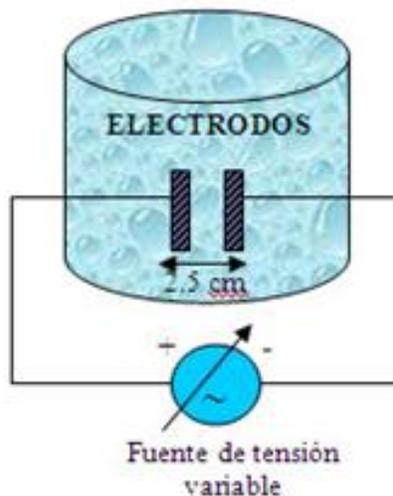


Figura 8: Diagrama de un equipo de rigidez dieléctrica (Instituto Mexicano del Petróleo ref. 9).

### **5.1.9 Punto de fluidez**

El punto de fluidez de un aceite lubricante es la mínima temperatura a la cual este fluye sin ser perturbado bajo la condición específica de la prueba. Los aceites contienen ceras disueltas que cuando son enfriados se separan y forman cristales que se encadenan formando una estructura rígida atrapando al aceite entre la red. Cuando la estructura de la cera está lo suficientemente completa el aceite no fluye bajo las condiciones de la prueba. La agitación mecánica puede romper la estructura cerosa, y de este modo tener un aceite que fluye a temperaturas menores a su punto de fluidez.

En ciertos aceites sin ceras, el punto de fluidez está relacionado con la viscosidad. En estos aceites la viscosidad aumenta progresivamente a medida que la temperatura disminuye hasta llegar a un punto en que no se observa ningún flujo existen.

Desde el punto de vista del consumidor la importancia del punto de fluidez de un aceite depende enteramente del uso que va a dársele al aceite. Por ejemplo, el punto de fluidez de un aceite de motor a utilizarse en invierno debe ser lo suficientemente bajo para que el aceite pueda fluir fácilmente a las menores temperaturas ambientales provistas. Por otro lado, no existe necesidad de utilizar aceites con bajos puntos de fluidez cuando estos van a ser utilizados en las plantas con altas temperaturas ambientales o en servicio continuo tal como turbinas de vapor u otras aplicaciones.

Esta prueba actualmente se realiza en equipos automáticos en los cuales se coloca una muestra con un termómetro especial y va bajando la temperatura hasta que se encuentra el punto de congelamiento (donde el aceite ya no tiene movimiento) y se reporta. Cumple con el método de prueba ASTM D-97 (anexo 3).

### **5.1.10 Cenizas sulfatadas**

Las cenizas sulfatadas de un aceite lubricante es el residuo en porcentaje que permanece una vez quemada una muestra de aceite. El residuo inicial es tratado

con ácido sulfúrico y se quema el residuo tratado. Es una medida de los componentes no combustibles (usualmente materiales mecánicos) que contiene el aceite.

Aceites minerales puros no contiene materiales que forman cenizas. Gran cantidad de los aditivos (los cuales se utilizan para mejorar las propiedades del aceite) utilizados en aceites lubricantes contienen componentes metalo-orgánicos los cuales forman un residuo en la prueba de cenizas sulfatadas de tal manera que la concentración de estos componentes es aproximadamente indicada por la prueba. Por consiguiente, durante la fabricación la prueba es un método de asegurarse que los aditivos han sido incorporados.

Con aceites usados, un incremento de cenizas sulfatadas usualmente indica la presencia de contaminantes tales como polvo, suciedad, partículas de desgaste y posiblemente contaminantes.

Esta prueba se realiza pesando una cantidad de muestra en un crisol que ha sido puesto a peso constante y después se quema el aceite en un mechero o parrilla. Una vez que se termino de quemar se me te a una estufa a 700° c por 2 horas con ácido nítrico y se vuelve a poner a peso constante. La diferencia entre el peso constante inicial y el peso constante final nos va a dar el valor de las cenizas sulfatadas. Este método de prueba cumple con el ASTM D 874 (anexo3).

$$\% \text{ cenizas sulfatadas} = \left[ \frac{W_f - W_i}{m} \right] \times 100$$

Donde:

$W_i$  = Peso Inicial del crisol

$W_f$  = Peso Final del crisol

$m$  = Peso de la muestra

### **5.1.11 Punto de inflamación**

El punto de inflamación es la temperatura a la cual es aceite después suficientes vapores que se inflaman cuando una llama abierta es aplicada.

Cuando la concentración de vapores en la superficie es lo suficientemente grande a la exposición de una llama, resultará fuego tan pronto como los vapores se enciendan. Cuando una prueba de este tipo es realizada bajo ciertas condiciones específicas, la temperatura a la cual esto sucede se denomina punto de inflamación. La producción de vapores a esta temperatura no son lo suficiente para causar una combustión sostenida y por ende la llama desaparece. Sin embargo, si el calentamiento continua se obtendrá una temperatura a la cual los vapores serán liberados lo suficientemente rápido para soportar la combustión. Esta temperatura se denomina punto de fuego o combustión.

El punto de inflamación de aceites nuevos varía con la viscosidad. Aceites de alta viscosidad tienen altos puntos de inflamación. Estos puntos están también afectados por el tipo de crudo. Aceites nafténicos tienen menores puntos de inflamación que los aceites parafínicos de viscosidad similar. El empleo de un aceite de bajo punto de inflamación (alta volatilidad) a altas temperaturas, puede generar un alto consumo de aceite. En la inspección de un aceite usado, una reducción significativa en el punto de inflamación indica contaminación del aceite.

Esta prueba se determina poniendo en una copa de cobre una cantidad determinada de aceite y se somete a calentamiento en una parrilla, cada 6°c se pasa una flama de 0.5 mm de diámetro en el momento que se dibuje un haló al rededor de la copa esa temperatura es el punto de inflamación. Este método de prueba cumple con el ASTM D 92 (anexo 3).

#### **5.1.12 Índice de neutralización**

El índice de neutralización de un lubricante es la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar el ácido libre contenido en gramo de aceite a la temperatura ambiente.

Esta prueba consiste en colocar en una bureta analítica 5 ml de hidróxido de potasio 0.1 N y en un matraz 20 g del aceite a neutralizar, esto acompañado de 100 ml de una solución alcohólica preparada previamente con 50% de tolueno,

49.5% de alcohol isopropílico y 0.5% de agua, a esto se le colocan unas gotas de indicador fenolftaleína y se empieza a valorar. En el vire se toma el volumen gastado de KOH (hidróxido de potasio) y se realiza un cálculo para obtener el índice de neutralización. Cumple con el método de prueba ASTM D 974(anexo 3).

### **5.1.13 Índice de alquitrán y de alquitrización**

Índice de alquitrán es la cantidad de sustancias alquitranosas en vapores porcentuales de un aceite. El índice de alquitrización se usa en procesos de envejecimiento artificial para establecer la predisposición del aceite a formar sustancias alquitranosas a temperaturas elevadas y en contacto con el aire. En aceites en uso, se comprueba con ello su grado de desgaste o envejecimiento.

Este método de prueba cumple con el ASTM D 5243 y se realiza de la siguiente manera: en un baño de cera, aceite o un calentador de bloque de aluminio donde se pueda controlar la temperatura a 110°C , y dejar en el horno aproximadamente 164 horas.

### **5.1.14 Untuosidad**

Es la capacidad del lubricante de llegar a formar una película de adherencia y espesor entre dos superficies deslizantes, quedando suprimido el rozamiento entre ellas.

Esta propiedad se analiza de diferentes maneras; mediante el estudio de la tensión superficial, la capilaridad, los ángulos límites, las mediciones de absorción y de adhesión, entre otros. Con el estudio de la física molecular de los lubricantes, según la capacidad de establecer el film de lubricante entre dos superficies, cabe distinguir entre rozamiento líquido y semilíquido. El rozamiento líquido es el caso de lubricación eficiente, en el que no existe rozamiento entre las superficies sino entre las partículas de lubricante. El rozamiento semilíquido (más común en la práctica) es aquel en que las superficies en movimiento se encuentran en

diferentes partes. Esta prueba se cumple con las que ya hemos visto, como viscosidad, densidad, entre otras.

### **5.1.15 Separabilidad**

Se llama así a la capacidad de un líquido no soluble en agua para separarse de la misma cuando está formando una emulsión. La oxidación del aceite y la presencia de contaminantes afectan negativamente a la demulsibilidad del aceite. La adecuada eliminación del agua facilita en muchos casos la lubricación, reduciendo el desgaste de piezas y la posibilidad de corrosión. Esta propiedad es muy importante en los aceites hidráulicos, para lubricación de maquinaria industrial, de turbina y para engranajes que transmiten grandes esfuerzos. En los aceites de automoción no lo es tanto, debido a la capacidad dispersante y detergente de los mismos.

Cuando el agua entra y se mezcla con aceite, se forma una emulsión que tiene propiedades lubricantes muy pobres. Si el aceite es de buena calidad, bastará con que le dé un tiempo de reposo para que se separe del agua.

Esta característica se conoce como demulsibilidad, pudiendo ser buena o pobre, según sea que el aceite se separe pronto o lentamente del agua.

Debe hacerse notar que la presencia de productos de la oxidación puede retardar o detener el proceso de separación.

Esta prueba a nivel laboratorio se realiza colocando en una probeta 40 ml de aceite y 40 ml de agua las cuales se colocan en un baño de aceite a 40°C y se agita con una paleta a 500 rpm durante 5 min. Se deja reposar y se van tomando las lecturas cada 5 minutos, se leen los mililitros de agua separados del aceite, si a los 30 minutos este aceite se separa por lo menos 37 mililitros de agua pasa la prueba, también se puede realizar en un baño de 57 °C. Cumple con el método de prueba ASTM D 1404(anexo 3).

## **6.0 PROPIEDADES DE LAS GRASAS LUBRICANTES**

Cuando la grasa tiene que contener propiedades especiales, se incluyen otros constituyentes que actúen como inhibidores de la oxidación y mejoren la resistencia de la película. Existe otro tipo de aditivo: los estabilizadores. Cambiando el jabón, aceite o aditivo, se pueden producir diferentes calidades de grasas por una amplia gama de aplicaciones.

### **6.1 Propiedades fisicoquímicas de las grasas lubricantes**

La grasa se emplea generalmente en aplicaciones que funcionan en condiciones normales de velocidad y temperatura. La grasa tiene algunas ventajas sobre el aceite. Por ejemplo, la instalación es más sencilla y proporciona protección contra la humedad e impurezas. Generalmente se utiliza en la lubricación de elementos tales como cojinetes de fricción y antifricción, levas, guías, correderas, piñonería abierta algunos rodamientos.

A continuación se describirán algunas propiedades fisicoquímicas para grasas lubricantes.

#### **6.1.1 Dureza o penetración**

La diferencia entre un grado de penetración o "dureza" de una grasa y otra, es muy importante a la hora de elegir una grasa para una determinada aplicación. Por ejemplo, una grasa muy dura no sería adecuada para la lubricación de un rodamiento que gire a elevadas velocidades, porque al ofrecer mayor resistencia, se calentaría demasiado, con los inconvenientes que esto apareja.

Esta prueba se hace para determinar el grado de resistencia a la penetración (grado N.L.G.I. anexo 1.) que tienen las grasas, de forma similar a la que se mide la dureza de los materiales.

El aparato para realizar este ensayo consiste en un bastidor con una base donde está ubicada la muestra de grasa. Por encima de la muestra está el cono

penetrador (de peso, forma y material normalizados), conectado a un reloj comparador que mide en décimas de mm. Una vez posicionada la muestra en la base, se deja por gravedad caer el cono sobre la superficie rasada de la muestra de la grasa, y el reloj medirá la profundidad que penetró el cono en la grasa. De esta manera, se determina la "dureza" o grado de penetración de las grasas.

Dependiendo de la profundidad de penetración se clasifican las grasas en fluidas, blandas y semiduras, sólidas y duras. Un aspecto a tener en cuenta antes de hacer este ensayo, es trabajar la grasa para homogeneizar su masa y además darle una cierta temperatura, similar a la de trabajo. Esto se cumple con el método ASTM D217-02 (anexo 3).

### **6.1.2 Bombeabilidad**

Propiedad de la grasa lubricante que permite que ésta fluya satisfactoriamente hacia y desde la bomba de aceite del motor y lubrique adecuadamente sus componentes móviles.

