



31  
201  
BIBLIOTECA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

## FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO  
DE ACEITES LUBRICANTES USADOS

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO QUÍMICO**  
P R E S E N T A  
**GERMAN PÉREZ MORALES**

MEXICO, D. F.

1995



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 está 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.

**ANALISIS DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO  
DE ACEITES LUBRICANTES USADOS.**

**JURADO ASIGNADO:**

**Presidente:** Ing. Eduardo Vazquez Zamora.

**Vocal:** Ing. José Benjamín Rangel Granados.

**Secretario:** Ing. Salvador Gallegos Ramales.

**Suplente:** Ing. Miguel Angel Varela Cedillo.

**Suplente:** Ing. José Bermudez Mosqueda

**Director de tesis:** I.Q. José Benjamín Rangel Granados.

**Una realidad comienza con tan sólo un sueño.  
Un sueño tan sólo es una esperanza.**

**Lo peor tal vez sea olvidar un sueño,  
pero es mas peor abandonar la esperanza,**

**Dedico este trabajo a todas aquellas personas que estuvieron conmigo en los momentos de mi vida, y a aquellas personas que sienten que nunca lo lograrán.**

**A mis compañeros en que en las etapas de mi vida académica demostraron ser buenos compañeros y grandes amigos.**

**A todas aquellas cosas que me empujaron a continuar y a mi pensamiento.**

**A los profesores que gracias a su conocimiento y a su apoyo, logré alcanzar esta meta, además que gracias a su ejemplo, he tratado de tener un desarrollo profesional ascendente buscando mi superación profesional.**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México, que es cuna de grandes personas que con su actividad enaltecen a la institución.**

## **INTRODUCCION**

## INTRODUCCION.

Los aceites crudos derivados de la destilación del petróleo, se encuentran hoy en día de diferentes tipos, variando tanto en color, como en composición. La principal función que desempeña un aceite, es la de lubricar, disminuyendo así la fricción y el desgaste, un aceite lubricante por lo general está compuesto por dos tipos de elementos, el primero es el aceite base, y el segundo lo constituyen los diferentes aditivos.

La característica más importante en un aceite lubricante, es la de su índice de viscosidad, la cual es una medida de la fluidez a una temperatura definida, la viscosidad varía con la temperatura, y una disminución de viscosidad indica que existen contaminantes en el aceite, debido a la degradación del mismo o a sustancias ajenas a la composición del aceite, las cuales provienen del uso que se le da de este (polvo, agua, etcétera), cuando sucede esto se dice que se tiene un aceite usado.

Los aceites lubricantes usados contienen compuestos indeseables que alteran las propiedades físicas y químicas, abatiendo así la capacidad de lubricación, tales compuestos indeseables son producto de la degradación producida por las condiciones bajo las cuales el aceite lubricante es utilizado.

El aceite lubricante usado que es generado, en ocasiones una parte es utilizado como combustible alternativo en hornos que operan a altas temperaturas, como lo son los hornos en la industria del cemento, otra parte es utilizada para el control de polvos en caminos rurales, y una gran parte es desechada en alcantarillados, drenajes y en callejones generando así un desequilibrio ecológico.

Con la disminución continua de las reservas de petróleo, se hace esencial que el aceite usado sea ahorrado y sea utilizado tanto como sea posible, para lo cual se han diseñado diferentes procesos para llevar a cabo la regeneración del aceite lubricante usado.

En el presente trabajo se lleva a cabo un estudio de como el aceite lubricante virgen es separado en la etapa de tratamiento del petróleo crudo, se mencionan los diferentes procesos en los cuales el aceite crudo es purificado, y se mencionan las clasificaciones del aceite dependiendo de su uso, además se lleva a cabo una caracterización de los aditivos que son agregados a los aceites lubricantes, indicando las cualidades que son mejoradas, posteriormente se mencionan los diferentes procesos que se ocupan de la regeneración del aceite lubricante usado, uno de estos procesos es seleccionado para llevar a cabo un análisis, dicho análisis consta de un balance de energía y de masa, se realiza un análisis dinámico de las ecuaciones de transferencia en algunas etapas del proceso seleccionado, y por último se dan algunos valores comparativos de las propiedades entre un aceite virgen y un aceite usado.



## **CAPITULO No. 1**

### **GENERALIDADES.**

## GENERALIDADES

El aceite es principalmente usado para lubricar dos superficies, reduciendo la fricción, desgaste y la generación de calor.

Un lubricante es un material de alta viscosidad colocado entre dos superficies adyacentes para reducir las fuerzas friccionantes. Un lubricante puede ser un sólido, un líquido o un gas, sin embargo los aceites líquidos viscoso son comúnmente usados como lubricantes, por su durabilidad, accesibilidad y por su costo. El aceite de lubricación usado, también llamado de desecho, es un aceite que ha sido adulterado en sus propiedades físicas por el uso subsecuente o que ha sido contaminado como resultado de su uso.

Existen seis categorías generales de aceite, aunque el aceite es usado principalmente como un recurso de energía y es el llamado aceite mineral o de petróleo, la mayoría de este aceite es quemado y así no es confinado, el aceite lubricante usado es alterado y entonces es suministrado al sistema de disposición.

Las seis categorías de aceite son:

### 1. Origen mineral (aceite de roca). Petróleo.

- a) Alifáticos o base cera.
- b) Aromáticos o base asfalto.
- c) Base mezcla.

Los aceites de origen mineral o derivados del petróleo se dividen en dos grupos según su uso que son:

- a) Lubricantes: aceite de motor, aceite de máquinas industriales, aceite de corte.
- b) Medicinal: aceite parafínico refinado.

**2. Origen vegetal.**

- a) Seco.
- b) Semiseco (soya, algodón).
- c) No seco (castor, coco).

