



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

39
de J.

"ANALISIS DE LAS TECNOLOGIAS DE LOS
ACEITES LUBRICANTES DE BASE MINERAL"

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERA QUIMICA
p r e s e n t a

TERESA DELGADO REYES



México, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Jurado Asignado

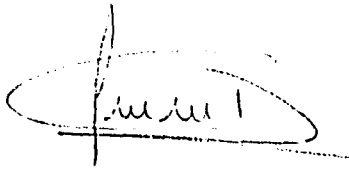
| | |
|--------------|-----------------------------------|
| Presidente | Prof. Manuel Vázquez Islas |
| Vocal | Prof. José Agustín Texta Mena |
| Secretario | Prof. Celestino Montiel Maldonado |
| 1er.suplente | Prof. Ricardo Pérez Camacho |
| 2do.suplente | Prof. Cecilia Izquierdo Sabido |

Sitio donde se desarrolló el tema : Productos Texaco , S.A de C.V.

Asesor del tema :


Ing. Celestino Montiel Maldonado

Sustentante :


Teresa Delgado Reyes

DEDICATORIA

La terminación de esta carrera, es para mí algo muy grande que quiero compartir con muchas personas, así como también el dedicarles a algunas de ellas estas líneas:

Pá, tu insistencia y constancia por requerirme esta tarea, fué parte del logro.

Má, tú que con tus preguntas y consejos siempre estuviste al tanto, hoy te lo agradezco.

Gloria, Lup, Luis, Arturo, Fernando, Male y Pancho, esto lo comparto con ustedes; quienes de no haber sido por su ejemplo quizá ni siguiera hubiera comenzado una carrera.

Sobrinos, les muestro este trabajo como prueba del ejemplo que recibí de sus padres, y así cada uno de ustedes también el día de mañana lo sigan.

Y a tí, Jorge Guerra que sin tu ayuda incondicional y amistad, quizá esto hubiera tardado otro rato.

Gracias.

INDICE

| | Página |
|---|--------|
| INTRODUCCION | |
| CAPITULO I: Generalidades | 1 |
| 1.1 El Petróleo | 1 |
| CAPITULO II: Aceites Lubricantes de Base Mineral | 21 |
| 2.1 Obtención del Aceite Base | 22 |
| 2.2 Tipos de Bases Lubricantes | 25 |
| 2.3 Clasificación de los Aceites Básicos Minerales | 27 |
| CAPITULO III: Funciones de los Aceites Lubricantes | 31 |
| 3.1 Fricción | 31 |
| 3.2 Tipos de Lubricación | 37 |
| CAPITULO IV: Tecnología de los Aceites Lubricantes | 41 |
| 4.1 Propiedades | 41 |
| 4.2 Aditivos | 79 |
| 4.3 Análisis Cualitativo de la presencia de Aditivos en los Lubricantes | 90 |
| CAPITULO V: Selección y Métodos de Aplicación de los Aceites Lubricantes | 91 |
| 5.1 Factores a considerar | 91 |
| 5.2 Métodos de Aplicación | 92 |
| 5.3 Periodos de Cambio | 96 |
| CAPITULO VI: Asociaciones Internacionales y Nomenclatura | 99 |
| 6.1 Asociaciones Internacionales | 99 |
| 6.2 Nomenclatura | 101 |

| | |
|---|-----|
| CAPITULO VII: Aceites Usados | 102 |
| 7.1 Impacto Ecológico | 102 |
| 7.2 Composición | 103 |
| 7.3 Clasificación | 104 |
| 7.4 Concentraciones de Constituyentes | 105 |
| 7.5 Usos, Generación y Disposición en México | 107 |
| 7.6 Tecnologías de Reciclaje disponibles en México | 112 |
| 7.7 Formulación de Propuestas para la Elaboración del Anteproyecto de NOM para Regular su manejo. | 119 |
| CAPITULO VIII: Conclusiones y Recomendaciones | 127 |
| CAPITULO IX: Bibliografía | 129 |

INTRODUCCION

La lubricación es una técnica tan antigua en la historia humana como la rueda y el eje . Los primeros lubricantes fueron las grasas animales o vegetales , los cuales se encontraban en vehículos de tracción animal , norias , arietes , y todo equipo rústico que no requería de una lubricación muy exigente .

Con el desarrollo industrial y la sofisticación de los equipos , los lubricantes tuvieron que cambiar y la industria del petróleo se enfrentó a un gran desafío que la obligó a investigar los métodos para obtener los nuevos aceites lubricantes , situación que se analizará a fondo en el Capítulo I .

Hoy en día , la mayoría de los aceites lubricantes de base mineral están constituidos por el " básico " y por un paquete de aditivos .Este básico es un derivado del petróleo , ya que éste no puede utilizarse para elaborar los aceites tal y como se extrae . Los procesos de elaboración se encontrarán en el Capítulo II .

La lubricación desempeña un papel primordial en nuestra compleja civilización . Para estimar su importancia , basta considerar tan sólo que todas las partes en movimiento de las máquinas están sujetas a frotamiento y a desgaste . Uno de los problemas más pertinaces con los que el hombre ha tenido que enfrentarse a lo largo de los siglos - desde los ejes de los carros de bueyes a los husillos de rectificadoras - , es el de la reducción y control de ambos ; por lo que en el Capítulo III se tratarán estos factores .

A lo largo de los años la necesidad de contar con aceites cada vez más especializados es un hecho , pero para desarrollarlos es necesario conocer la tecnología involucrada , por lo que en el Capítulo IV se mostrarán las propiedades con que deben contar y los tipos de aditivos existentes para su correcta elaboración . Con lo anterior , los aceites desarrollados cumplen con los requerimientos de lubricación que día a día exige el mercado : aceites para turbinas , compresores , hidráulicos, engranajes , de corte , etc .

Es cada vez más evidente que esta ciencia seguirá creciendo y avanzando conforme los equipos vayan siendo más sofisticados , las condiciones de operación sean cada vez más severas y el medio en donde se utilicen sea más extremo . Sin embargo aún con que se tengan los mejores aceites lubricantes , es necesario para lograr un buen funcionamiento del equipo , que su selección -dentro de esa gran variedad - , y su período de cambio sean los correctos , así como también su método de aplicación . Razones por las cuales el Capítulo V está dedicado a esta necesidad .

Se ha hablado de las exigencias actuales del mercado , mismas que van cambiando a pasos acelerados , y son dictadas a manera de especificaciones por parte de las asociaciones involucradas con la elaboración de los aceites lubricantes y con la fabricación de nuevos equipos . Tales asociaciones , así como la nomenclatura universal de este tema están contenidas en el Capítulo VI .

Un problema de actualidad y que se abarcará con el Capítulo VII de este trabajo , es el del impacto ecológico que se presenta una vez que el aceite lubricante ha terminado con su vida útil ; ya que como no se cuenta con un sistema global y uniforme de recolección en el país ni con un conocimiento de lo que el aceite usado puede ocasionar ; el usuario muchas veces lo desecha en el drenaje , en el campo ; generando de este modo un verdadero problema al medio ambiente .

Como se podrá observar se ha dado un pequeño resumen de lo que éste trabajo pretende abarcar en cada uno de los capítulos que lo conforman , los objetivos por los cuales estos temas fueron considerados son :

Determinar el por qué de la importancia de la Lubricación .

Conocer las tecnologías involucradas en la elaboración de los Aceites Lubricantes de Base Mineral .

Diseñar un pequeño Compendio de la Lubricación .

Crear conciencia de los daños y beneficios que los aceites una vez usados pueden ocasionar .

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 El Petróleo

El conocimiento de la existencia del petróleo viene de miles de años antes de nuestra era . Su existencia fué conocida por el hombre primitivo , debido a sus manifestaciones a manera de filtraciones en la superficie como un fluido pegajoso y pesado . Los animales prehistóricos algunas veces se atascaban en él , prueba de ello son los restos fósiles hallados cubiertos de brea , hechos demostrados mediante la arqueología moderna .

El primer uso real del petróleo parece que tuvo lugar en Egipto , como un betún traído probablemente de Grecia , para usarse en embalsamado ya que los egipcios creían que el espíritu permanecía inmortal si el cuerpo era preservado.

Por el año 450 A.C., Herodoto , el padre de la historia , lo describe en las fosas de Kir ab Susiana , como sigue :

- " En Ardericca está un pozo , el cual produce tres diferentes sustancias , como asfalto , sal y aceite , las cuales son arrojadas fuera de él . Los persas lo llaman Phadinance; es negro y emite un fuerte olor "-.

Su presencia fué evidente en construcciones ejecutadas hace miles de años. Estuvo presente en la construcción del Templo de Salomón ; en los Jardines Colgantes de Babilonia y en las pirámides de Egipto .

En la Sagrada Escritura , en el antiguo testamento , se hacen innumerables citas a la Brea, destacando su empleo en el calafateo del Arca de Noé (Génesis VI.14) ; en la impermeabilización del cesto en el cual Moisés fué abandonado en las aguas del río Nilo ; en el hundimiento de los reyes de Sodoma y Gomorra (Génesis XIV.10) y en la construcción de la Torre de Babel (Génesis XI.3) , en la que sirvió como pegamento entre los bloques de piedra.

La evidencia de la existencia del petróleo fué conocida en casi todas partes del mundo .

Cuenta la historia que en Sviati , isla sagrada en el Mar Caspio, frente a la península de Aspcheron , en la región de Baku , Rusia ; se levantó el templo " El Fuego Sagrado " en una zona conocida actualmente como un centro de producción petrolífera . Se supone que ese fuego sagrado , citado por Marco Polo en el siglo XIII , se alimentaba por gases naturales que brotaban en toda la región , y eran conducidos a los altares a través de canales subterráneos .

En épocas más recientes a estas lo encontramos en 1527 , de acuerdo con Pizarro, para inflamar las puntas de las flechas de los Incas ; y en 1600 para rendir tributo a los dioses indígenas americanos , así como para calafateo de las embarcaciones peruanas.

En 1629 , Joseph de la Roche D'Allion , quien cruzó el Río Niagara de Canadá y visitó un territorio , posteriormente llamado Cuba , Nueva York ; descubre que en este lugar el petróleo era recolectado por los indios , quienes le daban empleos medicinales y para el fortalecimiento de pigmentos usados para adornar su cuerpo .

Históricamente , parece ser tan viejo como el mundo y el origen de su nombre , de las palabras latinas "Petrus" y "Oleum", nos lleva a creer que en épocas pasadas se creía que el petróleo fuese *originario de las piedras* .

En el continente americano , hasta la mitad del siglo pasado , el petróleo no poseía interés comercial . Algunas perforaciones se hicieron con la finalidad de buscar sal , y la existencia del petróleo en algunas de ellas constituía un incidente desagradable .

Un vendedor de sal , Samuel S.Kier , propietario de minas en Tarentum , vendía un producto llamado " Seneca Oil " , que tenía por base las impurezas encontradas en los pozos de sal . La producción era del orden de 1,000 barriles diarios .

En 1858, George H. Bissel y Jonathan G. Evereth, propietarios de tierras en Titusville, Pennsylvania y abogados de New York, comprobando indicios de petróleo en sus propiedades , decidieron intentar la perforación de un pozo . Contrataron para el trabajo a un exconductor de ferrocarril , de nombre Edwin Laurentis Drake , quien auxiliado por un herrero de Tarentum, William A. Smith, inició la difícil tarea de dejar caer continuamente de una torre , una pesada cabeza metálica en un mismo lugar . El proceso conocido como percusión fué exitoso cuando , el 27 de Agosto de 1859 , después de alcanzar una profundidad de 21 metros , 20 barriles de petróleo diarios iniciaban la explotación del pozo .

El descubrimiento de Drake fué revolucionario : velas de cera , lámparas de aceite de ballena y la iluminación a carbón y gas pobre, fueron reemplazadas por lámparas alimentadas por un producto más barato y de mayor luminosidad llamado " Kerosene" que , se dijo , vino a constituir "La nueva llama de la civilización " .

1.1.2 Teorías de Formación

La manera por la cual se originó el petróleo en la corteza terrestre continúa todavía siendo un misterio , no siendo poco el número de hipótesis al respecto . Una complicación adicional consiste en su naturaleza migratoria , ya que como las evidencias lo indican , es difícil encontrarlo en su lugar de origen .

Varias teorías han sido propuestas en un intento por resolver este enigma , entre ellas podemos citar las siguientes :

1.1.2.1 Teoría Inorgánica Cósmica Terrestre

Esta teoría encuentra en el ruso Sokolov a su principal defensor . Según él, el petróleo se originó bajo la corteza terrestre por la combinación - aún en la etapa ígnea de la Tierra -, de los elementos carbono e hidrógeno .

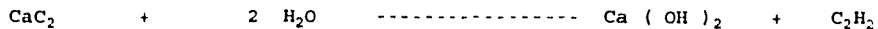
Los diferentes compuestos formados , después de condensarse (por el enfriamiento de la corteza y por la deposición de las bolsas, bajo la acción del calor , presión , tiempo y posteriormente microorganismos) , dieron origen al petróleo .

Al mismo tiempo , otros elementos tales como el nitrógeno , azufre y oxígeno deben haberse incorporado también a aquella enorme serie de hidrocarburos .

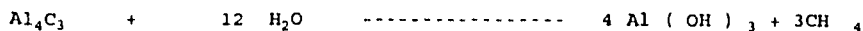
A pesar de haber sido aceptada esta teoría , en lo que se refiere a la formación de compuestos , ésta no ha sido adoptada debido a lo inexplicable, en cuanto a la combinación de carbono e hidrógeno a tal magnitud como se encuentra en los depósitos del subsuelo .

1.1.2.2 Teoría Inorgánica Mineral Terrestre

Encuentra a Berthelot , Mendelejeff , Moissan , Bergius , Fischer y otros , como sus más entusiastas defensores . Esta teoría dice que el petróleo es el resultado de la descomposición de carburos metálicos por la acción del agua en el interior de la tierra . Uno de los ejemplos sería la obtención del acetileno (C_2H_2) , por reacción del agua sobre el carburo de calcio (CaC_2) :



Otro ejemplo sería la obtención del metano (CH_4) por la reacción del agua sobre el carburo de aluminio .



Reacciones posteriores entre los más diferentes tipos de hidrocarburos obtenidos , tales como : combinaciones , polimerizaciones , hidrogenaciones , etc. habrían dado lugar a toda la gama de hidrocarburos que componen el petróleo.

Moissan , a su vez , defiende la teoría volcánica, diciendo que la acción del agua disociada sobre ciertos carburos o aleaciones metálicas (en presencia del carbono) da origen a los hidrocarburos .

1.1.2.3 Teoría Orgánica Vegetal

Esta teoría es defendida por Zuber y Kramer , y nos dice que el petróleo tuvo su origen en materias de plantas del humus con la presencia de la sal marina y auxiliada por microorganismos . Según estos científicos , el petróleo tuvo su origen en la descomposición de la celulosa cuando grandes cantidades de plantas terrestres y marinas fueron enterradas en virtud de movimientos sísmicos internos .

Una vez enterradas bajo presión las plantas y la celulosa , con la acción del calor y del tiempo, y ayudados estos factores por la presencia de microorganismos , se transformaron en petróleo . Sin embargo , estos investigadores afirman que la transformación de la celulosa en petróleo solo se daría en la presencia de sal marina.

En ausencia de ésta , seguiría la marcha normal de carbonización lenta de la madera enterrada :

Celulosa --- turba ----lignito --- carbón bituminoso --- carbón antracítico
--- antracita ó hulla .

Sin embargo , en presencia de la sal marina la transformación sería :

Celulosa (+ sal marina) ---- humus --- kerógeno ----asfalto ----
ozocerita --- Petróleo

Otros defensores del origen vegetal dicen que , en lugar de las plantas terrestres , la celulosa de los vegetales primarios , como las diatomáceas (algas con caparazón silicoso) y otras más , y hasta el plancton formado por las plantas terrestres , propicia la formación del petróleo . Los más modernos geólogos americanos están de acuerdo con esta teoría , ya que en California encontraron señales evidentes de la presencia y participación de las diatomáceas en la formación de los mantos petrolíferos .

1.1.2.4 Teoría Orgánica Animal

Esta teoría fué apoyada en el siglo pasado por Engler y Hoffer , sus principales defensores . De acuerdo con estos autores , el petróleo se originó por la acción del calor , presión , tiempo y microorganismos sobre las grasas animales , principalmente animales marinos .

Engler , con la intención de comprobar su teoría , destilando el aceite de pescado a elevada presión y cerca de 400'C , obtuvo un producto que denominó protopetróleo y del cual obtuvo varios hidrocarburos , del mismo modo que en la teoría vegetal, fué indispensable la presencia de la sal marina .

De las teorías mencionadas (orgánica e inorgánica), como es obvio , la orgánica ha sido la más aceptada, pues varios argumentos expuestos han explicado la formación de los innumerables depósitos petrolíferos en el globo . La inevitable presencia de agua salada o minas de sal en o en las proximidades de los depósitos de petróleo , parece confirmar la teoría orgánica .

En cuanto al hecho de que no se prefiere la teoría vegetal ó animal , pero si ambas (teoría mixta) , se puede justificar así : El petróleo debe haberse formado tanto por intermedio de vegetales como de animales , separada ó conjuntamente .

El hecho de que químicos tales como Bergius , Fischer y otros hayan podido en recientes años sintetizar en forma completa y económica los hidrocarburos contenidos en el petróleo , no significa necesariamente que la teoría mineral deba ser aceptada . Hay un cierto acuerdo en efecto , que del lado inorgánico algunos metales , sus óxidos y aleaciones , pueden haber contribuído a la polimerización y fraccionamiento de los productos formados .

1.1.3 Localización

El petróleo se encontró impregnado en rocas sedimentarias (caliza , arenisca y esquisto) , mismas que se formaron de grandes volúmenes de lodo y arena que , llevados por los ríos fueron depositándose junto con sustancias vegetales y animales , en los océanos primitivos .

Las tremendas presiones ejercidas por los movimientos de la corteza terrestre deben haber transformado aquellos depósitos en una estructura rocosa permeable . El petróleo se encontró impregnado en esas rocas como si hubiese sido absorbido por una esponja .

Debido a las presiones que sufrió , no sólo por parte de sus gases naturales, sino también por la del agua en la cual flota , más los constantes movimientos de la corteza terrestre, el petróleo nunca permanece en el sitio de formación . Muchas veces, huye de las zonas de compresión y no encontrando nada que impida su movimiento , logra llegar a la superficie terrestre , dando lugar al fenómeno llamado **Afloración o Infiltración a la Superficie** .

Pueden existir condiciones que interrumpan esta migración del petróleo , estabilizándolo y acumulándolo gradualmente hasta formar una gran bolsa sedimentaria, constituyendo entonces una **Bolsa de Petróleo** .

El tipo más común de bolsa se origina por un pliegue de la corteza que limita al petróleo entre las dos capas impermeables. A este tipo de formación con el aspecto de una bolsa invertida se da el nombre de **Anticlinal** .

Otra ubicación del petróleo se le conoce como **Bolsas Estratigráficas** , las cuales se componen de formaciones permeables que se extienden como una línea entre formaciones no porosas. Aquí , el petróleo se mueve por la arenisca, hasta que no pudiendo seguir, constituye un campo petrolífero.

En muchas ocasiones , un deslizamiento de tierra provoca el contacto de roca porosa con roca impermeable. El petróleo así retenido se acumulará dando lugar a una **falla** .

De cualquier modo , para que sea factible la existencia de un yacimiento , es necesario que coexistan 4 condiciones :

1) Una roca almacenadora porosa y permeable, en forma tal que bajo presión, el petróleo pueda moverse a través de sus poros de tamaño microscópico .

2) Una roca impermeable " sello " que evite el escape del petróleo a la superficie .

3) El yacimiento debe tener forma de trampa , es decir que las rocas impermeables se encuentren dispuestas de tal forma, que el petróleo no pueda moverse hacia los lados .

4) Deben existir rocas cuyo contenido orgánico se haya convertido en petróleo por efecto de la presión y la temperatura .

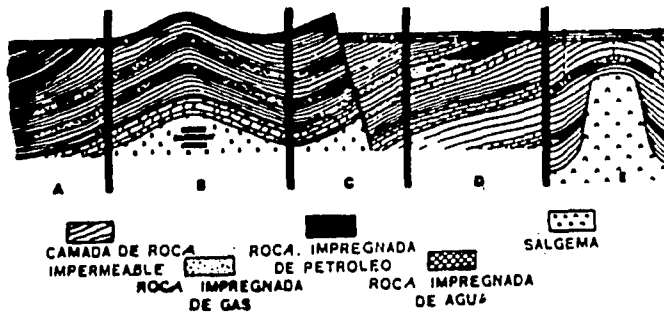


Fig.1.1 Formaciones Geológicas Típicas

Las edades geológicas que han dado lugar a la formación de mantos petrolíferos son :

- a) Terciaria . Localizado entre los 1200 a 3000 mts. de profundidad.
- b) Jurásico . Localizado entre los 3000 a 4500 mts. de profundidad .
- c) Cretácico . Localizado entre los 4500 a 7500 mts. de profundidad .

1.1.4 Exploración

El estudio de exploración tiene el objetivo de verificar :

- a) la extensión del depósito ,
- b) la presión de los gases existentes , y
- c) la naturaleza de los estratos donde se encuentra el petróleo .

La exploración , a semejanza de lo que se hacía en otra época, ha cambiado poco . Sin embargo , equipos mejor entrenados con radios , aviones, helicópteros,etc., tienen hoy la posibilidad no solo de reducir el tiempo de trabajo , sino también de asegurar el éxito en sus empresas obteniendo un máximo de aprovechamiento en la exploración .

Las exploraciones preliminares dependen , en gran parte , de la cartografía y de la aerofotografía del lugar . En los últimos años , grandes progresos se han introducido en esta ciencia .

Hay métodos proporcionados por la geofísica para la exploración del subsuelo , con el objetivo de determinar la presencia del petróleo en cantidad útil . Entre ellos podemos citar :

El magnético , el gravimétrico y el sísmico .

Con el *Magnetómetro* se estudian , en el campo magnético , las variaciones de la tierra causadas por las diferentes formaciones del subsuelo.

Con el *Gravimétrico* se miden las diferencias diminutas de la fuerza de gravedad en la superficie de la tierra .

En el *Sísmico* , se ha utilizado el instrumento de mayor éxito , el *Sismógrafo*, que mide la velocidad y la intensidad de las ondas de choque artificiales reflejadas en las formaciones del subsuelo .

Este procedimiento consiste en perforar pequeños orificios en el suelo a través de los cuales se hacen explotar pequeñas cargas explosivas . El sismógrafo registra inicialmente el tiempo que toma la onda en ir desde el sitio de la explosión hasta el registrador y segundo , las variaciones de la onda a medida que pasa por los diferentes grados de permeabilidad en las diferentes formaciones .

El período de tiempo comprendido entre la explosión y la aparición de ondas en el medidor, permite calcular la profundidad de las capas de reflexión.

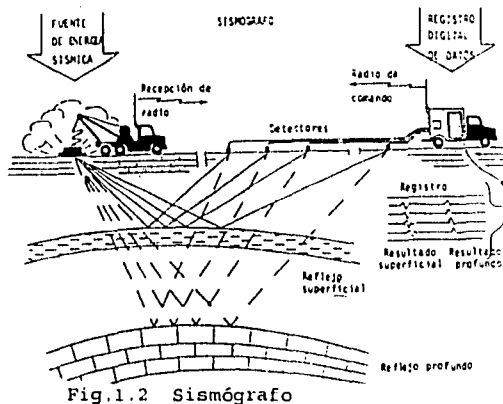


Fig.1.2 Sismógrafo

Otro medio para la exploración del petróleo es la *Micropaleontología* , que permite con el estudio de fósiles extremadamente pequeños , determinar la edad de las formaciones geológicas .

Todos estos procesos permiten como máximo , plantear la posibilidad , pero no la seguridad de que en un sitio exista petróleo .

1.1.5 Extracción

Después de estudiar el área con buenas posibilidades de reservas de petróleo , se comienza una completa y ordenada extracción .

El rendimiento diario de un pozo es proporcional a : la presión de los gases , la viscosidad del petróleo y la permeabilidad de la capa rocosa donde se encuentra , que en general no es homogénea en toda su extensión .

Cuando la porosidad de la roca es muy fina , se aplican pequeñas cargas explosivas para facilitar su escurrimiento hacia la superficie .

La extracción desordenada lleva a menudo a extraer manantiales de agua ó gas antes de que aparezca petróleo . En ese caso el pozo pierde mucha de sus fuerzas y grandes cantidades de éste quedan inertes en el fondo del manantial. Esto último , se puede recuperar con la técnica de inyectar agua ó gas al fondo del pozo por medio de bombas que facilitan la expulsión del petróleo inerte . No obstante en el caso de que las técnicas anteriores no surtan efecto , se recurre al empleo de bombas . Estas también son utilizadas en pozos en los que el petróleo no fluye espontáneamente .

Dichas bombas solo son tubos colocados dentro del pozo, dentro de los cuales se colocan unos pistones . En el movimiento descendente del pistón se abren las válvulas para que el fluido fluya hacia la superficie , cerrándose las mismas al iniciarse el movimiento ascendente .

Tanto el petróleo resultante , como el que ha fluído espontáneamente se desgasifica , se le separa el lodo, emulsiones de agua, y arena antes de ser enviados a la refinería .

No siempre los campos petrolíferos se encuentran en tierra firme , ya que muchas veces están bajo lagos y mares , en los cuales hay que construir islas artificiales y plataformas móviles , por lo que en estos casos el costo de extracción se ve incrementado

1.1.6 Perforación .

La historia no registra la fecha ó el lugar exacto donde se perforó el primer pozo , no obstante , se sabe que la civilización China , nacida alrededor del Río Amarillo , ya poseía una técnica de perforación bastante avanzada para su época pero diseñada con el fin de obtener sal .

Documentos chinos registran datos sobre pozos con varios pies de profundidad para producir agua , sal ó gas ; estos últimos eran canalizados con tubos de bambú . El proceso consistía en dejar caer siempre en el mismo lugar una pesada herramienta cortante suspendida por un cable que pasaba a través de una horquilla que subía y bajaba continuamente , con ayuda de la fuerza humana.

La materia prima para el cable , revestimiento y torre eran hechas de fibras vegetales , bambú y madera .

Con el pasar de los años se han introducido grandes mejoras en el proceso , las cuales han llegado hasta nosotros como :

1. Perforación por Percusión .- Consta de una torre metálica en la cual una pesada " columna " de perforación , accionada generalmente por una máquina a vapor , es alternadamente levantada y dejada caer para romper ó perforar por impacto las perforaciones rocosas . A determinados intervalos la "columna" es retirada y los materiales triturados son desalojados . A medida que el pozo toma profundidad , puede ser protegido por un revestimiento de acero (tubería con rosca , de gran diámetro) para evitar que se derrumbe .

Este proceso todavía es importante en las perforaciones , a pesar de limitarse a determinadas localidades y ser ocasionalmente usado en la conclusión de los trabajos , después de que la parte principal del pozo es perforada por equipos giratorios .

2. Proceso Rotativo ó Giratorio .- Al iniciarse una perforación por el proceso rotativo , se acopla una broca de perforación a una asta de hierro hueca que atraviesa una mesa giratoria situada en la base de la torre y es accionada mecánicamente .

La parte superior del asta cuadrada , está unida a la cabeza de inyección (una parte hueca de hierro) que permite libre movimiento a la columna sin interferir en el resto del sistema . Un fluido de circulación (lodo) es bombeado desde el depósito a través de la cabeza y dentro de la tubería bajando a la broca y regresando a la superficie por el espacio comprendido entre la pared del pozo y la tubería , llevando con él , los desechos producidos por la broca .

La cabeza de inyección es unida a un bloque giratorio por medio de una manivela . Todo el conjunto formado por la broca de perforación, asta cuadrada , cabeza de inyección y el bloque giratorio es levantado por el cable de perforación , el cual pasa por las poleas del bloque giratorio y el juego de poleas de la corona de la torre hasta llegar al tambor de levante , (también conocido como panel de maniobras) montado en la base de la torre , el cual es a su vez operado para bajar ó levantar el conjunto de perforación . Una o dos bombas de pistón suministran la presión necesaria para la circulación del fluido, esencial en la operación .

Iniciada la perforación , el conjunto perforador accionado por la mesa giratoria va penetrando progresivamente en el suelo , lubricado por el lodo de la perforación que se inyecta a través del mismo, de regreso a la superficie , evacúa los desechos que son separados por filtros existentes en los tanques de sedimentación , donde se examina el suelo perforado .

Cuando el asta cuadrada se encuentra totalmente bajo tierra , el conjunto completo es levantado por el torno elevador , la broca se saca y se enrosca a un tubo hueco . Este a su vez, va unido al asta cuadrada y se reinicia la operación .

Debido a que la mayoría de los pozos pueden llegar a centenares de metros de profundidad , fácil será imaginarse la cantidad de tubos empleados en la operación .

La duración de una broca es limitada y su cambio requiere el levantar lentamente el conjunto completo y sus muchas secciones , que deben ser desconectadas y colocadas al lado del mecanismo . Se corta el flujo de lodo , se cambia la broca y el sistema se reensambla en orden inverso .

El conjunto de perforación moderno en general está equipado con torres de perforación desmontables ó doblables , capaces de acomodarse en un remolque proporcionando rapidéz de transporte , de erección y desmonte .

Este proceso es empleado en la mayoría de las perforaciones y se prefiere en donde las formaciones rocosas son blandas ó relativamente húmedas, por lo tanto , capaces de derrumbarse fácilmente .

Considerando que el petróleo puede estar en varios sitios ; como lagos , desiertos áridos , pantanos helados e inestables , selvas , pantanos tropicales y mar abierto, es fácil imaginar que el equipo de perforación rotatorio sea el más versátil, capaz de atender con eficiencia cada situación.

En perforaciones de millares de metros hay ocasiones en que la destreza ó el espíritu de equipo son puestos a prueba , al surgir accidentes tales como , la ruptura del conjunto perforador . En esas ocasiones entra en acción un trabajo de "pesca" largo y penoso donde se usan artimañas adquiridas con la práctica.

Raras son las formaciones rocosas que mantienen sus formas durante la perforación , ya que sufren derrumbes en las paredes principalmente cuando hay agua o gas en exceso . En estos casos se acostumbra revestir las paredes del pozo con tubos huecos cuyo diámetro es ligeramente inferior al de la perforación y que van siendo unidos a otros dando al conjunto una forma telescópica ; ese revestimiento a través del cual pasa un eje perforador está fijado , con cemento , a las paredes del pozo .

Los cálculos de perforación deben ser lo más exactos posibles , pues el último tubo de revestimiento no podrá tener diámetro inferior al de la broca .

Las muestras de rocas extraídas por el lodo , así como los diagramas eléctricos son analizados periódicamente , dando información cualitativa sobre el perfil de las capas perforadas . Una vez que la perforación esté próxima al manto de petróleo, deben ser tomadas las medidas de precaución a fin de evitar que el petróleo fluya con ímpetu . En esta etapa , se une un cabezote que permite el movimiento de la broca y en el cual existe una válvula de retención del cual parten a su vez diversos tubos provistos de válvulas que van a terminar en los tanques colectores . A ese sistema de válvulas , se le da el nombre de " árbol de Navidad " .

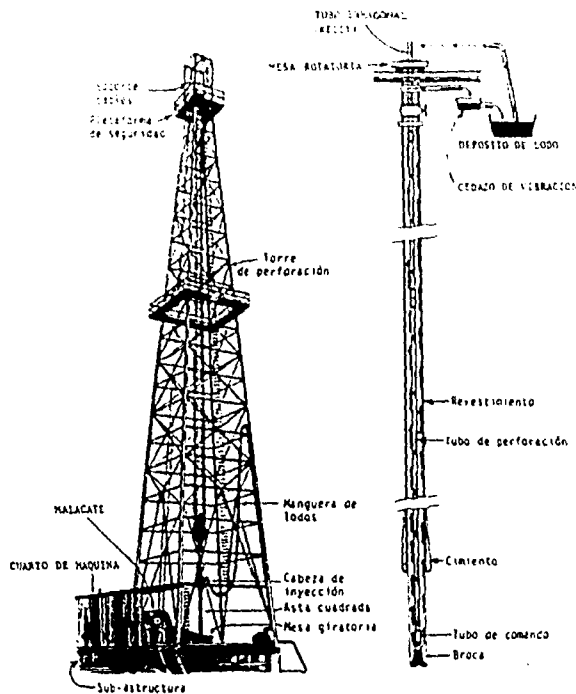


Fig. 1.3 Conjunto de Perforación Giratoria

Una vez terminada con éxito la perforación , el taladro es retirado y el pozo es puesto en producción .

Las mayores profundidades alcanzadas están alrededor de 5,000 mts. y las velocidades de perforación están comprendidas desde algunos centímetros hasta cientos de metros diarios de acuerdo con la dureza del suelo encontrado.

Al poner el pozo en producción , los tanques de almacenamiento van acumulando el producto extraído , para que sea inmediatamente enviado a las refinerías .

1.1.7 Distribución

Los principales yacimientos se encuentran a gran distancia de los centros consumidores y por ello se hace indispensable el transporte masivo del petróleo bruto mediante barcos petroleros y oleoductos .

Las refinerías de petróleo están situadas en las zonas portuarias de los países consumidores o a lo largo de los oleoductos .

La distribución de los productos petrolíferos en el interior de un país se efectúa por mar , ferrocarril y carretera ; oleoductos especializados enlazan las refinerías con los depósitos de almacenamiento y con los grandes centros consumidores : aeropuertos para la gasolina , centrales térmicas para el fuel-oil, plantas de llenado de botellas para los gases licuados , industrias petroquímicas , etc .

1.1.8 Destilación

El petróleo crudo prácticamente no se utiliza nunca según se extrae : debe ser procesado en una refinería para transformarlo en la infinidad de productos que utilizamos en nuestra vida cotidiana .

Como sabemos el petróleo es una mezcla de hidrocarburos de muy variados tamaños y tipos , y la primera etapa para obtener de él sus diferentes compuestos , de acuerdo a las características deseadas, consiste en separarlo en fracciones , lo cual es posible mediante la Destilación .

Para lo anterior , el crudo se alimenta a un tren de precalentamiento para intercambiar calor con los productos , corrientes de extracción de calor de la torre de destilación y , en algunos arreglos con corrientes calientes de la planta de destilación al vacío (plantas combinadas) . En un punto intermedio del tren, el crudo se somete a un proceso de desalado de tipo electrostático en una o dos etapas , en las que se logra la eliminación hasta del 99% de las sales que lleva, evitando así problemas posteriores de incrustación , corrosión , etc. La temperatura recomendada para el desalado varía entre 110° y 135°C , esta temperatura determina su localización a lo largo del tren de precalentamiento .

Después del precalentamiento , el crudo puede enviarse a una torre despuntadora , para obtener gas combustible como destilado vapor y nafta ligera como destilado líquido . La finalidad principal de este sistema es reducir la carga a la columna de destilación atmosférica , su incorporación al proceso es opcional . El crudo despuntado o únicamente precalentado se alimenta a un calentador a fuego directo , para que alcance el nivel de temperatura y la vaporización requerida para el fraccionamiento .

La torre de fraccionamiento está constituida por innumerables platos perfectamente colocados horizontalmente en toda su extensión, los cuales a medida que se distancian de la parte inferior de la torre , van disminuyendo su temperatura de ebullición . Además la torre cuenta con zonas de rectificación y de agotamiento .

La zona de rectificación está formada por varias secciones , de las que se extraen los siguientes productos : gas y nafta que se obtienen como productos de domos , turbosina , kerosina , diesel y gasóleo pesado que se obtienen como extracciones laterales , contando los tres primeros , con columnas de agotamiento con vapor de agua o con rehervidor , para obtener las especificaciones requeridas . Por otro lado , la torre cuenta con dos o tres recirculaciones líquidas para la extracción de calor , que permiten reducir el perfil de flujos de vapor en la torre y aprovechar el calor para el precalentamiento de la carga ; existe una recirculación parcial al fondo de la torre con el propósito de mantener una temperatura límite en el residuo , la condensación de vapores de domos puede efectuarse en una sola etapa con agua de enfriamiento como lo muestra la figura 1.4 , o en dos etapas, aprovechándose en este caso un intercambio de calor con la carga en el primer condensador .

En la zona de agotamiento , el residuo se agota con vapor de agua y se envía a enfriamiento en los rehervidores de los agotadores laterales y en el tren de precalentamiento . La turbosina , kerosina y el gasóleo pesado , después del intercambio en el tren , se enfrían con aire o agua .

Dado que cada hidrocarburo tiene su punto de ebullición , es prácticamente imposible separar uno por uno; sin embargo podemos agruparlos en fracciones con rangos y características similares .

Del proceso mencionado se obtiene en forma gaseosa : metano , etano , propano , butano , pentanos y parte de los hexanos u otros compuestos de tipo aromático o nafténico , pero de peso molecular similar .

Por extracciones laterales de la columna de fraccionamiento , se extraen hidrocarburos de mayor peso molecular tales como naftas pesadas (con temperatura de ebullición a p.atm. abajo de 200°C y densidad API de 40° o más ligeras) , kerosenos (con temp.de ebullición entre los 200 - 275°C y densidades API de 40° o más ligeras) que por su peso molecular y tensión de vapor servirán para la obtención de combustibles para la aviación ; y gasóleos (con viscosidad menor de 50 SUS a 100°F y densidades API más pesadas de 40°) .

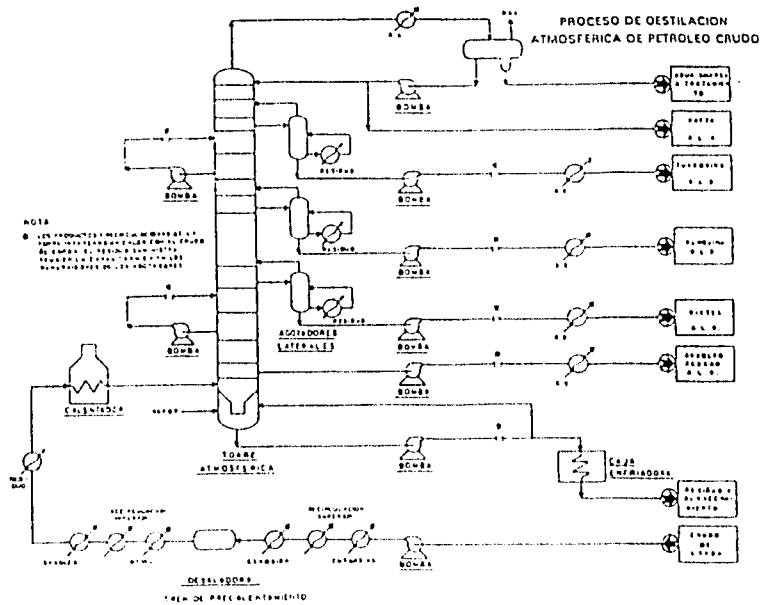


Fig.1.4 Proceso de Destilación Atmosférica de Petróleo Crudo.

Por el fondo de la torre se obtiene aquella parte que no ha sido posible vaporizar hasta la temperatura de 360°C .

Esta parte más viscosa y de mayor peso molecular que no se ha destilado, es lo que se llama , en el argot refinero , **residuo atmosférico** y es la materia prima para la obtención de los fuel - oil , aceites lubricantes , parafinas y asfaltos ; que una vez que se obtengan será necesario purificarlos quitándoles principalmente los compuestos contaminantes que alteran sus propiedades .

Esto último se consigue mediante tratamientos con productos químicos (sosa, etc), o por tratamiento con hidrógeno formando H₂S , que en forma gaseosa es separado del hidrocarburo . Estos procesos se designan con el nombre de desulfuración .