### **6.1.3 Punto de goteo**

El aparato para realizar este ensayo consta de un envase cilíndrico de vidrio pyrex que contiene un aceite siliconado. Dentro de este envase se sumerge un tubo de vidrio especial, similar a un tubo de ensayo, dentro del cual se coloca un dispositivo que contiene una pequeña muestra de grasa y tiene un pequeño orificio en la parte inferior. En contacto con la muestra se coloca un termómetro (para medir la temperatura de la grasa), y otro en el baño de aceite para determinar la temperatura de este.

Una resistencia eléctrica calienta el aceite siliconado hasta que del dispositivo que contiene a la grasa cae la primer gota de aceite que se separa de la grasa por efecto de la temperatura. En ese momento se registra la temperatura de la grasa con el termómetro y esta se denomina temperatura del punto de goteo, propiedad particular de cada grasa. Este punto es la temperatura máxima a la que puede

operar una grasa antes de que el aceite se separe del jabón. Esto se cumple con el método ASTM D2265-06 (anexo 3).

#### 6.1.4 Resistencia al agua

La resistencia al agua de las grasas lubricantes se mide de acuerdo a DIN 51 807 parte 1 (clasificación para el grado de resistencia de la grasa al agua). Se recubre una placa de cristal con la grasa a probar (ver figura 7) y se sumerge en un baño de agua en circulación durante tres horas a una temperatura de prueba especificada. El cambio que experimenta la grasa se evalúa visualmente y se expresa como un valor entre 0 (ningún cambio) y 3 (cambio importante) junto con la temperatura de prueba.

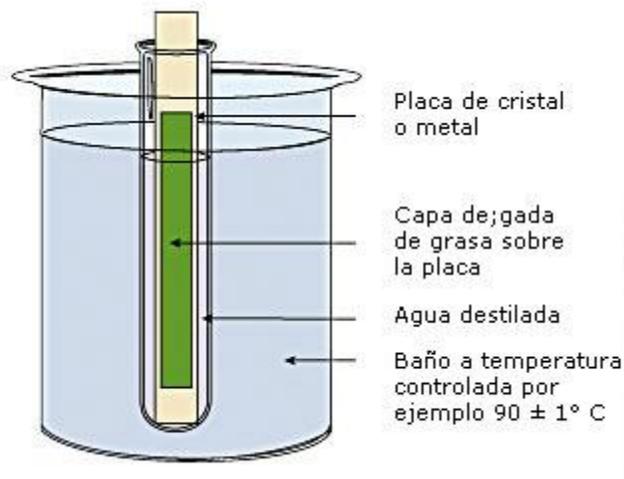


Figura 9: Ejemplo de cómo se realiza la prueba de resistencia al agua (ref. 7).

#### 6.1.5 Estabilidad

Ciertas grasas, particularmente las líticas de los tipos antiguos, tienen una tendencia para ablandarse durante el trabajo mecánico, pudiendo dar lugar a pérdidas. En instalaciones con vibración, el trabajo es particularmente severo, ya que la grasa está continuamente vibrando en los elementos lubricados. Para obtener la estabilidad de la grasa se utiliza la prueba SKF V2F la cual se describe en el siguiente punto.

### **6.1.5.1 Prueba SKF V2F**

La estabilidad mecánica de la grasa consiste en una caja de grasa de ferrocarril sometida a impactos de vibración de 1 Hz de un martillo que produce un nivel de aceleración entre 12-15 g.

La prueba se realiza a dos velocidades diferentes, 500 y 1.000 rpm. Si la grasa (que escapa del soporte a través del retén de laberinto, y se recoge en una bandeja después de 72 horas a 500 rpm), pesa menos de 50 gramos, la prueba continúa durante otras 72 horas a 1.000 rpm. Si la cantidad total de escapes de grasa después de ambas pruebas (72 horas tanto a 500 como a 1.000 rpm) no excede de 150 gramos, entonces se da una clasificación 'M'. Si la grasa sólo cumple la primera parte de la prueba (72 horas a 500 rpm con una pérdida de grasa de 50 gramos o menos) pero no pasa la segunda etapa, se da una clasificación 'm'. Si la pérdida de grasa después de 72 horas a 500 rpm es mayor de 50 gramos, entonces se clasifica como un 'fallo'.

SKF V2F es la marca internacional de rodamientos, tienen tanta influencia en el mercado que ha diseñado pruebas para dichos rodamientos, como la anterior.

### **6.1.6 Prueba de 4 bolas**

a) Para medir la presión máxima de carga de una grasa existe la prueba de EP (Extrema presión) la cual nos indica la carga a la que soldán 4 bolas. Este método evalúa el comportamiento EP (Extrema Presión) de una grasa lubricante. Este método de prueba está normalizado bajo DIN 51 350/4. Se sujetan tres bolas de acero en un recipiente y se hace girar una cuarta bola contra las tres primeras a una velocidad determinada. Se aplica una carga de arranque y se aumenta a intervalos predeterminados hasta que la bola giratoria se gripa y se suelda a las tres bolas estacionarias. Esta prueba indica el punto en que se sobrepasa el límite de extrema presión de la grasa. Las grasas se pueden considerar como grasas EP cuando la carga a soldadura es superior a 2.600 N (Newtons). Esto se cumple con el método ASTM D2592-97(anexo 3).

b) La prueba de huella de desgaste por 4 bolas. Esta prueba se realiza en las mismas instalaciones utilizadas para la prueba de carga a soldadura por 4 bolas. Se aplica una carga de 1.400 N (Newtons) a la cuarta bola durante 1 minuto. A continuación se mide el desgaste de las tres bolas. Las pruebas estándar utilizan una carga de 400 N (Newtons). No obstante, SKF ha decidido incrementar la carga a 1.400 N (Newtons) para que las pruebas se correspondan con las aplicaciones de los rodamientos. Esto se cumple con el método ASTM D4172-94.

c) Vibrocorrosión

Las propiedades anticorrosivas de una grasa pueden ser importantes para ciertas aplicaciones. SKF puede evaluar estas propiedades con la prueba FAFNIR normalizada como ASTM D4170. Se cargan y se oscilan dos rodamientos axiales de bolas. A continuación se mide el desgaste en cada rodamiento. En las grasas que ofrecen buena protección contra la corrosión, el desgaste medido debe estar por debajo de 7 mg.

## 7.0 TRIBOLOGIA

La tribología (del griego tribos, "frotar o rozar") es la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación que tienen lugar durante el contacto entre superficies sólidas en movimiento. El término es usado universalmente desde finales del siglo XX.

Para entender a la tribología se requiere de conocimientos de física, de química y de la tecnología de materiales. Las tareas del especialista en tribología (tribólogo) son las de reducir la fricción y desgaste para conservar y reducir energía, lograr movimientos más rápidos y precisos, incrementar la productividad y reducir el mantenimiento

Antes del nacimiento de la tribología como ciencia se pensaba en el término "lubricación" o ingeniería de lubricación. No se había generalizado la disminución de la fricción y el desgaste como prácticas cotidianas. Con la tribología como ciencia se estudia la fricción y sus efectos asociados, como el desgaste, tratando de prevenirlos con mejores diseños y prácticas de lubricación. Debemos tomar en cuenta, entre otros aspectos de la maquinaria industrial, los siguientes:

- El diseño
- Los materiales de las superficies en contacto
- El sistema de aplicación del lubricante
- El medio circundante
- Las condiciones de operación

La Tribología podría parecer algo nuevo, pero es solo la percepción, solamente el término como tal lo es. Como un ejemplo, se sabe que las "brocas" realizadas durante el periodo Paleolítico para perforar agujeros o para producir fuego, eran "fijados" con rodamientos hechos de cornamentas o huesos.

Los documentos históricos muestran el uso de la rueda desde el 3500 A.C., lo cual ilustra el interés de nuestros antepasados por reducir la fricción en movimientos de traslación. Los egipcios tenían el conocimiento de la fricción y los lubricantes, esto

se ve en el transporte de grandes bloques de piedra para la construcción de monumentos y pirámides. Para realizar esta tarea utilizaban agua o grasa animal como lubricante.

El artista científico renacentista Leonardo Da Vinci fue el primero que postuló un acercamiento a la fricción. Da Vinci dedujo la leyes que gobernaban el movimiento de un bloque rectangular deslizándose sobre una superficie plana, también, fue el primero en introducir el concepto del coeficiente de fricción. Desafortunadamente sus escritos no fueron publicados hasta cientos de años después de sus descubrimientos. Fue en 1699 que el físico francés Guillaume Amontons redescubrió las leyes de la fricción al estudiar el deslizamiento entre dos superficies planas.

Muchos otros descubrimientos ocurrieron a lo largo de la historia referentes al tema, científicos como Charles Augustin Coulomb, Robert Hooke, Isaac Newton, entre otros, aportaron conocimientos importantes para el desarrollo de esta ciencia.

Al surgir la Revolución Industrial el desarrollo tecnológico de la maquinaria para producción avanzó rápidamente. El uso de la potencia del vapor permitió nuevas técnicas de manufactura. En los inicios del siglo veinte, desde el enorme crecimiento industrial hasta la demanda de una mejor tribología, el conocimiento de todas las áreas de la tribología se expandió rápidamente

La mayoría de las consecuencias de la fricción y el desgaste se consideran negativas, tales como el consumo de energía y la causa de las fallas mecánicas, sin embargo existen beneficios fundamentales de la fricción y el desgaste. La interacción neumático y el piso, por ejemplo; o el zapato y el suelo, sin los cuales trasladarse sería imposible.

La fricción sirve como el mecanismo de conexión inherente en las uniones, los clavos y el conjunto tuerca tornillo.

## **7.1 Fundamentos de la tribología**

La tribología se centra en el estudio de tres fenómenos:

1. La fricción entre dos cuerpos en movimiento
2. El desgaste como efecto natural de este fenómeno
3. La lubricación como un medio para reducir el desgaste.

### **7.1.1 Fricción**

La fricción se define como la resistencia al movimiento durante el deslizamiento o rodamiento que experimenta un cuerpo sólido al moverse sobre otro con el cual está en contacto, esta resistencia al movimiento depende de las características de las superficies y hay una interacción entre los puntos de contacto y la penetración de las asperezas.

Por otra parte la fricción depende sobre todo de:

- i) la interacción molecular (adhesión) de las superficies
- ii) la interacción mecánica entre las partes.

La fuerza de resistencia que actúa en una dirección opuesta a la dirección del movimiento se conoce como fuerza de fricción. Existen dos tipos principales de fricción: fricción estática y fricción dinámica. La fricción no es una propiedad del material, es una respuesta integral del sistema.

Existen tres leyes de la fricción:

- La fuerza de fricción es proporcional a la carga normal.
- La fuerza de fricción es independiente del aparente área de contacto entre las superficies deslizantes.
- La fuerza de fricción es independiente a la velocidad de deslizamiento.

### **7.1.2. Desgaste**

El desgaste es el daño de la superficie por remoción de material de una o ambas superficies sólidas en movimiento relativo. Es un proceso en el cual las capas

superficiales de un sólido se rompen o se desprenden de la superficie. Al igual que la fricción, el desgaste no es solamente una propiedad del material. Los análisis de los sistemas han demostrado que 75% de las fallas mecánicas se deben al desgaste de las superficies en rozamiento. Se deduce fácilmente que para aumentar la vida útil de un equipo se debe disminuir el desgaste al mínimo posible.

Existen diferentes tipos de desgaste los cuales se mencionarán a continuación:

- Desgaste por Fatiga: surge por concentración de tensiones mayores a las que puede soportar el material. Incluye las dislocaciones, formación de cavidades y grietas.
- Desgaste Abrasivo: es el daño por la acción de partículas sólidas presentes en la zona del rozamiento.
- Desgaste por Erosión: es producido por una corriente de partículas abrasivas, muy común en turbinas de gas, tubos de escape y de motores.
- Desgaste por Corrosión: originado por la influencia del ambiente, principalmente la humedad, seguido de la eliminación por abrasión, fatiga o erosión, de la capa del compuesto formado. A este grupo pertenece el Desgaste por oxidación. Ocasionado principalmente por la acción del oxígeno atmosférico o disuelto en el lubricante, sobre las superficies en movimiento.
- Desgaste por Frotación: aquí se conjugan las cuatro formas de desgaste, en este caso los cuerpos en movimiento tienen movimientos de oscilación de una amplitud menos de 100  $\mu\text{m}$ . Generalmente se da en sistemas ensamblados.
- Desgaste por deslizamiento: También conocido como desgaste por adhesión es el proceso por el cual se transfiere material de una a otra superficie durante su movimiento relativo como resultado de soldadura en

frío debido a las grandes presiones existentes entre las asperezas, en algunos casos parte del material desprendido regresa a su superficie original o se libera en forma de virutas o rebaba. Existen pruebas de este tipo en las que se emplea una máquina de perno o esfera en disco.