**3. Origen animal.**

- a) Grasas (ácido esteárico).
- b) Líquidos (aceite de pescado, ácido oleico, aceite de esperma de ballena).

**4. Esencias.**

- a) Líquidos volátiles de flores (perfumes y saborizantes).
- b) Productos resinosos.

**5. Comestibles.**

- a) Pasta alimenticia (margarina de coco, arroz, soya, algodón, oliva).

**6. Base sintética.**

- a) Originado por cambios químicos.
- b) Originado por petróleo.

Estos aceites tienen ciertas capacidades de lubricación y son usados en diferentes procesos, pero los aceites derivados del petróleo y aceites sintéticos en su mayoría producen aceite de desecho (aceite usado).

Los aceites de origen animal, esencia y comestibles, son componentes menores en el mercado de aceites y normalmente son consumidos en su uso, por eso estos aceites no entran en el sistema de aceites de desecho. (no se generan residuos de aceite).

Los aceites lubricantes automotores e industriales comprenden la mayoría de los aceites de desecho que entran en el mercado de desecho-reciclamiento, porque estos constituyen una gran proporción por volumen de material generado. Los aceites de aviación y lubricantes marinos comprenden una pequeña parte en el mercado de aceite de desecho. Los lubricantes automotores lo constituyen principalmente el aceite de motor y es el tipo

**de lubricante usado que más predomina, y consecuentemente domina el mercado de aceite usado.**

Los lubricantes industriales incluyen lubricantes líquidos para cojinetes, grasas, polvos lubricantes sólidos en película, para compresor, para refrigeración, para bombas de vacío, para equipo hidráulico con transmisión de potencia (aceite mineral base y sintético), grasas lubricantes industriales, lubricantes de turbina, trabajo de metales ("cold rolling", corte de metales), aceites de proceso para alimentos, cosméticos y elaboración de productos medicinales, aceites textiles, etcétera.

Los aceites derivados del petróleo consisten de tres grupos de compuestos orgánicos que son usados como lubricantes los cuales son:

- a) Alcanos.
- b) Alicíclicos.
- c) Aromáticos.

Los alcanos (parafinas y ceras), son cadenas rectas o hidrocarburos ramificados con buena viscosidad a altas temperaturas.

Los compuestos alicíclicos, tienen alta densidad y viscosidad por su peso molecular, pero tienen un bajo punto de fusión en comparación con los alcanos.

Los aromáticos, tienen altas viscosidades y densidades, además forman excelentes aditivos, pero son generalmente pobres lubricantes.

Los aceites bases obtenidos del proceso del petróleo son:

- a) Aceites parafínicos.
- b) Aceites nafténicos.

Los aceites parafínicos tienen un contenido relativamente alto de alcanos, tienen buenas características en su comportamiento de la viscosidad /temperatura y poseen buena

estabilidad. El aceite industrial se refiere a aceites parafínicos como solvente neutral porque el aceite base es usado como solvente refinado y tiene un pH neutro.

Los aceites naftalénicos son procesados en un rango limitado de aceite crudo en un número restringido de refinerías, muestran pocas características aceptables en el comportamiento de la viscosidad con respecto a la temperatura pero tienen un amplio rango de aplicaciones.

Tomando como base los aceites refinados del petróleo, se producen diferentes tipos de aceites para aplicaciones específicas, los aceites blancos son aceites muy refinados compuestos de solamente moléculas alifáticas y son usados como productos medicinales y en la industria de los alimentos, los aceites eléctricos son usados para la industria de transformadores eléctricos debido al aislamiento eléctrico que proporciona y como refrigerante.

Los aceites sintéticos son producidos en base al aceite refinado y otros recursos químicos (reacciones químicas), los lubricantes sintéticos fueron primeramente desarrollados en 1930, aunque su aplicación comercial como lubricante fue aplicada recientemente.

Hoy en día los lubricantes sintéticos son encontrados en automóviles, en camiones, en motores diesel, en motores marinos y en transmisiones, también son usados en aviación, aeroespacio y en la misma industria de lubricantes.

La base principal de los lubricantes sintéticos son polialfaolefinas, aromáticos alquilados, polibutenos, diésteres alifáticos, poliésteres, polialquilenglicoles y ésteres fosfatos. Los grupos sintéticos de lubricantes muestran una variedad en cuanto a propiedades de lubricación, pero son benignos en cuanto a cuestión ambiental. El grupo de lubricantes sintéticos, ésteres, es muy biodegradable y así el impacto ambiental es mínimo en comparación con otros tipos de lubricantes, en experimentos realizados se ha encontrado que los ésteres y aceites vegetales son biodegradables, y que los aceites blancos y minerales sólo son parcialmente biodegradables.

De todos los lubricantes sintéticos, el polialquilenglicol (PAG) es el más importante, el PAG es un grupo grande de moléculas poliméricas que exhiben un amplio rango de propiedades incluyendo solubilidad en agua, son usados en líquidos de frenos, soluciones anticongelantes, en lubricantes para compresores, en fluido de corte de metales, como fluido resistente al fuego y como aditivo de aceite para motor. El PAG puede ser sólido o líquido, soluble o insoluble en agua y puede ser producido para dar una amplia gama de viscosidades. Las aplicaciones típicas del PAG es como aceite industrial y la elaboración de grasas, lubricante para compresor, fluido para corte de metales, fluidos hidráulicos resistentes al fuego, lubricantes textiles y fluido para la transferencia de calor, los fluidos más utilizados para la operación de transferencia de calor en este grupo son los anticongelantes (etileno y propilenglicol).

El PAG es un excelente fluido para compresores porque estos pueden lubricar y enfriar, sellan y reducen la fricción y el desgaste. Estos compuestos reaccionan muy poco con oxidantes o líquidos químicos activos o con grasas en la mezcla comprimida, los aceites de PAG son usados en la industria del corte de metales porque su solubilidad provee de una película de polímero en la superficie del metal trabajado. Estos compuestos

tienen baja toxicidad irritan poco la piel y es bioestable. El PAG soluble en agua es usado extensamente en la elaboración de textiles y puede ser fácilmente removido después del proceso.