Las naftas por ejemplo , para convertirlas en gasolinas es necesario tratarlas por procedimientos catalíticos que mejoren su índice de octano .

Los distintos procesos y tratamientos permiten adecuar los productos que se obtienen en una refinería a la exigencia y demanda del mercado de combustibles .

En promedio , los porcentajes de productos obtenidos de 1 metro cúbico (1000 lts .) de petróleo son :

| Productos | Porcentajes (%) |
|--------------------------------|-----------------|
| Gasolina | 39 |
| Diesel | 31 |
| GLP | 8 |
| Aceite Combustible | 5 |
| Lubricantes , Gases y Otros | 17 |

Dado que el tema en cuestión son los aceites lubricantes , en el siguiente capítulo se describirán las etapas subsecuentes para su obtención , una vez que el crudo ha sido destilado .

1.1.9 Composición Química

El petróleo es una mezcla compleja de hidrocarburos (principalmente hidrógeno y carbono con un 76 / 86 y 19 / 14 % respectivamente) , que contiene además otros compuestos con pequeñas cantidades de azufre , oxígeno , nitrógeno y metales .

La serie de hidrocarburos determina a qué tipo de refino hay que someter el crudo y los restantes elementos que constituyen una pequeña parte de las moléculas hidrocarbonadas, determina el tipo de tratamiento químico que debe efectuarse .

Los diferentes tipos de petróleo extraídos de diferentes puntos de la tierra , inclusive los que se extraen de diferentes profundidades de un mismo campo, no siempre tienen el mismo aspecto ó estructura .

Así por ejemplo , los pozos de Sumatra producen petróleo amarillo paja , de gran fluidez y volatilidad. Los del Oriente Medio son color negro - café , de mediana fluidez y menor viscosidad , los de Venezuela , café oscuro, viscosos y con poca volatilidad .

Por otra parte , existen tipos de petróleo como el de Bahía (Brasil) con un alto contenido de parafina , que lo solidifica a la temperatura ambiente. Hay petróleo con un olor característico y penetrante ; otros con olor de gasolina y algunos se asemejan a compuestos de azufre .

A pesar de esas marcadas diferencias externas , los petróleos , considerados químicamente , guardan entre sí una gran semejanza, ya que no son más que mezclas de hidrocarburos .

Debido a que el número de hidrocarburos existentes en el petróleo dificultan su clasificación , ésta generalmente se hace considerando el tipo de residuo que el petróleo deja después de la destilación . Por consiguiente , tenemos petróleo con las siguientes bases :

1.1.9.1 Tipos de Bases

I. Base Parafínica

Presenta un depósito de cera clara, constituido principalmente por los miembros de la serie parafínica (hidrocarburos saturados : $C_3 H_8$, $C_4 H_{10}$, etc), no siendo fácilmente atacados por los ácidos , ni por el éter , cloroformo u otros solventes , en los cuales los hidrocarburos son comúnmente solubles .

II. Base Nafténica

Después de la destilación se presenta como un residuo oscuro, comúnmente negro , brillante, rico en hidrocarburos nafténicos ó ciclo-parafínicos (hidrocarburos de cadenas cerradas y arreglos en forma de anillos) , fácilmente atacables por ácidos fuertes , solubles en los solventes arriba mencionados .

III. Base Mixta

Presentan residuos con características semejantes a la de los dos grupos mencionados anteriormente .

Las diferencias más pronunciadas entre los petróleos se deben principalmente a la variación de los porcentajes en ellos existentes de las bases parafínicas , nafténicas ó mixtas , así como también el predominio de hidrocarburos de mayor ó menor volatilidad .

Los crudos de base parafínica , son designados también con el nombre de crudos tipo Pennsylvania , los crudos de base nafténica pueden ser designados como crudos de la Costa de Estados Unidos , y los de base mixta como crudos del tipo Mid - Continent .

Los crudos más apropiados para la obtención de los distintos tipos de aceites lubricantes, son los parafínicos y los nafténicos ; llamados también bases lubricantes o básicos .

Los crudos parafínicos producen lubricantes cuya temperatura de Inflamación y residuo de carbono son superiores a los de tipo nafténico, así como también su temperatura de congelación . La densidad API es de 30° ó menos y el Índice de Viscosidad se halla entre 80 y 100 .

Los crudos nafténicos producen lubricantes cuyo residuo de carbón y temperatura de inflamación dan valores bajos , e igualmente sucede con la temperatura de congelación. La densidad API es de 20° o menor y el Índice de Viscosidad es cercano a cero .

Tal y como se mencionó , el petróleo está formado además por otros elementos químicos :

1.1.9.2 Compuestos de Azufre " S " .

Todos los crudos contienen azufre en cantidades que varían de 0.1% como sucede en el crudo de Pennsylvania, N.de Africa y algunos crudos del Mid Continent, y hasta más del 5% en algunos crudos de Oriente Medio y México .

El azufre está distribuido en todas las fracciones del crudo, pero es más abundante en las fracciones de punto de ebullición más elevado , particularmente en los asfaltos .

El azufre libre no es un componente del petróleo crudo aunque a veces se encuentra en él . Además del H₂S , el azufre se encuentra en los crudos en forma de diversos compuestos .

La identificación de estos compuestos es difícil debido a la facilidad con que muchos de ellos se descomponen durante la destilación o el tratamiento del petróleo .

Entre los más importantes componentes identificados , se encuentran los mercaptanos , metil sulfatos, los disulfuros y los sulfuros parafínicos y aromáticos , etc; con efectos dañinos , ya que producen un olor desagradable y son generalmente de naturaleza corrosiva; ejerce una influencia perjudicial , produciendo compuestos ácidos al mezclarse con oxígeno y agua ,y reduce la actividad del plomo tetraetilo.

A causa del perjudicial efecto de los compuestos de azufre , el contenido de azufre en los productos de petróleo no debe excederse de cierta proporción. Puesto que esta proporción suele estar por debajo del contenido natural de estos productos , las fracciones de petróleo deben ser sometidas a tratamientos adecuados de desulfuración .

1.1.9.3 Compuestos de Oxígeno " O " .

Generalmente son ácidos orgánicos , aunque existan también fenoles y moléculas complejas conteniendo oxígeno, azufre, y nitrógeno, constituyentes particularmente de los asfaltos y resinas . Una indicación del contenido de oxígeno del crudo lo constituye un índice de acidez que normalmente es inferior al 0.1 % . Algunos crudos normalmente de constitución nafténica , pueden llegar a contener hasta el 2% de ácidos nafténicos .

Estos pueden estar presentes en cualquier fracción del petróleo , pero alcanzan su máxima concentración en las fracciones de gas oil . Los ácidos que se encuentran en los kerosenos, gas oil y aceites lubricantes ligeros , son principalmente nafténicos . Aparece generalmente en forma de ciclopentano derivado de los ácidos nafténicos . Los ácidos nafténicos tienen mal olor y son algo corrosivos para los aceros de las instalaciones . Estos ácidos orgánicos se pueden eliminar del petróleo por lavados alcalinos , y se recuperan del extracto alcalino por adición de ácido sulfúrico .

1.1.9.4 Compuestos de Nitrógeno " N " .

Los crudos del petróleo tienen también compuestos nitrogenados que, como los sulfurados, formaron parte de los tejidos orgánicos, que dieron lugar a los hidrocarburos. La mayor parte de los petróleos crudos contienen menos del 0.1 % de nitrógeno, pero algunos crudos poco frecuentes, tales como algunos de California, contienen casi el 1 %.

Los crudos con elevados contenidos en azufre y asfalto contienen normalmente elevados contenidos de nitrógeno. Los compuestos de nitrógeno se encuentran en todas las fracciones del crudo, pero son también más abundantes en las fracciones de peso molecular más elevado.

Se estima que incluso cantidades de nitrógeno, pueden dar origen a problemas en el tratamiento y almacenamiento del petróleo. Los compuestos de nitrógeno pueden reducir la actividad de los catalizadores, utilizados en el craqueo, hidrocracking, reforming, polimerización e isomerización.

Las gasolinas y kerosenos, que recién destilados pueden ser claros como el agua, pueden obscurecerse si está presente el nitrógeno, que por otra parte pueden acelerar la formación de gomas en los carburadores y lacas en otras partes del motor.

Estos compuestos se encuentran en pequeñas cantidades como la Base Nitrogenada responsable del obscurecimiento, al paso del tiempo, de los productos refinados. Los depósitos de algunos barros de fuel oil pueden ser debidos también a la formación de compuestos nitrogenados, ya que su contenido de nitrógeno es elevado.

1.1.9.5 Compuestos Metálicos .

Prácticamente, todos los metales se han encontrado en las cenizas de los residuos petrolíferos, pero se encuentran en tan pequeña cantidad, que rara vez presentan un problema. Entre ellos están: el Sodio, Níquel, Hierro, Calcio, Aluminio, Silicio y Vanadio.

El Vanadio constituye la excepción pues es altamente indeseable, ya que provoca corrosión en las tuberías de los quemadores de fuel oil y en los tubos de las calderas y en metales cromados, cuando se presenta una combustión residual.

Algunos crudos, en particular los de elevado contenido en asfalto como los de Venezuela, contienen hasta 0.05%, expresado como pentóxido de vanadio, más de la mitad del contenido de cenizas total. Los compuestos metálicos tienden a concentrarse en la fracción residual del petróleo.

1.1.10 Importancia del Petróleo en el Mundo

Durante miles de años , el hombre convivió con el petróleo sin sospechar sobre la importancia de éste desagradable , oscuro y pegajoso fluido, de olor repugnante . Lo usó como arma , lo tomó como medicina y lo mezcló con arcilla para sus construcciones primitivas .

Con el paso del tiempo y el avance de la civilización , de él extrajo diferentes combustibles, haciendo obsoletas otras fuentes de energía , descubriendo poco a poco , todo un mundo de sustancias que podrían ser extraídas de éste , para servir de materias primas en la elaboración de algunos productos.

Produjo plásticos , mediante la unión de moléculas extraídas después de complicadas modificaciones . Fabricó fertilizantes , insecticidas , detergentes, drogas y alimentos .

Hoy , el petróleo está formando parte integral del hombre , sustituyendo vasos sanguíneos y válvulas cardíacas , garantizándoles la super-vivencia en equipo para maternidad y proporcionándole felicidad en los primeros años de su vida en forma de juguetes .

Es tan grande su influencia en la vida del hombre , que si desapareciera repentinamente el mundo se detendría , con riesgo para el género humano . Con la revolución industrial , el mundo requirió una gigantesca cantidad de energía , solamente satisfecha con el petróleo . Se comenzó a perforar pozos rudimentariamente construídos y se descubrieron nuevas técnicas de destilación.

Surgió un número infinito de grupos de hidrocarburos , cada uno para aplicaciones específicas así como : transmisión de potencia , lubricación y protección para diversas clases de motores y máquinas .

Cuando se quema puede producir calor e iluminación , transformando en las calderas el agua en vapor , moviendo los pistones en los motores de combustión interna y produce el empuje que desplaza los aviones jet .

Cuando se desarrolló la tecnología química se llegó a la producción industrial de macromoléculas , los llamados plásticos , y el petróleo se convirtió en la mayor fuente de materias primas para la elaboración de bienes de consumo . Surgió la Petroquímica y el hombre ingresó en la edad del plástico . Aparecieron nuevos materiales , con mejores características de los ya existentes.

Sustancias similares al caucho , pero con mayor resistencia a la abrasión vinieron a sustituir con ventaja a éstos en muchas aplicaciones . Dentro de este nuevo mundo del plástico merecen mención especial :

- El poliéster, dando como resultado modernas fibras textiles .

- Las resinas vinílicas PVC , de bajo costo y con alta resistencia y poder aislante térmico, permitieron la construcción de depósitos, tuberías , revestimiento de cable eléctrico , techos de casas , etc.

Las resinas acrílicas , incoloras transparentes , dieron origen a nuevos adornos, muebles, lámparas , accesorios para la industria automovilística, juguetes , etc .

Estos nuevos materiales llegaron a sustituir con ventaja al cuero , la madera , la lana , el algodón , la seda , el plomo , el latón , el acero , el vidrio y aún la delicada membrana de las venas y arterias .

Ropas de astronautas , instrumentos de navegación , vehículos espaciales y complejos aparatos electrónicos recibieron una valiosa contribución de esta nueva industria .

En el sector de la alimentación , la presencia del petróleo se hace sentir en lo concerniente a la producción y conservación .

En el campo de los fertilizantes , de los insecticidas , de la industria farmacéutica , de los cosméticos , de los electrodomésticos , de los muebles , de la industria naval , de las recreaciones , etc, la contribución del petróleo es constante .

Sin embargo en estos últimos treinta años , el consumo de petróleo ha sido superior a cualquier época desde su descubrimiento . Tal hecho viene preocupando a la humanidad ya que se sabe que la reposición de los yacimientos por su naturaleza es un proceso demasiado lento . De ahí el examen que se hace actualmente de nuevas fuentes de energía , que en el conocimiento de los técnicos no son muchas . Entre ellas , el carbón de piedra, el esquisto bituminoso , la fusión y fisión nuclear , la radiación solar , los fenómenos geotérmicos , las mareas y las caídas de agua .

A largo plazo , la principal fuente de energía que reemplazaría los combustibles fósiles sería la fusión nuclear , tan pronto sean solucionados los complicados problemas técnicos relacionados con su producción .

A corto plazo , la crisis de energía que azota al mundo debe solucionarse con otros recursos energéticos locales ; carbón mineral , esquisto , radiación solar y ampliación de las investigaciones en el sentido de descubrir nuevos yacimientos petrolíferos .

LISTA DE LOS PRODUCTOS PRINCIPALES DERIVADOS DEL PETRÓLEO

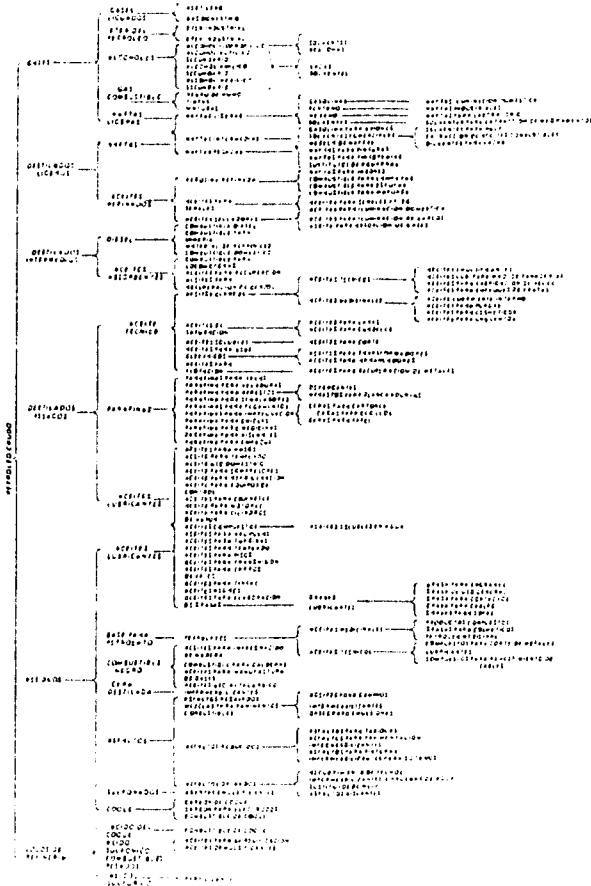


Fig. 1.5 Lista de Productos Principales Derivados del Petróleo

CAPITULO II

ACEITES LUBRICANTES DE BASE MINERAL

Tal y como se dijo en nuestra introducción , la lubricación es una técnica antigua en la historia de la humanidad . Cuando hace algunos años se abrió una tumba en del Egipto antiguo , uno de los carros que en ella se encontraba aún tenía en el eje , vestigios del lubricante que se aplicó; se procedió a su análisis y se observó que era una sustancia pegajosa y ligeramente grasienta . Contenía polvo , tal como arena de cuarzo y compuestos de aluminio , hierro y cal . La sustancia que se empleó como lubricante en el carro tenía un punto de fusión de 45°C , lo que nos hace pensar que podría ser sebo de carnero o de vaca, cualquiera de los cuales hubiera sido adecuado como lubricante en un país tan caluroso como Egipto .

De hecho , hasta hace relativamente pocos años , todos los lubricantes eran de origen vegetal o animal : sebo , aceites de pescado , aceite de ricino y otros aceites vegetales , etc . El empleo de aceites minerales se inició , hace más de un siglo , con el descubrimiento , en 1859 con el pozo de Drake .

Los primeros equipos estaban expuestos a servicios y cargas de tipo liviano y velocidades bajas , por lo que aquellos lubricantes eran adecuados .

Ahora bien , desde el comienzo de la Segunda Guerra Mundial necesidades sin precedentes se han desarrollado para los aceites , fluidos hidráulicos , y grasas capaces de lubricar baleros , engranes , y mecanismos a nuevas temperaturas extremas , a elevadas velocidades , y bajo grandes cargas . Muchas de las nuevas necesidades y problemas fueron encontradas en la Segunda Guerra Mundial y de nuevo en la Guerra Koreana . Equipo militar de todo tipo tenía que ser operado a través de cambios rápidos de clima del aire y de la tierra ; y esto condujo a nuevos problemas de mantenimiento en el almacenamiento , transportación , y lubricación bajo toda condición inimaginable de temperatura, humedad , lluvia , y nieve , incluyendo exposiciones a todo tipo de deterioro tropical . Fuera de toda esta tremenda prueba se han tenido mayores ganancias en todos los campos de la ciencia ; entre estas hubo mayores ganancias en la lubricación , prevención de la corrosión , y empaque .

Un resultado sobresaliente , el cual fué evidente aún en la mitad de la Segunda Guerra Mundial , fué el incremento del interés en la investigación de los principios básicos de la lubricación y en los lubricantes sintéticos , una mayor disposición tanto del gobierno y de la industria hacia la participación y soporte de tal trabajo , y una actitud más receptiva por parte de los fabricantes , de máquinas y otros equipos para aplicar los nuevos materiales resultantes y métodos en sus prácticas de cada día . Debido a estas actitudes y avances , los años de la posguerra fueron ampliamente productivos en el área de la lubricación .

2.1 Obtención del Aceite Base

Partimos de otra unidad con torre de destilación fraccionada , pero la diferencia básica con la descrita inicialmente , que fraccionaba el petróleo crudo a presión atmosférica y obtenía determinados productos , es que esta nueva torre está sometida a vacío y su carga es el " residuo atmosférico " , es decir que lo que queda en el fondo de la primera torre de destilación, vuelve a redestilarse de nuevo , pero ahora calentándose a una mayor temperatura , alrededor de unos 400°C .

En esta torre de vacío es de donde se obtiene la materia prima para la fabricación de los aceites lubricantes , extrayéndose en este nuevo proceso de destilación un gas - oil por cabeza y tres cortes laterales que se les puede denominar lube ligero , medio y pesado, y un residuo de vacío , todos estos conformarán la materia prima para obtener las bases de los aceites lubricantes, una vez tratados y refinados , en otras unidades que describiremos a continuación .

En cuanto al residuo de vacío , éste puede ser rico en parafina ó asfalto dependiendo del tipo de crudo procesado. Dicho residuo puede ser a su vez , destilado, para obtener diferentes fracciones lubricantes . Los destilados de base nafténica destilan a temperaturas más bajas que los de base parafínica, de la misma viscosidad . Los de base mixta ocupan una posición intermedia .

Cuando se destila un lubricante nafténico se pueden obtener prácticamente todas las fracciones lubricantes como destilados que salen de la torre en fase vapor , y si esto se intenta con lubricantes parafínicos , éstos sufren una desintegración .

La mejor separación entre las fracciones lubricantes que destilan , permite obtener aceites con altas temperaturas de inflamación e ignición , de viscosidad definida . Las temperaturas de inflamación e ignición sirven para controlar la máxima amplitud permisible de las fracciones con viscosidad especificada que se puede obtener durante el proceso , ya que si la fraccionación es buena , entonces el rendimiento de aceite con viscosidad, temperatura de inflamación e ignición dentro de especificaciones , será mayor que cuando la fraccionación es deficiente, siempre y cuando los cortes sean ajustados y mezclados convenientemente .

Las fracciones y residuos lubricantes que se obtienen por destilación del crudo, y en particular las fracciones, tendrán que ser tratadas , ya que de lo contrario no serían adecuadas para usarse como materia prima en la elaboración de aceites lubricantes , puesto que contienen impurezas tales como asfaltos , resinas, parafinas , etc., que hay necesidad de eliminar por medio de procesos especiales a base de solventes , con el fin de purificarlos.

Estos procesos selectivos de purificación a base de solventes especiales logran retirar los componentes indeseables de la futura base , sin quitarle las características deseables . El tratamiento con solventes incluye :

1. Unidad de Desasfaltado .
2. Tratamiento con Furfural .
3. Unidad de Desparafinación con Metil Etil Cetona (MEK) .
4. Tratamiento con Acido Sulfúrico .
5. Unidad de Tierras Adsorbentes .

2.1.2 Descripción de los Procesos de Purificación.

1) Unidad de Desasfaltado .

Esta unidad de refino es la encargada de eliminar los componentes asfálticos y metálicos, muy perjudiciales para la preparación de ciertos tipos de lubricantes.

La carga a esta unidad es el residuo de vacío , o sea , la parte más pesada que permanece en la torre de destilación después de retirar las fracciones livianas y más volátiles de bases de aceites lubricantes , por lo tanto de esta carga es de donde se obtienen las fracciones de lubricantes de mayor viscosidad.

El porcentaje de residuos pesados y asfálticos que contiene esta fracción de petróleo bruto o carga , es variable y depende fundamentalmente del origen y localización del crudo .

Estos residuos contienen generalmente productos asfálticos de bajo índice de viscosidad que deben ser removidos ; el proceso más común es la *desasfaltización con propano*, ya que es un solvente selectivo para los lubricantes .

La eliminación de estos componentes con propano se realiza dentro de una torre a contracorriente y , según sea la proporción *propano-residuo de vacío* y *temperatura de extracción*, varía la precipitación ó arrastre de las materias asfálticas .

El propano se recupera posteriormente de la fase aceite y de la fase asfalto .

Según la eficiencia del tratamiento y porcentaje de propano , podemos obtener en esta unidad dos productos base (o dos materias primas para elaborar el lubricante), denominados *Bright Stock (BS)* y *Cylinder Stock (CS)* .

2) Tratamiento con furfural .

En esta unidad se tratan los cortes ligeros , medios , pesados y BS , donde además de eliminarles los contaminantes se les mejora el Índice de Viscosidad

El furfural es un solvente de muy baja viscosidad y de bajo punto de ebullición, el cual entra en contacto íntimo con la base lubricante en una torre de extracción a contra-corriente eliminando por arrastre las impurezas de éste . Como impurezas en este proceso se consideran aquellos componentes asfálticos que son removidos junto con el solvente .

Las distintas proporciones de solvente y las temperaturas de operación son variables y están en función de la intensidad del tratamiento que se requiera .

En esta unidad se obtienen bases lubricantes con índices de viscosidad entre 75-90 y 100 ; que se destinan a la elaboración de diferentes aceites .

El furfural es un solvente selectivo con gran afinidad a las sustancias no deseadas , el cual se recupera posteriormente de la base refinada y de la base extracto , y que a su vez no altera los compuestos parafínicos que se requieren.

También son utilizados otros solventes como el fenol y duesol , y el anhídrido sulfuroso , pero el más extendido es el furfural aldehído .

3) Unidad de desparafinación con Metil Etil Cetona (MEK) .

Si partimos de crudos parafínicos para la obtención de aceites lubricantes, estas bases tienen la desventaja de que poseen elevados puntos de congelación , debido a su alto contenido de ceras ó parafinas ; por lo que se tienen que eliminar para obtener bases parafínicas con puntos de congelación apropiados , y elaborar entonces, los aceites lubricantes con aplicaciones y servicios específicos a desempeñar , en donde estos no se solidifiquen incluso a temperatura ambiente ó menores.

Para eliminar estas parafinas , hay que utilizar un solvente que disuelva el aceite y precipite las parafinas de cadena lineal y alto peso molecular .

El solvente utilizado es una mezcla de Metil etil cetona (MEK) y de benceno-tolueno, en proporciones variables (normalmente 50% de MEK , 25% de benceno y 25% de tolueno, según el grado de desparafinado deseado). Este solvente tiene la propiedad de seleccionar a los hidrocarburos antes mencionados, disolviendo a los de baja congelación , y precipitando a los de punto de congelación elevado en forma de cristales sólidos ó parafinas .

La operatoria se realiza mezclando una cantidad variable de disolvente , con el producto a desparafinar , enfriando la mezcla obtenida a la temperatura de congelación que deseamos en el producto terminado . Al final del circuito de refrigeración y bajo la acción de la temperatura y del disolvente , se separan dos fases mediante unos filtros de tambores rotatorios de velocidad variable , esto de 5-10°F - por debajo del punto de fluidez deseado - , y con una superficie filtrante de tejido especial de algodón .

Estas fases son : una líquida que contiene el aceite base y la mayor parte de disolventes, y otra sólida que contiene los cristales de parafina y una pequeña cantidad de disolvente.

Después se recuperan de ambas fases el disolvente y habremos obtenido por una parte parafina y por otra el aceite base desparafinado .El lubricante se separa de los solventes por destilación .

Los productos que carga esta unidad son todos los obtenidos y tratados en las unidades anteriores de desasfaltado y furfural , o sea , los ligeros , medios y pesados con distintos índices de viscosidad , y los BS y CS de la unidad de desasfaltado .

4) Tratamiento con ácido sulfúrico .

Este tratamiento tiene por objeto remover pequeñas cantidades de sustancias reactivas indeseables , mejorando el color , su estabilidad térmica, estabilidad a la oxidación y las propiedades de separación con el agua .

Para lograrlo se utiliza ácido sulfúrico al 98% en dosis del 2% . Este sulfona ciertas sustancias de tipo aromático , precipitando sulfonatos de petróleo que no han podido ser eliminados totalmente en la unidad de fulfural.

En esta unidad solamente se tratan una o dos bases de alto índice de viscosidad (Medio y Pesado) , para obtener aceites con determinados usos .

Después del tratamiento el aceite es neutralizado con agentes químicos , lavado con agua ó tratado con arcilla .

5) Unidad de Tierras Adsorbentes .

En esta unidad se tratan entre otras indispensablemente las bases que han pasado por la unidad de ácido con el fin de neutralizar las trazas de éste que puedan quedar retenidas en el aceite y eliminar las sustancias coloidales en suspensión , la absorción de ácidos orgánicos y atenuar o reducir su color así como eliminar su grado de humedad.

Para ello pueden utilizarse tierras naturales ó activadas . El aceite se mezcla íntimamente con una cantidad determinada de tierra , se calienta la mezcla en un horno tubular y se pasan a una torre de vacío.

La separación de la tierra se realiza en filtros de tipo bolsa , y posteriormente en filtros prensa .

No obstante , estos dos últimos procesos " Acido " y " Tierras " , ya no son operativos y han quedado prácticamente obsoletos , habiéndose susbstituído por los tratamientos de desulfuración ferroníng o hidrogenación catalítica .

- Tratamiento por Hidrogenación Catalítica .

El tratamiento consiste en hacer pasar el aceite e hidrógeno a través de un lecho catalítico , bajo condiciones variables de presión y temperatura , consiguiendo con esto un reordenamiento de ciertas moléculas y por ende una mayor estabilidad y mejoramiento del color , además de reducir el contenido de azufre .

Puede también utilizarse este método para la obtención de aceites de calidad excepcional , ya que se logran básicos con gran resistencia a la oxidación y elevados índices de viscosidad .

Las bases obtenidas y convenientemente mezcladas los aditivos específicos suelen utilizarse para elaborar aceites para transformador , turbinas y multígrados naturales (de diferenciales y de transmisión) .

2.2 Tipos de Bases Lubricantes

De acuerdo con lo descrito en el tema anterior , se puede observar que en las refinerías no es posible destilar producto por producto y grado por grado, debido al gran número de productos y grados intermedios , por lo cual se produce un número limitado de bases lubricantes (ligeras , medias , pesadas , etc) , las cuales se mezclan entre sí para conformar otras bases, involucradas también , en la elaboración de los aceites lubricantes .

En ciertas compañías lubricanteras , se adopta la siguiente agrupación de bases lubricantes con las cuales se elaborarán - mezclándose muchas de ellas con aditivos - , los diferentes grados de aceites y grasas lubricantes .

Estas bases lubricantes comprenden las siguientes :

1. Bases Pálidas Nafténicas .
2. Bases Pálidas Parafínicas .
3. Bases Neutras tratadas con solvente .
4. Bright Stocks
5. Cylinder Stocks .

1. Bases Pálidas Nafténicas .

Estos tienen las siguientes características :

- bajo punto de fluidez.
- bajo punto de inflamación .
- bajo punto de anilina .
- bajo índice de viscosidad.
- baja gravedad API .

2. Bases Pálidas Parafínicas .

Tienen estas características :

- alto punto de fluidez.
- alto punto de inflamación .
- alto índice de viscosidad .
- alta gravedad API.

El punto de fluidez de estos es mejorado posteriormente , con tratamiento de desparafinación con solvente .

3. Bases Neutras Tratadas con Solventes .

Estos son aceites provenientes de crudos parafínicos destilados al vacío, refinados con furfural, filtrados con arcillas e hidrogenados y desparafinados con solventes . Se caracterizan por :

- alto punto de fluidez .
- alto índice de viscosidad .
- alta gravedad API .
- buena estabilidad a la oxidación .
- punto de fluidez dentro de un rango determinado .

4. Bright Stocks

Se obtienen de la destilación al vacío de residuos de crudos parafínicos, los cuales son posteriormente sometidos a tratamiento de desasfaltización por propano , desparafinado por solvente y refinación con furfural .

Se caracterizan por :

- alta viscosidad.
- alto punto de inflamación .
- relativamente altos índices de viscosidad y
- gravedad API .

Su punto de fluidez se mantiene dentro del rango ideal por medio del desparafinado . Estas bases se usan para obtener aceites de motor , aceites para engranajes y grasas.

5. Cylinder Stocks .

Son residuos de la destilación al vacío de los aceites parafínicos . Reciben tratamiento de desasfaltización por propano y desparafinación por solvente . Este tratamiento les brinda un color brillante , reduce la viscosidad y aumenta la estabilidad a la oxidación.

Estos productos son usados en la formulación de aceites que trabajarán en contacto con vapor sobresaturado ó sobrecalentado.

Algunos aceites tipo cilindro contienen grasas de origen animal en proporciones de 4 al 10% que les aumenta la lubricidad. A estos se les conoce como *Aceites Compuestos* .

2.3 Clasificación de los Aceites Básicos Minerales

Una vez obtenidas las bases lubricantes ó también llamados Básicos , en el ambiente lubricanero, se procede a la elaboración de *Aceites Lubricantes*, de base mineral, los cuales de acuerdo con su componentes se clasifican en los siguientes :

| CLASIFICACION DE LOS ACEITES MINERAL | |
|--------------------------------------|-------------------|
| A) Por Composición | B) Por Aplicación |
| 1. Minerales Puros | 1. Automotrices |
| 2. Compuestos | 2. Industriales |
| 3. Mezclados con Aditivos | |

2.3.1 Por composición :

1. ACEITES MINERALES PUROS

Llamamos Aceites Minerales Puros a aquellas bases y sus mezclas , que a diferencia del resto de aceites no contienen aditivos u otros productos .

Se utilizan como lubricantes , después de recibir el tratamiento adecuado , ya sea como aceites para proceso , aceite para transformadores , aceites para determinadas transmisiones , etc. de amplio uso en distinto tipo de industrias.

2. ACEITES COMPUESTOS

Son aceites minerales puros a los cuales se agregan ácidos grasos (comúnmente derivados de grasas de cerdo , sebo , etc) , con el fin de incrementar su tenacidad , adherencia (lubricidad) , y emulsionabilidad con agua .

Son de amplio uso en aceites para máquinas a vapor o toda aquella que vaya a trabajar en ambientes húmedos ; los más comunes son los aceites llamados Tipo Cilindro.

3. ACEITES MEZCLADOS CON ADITIVOS

Son aceites básicos minerales a los cuales se agregan compuestos químicos (aditivos) , con el fin de proporcionarles nuevas características o mejorar las ya existentes . Por la variedad de aditivos usados actualmente , podemos deducir que la gran mayoría de los lubricantes modernos pertenecen a esta clase.

2.3.2 Por su aplicación

Otra clasificación de los lubricantes está basada en su aplicación .

Consideremos algunas de sus principales clasificaciones :

1- ACEITES AUTOMOTRICES

- 1.1 Para cárter
- 1.2 Para ejes y transmisiones manuales
- 1.3 Para transmisiones automáticas .

2- ACEITES INDUSTRIALES

- 2.1 Aceites Hidráulicos
- 2.2 Aceites para turbinas
- 2.3 Aceites para acerías
- 2.4 Aceites para engranajes
- 2.5 Aceites para máquinas herramienta
- 2.6 Aceites para guías y correderas
- 2.7 Aceites para refrigeración
- 2.8 Aceites para compresores de aire

1- ACEITES AUTOMOTRICES

1.1 Para cárter

Las demandas de la industria automotriz en relación a los lubricantes ha sido extremadamente severa . El aumento de potencia en los motores , mayores velocidades , mayores temperaturas , limitaciones en el diseño , el uso de varios accesorios como el aire acondicionado , los trailers , la prolongación de los períodos de cambio de aceite , han obligado a las empresas petroleras a efectuar permanentes mejoras de sus productos .

De ahí que un aceite moderno para cárter requiera una gran cantidad de aditivos como inhibidores de oxidación, detergentes , dispersantes , agentes antiherrumbre, antidesgaste , mejoradores del índice de viscosidad , inhibidores de espuma y depresores del punto de fluidez .

1.2 Aceites para Ejes y Transmisiones Manuales .

La presencia de golpes continuos y altas cargas hace que estos aceites tengan una película de lubricación muy fuerte , que se consigue normalmente con el uso de aditivos de extrema presión . Además de estos , también contienen inhibidores de herrumbre y oxidación e inhibidores de espuma .

1.3 Aceites para Transmisiones Automáticas

Estos lubricantes requieren de aditivos específicos de modificación de fricción , antidesgaste y antioxidantes ; para satisfacer los requerimientos de lubricación de las transmisiones automáticas . Hay una gran variedad de clases para cumplir las especificaciones de los fabricantes (Ford,General Motors,etc) que tienen diferentes requisitos y situaciones que cubrir .

2 - ACEITES INDUSTRIALES

2.1 Aceites Hidráulicos .

Son probablemente los aceites más importantes de este grupo por ser excelentes multiplicadores de potencia , considerando además que los sistemas hidráulicos se encuentran prácticamente en todas las industrias . Se elaboran en rangos de viscosidad bastante limitados , ya que la eficiencia de las bombas usadas en los sistemas hidráulicos dependen esencialmente de esta característica. El punto de fluidez y el índice de viscosidad son también de gran importancia . Los aceites de esta clase contienen aditivos anti- oxidante, antiherrumbre , antiespumantes y antidesgaste .

2.2 Aceites para Turbinas .

Estos lubricantes contienen aditivos antioxidantes , agentes antiespumantes y además demulsificantes para permitir una buena separación del agua .

2.3 Aceites para Acerías .

Estos productos son bastante especializados , en el grupo de aceites de circulación . Sus condiciones de operación invariablemente involucran altas presiones , altas temperaturas y la presencia de agua ; por consiguiente requieren de aditivos inhibidores de espuma y antiherrumbre , lo mismo que de buenas propiedades para la separación de agua .

2.4 Aceites para Engranajes .

Este grupo de aceites está formado por varias clases de lubricantes debido a la existencia de una gran variedad de engranajes .

Un hecho común de todas estas aplicaciones es la presencia de choques para lo cual el aceite debe dar protección mediante una película lubricante sumamente fuerte para que conserve los dientes de los engranajes . También debe ser suficientemente fluida para disipar el calor generado y bastante viscosa para lubricar los rodamientos . Estos productos contienen comúnmente inhibidores de oxidación y herrumbre , inhibidores de espuma y a menudo debe incluirse un aditivo de extrema presión .

2.5 Aceites para Máquinas Herramienta

Aceites minerales puros se aplican generalmente en la lubricación continua de rodamientos planos .

2.6 Aceites para guías y correderas .

Se emplean en la lubricación de máquinas herramientas y guías . Comúnmente tiene aditivos de extrema presión y ácidos grasos para incrementarles su adhesividad ó lubricidad .

2.7 Aceites para Refrigeración .

Pertenecen a una clase especial de lubricantes . Ellos necesitan ciertas características especiales como es la ausencia de parafinas , ceras y agua ; deben además tener un bajo punto de fluidez , baja viscosidad , resistencia a descomponerse a altas presiones y temperaturas , las cuales están presentes invariablemente en los sistemas de refrigeración .

2.8 Aceites para compresores de Aire .

El aceite debe tener alta resistencia a la formación de carbón , formación de lodo y gomas , requiriendo de un alto punto de inflamación , además de resistencia a la oxidación y formación de sedimentos .

De todo esto podemos darnos cuenta que hay muchas clases de aceites lubricantes y como todos sabemos , hay cantidad de empresas que los producen .

Los criterios para fabricarlos difieren de empresa a empresa , desde su proceso de refinación al tipo de aditivos utilizados ; se observa de inmediato la necesidad de tener un estándar ó clasificación aplicable a la fabricación de aceites , especialmente para orientación del consumidor .

CAPITULO III

FUNCIONES DE LOS ACEITES LUBRICANTES

Antes de comenzar a tratar las muchas funciones que tienen los aceites lubricantes , es indispensable el primero referirse a la función primordial que es la que llevan implícito en su nombre :

LUBRICAR

siendo el significado de ésta función :

Lubricar es proveer de una película fluida para soportar las cargas de dos cuerpos en movimiento relativo y contrarrestar la fricción .

Las *funciones primarias* de un lubricante son :

1. Reducir el desgaste
2. Reducir la pérdida de potencia
3. Enfriar .

Como *funciones secundarias* de los lubricantes se consideran las siguientes:

1. Limpia
2. Sella
3. Transmite potencia .
4. Evita herrumbre y corrosión
5. Aislante eléctrico
6. Sirve como agente de templado
7. Aceite Térmico
8. Fluido para maquinado

Para tener un panorama más amplio de lo que lubricar implica y para sustentar a fondo el por qué existen los lubricantes es necesario révisar el significado de la fricción , mismo que está implícito en nuestra definición de Lubricar:

3.1 Fricción

Si dejamos que un cuerpo se deslice contra otro aparece una resistencia a este movimiento , resistencia que se designa con el nombre de fricción .

Frecuentemente la fricción se considera como un inconveniente , y desde los tiempos más remotos el hombre ha realizado numerosos intentos para reducirla en lo posible o eliminarla del todo .

En la introducción de éste trabajo se señaló que una gran parte de la energía producida en el mundo se consume en forma de fricción y , si bien ésta es una situación grave , aún más significativo es el desgaste que suele acompañar a la fricción .

Los perjuicios suelen presentarse por efecto de éste desgaste en la maquinaria . Acaso en mayor proporción que cualquier otro , es este factor el que impone limitaciones al diseño y acorta la vida efectiva de una máquina y el que, con el tiempo , exige su sustitución . Por ejemplo , la diferencia entre el peso de un motor recién salido de fábrica y otro que está completamente desgastado es tan sólo de unos cuantos gramos .

Es evidente que la fricción ejerce también efectos beneficiosos . La fricción elevada entre los neumáticos de un automóvil y la carretera sobre la que rueda es un importante factor de seguridad cuando se quiere frenar de repente y también constituye el medio de propulsión del coche . Y , claro está sin la fricción que se registra en las zapatas de los frenos , o en las vías del ferrocarril , o entre la acera y el zapato del peatón la vida sería muy difícil .