- Desgaste Fretting: es el desgaste producido por las vibraciones inducidas por un fluido a su paso por una conducción.
- Desgaste de Impacto: son las deformaciones producidas por golpes y que producen una erosión en el material.

El deslizamiento entre superficies sólidas se caracteriza generalmente por un alto coeficiente de fricción y un gran desgaste debido a las propiedades específicas de las superficies (ver figura 8).

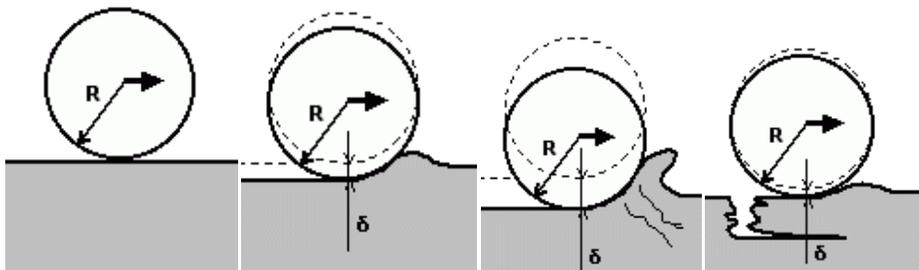


Figura 10: El deslizamiento entre superficies sólidas. (Manual de lubricación ref. 1).

### 7.1.3. Lubricación

La lubricación consiste en la introducción de una capa intermedia de un material ajeno entre las superficies en movimiento, cuya función es disminuir la fricción y el desgaste. El término lubricante es muy general, y puede estar en cualquier estado material: líquido, sólido, gaseoso e incluso y semisólido o pastoso. El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca daño en ellas: se intenta con ello que el proceso de deslizamiento sea con el rozamiento más pequeño posible. Para conseguir esto se intenta, siempre que sea posible, que haya una película de

lubricante (gaseoso, líquido o sólido) de espesor suficiente entre las dos superficies en contacto para evitar el desgaste.

El lubricante en la mayoría de los casos es aceite mineral. En algunos casos se utiliza agua o lubricantes sintéticos cuando hay condiciones especiales de temperatura, velocidad, entre otros.

### Objetivos y campos de aplicación

El objetivo de la lubricación es reducir el rozamiento, el desgaste y el calentamiento de las superficies en contacto de piezas con movimiento relativo.

La aplicación típica en ingeniería mecánica es el rodamiento.

Los campos de aplicación de la lubricación son los siguientes:

- Rodamiento del cigüeñal y bielas de un motor (vida de miles de Km.).
- Rodamiento de turbinas de centrales (fiabilidad del 100%).

Los factores a considerar en diseño de una maquina son técnicos y económicos:

- Cargas aplicadas y condiciones de servicio.
- Condiciones de instalación y posibilidad de mantenimiento.
- Tolerancias de fabricación y funcionamiento; vida útil.
- Costos de instalación y mantenimiento.

La lubricación por película fluida ocurre cuando dos superficies opuestas se separan completamente por una película lubricante y ninguna aspereza está en contacto. La presión generada dentro del fluido soporta la carga aplicada, y la resistencia por fricción al movimiento se origina completamente del esfuerzo cortante del fluido viscoso.

El espesor de la película lubricante depende en gran parte de la viscosidad del lubricante tanto en el extremo alto como bajo de la temperatura.

### 7.1.3.1 Tipos de lubricación

#### a) La lubricación por película fluida

Ocurre cuando dos superficies opuestas se separan completamente por una película lubricante y ninguna aspereza está en contacto. La presión generada dentro del fluido soporta la carga aplicada, y la resistencia por fricción al movimiento se origina completamente del cortante del fluido viscoso. El espesor de la película lubricante depende en gran parte de la viscosidad del lubricante tanto en el extremo alto como bajo de la temperatura.

#### b) Lubricación Hidrodinámica

La lubricación hidrodinámica se caracteriza en superficies concordantes con una lubricación por película fluida. En este tipo de lubricación las películas son gruesas de manera que se previene que las superficies sólidas opuestas entren en contacto. Con frecuencia se la llama la forma ideal de lubricación, porque proporciona baja fricción y alta resistencia al desgaste. La lubricación de las superficies sólidas se rige por las propiedades físicas del volumen del lubricante, especialmente de la viscosidad; por otra parte, las características de fricción se originan puramente del cortante del lubricante viscoso. Una presión positiva se desarrolla en una chumacera o en un cojinete de empuje lubricados ambos hidrodinámicamente, porque las superficies del cojinete convergen, y su movimiento relativo y la viscosidad del fluido separan las superficies. La existencia de una presión positiva implica que se soporta la aplicación de una carga normal. Generalmente la magnitud de la presión que se desarrolla es menor que 5 Mpa y no es lo suficientemente grande para causar una deformación elástica significativa en las superficies.

#### c) Lubricación Elastohidrodinámica (EHL)

Este es un tipo de lubricación que desde su descubrimiento por los profesores británicos Dowson Duncan y Higginson Gordon en la década de los años 50's marcó el verdadero comienzo a la solución de los problemas de desgaste en mecanismos que funcionaban sometidos a condiciones de altas cargas y bajas velocidades y que hasta entonces se manejaban como mecanismos lubricados por película límite ó fluida. La lubricación EHL se presenta en mecanismos en los cuales las rugosidades de las superficies de fricción trabajan siempre entrelazadas y nunca llegan a separarse. En este caso las crestas permanentemente se están deformando elásticamente y el control del desgaste y el consumo de energía depende de la película adherida alas rugosidades.

#### d) Lubricación Marginal

En la lubricación marginal los sólidos no están separados por el lubricante, los efectos de la película fluida son insignificantes y existe un contacto de las asperezas importante. El mecanismo de lubricación por contacto se rige por las propiedades físicas y químicas de las películas delgadas de superficie de proporciones moleculares. Las propiedades volumétricas del lubricante tienen menor importancia y el coeficiente de fricción es esencialmente independiente de la viscosidad del fluido. Las propiedades de los sólidos y la película del lubricante en las interfaces comunes determinan las características de la fricción.

#### e) Lubricación Mixta

No todos los elementos de maquinas se encuentran lubricados bajo el régimen de alguna de las películas fluidas descritas anteriormente ,donde no existe contacto entre los elementos que están en movimiento relativo y, teóricamente no existe desgaste .Existen elementos que no pueden ser suministrados continuamente con aceite u otro tipo de lubricante o en los que, por variaciones en las condiciones de

diseño( carga, velocidad, temperatura, viscosidad del aceite) , se ha modificado el espesor de película a tal punto que se produce el contacto entre ambos metales ya sea parcial o totalmente. Este tipo de película lubricante obviamente no es deseable pero en la realidad, son muchos los equipos donde se presenta, notándose por un desgaste prematuro de los elementos y un incremento en la temperatura de operación.

Por lo tanto tenemos que la lubricación mixta, es donde las piezas trabajan con Lubricación Hidrodinámica y Lubricación Marginal por falta de velocidad.

## **7.2 Aplicaciones**

La fricción está presente prácticamente en todas las piezas en movimiento tales como:

- Rodamientos
- Chumaceras
- Sellos
- Anillos de pistones
- Embragues
- Frenos
- Engranajes
- Árboles de levas

La tribología ayuda a resolver problemas en maquinaria, equipos y procesos industriales tales como:

- Motores eléctricos y de combustión (componentes y funcionamiento)
- Turbinas
- Compresores
- Extrusión
- Rolado
- Fundición
- Forja
- Procesos de corte (herramientas y fluidos)
- Elementos de almacenamiento magnético

- Prótesis articulares (cuerpo humano)

De forma concreta se puede precisar que el hombre necesita controlar la fricción para minimizar el desgaste y el consumo de energía. Aunque en acciones tan cotidianas como caminar, recoger un objeto, abrir un libro, frenar un vehículo o hacer que un tren pueda desplazarse sobre los rieles se requiere la existencia de una fricción controlada y en las cuales la carencia absoluta de ella impediría llevarlas a cabo, el objetivo de la tribología es controlarla para evitar costos innecesarios. Toda acción de los seres vivos o de la naturaleza se puede considerar un proceso tribológico. La fricción, naturaleza de los materiales, rugosidad, desgaste, lubricación, energía y medio ambiente, son elementos inherentes en muchas de las disciplinas de la ingeniería, puede decirse, entonces que la Tribología debería ser objeto de estudio de todas las ingenierías como la Ingeniería Mecánica, Ingeniería Química, Ingeniería Metalúrgica o la Ingeniería Civil, entre otras.

Por todo esto, la aplicación de los conocimientos de la Tribología deriva en:

- Ahorro de materias primas
- Aumento en la vida útil de las herramientas y la maquinaria
- Ahorro de recursos naturales
- Ahorro de energía
- Protección al medio ambiente
- Ahorro económico.

Todo esto se concluye en bajos costos y preservación del medio ambiente.

### **7.2.1 El parámetro de película**

Cuando los elementos de un sistema se diseñan de forma adecuada y se lubrican por medio de una película fluida, como el caso de cojinetes o chumaceras, de los engranajes, de los cojinetes hidrodinámicos y de empuje, y de los sellos, las superficies lubricadas se encuentran completamente separadas por una película lubricante. Aquí se estudia el parámetro de película y se describe su rango de

valores para los tres regímenes de lubricación. La relación entre el parámetro de película adimensional  $\lambda$  y el espesor mínimo de película  $h_{min}$ , es :

$$\lambda = \frac{h_{min}}{(Ra^2 + Rb^2)^{1/2}}$$

Donde

$\lambda$  = Parámetro de película

$h_{min}$  = Espesor mínimo de película

$Ra$  = Aspereza superficial (rms) de la superficie a

$Rb$  = Aspereza superficial (rms) de la superficie b

El parámetro de película sirve para definir los cuatro regímenes de lubricación principales. El rango para estos cuatro regímenes es:

- a) Lubricación hidrodinámica,  $5 \leq \lambda \leq 100$
- b) Lubricación Elastohidrodinámica  $3 \leq \lambda \leq 100$
- c) Lubricación parcial o mixta,  $1 \leq \lambda \leq 5$
- d) Lubricación marginal,  $\lambda \leq 1$

Estos valores son aproximados. Las mayores diferencias en la conformidad geométrica entre las conjunciones lubricadas hidrodinámicamente y las lubricadas elastohidrodinámicamente dificultan que se puedan hacer distinciones claras.

## **CONCLUSIONES**

Finalizado este trabajo de investigación se puede aseverar lo siguiente: La vida útil de un equipo depende de una lubricación adecuada y que para cada equipo, máquina entre otros que requiera de un lubricante este debe ser específico, por lo que hay que estudiar los factores internos y externos de estos.

Mediante este trabajo cualquier persona puede entender los conceptos básicos respecto a los lubricantes derivados del petróleo, clasificación, características fisicoquímicas y aplicaciones; ya que se profundizó lo suficiente para poder comprenderlos.