Un estudio realizado en Estados Unidos, en relación al aceite usado generado, se encontró que éste se podía clasificar en dos categorías:

- a) Automotiva.
- b) Aceites industriales.

De este estudio se concluyó que aproximadamente la mitad de los 2312 millones de galones de aceite generado por año, se convierten en aceite de desecho, se concluyó que la mayoría de aceite de desecho se generó de vehículos personales (239 millones de galones), aceite industrial hidráulico (200 millones de galones) y vehículos comerciales (105 millones de galones), estos tres tipos de aceites componen 45% del aceite de desecho generado en los Estados Unidos.

El mercado extranjero es diferente al mercado de Estados Unidos por el bajo número de automóviles per cápita, así teniendo un uso menor de lubricantes automotivos. En Alemania de todo el consumo de petróleo en 1983, el 0.8 % se convirtió en lubricantes, con aceite de motor consistiendo de solamente el 38% del generado, otro tipo de aceite lubricante lo compone el 60% de los lubricantes generados. Desde que se levantó un acta en 1968 en la República Federal Alemana en relación al aceite usado, la recolección de aceite usado es del 90% del volumen colectado. Un reporte echo por la organización de compañías de aceite de Europa, CONCAWE, concluyeron que aproximadamente el 53% de las ventas totales de lubricantes fueron consumidas, donde el 32% fueron reciclados y el 15 % no fue estimado por CONCAWE en 1985.

## **CAPITULO No. 2**

### **CONSTITUYENTES DEL PETROLEO.**

## **CONSTITUYENTES DEL PETRÓLEO.**

El petróleo crudo está constituido por miles de compuestos químicos, incluyendo gases, líquidos y sólidos en rangos de metanos hasta asfaltos, también existen en forma significativa compuestos que contienen nitrógeno, azufre y oxígeno, la cantidad o variedad de compuestos dependen del tipo de crudo (de la zona de extracción), a continuación se mencionarán los constituyentes más comunes en los hidrocarburos.

### **I. Alifáticos o hidrocarburos de cadena abierta.**

- a) Comprende una serie de n-parafinas o alcanos estos son destilados directamente del crudo, las gasolinas son predominantemente n-parafinas.
- b) Serie de isoparafinas o isoalcanos, estos compuestos son utilizados para motores de combustión interna, pueden ser formados por reformado catalítico, alquilación, polimerización o isomerización, ya que en el crudo existen en pequeñas cantidades.
- c) Olefinas o serie de alcanos, estos compuestos están en poca proporción en el crudo, pero en el proceso del craqueo se producen, son moléculas inestables con una tendencia a reaccionar, y son usados para la formación de otros compuestos.

### **II. Compuestos cíclicos. (cadena cerrada).**

- a) Serie de naftenos o cicloalcanos, estos compuestos son los segundos más abundantes en los crudos, como ejemplo se tienen: metilciclopentano, ciclohexano, dimetil-ciclopentano y metil ciclohexano, tienen alto peso molecular y son predominantes en gasóleo y aceite lubricante.
- b) Aromáticos o serie de bencenos, existen en pequeñas cantidades y son deseables en gasolinas debido a su alto valor de antidetonancia y estabilidad de almacenamiento.

### **III Componentes menores.**

En este grupo se encuentran sulfuros y compuestos de nitrógeno, estos causan problemas en el proceso, por lo cual son separados antes del proceso de refinamiento, además el crudo posee también sales, las cuales causan problemas de corrosión, por lo cual son separados del crudo antes de su tratamiento.

Existen una gran variedad de crudos, y por lo tanto, los procesos para tratar el crudo son diferentes, para así obtener los diferentes productos derivados de la destilación del petróleo, como son: gas, gasolina, aceites y asfaltos. Dependiendo de la calidad de los



distintos tipos de derivados, los procesos varían desde una destilación hasta un craqueo catalítico.

Las fracciones comunes de la refinación del crudo son:

- a) Natural: gasolina y gas natural y LPG (propano licuado).
- b) Destilados ligeros: gasolinas de motor, naftas solventes, combustibles para jet, keroseno y aceites ligeros.
- c) Destilados intermedios: aceites combustibles pesados, aceites diesel, aceite gas.
- d) Destilados pesados: aceites minerales pesados, aceites flotantes pasados, aceites lubricantes y ceras.
- e) Residuos: aceites lubricantes, aceite combustible, petrolatum, aceite de camino, asfaltos y coque.

El cambio constante en el mercado de los productos del petróleo han hecho que se efectúen alteraciones en los materiales usados para la fabricación de dichos productos, esto es, se han buscado petroquímicos básicos para que a partir de ellos se generen otros productos petroquímicos, los principales productos básicos son: acetileno, propileno, benceno, xileno, etileno, butano, tolueno, naftaleno.

Algunos de los productos petroquímicos secundarios son:

cloruro de vinilo, acrilonitrilo, acetaldehído, alcohol metílico y etílico, óxido de etileno, butadieno, ácido benzoico, anhídrido ftálico etc.

En el proceso de refinación del petróleo crudo (proceso de destilación) se pueden denotar tres etapas, las cuales son: destilados ligeros, destilados intermedios y destilados pesados.