Todo esto es quizá de sobra conocido , pero para comprender los factores que gobiernan la acción de la fuerza de fricción , por muy sencillas que nos parezcan , han tenido que transcurrir muchos siglos . Existen varios tipos de fricción , a continuación se hablará brevemente sobre la fricción estática y la cinética .

3.1.1 Fricción Estática y Cinética .

La fricción estática constituye una medida de la fuerza que se necesita para iniciar el movimiento o el desplazamiento , mientras que la cinética es una medida de la fuerza que se necesita para conservar dicho movimiento .

Aunque la fricción cinética suele ser más baja que la estática , no existe un punto de transición marcado entre las condiciones de fricción estática y cinética . La disminución de la fricción es gradual a medida que aumenta la velocidad . Esto se discutirá más tarde cuando se describan las variables que influyen sobre la fricción .

Los experimentos de fricción más antiguos de que se tiene noticia se deben a Leonardo Da Vinci (1452 - 1519) , es decir , que datan de hace más de 450 años . Este italiano realizó diversos dibujos de un bloque rectangular deslizándose sobre una superficie plana y , de sus experiencias , dedujo ciertas leyes sobre la fricción del bloque .

Leonardo Da Vinci , escribió : " El frotamiento producido por el mismo peso creará igual resistencia al principio del movimiento , aunque el contacto sea de distintas anchuras o longitudes " . Hoy , esto se traduce esta definición diciendo que la fuerza de fricción es independiente de la extensión de la superficie de contacto .

Da Vinci observó también que " La fricción produce esfuerzo doble si el peso se dobla " . Este concepto se explica diciendo que la fuerza de fricción es proporcional a la carga aplicada .

En 1699 , el ingeniero francés Amontons volvió a descubrir estos principios , y en 1781 Coulomb los comprobó , distinguiendo claramente entre la fricción estática y cinética .

3.1.2 Leyes de la Fricción .

Las leyes de Amontons - Coulomb para la fricción seca son las siguientes:

1. La fuerza de fricción es directamente proporcional a la carga .
2. La fuerza de fricción es independiente de la extensión de las superficies que se encuentran en contacto .
3. La fuerza de fricción depende de la naturaleza de las superficies deslizantes .

Fue Coulomb el defensor más destacado de la teoría de que la fricción era debido a una interpenetración de las asperezas de las superficies de contacto y que , por consiguiente , en términos generales éste correspondía al trabajo de elevación de la carga por encima de las crestas de estas asperezas.

Por consiguiente , cuanto más irregular es la superficie mayor es la fricción e , inversamente , cuanto más pulida está la superficie tanto menor es aquél . Esta aplicación de la fricción es generalmente aproximada para superficies relativamente irregulares . El caso límite sería el de dos superficies extremadamente pulimentadas que estuviesen en contacto , las cuales, según Coulomb , deberían tener una fricción muy baja .

Como sabemos , esto no es verdad , pues las superficies muy pulimentadas , se adhieren fuertemente y producen una elevada resistencia de fricción que se opone al deslizamiento . En consecuencia , vemos que la adhesión molecular contribuye a crear la fricción entre dos superficies deslizantes , y nuestros esfuerzos para producir superficies pulidas tienden más bien a intensificar que a reducir este efecto .

En el caso de separaciones muy pequeñas , las fuerzas moleculares intervienen para dar lugar a una fuerte adhesión (y en algunos casos soldadura) entre superficies limpias y presentar una resistencia al deslizamiento .

3.1.3 Concepto Actual de Fricción

Hoy se reconoce generalmente que aun las superficies más perfectas no son completamente lisas , y en el profilómetro hasta la superficie comercial más pulimentada acusa una irregularidad del orden de 1 a 2 millonésimas de centímetro , aunque la diferencia más acentuada entre cresta y valle es de un orden aún mayor .

Resulta súmamente difícil preparar superficies que sean verdaderamente planas, y aun las que se han pulimentado con mayor cuidado revelan la presencia de crestas y valles . Si dos sólidos entran en contacto , la superficie superior estará apoyada en las crestas de las irregularidades y existirán áreas muy extensas de la superficie que estarán separadas por una distancia bastante grande si se la compara con el radio de acción de las moléculas .

Se ha trabajado mucho empleando los métodos más variados para poner en claro la forma y tamaño de las irregularidades superficiales con objeto de determinar el área real de contacto entre sólidos .

Se han practicado cortes transversales de las muestras observándolas , después , a través del microscopio. En estos estudios se han empleado el microscopio electrónico y otros instrumentos de un gran poder de resolución y , de las medidas registradas , se pone de manifiesto que el área real de contacto entre sólidos es muy pequeña .

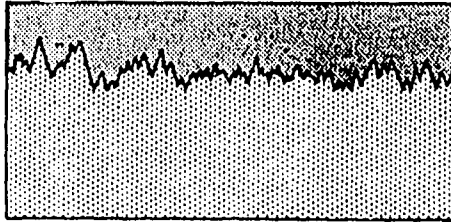


Fig.3.1 Resultado típico para una sección en cuña de una superficie de acero muy pulimentada. Amplificación vertical X 2.500, horizontal X 100 .

Cuando dos superficies se aprietan una contra la otra la carga se concentra en unos puntos , sometidos a fuertes presiones unitarias que , probablemente , provocan la soldadura .La energía necesaria para romper estas soldaduras se transforma en calor , la temperatura se eleva y el proceso de soldadura adquiere mayor rapidez y extensión .

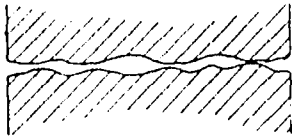


Fig.3.2 Contacto real entre dos sólidos pulimentados (exagerado) .

La formación continuada de estas soldaduras puente y su subsiguiente rotura y reconstitución se traduce en el rayado y desintegración de las superficies. Este proceso también produce calor .

Afortunadamente , en el caso de los metales puede calcularse el área de contacto midiendo la resistencia eléctrica a través de la superficie cuando aquéllos están unidos .

Si los metales se tocan en un cierto número de puntos, la corriente eléctrica pasará por éstos y la medición de la resistencia eléctrica permite calcular su tamaño . Los resultados ponen de manifiesto que el área real de contacto es pequeñísima .

Lo cierto es que varía con la carga , pero , en el caso de las superficies de acero planas , es tan sólo del orden de la diezmilésima parte del área aparente .

En la siguiente tabla , se presentan los resultados para placas de acero de 23.90 cm² .

| Carga (Kg) | Area de contacto (cm 2) | Presión 1 (Kg / cm 2) | Presión 2 (Kg / cm 2) | Fración de contacto efectivo |
|-----------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 0.413 | 0.0002 | 0.02 | 2065 | 1 / 100,000 |
| 1.045 | 0.0005 | 0.05 | 2075 | 1 / 40,000 |
| 4 .13 | 0.002 | 0.2 | 2065 | 1 / 10,000 |
| 20.6 | 0.01 | 1 | 2060 | 1 / 2,000 |
| 103 | 0.05 | 5 | 2060 | 1 / 400 |

Notas : Presión 1 = Presión de contacto basada sobre el área total .
 Presión 2 = Presión de contacto basada sobre el área de contacto efectiva .

Los experimentos de este tipo ponen de manifiesto que el área real de contacto es casi independiente del tamaño de las superficies . Se ha establecido que el área de contacto está muy poco influenciada por el grado de irregularidad de la superficie y depende principalmente de la carga , a la que es directamente proporcional .

El hecho de que el área de contacto sea menor que la total de contacto aparente , da lugar a la aparición de problemas delicados en la industria eléctrica .

3.1.4 Variables de la fricción

Efecto de la limpieza y películas superficiales .-

No cabe duda , que cuando los sólidos se limpian en presencia de aire sus superficies permanecen cubiertas por una película delgada de óxido , vapor de agua y otras impurezas adsorbidas . Por regla general , la película de contaminación tiene un espesor del orden de varios diámetros de molécula .

Las contaminaciones superficiales de tipo más severo pueden eliminarse recurriendo al esmerilado , al pulimentado o a la abrasión , pero ninguno de estos procedimientos es capaz de eliminar la película adsorbida en la superficie. El único método eficaz es el de calentar las superficies metálicas en el vacío .

De acuerdo con experimentos realizados , se comprueba que la fricción es menor en las superficies que están libres de contaminantes .

Efecto de la Presión .-

En una gama muy amplia de cargas aplicadas , la fuerza de fricción aumenta en proporción directa a la carga aplicada .

Temperaturas superficiales.-

La energía perdida por la fricción registrada durante el deslizamiento se disipa principalmente en forma de calor , y tanto la cantidad liberada de éste , como su pequeña velocidad de transporte , nos hacen pensar que la elevación de temperatura de las capas superficiales puede ser bastante alta .

Si intentamos medir esta subida introduciendo termopares o termómetros en la proximidad de las superficies, vemos que es muy pequeña , debido , sobre todo a que resulta muy difícil acercarse a la superficie . Un método directo para registrar la temperatura superficial es el de emplear las mismas superficies como termómetro . La medida del voltaje general producido en el deslizamiento nos proporciona la de la temperatura real de la superficie .Las superficies deslizantes pueden estar constituidas por dos metales distintos .

De un modo muy notable estas medidas confirman la existencia de temperaturas locales elevadas en los puntos de contacto de las superficies frotantes . Como era de esperar , las temperaturas alcanzadas dependen de la carga , la velocidad de deslizamiento y de la conductividad calorífica de los metales :

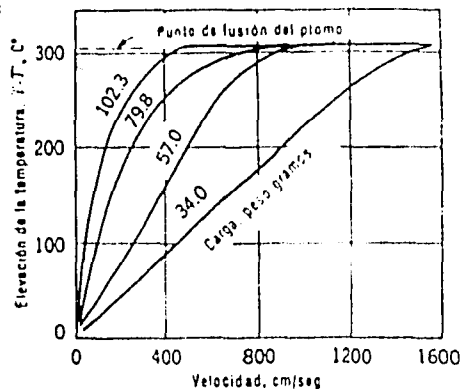


Fig.3.3 Temperaturas superficiales producidas por el deslizamiento de acero dulce . Temperatura ambiente , 18°C .

Esta gráfica pone de manifiesto además otro aspecto muy importante de las superficies frotantes : cuando la temperatura de las asperezas alcanza su punto de fusión se fluidifican y la temperatura deja de subir . Esta es una de las razones por las que se emplea una aleación de bajo punto de fusión como material para cojinetes , que protege los elementos costosos ; es decir , los árboles y ejes .

Efecto de la Velocidad .-

Existen algunos indicios que ponen de manifiesto que la velocidad ejerce un efecto directo sobre la fricción que tiene lugar entre dos superficies . A medida que la velocidad de deslizamiento aumenta desde cero (fricción estática) hasta un valor finito (fricción cinética) , la fricción suele disminuir , y cuando aquélla sigue aumentando , éste , por regla general , continúa disminuyendo , aunque no con tanta rapidez .

Es casi imposible asegurar de un modo cuantitativo el tipo de relación que existe entre la fricción y la velocidad de deslizamiento , ya que la temperatura en las superficies de contacto es una variable directa . Dicho de otro modo , puede muy bien ocurrir que a altas velocidades de deslizamiento sea la temperatura la que condicione la fricción en mayor grado que la velocidad de deslizamiento. No obstante , el efecto total de la velocidad de deslizamiento y la temperatura es un hecho .

Efecto de las vibraciones .-

Un conocimiento de tipo general del efecto de las vibraciones y choques mecánicos en la reducción de la fricción forma parte de nuestra experiencia común . Algunos instrumentos mecánicos , como los manómetros y los barómetros , suelen golpearse ligeramente con objeto de disminuir la fricción en las uniones y aumentar la sensibilidad y precisión de las lecturas . El deslizamiento de materiales de tipo granular en tolvas y transportadores puede acelerarse empleando vibraciones .

3.2 Tipos de Lubricación

Al examinar la totalidad del campo de la lubricación con sus múltiples manifestaciones físicas y químicas , saltan a la vista dos formas de realizar la lubricación :

Lubricación Hidrodinámica y Lubricación Hidrostática .

3.2.1 Lubricación Hidrodinámica (o Fluida) .

La teoría de la lubricación hidrodinámica nació en el laboratorio de Beauchamp Tower en la década de 1880 en Inglaterra y para entenderla a fondo se hablará de la lubricación de los cojinetes .

La formación de películas de aceite en estos cojinetes es , sin lugar a dudas , un fenómeno hidrodinámico . La evolución se inició , durante el gran período de expansión del ferrocarril en Norteamérica , a partir de 1880 , en que una comisión del Instituto de Ingenieros Mecánicos de los Estados Unidos contrató a Beauchamp Tower para determinar el mejor método para lubricar un cojinete de ferrocarril . Por aquélla época el Sr. Tower gozaba de un buen prestigio como científico e investigador , prestigio que justificaba su elección y que había de confirmar en las experiencias que dirigió .

Estas se realizaron con cojinetes parciales para árboles de 10 cm de diámetro y 15 cm de largo , empleando un engrasador de sifón , un patín de aceite y un baño de aceite .

Como era de esperar , los resultados obtenidos pusieron de manifiesto que la lubricación por baño daba lugar a coeficientes de fricción sorprendentemente bajos . Más tarde , cuando se preparaba un cojinete para la instalación de un engrasador , se taladró un orificio de 1.25 cm en el centro del casquillo de bronce :

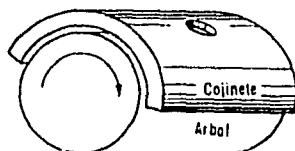


Fig.3.4 Diagrama esquemático de cojinete y árbol .

Cuando la instalación de ensayo se puso en marcha , el aceite fluía a través del orificio y , para evitarlo , se insertó un tapón de madera, que era expulsado lentamente cuando el aparato se ponía de nuevo en movimiento . Mayo D. Hersey asegura que éste fué el momento preciso en que la historia de la lubricación entró en una nueva era .

Se adaptó al agujero un manómetro , que registraba una presión real de la película de aceite , que era del orden del doble de la presión media basada en el área proyectada . A continuación , se realizaron más experiencias para medir estas presiones y perfiles de presión a lo largo de todo el cojinete .

Reynolds consideró después este fenómeno aparente registrado en las experiencias de Tower y dedujo que la lubricación por película era una acción hidrodinámica y dependía de la viscosidad del lubricante . El lubricante se adhiere tanto a la superficie estacionaria del cojinete , como a la que se encuentra en movimiento y se ve arrastrado hasta un espacio libre que cada vez se hace más estrecho , convergiendo en la dirección del movimiento , donde se origina una presión en el fluido , que es suficiente para soportar la carga.

3.2.1.1 Desarrollo de la teoría hidrodinámica .

El análisis completo de la experiencia anterior está basado en los siguientes supuestos fundamentales :

1. Prevalen condiciones de régimen laminar y los líquidos se comportan de acuerdo con la definición de la viscosidad de Newton . (Son líquidos Newtonianos) .

2. Las fuerzas de inercia que resultan de la aceleración del líquido son pequeñas cuando se comparan con las de cizallamiento viscoso y , pueden desprejarse .

3. El fluido es incompresible , lo que significa que el volumen que fluye por una sección cualquiera en la unidad de tiempo será constante .

Este tipo de lubricación , implica una alimentación constante de lubricante para mantener las superficies separadas . Esta forma de lubricación produce un fenómeno llamado *cuña de aceite* .

Ahora bien , la explicación básica de este fenómeno es la siguiente :

Como se dijo anteriormente , las superficies por pulidas y lisas que parezcan , siempre mantienen cierto número de crestas y valles , las cuales obligan al aceite a introducirse . No existe contacto entre las asperezas de los sólidos durante la lubricación hidrodinámica ; los parámetros de importancia involucran sólo propiedades de volumen del líquido tal como la viscosidad , la densidad , relaciones de viscosidad-temperatura , coeficientes de transferencia de calor , y parámetros involucrados con la geometría del sistema de apoyo .

3.2.2 Lubricación Hidrostática (o de Capa Límite) .

El mecanismo de lubricación por capas moleculares fué estudiado por primera vez por Hardy , utilizando el término " lubricación límite " para describir el comportamiento en el terreno de la fricción superficial , de ciertos compuestos orgánicos en particular las parafinas , los alcoholes y los ácidos grasos. En nuestros días el término de "lubricación límite " puede ser aplicado a otros tipos de lubricantes , como las películas de bisulfuro de molibdeno y los sólidos laminares como el grafito .

Un lubricante límite queda definido habitualmente por su posibilidad de formación de una película fijada sobre la superficie metálica y además porque posee otras cualidades , como son una gran fuerza de adherencia así como una débil resistencia al cizallamiento . En el régimen de lubricación límite , los coeficientes de frotamiento se sitúan habitualmente entre 0.01 y 0.1 y son independientes de la viscosidad del lubricante y de la velocidad de desplazamiento relativo de las superficies .

3.2.2.1 Lubricantes límite de origen orgánico

Existen un gran número de grasas y aceites animales y vegetales que poseen eficaces propiedades de lubricación límite . Cuando éstos se mezclan en pequeña proporción con aceites minerales y se utilizan para la lubricación de elementos de máquinas sometidos a condiciones severas reducen considerablemente el frotamiento y el desgaste .La eficacia de los ácidos grasos en el régimen de lubricación límite se debe a la reacción entre radical polar y la superficie del metal . Esta reacción genera una película de débil resistencia al cizallamiento que forma un enlace tenaz con las superficies en movimiento, reduciéndose considerablemente los riesgos de microsoldaduras entre las asperezas y por consiguiente los riesgos de gripado . Los ácidos grasos se mezclan perfectamente con los aceites minerales obteniéndose así lubricantes que presentan un excelente poder de lubricación límite, a los que se les llaman aceites con aditivos de " untuosidad " u " oleosidad " , en general llamados Aceites Compuestos .

Las películas suministradas por éste tipo de lubricación tienen entre 2 y 5 diezmilésimas de mm , siendo esto suficiente para proteger en forma apreciable las superficies que cubre . Naturalmente en este tipo de lubricación , siempre existe algo de fricción sólida y por lo tanto , desgaste, pero no obstante , su uso es muy vasto y práctico por razones de diseño , carga, velocidad , etc., siendo de gran importancia su bajo costo de operación e instalación .

En este tipo de lubricación , en donde el espacio para evitar el desgaste , calentamiento , etc, es reducido el uso de aceites lubricantes con aditivos juega un papel fundamental .

Los métodos de aplicación de lubricante a película delgada , incluye el de copas goteras , copas graseras , copas con mecha , aceiteras , y sistemas centralizados .

Cuando es posible , los mecanismos se diseñan para operar en la región hidrodinámica de lubricación porque prácticamente no hay desgaste .

Operar bajo condiciones de lubricación en capa límite se evita cuando es posible porque existen grados significativos de desgaste , y hay mayores posibilidades de deterioro de las superficies .

Una condición transitoria o intermedia en el tipo de lubricación , es la llamada lubricación *Quasihidrodinámica*, la cual es con frecuencia discutida pero muy poco entendida .

Se ha comprobado que donde existen buenos lubricantes de capa límite pueden estos disminuir la fricción y por ende pueden decrecer el desgaste de una forma considerable .

Por otra parte , se investigó sobre la fricción de sólidos completamente limpios y se demostró que en la ausencia de óxidos u oxígeno y agua , absorbidos, los metales se adhieren más fuertemente al contacto y el coeficiente de fricción (μ) era más grande que la unidad .

Muchos esfuerzos fueron realizados para buscar aquellos lubricantes que fueran aptos para lubricación hidrodinámica y de capa límite . Dada esta situación se ha revelado que el factor principal para la habilidad de tener un buen lubricante bajo condiciones de capa límite fué la presencia de una pequeña concentración de una impureza activa . Desafortunadamente , muchos compuestos eran demasiado reactivos con los metales más comúnmente utilizados en los cojinetes , algunos mostraban alta susceptibilidad a la oxidación atmosférica y otros no mantenían su viscosidad .

CAPITULO IV
TECNOLOGIA
DE LOS ACEITES LUBRICANTES

Existen una multitud de pruebas físicas y químicas , las cuales son útiles para brindarnos información sobre las características de los aceites lubricantes. Sin embargo , la calidad ó desempeño de un lubricante no pueden ser correctos si únicamente nos basamos en estas pruebas físicas ó químicas por sí solas ya que también deben considerarse otros factores tal como el paquete de aditivos con que estos cuentan . Las exigencias de lubricación de los modernos equipos y grandes máquinas en general , obliga a reforzar las propiedades intrínsecas de los lubricantes , mediante la incorporación de aditivos químicos en pequeñas cantidades de los mismos .

Ahora bien , los principales consumidores de aceites lubricantes , tales como agencias militares y otros consumidores comerciales , incluyen pruebas de desempeño así como pruebas físicas y químicas de los lubricantes en sus especificaciones de compra .

Las pruebas físicas y químicas son de valor considerable para mantener la uniformidad de los productos durante su manufactura . También estas deben ser aplicadas a los aceites usados para determinar los cambios que han ocurrido durante el servicio , y para indicar las posibles causas de estos cambios .

Algunas de las pruebas más comúnmente usadas para medir las propiedades físicas y químicas de los aceites lubricantes están descritas en los siguientes párrafos con amplias explicaciones de los significados de cada una de estas, desde el punto de vista del proceso de refinación y del consumidor .

Pero para una mayor información de las pruebas , se recomienda referirse a los manuales de la ASTM.

4.1 Propiedades

4.1.1 Color

El color de los aceites lubricantes como se ha observado mediante la transmisión de una luz a través de ellos , varía desde prácticamente claro ó transparente hasta opaco ó negro .

Usualmente , los varios métodos de medición de color están basados en una comparación visual de la cantidad de luz transmitida a través de una profundidad específica del aceite con la cantidad de luz transmitida a través de una de las series de los vidrios de colores . El color es dado como un número correspondiente al número del vidrio de color.

Las variaciones de color en los aceites lubricantes resultan de las variaciones en los crudos del aceite , la viscosidad , el método y grado de tratamiento durante la refinación , y en la cantidad y naturaleza de los aditivos que los constituyen.

Durante el proceso , el color es una útil guía para el refinador , ya que le indica si el proceso está operando apropiadamente.

En los lubricantes terminados , el color tiene poca importancia - excepto en los casos de aceites blancos para la industria y la medicina, los cuales frecuentemente son compuestos para ó para aplicar en , productos donde la mugre ó decoloración puede ser indeseable .

4.1.2 Viscosidad

La viscosidad es la resistencia de un fluido a fluir y constituye una de las más importantes propiedades de los fluidos . Prácticamente todas las especificaciones de compra de lubricantes establecen límites de viscosidad , o indican un equivalente , o sea especifican un grado de viscosidad particular . Debido a esta importancia , la primera pregunta que una persona hará sobre un aceite lubricante es , " ¿Cuál es su viscosidad ? " .

La viscosidad figura de forma prominente en la industria del petróleo desde los campos de pozos hasta el producto terminado en el mercado .

Su influencia puede ser observada en muchos aspectos de la vida diaria. En el mundo de las industrias , la viscosidad es importante en áreas de primera línea como la del petróleo , las grasas , las tintas de imprenta , las pinturas, los polímeros ; y para alimentos líquidos como la salsa de tomate , éstos son sólo algunos ejemplos .

Tal y como se mencionó , para el consumidor , la viscosidad es algo que hay que tener en cuenta esencialmente en todos los aspectos de la lubricación. La facilidad con que se puede echar a andar un motor eléctrico ó de combustión interna , depende en gran medida de la viscosidad del aceite . El desempeño adecuado de los sistemas hidráulicos , los cambios de velocidades automáticos y los amortiguadores , depende esencialmente de la viscosidad .

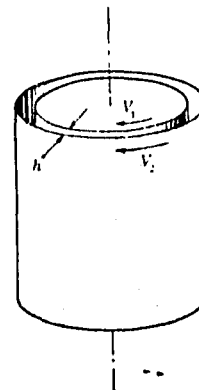
En lo que a aceites lubricantes se refiere, la viscosidad es definida como la resistencia de un líquido a fluir como consecuencia de la fricción interna de sus moléculas (cohesión) . La viscosidad , siempre que otros factores sean iguales será la que determine las pérdidas por fricción , la generación de calor, el rendimiento mecánico , la capacidad de carga , el espesor de la película , el gasto de lubricante y , en muchos casos , el desgaste .

Un fluido como la miel , en la cual las partículas presentan una gran resistencia a la acción deslizante , posee elevada viscosidad , lo contrario del agua , en la cual la resistencia al deslizamiento es mucho menor , teniendo por lo tanto , una viscosidad comparativamente más baja (1 cp) . En términos comunes , mientras más lento fluye un material , más elevada es su viscosidad .

Científicamente hablando , la viscosidad es muy compleja y su determinación comprende el conocimiento de cálculos en los cuales se considera el área de contacto , velocidad , presión , fuerza y separación (distancia) entre dos superficies . Su valoración se la debemos a Sir Issac Newton (1642 - 1727) , quien fue el primero en formular una hipótesis sobre la fuerza necesaria para vencer la resistencia viscosa de un fluido .

Newton aseguró que los fluidos tienen una propiedad que se asemeja al rozamiento entre dos superficies sólidas . Esta propiedad es un frotamiento interno , o dicho en otros términos , se necesita una fuerza para cizallar una película líquida .

Newton describe sus experiencias básicas realizadas con " dos cilindros concéntricos sumergidos en agua profunda y tranquila " . La diferencia de los radios de estos cilindros era pequeña y equivalía al espesor de la película del fluido .



Newton observó que era preciso desarrollar una fuerza para provocar un movimiento circular relativo de uno de los cilindros con respecto al otro. Fig.4.1 Cilindros de Newton

Puso de manifiesto que esta fuerza constituía una medida de la fricción interna del fluido y que, por otra parte , era proporcional a la superficie desarrollada del cilindro y a la velocidad de rotación , e inversamente proporcional a la distancia que separaba las dos superficies que se encontraban en movimiento relativo . Esta distancia de separación es el espesor de la película .

Por tanto ,

$$F = k \times A \times v / h$$

donde k es una constante de proporcionalidad , valedera únicamente para un fluido dado a una temperatura determinada . De hecho , k es el coeficiente de viscosidad , o lo que se conoce con el nombre de viscosidad absoluta .

Por tanto ,

$$F = \mu A v / h \quad (1)$$

v / h es el gradiente de velocidad en la película y esta velocidad es una función continua del espesor de la película .

Ahora bien , tomando la ecuación (1) , para hallar el valor de μ :

$$\mu = \frac{F \times h}{A \times v} \quad (2)$$

4.1.2.1 Unidades de viscosidad

1) Unidades de viscosidad absoluta (o Viscosidad dinámica)

La ecuación (2) define las unidades de viscosidad absoluta . En unidades inglesas F se expresa en libras , h en pulgadas , A en pulgadas cuadradas y v es la velocidad en pulgadas por segundo .

Dado lo anterior , tenemos ,

$$\mu = \frac{\text{lbs} \cdot \text{pulgadas} \cdot \text{seg}}{\text{pulgadas}^2 \cdot \text{pulgadas}} = \frac{\text{lbs} \cdot \text{seg}}{\text{pulgadas}^2}$$

Esta unidad se llama " reyn " , en honor de Sir Osborne Reynolds . De hecho, ésta es una unidad bastante grande , por lo que generalmente se emplea su millonésima parte , que se designa con el nombre de *microreyn* .

En el sistema cegesimal la viscosidad absoluta , de la ecuación (2) , se determina expresando F en dinas , h en centímetros , A en centímetros cuadrados y v en centímetros por segundo .

Así tenemos ,

$$\mu = \frac{\text{dinas} \cdot \text{cm} \cdot \text{seg}}{\text{cm}^2 \cdot \text{cm}} = \frac{\text{dinas} \cdot \text{seg}}{\text{cm}^2}$$

Esta unidad se designa con el nombre de " poise " en honor del Dr. Poiseville , médico francés cuyas experiencias sobre el movimiento de fluidos a través de tubos capilares son ya clásicas .

También en este caso se emplea frecuentemente una unidad más pequeña : la centésima parte del poise , que se designa con el nombre de *centipoise* .

La unidad de fuerza es llamada Dina , que representa la fuerza necesaria para imprimir a una masa de 1 gramo , una aceleración constante de 1 centímetro al cuadrado .

Si colocamos una película de aceite lubricante (un fluido) , de 1 cm de área y 1 cm de espesor entre dos superficies , y hacemos que una superficie se deslice una sobre la otra a una velocidad constante , de 1 cm / s , cuando la resistencia opuesta al movimiento sea equivalente a 1 dina , tendremos un valor de viscosidad equivalente denominado "poise" ó sea , la unidad de *Viscosidad Absoluta* , en el sistema CGS .

La unidad SI de viscosidad dinámica es un segundo pascal (Pa* s) .

Para la gama de viscosidad que normalmente se encuentran en los lubricantes, se usa el segundo milipascal (mPa* s) , que es un milésimo de un segundo pascal.

Sin embargo , para los aceites lubricantes , la tradición ha sido el uso del término centipoise (cP) y su uso es aceptable en la industria . Un cP equivale a un mPa*s.

2) Unidades de viscosidad cinemática .

Tradicionalmente , la viscosidad cinemática se ha usado en la industria de los lubricantes . Esto se debe principalmente al hecho de que la técnica más sencilla de medir la viscosidad es medir el régimen de flujo de un depósito a través de un pequeño capilar bajo la fuerza de la gravedad .

El resultado de esta medición es la viscosidad cinemática .

Dado lo anterior , tenemos ,

$$\mu = \frac{\text{lbs} \cdot \text{pulgadas} \cdot \text{seg}}{\text{pulgadas}^2 \cdot \text{pulgadas}} = \frac{\text{lbs} \cdot \text{seg}}{\text{pulgadas}^2}$$

Esta unidad se llama " reyn " , en honor de Sir Osborne Reynolds . De hecho, ésta es una unidad bastante grande , por lo que generalmente se emplea su millonésima parte , que se designa con el nombre de *microreyn* .

En el sistema cegesimal la viscosidad absoluta , de la ecuación (2) , se determina expresando F en dinas , h en centímetros , A en centímetros cuadrados y v en centímetros por segundo .

Así tenemos ,

$$\mu = \frac{\text{dinas} \cdot \text{cm} \cdot \text{seg}}{\text{cm}^2 \cdot \text{cm}} = \frac{\text{dinas} \cdot \text{seg}}{\text{cm}^2}$$

Esta unidad se designa con el nombre de " poise " en honor del Dr. Poiseville , médico francés cuyas experiencias sobre el movimiento de fluidos a través de tubos capilares son ya clásicas .

También en este caso se emplea frecuentemente una unidad más pequeña : la centésima parte del poise , que se designa con el nombre de *centipoise* .

La unidad de fuerza es llamada Dina , que representa la fuerza necesaria para imprimir a una masa de 1 gramo , una aceleración constante de 1 centímetro al cuadrado .

Si colocamos una película de aceite lubricante (un fluido) , de 1 cm de área y 1 cm de espesor entre dos superficies , y hacemos que una superficie se deslice una sobre la otra a una velocidad constante , de 1 cm / s , cuando la resistencia opuesta al movimiento sea equivalente a 1 dina , tendremos un valor de viscosidad equivalente denominado "poise" ó sea , la unidad de *Viscosidad Absoluta* , en el sistema CGS .

La unidad SI de viscosidad dinámica es un segundo pascal (Pa* s) .

Para la gama de viscosidad que normalmente se encuentran en los lubricantes, se usa el segundo milipascal (mPa* s), que es un milésimo de un segundo pascal.

Sin embargo , para los aceites lubricantes , la tradición ha sido el uso del término centipoise (cP) y su uso es aceptable en la industria . Un cP equivale a un mPa*s.

2)Unidades de viscosidad cinemática .

Tradicionalmente , la viscosidad cinemática se ha usado en la industria de los lubricantes . Esto se debe principalmente al hecho de que la técnica más sencilla de medir la viscosidad es medir el régimen de flujo de un depósito a través de un pequeño capilar bajo la fuerza de la gravedad .

El resultado de esta medición es la viscosidad cinemática .

El Sistema Internacional de Unidades (SI) de la viscosidad cinemática es un milímetro cuadrado por segundo (mm^2 / s) y generalmente se usa en la literatura técnica y las especificaciones .

Sin embargo , en el caso de los aceites lubricantes , la tradición ha sido usar el término centistokes (cSt) y su uso es aceptable en la industria . Un cSt equivale a un mm^2 / s , así que las dos unidades pueden usarse indistintamente .

3) Unidades de segundos universales Saybolt .

Una medida más vieja de la viscosidad , que todavía se usa en ocasiones en Estados Unidos , son los Segundos Universales Saybolt (SUS) .

Esta medida se basa en el tiempo real , en segundos , para que un volumen específico de aceite fluya de un depósito por un capilar de dimensiones sumamente específicas .

Típicamente , los SUS se indican a 100 y 210°F . Si bien esta medida de viscosidad es obsoleta , la mayoría de los consumidores industriales de lubricantes utilizan los SUS y los cSt .

En la figura 4.2 se muestra una gráfica para esta conversión . El Procedimiento D2161 de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), incluye tablas y ecuaciones para convertir de viscosidad cinemática a SUS.

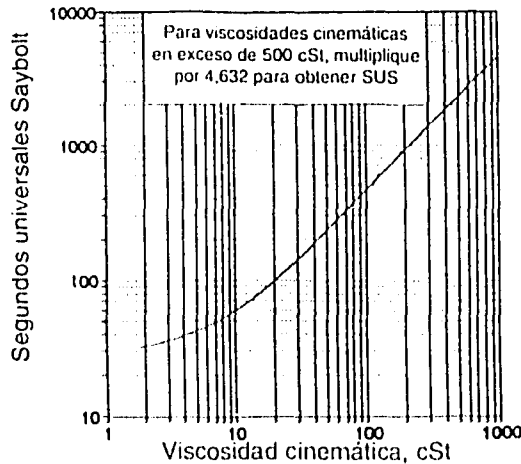


Fig.4.2 Conversión de Viscosidades

4.1.2.2 Métodos de Medición

1) Medios para medir la Viscosidad Absoluta .

El aparato utilizado para medir la viscosidad recibe el nombre de Viscosímetro . Para la medición de la viscosidad absoluta se utilizan generalmente viscosímetros de torsión , tales como el Mac Michael y el Brookfield . Se estima que estos viscosímetros son instrumentos muy manejables aunque para trabajos que exigen de gran precisión , introducen algunos errores que son difíciles de controlar .

2) Medios para medir la Viscosidad Cinemática .

Este tipo de viscosímetros son , por regla general , más baratos y más fáciles de manejar , ya que precisan una menor cantidad de dispositivos auxiliares .

Estos viscosímetros pueden construirse para la obtención de resultados muy precisos y , siempre que se conozca la densidad del líquido que se ensaya , los resultados que con ellos se obtienen pueden traducirse a viscosidad absoluta . Ya que , la viscosidad cinemática es igual a μ dividida por la densidad , ρ , y se designa por el símbolo ν .

De lo anterior se deduce que : $\mu = \nu \cdot \rho$.

Muchos aparatos han sido construídos para determinar la viscosidad de un aceite lubricante , entre los más conocidos están los siguientes :

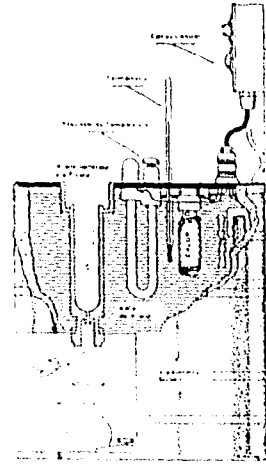
A) Viscosímetro Saybolt

En este aparato la viscosidad se mide como el número de segundos que se necesitan para que 60 cc de aceite fluyan a través de un orificio de diámetro standard, a una temperatura dada .

La parte inferior del Viscosímetro tiene también diámetro y tamaño standard y el orificio puede ser cerrado por medio de un tapón de corcho .

El tubo está colocado verticalmente dentro de un recipiente metálico , sumergido dentro de un líquido utilizado como medio de calentamiento .

Tiene un termómetro para el control de temperatura y un agitador para el baño de aceite . Para propósitos de la prueba tubo es llenado con el aceite a analizar, el cual es calentado a la temperatura deseada . Con el Viscosímetro Saybolt , las temperaturas de 100°F y 210°F son generalmente usadas para la determinación de la viscosidad, esto porque estas son las temperaturas a las que los aceites trabajan generalmente . La temperatura a la que opera un aceite industrial es de 40°C (100°F) y a la mínima que trabaja un aceite automotriz es de aproximadamente 100°C .



VICOSIDAD EN SEGUNDOS PARA 60 CC. DE ACEITE
TEMPERATURA EN GRADOS (FAHRENHEIT)
TEMPERATURA EN GRADOS (CELSIUS)

Fig.4.3 Viscosímetro Saybolt

Una vez que la temperatura deseada ha sido alcanzada , se retira el tapón y se determina el número de segundos desde que se inicia el flujo del aceite hasta el momento en que se han recolectado 60 cc. dentro del frasco recolector .

El número de segundos representa la viscosidad Saybolt a la temperatura de ensayo .

B) Viscosímetro Cinemático

Consiste en un tubo capilar de vidrio , cuyo diámetro se escoge de acuerdo al rango de viscosidad y está relacionado con el tiempo T de flujo del líquido entre dos puntos de referencia con una constante K .

La viscosidad cinemática en centistokes (cSt) está dada por el producto K.T.

El agua destilada a 20°C tiene una viscosidad cinemática de 1.0038 cSt.

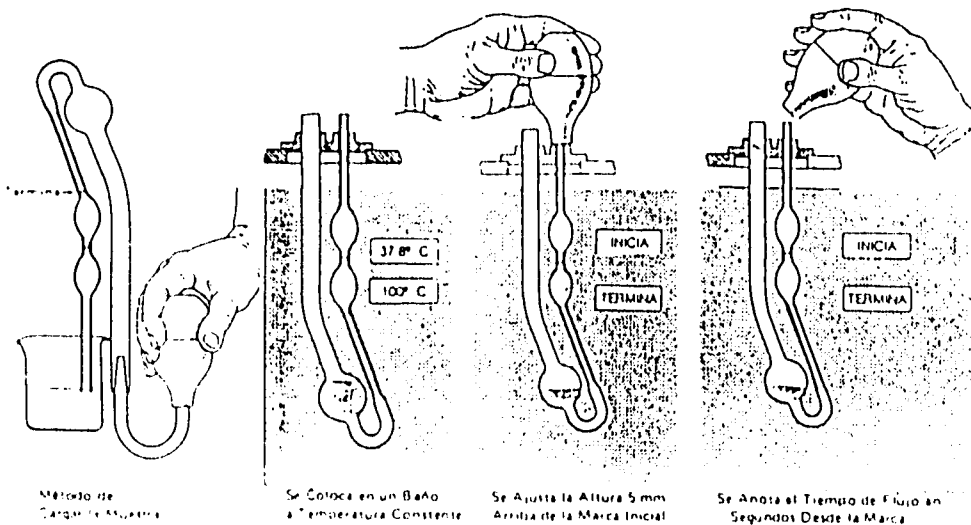


Fig.4.4 Capilares del Viscosímetro Cinemático .

A continuación se presenta una tabla de conversión de viscosidad cinemática a Saybolt tomada de la ASTM Standard D - 446 . " The Conversion of Kinematic Viscosity to Saybolt Universal Viscosity" .