Con lo anterior concluimos que la Tribología que es el arte de aplicar un análisis operacional a problemas de gran importancia económica, llámese confiabilidad, mantenimiento y desgaste del equipo técnico, encontrándose desde la tecnología aeroespacial hasta aplicaciones domésticas. La Tribología está encaminada a estudiar la lubricación, fricción y el desgaste; y en especial su importancia en equipos mecánicos; recordando que tantos empresarios como personas dedicadas a esta especialidad deben tener conocimiento del mantenimiento que se requiere para que funcionen perfectamente los equipos. Cabe destacar que la lubricación es tan importante como cualquier otro mecanismo en equipos de producción, ya que se pueden disminuir gastos, pérdida de tiempo y por supuesto pérdida de ganancias. Desde luego que la lubricación tiene por objetivos mantener el buen funcionamiento y vida útil del equipo por ende el profesional que realice dicho trabajo debe estar seguro del producto que utiliza, garantizando así el buen funcionamiento; de esta manera se puede garantizar una buena calidad de sistemas, entendiéndose por sistema empresas, fábricas e industrias, entre otras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Valencia, A. G. "Manual de Lubricación" Editorial Diseño y Composición Litográfica S.A., México, 1974
2. Schramm, L. L. "Petroleum Emulsions", American Chemical Society, Washington, DC 1992
3. Smith, H. V. y Kenneth E. A., "Crude oil Emulsions", Petroleum Engineering Handbook, S.P.E., Richardson, TX. 1987
4. Martínez, M. Yacimientos de crudo y gas. Centro de geoquímica, Venezuela, 1998.
5. Anuario estadístico PEMEX 2008, México D.F.
6. Curso de Análisis de Aceites Parte I, Noria Latinoamérica, Celebrado en León Guanajuato, Marzo 2009
7. Curso de Análisis de Aceites Parte II, Noria Latinoamérica, Celebrado en León Guanajuato, Octubre 2008
8. Grouse, W. A. "Tecnología Química del Petróleo", Edition Technip, París 1985
9. Manual de laboratorios móviles PEMEX 2009, Instituto Mexicano del Petróleo, México D.F., 2010
10. Albarracín, P. Lubricación industrial y automotriz. Editorial Omega, Barcelona, España 1993.
11. Witteff, A. Reuben, G. Productos químicos orgánicos Industriales, Editorial Limusa, México D.F., 1995
12. Austin, G. Manual de productos químicos en la industria, editorial Mc Graw Hill, México D.F., 1992
13. "Hydrocarbon Processing's Refining Processes 2006 handbook", Hydrocarbon Processing', 2006
14. American Society for Testing and Materials, Annual Book ASTM Standards 2010. Section five. Petroleum, volume 5.

## TERMINOLOGIA

**Aceites lubricantes:** En general son mezclas de aceites básicos parafínicos (con o sin aditivos). En Petróleos Mexicanos se obtienen de la destilación de residuos en la refinería de Salamanca. Los aceites básicos parafínicos provienen de una mezcla de crudo Pozoleo e Istmo. Son utilizados para disminuir la fricción entre superficies móviles o incorporados en materiales utilizados en procesos de manufactura de otros productos.

**Aditivo:** Producto químico que se agrega a otro para mejorar o incrementar sus propiedades físicas (olor, color, octano, conductividad, etc.) Por ejemplo, los aditivos son utilizados para mejorar las propiedades lubricantes de aceites automotores

**ASTM:** American Society for Testing Materials (Sociedad Americana para Pruebas de Materiales).

**Catalizador:** Sustancia que acelera o retarda una reacción química sin sufrir alteración o cambio químico durante el proceso.

**Combustible:** Se le denomina así a cualquier sustancia usada para producir energía calorífica a través de una reacción química o nuclear. La energía se produce por la conversión de la masa combustible a calor.

**Combustóleo:** Es la fracción pesada del petróleo crudo después de someterse a destilación al alto vacío; se prepara por mezcla con otros residuales como residuo catalítico, residuo de reductora y residuo de H-oil (hidrodesintegradora de residuales); se utilizan diluyentes para ajustar las especificaciones requeridas; el combustóleo pesado debe contener 4% en peso máximo de azufre y una viscosidad de 475 a 550 SSF (standard saybolt furol) a 50°C. Se produce en Cadereyta, Cd. Madero, Minatitlán, Salamanca, Salina Cruz y Tula. Es utilizado como combustible industrial, para generación de electricidad, en locomotoras y barcos; en las refinerías se utiliza en los calentadores a fuego directo. Su manejo en caso de fugas debe de hacerse con mucho cuidado, debido a que se manipula a temperaturas mayores a la ambiental. Se debe mantener en tanques con calentamiento a una temperatura entre 70° y 80°C.

**Detergentes:** Aditivos utilizados para inhibir la formación de depósitos en el combustible y en los sistemas internos de los automóviles.

**Diesel:** Combustible líquido que se obtiene de la destilación atmosférica del petróleo crudo entre los 200 y 380 °C y posteriormente recibe un tratamiento en las plantas hidrodesulfuradoras. Es más pesado que el queroseno y se produce en todas las refinerías administradas por Pemex Refinación. Este producto se emplea como combustible en las ramas automotriz e industrial. Debido a sus diversos

usos y con objeto de cumplir con las restricciones de emisión de contaminantes ambientales, cada vez más estrictas en el ámbito internacional, Petróleos Mexicanos ofrece al mercado sus productos Pemex Diesel para uso automotriz; Diesel Industrial para uso en la industria y el Diesel Marino Especial para embarcaciones.

**Ductos.** Tuberías conectadas, generalmente enterradas o colocadas en el lecho marino, que se emplean para transportar petróleo crudo, gas natural, productos petrolíferos o petroquímicos utilizando como fuerza motriz elementos mecánicos, aire a presión, vacío o gravedad; exteriormente se protegen contra la corrosión con alquitrán de hulla, fibra de vidrio y felpa de asbesto, variando su espesor entre 2 y 48 pulgadas de diámetro según su uso y clase de terreno que atraviesen. Es el medio de transporte que ofrece máxima economía de operación y máxima vida útil, pero es también el que requiere el máximo de inversión y presenta el mínimo de flexibilidad.

**Etileno, eteno:** Gas incoloro de olor y sabor dulce, densidad 0.5139 (20°C). Se obtiene mediante la desintegración de etano recuperado de los líquidos del gas natural. El etano con vapor de agua es pirolizado en un horno a temperatura de 850 a 900°C. Se obtiene en las petroquímicas La Cangrejera, Morelos, Pajaritos, Escolin y Reynosa, utilizándose principalmente en la producción de polietileno, acetaldehído, óxido de etileno, dicloroetano y etilbenceno.

**Gasoducto:** Ducto usado para el transporte de gas.

**Gravedad API:** Es la gravedad específica de un crudo expresada en términos de grados API, y se calcula mediante la siguiente relación:

**Hidrocarburos:** Grupo de compuestos orgánicos que contienen principalmente carbono e hidrógeno. Son los compuestos orgánicos más simples y pueden ser considerados como las sustancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos. Los hidrocarburos más simples son gaseosos a la temperatura ambiente, a medida que aumenta su peso molecular se vuelven líquidos y finalmente sólidos, sus tres estados físicos están representados por el gas natural, el petróleo crudo y el asfalto. Los hidrocarburos pueden ser de cadena abierta (alifáticos) y enlaces simples los cuales forman el grupo de los (alcanos y parafinas) como el propano, butano o el hexano. En caso de tener cadena abierta y enlaces dobles forman el grupo de los alquenos u olefinas como el etileno o el propileno. Los alquinos contienen enlaces triples y son muy reactivos, por ejemplo el acetileno. Tanto los alquenos como los alquinos, ambos compuestos insaturados, son producidos principalmente en las refinerías en especial en el proceso de desintegración (cracking). Los compuestos de cadena cerrada o cíclicos pueden ser tanto saturados (cicloalcanos) como el ciclohexano o insaturados. El grupo más importante de hidrocarburos cíclicos insaturados es el de los aromáticos, que tienen como base un anillo de 6 carbonos y tres enlaces dobles. Entre los compuestos aromáticos más representativos se encuentran el benceno, el tolueno, el antroeno y el naftaleno.

**Naftas:** Nombre genérico aplicado a las fracciones de petróleo crudo y productos líquidos del gas natural con una temperatura de ebullición que oscila entre 175 y 240°C.

**Petróleo:**El petróleo es una mezcla que, se presenta en la naturaleza compuesta predominantemente de hidrocarburos en fase sólida, líquida o gaseosa; denominando al estado sólido betún natural, al líquido petróleo crudo y al gaseoso gas natural, esto a condiciones atmosféricas. Existen dos teorías sobre el origen del petróleo: la inorgánica, que explica la formación del petróleo como resultado de reacciones geoquímicas entre el agua y el dióxido de carbono y varias sustancias inorgánicas, tales como carburos y carbonatos de los metales y, la orgánica que asume que el petróleo es producto de una descomposición de los organismos vegetales y animales que existieron dentro de ciertos periodos de tiempo geológico.

**Refinería:** Centro de trabajo donde el petróleo crudo se transforma en sus derivados. Esta transformación se logra mediante los procesos de: destilación atmosférica, destilación al vacío, hidrodeshulfuración, desintegración térmica, desintegración catalítica, aquilación y reformación catalítica entre otros.

## **ANEXO 1**

El grado NLGI es una clasificación ampliamente utilizada para definir las grasas. Fue establecido por el Instituto Nacional de grasa lubricante. Las grasas se clasifican en uno de los nueve grados en función de su coherencia.

El grado NLGI por sí solo no es suficiente para especificar la grasa para una aplicación determinada, pero es una medida cualitativa útil. Si bien la ciencia de la tribología está aún en desarrollo, grado NLGI, en combinación con otros basados en las propiedades de la prueba es el único método para determinar la idoneidad potencial de grasas diferentes para una aplicación específica.

Los nueve grados se definen por una serie de penetración de pruebas. El grado NLGI para una grasa específica se determina mediante la prueba de dos aparatos. El primer aparato consiste en un recipiente cerrado y un émbolo de pistón. La cara del émbolo está perforado para permitir que la grasa fluya de un lado del émbolo para los otros, como el émbolo se trabaja arriba y hacia abajo. La grasa de prueba se inserta en el recipiente y el émbolo se golpea 60 veces, mientras que el aparato de la prueba y la grasa se mantienen a una temperatura de 25 ° C.

Una vez trabajada, la grasa se coloca en un aparato de prueba de penetración. Este aparato consiste en un contenedor, un cono-configurados especialmente y un indicador de carátula. El contenedor se llena con la grasa y la superficie superior de la grasa se suaviza más. El cono se coloca de manera que la punta toque la superficie de grasa y un reloj se pone a cero en esta posición. Cuando la prueba se inicia el peso del cono hará que penetrar en la grasa. Después de un intervalo de tiempo determinado la profundidad de penetración se mide.

En la tabla siguiente se muestra los grados NLGI y los rangos de penetración trabajada:

NLGI grado	Penetración trabajada después 60 golpes a 25 ° C (0.1 mm)	Apariencia	Coherencia analógica alimentos
000	445-475	líquido	aceite de cocina
00	400-430	semi-líquido	puré de manzana
0	355-385	muy suave	de mostaza marrón
1	310-340	suave	pasta de tomate
2	265-295	"Normal" de la grasa	mantequilla de maní
3	220-250	empesa	manteca vegetal
4	175-205	muy firme	yogurt congelado
5	130-160	duro	suave paté
6	85-115	muy difícil	queso cheddar

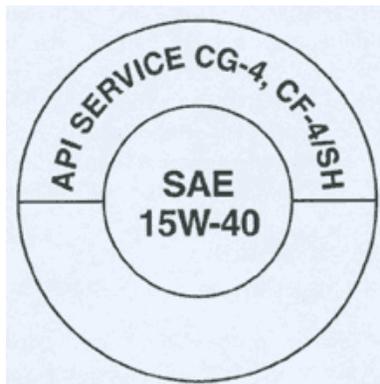
Los grados NLGI 000 a 1 se utilizan en aplicaciones de baja viscosidad requirings fricción . Algunos ejemplos son cerrados engranajes que operan a bajas velocidades y engranajes abiertos . Grados 0, 1 y 2 se utilizan en engranajes altamente cargados. Grados del 1 al 4 son de uso frecuente en los rodamientos de contacto en el grado 2 es el más común.

Grasa de consistencia - Los números más bajos son más suaves y mejor flujo, mientras que los números más altos son más firmes, tienden a permanecer en el lugar, y son una buena opción cuando la salida es una preocupación. La tabla anterior compara los grados NLGI más frecuentes de productos para el hogar que tienen consistencia similar.

## ANEXO 2

Para poder comprender la clasificación API de una manera más clara se tiene el siguiente ejemplo.