**Los destilados ligeros son principalmente:** gasaviación, gasolina para automóviles, naftas, solventes de petróleo, combustibles para jet y keroseno, la gasolina es el producto más importante, cuando la razón de compresión en un motor es alta, detona en el cilindro causando daños y pérdidas de potencia en el motor, los ramales de la cadena y los hidrocarburos aromáticos reducen la tendencia de la gasolina a que detone, el número de octanos es una medida para la estabilidad del combustible para motores de alta compresión. La gasolina de avión es generalmente encontrada en dos grados, de 100 y de 80 octanos, teniendo mayor demanda la de 100 octanos, la cantidad de sulfuros en la gasolina debe ser controlada ya que estos compuestos producen corrosión.

El término de nafta es aplicado, a materiales con rangos de ebullición entre la gasolina y el keroseno, y son utilizados para la elaboración de barnices, de pinturas y para la elaboración de algunos solventes. El keroseno fue originalmente usado para lámparas y calentadores, pero últimamente se utiliza como combustibles para jet o para aviones.

**Los destilados intermedios incluyen:** gasóleo, aceite para hornos domésticos, combustible diesel y destilado para el craking (producción de más gasolina). Estos destilados son usados principalmente para el transporte de combustibles en camiones pesados, trenes y pequeños barcos comerciales.

**Los destilados pesados:** son transformados en aceites lubricantes, en aceites pesados, para una variedad de usos en combustibles y en el almacenamiento para ser utilizado en el craking. Los aceites lubricantes de gran calidad pueden ser hechos a base de parafinas o pueden ser formados a partir de mezclas con un refinamiento de solvente, esto es empleado para así obtener productos de calidad diferente.

En los aceites lubricantes es común el uso de aditivos para así mejorar la calidad de los aceites, los aditivos más comúnmente utilizados son del tipo antioxidante, detergentes, antiespumantes, mejoradores del índice de viscosidad y agentes para presión extrema (EP).

Los residuos obtenidos de la destilación son hidrocarburos no volátiles y lo comprenden los asfaltos, aceite combustible residual coque y petrolato.

En el proceso de tratamiento de crudo se han buscado diferentes maneras de obtener diferentes productos, esto es, obtener el máximo provecho del crudo obteniendo una gran variedad de productos sin modificar mucho la infraestructura; esto es, en un proceso de destilación simple, del cual se obtienen varios productos, en el caso del petróleo, se pueden obtener solamente gasolina, pero esto implicaría modificación de equipos, mayor utilización de la energía, mayor costo y el proceso no sería en ese instante costeable, así de manera tal que el crudo es procesado para obtener una gran variedad a un bajo costo, cuidando con mayor entereza los cambios de energía ya que esta es de principal importancia, tanto a nivel técnico como a nivel económico.

En la refinación del petróleo, para la obtención de los productos de éste, se utilizan procesos unitarios de separación, o sea operaciones unitarias, las cuales al conjuntarse generan una circulación de materiales de equipo hasta la obtención del producto o productos, la calidad de los productos dependerá siempre del control que se tenga de dichas operaciones unitarias, todo el control de todo el proceso da como resultado un producto de buena calidad a un costo esperado mínimo, en el proceso de refinación del crudo se pueden observar: flujo de fluidos, transferencia de calor, destilación, absorción, adsorción, filtración, cristalización, extracción y otras.

Entre las reacciones más importantes que se dan en el proceso de tratamiento del crudo se tienen:

- a) Craqueo o pirólisis, este fenómeno se da cuando existe suficiente calor y/o en presencia de un catalizador, una parafina se rompe en dos o más moléculas y una de esas moléculas es una olefina, algunas moléculas se polimerizan y en la reacción se forma carbón, todas las reacciones son endotérmicas y la energía involucrada es alta.
- b) Reformado, es la formación de nuevas moléculas de un tamaño similar original.
- c) Reformado catalítico, involucra la conversión de otro hidrocarburo en compuestos aromáticos en presencia de un catalizador, los catalizadores usados son comúnmente platino-alumina, sílica-alumina, o cromo-alumina.
- d) Coqueo, aquí se produce aceite ligero a partir de aceite pesado mediante un proceso de craqueo térmico, obteniéndose como subproducto coque.

- e) Polimerización, produce hidrocarburos líquidos a partir de hidrocarburos gaseosos para ser usados como combustible o para ser usados como petroquímicos.
- f) Alquilación, estos procesos son exotérmicos y es fundamentalmente similar a la polimerización, la diferencia es que la carga debe ser insaturada, el producto alquilado es una mezcla de hidrocarburos saturados destilados de isoparafinas estables en el rango de gasolinas.

En general, del petróleo crudo se obtiene:

**Gas natural**, este es el que sale directamente del pozo, contiene nitrógeno, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono, también metano y pequeñas cantidades de etano y propano, mínimas cantidades de butano e hidrocarburos más pesados.

**Gases del craking**, los gases del craking en composición depende del tipo de proceso utilizado, difieren del gas natural en que contiene hidrocarburos olefinicos.

**Gasolina natural**, esta es obtenida por separación del gas natural de sus componentes más pesados, normalmente se estabiliza para separar el propano y ligeros, está constituida por un 80% de hidrocarburos parafinicos.

**Gasolina de destilación directa**, el contenido en aromáticos varía y de igual manera el contenido de parafinas siendo el componente en menor cantidad naftenos.

**Gasolina del craking**, éstas son originadas del craking catalítico y tiene un bajo contenido en parafinas normales, alto contenido en isoparafinas y hasta un 30% de hidrocarburos aromáticos.

**Querosenos**, aquí se considera su composición en términos de grupos estructurales, las olefinas son ausentes, la mayor parte del queroseno está constituido por parafinas.

**Gasóleo**, la composición química del gasóleo, se aproxima mucho a la de los querosenos del mismo crudo, sólo que los naftenos presentes son bicíclicos y tricíclicos. normalmente se encuentran altos porcentajes de hidrocarburos aromáticos y parafinicos.

**Aceites lubricantes**, los constituyentes del aceite lubricante debido a la complejidad y gran cantidad de constituyentes se dividen en cuatro fracciones:

- a) Porción cerosa.
- b) Porción blanca (refinada).
- c) Porción extracto.
- d) Porción asfáltica.