Conversión de la viscosidad cinemática en centistokes a segundos Saybolt Universales.

| Viscosidad cinemática, en centistokes | Viscosidad Saybolt Universal equivalente, en SEG | | | Viscosidad cinemática, en centistokes | Viscosidad Saybolt Universal equivalente, en SEG | | |
|---------------------------------------|--|---------|---------|---------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | A 100°F (valores básicos) | A 130°F | A 210°F | | A 100°F (valores básicos) | A 130°F | A 210°F |
| 2 | 32,6 | 32,7 | 32,8 | 31 | 145,3 | 145,6 | 146,3 |
| 2,5 | 34,4 | 34,5 | 34,6 | 32 | 149,7 | 150,0 | 150,7 |
| 3 | 36,0 | 36,1 | 36,3 | 33 | 154,2 | 154,5 | 155,3 |
| 3,5 | 37,6 | 37,7 | 37,9 | 34 | 158,7 | 159,0 | 159,8 |
| 4 | 39,1 | 39,2 | 39,4 | 35 | 163,2 | 163,5 | 164,3 |
| 4,5 | 40,7 | 40,8 | 41,0 | | | | |
| 5 | 42,3 | 42,4 | 42,6 | | | | |
| 6 | 45,5 | 45,6 | 45,8 | 36 | 167,7 | 168,0 | 168,9 |
| 7 | 48,7 | 48,8 | 49,0 | 37 | 172,2 | 172,5 | 173,4 |
| 8 | 52,0 | 52,1 | 52,4 | 38 | 176,7 | 177,0 | 177,9 |
| 9 | 55,4 | 55,5 | 55,8 | 40 | 185,7 | 186,1 | 187,0 |
| 10 | 58,8 | 58,9 | 59,2 | 40 | 185,7 | 186,1 | 187,0 |
| 11 | 62,3 | 62,4 | 62,7 | 41 | 190,2 | 190,6 | 191,5 |
| 12 | 65,9 | 66,0 | 66,4 | 42 | 194,7 | 195,1 | 196,1 |
| 13 | 69,6 | 69,7 | 70,1 | 43 | 199,2 | 199,6 | 200,6 |
| 14 | 73,4 | 73,5 | 73,9 | 44 | 203,8 | 204,2 | 205,2 |
| 15 | 77,2 | 77,3 | 77,7 | 45 | 208,4 | 208,8 | 209,9 |
| 16 | 81,1 | 81,3 | 81,7 | 46 | 213,0 | 213,4 | 214,5 |
| 17 | 85,1 | 85,3 | 85,7 | 47 | 217,6 | 218,0 | 219,1 |
| 18 | 89,2 | 89,4 | 89,8 | 48 | 222,2 | 222,6 | 223,4 |
| 19 | 93,3 | 93,5 | 94,0 | 49 | 226,8 | 227,2 | 228,8 |
| 20 | 97,5 | 97,7 | 98,2 | 50 | 231,4 | 231,8 | 233,0 |
| 21 | 101,7 | 101,9 | 102,4 | 55 | 254,1 | 254,9 | 256,2 |
| 22 | 106,0 | 106,2 | 106,7 | 60 | 277,4 | 277,9 | 279,3 |
| 23 | 110,3 | 110,5 | 111,1 | 65 | 300,4 | 301,0 | 302,5 |
| 24 | 114,6 | 114,8 | 115,4 | 70 | 323,4 | 324,0 | 325,7 |
| 25 | 118,9 | 119,1 | 119,7 | | | | |
| 26 | 123,3 | 123,5 | 124,2 | Por encima de 70 | Segundos Saybolt = centistokes x 670 | Segundos Saybolt = centistokes x 675 | Segundos Saybolt = centistokes x 685 |
| 27 | 127,7 | 127,9 | 128,6 | | | | |
| 28 | 132,1 | 132,4 | 133,0 | | | | |
| 29 | 136,5 | 136,8 | 137,5 | | | | |
| 30 | 140,9 | 141,2 | 141,9 | | | | |

Fig.4.5 Tabla para conversión de Viscosidades

Esta tabla podría haberse empleado para la conversión de segundos Saybolt en viscosidad cinemática , pero la mayor precisión que con ello se logra es innecesaria la mayoría de las veces .

A continuación se presenta una tabla de conversión de viscosidad cinemática a Saybolt tomada de la ASTM Standard D - 446 . " The Conversion of Kinematic Viscosity to Saybolt Universal Viscosity" .

Conversión de la viscosidad cinemática en centistokes a segundos Saybolt Universales.

| Viscosidad cinemática, en centistokes | Viscosidad Saybolt Universal equivalente, en seg | | | Viscosidad cinemática, en centistokes | Viscosidad Saybolt Universal equivalente, en seg | | |
|---------------------------------------|--|---------|---------|---------------------------------------|--|--|--|
| | A 100°F (valores básicos)† | A 130°F | A 210°F | | A 60°F (valores básicos)† | A 130°F | A 210°F |
| 2 | 32,6 | 32,7 | 32,8 | 31 | 145,3 | 145,6 | 146,3 |
| 2,5 | 34,4 | 34,5 | 34,6 | 32 | 149,7 | 150,0 | 150,7 |
| 3 | 36,0 | 36,1 | 36,3 | 33 | 154,2 | 154,5 | 155,3 |
| 3,5 | 37,6 | 37,7 | 37,9 | 34 | 158,7 | 159,0 | 159,8 |
| 4 | 39,1 | 39,2 | 39,4 | 35 | 163,2 | 163,5 | 164,3 |
| 4,5 | 40,7 | 40,8 | 41,0 | | | | |
| 5 | 42,3 | 42,4 | 42,6 | | | | |
| 6 | 45,5 | 45,6 | 45,8 | 36 | 167,7 | 168,0 | 168,9 |
| 7 | 48,7 | 48,8 | 49,0 | 37 | 172,2 | 172,5 | 173,4 |
| 8 | 52,0 | 52,1 | 52,4 | 38 | 176,7 | 177,0 | 177,9 |
| 9 | 55,4 | 55,5 | 55,8 | 40 | 185,7 | 186,1 | 187,0 |
| 10 | 58,8 | 58,9 | 59,2 | 40 | 185,7 | 186,1 | 187,0 |
| 11 | 62,3 | 62,4 | 62,7 | 41 | 190,2 | 190,6 | 191,5 |
| 12 | 65,9 | 66,0 | 66,4 | 42 | 194,7 | 195,1 | 196,1 |
| 13 | 69,6 | 69,7 | 70,1 | 43 | 199,2 | 199,6 | 200,6 |
| 14 | 73,4 | 73,5 | 73,9 | 44 | 203,8 | 204,2 | 205,2 |
| 15 | 77,2 | 77,3 | 77,7 | 45 | 208,4 | 208,8 | 209,9 |
| 16 | 81,1 | 81,3 | 81,7 | 46 | 213,0 | 213,4 | 214,5 |
| 17 | 85,1 | 85,3 | 85,7 | 47 | 217,6 | 218,0 | 219,1 |
| 18 | 89,2 | 89,4 | 89,8 | 48 | 222,2 | 222,6 | 223,8 |
| 19 | 93,3 | 93,5 | 94,0 | 49 | 226,8 | 227,2 | 228,8 |
| 20 | 97,5 | 97,7 | 98,2 | 50 | 231,4 | 231,8 | 233,0 |
| 21 | 101,7 | 101,9 | 102,4 | 55 | 254,4 | 254,9 | 256,2 |
| 22 | 106,0 | 106,2 | 106,7 | 60 | 277,4 | 277,9 | 279,3 |
| 23 | 110,3 | 110,5 | 111,1 | 65 | 300,4 | 301,0 | 302,5 |
| 24 | 114,6 | 114,8 | 115,4 | 70 | 323,4 | 324,0 | 325,7 |
| 25 | 118,9 | 119,1 | 119,7 | | | | |
| 26 | 123,3 | 123,5 | 124,2 | Por encima de 70 | Segundos Saybolt = centistokes x 1,670 | Segundos Saybolt = centistokes x 1,679 | Segundos Saybolt = centistokes x 1,657 |
| 27 | 127,7 | 127,9 | 128,6 | | | | |
| 28 | 132,1 | 132,4 | 133,0 | | | | |
| 29 | 136,5 | 136,8 | 137,5 | | | | |
| 30 | 140,9 | 141,2 | 141,9 | | | | |

Fig.4.5 Tabla para conversión de Viscosidades

Esta tabla podría haberse empleado para la conversión de segundos Saybolt en viscosidad cinemática , pero la mayor precisión que con ello se logra es innecesaria la mayoría de las veces .

C) Otros viscosímetros

Un instrumento similar al viscosímetro Saybolt es el llamado Redwood , empleado en Inglaterra . Este instrumento descarga 50 c.c. de aceite en un matraz receptor . En el Continente europeo , el instrumento empleado es el de Engler , que mide un volumen de 200 c.c.

Para líquidos muy viscosos , con valores Saybolt Universal del orden de 1000 SUS ó más , se recomienda el empleo del viscosímetro Saybolt Furol , que difiere del Saybolt Universal tan sólo en el hecho de que el tubo de salida es de un diámetro mayor , con lo que se consigue que el tiempo invertido en vaciarse sea del orden de la décima parte del que se necesita con el Universal. Las normas ASTM indican que el viscosímetro Saybolt Furol debe emplearse tan sólo en el caso de aceites cuyos tiempos de caída sean superiores a los 250 segundos Saybolt Universal . La palabra Furol proviene de la contracción del término " fuel and road oils " .

El siguiente nomograma constituye un medio conveniente para convertir las unidades de viscosidad de una forma a otra y , cuando no es necesario lograr una precisión elevada , puede emplearse con grandes ventajas .

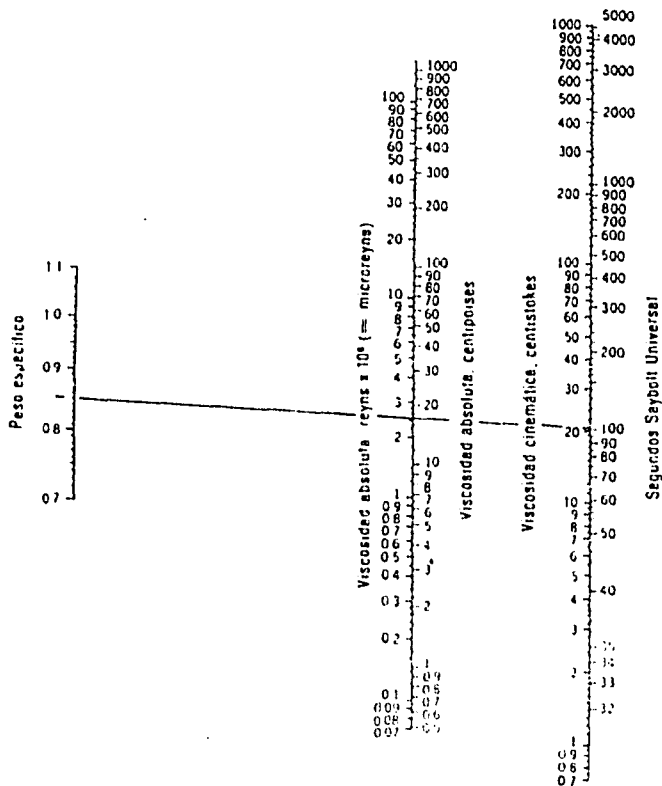


Fig.4.6 Nomograma para conversión de viscosidades

4.1.2.3 Significado de la Viscosidad

Lubricación

Al principio de este tema , se indicó que la viscosidad es la propiedad más importante de los aceites lubricantes . En los cojinetes , los aceites sirven tres funciones primarias : impiden el desgaste de superficies de contacto manteniéndolas separadas , minimizan la fricción entre las superficies rozantes y eliminan el calor de los contactos de lubricación . La viscosidad es importante en las tres funciones .

Las chumaceras sencillas ofrecen un buen ejemplo del papel que juega la viscosidad en la lubricación . Cuando la viscosidad es relativamente elevada , la película de aceite soporta completamente la carga del muñón ; no hay contacto de metal a metal entre el muñón y el cojinete y la fricción es relativamente baja . A una viscosidad algo más baja , la película de aceite sólo soporta la carga parcialmente ; el resto de la carga es soportada por contacto de metal a metal , pero la fricción sigue siendo relativamente baja . Cuando la viscosidad es bastante baja , la carga es soportada predominantemente por el contacto de metal a metal y la fricción es relativamente elevada . En este último caso , la viscosidad del aceite sólo tiene un efecto menor en la operación del cojinete . Las propiedades antidesgaste del aceite son muy importantes . En contraste , las propiedades antidesgaste del aceite juegan un papel de menor importancia en la lubricación cuando la viscosidad del aceite es suficientemente alta como para soportar completamente la carga del cojinete .

Las superficies metálicas , incluso las que parecen ser muy lisas , están compuestas de ondulaciones microscópicas llamadas asperezas . Estas asperezas son lo que hacen contacto entre sí y luego separarse , creando una elevada fricción y desgaste . El lubricante inhibe este proceso de microsoldadura . Si el lubricante contiene ciertos tipos de aditivos , también formará un recubrimiento protector sobre las superficies metálicas . El efecto de la viscosidad del lubricante en estos contactos es " acojinar " el contacto de aspereza a aspereza , reduciendo los esfuerzos locales en las superficies .

Los dientes de engranajes representan otra clase de lubricación . Estas piezas sólo parecen estar en contacto en una línea , a medida que un diente de engranaje se presiona contra otro . Sin embargo , debido a las elevadas presiones de contacto , las superficies metálicas sufren una ligera deformación, distribuyendo la carga sobre un área definida . A medida que las superficies ruedan juntas , una película de aceite muy delgada queda atrapada entre las dos. La presión en estas zonas de contacto pueden ser varios cientos miles de psi , lo que ocasiona un aumento en la viscosidad de diversas magnitudes . En dicho estado , la viscosidad del aceite es lo suficientemente elevada para mantener separadas las superficies móviles . Este mecanismo de lubricación se llama lubricación elastohidrodinámica .

La viscosidad de los aceites a alta presión tiene un efecto importante en el espesor de la película en estos tipos de contactos .

Para una lubricación adecuada , es importante escoger la viscosidad correcta del lubricante . En la mayoría de las máquinas , si la viscosidad es demasiado baja , se producirán elevados ritmos de desgaste y frecuentes reparaciones . Si la viscosidad es demasiado alta , se pierde energía . Por supuesto es preferible que la viscosidad sea demasiado alta que demasiado baja .

Los fabricantes de la mayoría de las maquinarias han determinado los requisitos de viscosidad de sus equipos y especifican la viscosidad que debe usarse . A menudo , estas especificaciones recomiendan diferentes grados de viscosidad para distintos regímenes de temperatura de operación .

De depósitos y sumideros

La viscosidad es importante en la distribución de los lubricantes , no importa que provengan de un depósito fuera de la maquinaria o de un flujo de lubricante sobre las piezas al sumergirse en un sumidero de aceite .

En el caso de un depósito externo , la viscosidad debe ser lo suficientemente baja a temperatura ambiente para que el aceite fluya hasta la conexión de salida del depósito y debe fluir por las tuberías conectadas con suficiente rapidez para proporcionar una lubricación adecuada . Esto tiene particular importancia en tiempo frío .

En el caso en que el lubricante se encuentra en un sumidero y las piezas móviles (tales como engranejes) se sumergen en el lubricante , la viscosidad debe ser lo suficientemente baja para fluir y recubrir las piezas . Si la viscosidad es demasiado alta , los engranajes abrirán un canal en el aceite al arrancarse la unidad , después de lo cual no habrá más flujo de aceite sobre las piezas .

A través de tuberías

La viscosidad también es muy importante en el flujo de líquidos por tuberías . A ritmos de flujo relativamente bajos , el flujo de líquidos a través de tuberías y ductos es un proceso uniforme y ordenado , llamado flujo laminar . Bajo esta condición de flujo , la pérdida de presión es proporcional a la viscosidad del líquido , siempre que se mantengan constantes los demás parámetros . El ritmo de flujo es inversamente proporcional a la viscosidad .

A ritmos de flujo relativamente elevados , el proceso de flujo uniforme y ordenado se ve alterado , y el flujo se vuelve turbulento . Cuando el flujo cambia de laminar a turbulento , la fricción del líquido puede aumentar en un factor de seis . En el flujo turbulento , la viscosidad sólo tiene un efecto menor en la pérdida de presión , en tanto que la aspereza de la pared interior de la tubería tiene un efecto importante . Para el flujo de líquidos newtonianos en las tuberías , el número Reynolds , un parámetro sin dimensión, indica qué condición de flujo ocurrirá . La ecuación del número, Reynolds , NRE , en términos del diámetro de la tubería , D , la velocidad media de flujo , V , y la viscosidad cinemática , ν , es :

$$NRE = \frac{D \cdot V}{\nu}$$

Si el número Reynolds es inferior a 2000 , el flujo será laminar ; si es superior a 4000 el flujo será turbulento . Entre 2000 y 4000 , el flujo no puede caracterizarse con precisión .

4.1.2.4 Datos de Viscosidad para diversos tipos de Aceites Lubricantes

A) ACEITES PARA MOTOR

En los primeros tiempos del automóvil los aceites lubricantes se clasificaban en ligeros , medios , semipesados , pesados y muy pesados y , debido a la distinta interpretación que se daba a estas clasificaciones , existía una gran confusión al respecto , por lo que los motores se lubricaban inadecuadamente en la mayor parte de los casos .

Con objeto de contar con un medio más conveniente y comprensible de clasificación de los aceites de acuerdo con su viscosidad , en 1912 la Society of Automotive Engineers (SAE) , de los Estados Unidos de Norteamérica , adoptó un sistema en el cual los aceites se clasificaban de acuerdo con su viscosidad , asignándoles un número SAE . Esta clasificación se ha revisado periódicamente desde entonces y las normas actuales entraron en vigor a partir del 3 de Abril de 1952 . Las nuevas normas clasifican las viscosidades en función de las temperaturas más próximas a las que trabajan los aceites . Las viscosidades de los tipos de invierno se dan a la temperatura de 0°F y las de los otros aceites a la de 210°F . La clasificación que ha caído en desuso, especificaba la viscosidad a la temperatura de 130°F para algunos de estos aceites .

La recién revisada SAE Crankase Oil Classification (Clasificación SAE de aceites para cárter) elimina los grados SAE - 60 y SAE 70 y añade el tipo SAE 5W .

La nueva especificación tiene en cuenta aceites para una gama de aplicación más amplia que la que cayó en desuso y , tanto el fabricante de automóviles como las refinerías de petróleo y el automovilista , han ganado con este cambio . Los tipos SAE 60 y 70 han desaparecido , ya que se emplean muy poco y no son recomendables para los motores .

La nueva clasificación se incluye a continuación :

SAE J300 FEB92 — VISCOSITY GRADES FOR ENGINE OILS

| SAE Viscosity Grade | LOW-TEMPERATURE VISCOSITIES cP. at Temperature, C | | HIGH-TEMPERATURE VISCOSITIES | | |
|---------------------------|--|---------------------------|---|-----------------------------------|--------|
| | Cranking Vis. Max | Pumping(a) Vis. Max | High-Shear(b) Vis, cP. (150 C) Min | Kinematic Vis, cSt. (100 C) | |
| | | | | Min | Max |
| | 0W | 3250 at -30 | 30,000 at -35 | 2.4 | 3.8 |
| 5W | 3500 at -25 | 30,000 at -30 | 2.9 | 3.8 | — |
| 10W | 3500 at -20 | 30,000 at -25 | 2.9 | 4.1 | — |
| 15W | 3500 at -15 | 30,000 at -20 | 3.7 | 5.6 | — |
| 20W | 4500 at -10 | 30,000 at -15 | 3.7 | 5.6 | — |
| 25W | 6000 at -5 | 30,000 at -10 | 3.7 | 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 | < 26.4 |

NOTES:

- (a) Test includes provision that measured Yield Stress must be less than 35 Pa.
- (b) Applies only to oils labeled with both W and non-W grades.

That is, High Shear limits for SAE 40 Grades oils are:

SAE 10W-40: 2.9 cP.

SAE 15W-40: 3.7 cP.

SAE 40: No limit

Fig. 4.7 SAE J300 FEB 92 - Viscosity Grades for Engine Oils

Los grados de aceite representados con la letra W son muy deseables para el funcionamiento del motor a temperaturas de varios grados bajo cero , sobre todo para el arranque en frío .

Se observará que la clasificación de viscosidades especifica un intervalo permisible de las mismas y no un valor absoluto de la viscosidad .

Se hace notar también que los números SAE constituyen una clasificación tan sólo en términos de viscosidad , sin tener en cuenta otras características o factores cualitativos , por lo que dicha clasificación no sirve para valorar la " calidad " del aceite . Unicamente nos da una graduación comparativa de la viscosidad a una temperatura predeterminada y se circunscribe a establecer ciertos límites a los que debe ajustarse aquélla , para que el aceite tenga el número SAE que le corresponde . Si se examina la tabla anterior se observará que cuanto más bajo es el número SAE tanto más baja es la viscosidad , y que cuanto más elevado es aquel , tanto mayor será ésta . Sin embargo , se notará el hecho de que los números SAE no indican aumentos de la viscosidad proporcionales al incremento del número . Por ejemplo , un aceite SAE 20 no es necesariamente dos veces más viscoso que otro del tipo SAE 10 .

Los distintos grados de aceite pueden ser el resultado de una mezcla de un aceite de elevada viscosidad con otro de baja . En la siguiente figura se da un gráfico de mezcla de viscosidades , que se emplea para este fin .

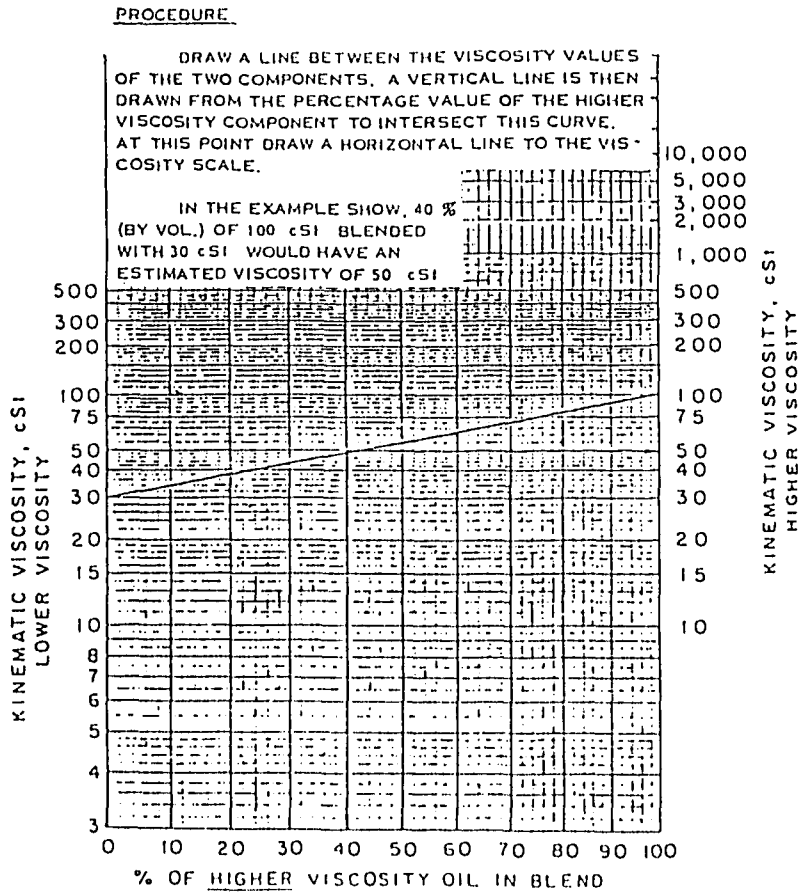


Fig.4.8 Mezcla de Viscosidades de Aceites

Este gráfico nos da la viscosidad de una mezcla de aceites cuando se conocen las viscosidades de los componentes a una temperatura determinada . Para ello se llevan las viscosidades más bajas al lado izquierdo de la escala y las más altas al derecho de ésta , ambas expresadas en cSt a una determinada temperatura .

Posteriormente se traza una línea entre los valores de viscosidad de los componentes . Luego , una línea vertical es trazada desde el componente de viscosidad mayor para interceptar la primera línea trazada , en este punto el trazar una línea horizontal nos dará la viscosidad lograda con la mezcla realizada , o el porcentaje en volumen que se debe añadir para lograr un aceite de determinada viscosidad .

4.1.2.5 Factores que afectan la viscosidad

1) Efecto de la temperatura sobre la viscosidad .

La viscosidad de un aceite lubricante disminuye con el aumento de la temperatura .

Los aceites lubricantes de base mineral se caracterizan por un cambio muy rápido de la viscosidad en función de la temperatura y , en muchas aplicaciones prácticas importantes , esta variación de la viscosidad con la temperatura es de gran significado . Una de estas aplicaciones a que nos referimos es la del cárter del motor de automóvil .

Un aceite de alta viscosidad lleva implícito una resistencia excesiva de los cojinetes durante el arranque en frío , lo que se traduce en la imposición de exigencias muy serias a la batería .Una vez que el motor se ha calentado , la viscosidad del aceite es más baja .Si esta disminución de la viscosidad es demasiado grande , puede producirse un desgaste excesivo e , incluso , el desvelado del motor .

Por ejemplo, un aceite SAE 10W - 40 para motor que cuenta con una viscosidad de 14 cSt a 100°C (212°F) tendrá el doble de esta viscosidad a un descenso de temperatura de un poco más de 25°C (45°F) . En un caso como éste , es conveniente emplear un aceite que registre un cambio de viscosidad relativamente pequeño en función de la temperatura .

El conocimiento de la variación de la viscosidad en función de la temperatura es sumamente importante para determinar la conveniencia de un aceite lubricante para un empleo determinado .

Aunque se han llevado a cabo muchos ensayos para desarrollar alguna relación matemática , que pueda expresar numéricamente los datos empíricos de viscosidad en función de la temperatura , este problema constituye una tarea muy difícil , tanto más cuanto que estos datos variarán en función del origen del aceite y del método empleado para refinarlo .

Para los productos de petróleo , se ha encontrado que la relación entre la viscosidad cinemática y la temperatura es inversamente proporcional y es conocida como la ecuación de Walther :

$$\log.\log. (v + 0.7) = A + B \log T \quad (2)$$

donde ,

v = viscosidad cinemática , cSt

T = temperatura termodinámica , °K

A,B = constantes específicas para cada aceite

Esta ecuación es la base de los diagramas viscosidad vs. temperatura que publica la Sociedad Norteamericana de Pruebas de Materiales (ASTM) .

Los diagramas permiten que los datos para la viscosidad cinemática - temperatura para aceites de petróleo sean trazados como líneas rectas y son aplicables en toda la gama de temperaturas en la cual los aceites son líquidos homogéneos .

Estas relaciones en forma de gráficos , son muy convenientes , permiten lograr la precisión deseada para todas las aplicaciones prácticas.

La siguiente figura muestra datos típicos en uno de los diagramas .

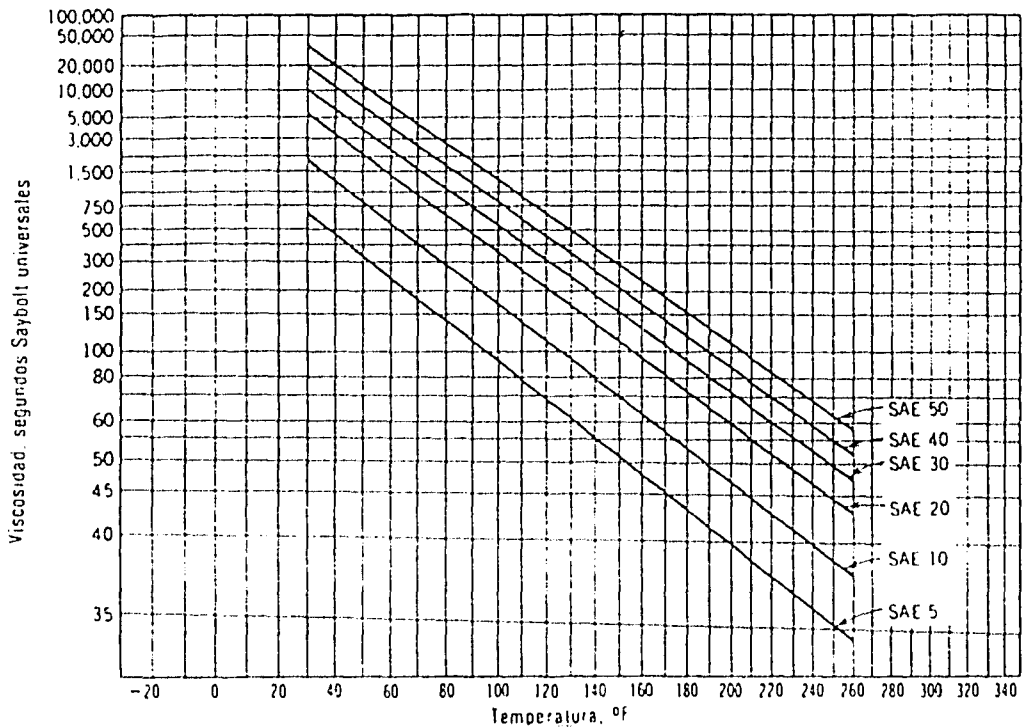


Fig.4.9 Viscosidades medias de aceites de motor SAE llevadas a la carta ASTM de viscosidad - temperatura .

Esta gráfica representa unos aceites típicos para motor desde el grado SAE 5W al 50 .

Como ejemplo de la modificación de la viscosidad en función de la temperatura, obsérvese que al disminuir ésta de 210 a 30°F (99.8 a -1.1°C), en el caso de un aceite SAE 10 se obtienen cambios de viscosidad que oscilan entre 44 y 2000 SUS .

El estudio detenido de la gráfica pone de manifiesto que en las zonas de temperatura más alta se precisan unos 70°F (21.1°C) para doblar la viscosidad del lubricante, mientras que a temperaturas más bajas la viscosidad Saybolt se duplica cada 10°F .

Ahora bien, si llevamos los datos que conformaron la línea recta del aceite SAE 10 a una gráfica de coordenadas cartesianas, se puede observar (gráfica siguiente) que la línea que en esta se obtiene, es muy distinta lo que nos hace comprender, de otra manera, que la viscosidad cambia de modo muy rápido con la temperatura .

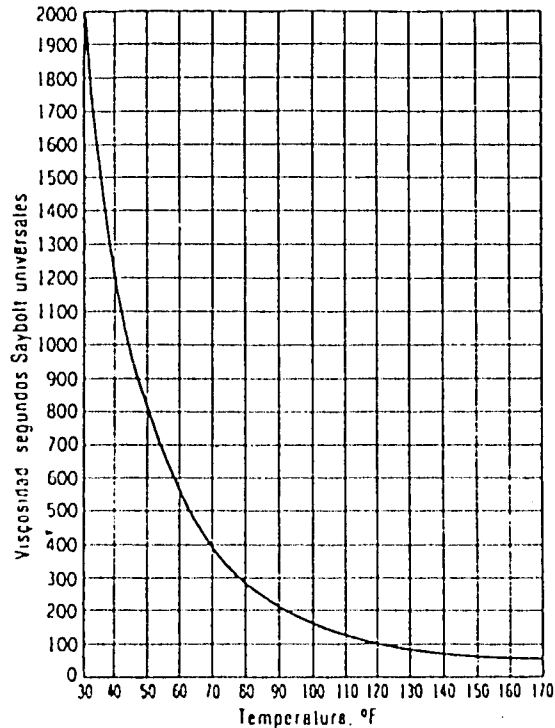


Fig.4.10 Relación viscosidad - temperatura para un aceite SAE 10, llevada a coordenadas cartesianas .

Los últimos trabajos realizados sobre este problema, ponen de manifiesto que la gráfica ASTM puede extrapolarse a temperaturas tanto superiores como inferiores a aquéllas para las que se trazó, siempre que no se sobrepase el intervalo comprendido entre el punto de turbidez y la temperatura de inflamación.

La ASTM suministra cartas en blanco en distintas escalas y tamaños tanto para el caso de la viscosidad cinemática en centistokes , como para el de la viscosidad en segundos Saybolt .

Efecto de la presión sobre la viscosidad.

Es un hecho bien conocido que los lubricantes procedentes del petróleo , experimentan un aumento considerable de la viscosidad cuando se someten a presiones elevadas . Algunos de estos aceites se llegan a convertir en sólidos plásticos a presiones que oscilan entre 1,400 y 2,100 kg / cm² .

Si las superficies que resbalan no son suficientemente lisas debe haber un cierto número de puntos donde la presión local que se manifiesta en la película es mucho mayor que la media ejercida sobre toda la superficie . Estas presiones pueden llegar a ser varias veces superiores a la media .

Se desarrollan también presiones locales altas en los dientes de los engranajes, especialmente en el caso de los engranajes hipoidales , herramientas de corte o en aquellos en que las superficies de los cojinetes carecen de la lubricación adecuada , ya sea por un suministro insuficiente de lubricante , ya porque la velocidad es insuficiente para mantener una película de aceite , ya sea por cualquier otra circunstancia de naturaleza similar .

Una de las primeras referencias que conocemos de éste fenómeno se debe a Stanton , que midió las presiones de películas reales en un cojinete para carga radial de automóvil mientras se encontraba en servicio y cuya presión media , sobre la base del área proyectada , era de 19.4 kg / cm².

Los cojinetes para automóvil sometidos a cargas elevadas pueden poner de manifiesto una presión máxima en la película de aceite de hasta 10 veces mayor que la presión media basada en el área proyectada .

Tal y como se mencionó , a elevadas presiones estos lubricantes se convierten en sólidos plásticos y , en consecuencia , el aumento de viscosidad , capacidad de carga y frotamiento serían bastante considerables.

Hay problemas relacionados con los sistemas de lubricación a altas presiones , inyección en los motores Diesel , sistemas hidráulicos de alta presión , procesos de estirado de metales y otros similares , donde es esencial un conocimiento de la viscosidad del aceite hasta una presión moderadamente elevada .

La relación general entre viscosidad y presión aparece en esta figura .

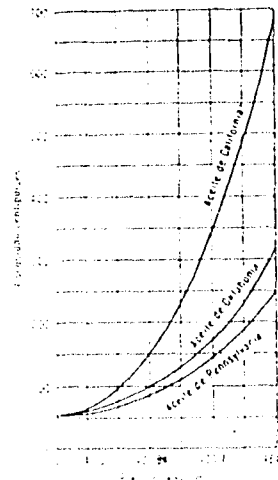


Fig.4.11 Viscosidad en centipoises en función de la presión en Kg/cm². (Coordenadas Cartesianas) .

La presión aumenta la viscosidad , aunque el efecto es significativo sólo a presión relativamente elevada .

La relación que existe entre la viscosidad y la presión depende de la estructura química del fluido y, por tanto , no se puede generalizar en forma tan exacta como las relaciones viscosidad - temperatura .

En la figura 4.12 , se muestran las curvas de viscosidad - presión determinadas por medios experimentales para dos aceites . La viscosidad de todos los líquidos aumenta a medida que aumenta la presión.

Este efecto es mucho menor que el efecto de la temperatura para presiones típicas de sistemas de distribución de aceite , pero se vuelve muy importante en el rendimiento de lubricantes en contactos de lubricación altamente cargados , tales como los que ocurren en los engranajes y los cojinetes de elementos rodantes .

La relación entre la viscosidad y la presión depende de la concentración relativa de componentes parafínicos , nafténicos y aromáticos del aceite , pero no es posible generalizarla con la misma precisión que la relación de viscosidad - temperatura .

No existe ningún método sencillo y preciso de estimar el coeficiente de presión de la viscosidad .

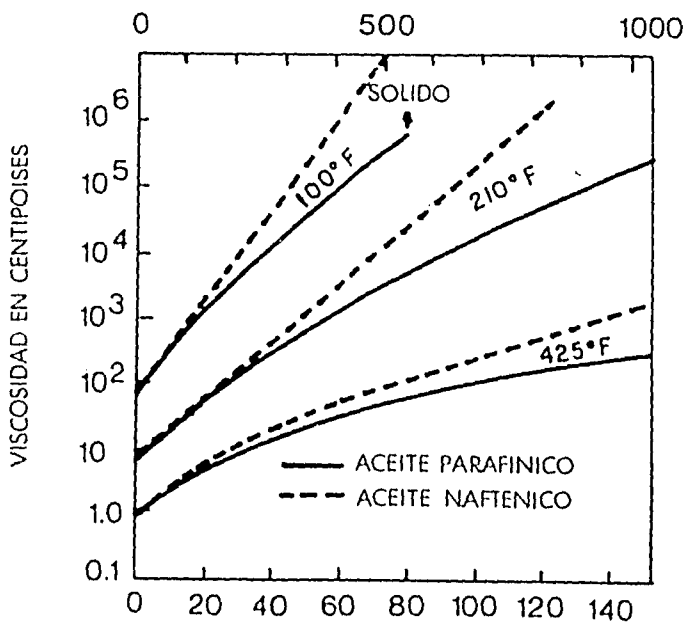


Fig.4.12 Relaciones de viscosidad - presión para aceites nafténicos y parafínicos a tres temperaturas .

4.1.2.6 Fundamento de la Viscosidad.

A) Los fluidos Newtonianos

La forma más sencilla de representar a la viscosidad aparece en el modelo de la figura 4.13 .

Aquí se representa la situación de un fluido viscoso que ocupa el espacio entre dos planos paralelos . Para ayudar a visualizar el fluido viscoso , éste es representado mediante una serie de capas hipotéticas que , en realidad, serían de espesor molecular .

El tamaño del espacio en relación con el área de las superficies lindantes ha sido exagerado en gran medida para poder hacer la ilustración . Una de las superficies es movida a velocidad constante por la aplicación de una fuerza , mientras que la otra es mantenida fija . Debido a que el fluido humedece (se adhiere a) las superficies, la capa de fluido próximo a la superficie en movimiento tiene la misma velocidad que esa superficie , mientras que la capa cercana a la superficie fija está inmóvil . La viscosidad es la propiedad que transmite el movimiento de la superficie en movimiento a las capas sucesivas de fluido .

En este ejemplo , cada capa es arrastrada por la que está encima y , al mismo tiempo , arrastra a la próxima capa que está debajo . Sin embargo , existe un deslizamiento entre cada dos capas , lo cual da por resultado una disminución gradual de la velocidad a través de la separación . Por tanto , desde otro punto de vista , la viscosidad puede ser considerada como la propiedad que resiste a la fluidez . Cuantitativamente , las cantidades pertinentes son representadas por :

$$\eta = \frac{(F / A)}{(V / h)} \quad (1)$$

donde , η = viscosidad

F = fuerza en la dirección de deslizamiento

A = área del plano

V = velocidad del plano en movimiento

h = altura de la separación (espesor de la película de fluido)

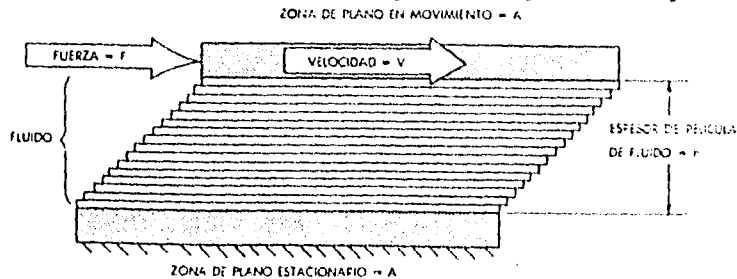


Figura 4.13 Ilustración de la viscosidad newtoniana mediante planos paralelos .

Se dan nombres especiales a las dos relaciones que definen a la viscosidad en este ejemplo : la fuerza de deslizamiento por unidad de área , F / A , es fuerza de deslizamiento , y la pendiente de velocidad , V / h , es la tasa de deslizamiento .

Los fluidos para los cuales la relación de la fuerza de deslizamiento a la tasa de deslizamiento es constante a temperatura constante son llamados fluidos newtonianos , bautizados en honor de Sir Isaac Newton, quien primero presentó esta relación.

B) Los Fluidos No Newtonianos

Muchos fluidos no cuentan con una relación constante de fuerza de deslizamiento a tasa de deslizamiento a una temperatura y presión dadas y por tanto son llamados fluidos no newtonianos .