Símbolo de Servicio de API



- La parte superior describe el nivel de desempeño del aceite
- La parte central describe la viscosidad del aceite
- La parte inferior nos dice si el aceite ha demostrado tener propiedades de conservación de energía

Interpretación del Símbolo API:

Parte Superior: CG-4

C = Para Motores Diesel

G = Letra de orden alfabético según el desarrollo tecnología

4 = Motor de cuatro tiempos

Parte Superior: CF-4

C = Para Motores Diesel

F = Letra de orden alfabético según el desarrollo

4 = Motor de cuatro tiempos

Parte Superior: SH

S = Para Motores de Gasolina

H = Letra de orden alfabético según el desarrollo

Parte Central: 15W-40

15 = Entre más bajo sea este número indica que el Motor arrancará más rápido en invierno y que el aceite fluirá en forma satisfactoria a las partes críticas del Motor a bajas temperaturas.

40 = La temperatura alta de viscosidad (segundo número) provee espesor y cuerpo en el aceite para tener una buena lubricación en la temperatura de operación.

Para entender las normas y cómo influyen, tenemos que considerar la calidad de combustible que tenemos en comparación con la calidad en los países donde desarrollan los aceites.

1. Aceite de la clasificación API CJ-4 solamente debería ser usado en motores a diesel cuando el contenido de azufre en el diesel es debajo de 15 ppm de azufre. La norma en nuestros países anda por los 2000 ppm de azufre. El uso de un CJ-4 con tanto azufre en el diesel provocará alta corrosión. Por ende, hasta que se mejore el diesel, deberíamos usar un aceite de mayor detergencia y TBN, quedándonos con un API CI-4.
2. Aceite de la clasificación API SM demanda reducida cantidad de aditivos anti-desgastes (pero mayor resistencia al cizallamiento) para proteger el catalizador de gases y mantener su efectividad más de 500,000 kilómetros.
3. El catalizador de gases es susceptible a los depósitos de cenizas y especialmente los residuos de fósforo quemado. La evaporación de un aceite malo o el alto consumo de aceite por desgaste y daño por aspirar polvo, a causa de un filtro sopleteado, provoca más daños al catalizador que un buen aceite de alto nivel de aditivos.
4. Las normas ACEA (europeas) asumen mejor combustible que las normas del API.
5. Alguien comentó en un foro: “¿Qué sabe el API? Sólo es una asociación de productores con sus propios intereses de ventas.” Esto demuestra su ignorancia. En relación al aceite, los miembros del API que son fabricantes de motores, fabricantes de aditivos y laboratorios de aceites. Se reúnen periódicamente y analizan los problemas que tienen con los aceites, motores y practicas de mantenimiento, los objetivos y las mejoras que requieren en la próxima generación de aceites. Invierten millones de dólares en el desarrollo de estos, comprobando las combinaciones en motores reales, desarmándolos para medir los depósitos y el desgaste.

Vigencia de Clasificaciones A.P.I.							
Motores a Gasolina				Motores a Diesel			
SA	1900	30 años	Obsoleto	CA	1900	30 años	Obsoleto
SB	1930	34 años	Obsoleto	CB	1930	25 años	Obsoleto
SC	1964	4 años	Obsoleto	CC	1955	24 años	Obsoleto
SD	1968	4 años	Obsoleto	<u>CD</u>	1979	9 años	Obsoleto
SE	1972	8 años	Obsoleto	<u>CE</u>	1988	3 años	Obsoleto
SF	1980	9 años	Obsoleto	<u>CF</u>	1991	2 años	Obsoleto
SG	1989	6 años	Obsoleto	<u>CF-4</u>	1993	2 años	Obsoleto
SH	1995	2 años	Obsoleto	<u>CG-4</u>	1995	4 años	Vigente
SJ	1997	4 años	Vigente	<u>CH-4</u>	1999	3 años	Vigente
SL	2001	ACTUAL	Vigente	<u>CI-4</u>	2002	ACTUAL	Vigente

\* Estos aceites (SM y CJ-4) tienen aplicaciones especiales de acuerdo a la pureza del combustible y aplicaciones con catalizadores de gases del escape para reducir las emisiones al medio ambiente. No son recomendables con combustible de dudosa calidad.

## ANEXO 3

### ASTM D1500

#### Significado y Uso

Determinación del color de los productos derivados del petróleo se usa principalmente para la fabricación de fines de control y es una característica de calidad importante, ya que el color se observa fácilmente por el usuario del producto. En algunos casos, el color puede servir como una indicación del grado de refinamiento de la materia. Cuando la gama de colores de un producto en particular es conocido, una variación fuera del rango establecido puede indicar una posible contaminación con otro producto. Sin embargo, el color no siempre es una guía confiable de la calidad del producto y no debe utilizarse indiscriminadamente en las especificaciones del producto.

#### 1. Ámbito de aplicación

1.1 Este método de ensayo cubre la determinación visual del color de una amplia variedad de productos derivados del petróleo, como aceites lubricantes, los aceites de calefacción, los aceites diesel, y ceras de petróleo.

NOTA 1-Método de prueba D 156 es aplicable a los productos refinados que tienen un color más claro que la norma ASTM 0.5. Método IP 17 incluye un procedimiento para medir el color de los productos sin teñir, refinados como gasolina, aguarrás, queroseno y en comparación con una serie de vasos IP estándar. También incluye un procedimiento por el cual los productos del petróleo, excepto los aceites y betunes negro, se puede medir la tonalidad y la profundidad de color en términos de unidades Lovibond por una serie de vasos de color rojo, amarillo y azul.

1.2 Este método de informes de las pruebas como los resultados específicos para probar el método y grabó "ASTM color."

1.3 *Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.*

#### 2. Documentos de referencia

Normas de ASTM

D156 Método de prueba para Color Saybolt de Productos de Petróleo (Método Chromometer Saybolt)

D938 Método de prueba para Punto de Congelamiento de ceras de petróleo, incluyendo la vaselina

D2500 Método de prueba para punto de enturbiamiento en productos derivados del petróleo

D4057 Práctica para el Muestreo Manual de Petróleo y productos derivados del petróleo

## ASTM D1298

### Significado y Uso

La determinación exacta de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) o gravedad API del petróleo y sus productos es necesaria para la conversión de volúmenes medidos a volúmenes o masas, o ambas, a las temperaturas de referencia estándar, durante la transferencia de custodia.

Este método de ensayo es el más adecuado para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) o gravedad API de líquidos transparentes baja viscosidad. Este método también puede utilizarse para líquidos viscosos, al permitir tiempo suficiente para que el hidrómetro para alcanzar el equilibrio, y para líquidos opacos mediante el empleo de una corrección del menisco adecuado.

Cuando se utiliza en relación con las mediciones de aceite a granel, los errores se reducen al mínimo el volumen de corrección mediante la observación de la lectura del hidrómetro a una temperatura cercana a la de la temperatura del aceite a granel.

la gravedad de densidad, densidad relativa (gravedad específica), o la API es un factor que regulan la calidad y los precios del petróleo crudo. Sin embargo, esta propiedad del petróleo es un indicio seguro de su calidad, a menos correlacionada con otras propiedades.

La densidad es un indicador de calidad importante para la automoción, aviación y combustibles para uso marítimo, donde afecta a la manipulación, almacenamiento y combustión.

#### 1. Ámbito de aplicación

1.1 Este método de ensayo cubre la determinación de laboratorio usando un hidrómetro de vidrio, de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) o gravedad API del petróleo crudo, productos derivados del petróleo, o mezclas de petróleo y productos no petroleros normalmente manejados como líquidos y que tiene una Reid presión de vapor de 101.325 kPa (14.696 psi) o menos.

1.2 Los valores se miden en un hidrómetro, ya sea la temperatura de referencia o en otra temperatura conveniente, y lecturas corregidas a la temperatura de referencia por medio de las Tablas de Petróleo de medición, los valores obtenidos en otras de las lecturas de temperatura de referencia no se hidrómetro y mediciones de densidad.

1.3 Los valores determinados como la densidad, densidad relativa, o gravedad API se puede convertir en valores equivalentes en las otras unidades en las temperaturas de referencia alternativo a través de las Tablas de Medición de Petróleo.

1.4 del anexo A1 contiene un procedimiento para verificar o certificar el equipo de este método de ensayo.

1.5 *Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.*

## 2. Documentos de referencia

### Normas de ASTM

D97 Método de prueba para Punto de Escurrimiento de Productos de Petróleo

D323 Método de prueba para Presión de Vapor de Productos de Petróleo (Método Reid)

D1250 Guía para el Uso de la medición de los cuadros del Petróleo

D2500 Método de prueba para punto de enturbiamiento en productos derivados del petróleo

D4057 Práctica para el Muestreo Manual de Petróleo y productos derivados del petróleo

D4177 Práctica para el muestreo automático de petróleo y productos derivados del petróleo

D5854 Práctica para la mezcla y manipulación de las muestras líquidas de petróleo y productos derivados del petróleo

E1 Especificación de líquido en vidrio Termómetros ASTM

E100 Especificaciones para Densímetros ASTM

### Normas ISO

ISO649-1 Laboratorio de vidrio - densímetros de densidad para uso general - Parte 1: Especificaciones

### Instituto de Normas de Petróleo

IPStandardMethodsBook, Apéndice A, Especificaciones - Termómetros IP estándar

### Normas API

MPMSChapter8.3 mezcla y manipulación de las muestras líquidas de petróleo y productos derivados del petróleo (Práctica ASTM)

## ASTM D445

### Significado y Uso

Muchos de los productos derivados del petróleo, y algunos materiales no derivados del petróleo, se utilizan como lubricantes, y el correcto funcionamiento del equipo depende de la viscosidad adecuada del líquido que se utiliza. Además, la viscosidad de los combustibles derivados del petróleo muchos es importante para la estimación de almacenamiento óptima, la manipulación, y las condiciones operativas. Por lo tanto, la determinación precisa de la viscosidad es esencial para muchas especificaciones.

#### 1. Ámbito de aplicación

1.1 Este método de ensayo especifica un procedimiento para la determinación de la viscosidad cinemática,  $v$ , de productos de petróleo líquido, transparente y opaco, midiendo el tiempo para un volumen de líquido fluya por gravedad a través de un viscosímetro capilar de vidrio calibrado. La viscosidad dinámica,  $\eta$ , se puede obtener multiplicando la viscosidad cinemática,  $v$ , por la densidad,  $\rho$ , del líquido.

NOTA 1-Para la medición de la viscosidad cinemática y la viscosidad de los betunes, véase también los métodos de ensayo D2170 y D2171.

NOTA 2-ISO 3104 corresponde al método de prueba D445.

1.2 El resultado obtenido de este método de prueba depende del comportamiento de la muestra y es destinada a la aplicación a los líquidos para los que todo el esfuerzo cortante y tasas de corte son proporcionales (comportamiento del flujo de Newton). Sin embargo, si la viscosidad varía de forma significativa con la tasa de corte, los diferentes resultados pueden ser obtenidos a partir de viscosímetros capilares de diferentes diámetros. Los valores de procedimiento y la precisión de los aceites combustibles residuales, que bajo ciertas condiciones presentan un comportamiento no-newtoniano, se han incluido.

1.3 El rango de viscosidad cinemática se refiere el presente método de ensayo es de 0,2 a 300 000 mm<sup>2</sup> / s (véase el cuadro A1.1) a todas las temperaturas (ver 6.3 y 6.4). La precisión ha sido determinada por los materiales, gamas de viscosidad cinemática y la temperatura como se indica en las notas al pie de la sección de precisión.

#### 2. Documentos de referencia

##### Normas de ASTM

<u>D446</u>	especificaciones e instrucciones de operación para viscosímetros capilares de	vidrio	cinemática
<u>D1193</u>	Especificación	del	Reactivo
<u>D1217</u>	Método de prueba para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica) de los líquidos por	Agua	Picnómetro
<u>D1480</u>	Método de prueba para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica) de los materiales viscosos por	Picnómetro	Bingham
<u>D1481</u>	Método de prueba para la densidad y la densidad relativa (gravedad		

específica) de los materiales viscosos por Picnómetro Bicapillary Lipkin  
D2162 Práctica para la calibración básica de viscosímetros Maestro y las normas  
de viscosidad del aceite  
D6074 Guía para la caracterización de los aceites de hidrocarburos Base  
Lubricante  
D6617 Práctica de Laboratorio Blas detección usando único resultado de la prueba  
de material normalizado  
E1 Especificación de líquido en vidrio Termómetros ASTM  
E77 Método de prueba para la inspección y verificación de los termómetros

#### Normas ISO

ISO 17025 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de  
Ensayo y Calibración

## **ASTM D5293**

### **Significado y Uso**

La viscosidad CCS aparente de los aceites de motor de automóvil se correlaciona con la baja temperatura del motor de arranque. Viscosidad CCS aparente no es adecuado para predecir el flujo de baja temperatura para la bomba de aceite del motor y sistema de distribución de petróleo. Datos del motor de arranque se midieron por el Consejo de Coordinación de la Investigación (CRC) L-49 de prueba con los aceites de referencia que tenía una viscosidad entre 600 y 8400 mPa · s (cP) a - 17,8 ° C y entre 2000 y 000 20 mPa · s (cP) a - 28,9 ° C. La relación detallada entre estos datos del motor de arranque y viscosidades CCS es evidente en los apéndices X1 y X2 de la edición 1967 de T Método de prueba y CRC Informe 409. Debido a que el CRC L-49 prueba es mucho menos precisa y estandarizada de los procedimientos de CCS, CCS viscosidad aparente necesidad de no predicen con exactitud el comportamiento de arranque del motor de un aceite en un motor específico. Sin embargo, la correlación de la viscosidad aparente con un promedio de CCS CRC L-49 los resultados del motor de arranque es satisfactorio.