La porción cerosa está constituido por parafinas normales, aunque conteniendo hidrocarburos nafténicos con uno, dos o hasta tres anillos con largas cadenas parafinicas laterales. La porción blanca, está compuesta de naftenos de uno, dos y hasta tres anillos con cadenas laterales más cortas o más ramificadas. La porción extracto está constituida por derivados que contienen azufre, oxígeno y nitrógeno, y que se cree están formados de anillos complejos aromáticos nafténicos con cadenas parafinicas laterales. La porción asfáltica se compone de aromáticos multicíclicos muy condensados con un contenido de hidrógeno bajo, junto con la mayor parte del producto no hidrocarbonado de la fracción lubricante original. La porción blanca no contiene parafinas y se cree que todos los lubricantes desparafinados y extraídos con disolventes y los lubricantes de base parafinica desparafinados, contienen poco o nada de isoparafinas y que se componen casi enteramente de derivados alquilados de

**naftenos y aromáticos.** El tratamiento de refinado con ácido sulfúrico concentrado, separa la mayor parte de los constituyentes alquil aromáticos, de forma tal que los aceites blancos constan principalmente de alquil-naftenos. El índice de iodo frecuentemente alto de los aceites lubricantes sugiere la presencia de olefinas, pero es imposible que estén presentes, excepto en el caso de fracciones de alto punto de ebullición obtenidos de crudos asfálticos que han sido destilados a elevadas temperaturas.

Los elevados índices de viscosidad se asocian con la presencia de largas cadenas parafínicas laterales unidas a hidrocarburos nafténicos, mientras que los índices de viscosidad bajos indican la presencia de hidrocarburos aromáticos, generalmente con cortas cadenas laterales.

Ceras parafínicas, estas están compuestas de parafinas normales, de cadena carbonada cuya longitud varía entre quince y treinta átomos de carbono. con pequeñas cantidades de isoparafinas que son más altas en las ceras del crudo americano que en las obtenidas de crudo de Borneo, las isoparafinas tienen punto de fusión más bajo que las parafinas normales de longitud de cadena similar.

Asfalto, es el residuo de la destilación del petróleo y está compuesto de fracciones arbitrarias, las cuales existen muchas, pero las más usuales son:

- a) Maltenos, solubles en hidrocarburos parafínicos.
- b) Asfaltenos, Insoluble en hidrocarburos parafínicos ligeros y soluble en tetracloruro de carbono.
- c) Carbenos, insoluble en tetracloruro de carbono, pero soluble en disulfuro de carbono.
- d) Carboides, insoluble en disulfuro de carbono.

Un aceite lubricante es usado para interactuar entre dos superficies para reducir la fricción y así evitar el desgaste entre las piezas, además de proporcionar una disipación de calor, y evitar calentamientos excesivos entre las superficies y evitar daños, de acuerdo a los diferentes usos, a los aceites se le han modificado sus propiedades para así ser utilizados en diferentes maneras, siendo así se tienen:

**Aceites industriales,** estos aceites de baja calidad que se usa en superficies que trabajan a baja velocidad y a baja temperatura, generalmente tienen un índice de viscosidad bajo y una determinada estabilidad, una cualidad básica es que deben de poseer puntos de congelación correctos debido al uso, pueden fabricarse con crudos naftalénicos no cerosos por destilación al vacío del residuo. Es conveniente eliminar los ácidos naftalénicos (estos ácidos causan inestabilidad y corrosividad en los aceites) con una segunda destilación con sosa cáustica, extrayéndose de los diferentes puntos de la columna aceites neutros de diferente viscosidad. Es posible construir unidades para la eliminación de los ácidos nafténicos por destilación del residuo sin que queden los naftenos salinos en el asfalto residual, para esto, se circula el álcali líquido en un sistema cerrado, unos pocos platos por encima de la entrada de carga a la torre de vacío. La fracción de aceite lubricante neutro sufre

entonces en ligero tratamiento ácido y un acabado con tierras de diatomáceas; el grado de intensidad de estos tratamientos aumenta con la viscosidad del aceite, para fines en que estos aceites de baja calidad tengan propiedades adhesivas, es necesario que estos aceites sin tratar se mezclan con asfaltos.

**Aceites de alta calidad**, son requeridos para superficies que operan a altas velocidades y altas temperaturas por ejemplo, máquinas de combustión interna, además deben de tener una elevada resistencia a la oxidación, baja tendencia a desarrollar acidez, mínima tendencia a la deposición de barros y a la formación de lacas, mínimo cambio de viscosidad con la temperatura y bajo punto de congelación, este tipo de aceite sólo se puede obtener por refinado con disolventes de cargas seleccionadas, utilizando disolventes selectivos para extraer los componentes indeseables en el grado más conveniente, estos aceites tratados con disolventes se dividen en dos grupos, el primero que son elaborados con una base nafténica libre de parafinas, en donde el índice de viscosidad de la carga bruta es aproximadamente cero, los aceites extraídos procedentes de esta fuente tienen índices de viscosidad de cuarenta a setenta, tienen índices de residuos carbonoso y tendencia a la formación de coque menores que los aceites de base parafínica de alto índice de viscosidad. El segundo, los que se fabrican como cargas de base parafínicas que pueden extraerse y después desparafinarse para dar aceites de índice de viscosidad entre noventa y ciento diez.

Por simple desparafinado de estas cargas parafínicas cerosas, y aplicándole un acabado con tierras y ácido, se pueden obtener aceites de índice de viscosidad entre cincuenta a ochenta, pero son menos estables en la oxidación.