Las grasas lubricantes son ejemplos obvios de este tipo de fluido . También los modernos aceites multigrados para motor son fluidos no newtonianos, especialmente a bajas temperaturas . La caracterización más común y más sencilla de este tipo de fluidos , emplea la curva del flujo, que es un trazado de fuerza de deslizamiento vs. tasa de deslizamiento .

Las principales suposiciones implícitas en el uso de las curvas de flujo para describir a los fluidos son que las propiedades del flujo no cambian con el tiempo o con los antecedentes de deslizamiento y que el fluido es puramente viscoso (o sea , no tiene componente elástico) . Cualquier cosa que no sean estas suposiciones representan otros marcos de referencia y en este trabajo no serán tratados.

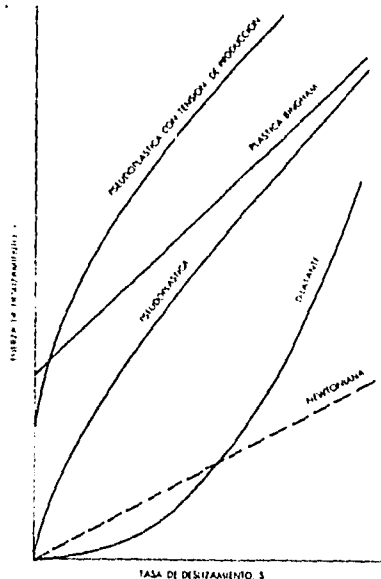


Fig.4.14 Curvas de flujo para un fluido newtoniano y para varios tipos de fluidos no newtonianos .

4.1.2.7 Clasificaciones de Viscosidad .

Existen varios sistemas de clasificación de viscosidad que se usan ampliamente para proporcionar un medio común de comunicar la viscosidad de los aceites lubricantes . Su propósito se expone concisamente en ASTM D 2422 , Clasificación Estándar de Lubricantes Líquidos Industriales por Sistema de Viscosidad : " Esta clasificación establece una serie de niveles de viscosidad definidos para que los proveedores de lubricantes , usuarios de lubricantes y diseñadores de equipos tengan una base uniforme y común para diseñar , especificar o seleccionar la viscosidad de los lubricantes industriales".

Las clasificaciones especifican la temperatura y técnica de medición para las determinaciones de viscosidad .

Las clasificaciones de viscosidad se basan en la viscosidad exclusivamente; no indican la calidad general de un lubricante ni su idoneidad para un uso específico .

A continuación se describen las tres clasificaciones más ampliamente usadas para aceites lubricantes .

1 . Sistema de clasificación de viscosidad para lubricantes líquidos industriales : ASTM D 2422

Este sistema se aplica a los lubricantes industriales en la gama de viscosidades de 2 a 1500 cSt a 40°C (104°F) , que abarca la mayor parte de la gama de viscosidades usadas para lubricación . Se basa en viscosidades determinadas por el Método ASTM D 445 .

En el Cuadro I se enumeran los dieciocho grados de viscosidad de D 2422 con sus viscosidades de punto medio y sus límites de viscosidad . El grado de viscosidad de un aceite se designa como " grado de viscosidad ISO " o abreviado " ISO VG " , seguido de la viscosidad nominal a 40°C , expresada en cSt o mm²/s.

En esta clasificación de viscosidad , el punto medio de cada grado es un poco menos que a 1.5 veces el del siguiente grado más bajo .

Los grados de viscosidad estandarizados de ASTM D 2422 también son usados por otras organizaciones bajo las siguientes designaciones :

- Norma Nacional Americana (ANS) Z11.232
- Norma 3448 de la Organización Internacional de Estandarización (ISO)
- Norma británica BS 4231
- Norma de ingeniería alemana DIN 51519

2 . Clasificación de viscosidad de aceite de motor : SAE J300

Los aceites de cárter de motores se clasifican de acuerdo con la Clasificación de Viscosidad de Aceites de Motor J300 de la SAE , la más compleja de las tres clasificaciones de viscosidad . Esta ha sido revisada frecuentemente desde 1975 a fin de reflejar los conocimientos más detallados de los requisitos de los motores y las características del aceite a temperaturas bajas . Las revisiones a la norma J300 se identifican con el mes y año en que entran en vigor (p.ej ., J30 FEB 92). En el Cuadro II se muestran los límites de viscosidad de esta clasificación .

La norma SAE J300 contiene dos subclasificaciones : una designación de grado " W " relacionada con las propiedades de flujo a baja temperatura del aceite y una designación de grado " no W " , relacionada con las propiedades viscométricas de operación - temperatura del aceite .

Los aceites con rótulos que indican que satisfacen los requisitos de un grado designado W y un no-W se llaman aceites multigrados . Por ejemplo , un aceite 10W-40 es un aceite que satisface los requisitos de viscosidad del grado 10W y del grado 40 . Los aceites que satisfacen los requisitos de una sola subclasificación se denominan aceites de grado único o monogrados .

Los requisitos de viscosidad a temperatura baja se definen con una determinación de viscosidad de arranque y una de viscosidad de bombeo .

La viscosidad de arranque se determina con la prueba del Simulador de Arranque en Frío .

Si se excede el límite de viscosidad CCS de un aceite específico , es posible que la batería y el motor de arranque no puedan arrancar el motor a una velocidad suficiente para permitir que se encienda el motor .

La viscosidad de bombeo se determina con la prueba de Viscosímetro Minirotatorio (MRV), de acuerdo con ASTM D 4684 . Este procedimiento también exige una determinación de la presencia de una carga iniciadora de fluencia . Evalúa la capacidad de un aceite de fluir por el tubo de toma de aceite . Si la viscosidad de bombeo o la carga iniciadora de fluencia son demasiado elevadas , un motor puede quedarse sin aceite durante los primeros momentos de operación . La temperatura para la determinación de la viscosidad de bombeo es 5°C por debajo de la determinación de la temperatura de la viscosidad de arranque para garantizar que los aceites que permitan el encendido del motor también se bombeen de manera adecuada .

Los requisitos de viscosidad de temperatura de operación se definen mediante determinaciones de viscosidad cinemática a 100°C y por determinaciones de viscosidad de elevado régimen de corte a 150°C. Existen límites mínimos de viscosidad cinemática para cada grado - W , pero ningún máximo ; los grados no-W tienen límites mínimos y máximos .

Los límites de viscosidad de régimen de flujo elevado se añadieron a la revisión de FEB92 de J300 . Esta viscosidad se determina a 150°C a un régimen de corte de 106 s⁻¹ . Estas condiciones son típicas de las condiciones que existen en cojinetes de motores en operación . Estos límites de viscosidad sólo se aplican a aceites multigrados , y los límites a satisfacerse se definen en base al grado " W " del aceite multigrado . Consecuentemente , el límite mínimo de viscosidad de régimen de corte alto para aceites 10W-40 es de 2.9 cP , en tanto que el límite es de 3.7 cP para los aceites 15W-40 . No hay límite para los aceites SAE 40 de grado único .

La inclusión de los límites de viscosidad de régimen de corte alto refleja los cambios que han surgido en la industria automotriz entre 1970 y 1990 .

Durante este período , las temperaturas y velocidades de los motores automotrices aumentaron para satisfacer los requisitos más estrictos de emisiones , en tanto que los requisitos de economía en combustible exigieron lubricantes de viscosidad más baja .

Los datos experimentales desarrollados a finales de la década de 1970 y durante la de 1980 indicaron que el mantenimiento de espesores favorables de película de aceite en los cojinetes de motores y las características de fricción de los motores dependen del mantenimiento de una viscosidad suficiente en el cojinete a temperaturas y regímenes de corte típicos de la operación de los cojinetes .

Los límites de viscosidad de alto régimen de corte se aplicaron a los grados " W " en base a prácticas de mercadeo . Los aceites multigrados 15W- , 20W y 25W- se usan principalmente en motores diesel de servicio pesado , que requieren un nivel de viscosidad mínimo de 3.7 cP .

Los aceites multigrados 5W - y 10W- se usan principalmente en motores de gasolina y diesel de servicio liviano , que sólo requieren una viscosidad mínima de 2.9 cP . El límite de 2.4 cP para aceites multigrados 0 W se estableció en previsión de motores de baja fricción y alta eficiencia , diseñados para operar con lubricantes de viscosidad insulsamente baja .

La norma J300 de SAE seguirá sufriendo cambios futuros , debido a problemas sin resolver y a tecnologías evolutivas de la industria . Por ende , es aconsejable obtener la última versión para determinar los requisitos actuales .

| CUADRO I | | | |
|--|--|---|------|
| SISTEMA DE VISCOSIDAD PARA LUBRICANTES | | | |
| <u>LIQUIDOS INDUSTRIALES (ASTM D 2422)</u> | | | |
| Grado de viscosidad ISO | Viscosidad de punto medio (cSt a 40°C) | Límites de viscosidad cinemática (cSt a 40°C) | |
| | | Min | Máx |
| ISO VG 2 | 2.2 | 1.98 | 2.42 |
| ISO VG 3 | 3.2 | 2.88 | 3.52 |
| ISO VG 5 | 4.6 | 4.14 | 5.06 |
| ISO VG 7 | 6.8 | 6.12 | 7.48 |
| ISO VG 10 | 10 | 9.0 | 11.0 |
| ISO VG 15 | 15 | 13.5 | 16.5 |
| ISO VG 22 | 22 | 19.8 | 24.2 |
| ISO VG 32 | 32 | 28.8 | 35.2 |
| ISO VG 46 | 46 | 41.4 | 50.6 |
| ISO VG 68 | 68 | 61.2 | 74.8 |
| ISO VG 100 | 100 | 90.0 | 110 |
| ISO VG 150 | 150 | 135 | 165 |
| ISO VG 320 | 320 | 288 | 352 |
| ISO VG 460 | 460 | 414 | 506 |
| ISO VG 680 | 680 | 612 | 748 |
| ISO VG 1000 | 1000 | 900 | 1100 |
| ISO VG 1500 | 1500 | 1350 | 1650 |

CUADRO II

**CLASIFICACION DE VISCOSIDAD DE ACEITE DE MOTOR
SAE J300 FEB1992**

| Grado de viscosidad SAE | Viscosidad de arranque a temperatura baja (cP), Máx. | Viscosidad de bombeo a temperatura baja (cP) Máx. ^a | Viscosidad cinemática (cSt a 100°C) | | Viscosidad de elevado régimen de corte a temperatura alta (cP) |
|-------------------------------|--|--|--|------------|---|
| | | | Min. | Máx | Min |
| | | | 0W | 3250 a -30 | 30000 a -35 |
| 5W | 3500 a -25 | 30000 a -30 | 3.8 | - | 2.9 |
| 10W | 3500 a -20 | 30000 a -25 | 4.1 | - | 2.9 |
| 15W | 3500 a -15 | 30000 a -10 | 5.6 | - | 3.7 |
| 20W | 4500 a -10 | 30000 a -15 | 5.6 | - | 3.7 |
| 25W | 6000 a -5 | 30000 a -10 | 9.3 | - | 3.7 |
| 20 | - | - | 5.6 | <9.3 | - |
| 30 | - | - | 9.3 | <12.5 | - |
| 40 | - | - | 12.5 | <16.3 | - |
| 50 | - | - | 16.3 | <21.9 | - |
| 60 | - | - | 26.5 | <26.1 | - |

^a Sin carga iniciadora de fluencia

3 . Clasificación de viscosidad de lubricantes de transmisión manual y de eje : SAE J306c

La clasificación de viscosidad SAE de aceites de engranajes que se muestra en el Cuadro II tiene un propósito análogo al de la norma J300 y su estructura es similar .

Los sufijos " W " indican los grados de viscosidad destinados a uso de baja temperatura y se basan en las viscosidades dinámicas , según sean determinadas por el viscosímetro Brookfield , de acuerdo con ASTM D 2983 .

Al igual que con la parte de temperatura baja de J300 , el límite de viscosidad es fijo (150,000 cP) ; la temperatura máxima a la cual el líquido pueda alcanzar este valor varía para cada grado .

Las viscosidades para los grados de alta temperatura en J306c se determinan a 100°C de acuerdo con ASTM D 445 . Al igual que con los aceites de motor , los aceites de engranajes multigrados son los que satisfacen los requisitos de uno de los grados W y uno de los grados no W . Consecuentemente un aceite rotulado SAE 85W - 140 debe satisfacer el límite de - 12°C de 150,000 cP y la viscosidad a 100°C debe estar entre 24 y 41 cSt.

Si bien el método de prueba de la determinación de viscosidad no W es el mismo que en J300 y las gamas de viscosidad cubiertas se solapan , los números de grado y los límites son claramente distintos de los de J300 . No hay continuidad entre los números de grado de las dos clasificaciones .

CUADRO III

CLASIFICACION DE VISCOSIDAD DE LUBRICANTES
DE TRANSMISION MANUAL Y DE EJE
(SAE J300c)

Práctica recomendada de la SAE

| Grado de viscosidad SAE | Temperatura máxima para viscosidad de 150.000 cP (°C) | Viscosidad cinemática (cSt a 100°C) | |
|-------------------------------|---|---|------|
| | | Mín. | Máx. |
| 75W | -40 | 4.1 | - |
| 80W | -26 | 7.0 | - |
| 85W | -12 | 11.0 | - |
| 90 | - | 13.5 | 24.0 |
| 140 | - | 24.0 | 41.0 |
| 250 | - | 41.0 | - |

4 . Relaciones entre los grados de clasificación ASTM D 2422 , SAE J300 y SAE J306c

La figura siguiente muestra una comparación de los niveles de viscosidad de las tres clasificaciones . Los límites de viscosidad de los grados de clasificación ISO VG se muestran a 40°C , en tanto que los de los dos grados de clasificación SAE se muestran a 100°C .

Dos rectas , que representan aceites con índices de viscosidad de 50 y 100, muestran los grados de viscosidad ISO que corresponden a un aceite SAE 30 de estos IV . Indican que un aceite SAE 30 sería aproximadamente equivalente a un aceite ISO VG 100 si el IV fuera 100 .

La figura también muestra que el grado SAE J306c 90 también cubre casi la misma gama de viscosidad que los grados SAE 40 y 50 , en tanto que el grado SAE J306c 250 está muy por arriba de la gama de viscosidad del grado SAE J300 60 .

Las dos clasificaciones SAE cubren una estrecha gama de viscosidades en comparación con la clasificación ISO VG .

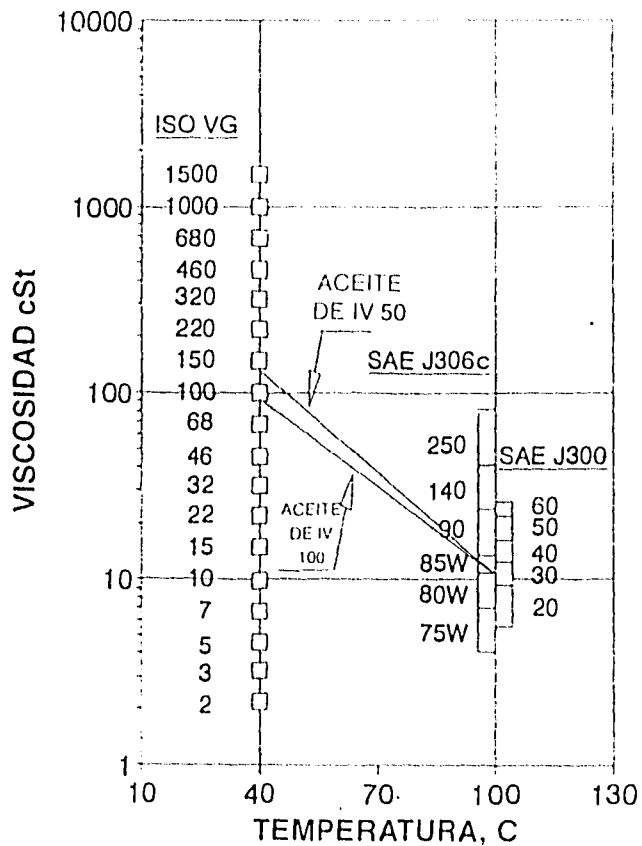


Fig.4.15 Comparación de clasificación de viscosidad de aceite lubricante ISO VG , SAE J306c y SAE J300

4.1.3 Índice de Viscosidad

Para valorar la relación que existe entre viscosidad y temperatura se ha establecido un sistema arbitrario de comparación que se designa con el nombre de Índice de Viscosidad o Viscosity Index (VI) . Dean y Davis establecieron este sistema de IV en 1929 . La unidad comparativa de medida está basada en aceites de Pennsylvania refinados por el método del ácido sulfúrico y los de Texas o California refinados por el mismo proceso . Cuando se ideó éste sistema , los aceites de Pennsylvania perdían consistencia con menor rapidez que otros tipos de aceites minerales , cuando se les sometía a temperaturas crecientes . Por ello , se asignó a estos aceites el valor de 100 en la escala, y a los aceites de base nafténica de la costa del Golfo de México , se les fijó el de 0 .

Además , era posible identificar el origen de los aceites con bastante precisión recurriendo tan sólo al índice de viscosidad . Sin embargo los métodos modernos de tratamiento han permitido que las refinerías mejoren los índices de viscosidad . Además del tratamiento con disolventes , se han desarrollado otros métodos para mejorarlo , como sucede con los aceites de tipo multigrado , a los cuales se les añaden pequeñas cantidades de polímeros.

Abreviado IV , es un número adimensional que indica el efecto de la temperatura sobre la viscosidad de un aceite . Un bajo índice de viscosidad significa , mayor variación de la viscosidad con la temperatura , en cambio un elevado IV indica un cambio relativamente pequeño de viscosidad con la temperatura . El IV es la herencia de los primeros días de la tecnología petrolera y se ha vuelto tan popular que continúa siendo ampliamente utilizado a pesar de sus peculiaridades y sin tener en cuenta otras descripciones más exactas de la relación viscosidad - temperatura.

Desde que fué conocida la relación entre las características físicas de un aceite y su posible comportamiento en servicio se dió la necesidad de un medio para expresar el efecto de la temperatura sobre la viscosidad , lo que era un problema difícil tratándose de un producto complejo como es un aceite de petróleo (aceite mineral) .

Los técnicos E.W. Dean y G.H. Davis desarrollaron una fórmula arbitraria la cual consiste en comparar las características de viscosidad-temperatura de un aceite analizado con dos aceites patrones de referencis , que tengan la misma viscosidad a 210°F.

El índice de viscosidad describe una característica viscosidad-temperatura de un aceite en relación con un sistema de dos aceites hipotéticos que representan los extremos de la sensibilidad viscosidad-temperatura en el momento en que fué diseñado el sistema (cerca de 1928) . La figura -3- muestra las relaciones de viscosidad empleadas para calcular los valores IV entre 0 y 100 . La viscosidad cinemática a 100°C del aceite que se considera , es el punto de partida para calcular el IV . Los aceites hipotéticos de referencia son elegidos para que tengan la misma viscosidad a 100°C que el aceite que está siendo considerado .

Entonces , se calcula el IV a partir de las viscosidades a 40°C de estos tres aceites mediante las ecuaciones 3 o 4 :

$$IV = 100 \frac{U - H}{L - H} \quad (3)$$

$$IV = 100 \frac{(U - H)}{D} \quad (4)$$

donde : IV = Indice de Viscosidad

Y = viscosidad cinemática (cSt) a 100°C,
del aceite cuyo IV va a ser calculado .

U = viscosidad cinemática (cSt) a 40°C,
del aceite cuyo IV va a ser calculado .

L = viscosidad cinemática (cSt) a 40°C. de
un aceite de IV ó que tenga la misma viscosidad
cinemática que el aceite cuyo IV va a ser calculado.

H = viscosidad cinemática (cSt) a 40°C , de
un aceite de 100 de IV que tenga la misma viscosidad.

$$D = L - H$$

Los valores de H,L y D para los valores de Y desde 2.0 hasta 70.0 cSt son tabulados en el Standard D 2270-77 de la ASTM . El índice de viscosidad puede ser calculado en una forma similar partiendo de las viscosidades cinemáticas a 100°F y a 210°F. Las tablas para éste propósito están en un apéndice del Método ASTM D 2270-77 . Antes de 1974 , la D 2270 sólo contenía las tablas en grados Fahrenheit .

Así, dos aceites teniendo la misma viscosidad a 100°F pueden mostrar viscosidades muy diferentes a 210°F , es decir , la viscosidad de uno puede descender más rápidamente que la del otro , con el incremento de la temperatura.

En la actualidad no es necesario hacer cálculos , pues ya existen tablas y gráficos , mediante los cuales se encuentra el índice de viscosidad de cualquier aceite , conociendo las viscosidades a 100°F y a 210°F .

Para la elaboración de las tablas y gráficas , los autores tomaron como referencia un aceite Nafténico y uno Parafínico , a los cuales adjudicaron respectivamente los valores arbitrarios , cero y cien .

La tabla , originalmente desarrollada como un simple medio de expresar el cambio relativo en la viscosidad , bajo diferentes temperaturas , pasó a ser interpretado como un medio de selección de un aceite lubricante .

Algunos aceites , por ejemplo los aceites multigrado para motor , tienen índices de viscosidad superiores a 100 . Para calcular tales valores , la situación sería indicada por una viscosidad cinemática a 40°C.

Sin embargo , actualmente se fabrican los lubricantes con un IV mayor a 100. Esto se debe a los aditivos mejoradores del índice de viscosidad .

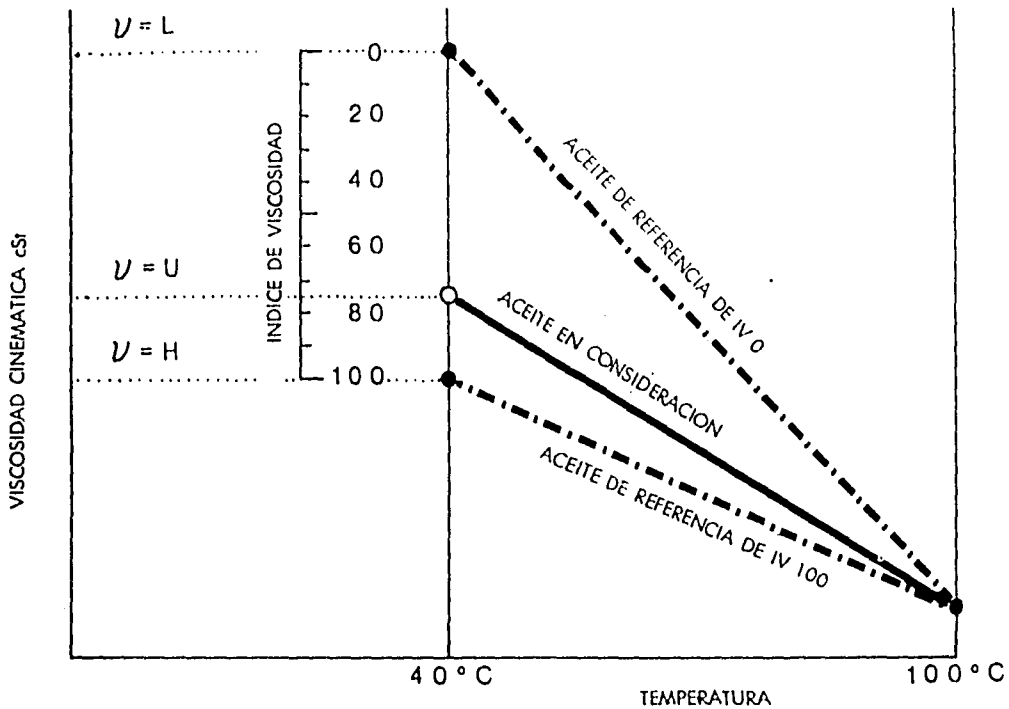


Fig. 4.16 Relaciones de viscosidad para calcular el IV.

4.1.4 Peso Específico (Gravedad Especifica)

El peso específico se define como la relación del peso en el aire , de un volumen fijo , de un material a determinada temperatura , y el peso del mismo volumen de agua destilada a la temperatura fijada .

Como el volúmen varía con la temperatura , para los ensayos de petróleo la temperatura de referencia es de 60°F (15.56°C) , con excepción de los asfaltos que son ensayados a 77°F (25°C) . El agua destilada es usada como patrón ya que su peso es constante e independiente de su origen .

La Gravedad API , es entonces una escala arbitraria en la cual el Peso Específico del agua se toma como 10 . Los líquidos más ligeros que el agua tienen valores mayores de 10 y los líquidos más pesados que el agua tienen valores abajo de 10 .

A menor gravedad específica , mayor gravedad API y viceversa .

Para convertir de gravedad específica a grados API y viceversa , podemos usar las siguientes fórmulas :

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\text{Gravedad Específica}} - 131.5$$

$$\text{Gravedad Específica} = \frac{141.5}{131.5 + ^{\circ}\text{API}}$$

El ensayo de gravedad también se puede hacer mediante un aparato llamado Hidrómetro . Este procedimiento se describe enseguida :

Se pone la muestra dentro de una probeta adecuada , y se elimina la espuma formada en la superficie por medio de un pedazo de papel filtro o con la punta de un alambre caliente .

Se introduce el hidrómetro con suavidad en el líquido hasta que caiga libremente , dándole tiempo suficiente para que se fije ; tomándose entonces la lectura en la escala del hidrómetro al nivel del líquido , anotándose la temperatura que indica el termómetro ya sea el que lleva el hidrómetro o con otro por separado . El peso específico anotado a la temperatura observada debe ser corregido a la temperatura de 20°C (o 15.5°C si se determina °API) , valiéndose de las tablas adecuadas para esta corrección.

Este valor es muy relativo en la distinción entre aceites de bases Parafínicas , Nafténicas ó Asfálticas en vista de los métodos modernos de refinación .

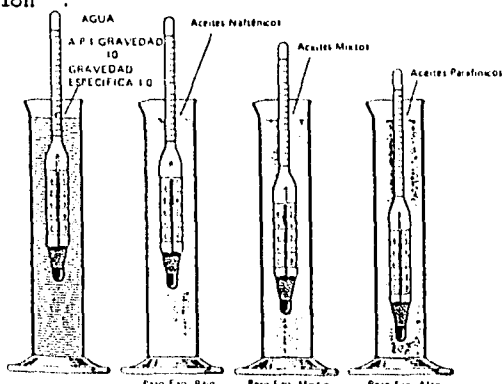


Fig.4.17 Determinación del Peso Específico

4.1.5 Temperatura de Inflamación . (Flash Point ó Punto de Inflamación)

La Temperatura de Inflamación se define como aquélla que , cuando al calentarse un aceite , éste comienza a desprender vapores , mismos que son suficientes como para que se inflamen momentáneamente (2 segs) , al pasar una flama sobre su superficie .

Esta temperatura nos dice el límite máximo de temperatura de trabajo a la que podemos exponer un aceite . Por lo anterior , la temperatura de trabajo debe estar siempre por debajo del punto de inflamación y nunca cerca a éste .

4.1.6 Temperatura de Ignición .(Punto de combustión ó Temperatura de Incendio)

Es la temperatura mínima a la cual el producto puede ser calentado , bajo condiciones específicas de ensayo , para que quemé continuamente (por lo menos durante 5 segundos) cuando la mezcla vapor / aire sea inflamada por la aproximación de una pequeña llama .

Los puntos de inflamación y de combustión varían en los diversos productos del petróleo dependiendo del equipo y del método ASTM utilizados para su medición .

En los aceites menos viscosos el punto de inflamación y el punto de combustión son generalmente menores que en los aceites más viscosos , mientras que los aceites parafínicos tienen un punto de inflamación más alto que los nafténicos con igual viscosidad .

El conocer el valor de estas temperaturas en un aceite lubricante es una medida de precaución para evitar accidentes en una máquina que esté sujeta a altas temperaturas y también es un parámetro que indica las pérdidas por evaporación al hacer trabajar un aceite a altas temperaturas .

Una prueba para medirlas es mediante una copa Cleveland en donde se introduce el aceite hasta el aforo de ésta , y se coloca el bulbo del termómetro en la muestra . El aceite se calienta a una velocidad de 2 a 3°C por minuto y cada vez que aumente la temperatura 2°C se pasa una pequeña flama por la superficie del aceite . Cuando ocurre un pequeño destello , se lee la temperatura y se registra como temperatura de inflamación de la muestra . Se continúa calentando y aplicando la flama cada 5°C de aumento de temperatura y cuando la muestra se incendia por más de 5 segundos , se registra como la temperatura de ignición .

Notas .-

(1) Comúnmente la temperatura de inflamación de los aceites lubricantes de base mineral es de 200 a 230°C y la de ignición alrededor de los 260 a 330°C.

(2) El Método ASTM aquí descrito corresponde al ASTM D - 9252

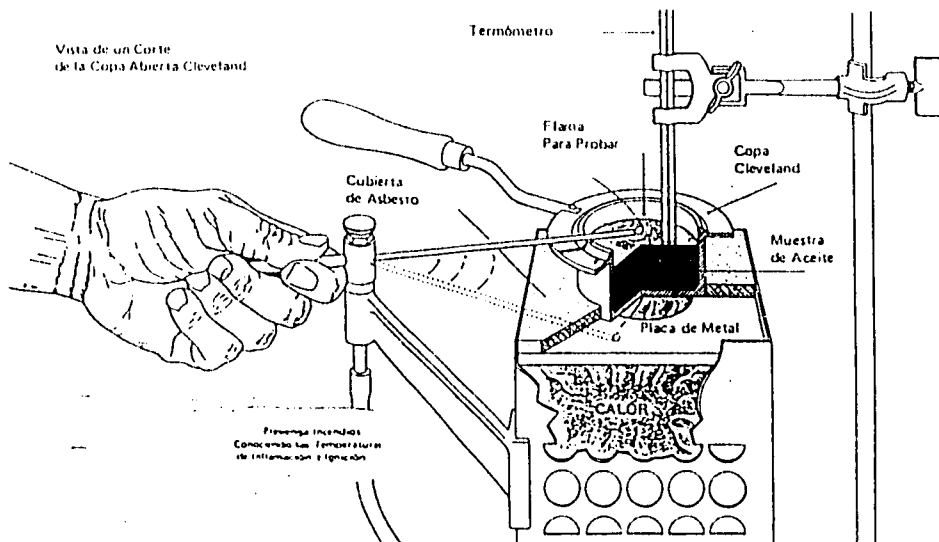


Fig.4.18 Método Copa Abierta Cleveland

4.1.7 Temperatura Mínima de Fluidez .

Es la menor temperatura a la cual el aceite fluye libremente , bajo condiciones preestablecidas de ensayo .

Para el ensayo del punto de fluidez , en primer lugar se calienta el aceite, después se enfría bajo condiciones determinadas y , a intervalos de 5°F, se retira el tubo del baño de enfriamiento y se le da inclinación para determinar si el aceite aún se mueve . Cuando el tubo es mantenido en posición horizontal durante 5 segundos y el aceite no presenta ningún movimiento se anota la temperatura del termómetro . Se considera como punto de fluidez del aceite una temperatura 5°F superior a la anterior .

El punto de fluidez es importante en los combustibles y lubricantes en condiciones climáticas muy frías y en aceites utilizados para equipos de refrigeración ó para condiciones generales de operación a bajas temperaturas .

En ciertas aplicaciones como : aceites de refrigeración , hidráulicos para aviación , aceites para transformadores , etc. , los aceites nafténicos son aún los más usados .

4.1.8 Temperatura de Congelación

El punto de congelación de un aceite es la temperatura más baja a la cual un aceite deja de fluir cuando es enfriado en forma progresiva y sin agitación .

Para determinar el punto de congelación , la muestra de aceite se enfría en el tubo especial bajo condiciones establecidas , la temperatura se observa cada 2°C hasta que no se nota ningún movimiento en la superficie del aceite ; cuando el tubo se sostiene en posición horizontal , durante 5 segundos , este punto se toma como punto de solidificación . Por definición la temperatura mínima de fluidez es 5°F más alta que el punto de congelación .

El punto de congelación y el mínimo de fluidez son básicos para establecer la temperatura más baja a que pueda trabajar un aceite y que pueda fluir libremente . Esta propiedad es importantísima en los aceites lubricantes de refrigeración o equipo que opera en climas muy fríos .

4.1.9 Punto de Turbidez (Punto de Nebulización)

El Punto de Turbidez de un aceite es la temperatura a la cual la parafina u otros compuestos solidificables normalmente disueltos en el aceite , comienzan a cristalizarse o separarse de la solución cuando el aceite es enfriado, bajo condiciones específicas de ensayo .

Para determinar el punto de nebulización se coloca la muestra de aceite, que debe estar libre de humedad en el tubo de prueba y se enfría por pasos progresivos . Cuando la inspección de la muestra revela un nublamiento en el fondo del tubo , se anota la temperatura a que corresponde la nebulización .

Esta medida es de suma utilidad para estimar la temperatura a la cual se pueden obstruir las mallas de los filtros del combustible en los motores diesel, por la separación de la parafina . La parafina , aun cuando sea microcristalina, tiene influencia muy marcada en la filtración , ya que ésta es de naturaleza pegajosa y tapaná más fácilmente los filtros .

Los aceites que están libres de parafina o que contienen pequeñas cantidades , como los aceites nafténicos ,no muestran punto de nebulización .

Nota .- El método ASTM aquí descrito corresponde al D9757 .

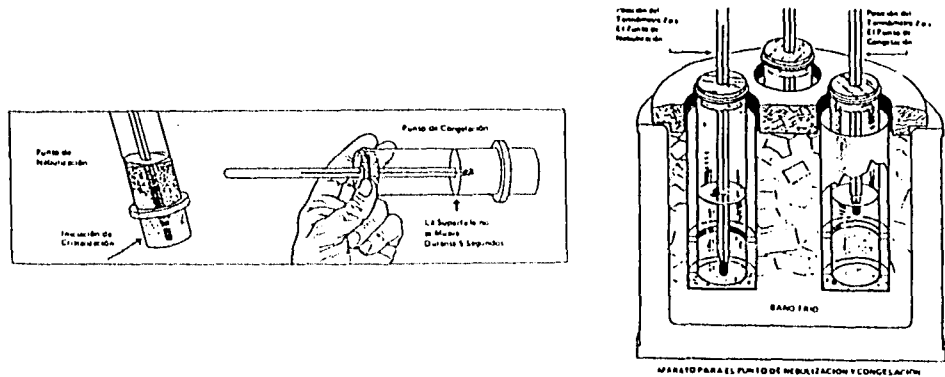


Fig.4.19 Medición del Punto de Congelación y de Nebulización

FALLA DE ORIGEN

GEN

4.1.10 Resistencia a la oxidación .

La oxidación del aceite es una acción química , entre el aceite y el oxígeno dando productos ácidos y lodos .

Con los diferentes tratamientos disponibles , actualmente se obtienen aceites de gran resistencia a la oxidación . En vista de que los nuevos equipos operan a mayores velocidades y temperaturas , con períodos de lubricación prolongados , los aditivos inhibidores de oxidación son utilizados para mejorar aún más esta propiedad .

Con la prueba de oxidación se determina la resistencia de un aceite a la oxidación , midiendo la cantidad de oxígeno que adsorbe o que reacciona .

El método para calcular la oxidación del aceite es el ASTM D 943 y corresponde a una modificación de la prueba de la Continental Oil - Company.

4.1.11 Contenido de Cenizas .

Los aceites minerales puros , bien refinados , en general contienen trazas de ceniza . Por otro lado , los aceites con aditivos presentan un alto contenido de cenizas , especialmente cuando esos aditivos son compuestos organometálicos que dejan residuos inorgánicos al calcinarse .

Los aceites usados contienen casi invariablemente , hierro y otras partículas metálicas provenientes del desgaste normal de los equipos en donde han sido utilizados , sílice del ambiente y sales de plomo , cuando la gasolina contiene tetraetilo de plomo .

El ensayo consiste en calentar hasta quemar totalmente , una cierta cantidad de aceite previamente pesada en un crisol de porcelana .

Este ensayo es importante en la comparación de aceites usados con aceites nuevos , ya que representa un medio de evaluar , junto con otros resultados , la pérdida de eficiencia de los aditivos . También es usado para determinar los contaminantes contenidos en el aceite , tales como arena , sílice y partículas metálicas de desgaste .

4.1.12 Contenido de Cenizas Sulfatadas

Las cenizas sulfatadas de un aceite lubricante es el residuo , en por ciento en peso , que permanece después de quemar el aceite , habiéndolo tratado inicialmente al residuo con ácido sulfúrico, y quemando el residuo tratado . Es una medida de los componentes no combustibles (usualmente materiales metálicos, excepto plomo) contenidos en el aceite .

Los nuevos aceites lubricantes de base mineral , contienen esencialmente materiales que no forman cenizas . Muchos de los aditivos utilizados en la elaboración de aceites , contienen componentes organo-metálicos , los cuales podrán formar un residuo en la prueba de cenizas sulfatadas, así que la concentración de estos elementos en un aceite lubricante quedará ampliamente indicada mediante esta prueba . De este modo , durante la fabricación de aceites, esta prueba es una forma simple de verificar y asegurar que las cantidades de aditivo han sido correctamente incorporadas .

Sin embargo , desde que la prueba combina todos los elementos metálicos en un solo residuo, pruebas adicionales pueden ser necesarias para determinar si los varios elementos metálicos están en el aceite con las correctas proporciones.

Varios fabricantes actualmente incluyen un límite máximo de contenido de cenizas sulfatadas en sus especificaciones para ciertos tipos aceites para motores de combustión interna (Detroit Diesel en sus motores de 2 tiempos).

Esto es hecho en la creencia que , mientras el contenido de cenizas sulfatadas resulta de a partir de incorporar ciertos materiales con la intención de que estos mejoren el desempeño global del aceite , las cantidades excesivas de algunos de estos materiales puede contribuir a ciertos problemas tal como los depósitos en la cámara de combustión y en el anillo superior.

Con los aceites usados , un incremento en el contenido de cenizas usualmente indica un incremento de los contaminantes tales como polvo y suciedad, desgaste metálico , y posiblemente otros contaminantes tales como sales de plomo , las cuales se derivan a partir de la combustión de las gasolinas de plomo en los motores de combustión interna .

4.1.13 Corrosión

Puesto que los productos derivados del petróleo están usualmente , en contacto con metales , se requiere que satisfagan algunos ensayos que se hacen para determinar su acción corrosiva sobre estos metales . Uno de los elementos comúnmente encontrados en los aceites es el azufre que muestra una tendencia natural a atacar el cobre . Las pruebas consisten en verificar el grado de decoloración en láminas de cobre , hierro y acero después de un determinado número de horas a temperatura específica .

Productos tales como aceites preventivos contra la herrumbre , aceites para motor , turbinas de vapor conteniendo aditivos , aceites azufrados , deben satisfacer ensayos hechos en condiciones severas que den el grado de protección ofrecida por esos productos a las superficies metálicas .

La prueba de Prevención de Herrumbre indica la capacidad del aceite lubricante, para evitar la corrosión durante la lubricación de partes ferrosas en presencia de agua .

La corrosión de partes mecánicas , tuberías y tanques , en contacto con la lubricación , origina elevados costos de mantenimiento .

Para determinar la posible corrosión que un aceite pudiese causar en un metal se coloca una barra de acero en un recipiente con aceite y agua a 60°C durante 20 horas , y los resultados se reportan como pasa ó falla . El grado de falla puede ser ligero , moderado o severo .

Este método corresponde al ASTM D 665 .

4.1.14 Lámina de Cobre

Usada para determinar la presencia de azufre libre y compuestos corrosivos de azufre en el lubricante . Este ensayo se realiza , según la norma ASTM D 130 ,

exponiendo una lámina de cobre , perfectamente pulida , a la acción del aceite durante tres horas a la temperatura de 100°C. Por el aspecto y coloración que presenta dicha lámina al finalizar el ensayo , se deduce el grado de corrosión que ha sufrido , al compararla con las coloraciones de una placa normalizada .