La correlación entre el CCS y la viscosidad aparente y el arranque del motor se confirmó a temperaturas de entre - 1 y - 40 ° C por el trabajo, el 17 de aceites de motor comerciales (grados SAE 5W, 10W, 15W, 20W y). Ambos productos de petróleo sintético a base de minerales y fueron evaluados. Ver ASTM STP 621.

La correlación se estableció en un estudio de rendimiento a baja temperatura del motor entre la capacidad de arranque para motores de trabajo y la luz CCS mide la viscosidad aparente. Este estudio utilizó diez década de 1990 los motores a temperaturas comprendidas entre - 5 a - 40 ° C con seis aceites de motor comercial (SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W y).

La medición de la viscosidad de arranque de su base se suele utilizar para determinar su idoneidad para el uso en las formulaciones de aceite del motor. Un número significativo de los aceites de calibración de este método son las poblaciones de base que podrían ser utilizados en las formulaciones de aceite del motor.

## 1. Alcance

1.1 Este método de ensayo cubre la determinación en el laboratorio de viscosidad aparente de aceites de motor y aceites base de simulador de arranque en frío (CCS) a temperaturas de entre - 5 y - 35 ° C a esfuerzos de corte de aproximadamente 50 000 a 100 000 Pa y velocidades de corte de aproximadamente mayo <sup>10-abril</sup> 10 s<sup>-1</sup> de viscosidad de aproximadamente 900 a 25 000 mPa · s. El rango de un instrumento depende del modelo de instrumento, versión de software instalada. Aparentes resultados de viscosidad durante el arranque de este método están relacionados con las características de arranque del motor de los aceites de motor.

1.2 Un procedimiento especial previsto para la medición de los aceites de viscoelástico de alta en los instrumentos manuales. Véase el Apéndice X2.

1.3 Se proporcionan procedimientos para la determinación de los manuales y automatizados de la viscosidad aparente de aceites de motor, utilizando el simulador de arranque en frío.

1.4 Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como los estándares. No hay otras unidades de medida están incluidos en esta norma.

1.5 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso. Las declaraciones específicas de advertencia se da en la Sección 8.

## 2. Documentos de referencia

### La norma ASTM

D2162 Práctica para la calibración básica de viscosímetros Maestro y Normas Viscosidad del aceite  
D2602 Método de prueba para la viscosidad aparente de aceites de motor a baja temperatura usando el simulador de arranque en frío  
D4057 Práctica para el muestreo manual de petróleo y sus derivados

## ASTM D2272

### Significado y Uso

La estimación de la estabilidad a la oxidación es útil en el control de la continuidad de esta propiedad para la aceptación de lotes de los lotes de producción que tiene la misma operación. No es la intención de que este método de prueba ser un sustituto de método de prueba D943 o utilizarse para comparar la vida útil de los nuevos aceites de diferentes composiciones.

Este método también se utiliza para evaluar la vida de la oxidación de los aceites de ensayo restante en el servicio.

#### 1. Ámbito de aplicación

1.1 Este método de prueba utiliza un buque-presión de oxígeno para evaluar la estabilidad a la oxidación de los aceites en servicio de la turbina y el nuevo tiene la misma composición (material de base y aditivos) en presencia de agua y un catalizador de la bobina de cobre a 150 ° C.

1.2 Apéndice X1 describe un opcional aceite de la turbina nueva (sin usar) de nitrógeno de la muestra de purga procedimiento de tratamiento previo para la determinación del cociente por ciento del valor residual RPVOT para la muestra pretratada dividido por el valor RPVOT de los nuevos (no tratados) de aceite, a veces referido como un% "RPVOT retención." Este enfoque de tratamiento previo de purga de nitrógeno fue diseñado para detectar antioxidantes inhibidores volátiles que no son deseables para su uso en turbinas de gas de alta temperatura.

1.3 Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como los estándares. No hay otras unidades de medida se incluyen en esta norma.

1.3.1 *Excepción* - Otras unidades están dentro de paréntesis (PSI, gramos, y pulgadas), porque son el sector de la industria estándar o el aparato está construido según las cifras de este estándar, o ambos.

1.4 *Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.* Para las advertencias específicas, ver 6.2, 6.4, 6.5, 6.6, y 6.10.

#### 2. Documentos de referencia

##### Normas de ASTM

B1 Especificación para alambre de cobre estirado-Duro

D943 Método de prueba para las características de la oxidación de la inhibición de hidrocarburos

D1193 Especificación del Agua Reactivo

## **ASTM D6079**

### Significado y Uso

El combustible diesel equipo de inyección tiene cierta dependencia de las propiedades lubricantes del combustible diesel. acortado la vida de los componentes del motor, como el diesel bombas de inyección de combustible y los inyectores, a veces se ha atribuido a la falta de lubricación en un combustible diesel.

La tendencia de los resultados de las pruebas HFRR a la angustia de la bomba diesel de inyección de componentes del sistema debido al desgaste se ha demostrado en las pruebas de plataforma de la bomba de combustible para algunas combinaciones de hardware en la lubricación del límite se cree que es un factor en la operación del componente.

La cicatriz del desgaste generado en la prueba HFRR es sensible a la contaminación de los fluidos y materiales de prueba, la temperatura del combustible de ensayo, y la humedad relativa del ambiente. evaluaciones lubricidad también son sensibles a los contaminantes del rastro adquiridos durante el muestreo de ensayo y almacenamiento de combustible.

La carga y raspaduras HFRR bola en el cilindro de lubricidad Evaluador (SLBOCLE, Método de prueba D6078 ) son dos métodos para evaluar la lubricidad del combustible diesel. No existe correlación absoluta se ha desarrollado entre los dos métodos de ensayo.

El HFRR se puede utilizar para evaluar la eficacia relativa de los combustibles diesel para evitar el desgaste en las condiciones de ensayo determinado. Correlación de los resultados de las pruebas HFRR con desempeño en el campo de los sistemas de inyección de combustible diesel no se ha determinado todavía.

Este método de ensayo está diseñado para evaluar las propiedades de lubricación límite. Mientras que los efectos de viscosidad en la lubricidad de este método de ensayo no son totalmente eliminados, que se reducen al mínimo.

### **1. Ámbito de aplicación**

1.1 Este método de ensayo cubre la evaluación de la lubricidad del combustible diesel con una alta frecuencia de intercambio de perforación (HFRR).

1.2 Este método de ensayo es aplicable a los combustibles destilados medios, tales como N ° 1-D Grados S15, S500 y S5000, y N ° 2-D Grados S15, S500, S5000 y el gasóleo, de conformidad con la Especificación D975 , y otros similares combustibles derivados del petróleo-que puede ser utilizado en motores diesel. Este método de ensayo es aplicable a las mezclas de biodiesel. B5 se incluyó en el programa de round robin que determinaron la declaración de precisión.

NOTA 1-No se sabe que este método de prueba predecir el rendimiento de todas las combinaciones de combustible / aditivo. El trabajo adicional está en curso para establecer esta correlación y las futuras revisiones de este método de ensayo puede ser necesaria una vez que este trabajo se ha completado.

1.3 Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como los estándares. No hay otras unidades de medida se incluyen en esta norma.

1.4 *Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas de seguridad y salud y determinar las limitaciones reglamentarias aplicables antes de su uso.* Advertencia declaraciones específicas figuran en la Sección 7.

## **2. Documentos de referencia**

### **Normas de ASTM**

D975 Especificaciones para los aceites de combustible diesel  
D4057 Práctica para el Muestreo Manual de Petróleo y productos derivados del petróleo

D4177 Práctica para el muestreo automático de petróleo y productos derivados del petróleo

D4306 Práctica para combustible contenedores de muestra para las pruebas de la aviación que afecta el seguimiento de la contaminación

D6078 Método de prueba para evaluar la lubricidad de los combustibles diesel por el Ball-on-cilindro lubricidad patrón de carga Agarrotamiento (SLBOCLE)

E18 Métodos de prueba para la dureza Rockwell y dureza superficial Rockwell de Materiales Metálicos

### **American Iron and Steel Institute estándar**

AISIE-52100 del acero de aleación de cromo

### **American National Standards Standard Institute**

Metal Bolas ANSIB3.12

## **ASTM D877**

### **Significado y Uso**

La tensión de ruptura dieléctrica es una medida de la capacidad de un líquido aislante para resistir el estrés eléctrico. El voltaje de ruptura de frecuencia de potencia de un líquido se reduce por la presencia de contaminantes tales como fibras de celulosa, las partículas de la realización, la suciedad y el agua. Un resultado bajo en este método de prueba indica la presencia de importantes concentraciones de uno o más de estos contaminantes en la muestra analizada.

Una tensión de ruptura de alto medido en este método de prueba no indica necesariamente que la cantidad de los contaminantes presentes en un líquido de donde se tomó la muestra es suficientemente baja para que el líquido de muestra de que es aceptable en todos los equipos eléctricos. Método de prueba D 877 no es sensible a los bajos niveles de estos contaminantes. Ruptura de este método de ensayo está dominado por los acontecimientos que ocurren en los bordes de los electrodos. La distribución de la tensión de voltaje entre los electrodos de disco paralelo utilizado en este método de ensayo son casi uniforme y no hay concentración de esfuerzos sustanciales en las aristas de las caras del disco plano.

Este método de prueba puede ser utilizada para la evaluación de los aislantes líquidos en el equipo que está diseñado para ser llenado con líquidos en estado natural entregado por un proveedor.

Este método no se recomienda para la evaluación de la tensión de ruptura de los líquidos utilizados en los equipos que requiere la aplicación de vacío y el filtrado del aceite antes de ser puesto en servicio. Método de prueba D 1816 se debe utilizar para determinar el voltaje de ruptura de líquidos filtrada y desgasificada.

Este método de prueba se utiliza en las pruebas de laboratorio o de campo. Para los resultados por campo es comparable a los resultados de laboratorio, todos los criterios como la temperatura ambiente (20 a 30 ° C) se deben cumplir.

### **1. Alcance**

1.1 Este método de ensayo describe dos procedimientos, A y B, para la determinación de la tensión de ruptura eléctrica del aislamiento de muestras líquidas. La prueba de ruptura utiliza voltaje de corriente alterna en el rango de energía de frecuencia de 45 a 65 Hz.

1.2 Este método de prueba se utiliza para juzgar si el disco de electrodo de los requisitos de voltaje de ruptura se reunió por líquidos aislantes, como entregado por el fabricante, que nunca han sido filtrados o secas. Ver la Especificación D 3487, Especificación D 4652, D 5222 y la Guía para el mínimo detalle especificado eléctrica. Este método de prueba debe ser utilizado según lo recomendado por las normas de organización profesional, tales como IEEE C57.106.

### 1.3 Limitaciones de los Procedimientos de

1.3.1 La sensibilidad de este método de ensayo para la población en general de los contaminantes presentes en una muestra de líquido disminuye a medida que aplican tensiones de prueba utilizados en este método de prueba a ser mayor que aproximadamente 25 kV rms.

1.3.2 Si la concentración de agua en la muestra a temperatura ambiente es inferior al 60% de saturación, la sensibilidad de este método de prueba para la presencia de agua disminuye. Para más información, consulte RR: D27-1006.

1.3.3 La idoneidad de este método de ensayo no ha sido determinada por la viscosidad superior a 900 cSt a 40 ° C de un líquido.