**Aceites especiales**, aceites para corte, estos aceites se emplean para enfriar herramientas de corte y taladrar metales, en general en todo tipo de maquinaria en la cual se lleva a cabo la operación de desbastar un metal, el objetivo de este tipo de aceite, es además de formar una película de aceite, es la de disipar el calor, estos tipos de aceites son emulsiones estables con agua, cuya cantidad de aceite depende del valor relativo que se requiera entre los dos efectos, enfriamiento y lubricación, estos aceites normalmente poseen viscosidad media y un bajo índice de viscosidad.

**Aceites para presiones extremas (EP)**, las cargas extremas y las altas velocidades impuestas a los modernos engranajes cónicos de dentadura espiral, los tornillos sin fin y los engranajes hipoides, rompen las películas de lubricantes de los aceites normales, lo que conduce a la soldadura de las superficies, por las altas temperaturas generadas debido a la fricción, para evitar el rompimiento de la película, se "fortifica" el aceite con productos químicos, que dan películas finas y resistentes sobre las superficies metálicas. Estos compuestos químicos son normalmente derivados con azufre, fósforo o cloro.

**Aceites para turbinas y transformadores**, los aceites para transformadores se obtienen mediante un enérgico tratamiento con ácido y tierras, a partir de aceites de baja velocidad o índice de viscosidad medio extraídos con disolventes, deben tener una alta resistencia a la oxidación que permita una larga vida sin formación de ácidos y pérdidas de poder eléctrico.

**Los aceites para turbina se elaboran con un tratamiento con ácido y tierra activada, a partir de los aceites de viscosidad media y baja, y de alto índice de viscosidad previamente sometidos a una intensa extracción, estos aceites deben tener una considerable resistencia a la oxidación y deben separarse rápidamente del vapor de agua condensada con una mínima formación de emulsión.**

**Aceites medicinales y blancos, las cargas nafténicas no cerosas preferiblemente las extraídas previamente con disolventes, se utilizan como materia base para la preparación de aceites farmacéuticos. Se aplican fuertes tratamientos con ácido sulfúrico, seguido de una neutralización con sosa y lavado con alcohol para la eliminación de ácidos sulfónicos, puede ser necesario un último tratamiento con ácido antes del tratamiento final con arcillas activadas.**

**CAPITULO No. 3**

**ACEITE LUBRICANTE.**

## **ACEITES LUBRICANTES.**

Los aceites lubricantes se clasifican según la naturaleza del crudo de que se obtienen:

- a) De base parafínica, si en ellos predominan las parafinas.
- b) De base nafténica, si existen grandes cantidades de naftenos.
- c) De base mezcla, cuando existen mezclas de las bases anteriores.

También están presentes aromáticos en cantidades variables, conteniendo los aceites nafténicos una proporción mayor que los parafínicos. Los procesos empleados en la manufactura de aceites lubricantes están diseñados para obtener un balance adecuado de los hidrocarburos parafínicos nafténicos y aromáticos. Los aceites lubricantes pueden estar compuestos de destilados o de residuos predominantemente de tipos nafténicos y parafínicos, respectivamente, o de mezclas adecuadas de aceites destilados y residuales.

El término "cylinder stock" (aceite para valvulinas o cilindros) se aplica corrientemente a los aceites pesados no destilados, generalmente de naturaleza parafínica, aunque pueden ser también destilados de tipo nafténico. Con el término "bright stock" se conoce al aceite para valvulinas que ha sido sometido a una destilación con arrastre de vapor de agua, filtración con arcillas, para separar resinas y sustancias carbonizables y desparafinación.

El término neutro se aplica originalmente a los destilados filtrados, tratados con tierras y desparafinados, sin ser refinados con ácido, (en la actualidad, se emplea sin tanta precisión y el término neutro se suele aplicar a los destilados refinados con ácido).

Los aceites lubricantes minerales están compuestos casi en su totalidad, de mezclas complejas de hidrocarburos que varían considerablemente en sus pesos moleculares individuales y estructuras moleculares, por ejemplo, hidrocarburos parafínicos nafténicos, aromáticos, anillos aromáticos y nafténicos condensados.



Los pesos moleculares promedio determinados por métodos crioscópicos y ebulloscópicos, pueden mostrar discrepancias debidas a la interacción del disolvente con alguno de los componentes del aceite. Entre todas las técnicas de fraccionamiento disponibles, la destilación molecular y la destilación al vacío o con vapor pueden separar un crudo dado en fracciones esencialmente de diferentes volatibilidades. Otras técnicas de fraccionamiento tales como precipitación, adsorción y extracción, dan cortes progresivamente menos precisos basados en sus pesos moleculares y tienden a separar estructuralmente fracciones semejantes.

Una vez realizado el fraccionamiento en cortes de diferentes volatibilidades, existen técnicas de laboratorio y de escala industrial por las cuales pueden separarse por adsorción con tierras activadas, los aromáticos y compuestos no hidrocarburos tales como sustancias con oxígeno o con azufre. la mezcla parafínica-nafténica no adsorbidas se pueden entonces fraccionar en sus componentes por extracción con disolventes selectivos.

Las fracciones destiladas del corte lubricante contienen junto con alcanos, compuestos cíclicos que pueden tener hasta 5 o 6 anillos por molécula y que siempre contienen cadenas laterales parafínicas. Estas moléculas cíclicas pueden ser clasificadas como las que contienen sólo anillos naftalénicos y aromáticos. Los aceites desparafinados, aunque contienen cierta cantidad de alcanos, están compuestos principalmente de moléculas naftalénicas o nafténico aromático con cadenas laterales. Con objeto de mejorar las propiedades lubricantes en sus aplicaciones específicas tales como: untuosidad, capacidad de arrastre de carga, viscosidad, densidad, etcétera, se suele adicionar a los aceites minerales del 5 al 25% de otros aceites animales, vegetales o de pescado, y/o del 4 al 5% de azufre y una extensa serie de inhibidores y aditivos. Los aceites grasos más empleados son: los de manteca de cerdo, para los aceites de cilindro de máquina de vapor, y los aceites para corte de metales.