Los resultados pueden ser interpretados como "positivo " o "negativo" .

La mayor parte de los aceites puros minerales son absolutamente inofensivos frente a los metales que constituyen los mecanismos a lubricar . No obstante es de interés determinar la tendencia que presenta un lubricante para provocar corrosiones en los metales blandos tales como en cojinetes antifricción .

Los aceites bien refinados y que no contengan cierto tipo de aditivos , no atacan sensiblemente al cobre , pero sí pueden hacerlo por causa de su previa degradación , presencia de contaminantes, o especial aditivación .

4.1.15 Número de Neutralización

Representa el número de miligramos de KOH (Hidróxido de Potasio) necesario para neutralizar un gramo de aceite .

Este ensayo es importante para el control de aceites usados que podrán acumular productos ácidos como resultado de su propia oxidación .Mide el desarrollo de productos perjudiciales en los aceites .

4.1.16 Residuo al Carbón .

El residuo de carbón de un aceite lubricante es la cantidad de depósitos carbonosos , en porcentaje en peso , que deja un aceite después de someterlo a calentamiento extremo en ausencia de aire .

En la prueba , los aceites de cualquier tipo de crudo muestran incremento de residuos con el incremento de sus viscosidades . Los aceites destilados muestran valores inferiores de aquellos con viscosidad similar . Los aceites de tipo nafténico usualmente muestran residuos menores de aquellos de viscosidad similar pero de base parafínica . El tratamiento de refinación más severo para aceites nos dará el valor más bajo de residuo al carbón , contando también los tratamientos con solvente , hidrotratamiento , filtración o tratamiento ácido .

Aunque muchos aceites lubricantes terminados ahora contienen aditivos que pueden contribuir significativamente a la cantidad de residuos determinada en la prueba, su efecto en el desempeño es distintamente beneficioso.

Originalmente la prueba de residuo al carbón fué desarrollada para determinar la tendencia en la formación de carbón de los aceites de cilindros para vapor .

En los años siguientes , intentos sin éxito fueron realizados para relacionar los valores de residuo al carbón con la cantidad de carbón formado en la cámara de combustión y sobre los pistones de los motores de combustión interna .

Desde que tales factores como la composición del combustible y las condiciones mecánicas y de operación del motor , así como otras propiedades del aceite lubricante son de igual ó mayor importancia , los valores de residuo al

carbón por sí sólo únicamente tienen un significado limitado . La determinación de residuo al carbón es ahora hecha principalmente en los aceites base para fabricar aceites de motor ; los aceites minerales para aceites de motor , tales como los aceites para aviación ; y algunos productos del tipo cilindro pesado . En estos casos , la determinación es una indicación del grado de refinación al cual el producto fué sometido .

El Método ASTM donde se describe la prueba es el ASTM D 18952 . Otro método que calcula éste residuo es el ASTM D 52452T , llamado Método Ramsbottom .

4.1.17 Punto de Anilina

El punto de anilina de un aceite viene definido como la temperatura mínima a la que , una mezcla a partes iguales de aceite y anilina , llega a solubilizarse totalmente .

Esta característica se determina por medio de un ensayo en el que se produce una agitación entre el aceite y la anilina , controlando la temperatura.

Dada su estructura molecular cíclica , la anilina muestra mayor solubilidad hacia los aceites aromáticos o nafténicos que hacia los parafínicos , de cadena abierta . Por ello el punto de anilina orienta sobre la estructura de los hidrocarburos constituyentes del aceite . Su valor tiene importancia al evaluar el comportamiento del lubricante frente a materiales de goma y elastómeros .

Se determina según ASTM D 611 , expresado en °C .

4.2 Aditivos

Un aceite lubricante se elabora con un aceite o con una mezcla de aceites básicos a los cuales generalmente se les agrega un paquete de aditivos.

Los aditivos se incorporan a los aceites en muy diversas proporciones desde partes por millón , hasta el 20% en peso en algunos aceites de motor . Cada aditivo tiene una o varias funciones que cumplir , clasificándose al respecto, como uni o multifuncionales .

En pocas palabras , los aditivos son compuestos químicos que se agregan al aceite base con la siguiente finalidad :

1. Limitar el deterioro del lubricante a causa de fenómenos químicos ocasionados por razón de su entorno o actividad .
2. Proteger a la superficie lubricada de la agresión de ciertos contaminantes .
3. Mejorar las propiedades fisico-químicas del lubricante .
- 4 . Disminuir propiedades adversas o indeseables que se encuentren en el lubricante .
5. Proporcionarle nuevas propiedades al lubricante .

Los primeros aditivos para aceites lubricantes fueron usados durante 1920 y su uso se ha incrementado tremendamente. Hoy en día , prácticamente todos los tipos de aceites lubricantes contienen al menos un tipo de aditivo , y algunos aceites contienen varios tipos diferentes de aditivos .

4.2.1 Actuación de un aditivo frente a otro y ante el aceite base.

Naturalmente , los aditivos deben ser solubles en el aceite base , y el efecto que le confieren es , en algunos casos , peculiar para el aceite en el que se incorpora , o sea, que un aditivo que es efectivo en un aceite puede no serlo , al menos en el mismo grado, en otro . A esta propiedad se le puede denominar *susceptibilidad del aceite para con el aditivo* .

Al formular la composición de un aceite multiaditivado, se tiene muy en cuenta el comportamiento de los aditivos entre sí . Su compatibilidad es una característica muy importante .

En mezcla con el aceite , dos o más aditivos son compatibles si no dan lugar a reacciones que formen compuestos indeseables o que mermen considerablemente, o bien anulen los efectos que se persiguen . Por otra parte, se da el caso , debido a un efecto de sinergismo de que algunos aditivos vienen a reforzar la acción propia de otros .

Por todo lo expuesto , se comprende que cuando sea necesario reponer el nivel de aceite en un sistema que contenga aceite aditivado , se utilice el mismo tipo que se está usando .

Hoy en día . la mayoría de lubricantes necesitan su aditivación para llevar a buen fin su misión encomendada . Conforme los aditivos se van degradando con el uso, el aceite va perdiendo sus propiedades iniciales , y por ello se comprende que sea necesario el respetar los periodos de cambio estipulados para la renovación de aquél no sobrepasándolos .

En adición a sus efectos primarios beneficiosos , los aditivos pueden tener efectos de un lado detrimente , especialmente si la dosis es excesiva o si las interacciones con otros con otros aditivos ocurren . Es responsabilidad del formulador del aceite el alcanzar un balance de los aditivos para obtener un desarrollo óptimo , y para asegurar mediante pruebas que esta combinación no exhibe efectos de un lado no deseable . Cuando esto se ha alcanzado , es usualmente innecesario y no deseable para el usuario del aceite el añadir aditivo suplementario .

4.2.2 Tipos de Aditivos .

Los aditivos comunmente más utilizados serán discutidos a continuación. Aunque como se mencionó , algunos son multifuncionales , como en el caso de ciertos mejoradores del indice de viscosidad los cuales también funcionan como como depresores del punto de fluidez o dispersantes , ellos serán discutidos únicamente en términos de sus funciones primarias :

- a) Detergente y Dispersante
- b) Depresor del Punto Mínimo de Fluidez
- c) Mejorador del Indice de Viscosidad
- d) Antiespumantes
- e) Antioxidantes
- f) Inhibidores de la Corrosión
- g) Antidesgaste
- h) Extrema Presión
- i) Modificadores de Fricción
- j) Emulsionantes

En la figura 4.20 se muestra el paquete típico de aditivos para aceites de motor . Dicho paquete corresponde al 10% del aceite terminado y los porcentajes mostrados se reportan tomando el paquete como 100% .

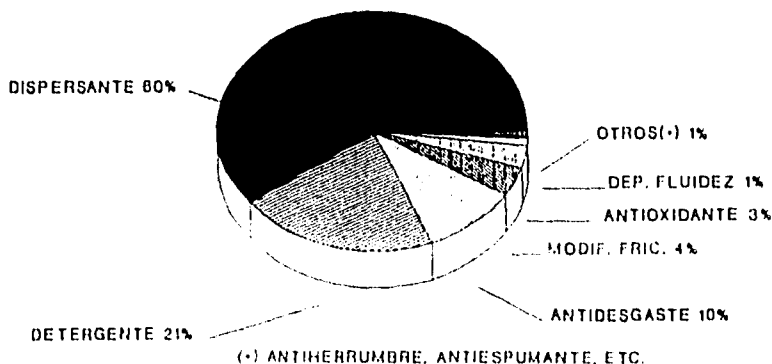


Fig.4.20 Paquete de aditivos para aceites de motor .

a) Detergentes y Dispersantes .

En el servicio de los motores de combustión interna , una variedad de efectos tienden a causar el deterioro del aceite y la formación de depósitos dañinos .

Estos depósitos son generalmente duros para removerse excepto mediante mecanismos de limpieza y pueden :

- a) interferir con la circulación del aceite,
- b) crecer al lado de los anillos de los pistones ,
- c) provocar que los anillos se peguen y se desgaten rápidamente ,
- d) afectar los huelgos y funcionamientos adecuados de los componentes críticos , tales como elevadores de las válvulas hidráulicas .

El uso de detergentes y dispersantes en el aceite puede retardar la formación de estos depósitos y reducir el grado en que estos se depositan en las superficies de los metales .

Los detergentes generalmente son considerados ser aquellos compuestos que químicamente neutralizan los depósitos precursores que se forman bajo condiciones de alta temperatura ó que son el resultado de los combustibles quemados con alto contenido de azufre .

Los dispersantes , son compuestos químicos que se dispersan ó suspenden potencialmente materiales de formación de lodo en el aceite , particularmente aquellos formados durante las bajas temperaturas de operación cuando la condensación y el combustible parcialmente quemado encuentra su camino en el aceite .

No hay una línea violenta ó demarcación entre los detergentes y los dispersantes .

Los principales detergentes utilizados hoy en día son los jabones orgánicos y las sales de metales alcalinos tales como el bario , el calcio , y el magnesio.

Estos materiales son frecuentemente referidos como compuestos organometálicos .

El bario, el calcio y los sulfonatos de magnesio, fenatos de bario y calcio son ampliamente usados , y los fosfonatos de bario son todavía utilizados en ciertas aplicaciones .

Los sulfonatos y los fenatos , pueden ser neutros ó sobrebásicos , esto es, que contengan más del metal alcalino que se requiere para neutralizar los componentes ácidos usados en hacer el aditivo .

Los materiales sobrebásicos son ampliamente usados en los aceites de motores a diesel para neutralizar los ácidos fuertes formados a partir de la combustión del azufre en el combustible . Esta neutralización reduce la corrosión y el desgaste corrosivo y minimiza la tendencia de estos ácidos para que causen la degradación del aceite .

Los materiales sobrebásicos generalmente no se usan a altas concentraciones en los aceites de motor a gasolina donde al contenido de azufre es mucho menor, pero son usualmente incluidos para ayudar a reducir la corrosión a bajas temperaturas de operación .

Ambos , los materiales sobrebásicos y los neutros también actúan para dispersar y suspender el potencial de los materiales formadores de barnices que resultan de la oxidación del aceite , previniendo además que se depositen en las superficies del motor .

En algunos casos , el uso de estos detergentes organo-metálicos , puede ser detrimento ya que estos en combustión , dejan un residuo cenizoso y esta ceniza pudiese contribuir como depósito a la cámara de combustión .En otros casos , puede ser de beneficio en aquellos en que la ceniza provea de revestimientos resistentes al desgaste en superficies tales como las de las caras y asientos de las válvulas .

Los dispersantes típicos (también llamados dispersantes poliméricos y dispersantes sin cenizas) que se usan hoy en día son descritos como succianamidas poliméricas , olefinas / P2S5 productos de reacción , poliésteres, y benzilamidas .

Estas se basan en largas cadenas de hidrocarburos los cuales son acidificados y luego neutralizados con compuestos que contienen nitrógeno base. La porción de hidrocarburo da solubilidad en el aceite , mientras que la porción nitrógeno provee un sitio activo que atrae y retiene depósitos potenciales de materiales de formación para mantenerlos suspendidos en el aceite .

Mientras que el uso primario de los aceites con aditivos detergentes y dispersantes es en los aceites para motor , el incrementar las cantidades de estos está siendo usado en productos tales como los fluidos de transmisión automática y en aceites de circulación para servicios de alta temperatura .En estas aplicaciones , los detergentes y los dispersantes ayudan a prevenir los depósitos de laca y barniz resultantes de la oxidación del aceite , y de esta manera refuerzan los efectos de los inhibidores de la oxidación .

Un factor esencial bajo estos tipos de contaminantes , es un drenado regular y reemplazo del aceite para que de este modo los contaminantes que existan en él sean removidos del motor antes de que la capacidad del aceite para soportarlos se exceda .

b) Depresor del Punto Mínimo de Fluidex

Estos son polímeros de elevado peso molecular que funcionan inhibiendo la formación de estructuras cristalinas de cera mismas que pueden impedir el flujo de aceite a bajas temperaturas .

Cuando los aceites parafínicos son enfriados , los cristales de cera se separan del aceite , armando un conglomerado de cristales que obturan al fluido del aceite e impiden que éste fluya . También es posible que el fluido del aceite se adsorba en estos cristales.

Los depresores del punto de fluidez aparecen funcionando depositándose ó adsorbiéndose en los cristales de cera e impidiendo a estos que se conglomeren, reduciendo marcadamente el tamaño de los cristales de cera. formados .

Dos tipos de polímeros son generalmente usados :

1. Polímeros Alquilaromáticos , adsorbidos en los cristales de cera conforme se van formando , impidiendo a estas el crecimiento y la unión de unas con otras.

2. Polimetacrilatos co-cristalizados con cera impidiendo la formación de cristales .

Los aditivos no impiden del todo la formación de cristales de cera , pero mas bien disminuyen la temperatura a la cual esas estructuras rígidas se forman.

Dependiendo del tipo de aceite , una depresión de la temperatura de fluidez arriba de los 50°F (28°C) puede ser alcanzada mediante pequeñas concentraciones de estos aditivos , pero es más común una disminución de la temperatura mínima de fluidez cerca de los 20 a 30°F (11 a 17°C) .

Estos materiales hacen posible la producción de aceites con bajo punto de fluidez sin prolongados desparafinados . En suma , para ser un depresor del punto de fluidez , estos materiales son mejoradores del IV . Desde que es más económico el producir aceites que tengan bajos puntos de fluidez mediante el uso de estos depresores que con el desparafinado , el amplio uso de estos materiales continuará . Los aditivos multiusos , que no sólo disminuyen el punto de fluidez pero que también mejoran el IV y las características detergentes de los aceites está incrementándose .

c) Mejoradores del Indice de Viscosidad .

Estos son polímeros de largas cadenas y alto peso molecular que funcionan mediante el incremento de la viscosidad relativa de un aceite , más a altas temperaturas que como lo hacen a bajas temperaturas .

Generalmente esto resulta desde que el polímero comienza a cambiar su configuración física con el incremento de la temperatura de la mezcla . Se postula que en el aceite frío las moléculas del polímero adoptan una forma enrollada así que su efecto en la viscosidad es minimizado.

En el aceite caliente , las moléculas tienden a desenmarañarse , y la interacción entre estas largas moléculas y el aceite produce un efecto de engrosamiento proporcionalmente grande .

Aunque la mezcla polímero - aceite decrece en viscosidad con el aumento de la temperatura , esta no decrece tanto como lo haría el aceite si estuviera solo.

Entre los principales mejoradores del IV están los polímeros de metacrilato y copolímeros , y copolímeros de estireno-butadieno . El grado de mejoramiento del IV de estos materiales es una función de la distribución del peso molecular del polímero .

Las moléculas largas en los mejoradores de IV están sujetas a la degradación debida al corte mecánico que se presenta en servicio . El rompimiento de los cortes ocurre mediante dos mecanismos . El rompimiento temporal ocurre bajo ciertas condiciones de corte (stress) moderado dando como resultado una pérdida de viscosidad temporal . Aparentemente , bajo estas condiciones las moléculas largas mejoradoras del IV se alinean en dirección al corte (stress) de ahí que exista menor resistencia al flujo . Cuando el stress se elimina , las moléculas regresan a su arreglo usual y la temporal pérdida de viscosidad se recupera . Este efecto puede ser beneficioso en aquel donde este pueda reducir temporalmente la fricción del aceite para permitir un arranque más fácil , como cuando el motor está frío . El stress permanente de corte ocurre cuando las fuerzas de corte realmente rompen las moléculas largas, convirtiéndolas en materiales de bajo peso molecular que son menos efectivas como mejoradoras del IV . Esto resulta en una pérdida permanente de viscosidad , en la cual los polímeros pueden ser significantes.

Esto es generalmente el factor limitante que controla la cantidad máxima de mejorador de IV que puede ser usada en una mezcla particular de aceite .

Los mejoradores de IV son utilizados en la elaboración de aceites de motor, fluidos de transmisión automática , fluidos para tractor de uso múltiple . También son usados para aceites de engranes en algunos casos .

Su uso permite la formulación de productos que proveen una lubricación satisfactoria sobre muchos rangos de temperatura , lo que no se puede con aceites de base mineral por sí solos .

En las aplicaciones hidráulicas para aviación la necesidad de tales fluidos es suprema. Aquí la viscosidad debe ser mantenida dentro de ciertos límites , de otro modo la eficiencia volumétrica de las bombas es afectada , y resultan variaciones de presión las cuales se reflejan en las respuestas de control .

De los muchos tipos de materiales propuestos como mejoradores de IV para los aceites del petróleo , sólo tres han alcanzado importancia comercial :

1. Los polibutenos , que fueron los primeros polímeros utilizados para este propósito.
2. Los ésteres de polimetacrilato son otras clases importantes de mejoradores de IV .
- 3 . El polialquilestireno, el cual no es muy ampliamente comercializado.

Estos tres materiales varían en su efectividad de acuerdo con la naturaleza de la base del aceite así como con su viscosidad e IV. De ahí que un sólo material no sea igualmente efectivo en todos los aceites .

Cuando los polímeros engrosadores de aceites para motor fueron al principio introducidos , muchos creían sus ventajas aparentes equipararían con sus limitaciones .Desde que son más volátiles que los aceites del petróleo , sus características de consumo de aceite fueron cuestionadas .

Aunque el consumo de aceite se relaciona con la volatilidad , se pudo detectar que no hay diferencias en el consumo debido a la volatilidad entre los aceites con punto de ebullición arriba de los 680°F , a presión atmosférica.

El consumo de aceite está también relacionado con la viscosidad . Como las viscosidades de los aceites engrosados con polímeros decrecen al incrementar el esfuerzo cortante , sus viscosidades de operación pueden ser consideradas menores que aquellas determinadas con métodos convencionales a bajos esfuerzos de corte . Otros experimentos han demostrado una marcada reducción en el consumo de aceite con aceites engrosados con polímeros . También se encontró que no hay diferencias en el consumo de aceite con la adición de mejoradores de IV en el aceite base . Subsecuentes resultados demostraron que el consumo de aceite está relacionado a la viscosidad del aceite convencional a 300°F , pero no se encontraron diferencias significantes en el consumo de aceite entre los aceites puros y aquellos con polímeros . Por otro lado , menores valores en el coeficiente de fricción se obtuvieron en motores lubricados con aceites con polímeros .

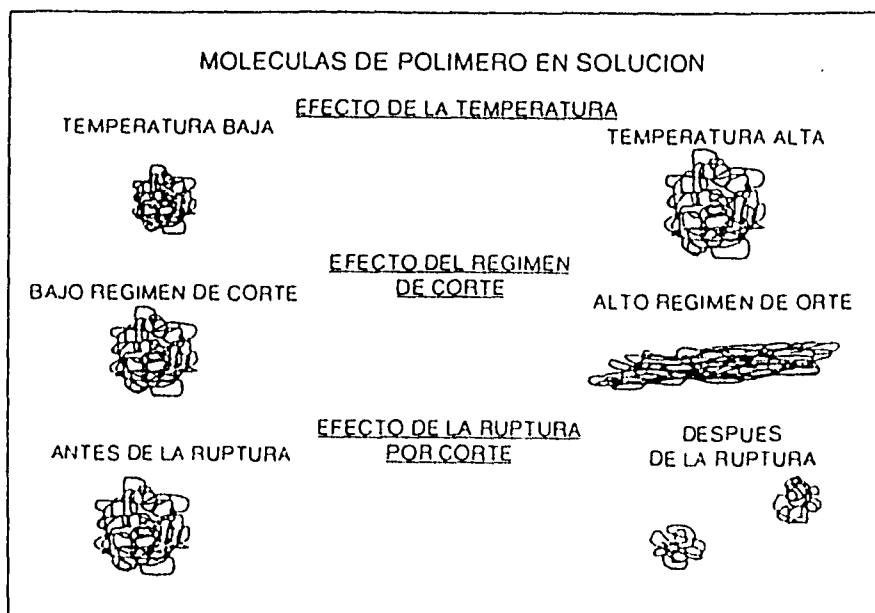


Fig.4.21 Representación esquemática de moléculas un polímero mejorador del Índice de Viscosidad .

d) Antiespumantes

La habilidad de los aceites para resistir la espumación varía considerablemente dependiendo del tipo de crudo del aceite , tipo y grado de refinación , y viscosidad .

En muchas aplicaciones , puede existir considerable tendencia a agitar el aceite y causar espumación , mientras que en otros casos aún pequeñas cantidades de espuma pueden ser de gran problema . En todos estos casos , un antiespumante tendrá que ser añadido al aceite .

Los polímeros de silicón usados en pocas partes por millón son los antiespumantes más ampliamente utilizados . Estos materiales son marcadamente solubles en aceite , y la selección correcta en el tamaño del polímero es crítica si el asentamiento durante largos periodos de almacenaje se desea evitar. También , esto puede incrementar la entrada del aire en el aceite.

Algunas veces son utilizados polímeros orgánicos para superar estas dificultades que se presentan con los silicones , aunque concentraciones más grandes son requeridas .

Se ha pensado que las moléculas de antiespumante atacan por sí solas a las burbujas de aire , produciendo puntos de debilidad . Las burbujas , entonces , se unen en largas burbujas las cuales suben más rápidamente a la superficie de la capa de espumas y ahí se rompen , liberando el aire .

•) Antioxidantes .

Cuando el aceite es calentado en presencia de aire , la oxidación se lleva a cabo . Como resultado de esta oxidación , la viscosidad del aceite y la concentración de los ácidos orgánicos en el aceite , se incrementan , y los depósitos de laca y barniz se pueden formar en las superficies de metal caliente expuestas al aceite .

El grado al cual continúe la oxidación es afectado por muchos factores. Como la temperatura se incrementa , el grado de oxidación se incrementa exponencialmente .

Mayor exposición al aire (y al oxígeno que contiene) , ó mediante una mezcla más íntima con él , podrá también incrementar el grado de oxidación .

Muchos materiales , tales como los metales , particularmente el cobre , y los ácidos orgánicos y minerales , pueden actuar como catalizadores ó promotores de la oxidación .

Aunque el mecanismo completo de oxidación del aceite no está muy bien definido , es generalmente reconocido como que procede de los radicales libres de la cadena de reacción . Los iniciadores de la cadena de reacción están formados primeramente de moléculas de aceite inestable , y estas reaccionan con oxígeno para formar radicales peróxido los cuales en su turno atacan el aceite no oxidado para formar nuevos iniciadores e hidroperóxidos .

Cualquier material que puedan interrumpir la reacción en cadena podrán inhibir la oxidación .

Dos tipos generales de inhibidores de oxidación son utilizados : aquellos que reaccionan con los iniciadores, radicales peróxido e hidroperóxidos , para formar compuestos inactivos , y otros que descomponen estos materiales para formar compuestos menos reactivos .

A temperaturas menores de 200°F (93°C) , la oxidación ocurre lentamente y los inhibidores del primer tipo son efectivos . Ejemplos de este tipo que obstaculizan la oxidación son fenoles y aminas aromáticas . Estas son usadas en productos tales como para turbinas, de circulación , y aceites hidráulicos los cuales son propuestos para servicios prolongados y moderadas temperaturas .

Cuando la temperatura de operación excede de los 200°F (93°C) , los efectos catalíticos de los metales se tornan como factores importantes para promover la oxidación del aceite . Bajo estas condiciones , los inhibidores que reducen los efectos catalíticos de los metales deberán ser utilizados . Estos materiales usualmente reaccionan con las superficies de los metales para formar revestimientos protectores y por esta razón algunas veces son llamados *desactivadores de metales* .

Ejemplos típicos de este tipo de aditivos son los ditiófosfatos , principalmente ditiófosfatos de zinc . Los ditiófosfatos también actúan para descomponer los hidroperóxidos a temperaturas arriba de 200°F (93°C) , así que ellos inhiben la oxidación mediante este mecanismo .

Los inhibidores de oxidación no pueden impedir totalmente la oxidación del aceite cuando las condiciones a las que éste está expuesto son severas , y algunos tipos de aceites son inhibidos en mucho mayor grado que otros . Los inhibidores de oxidación , por lo tanto no son cura-todo , y la formulación de un aceite satisfactoriamente estable requiere una refinación adecuada del básico apropiado combinado con una cuidadosa selección del tipo y concentración del inhibidor de oxidación .

Los antioxidantes son los aditivos de los lubricantes más ampliamente usados desde que el deterioro por oxidación es uno de los factores principales para determinar la vida de un lubricante

f) Inhibidores de la Corrosión

Un número de tipos de corrosión pueden ocurrir en sistemas que emplean aceites lubricantes . Probablemente los dos tipos más importantes son corrosión por ácidos orgánicos que se desarrolla en el propio aceite , y corrosión por contaminantes que es tomada y llevada por el aceite .

Una de las áreas donde la corrosión por ácidos orgánicos puede ocurrir es en los motores de combustión interna , en donde se utilizan ciertos soportes los cuales están sometidos a altas fuerzas y están hechos a base de aleaciones de ciertos metales , tal como la aleación cobre-plomo o plomo-bronce , y son realmente atacadas por los ácidos orgánicos en el aceite .

Los inhibidores de corrosión forman una capa protectora en las superficies de las superficies de los soportes insertados (cojinetes) que previene de los materiales corrosivos del alcance ó ataque del metal . La película también puede ser adsorbida en el metal ó químicamente unida a él . El aditivo usado para éste propósito es primariamente ditiófosfato de zinc, pero otros materiales conteniendo sulfuros ó fosfuros pueden ser también utilizados .

Por otra parte , durante la combustión en motores de gasolina ó diesel , ciertos materiales en el combustible , tal como el azufre , pueden quemarse para formar ácidos fuertes . Estos ácidos después se pueden condensar en las paredes del cilindro y ser llevados a otras partes del motor mediante el aceite . El desgaste corrosivo de los anillos y de las paredes del cilindro , y la corrosión del árbol de levas , y otros componentes del motor podrán después ocurrir .

Se ha encontrado , que la inclusión de materiales altamente alcalinos en el aceite podrá ayudar a neutralizar estos ácidos fuertes así como se van formando, reduciendo enormemente esta corrosión y el desgaste corrosivo . Estos materiales alcalinos también son utilizados para dar detergencia .

g) Antidesgaste

Los aditivos antidesgaste son utilizados en muchos aceites lubricantes para reducir la fricción , el desgaste , el rayado y el astillado ; bajo condiciones de lubricación a capa límite , esto es , cuando la lubricación abundante no puede mantenerse .

Como la película de aceite se va volviendo más delgada progresivamente , debido al incremento de la temperatura ó de la carga , el primer contacto entre las superficies a través de la película de aceite se realiza en las irregularidades o asperezas de ésta. Conforme estas asperezas hacen contacto , la fricción se incrementa y un soldamiento puede ocurrir .

Las soldaduras se rompen inmediatamente que el deslizamiento continúa , pero esto puede formar nuevas rugosidades a través de la transferencia del metal , y también formar partículas de desgaste las cuales pueden causar rayado.

Los materiales usados para prevenir el contacto metálico , dependiendo de la severidad de los requerimientos , son aceites grasos , ácidos y ésteres. Estos compuestos , algunas veces llamados aditivos de lubricación en capa límite, son materiales polares de cadena larga que forman una película adsorbida en las superficies del metal con las colas polares de las moléculas. La fricción es reducida , y las superficies se mueven más libremente relativamente con respecto a la otra .

El desgaste es reducido bajo condiciones de deslizamiento suave , pero bajo condiciones de deslizamiento severo las capas de las moléculas pueden ser quitadas así que su efecto de reducir el desgaste se pierde y se recomendará el uso de aditivos de Extrema Presión .

h) Extrema Presión

Como aditivos de Extrema Presión o E.P. se denominan aquellos productos químicos capaces de evitar el contacto destructivo metal - metal , una vez que ha desaparecido la película de lubricante bajo una lubricación hidrodinámica. Cuando esto ocurre , se dice que llegamos a una " lubricación límite ".

Esencialmente , todos los aditivos E.P. deberán contener uno o más elementos o funciones , tales como azufre , cloro , fósforo o sales carboxílicas , capaces de reaccionar químicamente con la superficie del metal bajo condiciones de lubricación límite .

La facilidad o " actividad " con que un aditivo E.P. puede reaccionar químicamente con la superficie del metal , determina en gran medida la aplicación del mismo : Aceites de corte , engranajes normales, hipoidales , aceites de turbinas , etc.

En estos , parece ser que el aceite que lo contiene actúa localmente en los puntos de máxima fricción para dar lugar a sulfuros , cloruros , etc., con una tensión de corte baja que les hace comportarse como un lubricante .

Típicos ejemplos de aditivos E.P. utilizados en la formulación de engranajes hipoidales son las cloroparafinas , aceites animales y vegetales sulfurizados y sulfo-fosforizados, mezcla de mono y di-alcoholfosfitos .

Donde las condiciones de operación no son tan severas , cual es el caso de los aceites de cárter , el agente E.P. más utilizado es ditiofosfato de zinc , ya que su propiedad E.P. une otras muy valiosas como : antioxidantes , anticorrosivos, etc.

A altas temperaturas o bajo altas cargas donde las condiciones más severas de deslizamiento existen , los compuestos llamados aditivos de extrema presión (EP) se requieren para reducir la fricción , controlar el desgaste, y prevenir daños severos en la superficie .

Estos materiales funcionan mediante reacción química con las superficies del metal de deslizamiento para formar películas en la superficie insolubles relativamente en el aceite .

La cinética de la reacción es una función de la temperatura de la superficie generada por las altas temperaturas que resultan del roce de las asperezas de la superficie , y de la ruptura en las uniones de estas asperezas. Aún con los aditivos de extrema presión en el lubricante , el desgaste de las superficies nuevas puede ser alto inicialmente .

i) Modificadores de Fricción

Son compuestos que , siendo solubles con el aceite , presentan una fuerte polaridad y aumentan la lubricidad de éste . Tal es el caso de los ácidos animales y vegetales , los cuales permiten en condiciones de lubricación límite, disponer sus moléculas adheridas a la superficie metálica mediante fuerzas de tipo electrostático e incluso químicas , protegiendo las superficies aún cuando existen fuertes cargas o presiones en superficies metálicas que se deslizan entre sí . Se utilizan en lubricación de guías , trenes de laminación y en ciertos tipos de engranajes .

j) Emulsionantes

Estos se emplean en los aceites que se destinan a la lubricación de maquinaria expuesta al agua , pues se forma una emulsión perfecta con ésta , evitando que el aceite sea desplazado o lavado con los órganos a lubricar .

Estas emulsiones estables son generalmente indeseables para cualquier otro mecanismo ; por tanto , sólo se recomiendan en aquellos casos que el servicio lo requiera , pues una emulsión estable reduce el poder lubricante (favorece la formación de herrumbre , y si existen filtros de aceite , éstos se obstruyen) . De ahí que solamente se utilicen estos aceites para maquinaria de cubierta en barcos y en algunos émbolos mecánicos de máquinas de vapor saturado , donde existen grandes condensaciones de vapor de agua .

4.3 Análisis Cualitativo de la presencia de aditivos en los lubricantes .

De acuerdo a la clasificación de los aceites lubricantes , mencionada en el Capítulo II , a continuación se presenta una tabla sobre los diferentes tipos de aditivos que éstos contienen .

TABLA 4.1

| Tipo de Aceite | Tipo de Aditivo | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------|------|-----|-----|-----|-----|------|----|-----|-----|--|
| | D/D | Depr | MIV | AEs | AOx | InC | ADes | EP | MFr | Ems | |
| 1. Aceites Automotrices | | | | | | | | | | | |
| 1.1 Para cárter | X | X | X | X | X | X | X | | X | | |
| 1.2 Para ejes y transm. manuales. | | | | X | X | X | | X | | | |
| 1.3 Para transmisiones automáticas. | | | | X | X | | X | | X | | |
| 2. Aceites Industriales | | | | | | | | | | | |
| 2.1 Hidráulicos | | | | X | X | X | X | | | | |
| 2.2 Turbinas | | | | X | X | X | | | | X | |
| 2.3 Acerías | | | | X | | X | | | | X | |
| 2.4 Engranajes | | | | X | X | X | | X | | | |
| 2.5 Máqs. Herramienta (1) | | | | | | | | | | | |
| 2.6 Gulas y correderas | | | | | | | | X | X | | |
| 2.7 Refrigeración | | X | | | X | | | | | X | |
| 2.8 Compresores | | | | X | X | X | | | | | |

Nomenclatura : D/D: Detergente/Dispersante ; Depr: Depresor del punto mínimo de fluidez; MIV: Mejorador del Índice de Viscosidad ; Aes: Antiespumante ; AOx: Antioxidante ; InC: Inhibidor de la Corrosión ; ADes : Antidesgaste ; EP: Extrema Presión ; MFr: Modificador de Fricción ; Em: Emulsionante; (1) Aceite Nafténico Mineral Puro .

CAPITULO V

SELECCION Y METODOS DE APLICACION

La selección correcta de un aceite lubricante se torna de gran importancia cuando se reflexiona que hoy en día la mayoría de las empresas se enfrentan al reto de lograr los menores costos de producción , para que , de tal modo sus productos se ofrezcan a un precio competitivo en el mercado . Probablemente se pregunten , qué relación existe entre una cuestión y la otra ; la respuesta está en lo siguiente :

Al tener una máquina operando con el lubricante correcto se disminuirán los paros por mantenimiento correctivo , el período de depreciación de la máquina se alarga , se disminuyen los riesgos de que el equipo falle y no se cumpla con el objetivo de producción , etc.

Todo lo anterior , se traduce en menores de costos de producción y por lo tanto en ahorro de recursos por parte de la compañía .

5.1 Factores a Considerar

Muchos factores tienen que ser considerados en la selección del producto adecuado para lubricar un sistema hidráulico , un compresor , un motor , etc.

Los factores involucrados con el equipo para seleccionar un aceite lubricante son :

- 1 . **Condiciones de operación :**
 - Velocidad
 - Temperatura
 - Carga
2. **Diseño**
3. **Materiales**
4. **Medio Ambiente**
5. **Recomendaciones del Fabricante :**
 - Del Aceite
 - Del Equipo

Por ejemplo , para seleccionar un lubricante para cojinetes y engranes ; la velocidad , la carga y la temperatura deberán ser consideradas ; en la selección del aceite para un motor ; la velocidad , marca , modelo y tipo de combustible con el que opere deberán ser tomadas en cuenta ; en la maquinaria de una fábrica, los contaminantes del medio ambiente tendrán que ser evaluados en su posible efecto sobre el lubricante , etc .

Ahora bien , en el caso de que exista el Manual del Fabricante las características que éste dicte para el aceite, será la base a seguir para la selección del lubricante ; pues asumimos que es él quien conoce más que cualquier otra persona el equipo . Por el contrario , en caso de que el Manual ya no exista o que el equipo haya sido adaptado para realizar otras funciones , serán los demás factores (1,2,3 y 4) los que se tendrán por fuerza que analizar para tomar una decisión adecuada .

Una vez seleccionado el aceite , existen dos pruebas de que la decisión tomada fué correcta ; la primera se manifiesta con el buen funcionamiento del equipo y la segunda , mediante el análisis del aceite una vez que ha sido utilizado en el equipo. Este análisis de monitoreo nos indicará tanto las condiciones fisicoquímicas posteriores del aceite , así como las mecánicas del equipo en el periodo de servicio en que se haya tomado la muestra . Dichos análisis de aceite usado son proporcionados por las compañías fabricantes de lubricantes y generalmente son gratuitos una vez que se adquiere con ellas el aceite .

5.2 Metodos de Aplicación .

Después de seleccionar el lubricante adecuado para una determinada aplicación, éste debe ser entregado a los elementos que requieren de lubricación.

Dos categorías de aplicaciones de lubricante prevalecen - los métodos a toda pérdida , donde una pequeña cantidad de lubricante es aplicada periódicamente y después ésta sale del elemento lubricado y no tiene retorno ; y los métodos de reuso , donde el lubricante después de lubricar los elementos es colectado y recirculado para de nuevo lubricar .

Estos métodos de reuso se prefieren porque conservan al lubricante y minimizan las fugas y la contaminación ambiental .

5.2.1 Métodos a toda pérdida

Algunos engranes descubiertos y cables ; muchas cadenas y cojinetes con elementos rodantes son lubricados mediante métodos a toda pérdida .

El método más antiguo de aplicar los aceites es mediante un bote de aceite.

Lubricantes de viscosidad alta son utilizados en engranes descubiertos y en cables ; una brocha , una pistola o algo similar puede requerirse en lugar de un bote de aceite . Estas son algunas de las variaciones de aplicaciones manuales de aceite .

Aunque son ampliamente utilizadas , existen muchas desventajas en la lubricación manual . Inmediatamente después de la aplicación , existe comúnmente una sobreadministración de aceite, y por lo tanto ocurre un derrame excesivo de aceite .

Después continúa un período cuando más o menos una cantidad correcta de aceite está presente ; y finalmente , dependiendo de la frecuencia de aplicación , existe generalmente un período cuando una muy pequeña cantidad de aceite está presente . Durante éste último período , el desgaste y la fricción son elevadas .

También , con la aplicación manual , los puntos a lubricar pueden no ser lubricados , ya sea porque no se ven o porque se encuentran en una posición difícil o peligrosa de alcanzar .

Las fugas de aceite dentro de las partes de la máquina , piso , o en materiales inherentes al proceso pueden ser peligrosas y costosas en términos de seguridad y/o materiales de desperdicio . La lubricación manual es costosa tanto en términos de trabajo y porque las máquinas tienen más probabilidad de pararse y por lo tanto la producción .

Muchas herramientas se han diseñado y están siendo de amplio uso para cubrir las desventajas de la lubricación a mano .

El objetivo de estas herramientas es el alimentar continuamente o de un modo regular , y con intervalos frecuentes, las pequeñas cantidades de aceite con la mínima atención que sea posible .

Las herramientas antes mencionadas y que se consideran como métodos de lubricación a toda pérdida comprenden los siguientes :

- Por Mecha
- Por Copa Aceitera
- Por Cojín
- Por goteo a gravedad
- Atomizado

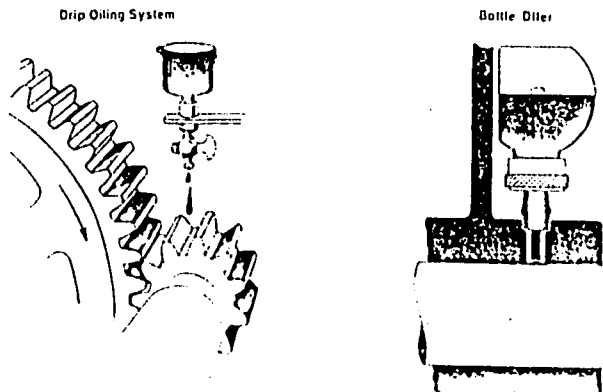


Fig.5.1 Métodos a toda pérdida

5.2.2 Métodos de Reuso

Los métodos de reuso en la aplicación de aceite incluyen los sistemas de circulación que proveen lubricación a una o más máquinas y los sistemas de un sólo depósito tales como los de baño , salpique , y anillos de aceite .