### 1.4 Las solicitudes Procedimiento

#### 1.4.1 Procedimiento A

Un procedimiento se utiliza para determinar la tensión de ruptura de los líquidos en los que cualquier producto de degradación insoluble resolver fácilmente durante el intervalo entre las pruebas de desglose requerido repetidas. Estos líquidos incluyen aceites de petróleo, hidrocarburos y askareles (PCB) que se utiliza como aislante y líquidos refrigerantes en transformadores, cables y aparatos similares.

Un procedimiento puede ser utilizado para obtener la ruptura dieléctrica del fluido de silicona como se especifica en los Métodos de Prueba D 2225, siempre y cuando la energía de descarga en la muestra es inferior a 20 mJ (mili julios) por ruptura de cinco fallos consecutivos.

1.4.2 procedimiento B This procedimiento se utiliza para determinar la tensión de ruptura de los líquidos en los que cualquier productos de degradación insolubles no completamente asentarse en el espacio entre los discos durante el intervalo de 1 minuto requeridos en el Procedimiento B Procedimiento A., modificado de conformidad con la Sección 17 de los Métodos de Prueba D 2225, es aceptable

para el ensayo de los líquidos de silicona dieléctrica si los requisitos de no se puede lograr.

El procedimiento B también se debe aplicar para la determinación de la tensión de ruptura de las muestras de líquido que contiene materiales insolubles que se depositan a partir de la muestra durante la prueba. Estos pueden incluir muestras tomadas de los interruptores, conmutadores de tomas de carga, y otros líquidos altamente contaminados con partículas insolubles. Estos ejemplos representan muestras de que puede haber grandes diferencias entre las pruebas de replicar. El uso de Procedimiento B tendrá como resultado un valor más exacto de la tensión de ruptura al probar líquidos.

El procedimiento B para establecer la tensión de ruptura de un líquido aislante en una especificación de ASTM no existe o cuando el desarrollo de un valor para una guía o norma ASTM. Un procedimiento puede ser utilizado una vez que el operador de precisión ha sido demostrada.

1.5 Tanto el SI y las unidades de pulgada-libra son igualmente aceptables.

Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

## **2. Documentos de referencia**

### **La norma ASTM**

D923 Prácticas para el muestreo de líquidos aislantes eléctricos

D1816 Método de prueba para Tensión dieléctrica de los aceites aislantes derivados del petróleo con electrodos de VDE

D2225 Métodos de prueba para los fluidos de silicona utilizados para el aislamiento eléctrico

D2864 Terminología relacionada con los líquidos aislantes eléctricos y gases

D3487 Especificación para el aceite mineral aislante utilizado en aparatos eléctricos

D4652 Especificación para fluidos de silicona utilizados para el aislamiento eléctrico

D5222 Especificación para High Point fuego minerales aceites aislantes eléctricos

## **ASTM D97**

### **Significado y Uso**

El punto de congelación de una muestra de petróleo es un indicador de la temperatura más baja de su utilidad para ciertas aplicaciones.

#### **1. Alcance**

1.1 Este método de ensayo y está diseñado para ser utilizado en cualquier producto derivado del petróleo. Un procedimiento adecuado para los especímenes negro, stock de cilindros, y el fuel oil nondistillate se describe en 8.8. El procedimiento de nubes de puntos antes parte de este método de prueba ahora aparece como la norma ASTM D 2500 .

1.2 En la actualidad no existe un método de prueba ASTM para el método de prueba automatizados D-97 verter mediciones puntuales.

1.3 Existen varios métodos de prueba ASTM ofreciendo procedimientos alternativos para la determinación de puntos de congelación medio de dispositivos que están disponibles. Ninguno de ellos comparten la misma designación que el número Método de prueba D-97. Cuando un instrumento automático es utilizado, el método de prueba ASTM número de designación específica de la técnica se comunicarán con los resultados. Un procedimiento para probar el punto de fluidez de los crudos se describe en la norma ASTM D 5853 .

1.4 Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como los estándares. No hay otras unidades de medida están incluidos en esta norma.

1.5 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

#### **2. Documentos de referencia**

##### **La norma ASTM**

D117 Guía para el muestreo, métodos de prueba y especificaciones de los aceites aislantes eléctricos de origen petrolífero  
D396 Especificaciones para los combustibles

D2500 Método de prueba para punto de turbidez de productos derivados del petróleo

D5853 Método de prueba para punto de escurrimiento de aceites crudos

D6300 Práctica para la determinación de los datos de precisión y sesgo para el uso de métodos de prueba para los productos del petróleo y lubricantes

## **ASTM D874**

### **1. Alcance**

1.1 Este método de ensayo cubre la determinación de las cenizas sulfatadas de los aceites lubricantes que contienen aditivos y sin usar a partir de concentrados de aditivos utilizados en la composición. Estos aditivos suelen contener uno o más de los siguientes metales: bario, calcio, magnesio, zinc, potasio, sodio, y el estaño. El azufre, fósforo y cloro también pueden estar presentes en forma combinada.

1.2 La aplicación de este método de ensayo para los niveles de cenizas sulfatadas por debajo de 0,02% de la masa se limita a los aceites que contienen aditivos sin cenizas. El límite inferior del método de ensayo es de 0,005% de cenizas sulfatadas en masa.

Nota 1: Este método de ensayo no está diseñado para el análisis de los aceites de motor usados o aceites que contengan plomo. Tampoco se recomienda para el análisis de aceites lubricantes no aditivos, para lo cual el método de prueba D 482 se puede utilizar.

Nota 2-Existe evidencia de que el magnesio no reacciona de la misma que otros metales alcalinos en esta prueba. Si los aditivos de magnesio están presentes, los datos son interpretados con cautela.

Nota 3-No hay evidencia de que las muestras que contienen molibdeno puede dar resultados bajos debido a los compuestos de molibdeno no se recuperó totalmente a la temperatura de incineración.

1.3 Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como los estándares. No hay otras unidades de medida están incluidos en esta norma.

1.4 *Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.*

## 2. Documentos de referencia

### La norma ASTM

D482 Método de prueba para Cenizas de productos derivados del petróleo

D1193 Especificación para agua de grado reactivo

D4057 Práctica para el muestreo manual de petróleo y sus derivados

D4177 Práctica para el muestreo automático de petróleo y sus derivados

D6299 Práctica para la aplicación de Aseguramiento de la Calidad y Técnicas Estadísticas de Control de gráficos para evaluar el desempeño analítico del Sistema de Medición

## **ASTM D92**

### **Significado y Uso**

El punto de inflamación es una medida de la tendencia de la muestra de prueba para formar una mezcla inflamable con el aire bajo condiciones controladas de laboratorio. Es sólo uno de una serie de propiedades que deben ser considerados en la evaluación del riesgo de inflamación general de un material.

Punto de inflamación se utiliza en las regulaciones de transporte y de seguridad para definir los materiales inflamables y combustibles. Consultar el reglamento particular que participa de una definición precisa de estas clasificaciones.

Punto de inflamación puede indicar la posible presencia de materiales altamente volátiles e inflamables en un material relativamente no volátil o inflamable. Por ejemplo, un punto de inflamación anormalmente bajo en una probeta de aceite de motor puede indicar contaminación gasolina.

Este método de prueba se utiliza para medir y describir las propiedades de los materiales, productos o ensamblados en respuesta al calor y la llama de una prueba bajo condiciones controladas de laboratorio, y no se utiliza para describir ni evaluar los peligros o riesgos de incendio de materiales, productos , o ensamblados en condiciones reales de incendio. Sin embargo, los resultados de este método se puede utilizar como elementos de una evaluación de riesgo de incendio que tenga en cuenta todos los factores que son pertinentes para una evaluación del riesgo de incendio de un uso destinado particular.

El punto de combustión es una medida de la tendencia de la muestra de prueba para la combustión.

#### **1. Alcance**

1.1 Este método de ensayo describe la determinación del punto de inflamación y punto de combustión de productos derivados del petróleo por un aparato manual de Cleveland copa abierta o un sistema automatizado de Cleveland aparato de copa abierta.

Nota 1-El precisiones para el punto de fuego no fueron determinados en el programa entre laboratorios actuales. Punto de inflamación es un parámetro que normalmente no se especifica, aunque en algunos casos, el conocimiento de esta temperatura de inflamabilidad puede ser deseado.

1.2 Este método de ensayo es aplicable a todos los productos derivados del petróleo con puntos de inflamación superior a 79 ° C (175 ° F) y por debajo de 400 ° C (752 ° F), excepto los aceites combustibles.

Nota 2: Este método de prueba de vez en cuando se puede especificar para la determinación del punto de combustión de un combustible. Para la determinación de los puntos de inflamación de los aceites combustibles, utilice el método de prueba D93 . Método de prueba D93 también se debe utilizar cuando se desea determinar la posible presencia de pequeñas concentraciones, pero significativo, de más bajo punto de inflamación de sustancias que pueden ser detectados por el método de prueba D92. Método de ensayo D1310 puede ser empleado si el punto de inflamación es conocida por estar por debajo de 79 ° C (175 ° F).

1.3 Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como la norma. Los valores entre paréntesis son sólo a título informativo.

1.4 **ADVERTENCIA** El mercurio ha sido designado por muchas agencias reguladoras como un material peligroso que puede causar al sistema nervioso central renal y daño hepático. Mercurio, o vapor, puede ser peligrosa para la salud y corrosivos para los materiales. Se debe tener cuidado al manipular mercurio y productos que contienen mercurio. Ver el material de aplicación de productos de seguridad (MSDS) para obtener detalles y el sitio web de la EPA 's <http://www.epa.gov/mercury/faq.htm> para obtener información adicional. Los usuarios deben ser conscientes de que la venta de mercurio y / o productos que contienen mercurio en su estado o país puede estar prohibido por la ley.

1.5 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso. Para las advertencias específicas, ver 6.4, 7.1, 11.1.3, 11.2.4 y.

## **2. Documentos de referencia**

### **La norma ASTM**

D93 Métodos de Prueba para Punto de inflamación Pensky-Martens de copa cerrada Tester

D140 Práctica para el muestreo de los materiales bituminosos

D1310 Método de prueba para punto de inflamación y punto de combustión de

líquidos por la etiqueta de apertura de la Copa aparato  
D4057 Práctica para el muestreo manual de petróleo y sus derivados  
D4177 Práctica para el muestreo automático de petróleo y sus derivados  
D4206 Método de ensayo de combustión continua de mezclas líquidas de Uso de  
la escala pequeña copa abierta aparato  
E1 especificación de la ASTM líquido en vidrio Termómetros  
E300 Práctica para el muestreo de productos químicos industriales

### **Instituto de Energía Estándar**

SpecificationsforIPS

### **Las normas ISO**

Guide35 Certificación de Material de referencia - Principios generales y estadísticos

## ASTM D974

### Significado y Uso

Productos derivados del petróleo nuevos y usados pueden contener componentes ácidos o básicos que están presentes como aditivos o como productos de degradación formados durante el servicio, tales como productos de oxidación. La cantidad relativa de estos materiales puede ser determinado mediante titulación con ácidos o bases. Este número, ya sea expresado como número de ácido o el número de base, es una medida de esta cantidad de sustancias ácidas o básicas, respectivamente, en el aceite siempre bajo las condiciones de la prueba. Este número se utiliza como guía en el control de calidad de las formulaciones de aceite lubricante. A veces también se utiliza como una medida de la degradación del lubricante en servicio, sin embargo, los límites que condena debe ser establecido empíricamente.

Desde una variedad de productos de oxidación contribuyen a la cantidad de ácido y los ácidos orgánicos varían ampliamente en sus propiedades corrosivas, la prueba no puede ser utilizado para predecir la corrosividad de un aceite en condiciones de servicio. No existe una correlación general entre los que se conoce el número de ácidos corrosivos y la tendencia de los aceites a los metales. Agravado los aceites de motor y por lo general pueden hacer que tanto el ácido y los números de base en este método de ensayo.

### 1. Alcance

1.1 Este método de ensayo cubre la determinación de los constituyentes ácidos o básicos (Nota 1) en productos derivados del petróleo y lubricantes solubles o casi soluble en mezclas de tolueno y alcohol isopropílico. Es aplicable para la determinación de ácidos o bases, cuya constantes de disociación en agua de más de  $10^{-9}$ ; ácidos o bases muy débiles, cuya constantes de disociación es menor que  $10^{-9}$  no interfieren. Sales de reaccionar si las constantes de hidrólisis de más de  $10^{-9}$ .