El desprendimiento de hidrógeno y la polimerización de aceites que ocurre bajo la influencia de una descarga eléctrica silenciosa es un fenómeno indeseable en los aceites eléctricos, pero se ha aprovechado para la producción de aceites para motores en el proceso llamado "Voltolization". Los procesos normales de refinado dan un número relativamente pequeño de aceites básicos, que difieren mucho en viscosidad, por lo cual, y con objeto de cubrir la amplia gama de grados requeridos por el mercado, se hacen mezclas apropiadas de los componentes básicos. Para que cada una de estas mezclas esté dentro de las normas especificadas y pueda funcionar perfectamente, es necesario seleccionar cuidadosamente los aceites bases y las proporciones relativas con que han de mezclarse.

La operación de mezcla se suele efectuar en tanques calentados con vapor provistos de algún medio de agitación, tal como paletas rotatorias o boquillas para el burbujeo de aire. La mezcla de aceites de baja viscosidad puede realizarse sin la ayuda de calentamientos

con vapor. En las mezclas de aceites minerales compuestos de dos o más aceites destilados o de uno o más destilados con un bright stock, se pueden mantener temperaturas comprendidas entre 60 y 70 °C.

La mezcla de aceites grasos, necesita un cuidado extremado con objeto de evitar la separación, generalmente se mezcla el aceite graso con parte del aceite mineral a una temperatura de 105 °C homogenizando después esta mezcla con el aceite mineral restante en el tanque de mezcla a una temperatura de unos 95 °C. Los aditivos para aceites lubricantes suelen venir disueltos en forma concentrada en aceites o se pueden disolver fácilmente en el mismo hasta obtener la concentración deseada.

### **PROCESOS DE PURIFICACION.**

Para la purificación del aceite se han ideado muchas maneras de hacerlo, el tipo de purificación depende del tipo de impurezas que se va a retirar y además del tipo de uso que se le va a dar al aceite:

**Extracción de los compuestos de azufre.** Una seria desventaja de la extracción de todas las moléculas que contienen azufre, en lugar de ser este eliminado como sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), es la pérdida de productos pesados unidos al azufre, pérdida que crece con el peso molecular de loa carga a desulfurizar para un porcentaje en peso de azufre constante, si los distintos productos del crudo contienen azufre en tal magnitud que es necesario practicar una desulfuración en uno o en algunos de sus productos, se podrá suponer, que el resto tendrá azufre y la inclusión en ellos de los extractos sulfurados pueden dificultar los límites especificados. Una solución para evitar esto es la de eliminar el azufre del extracto en forma del sulfuro de hidrógeno por un proceso de hidrodesulfuración, se ha encontrado que los disolventes selectivos de los hidrocarburos aromáticos tienen una influencia semejante sobre los que contienen azufre, esta influencia es extremadamente marcada para las cargas craqueadas catalíticamente, en las que la mayor parte del azufre, (que no se puede eliminar), se encuentra en combinaciones aromáticas.

El fluoruro de hidrógeno ( $HF$ ) líquido es otro disolvente que muestra un considerable poder disolvente para algunos compuestos de azufre, con este disolvente es posible la extracción de un 70% o más del azufre dando un rendimiento en extracto de sólo el 10 y 15% en peso de la carga.

**Desparafinado**, la presencia de cera parafínica en los aceites es inconveniente debido a que dificultan la fluidez del aceite a través de o los equipos utilizados a la temperatura normal y a bajas temperaturas. El primer método empleado para su eliminación fué dejarla sedimentar en los tanques de almacenamiento durante el invierno y extraer luego el aceite claro enfriado separándolo de la cera. Este método fué sustituido por el enfriamiento de los tanques mediante un serpentín dentro del cual fluye salmuera enfriada previamente por un proceso de expansión de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) ó dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Como cabría esperar el desparafinado de aceites de elevada viscosidad es bajo, para ayudar a la separación de la parafina y a la recuperación del aceite, se utilizó como diluyente la nafta, siendo la solubilidad del aceite en la nafta fría considerablemente mayor que la de la cera, la nafta se eliminaba luego del aceite y de la parafina por destilación, posteriormente se encontraron mejoras al fraccionar el aceite ceroso destilándolo para obtener una fracción de baja viscosidad y un residuo de alta viscosidad que se desparafinaban independientemente, empleando con cada uno las condiciones más adecuadas para la más eficiente separación de las parafinas o ceras presentes.

Las ceras de bajo punto de ebullición contenidas en el destilado se separan como cristales bien definido en forma de agujas o de discos mientras que la del residuo altamente viscoso se depositan en forma microcristalina o amorfa conocida con el nombre de petrolatum, la parafina cristalina puede separarse fácilmente por filtración, y por esto se empleó éste método. Aunque la solubilidad de la parafina en la nafta a baja temperatura es muy pequeña, es todavía más apreciable como se demuestra en el desparafinado diferencial que viene representado por la diferencia entre la temperatura a la que se realiza la deposición y la filtración de la parafina y el punto de congelación del aceite desparafinado.

Cuando se emplea del 40 al 70% de nafta como disolvente, esta diferencia es del orden de 25 a 28 grados centígrados, en comparación con 3 a 5.5 °C cuando se desparafinan destilando no diluidos. Un buen disolvente para el desparafinado, además de ser barato y tener solubilidad apropiada no debe ejercer ninguna acción química sobre la parafina o el aceite, además de no ser corrosivo para los materiales que ordinariamente se emplean en la construcción de las plantas y debe poderse recuperarse fácilmente del aceite y de la parafina por destilación, los disolventes principales utilizados en las plantas de desparafinado son:

- 1.- Propano líquido.
- 2.- Mezcla benceno acetona.
- 3.- El tricloroetileno.
- 4.- Mezclas benceno dicloruro de etileno.
- 5.- Mezclas de benceno-dióxido de azufre líquido.