El término " sistema de circulación " generalmente se refiere a un sistema en el cual el aceite es entregado desde una reserva central hacia todos los cojinetes, engranes , y otros elementos que requieren de lubricación. Todo el aceite , sin considerar algunas pequeñas fugas , regresa al recipiente central y se vuelve a utilizar .

Dos variaciones principales a este tipo de sistema se usan - las llamadas alimentación por gravedad o por presión - o ambas combinadas. Donde se utiliza un recipiente independiente , una cantidad de aceite siempre retorna y siempre se encuentra aceite en el recipiente .

En los sistemas de alimentación por gravedad , el aceite es bombeado a un tanque elevado y después fluye por gravedad hacia los elementos que requieren de lubricación .

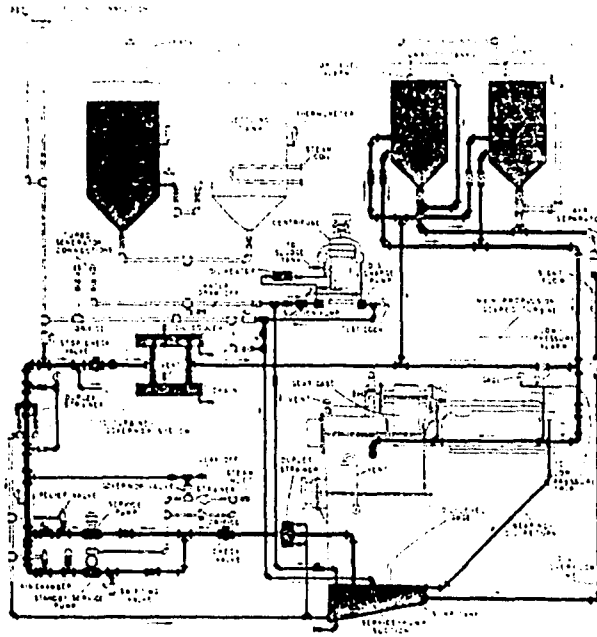


Fig.5.2 Sistema de Circulación por Gravedad para un turborreductor .

En ambos sistemas de circulación , frecuentemente la cantidad de flujo está determinada primariamente por el enfriamiento que se requiere . Esta cantidad de aceite usualmente será mayor que la que se necesita para la lubricación de los elementos . Los sistemas de enfriamiento y de purificación de aceite con frecuencia se incluyen en los sistemas de circulación .

Aunque los muchos tipos de aplicaciones de los sistemas de circulación requieren variaciones considerables de tamaño , arreglo , y complejidad , de un modo general , los sistemas de circulación pueden ser considerados en tres grupos :

1. Sistemas que cuentan con un compacto arreglo de bomba , reservorio , y tuberías para el aceite , construidas en la carcasa de una máquina .

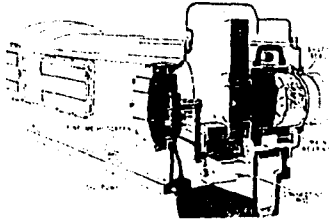


Fig.5.3 Sistema de alimentación por circulación a presión para un compresor.

2 . Sistemas que emplean un tanque multicompartimento combinando facilidades de almacenamiento y de purificación .

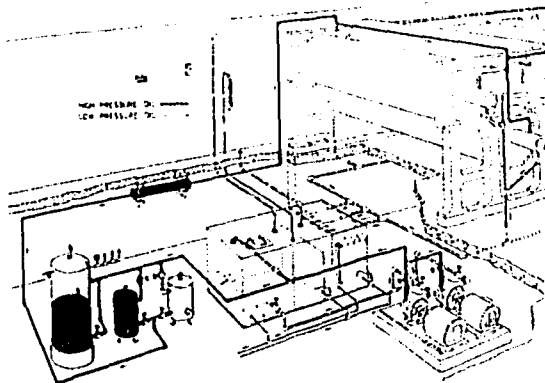


Fig.5.4 Sistema de circulación de un secador.

3. Sistemas que comprenden ensambles de unidades individuales incluyendo un recipiente , un enfriador de aceite , bombas , equipo de purificación , etc.

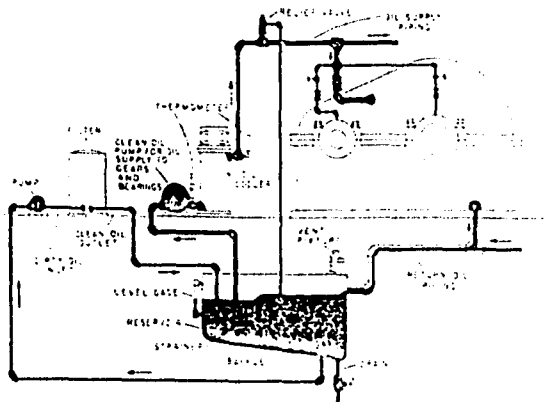


Fig.5.5 Diagrama de un Sistema de Circulación

5.3 Periodos de Cambio de Aceite .

a) Degradación de los Aceites Lubricantes .

La degradación de un aceite lubricante es el resultado de acciones generalmente externas sobre las características físicas y químicas o sobre ambas.

Una vez que los lubricantes están terminados , se les designa una específica y particular aplicación ; y una vez operando comenzará su degradación.

La exposición de estos bajo condiciones y materiales para los cuales ellos no han sido preparados puede acelerar su deterioración y ocasionar un peligro para el equipo donde está destinado , es decir que si no existe de antemano una correcta selección de estos su período de vida disminuirá .

La deterioración de un lubricante es la pérdida de las características que les confieren los aditivos para cubrir el servicio a que se les destina . Un aceite usado empieza a tornarse viscoso y sucio . Puede llegar a volverse corrosivo a los componentes del sistema y provocar lodos y depósitos . Necesariamente los aditivos pueden empezar a degradarse .

La contaminación por materiales abrasivos o corrosivos pueden causar serios peligros para el equipo . Los contaminantes algunas veces actúan como agentes catalizadores y aceleran el proceso degenerativo químico del lubricante.

3. Sistemas que comprenden ensambles de unidades individuales incluyendo un recipiente , un enfriador de aceite , bombas , equipo de purificación , etc.

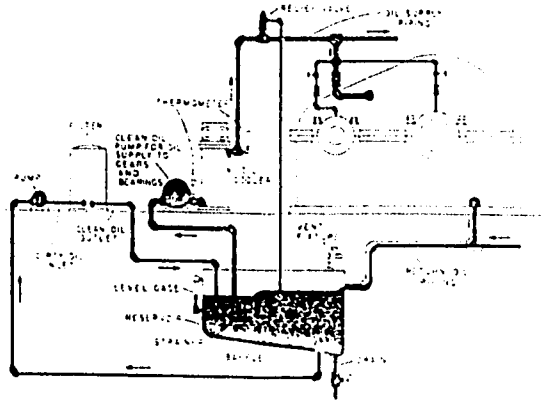


Fig.5.5 Diagrama de un Sistema de Circulación

5.3 Períodos de Cambio de Aceite .

a) Degradación de los Aceites Lubricantes .

La degradación de un aceite lubricante es el resultado de acciones generalmente externas sobre las características físicas y químicas o sobre ambas.

Una vez que los lubricantes están terminados , se les designa una específica y particular aplicación ; y una vez operando comenzará su degradación.

La exposición de estos bajo condiciones y materiales para los cuales ellos no han sido preparados puede acelerar su deterioración y ocasionar un peligro para el equipo donde está destinado , es decir que si no existe de antemano una correcta selección de estos su período de vida disminuirá .

La deterioración de un lubricante es la pérdida de las características que les confieren los aditivos para cubrir el servicio a que se les destina . Un aceite usado empieza a tornarse viscoso y sucio . Puede llegar a volverse corrosivo a los componentes del sistema y provocar lodos y depósitos . Necesariamente los aditivos pueden empezar a degradarse .

La contaminación por materiales abrasivos o corrosivos pueden causar serios peligros para el equipo . Los contaminantes algunas veces actúan como agentes catalizadores y aceleran el proceso degenerativo químico del lubricante.

La degradación se genera normalmente en función del :

- * Tiempo de servicio
- * Temperaturas del Sistema
- * Severidad del Servicio
- * Condiciones Ambientales
- * Defectuosa limpieza de los equipos .

b) Deterioración Física

Un lubricante no es apto para su servicio a causa de la acción directa de materias extrañas , tales como arena , bolas de soldadura , partículas metálicas y polvo abrasivo que puede penetrar en el sistema durante el montaje o instalación en planta .

Los contaminantes exteriores pueden penetrar a través de los retenes o sellos y del aceite sucio de otro mecanismo o bien por la aportación de lubricante incorrecto . Los contaminantes generados interiormente pueden ser de partículas metálicas de los propios mecanismos , óxido o material procedente de los retenes .

Por lo anterior , se recomienda que a cada llenado inicial o durante el mantenimiento de un equipo éste sea limpiado perfectamente con trapo , agua y jabón , así como también se realice una limpieza de filtros . Cabe mencionar que el uso de solventes para la limpieza no es recomendable .

c) Alteraciones Químicas

Incrementándose considerablemente la viscosidad del lubricante y los productos de la oxidación pueden llegar a obstruir con facilidad los pequeños conductos de engrase o reducir el flujo de aceite .

Los productos de oxidación pueden clasificarse en dos :

Acidos Orgánicos Solubles

Acidos Orgánicos Insolubles (gomas , barnices , resinas y asfaltos)

La oxidación en aceites inhibidos se presenta generalmente a partir de los 60°C. El tiempo de oxidación se empieza a acortar en función de las temperaturas del lubricante , de modo que se duplica el tiempo por cada 10°C de incremento de temperatura .

Contaminantes como el agua y metales actúan como catalizadores y aceleran la oxidación (gráfica ASTM D 943) . Asimismo el aire atrapado y mezclado con el aceite acelera la oxidación. Un aceite contiene normalmente el 10% de aire retenido en volumen .

Las excesivas temperaturas provocan la degradación térmica y pueden causar el craking o la polimerización del lubricante y de los aditivos ya que pueden ser inestables y transformarse en insolubles . Contaminantes químicos como el Cl y S pueden transformarse en lodos y depósitos pudiendo reaccionar , e inutilizar la acción de los aditivos .

Por lo expuesto anteriormente , un aceite debe cambiarse por las siguientes razones :

- * Es abrasivo
- * No sella de manera efectiva
- * No enfría eficientemente
- * No limpia adecuadamente
- * No protege al equipo en sus partes internas contra herrumbre y corrosión .

Tal y como se mencionó anteriormente los contaminantes de un aceite usado suelen ser :

polvo y partículas metálicas , agua y ácidos , hollín y depósitos , productos de oxidación , y también la dilución por combustible no quemado , y los aditivos degradados

Seleccionar el período de cambio adecuado no es tarea fácil ya que influyen muchos factores , tales como :

- ^ Marca y Modelo de la maquinaria .
- ^ Calidad del Aceite Utilizado .
- ^ Calidad del Combustible Utilizado .
- ^ Condiciones de Operación .
- ^ Hábitos de Mantenimiento .
- ^ Condiciones Mecánicas del Equipo .

Existen dos formas para tomar una decisión lógica sobre el cambio de aceite:

- 1) Siga las recomendaciones del fabricante :

Normalmente hacen recomendaciones en horas o kilómetros , basados en pruebas de campo .

- 2) Análisis del Aceite Usado :

Es muy eficiente ya que mediante pruebas de laboratorio se determina como se encuentra el aceite e inclusive las condiciones mecánicas de la maquinaria .

CAPITULO VI

ASOCIACIONES INTERNACIONALES RELACIONADAS Y NOMENCLATURA

La preparación de cualquier producto , naturalmente debe involucrar una cierta cantidad de patrones , con los cuales el producto pueda ser identificado ó reproducido, incluyendo peso , medida , resistencia , densidad, color , composición , etc., variando de acuerdo a la naturaleza del producto .No siendo la excepción a esta regla los productos derivados del petróleo , ya que siendo compuestos químicos , son evaluados en función de sus características químicas y físicas , llamadas **Especificaciones** .

Varios ensayos fueron creados e incorporados , por parte de Asociaciones Internacionales y fabricantes de equipo , para obtener tales Especificaciones ; de tal manera que se fijan los parámetros para la comercialización y elaboración de aceites lubricantes de estándares internacionales. Tales ensayos son desarrollados y aceptados por organizaciones de reconocida autoridad , como la American Petroleum Institute (API) , American Society for Testing and Materials (A.S.T.M.) , National Lubricating Grease Institute (N.L.G.I.) , etc .

El objetivo de éste capítulo es el presentar a todas aquellas instituciones que tienen alguna relación con los lubricantes , ya sea dictando especificaciones referentes al paquete de aditivos , a la viscosidad con que deban operar en un determinado motor o equipo industrial , al contenido de cenizas máximo remanente , etc .

Es decir , cada una de estas instituciones estipula , para la rama a la que le corresponde, las características deseadas en el aceite y así fabricantes de lubricantes sigan esos lineamientos (Texaco , Mobil , Exxon , Quaker State , etc) ; y posteriormente , el consumidor encuentre en el mercado el producto que el fabricante del equipo o una determinada asociación le recomienda .

6.1 Asociaciones Internacionales

- 1 . **AGMA** (**American Gear Manufacturers Association**)
 Asociación Americana de Fabricantes de Engranés
- 2 . **ASLE** (**American Society of Lubrication Engineers**)
 Sociedad Americana de Ingenieros en Lubricación
- 3 . **ASTM** (**American Society for Testing and Materials**)
 Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
- 4 . **CCMC** (**Comite des Constructeurs d'Automobile du Marche
 Commun**)
 Comité Europeo de fabricantes de Automóviles .

5. **API** (**American Petroleum Institute**)
 Instituto Americano del Petróleo
6. **ISO** (**International Standards Organization**)
 Organización Internacional de Normas
7. **MIL** (**Militares**)
 Asociación Militar de los Estados Unidos
8. **SRI** (**Southwest Research Institute**)
 Instituto de Investigación del Suroeste de Estados Unidos
9. **FDA** (**Foods & Drugs Administration**)
 Administración de Alimentos y Fármacos
10. **NLGI** (**National Lubricating Grease Institute**)
 Instituto Nacional de Grasas Lubricantes
11. **SAE** (**Society of Automotive Engineers**)
 Sociedad de Ingenieros Automotrices
12. **EPA** (**Enviromental Protection Agency**)
 Agencia de Protección Ambiental
13. **ANFLA**
 Asociación Nacional de Fabricantes de Lubricantes
14. **DIN**
 Deutsche Industrie Norm
15. **CMA** (**Chemical Manufacturers Association**)
 Asociación de Fabricantes de Químicos
16. **ATIEL**
 Association Technique de Industrie Europeene des Lubrifiants
17. **ILSAC** (**International Lubricants Standardization & Approval
 Committee**)
 Comité de Aprobación y Estandarización Internacional de
 Lubricantes

18. **JIS (Japanese Industrial Standards)**
Estándares Industriales Japoneses
19. **JASO (Japanese Automobile Standards Organization)**
Organización de Estándares Automotrices Japoneses
20. **EMA (Engine Manufacturers Association)**
Asociación de Fabricantes de Motores
21. **NMMA (National Marine Manufacturers Association)**
Asociación Nacional de Fabricantes Marinos

6.2 Nomenclatura

- cSt** Abreviatura de centistoke . Unidad de la viscosidad cinemática .
- cP** Abreviatura de centipoise . Unidad de la viscosidad dinámica .
- SUS** Abreviatura de Segundos Saybolt Universal . Unidad de viscosidad cinemática (4.65 SUS = 1 cst) .
- SFS** Abreviatura de Segundos Saybolt Furol .
- °E** Abreviatura de Grados Engler . Unidad de viscosidad cinemática , generalmente medida a 50' C .
- TBN** Número Total de Base (Total Base Number) . Exclusivo de los aceites automotrices .
- TAN** Número Total de Acidez (Total Acid Number) .
- R&O** Aceite con aditivos antiherrumbre y antioxidante (Rust and Oxidation) .
- HD** Aceite para trabajos severos (Heavy Duty) .
- EP** Aceite con aditivo de Extrema Presión .
- IV** Abreviatura de Índice de Viscosidad .
- AW** Aceite con aditivo antidesgaste (Antiwear) .

CAPITULO VII

ACEITES USADOS

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (conocida por sus siglas en inglés como EPA) define como aceite usado a todo aceite que ha sido contaminado con impurezas durante su uso . Un aceite contaminado puede ser tanto un aceite derivado del petróleo (mineral) o bien un sintético .

Los aceites sintéticos han sido incluidos en la definición debido a que la EPA ha determinado que éstos a menudo están contaminados con sustancias tóxicas y no se distinguen de los aceites usados minerales una vez recolectados . Por lo tanto , los aceites sintéticos deben ser regulados de forma similar a los aceites de base mineral.

7.1 Impacto Ecológico

La contaminación ambiental es un problema que día a día va ocupando una parte importante de las prioridades de ataque y solución de los diferentes sectores del país. Su resolución requiere de un conjunto de actividades en las que participen instituciones e individuos en múltiples combinaciones ; esta participación se da en formas variadas como : Legislación , Educación , Autocontrol y aún en el desarrollo de actividad industrial .

El aceite lubricante usado , actúa en el medio ambiente como un contaminante cuyas características más importantes se enlistan a continuación:

- 1) En las plantas forma películas superficiales que impiden la transferencia de oxígeno y el paso de luz
- 2) Cubre las agallas de los peces y les impide respirar .
- 3) Puede disminuir el contenido de oxígeno disuelto en el agua .
- 4) Destruye la vegetación existente a lo largo de las orillas . Afecta el uso de espacios para fines recreativos .
- 5) Imparte olor y sabor desagradable al agua .
- 6) Aumenta la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) .
- 7) Varios derivados del petróleo tienen efectos carcinogénicos .
- 8) Contiene elementos potencialmente peligrosos : Arsénico , Bario , Cadmio , Plomo , Zinc , Solventes clorinados y otros orgánicos.

El uso de aceite lubricante usado como combustible en áreas urbanas tiende a agravar la contaminación atmosférica , tanto por el humo que genera cuando la quema se efectúa en quemadores corrientes , como por la liberación a la atmósfera de los metales contenidos en solución y dilución .

7.2 Composición

Los aceites usados presentan una composición muy variada , dependiendo de : su procedencia , mezclas entre sí y tipo de contaminantes . En la Tabla 7.1 se presentan las características de los aceites usados y en la Tabla 7.2 se muestran las variaciones en la composición de los aceites usados para la automoción .

TABLA 7.1

| COMPOSICION DE LOS ACEITES USADOS | |
|--|-------------------|
| CARACTERISTICA | VALOR |
| Peso específico , 'API,15.6°C | 24 |
| Viscosidad , Centistokes a 37.8°C | 99 |
| Punto de fusión , 'C | - 37 |
| Punto de Inflamación , 'C | 146 |
| Poder calorífico , KJ/Kg (Btu/lb) | 38,230 (16,436) |
| Sedimentos y agua , % en peso | 11 |
| Azufre , % en peso | 0.43 |
| Cenizas , % en peso | 2 |
| Plomo , ppm | 3400 |
| Zinc , ppm | 1650 |
| Fósforo , ppm | 1250 |
| Fierro , ppm | 1025 |
| Bario , ppm | 1005 |
| Calcio , ppm | 1000 |
| Magnesio , ppm | 559 |
| Cobre , ppm | 177 |
| Estaño , ppm | 58 |
| Cromo , ppm | 29 |
| Plata , ppm | 1 |

TABLA 7.2

| VARIACIONES DE COMPOSICION EN LOS ACEITES USADOS | |
|---|-------------|
| CARACTERISTICAS | RANGO |
| Viscosidad , Centistokes a 40°C | 36 - 135 |
| Combustible % (vaporizable por debajo de 315°C) | 2 - 15 |
| Agua % en peso | 0 - 15 |
| Nitrógeno % en peso | 0.03 - 0.54 |
| Azufre , % en peso | 0.13 - 1.00 |
| Cloro , % en peso | 0.03 - 0.25 |
| PCB's (ppm) | < 5 - 50 |
| Plomo , ppm | 1 - 11 |
| Calcio , ppm | 600 - 3,720 |
| Zinc , ppm | 200 - 1500 |
| Bario , ppm | 2 - 1630 |
| Hierro , ppm | 10 - 600 |
| Magnesio , ppm | 3 - 500 |
| Cobre , ppm | 1 - 120 |
| Fósforo , ppm | 600 - 1410 |

7.3 Clasificación

Los diferentes tipos de Aceite Usado que se enunciarán a continuación , se pueden adquirir y mezclar entre sí :

a) Automotriz

- Motores de combustión interna diesel o gasolina .
- Camiones , automóviles , ferrocarriles , etc .
- Maquinaria agrícola , para la construcción .
- Motores marinos , diesel o gasolina , excepto los que son fuera de borda.

b) Hidráulico (no sintético)

- Sistemas Hidráulicos en general , excepto los que trabajen con otro tipo de fluido y aceites solubles .

c) Transmisión (excepto esfálticos)

- Cajas de engranes
- Motorreductores

d) Turbinas

e) Compresores

- De aire
- De gases de refrigeración

f) Transformadores

g) Templado

h) Textiles

i) Transferencia de Calor .

7.4 Concentraciones de Constituyentes

La magnitud de los riesgos a la salud que presenta la combustión de lubricantes usados depende de la concentración de constituyentes peligrosos en lubricantes usados .

Para un análisis del impacto de lubricantes en los E.U.A., la Agencia de Protección Ambiental (EPA, siglas en inglés) condujo un programa de muestreo y análisis para cuantificar los niveles de ciertos compuestos inorgánicos y orgánicos que se han identificado en lubricantes usados .

Aunque prevemos algunas diferencias significativas en las concentraciones de los constituyentes entre los lubricantes usados generados en México comparados con aquellos generados en los E.U.A., no fué posible obtener datos analíticos estadísticamente representativos de lubricantes usados en México .

En consecuencia , los análisis de beneficio se han basado en los datos de los E.U.A. como la fuente principal para caracterizar las concentraciones de los constituyentes .

Dado que se cree que es probable que algunas de las concentraciones de constituyentes en México sean más altas que aquellas en los E.U. (por ejemplo, concentraciones de plomo) , se han incluido valores de los peores casos de concentraciones de constituyentes presentes en lubricantes de los E.U.A., lo cual debería abarcar la escala más alta de riesgos asociados con el manejo de lubricantes usados en México .

La EPA utilizó , como antecedente , el muestreo y los datos generados por un programa de análisis en ocho categorías de generadores de lubricantes usados (con numerosas subcategorías divididas en segmentos selectos) :

- * Lubricantes y fluidos automotrices ;
- * Lubricantes y fluidos de motores diesel ;
- * Lubricantes marinos ;
- * Lubricantes / fluidos hidráulicos ;
- * Lubricantes de metalmecánica ;
- * Lubricantes de aislamiento eléctrico ;
- * Lubricantes de motores de combustión de gas natural ; y
- * Lubricantes de aviación .

Los resultados analíticos de la EPA encontraron una amplia variedad de concentraciones de constituyentes a lo largo de estas categorías de lubricantes usados .

TABLA 7.3
Concentraciones de Constituyentes en Lubricantes Usados
 (ppm)

| Tipo de Lubricante Usado | Arsénico | Bario | Cadmio | Cromio | Plomo |
|--|----------|-------|--------|--------|-------|
| Lubricantes y Fluidos Automotrices PROMEDIO | 1.2 | 9.9 | 1.6 | 3.3 | 71.3 |
| Lubricantes y Fluidos Automotrices PEOR CASO | 2.4 | 32.6 | 5. | 5. | 264 |

| Tipo de Lubricante Usado | Benceno | TCE | PCE | 1,1,1-TCA | PCA | B(a)P | PCBs |
|--|---------|-----|------|-----------|-----|-------|------|
| Lubricantes y Fluidos Automotrices PROMEDIO | 83 | 38 | 315 | 336 | 38 | 16 | ND |
| Lubricantes y Fluidos Automotrices PEOR CASO | 420 | 100 | 1700 | 2100 | 100 | 24 | 3.4 |

Legenda: TCE--tricloroetileno; PCE--tetracloroetileno; 1,1,1-TCA--tricloroetano; PCA--tetracloroetano; B(a)P--benzo(a)pirina; PCBs--bifenilos policlorados

Generalmente , los lubricantes no industriales mostraron concentraciones de constituyentes más altas que los lubricantes industriales .

Aún con la eliminación gradual de plomo en la gasolina automotriz en los E.U.A., el plomo siguió siendo un contaminante significativo en lubricantes usados (con concentraciones que excedían los 250 ppm en un caso) .

En la tabla se han resumido el muestreo de lubricantes usados y los datos de análisis de la EPA en dos categorías , representando tanto los valores promedio de lubricantes así como los valores de peores casos , con el fin de abarcar la multiplicidad de riesgos asociados con el manejo de lubricantes usados .

Debido a que las categorías de lubricantes y fluidos automotrices y de diesel presentaron las más altas concentraciones de entre las ocho categorías, se han adoptado dos valores de análisis , el valor promedio y el valor correspondiente al peor caso de esta categoría , como los dos valores representativos de concentraciones en lubricantes usados .

7.5 Usos, Generación y Disposición en México

Los principales usos que se da al aceite usado en México se muestran en la Tabla 7.4

TABLA 7.4

| USOS DEL ACEITE USADO EN MEXICO | |
|---------------------------------|--|
| TIPO DE INDUSTRIA | APLICACION |
| Ladrillera | Combustible |
| Cementeras | Combustible |
| Baños públicos | Combustible |
| Panaderías | Combustible |
| Minas | Compactación terrenos |
| Fundidoras | Templado |
| Construcción | Cimbras , moldes |
| Porcicultura | Insecticida |
| Industria química | Impemeabilizantes , mastiques y grasas |

7.5.1 Generación en México

En base a un estudio realizado por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA) en 1985 se estimó que el 55.9 % de los aceites utilizados para el transporte son recuperados como aceites usados , mientras que para el sector industrial se tiene una generación de aceites usados del 53.5%. Utilizando estas cifras se tiene que la generación de aceites usados en México en el sector automotriz fue de 239,570.51 m3 de los 401,997.09 m3 consumidos y de 92,953.31 m3 de los 107,653.46 m3 utilizados en el sector industrial .

Las grandes cantidades que se generan de aceite usado proceden de los motores y transmisiones de automóviles , camiones de carga o transporte público, metro , ferrocarriles , tractores , barcos , algunas motocicletas y en general todo vehículo motriz; teniéndose además los producidos por la industria en general en procesos de maquinado o templado de metales , en la lubricación de engranajes , turbinas , compresores , al actuar como dieléctrico en interruptores , servir como fluido transmisor de presión (prensas hidráulicas) y algunos otros tipos que dentro de la industria cumplen funciones específicas .

En la Tabla 7.5 se muestra el consumo de lubricantes y la generación de aceites usados por sector .

Los lugares en sí en donde se generan aceites usados son : Servicios de lubricación automotriz , agencias automotrices , Talleres de mantenimiento de flotillas de vehículos de carga y pasajeros , armadoras de automóviles , Industria pesada : minería , fundiciones , cementeras y construcción , Ingenios azucareros , industria metal - mecánica , Talleres de mantenimiento de maquinaria agrícola , Industria de plásticos , Flotas pesqueras con motores diesel , Hidroeléctricas , termoeléctricas , Industria petroquímica y en general donde existan sistemas hidráulicos y maquinarias de lubricación .

TABLA 7.5

| CONSUMO DE LUBRICANTES Y GENERACION DE ACEITES USADOS POR SECTOR | | |
|--|--------------------------------|--------------------------------------|
| SECTOR | CONSUMO DE LUBRICANTES (M 3) | GENERACION DE ACEITES USADOS (M 3) |
| TRANSPORTE | | |
| Automotriz : | 401,997.09 | 224,716.37 |
| Diesel | 167,391.00 | 93,571.80 |
| Gasolina | 173,806.40 | 97,157.78 |
| Transmisión y Diferencial | 60,799.27 | 33,986.79 |
| Otros para el Transporte : | 26,572.69 | 14,854.13 |
| Ferrocarriles | 14,311.34 | 8,000.04 |
| Marinos | 7,082.94 | 3,959.36 |
| Dos Tiempos | 1,368.46 | 764.97 |
| Aviación | 668.07 | 373.45 |
| Agrícolas | 3,141.89 | 1,756.31 |
| TOTAL | 428,569.78 | 479,141.01 |
| INDUSTRIALES | | |
| Hidráulicos | 86,882.35 | 46,482.06 |
| Engranajes | 22,769.70 | 12,181.79 |
| Turbinas | 11,321.38 | 6,056.94 |
| Textiles | 3,639.63 | 1,947.20 |
| A toda pérdida | 3,426.13 | 1,832.98 |
| Compresores | 1,713.79 | 916.88 |
| Bancada | 786.21 | 420.62 |
| Neumáticos | 398.15 | 213.01 |
| Maquinado de metales | 28,678.52 | 15,343.01 |
| Otros | 14,131.53 | 7,560.37 |
| TOTAL | 173,744.51 | 92,953.31 |
| OTROS ACEITES | | |
| Dieléctricos | 46,895.34 | |
| Térmicos | 4,163.96 | |
| Otros | 42.03 | |
| TOTAL | 51,101.33 | |
| GRASAS (ton) | 25,209.99 | |
| NO ESPECIFICADO | 2,725.40 | |
| TOTAL DE LUBRICANTES LIQUIDOS PRODUCIDOS : | | |
| 681 , 351 M 3 | | |

La estimación de los volúmenes generados de aceites usados por los automóviles y camiones a nivel estatal se muestran en las Tablas 7.6 y 7.7 .

TABLA 7.6

| CONSUMO DE LUBRICANTES Y GENERACION DE ACEITES USADOS POR ESTADO (AUTOMOVILES) | | |
|--|--------------------------------|--------------------------------------|
| ENTIDAD FEDERATIVA | CONSUMO DE LUBRICANTES (M 3) | GENERACION DE ACEITES USADOS (M 3) |
| Aguascalientes | 1,424.16 | 796.11 |
| Baja California Nte | 9,776.98 | 5,465.33 |
| Baja California Sur | 1,027.59 | 574.42 |
| Campeche | 923.53 | 516.25 |
| Coahuila | 5,399.17 | 3,018.14 |
| Colima | 1,258.48 | 703.49 |
| Chiapas | 1,711.68 | 956.83 |
| Chihuahua | 7,917.28 | 4,425.76 |
| Distrito Federal | 53,054.02 | 29,657.20 |
| Durango | 1,560.52 | 872.33 |
| Edo.de México | 17,805.62 | 9,953.34 |
| Guanajuato | 4,139.86 | 2,314.18 |
| Guerrero | 1,834.81 | 1,025.66 |
| Hidalgo | 1,778.76 | 994.33 |
| Jalisco | 11,032.67 | 6,167.26 |
| Michoacán | 3,615.54 | 2,021.09 |
| Morelos | 3,400.39 | 1,900.82 |
| Nayarit | 718.43 | 401.62 |
| Nuevo León | 8,315.87 | 4,648.57 |
| Oaxaca | 1,362.74 | 761.77 |
| Puebla | 5,882.64 | 3,288.40 |
| Querétaro | 1,485.29 | 830.28 |
| Quintana Roo | 842.07 | 470.72 |
| San Luis Potosi | 2,103.87 | 1,176.06 |
| Sinaloa | 2,815.17 | 1,573.68 |
| Sonora | 4,038.19 | 2,257.35 |
| Tabasco | 1,551.91 | 867.52 |
| Tamaulipas | 6,458.99 | 3,610.58 |
| Tlaxcala | 780.12 | 436.09 |
| Veracruz | 6,223.43 | 3,478.90 |
| Yucatán | 2,373.16 | 1,326.60 |
| Zacatecas | 1,193.47 | 667.15 |
| TOTAL | 173,806.40 | 97,157.78 |

TABLA 7.7

| CONSUMO DE LUBRICANTES Y GENERACION DE ACEITES USADOS POR EDO.(Camiones de carga y de pasajeros) | | |
|---|--------------------------------------|--|
| ENTIDAD FEDERATIVA | CONSUMO DE LUBRICANTES (M 3) | GENERACION DE ACEITES USADOS (M 3) |
| Aguascalientes | 2,209.57 | 1,235.15 |
| Baja California Nte | 6,944.74 | 3,883.23 |
| Baja California Sur | 1,573.48 | 879.58 |
| Campeche | 1,456.32 | 814.08 |
| Coahuila | 7,030.44 | 3,930.02 |
| Colima | 2,510.87 | 1,403.58 |
| Chiapas | 3,582.18 | 2,002.44 |
| Chihuahua | 13,056.53 | 7,298.60 |
| Distrito Federal | 10,629.34 | 5,941.81 |
| Durango | 3,465.00 | 1,934.94 |
| Edo.de México | 11,583.49 | 6,475.17 |
| Guanajuato | 6,796.09 | 3,799.01 |
| Guerrero | 2,343.48 | 1,310.01 |
| Hidalgo | 2,778.70 | 1,553.29 |
| Jalisco | 12,771.97 | 7,139.53 |
| Michoacán | 6,879.79 | 3,845.80 |
| Morelos | 3,548.70 | 1,983.72 |
| Nayarit | 1,724.13 | 963.79 |
| Nuevo León | 7,817.18 | 4,369.80 |
| Oaxaca | 2,828.91 | 1,581.36 |
| Puebla | 6,293.92 | 3,518.30 |
| Querétaro | 1,707.39 | 954.43 |
| Quintana Roo | 870.44 | 486.58 |
| San Luis Potosí | 3,113.48 | 1,740.44 |
| Sinaloa | 6,913.27 | 3,864.52 |
| Sonora | 7,231.31 | 4,042.30 |
| Tabasco | 2,008.70 | 1,122.86 |
| Tamaulipas | 9,256.75 | 5,174.52 |
| Tlaxcala | 2,343.46 | 1,310.01 |
| Veracruz | 9,491.09 | 5,305.52 |
| Yucatán | 1,925.00 | 1,076.08 |
| Zacatecas | 4,703.70 | 2,629.37 |
| TOTAL | 167,391.42 | 92,336.67 |

Estos valores se estimaron utilizando los datos de automóviles y camiones para carga y transporte de pasajeros con que cuenta cada Estado de tal manera que se pudo calcular el consumo de lubricantes por Estado y posteriormente utilizando el porcentaje de generación estimado por la EPA , se obtuvo la generación de aceites usados .

La estimación de los volúmenes generados de aceites usados por la industria a nivel estatal se muestra en la Tabla 7.8 . Estas estimaciones se calcularon utilizando los datos del Censo Industrial de 1989 elaborado por el INEGI y con el dato de lubricantes producidos para el sector industrial , así como el porcentaje de generación estimado por la EPA .

TABLA 7.8

| CONSUMO DE LUBRICANTES Y GENERACION DE ACEITES USADOS POR ESTADO A NIVEL INDUSTRIAL | | |
|--|--------------------------------------|--|
| ENTIDAD FEDERATIVA | CONSUMO DE LUBRICANTES (M 3) | GENERACION DE ACEITES USADOS (M 3) |
| Aguascalientes | 1,287.41 | 688.76 |
| Baja California Nte | 2,924.85 | 1,564.80 |
| Baja California Sur | 378.15 | 202.31 |
| Campeche | 11,349.26 | 6,071.85 |
| Coahuila | 6,916.60 | 3,700.38 |
| Colima | 418.96 | 224.15 |
| Chiapas | 1,909.91 | 1,021.80 |
| Chihuahua | 4,926.52 | 2,635.69 |
| Distrito Federal | 29,702.29 | 15,890.72 |
| Durango | 1,780.84 | 952.75 |
| Edo.de México | 5,984.61 | 3,201.77 |
| Guanajuato | 438.59 | 3,799.01 |
| Guerrero | 2,343.48 | 1,310.01 |
| Hidalgo | 2,778.70 | 1,553.29 |
| Jalisco | 12,771.97 | 7,139.53 |
| Michoacán | 6,879.79 | 3,845.80 |
| Morelos | 3,548.70 | 1,983.72 |
| Nayarit | 1,724.13 | 963.79 |
| Nuevo León | 7,817.18 | 4,369.80 |
| Oaxaca | 2,828.91 | 1,581.36 |
| Puebla | 6,293.92 | 3,518.30 |
| Querétaro | 1,707.39 | 954.43 |
| Quintana Roo | 870.44 | 486.58 |
| San Luis Potosí | 3,113.48 | 1,740.44 |
| Sinaloa | 6,913.27 | 3,864.52 |
| Sonora | 7,231.31 | 4,042.30 |
| Tabasco | 2,008.70 | 1,122.86 |
| Tamaulipas | 9,256.75 | 5,174.52 |
| Tlaxcala | 2,343.46 | 1,310.01 |
| Veracruz | 9,491.09 | 5,305.52 |
| Yucatán | 1,925.00 | 1,076.08 |
| Zacatecas | 4,703.70 | 2,629.37 |
| TOTAL | 167,391.42 | 92,336.67 |

7.5.2 Disposición en México

Después de su generación , los lubricantes usados pueden ser recolectados por colectores pequeños y grandes y ser transportados hacia una amplia gama de usos finales .

Actualmente , México cuenta con una planta que puede re-refinar lubricantes usados para su re-uso , y con siete instalaciones más que tienen autorización para el manejo de lubricantes usados .

Entre estas instalaciones tenemos algunas cementeras , que manejan lubricantes usados para recuperación de energía ; y de las cuales se desconoce qué volumen de estos manejan.

Sin embargo estas instalaciones y la planta de re-refinación no manejan la totalidad de los lubricantes usados que se generan , por lo que parte de éstos podría estar siendo dispuesta en confinamientos .

Esta disposición podría incluir la disposición en basureros no controlados, sistemas de drenaje y directamente al suelo o en ríos . No se sabe qué cantidad de lubricantes usados es dispuesta ilegalmente cada año , pero , como ha sido el caso de los E.U.A., ésta podría ser una cantidad significativa .

Aparte de estos usos conocidos de lubricantes usados , se cree que anualmente se dispone ilegalmente de parte de los lubricantes usados

7.6 Tecnologías de Reciclaje Disponibles en México .

Existen en el mundo una gran variedad de procesos para el manejo de lubricantes usados.

En particular , existe una diversidad de sistemas que pueden ser empleados para tratar estos materiales con el propósito de reciclarlos , produciendo nuevamente básicos , para aprovechar la energía contenida en los mismos , o para aprovecharlos como materia prima en otros procesos .

Los lubricantes usados son un perfecto ejemplo del reducido subconjunto de residuos peligrosos que son susceptibles de ser reciclados para obtener un producto similar al material original en cuanto a sus propiedades .

La obtención de un aceite básico a partir de un lubricante usado contribuye a retornar un residuo al ciclo productivo , sustituyendo así importaciones .

Las principales tecnologías disponibles actualmente en México para el manejo adecuado de lubricantes usados y que involucran el aprovechamiento de estos materiales , son las siguientes :

- * La re - refinación de los lubricantes empleando el proceso Phillips ;
- * La utilización de los lubricantes usados como combustible en hornos de cemento para recuperar su contenido calorífico ; y
- * Otras opciones posibles para el aprovechamiento de los lubricantes como materia prima en procesos industriales .

Existen en el país otras opciones para el manejo de lubricantes usados , tales como la disposición final en un confinamiento controlado , su aprovechamiento en ladrilleras como combustible , y su mezclado como combustóleo o gasóleo para su quema en calderas y generadores de vapor industriales que carecen de controles de emisiones atmosféricas adecuados .