Nota 1-En los aceites nuevos y usados, los componentes considera que tiene características ácidas incluyen ácidos orgánicos e inorgánicos, ésteres, compuestos fenólicos, lactonas, resinas, sales de metales pesados y agentes de adición, como los inhibidores y detergentes. Del mismo modo, los constituyentes considera que tiene propiedades básicas incluyen bases orgánicas e inorgánicas, compuestos de aminoácidos, sales de ácidos débiles (jabones), sales básicas de

bases polyacidic, sales de metales pesados y agentes de adición, como los inhibidores y detergentes.

Nota 2-Este método no es adecuado para medir los componentes básicos de muchos de los aceites básicos lubricantes de tipo aditivo. Método de ensayo D4739 se pueden utilizar para este propósito.

1.2 Este método puede ser utilizado para indicar los cambios relativos que se producen en un aceite durante su uso bajo condiciones oxidantes. A pesar de la valoración se hace en condiciones de equilibrio definido, el método no mide una propiedad absoluta ácidos o básicos que pueden ser utilizados para predecir el rendimiento de un aceite en condiciones de servicio. No existe relación general entre la corrosión de los cojinetes y el ácido o números de base que se conoce.

Nota 3-Los aceites, tales como aceites de corte muchos aceites de Protección contra la corrosión, y similares aceites compuestos, o excesivamente los aceites de color oscuro, que no pueden ser analizados para el número de ácido por este método de ensayo debido a la oscuridad del punto final de color de indicadores, se puede analizadas por el método de prueba D664 . Los números de ácido obtenido por este método de prueba de color del indicador no tiene por qué ser numéricamente iguales a los obtenidos por el método de prueba D664 , los números de base obtenida por este método de prueba de color del indicador no tiene por qué ser numéricamente iguales a los obtenidos por el método de prueba D4739 , pero por lo general son del mismo orden de magnitud.

1.3 Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como los estándares. No hay otras unidades de medida están incluidos en esta norma.

1.4 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

A2.1.1 Este método está diseñado para determinar la aceptabilidad de p-naftolbenceína indicador para su uso en el método de prueba D974 con respecto al cambio de color en un rango de PHR.

## **2. Documentos de referencia La norma ASTM**

D117 Guía para el muestreo, métodos de prueba y especificaciones de los aceites aislantes eléctricos de origen petrolífero

D664 Método de prueba para Número Ácido de Productos de Petróleo por valoración potenciométrica

D1193 Especificación para agua de grado reactivo

D4175 Terminología relacionada con petróleo, productos petrolíferos y lubricantes

D4739 Método de prueba para la determinación de la Base Número por valoración potenciométrica de ácido clorhídrico

## **ASTM D5243**

### Significado y Uso

Este método es especialmente útil para determinar la descarga cuando no se puede medir directamente con algún tipo de medidor de corriente para obtener las velocidades y equipamiento de sondeo para determinar la sección transversal. Véase la Práctica D 3858 .

Incluso en las mejores condiciones, el personal disponible no puede cubrir todos los puntos de interés durante una gran inundación. El ingeniero o un técnico no siempre se pueden obtener resultados fiables por métodos directos, si el escenario está aumentando o disminuyendo muy rápidamente, si el hielo que fluye o residuos interfiere con las mediciones de la profundidad o la velocidad, o si la sección transversal de un canal aluvial es para fregar o llenar de manera significativa.

Bajo condiciones de inundación, vías de acceso puede ser bloqueado, las instalaciones de cables y puentes se pueden lavar a cabo, y el conocimiento de la inundación con frecuencia llega demasiado tarde. Por lo tanto, algún tipo de medida indirecta es necesario. El uso de alcantarillas para determinar las descargas es una práctica de uso común.

### **1. Ámbito de aplicación**

1.1 Este método de ensayo cubre el cálculo de la descarga (la tasa de volumen de flujo) de agua en canales abiertos o corrientes de agua con alcantarillas como dispositivos de medición. En general, este método no se aplica a las alcantarillas con las entradas de la gota, y se aplica sólo a un grado limitado de alcantarillas con entrada cónica. La información relacionada con este método de ensayo se pueden encontrar en la norma ISO 748 e ISO 1070.

1.2 Este método de prueba produce la aprobación de una inundación si las marcas de aguas altas se utilizan. Sin embargo, una relación de finalización de la fase de descarga se puede obtener, ya sea manualmente o utilizando un programa informático, por un indicador situado en la sección de aproximación a una alcantarilla.

1.3 Los valores indicados en unidades pulgada-libra deben ser considerados como el estándar. Las unidades del SI entre paréntesis son sólo a título informativo.

Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

### **2. Documentos de referencia**

#### **Normas de ASTM**

D1129 Terminología relacionada con el agua  
D3858 Método de Prueba para Medición de Flujo de canal abierto de agua-por-Área método de la velocidad **Normas ISO**

## **ASTM D1404**

### **Significado y Uso**

La importancia de la cantidad de arañazos en cuanto a la correlación con el desempeño en el campo se refiere no ha sido establecida. Una partícula que es abrasivo para plástico, no necesariamente va a ser abrasivos para los materiales de apoyo de acero o de otro tipo. Algún tipo de correlación se obtuvo en el que los contaminantes utilizados en la muestra 3 (ver 10.1.1) tuvo una tasa de desgaste mayor en una bola de cojinete de laboratorio de ensayo al desgaste por abrasión que el contaminante en la muestra 2.

Nota 1-El número de rayas obtenidos no se pueden utilizar para dibujar pequeñas diferencias entre las grasas, sino más bien, para agruparlos en dos o tres clases generales. Una posible división como pueden ser:

- 1 ... . menos de 10 rayas
- 2 ... . 10 a 40 rayas
- 3 ... . más de 40 rayas

Una ventaja de este método es que cada prueba sólo toma unos minutos para correr.

Este método de prueba se utiliza para el control de la calidad y el propósito de especificaciones.

#### **1. Alcance**

1.1 Este método de ensayo de un procedimiento para la detección y estimación de partículas nocivas en la lubricación de la grasa.

1.2 Este método de ensayo es aplicable a todas las grasas lubricantes. También puede ser utilizado para probar otros materiales semi-sólidos o viscosos. Rellenos de grasa, como el grafito y disulfuro de molibdeno, pueden hacerse la prueba de contaminantes abrasivos por primera vez que los mezcla en la grasa de vaselina o se sabe que estar libre de partículas nocivas.

1.3 Los valores indicados en unidades SI o en unidades pulgada-libra deben ser considerados como los estándares. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes, por lo tanto, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos

sistemas puede resultar en la no conformidad con la norma. En el texto, las unidades del SI se muestran entre paréntesis.

1.4 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

## **2. Documentos de referencia**

### **La norma ASTM**

D235 Especificaciones para los alcoholes minerales (Espíritus de Petróleo)  
(limpieza en seco de hidrocarburos disolventes)

D785 Método de prueba para dureza Rockwell de plásticos y materiales de  
aislamiento eléctrico

D4175 Terminología relacionada con petróleo, productos petrolíferos y lubricantes

## **ASTM D217**

### **Significado y Uso**

Estas pruebas de penetración de cono no sólo evaluar la consistencia de grasas lubricantes en todo el rango de números de NLGI 000 a 6, sino también evaluar la consistencia de las grasas rígido con un número de penetración inferior al 85. En contraste, el método de prueba D937 está dirigido a petrolatos y método de ensayo D1403 utiliza menos precisos equipos de un cuarto y media escala diseñado para su uso la cantidad de muestra es limitada.

Cono resultados de las pruebas de penetración, una medida de la consistencia de una grasa. Trabajó resultados de penetración son necesarios para determinar con qué grado de consistencia de una grasa NLGI pertenece. Resultados sin perturbaciones de penetración, una forma de evaluar el efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la consistencia grasa.

Aunque no hay correlación se ha desarrollado entre los resultados de penetración de cono y de servicio de campo, la penetración del cono obtenidos por los cuatro procedimientos son ampliamente utilizados para propósitos de especificación, como en "especificaciones de materiales y proveedores, usuarios de las especificaciones de fabricación.

### **1. Alcance**

1.1 Estos métodos de ensayo abarcan cuatro procedimientos para medir la consistencia de grasas lubricantes por la penetración de un cono de dimensiones especificadas, la masa y el final. La penetración se mide en décimas de milímetro.

Nota 1-El Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (NLGI) grasas clasificadas de acuerdo a su consistencia, medida por la penetración trabajada. El sistema de clasificación es la siguiente:

### **2. Documentos de referencia**

#### **La norma ASTM**

D937 Método de prueba para la penetración del cono de vaselina  
D1403 Métodos de prueba para la penetración del cono de Grasas Lubricantes  
uso de una cuarta parte y la mitad de un equipo de escala del Cono

## **ASTM D2265**

### **Significado y Uso**

El punto de goteo es útil para ayudar en la identificación de la grasa en cuanto a tipo y para establecer y mantener puntos de referencia para el control de calidad. Los resultados deben ser considerados para tener sólo una importancia limitada con respecto al rendimiento de los servicios, ya que el punto de goteo es una prueba estática.

Prueba de cooperación <sup>3</sup> indica que, en general, pasando por los puntos de la norma ASTM D 2265 y D 566 Método de prueba están de acuerdo en hasta 260 ° C. En los casos en que los resultados son diferentes, no hay un significado conocido. Sin embargo, el acuerdo entre el fabricante y el comprador en cuanto a método de ensayo utilizado es aconsejable.

### **1. Alcance**

1.1 Este método de ensayo cubre la determinación del punto de goteo de grasa lubricante.

Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

### **2. Documentos de referencia**

#### **La norma ASTM**

D217 Métodos de prueba para la penetración del cono de grasa lubricante  
D566 Método de prueba para Punto de goteo de grasa lubricante  
D3244 Práctica para la utilización de los datos de prueba para determinar la conformidad con las especificaciones  
E1 especificación de la ASTM líquido en vidrio Termómetros

## **ASTM D4172**

### **Significado y Uso**

Este método puede ser usado para determinar las propiedades de desgaste relativo de prevención de lubricantes en contacto deslizante en las condiciones de prueba prescritas. No se ha tratado de relacionar esta prueba con las bolas en contacto de rodadura. El usuario de este método de prueba debe determinar a su entera satisfacción si los resultados de este procedimiento de prueba se correlacionan con el rendimiento de campo y otras máquinas de banco de pruebas.

#### **1. Alcance**

1.1 Este método de ensayo de un procedimiento para hacer una evaluación preliminar de las propiedades anti-desgaste de los lubricantes líquidos en contacto deslizante por medio de la máquina de desgaste de cuatro bolas de prueba. Evaluación de la grasa lubricante utilizando la misma máquina se detalla en el método de ensayo D2266 .

1.2 Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como la norma. Los valores entre paréntesis son sólo a título informativo.

1.3 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

#### **2. Documentos de referencia**

D2266 Método de prueba para las características de desgaste de prevención de grasa lubricante (Four-Ball Método)

#### **La norma ANSI**

B3.12 Especificación de bolas de metal

## **ASTM D4170**

### **Significado y Uso**

Este método de prueba se utiliza para evaluar la propiedad de grasas lubricantes para proteger los rodamientos oscilantes de fretting desgaste. Este método, utilizado para propósitos de especificación, que diferencia entre las grasas permitiendo que cantidades bajas, medias y altas de preocuparse desgaste en las condiciones de prueba prescritas. La prueba se ha utilizado para predecir el rendimiento de rozamiento de las grasas en rodamientos de las ruedas de los automóviles enviados a largas distancias. Los resultados obtenidos no se corresponden necesariamente con los resultados de otros tipos de servicios. Es responsabilidad del usuario para determinar si los resultados de la prueba se correlacionan con otros tipos de servicios.

#### **1. Alcance**

1.1 Este método de prueba evalúa la protección contra el desgaste preocupándose siempre por grasas lubricantes.

1.2 Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como la norma. Otras unidades son sólo a título informativo.

1.3 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso. Para las advertencias específicas, véase el apartado 7.2 y 9.2.

#### **2. Documentos de referencia**

##### **Norma Militar**

MIL-S-22473D sellado, de bloqueo y retención de compuestos, de un solo componente