A excepción de la disposición final en un confinamiento controlado , estas prácticas no están reguladas . Estas prácticas , incluyendo la disposición final, conllevan riesgos potenciales para la salud humana y el medio ambiente y no se consideran opciones de manejo aceptables .

En cuanto a la disposición final en confinamientos , ésta no es recomendable , además , porque no constituye una solución definitiva , y se desperdicia un material que puede ser considerado como un recurso.

7.6.1 Proceso de Re - Refinación PROP.

El proceso Phillips de re - refinación de los lubricantes usados fué desarrollado por la compañía Phillips Petroleum (Phillips Re-Refined Oil Process = PROP).

Este proceso se encuentra funcionando en la actualidad en una planta de la lubricantera Productos Texaco S.A.de C.V. en la ciudad de Querétaro , Qro.

El proceso PROP está diseñado para manejar anualmente aproximadamente 37,850,000 litros de aceite usado característico con la planta en operación continua durante 335 días al año .

El aceite usado característico utilizado como base de diseño contiene un total de 2.8 % de agua y 6.2 % de volátiles (combustible) . La garantía de rendimiento sobre la planta ofrece una recuperación del 90% de la fracción que es aceite en la materia prima .

En base a esta garantía , la capacidad de producción de aceite básico de la planta , a partir de aceite usado característico es de 31,000,000 de litros anuales .

Empleando este proceso se pueden tratar lubricantes usados procedentes de motores automotrices , hidráulicos y de compresores . Los lubricantes usados susceptibles de ser re-refinados deben estar libres de solventes clorados . El proceso de re-refinación no puede manejar aceites usados que contengan PCB's (Bifenilo Policlorado) .

7.6.1.1 Descripción del Proceso

El aceite básico re-refinado es un producto elaborado a partir de aceite lubricante usado , el cual ha sido sometido al Proceso PROP , de Phillips Petroleum Company , con el fin de remover los contaminantes que el aceite original recogió por razón del servicio al que fué sometido . El proceso se divide en dos etapas principales :

1. Desmetalización e Hidrotratamiento .

En la primera etapa , la Desmetalización , al aceite usado se le inyecta una solución de fosfato diamónico y se hace pasar por una serie de reactores donde la mezcla se agita y calienta gradualmente. El propósito de éste paso es el de favorecer una reacción química en la que , sales metálicas orgánicas y partículas metálicas en suspensión , reaccionen con el fosfato diamónico para formar fosfatos metálicos insolubles en aceite y agua susceptibles de ser filtrados .

Debido a las elevadas temperaturas que se logran , el agua y los combustibles en dilución son evaporados y removidos por la parte superior de los reactores ; asimismo , varios contaminantes orgánicos se desintegran por razón de las altas temperaturas . La última etapa de la secuencia en los reactores , el remojo térmico , eleva la temperatura del producto a 350°F y asegura la coalescencia de los fosfatos metálicos en partículas suficientemente grandes que permitan su filtración .

La última etapa de la desmetalización se efectúa a través de un filtro de hojas que utiliza tierra diatomácea como medio filtrante . El módulo de filtración es un sistema cerrado , diseñado para operar automáticamente en ciclos de aproximadamente cuatro a seis horas cada uno . A la salida del filtro, el producto , ya desmetalizado , se enfría pasándolo por un " solo aire " , y se almacena en un tanque de paso . A ese tanque también se envía la corriente de hidrocarburos livianos amargos que constitúan la contaminación por combustible del aceite usado y que se separara del aceite nuevamente , luego que ambos productos hayan sido hidrotratados .

En la sección de hidrotratamiento , el producto ya desmetalizado se hace pasar por una cama de arcilla (Tierras Fuller) , con el fin de remover gomas e impurezas que no fueron filtradas anteriormente . El posterior hidrotratamiento se efectúa inyectando hidrógeno a la corriente de hidrocarburos y exponiendo a la mezcla ante un catalizador de sulfuro de níquel y molibdeno . El hidrógeno es producido localmente en una planta instalada al efecto . El propósito del hidrotratamiento es mejorar el color del producto final y remover el cloro , azufre , nitrógeno y oxígeno presentes en el aceite , ya sea como radicales en las cadenas e hidrocarburos o como compuestos en solución . A la salida de los reactores de hidrotratamiento , la corriente de hidrocarburos pasa a un agotador en el cual se separa la fracción de aceites de los hidrocarburos ligeros .

La primera pasa a almacenamiento de producto terminado mientras que estos últimos pasan a una segunda fraccionadora , el hidrógeno no reaccionado, se separa del líquido y se recircula después del lavado con agua y sosa caústica. El hidrógeno reaccionado se reemplaza de la planta de hidrógeno .

Adicionalmente al aceite básico e hidrocarburos livianos , la planta de refinación ubicada en Querétaro produce aproximadamente 150 metros cúbicos de arcilla usada y 1,800 metros cúbicos de torta de filtración , que por su naturaleza inerte se puede disponer de ellos en el basurero municipal ; también se produce como desecho 500 metros cúbicos de sosa gastada (sosa diluida y sulfuro de sodio) , que se puede utilizar en curtumbre de cueros ; finalmente , el catalizador usado , 35 toneladas métricas al año, debe acumularse y enviarse a un centro de disposición de este tipo de material .

Los insumos de la planta , en adición al aceite usado incluyen ; fosfato diamónico , agua cruda , resinas suavizadoras de agua , carbón activado , gas natural , nitrógeno a presión , catalizador de níquel - molibdeno , tierras fuller , tierra diatomácea, sosa caústica al 50% , marcaptanos y cantidades menores de otros reactivos y productos químicos .

ILLUSTRATIVE DIAGRAM OF
PROP-DEMETALLIZING SECTION
FIGURE 1

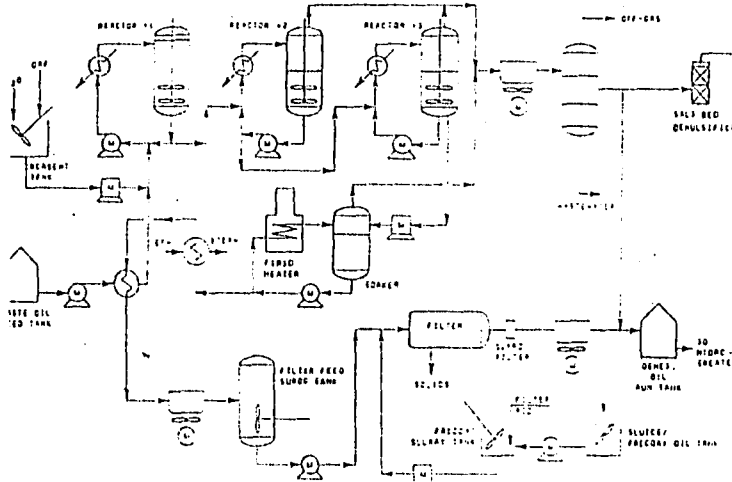


Fig.7.1 Sección de Desmetalización del Proceso PROP

ILLUSTRATIVE DIAGRAM
PROP-HYDROTREATING SECTION
FIGURE 2

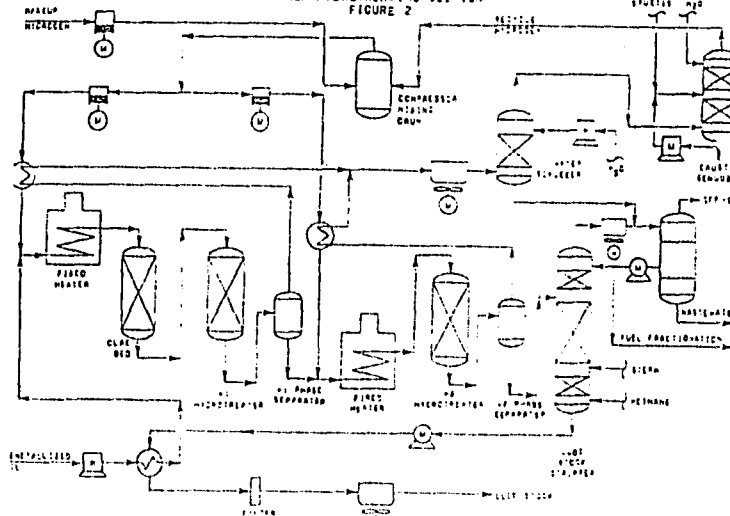


Fig.7.2 Sección de Hidrotratamiento del Proceso PROP

FALLA DE ORIGEN página - 115

FALLA DE ORIGEN

7.6.2 Otras plantas de Re-refinación

Actualmente además de ésta planta de Querétaro , existen otras dos más en operación . La primera en construirse tiene una capacidad de 2'000,000 de galones y opera desde hace 14 años en el estado de Carolina del Norte , Estados Unidos .

La otra , de 10'000,000 de galones de capacidad anual , fué construída por la Canadian Oil LTE., una subsidiaria de Shell Canada LTD., en Toronto , Canadá. Esta última , similar en tamaño y diseño a la de Querétaro que opera desde Mayo de 1983 .

7.6.3 Utilización de los lubricantes usados como combustible en hornos de cemento para recuperar su contenido calorífico__

Los lubricantes usados pueden ser utilizados solos o como parte de un combustible formulado , llamado combustible secundario o alternativo, en hornos de cemento con el fin de realizar una adecuada recuperación de su contenido calorífico .

El combustible secundario es una mezcla de hidrocarburos tales como : solventes orgánicos gastados , aceites usados , fondos de columnas de destilación y cualquier residuo líquido o semilíquido con un contenido calorífico importante .

Este tipo de combustible resulta excelente para sustituir otros combustibles fósiles , principalmente el combustóleo , empleados en los hornos de clinkerización de cemento .

Los aceites usados son uno de los ingredientes del combustible secundario con mayor capacidad calorífica , lo cual permite introducir en la mezcla residuos peligrosos con baja capacidad calorífica , tales como alcoholes , y aún obtener una formulación apropiada del combustible .

En la actualidad en México , solamente tres cementeras utilizan combustible secundario como sustituto parcial del combustóleo .

Se espera que en un futuro cercano el número de hornos de cemento que utiliza combustible secundario aumente considerablemente .

A continuación se presenta una breve descripción del proceso de elaboración de cemento en sistemas de horno seco con precalentador , tales como los empleados en las plantas cementeras de México . La Figura 7.3 muestra un esquema del proceso .

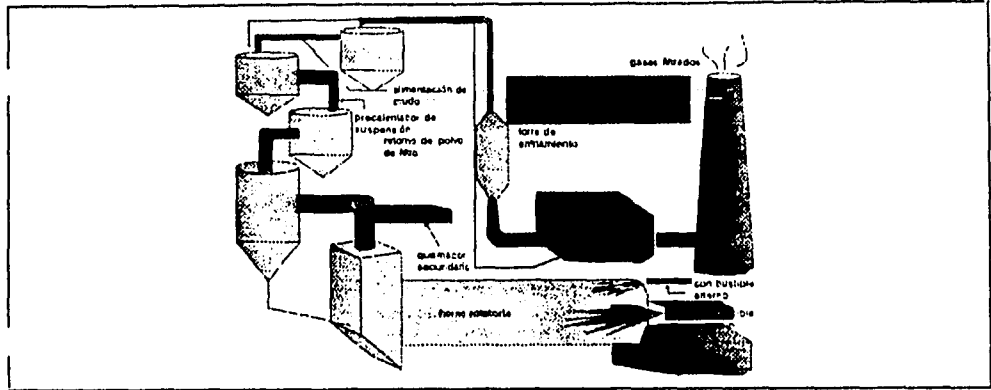


Fig.7.3 Típico Horno Seco con precalentador para Producción de cemento.

El proceso de elaboración de cemento se inicia con la extracción de materias primas, las cuales incluyen piedra caliza, arcilla y agentes correctores como óxido de hierro y arenas sílicas. Estos materiales naturales son mezclados y finamente molidos para lograr una uniformidad en su composición como "harina cruda".

La harina cruda es alimentada, a temperatura ambiente, por la parte superior de un arreglo de separadores ciclónicos (precalentadores), los cuales cumplen la función de precalentamiento al poner en contacto a la harina cruda con los gases de combustión provenientes del horno. Este sistema de precalentadores incrementa la temperatura de la harina cruda de 30°C hasta 700°C y como resultado la harina cruda pierde el agua absorbida y combinada. Así mismo, una vez precalentada la harina (entre 550 y 950°C), ésta empieza a sufrir descarbonatación, lo cual constituye la pérdida de dióxido de carbono de los carbonatos presentes en la harina cruda.

La siguiente etapa se inicia con la alimentación del material al horno rotatorio, donde ocurre una fusión parcial de la mezcla para formar el clinker. En esta etapa, la sinterización del clinker ocurre a una temperatura de 1,450°C. Finalmente el clinker es enfriado hasta una temperatura de 100°C a través de un enfriador de parrillas con aire a contracorriente. El clinker es molido con una pequeña cantidad de yeso para formar lo que propiamente constituye el cemento.

El horno rotatorio es un cilindro horizontal recubierto en la parte interior de ladrillo refractario para soportar las muy altas temperaturas que se desarrollan en el proceso. El horno tiene una pequeña inclinación con respecto a la horizontal, la cual, en conjunto con la rotación del horno, permite el desplazamiento del material desde la entrada en el extremo junto a los precalentadores hacia la descarga al enfriador de clinker. El tiempo de residencia del material sólido en el horno es de aproximadamente 30 minutos.

Con el fin de alcanzar las temperaturas antes señaladas , el sistema aprovecha la energía de combustibles primarios y alternos a través de sistemas de combustión con alta eficiencia que operan con exceso de oxígeno obtenido del aire de enfriamiento . Por otra parte , los gases de combustión viajan en contracorriente a través del horno , intercambiando calor con la materia prima. La temperatura de los gases de combustión varía de los 2,000°C, en el punto más caliente , hasta los 150°C , en la descarga del colector de polvos .

El tiempo de residencia de los gases de combustión dentro del horno , desde la flama del quemador hasta la parte baja de los precalentadores es de hasta 3.5 segundos a una temperatura superior a los 1,200°C. A partir de la parte baja de los precalentadores y hasta la descarga de la chimenea , el tiempo de residencia de los gases de combustión es de 7 a 8 segundos .

Los gases de combustión arrastran polvos finos , los cuales son atrapados en el colector de polvos del tipo casa de bolsas o filtro de mangas. El polvo atrapado en este sistema es nuevamente introducido al sistema en el punto en donde se alimenta la harina cruda , con lo cual se elimina la generación de residuos sólidos secundarios.

Las elevadas temperaturas de operación de los hornos de cemento , combinadas con el relativamente largo tiempo de residencia en el horno , contribuyen a garantizar una muy alta eficiencia en la destrucción de contaminantes orgánicos presentes en el combustible secundario , y en particular en los lubricantes usados . Además , los hornos que emplean combustible secundario están equipados con controles de emisiones atmosféricas adecuados y no generan un residuo sólido peligroso , como es el caso de las cenizas de un incinerador , pues los metales pesados y otros residuos sólidos son incorporados dentro del clinker , y finalmente del cemento .

7.6.3.1 Otras opciones de utilización de aceites usados como combustible .

Además de la opción de empleo de los lubricantes usados como combustible en hornos de cemento , existe la posibilidad de emplearlos como combustible en otros sistemas , tales como plantas de asfalto y calderas industriales , entre otros , siempre y cuando estos sistemas cuenten con equipos de control de emisiones atmosféricas adecuados .

Estas opciones no presentan las mismas ventajas del horno de cemento en cuanto a sus condiciones de operación , pues las temperaturas de operación no son tan elevadas como en el horno de cemento y los tiempos no son tan largos . Por lo tanto, en sistemas tales como plantas de asfalto y calderas industriales, que pretendan utilizar lubricantes usados como combustible , el diseño y la adecuada operación del equipo de control de emisiones atmosféricas constituyen un elemento crítico para garantizar la confiabilidad de estas opciones de reciclaje .

7.6.4 Otras opciones posibles para el aprovechamiento de los aceites como materia prima en procesos industriales .

Además de las opciones de re-refinación y de utilización como combustible en hornos de cemento y otros sistemas , existen otras opciones posibles para el reciclaje de los lubricantes usados , empleándolos como materia prima en procesos industriales . Estas opciones incluyen su alimentación en el proceso de refinación de hidrocarburos . La utilización de aceites usados como materia prima en un punto intermedio en el proceso de refinación de hidrocarburos (conocida en inglés como " slipstreaming ") está siendo realizada actualmente en algunas refinerías en los EUA .

Se considera que el impacto ambiental asociado con esta opción es , en términos relativos , algo menor que el impacto ambiental que resulta de la re-refinación o de la recuperación de energía empleándolos como combustible . Esta opción ofrece la ventaja de que no requiere de una inversión de capital en equipos de procesamiento y podría ser empleada para manejar cantidades muy grandes de lubricantes usados ; aparentemente solo se requiere de una decisión empresarial para poder disponer de esta alternativa en México .

Es importante anotar que la utilización de lubricantes usados como materia prima en un punto intermedio en el proceso de refinación de hidrocarburos no está libre de complicaciones . Pese a que esta opción ya se emplea en algunas refinerías en los EUA , aparentemente existe el riesgo de afectar negativamente la estabilidad de la operación de la refinería . Por lo tanto , esta opción debería ser evaluada para determinar la factibilidad de su implementación en México .

7.7 Formulación de Propuestas para la Elaboración del Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana para Regular el Manejo de Lubricantes Usados .

A continuación se presentan las propuestas relacionadas con cada uno de los temas que abarca el Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana para Regular el Manejo de Lubricantes Usados . Estas propuestas toman en cuenta el marco tecnológico nacional , la infraestructura existente en el país y la factibilidad de reconversión tecnológica .

Como parte de la elaboración del proyecto de norma se elaboró una propuesta preliminar de un paquete de incentivos económicos que la SEDESOL podría desarrollar e instrumentar con el fin de estimular el cumplimiento de la norma .

7.7.1 Generación .

1. En el proyecto de norma se establece el concepto de "pequeño generador " de lubricantes usados . Se entiende por " pequeño generador " de acuerdo a la norma propuesta : " toda persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca o genere lubricantes usados en un volumen menor o igual a 2000 litros por mes calendario " .

Considerando que actualmente los talleres o centros de mantenimiento de vehículos automotores y otros pequeños generadores de lubricantes usados en nuestro país no cumplen satisfactoriamente con la normatividad vigente que regula el manejo de estos residuos , y que representan una porción considerable del número total de generadores de este tipo de residuo peligroso, el proyecto

7.6.4 Otras opciones posibles para el aprovechamiento de los aceites como materia prima en procesos industriales .

Además de las opciones de re-refinación y de utilización como combustible en hornos de cemento y otros sistemas , existen otras opciones posibles para el reciclaje de los lubricantes usados , empleándolos como materia prima en procesos industriales . Estas opciones incluyen su alimentación en el proceso de refinación de hidrocarburos . La utilización de aceites usados como materia prima en un punto intermedio en el proceso de refinación de hidrocarburos (conocida en inglés como " slipstreaming ") está siendo realizada actualmente en algunas refinerías en los EUA .

Se considera que el impacto ambiental asociado con esta opción es , en términos relativos , algo menor que el impacto ambiental que resulta de la re-refinación o de la recuperación de energía empleándolos como combustible . Esta opción ofrece la ventaja de que no requiere de una inversión de capital en equipos de procesamiento y podría ser empleada para manejar cantidades muy grandes de lubricantes usados ; aparentemente solo se requiere de una decisión empresarial para poder disponer de esta alternativa en México .

Es importante anotar que la utilización de lubricantes usados como materia prima en un punto intermedio en el proceso de refinación de hidrocarburos no está libre de complicaciones . Pese a que esta opción ya se emplea en algunas refinerías en los EUA , aparentemente existe el riesgo de afectar negativamente la estabilidad de la operación de la refinería . Por lo tanto , esta opción debería ser evaluada para determinar la factibilidad de su implementación en México .

7.7 Formulación de Propuestas para la Elaboración del Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana para Regular el Manejo de Lubricantes Usados .

A continuación se presentan las propuestas relacionadas con cada uno de los temas que abarca el Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana para Regular el Manejo de Lubricantes Usados . Estas propuestas toman en cuenta el marco tecnológico nacional , la infraestructura existente en el país y la factibilidad de reconversión tecnológica .

Como parte de la elaboración del proyecto de norma se elaboró una propuesta preliminar de un paquete de incentivos económicos que la SEDESOL podría desarrollar e instrumentar con el fin de estimular el cumplimiento de la norma .

7.7.1 Generación .

1. En el proyecto de norma se establece el concepto de "pequeño generador " de lubricantes usados . Se entiende por " pequeño generador " de acuerdo a la norma propuesta : " toda persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca o genere lubricantes usados en un volumen menor o igual a 2000 litros por mes calendario " .

Considerando que actualmente los talleres o centros de mantenimiento de vehículos automotores y otros pequeños generadores de lubricantes usados en nuestro país no cumplen satisfactoriamente con la normatividad vigente que regula el manejo de estos residuos , y que representan una porción considerable del número total de generadores de este tipo de residuo peligroso, el proyecto

de norma busca fomentar el cumplimiento de estos " pequeños generadores " a través de diversos incentivos . Estos incentivos incluyen : aligerar la carga administrativa a la que están sujetos actualmente, diferenciarlos de los grandes generadores exceptuándolos de muchos de los requisitos en lo que se refiere al almacenamiento , y facilitando que den un manejo adecuado a los lubricantes usados que generen por medio de los centros de acopio que se prevén , permitiéndoles el transportar personalmente sus lubricantes usados a estos centros , siempre y cuando utilicen un recipiente autorizado y no transporten más de 1000 litros .

2. Con el propósito de verificar el cumplimiento de la norma propuesta , se establece la obligación a todos los generadores de llevar una Bitácora de Control de Adquisición de Lubricantes Nuevos y Generación de Lubricantes Usados; en la que deberán registrar tanto la cantidad de lubricantes nuevos adquiridos como la cantidad de lubricantes usados generada . Copia de estas Bitácoras debe ser presentada anualmente a la Secretaría . La información recolectada de esta manera permitirá la generación de una base de datos que resultará en una herramienta de control y de planeación en esta materia .

Con el fin de aliviar a la Secretaría la carga administrativa asociada con el procesamiento de la información contenida en las Bitácoras de Control de Adquisición de Lubricantes Nuevos y Generación de Lubricantes Usados , la propuesta preliminar del incentivo económico relacionado con el proyecto de norma plantea que dicha información sea procesada por un fideicomiso. Además , con el fin de complementar la base de datos , la propuesta preliminar del incentivo económico establece que los productores e importadores de lubricantes nuevos deben suministrar al fideicomiso información sobre los volúmenes que manejan de estos materiales .

7.7.2 Manejo .

1. Con el propósito de aprovechar recursos , tanto materiales económicos, de manera eficiente y con el fin de ahorrar energía y de minimizar los riesgos asociados con el manejo de lubricantes usados , la norma propuesta establece una jerarquía para las distintas opciones de manejo . Esta jerarquía favorece las opciones de manejo que aprovechan los lubricantes usados como materia prima y minimizan los impactos sobre la salud humana y el medio ambiente . Al mismo tiempo , la norma propuesta prohíbe el confinamiento de los lubricantes usados ya que esta opción de manejo no propicia su aprovechamiento como recurso y no está libre de causar posibles impactos sobre la salud humana y el medio ambiente.

El proyecto de norma presenta dos versiones para la jerarquización propuesta . En términos generales las dos versiones son casi idénticas : el concepto básico de la jerarquización se mantiene en ambas , favoreciéndose aquellas opciones de manejo que constituyen reciclaje , en particular re-refinación y recuperación de energía , que se realizan para minimizar los riesgos potenciales a la salud y al medio ambiente y para las cuales se cuenta con una creciente infraestructura en el país . La diferencia entre las dos versiones consiste en que la versión A establece que la re-refinación debe ser prioritaria y que cuando ésta no sea factible debido a las condiciones técnicas, económicas o de organización , se procederá al manejo de los lubricantes usados con el objeto de efectuar una recuperación de energía . La versión B da igual prioridad tanto a la re-refinación como a la recuperación de energía .

Ambas versiones otorgan una prioridad secundaria al tratamiento de los lubricantes usados por medio de la incineración , puesto que este tratamiento en principio tiene como objetivo efectuar una destrucción de los residuos y no una recuperación de energía. Las dos versiones asignan la prioridad más baja a otros métodos de tratamiento autorizados cuyo objetivo sea reducir o anular la toxicidad y demás características peligrosas para la salud o el medio ambiente.

2. La norma propuesta establece la obligación del generador de cerciorarse que la empresa que contrate para el manejo de sus lubricantes usados esté debidamente autorizada por la Secretaría . Lo anterior es con la finalidad de evitar que empresas no autorizadas manejen lubricantes usados provocando daños a la salud y al medio ambiente . La intención es también que el generador remita esta información a la Secretaría , por medio del Manifiesto de Control y Seguimiento para Lubricantes Usados, para que ésta pueda llevar el debido seguimiento de estos residuos .

3. En la norma propuesta se establece como uno de los requisitos para obtener la autorización para instalar y operar sistemas de manejo de lubricantes usados , así como para prestar servicios en cualquiera de las operaciones de manejo , la utilización de la mejor tecnología disponible que no implique costos excesivos . Se entiende como mejor tecnología disponible aquella que minimiza los riesgos a la salud y al medio ambiente asociados con el manejo de los residuos y al mismo tiempo emplea de manera eficiente los recursos necesarios para su operación .

4. Se establecen en el proyecto de norma dos prohibiciones que son indispensables para el manejo y control adecuados de los lubricantes usados . En primer lugar , la norma establece que " queda prohibido todo vertido de lubricante usado , residuos o subproductos derivados de su tratamiento o reciclaje en cualquier cuerpo de agua superficial o subterránea , zonas del mar territorial , sistemas de drenaje y alcantarillado o descargas de aguas residuales , sobre el suelo o cualquier superficie circunscrita al Territorio Nacional " .

En segundo lugar , establece la norma que : " queda prohibido mezclar , intencionalmente o por negligencia , lubricantes usados con agua u otros productos , y especialmente con cualquier otro tipo de residuo considerado como peligroso , de conformidad con la norma oficial mexicana NOM-CRP- 001 / 93: Ahora bien , la norma propuesta establece que la Secretaría podrá autorizar a una empresa de manejo para realizar operaciones de mezcla de lubricantes usados con otros productos bajo condiciones controladas . La norma propuesta establece también que toda mezcla de lubricantes usados con residuos peligrosos será considerada como residuo peligroso y deberá ser manejada como tal , según lo establecen el Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas que para tal efecto han sido promulgadas " . El propósito de estas prohibiciones es evitar los riesgos y daños potenciales para la salud y el medio ambiente que resultan de las prácticas prohibidas descritas , a la vez que se tiene en cuenta que en ciertos procesos de tratamiento debidamente autorizados , como sería el caso de la formulación de combustibles alternos , se realizan mezclas de lubricantes usados con otros residuos peligrosos .

7.7.3 Almacenamiento .

1. En la norma propuesta se establece una diferenciación en los requisitos que deben cumplir en materia de almacenamiento los generadores de más de 2000 litros por mes calendario de lubricantes usados y los " pequeños generadores " . Lo anterior es con la finalidad de incentivar al pequeño generador a cumplir con la norma y así evitar que se viertan de manera incontrolada lubricantes usados en agua y suelo .

Los generadores de más de 2000 litros por mes calendario deben cumplir con requisitos similares a los establecidos en los artículos 15 al 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos . Esto quiere decir que los generadores de más de 2000 litros por mes calendario deberán contar con áreas de almacenamiento para los lubricantes usados que reúnan como mínimo las siguientes condiciones :

I. Estar separadas de las áreas de producción , servicios , oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados .

II, Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones , fugas , incendios , explosiones e inundaciones .

III. Contar con piso de material impermeable y resistente a los lubricantes usados .

IV. Contar con muros de contención , diques , trincheras , canaletas , fosas de retención y / u otro dispositivo de material impermeable y no flamable que permita captar y contener fugas o derrames .

V. En el caso de almacenamiento en envases , tales como tambores , la capacidad de la estructura o dispositivo para contener posibles fugas o derrames deberá ser mayor o igual a una quinta parte del volumen máximo de lubricantes usados almacenados dentro de dicha estructura o dispositivo .

VI. En el caso de almacenamiento a granel , en tanques , la capacidad de la estructura o dispositivo para contener posibles fugas o derrames deberá ser mayor o igual al volumen del tanque más grande que exista dentro de dicha estructura o dispositivo . Si el volumen del tanque más grande que exista dentro de dicha estructura o dispositivo es menor que la quinta parte del volumen total contenido en los tanques que se encuentren dentro de dicha estructura o dispositivo , entonces la capacidad de la estructura o dispositivo para contener posibles .

VII. Las áreas de almacenamiento deberán contar con pasillos lo suficientemente amplios para que permitan movimiento de los grupos de seguridad y bomberos en casos de emergencia .

VIII. Las áreas de almacenamiento deberán contar con sistema de control contra incendios . En el caso de hidrantes , éstos deberán mantener una presión mínima de 6 Kg / cm² durante 15 minutos .

IX . Las áreas de almacenamiento deberán contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos almacenados , en lugares y formas visibles .

X . Cuando se almacenen lubricantes usados en envases , tales como tambores, el generador deberá hacerlo en áreas de almacenamiento que cuenten con pasillos lo suficientemente amplios para que permitan el tránsito de montacargas mecánicos , electrónicos o manuales .

Quando se trate de áreas de almacenamiento cerradas , los generadores de más de 2000 litros por mes calendario deberán contar con áreas que cumplan con las siguientes condiciones :

A . No deben existir conexiones en el piso , válvulas de drenaje , juntas de expansión o cualquier tipo de apertura que pudiera permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida .

B . Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables .

C . Las áreas de almacenamiento deberán contar con ventilación natural o forzada . En los casos de ventilación forzada , ésta debe de tener una capacidad de por lo menos seis cambios de aire por hora .

Quando se trate de áreas de almacenamiento abiertas , los generadores de más de 2000 litros por mes calendario deberán contar con áreas que cumplan con las siguientes condiciones :

A. Las áreas de almacenamiento no deberán estar localizadas en sitios por debajo del nivel de agua alcanzado en la mayor tormenta registrada en la zona , más un factor de seguridad de 1.5 .

B. Las áreas de almacenamiento deberán contar con pararrayos .

Asimismo se establece en la norma propuesta que queda prohibido almacenar lubricantes usados :

a) Con residuos peligrosos con los que sean incompatibles de acuerdo con la NOM-CRP-003/93 .

b) En cantidades que rebasen la capacidad instalada de almacenamiento, y

c) En áreas que no reúnan las condiciones establecidas anteriormente.

Los pequeños generadores por el contrario solamente deberán cumplir , en lo que a almacenamiento se refiere , con los siguientes requisitos :

a) Las áreas de almacenamiento deberán estar separadas de las áreas de producción, servicios , oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados.

b) Los lubricantes usados deberán ser almacenados en envases cerrados debidamente identificados .

c) El almacenamiento deberá realizarse en condiciones que eviten derrames durante su almacenamiento y posteriormente durante su transporte a un centro de acopio u otra empresa de manejo .

d) El almacenamiento deberá realizarse en un área que cuente con piso de material impermeable .

e) Las áreas de almacenamiento deberán contar con sistema de control contra incendios . En el caso de hidrantes , éstos deberán mantener una presión mínima de 6 Kg/ cm2 durante 15 minutos .

f) Las áreas de almacenamiento deberán contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos , en lugares y formas visibles .

Asimismo , los pequeños generadores no podrán almacenar lubricantes usados con residuos peligrosos con los que sean incompatibles , de acuerdo con la NOM-CRP-003/93 , ni en cantidades que rebasen la capacidad instalada de almacenamiento .

Los generadores y pequeños generadores de lubricantes usados deberán llevar la Bitácora de Almacenamiento de Lubricantes Usados en la que deberán indicar fecha de entrada , movimiento , origen y destino de los lubricantes usados . Los generadores deberán presentar copia de estas Bitácoras a la Secretaría cuando esta así lo requiera . Los pequeños generadores deberán llevar esta Bitácora , pero estarán exentos del requisito de reportar anualmente a la Secretaría .

Se establece en la sección de Almacenamiento de la norma una limitación de tiempo para almacenar lubricantes usados al establecer que el generador no podrá almacenar en sus instalaciones lubricantes usados por un período mayor de 90 días naturales .

7.7.4 Recolección y Centros de Acopio

1. En el proyecto de norma se fomentan los centros de acopio de lubricantes usados.

La función de estos centros de acopio es la de recolectar , consolidar y almacenar temporalmente lubricantes usados para después enviarlos a empresas de manejo dedicadas al reciclaje , tratamiento o incineración de lubricantes usados. Dichos centros deberán contar con autorización de la Secretaría para operar y servirán también para llevar un seguimiento y control del destino de los lubricantes usados . Además servirán para que los pequeños generadores tengan acceso a un lugar que les reciba pequeñas cantidades de lubricantes usados , las que en general no son económicamente atractivas para muchas empresas de manejo . La existencia de los centros de acopio contribuirá significativamente al cumplimiento con la norma propuesta y resultará en una mejor gestión de estos residuos minimizando el vertido incontrolado al agua y suelo .

2. Se establecen requisitos mínimos con los cuales deben cumplir las instalaciones de un centro de acopio . Estos requisitos son :

- a) Areas de carga y descarga .
- b) Areas de maniobras para las unidades de transporte .
- c) Areas de estacionamiento , en caso de contar con equipo de transporte propio .
- d) Areas de almacenamiento para envases , tales como tambores , y / o áreas de almacenamiento a granel y
- e) Areas de aseo para el personal del centro de acopio responsable del manejo de los lubricantes usados .

Los centros de acopio deberán contar con los siguientes programas , los cuales deben ser aprobados por la Secretaría :

- a) Programa de captación del personal responsable del manejo de lubricantes usados; y
- b) Programa de atención a contingencias .

7.7.5 Transporte .

1. En la norma propuesta se establece que los " pequeños generadores " podrán transportar personalmente sus lubricantes usados a un centro de acopio siempre y cuando realicen el transporte en recipientes autorizados y no transporten más de 1000 litros en cada viaje .

2 . Se establece en el proyecto de norma que el transportista y el destinatario de los lubricantes usados deberán entregar a la Secretaría un Informe Anual de los Lubricantes Usados Recibidos para su Transporte , Tratamiento o Reciclaje .

Este Informe tiene como finalidad resumir todos los movimientos realizados por el transportista y el destinatario para así permitir a la Secretaría verificar la información presentada en los Manifiestos entregados a lo largo del año por cada una de las partes involucradas en el manejo de los lubricantes usados .

7.7.6 Reciclaje , Tratamiento e Incineración .

1. El proyecto de norma establece que los lubricantes usados únicamente pueden ser empleados como combustible en sistemas que cuenten con controles de contaminación atmosférica adecuados , y que estén debidamente autorizados por la Secretaría . El propósito de esta condición es el interés por minimizar los riesgos para la salud y el medio ambiente .

7.7.7 Disposición Final .

El proyecto de norma establece que queda prohibida la disposición final de lubricantes usados en confinamientos .

Sin embargo , actualmente este tipo de disposición no está restringida y podría ser como se dijo , una fuente de daños ambientales a partir de la fuga de aceites usados al agua subterránea . Bajo el anteproyecto de norma , se prohibiría la disposición en confinamientos , y , por lo tanto , la reducción de la contaminación del agua subterránea sería un beneficio potencial importante del anteproyecto de norma asociado con las nuevas restricciones en confinamientos de lubricantes usados .

No se cuenta con datos actuales acerca de las dimensiones de los confinamientos en México que pudieran , en este momento , recibir lubricantes usados , ni tampoco de las cantidades de lubricantes usados que son dispuestos en ellos .

Un problema potencial de disposición final que ha sido examinado en los Estados Unidos , se refiere a la disposición de aceites usados en sistemas de alcantarillado . Las concentraciones de metales de los aceites usados puede , en algunos casos , interrumpir los procesos de sedimentación activados en plantas tratadoras de aguas negras secundarias . A pesar de que esto no es cuatificable en México , se sabe que potencialmente se crea con este hecho , una fuente adicional de amenazas a la salud , la cual podría ser tratada a través de la instrumentación del anteproyecto de norma .

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones derivadas de éste trabajo son :

1. El conocer la composición físicoquímica de los aceites lubricantes nos ha llevado al conocimiento de su correcta aplicación , así como también a la de muchos otros factores que , a primera vista nos parecían tal vez despreciables .

2. Al enfocar éste tema hacia la tecnología de los aceites lubricantes de base mineral se han manifestado otros temas de interés : la fricción , el desgaste , el pulimento de las superficies , las condiciones de operación involucradas , la vida útil de los equipos , la degradación del aceite , la relación de éste con el medio ambiente , y muchos otros más .

3. En lo que se refiere a la lubricación en sí , se llega a la conclusión de que nos aproximamos a un grado de comprensión y conocimiento susceptible de inaugurar día con día una nueva era en el campo de la ingeniería .

4. Este trabajo brinda los parámetros necesarios para seleccionar un aceite o bien para cambiarlo , y además nos demuestra el por qué las superficies en movimiento deben ser lubricadas .

5. Se resaltan muchas de las amenazas potenciales al ambiente que el manejo inadecuado de un aceite puede producir .

6. Con lo que respecta a la disposición final de los aceites lubricantes usados, su re-refinación , su utilización en procesos industriales y su quema como combustible ; estos son una opción que la industria y los usuarios deberían de considerar .

7. El costo de instalación para efectuar las alternativas antes mencionadas , se verá reflejado como un ahorro de combustible .

8. Los beneficios del anteproyecto de norma citado , se concentran en reducir los riesgos resultantes de la contaminación atmosférica del agua subterránea , del agua superficial , es decir del medio ambiente .

9. En los casos en que varias instalaciones industriales quemando lubricantes usados se localicen cerca las unas de las otras , estos riesgos se suman a un nivel aún más significativo . Por lo anterior , el proyecto de norma reduciría las emisiones a niveles aceptables ya sea , requiriendo la instalación de equipo de control de emisiones atmosféricas , o haciéndoles ilegal la quema de lubricantes usados.

10. El proyecto de norma también elimina riesgos a partir de la disposición de aceites usados en confinamientos , ya que esta opción de disposición , como se dijo , puede contaminar cantidades significativas de agua del subsuelo y potencialmente , amenazar los abastecimientos de agua . Su eliminación representa un beneficio significativo .

CAPITULO IX

BIBLIOGRAFIA

- (1) Texas Company , Handbook XII , volume I 1993
- (2) Fuller D.Dudley , Teoría y Práctica de la Lubricación . Primera edición.
España 1961
- (3) The Texas Company , Desarrollo de Lubricación (5 1/2 días)Octubre de 1993
- (4) Benlloch M.José , Los Lubrificantes : características , propiedades , a aplicaciones . Ed.Ceac . España 1990
- (5) Produtex,S.A de C.V.Depto.Técnico. Curso de principios básicos de lubricación. México,D.F. 1991
- (6) American Society For Testing Materials, ASTM.Standards on Petroleum products.
- (7) Wills J.George, Lubrication Fundamentals . Ed.Marcel Dekker Inc. USA 1980
- (8) Bharat Bhushan / Gupta , B.K., Handbook of Tribology . Ed.Mc Graw Hill Inc.
- (9) Zisman , W.A. / Murphy, C.M., Trends in Lubricants .
- (10) Tissot,B.P. / Welte,D.H., El Petróleo : Su formación y localización . Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología . México 1982.
- (11) Kobe,A.Kenneth / McKetta,John Jr, Advances in Petroleum Chemistry and Refining . Interscience Publishers , Inc. New York 1959
- (12) ICF Kaiser, Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana para Regular el Manejo de Lubrificantes Usados . Agosto 1994