**Desparafinado con propano.** Aunque el propano líquido no tiene un desparafinado diferencial tan bueno como la mezcla de los disolventes, posee una ventaja sobre todos, excepto la mezcla benceno-dioxido de azufre, que es la de ser un buen medio refrigerante. De esta forma es posible evitar la utilización de un dispositivo de refrigeración exterior empleando una cantidad mayor de propano que la necesaria para la dilución y dejándola evaporarse por reducción de presión hasta que la temperatura de la mezcla sea la requerida para la filtración, el propano sirve también para el desasfaltado, al mismo tiempo que es uno de los dos disolventes empleados en el proceso de extracción conocido como "Duo-sol", el proceso de desparafinado con propano es muy adecuado para la preparación de aceites lubricantes de alto índice de viscosidad a partir de residuos asfálticos, ya que puede emplearse el desasfaltado hasta la extracción sin necesidad de separarlo de los aceites intermedios obtenidos.

En el proceso de desparafinado, la carga de aceite ceroso se mezcla con propano líquido a una temperatura alta (32 a 55°C) para que la parafinas se disuelvan. La mezcla se enfría por evaporación de parte del propano a presión reducida hasta 13 ó 20 °C por debajo del punto de congelación deseado en el aceite desparafinado. En este momento, la relación de disolvente a carga es de dos a uno, la mezcla se filtra, la torta se lava con propano enfriado la cual es empleada para la dilución parcial de la carga. La solución de aceite filtrada y fría pasa a través de intercambiadores de calor en los que toma calor de la mezcla de carga y disolvente antes de su enfriamiento, pasando luego a la planta. El propano es eliminado de la cera blanda por destilación separándose las últimas trazas por arrastre con vapor de agua a presión atmosférica.

El hecho de que el propano sea gas en condiciones normales, exige que el proceso de desparafinado se realice en un equipo cerrado proyectado para mantener la presión de vapor del propano líquido a los valores correspondientes a la temperatura de funcionamiento adecuadas en las distintas secciones de la planta.

**Desparafinado con benceno-acetona.** Aunque este método se denomina proceso benceno-acetona, frecuentemente se emplea tolueno y metil-etil acetona (MEK) como sustitutos totales o parciales del benceno y la acetona respectivamente, el MEK es más barato y tiene menor solubilidad para las parafinas que la acetona mientras que el tolueno se mezcla en parte con el tolueno para evitar su cristalización, cuando se emplean temperaturas de desparafinado muy bajas.

En la práctica se utilizan mezclas que contienen 25 a 50% de acetona o MEK 12.25% de tolueno y 40-60% de benceno. El aceite parafinoso se diluye con 3 o 4 veces su volumen de disolvente, bombeándose los dos líquidos en proporciones automáticamente controladas a través de un orificio mezclador, la mezcla se calienta hasta que la parafina esté totalmente disuelta, luego se enfría la carga con agua y, por último en enfriadores hasta una temperatura de 5 a 10 °C por debajo del punto de congelación deseado para el aceite. Se aprovecha al máximo el intercambio de calor enfriando la carga de aceite y disolvente con la mezcla desparafinada procedente de los filtros, los intercambiadores de calor y los enfriadores son del tipo de doble tubería provistos de rascadores de cinta helicoidal efectuándose el enfriamiento por expansión directa del amoniacoen las camisas de los enfriadores. La filtración se lleva a cabo en forma continua y las parafinas se lavan con parte del disolvente enfriado, la filtración se lleva a cabo en una atmósfera de gas inerte. El disolvente se recupera de las fases parafinas y aceite por destilación y arrastre con vapor.

**Desparafinado con tricloroetileno.** Los disolventes clorados para desparafinado se emplean siempre en procesos que emplean centrifugas para la separación de las parafinas, para lo cual son especialmente adecuados debido a su elevado peso específico y a su tendencia a favorecer la separación de las parafinas en forma amorfa.

En el proceso con tricloroetileno, el aceite se mezcla con dos tercios, o un volumen de disolvente, y la mezcla se calienta para disolver la parafina el enfriamiento se lleva muy lentamente hasta 11°C por debajo del punto de solidificación deseado, la mezcla enfriada se carga a centrifugas a prueba de pérdidas de vapores, diseñadas especialmente para la separación de parafina semisólida.

Por razón de la densidad relativamente alta de disolvente, la parafina sale por el centro, desde donde pasa a un recipiente calentado con vapor, mientras que la solución de aceite desparafinado es expulsada por lo lados. El disolvente se separa de ambos componentes por la forma usual de destilación y arrastre.

**Proceso barisol.** Es muy semejante al anterior, excepto que se emplea una mezcla de disolvente formado por el 78% de dicloruro de etileno y el 22% de benceno. La separación de parafinas se verifica con centrifugas, la parafina se extrae de la centrifuga por medio de una boquilla que se extiende hasta su interior ayudándose la descarga, por razón de la inercia de la parafina semisólida que gira rápidamente. La recuperación del aceite desparafinado se mejora diluyendo la parafina separada con diluyente, enfriado nuevamente y volviendo a centrifugar a temperatura algo más baja.

**Desparafinado con benceno-dióxido de azufre.** Puesto que el dióxido de azufre es gaseoso en las condiciones ordinarias, se aprovecha este proceso para verificar una refrigeración interna, como en el proceso de desparafinado con propano. La parafina se elimina de la mezcla enfriada en filtros cerrados del tipo rotatorios. Este método de desparafinado puede emplearse ventajosamente a continuación de la extracción con benceno-dióxido de azufre para mejorar el índice de viscosidad, porque puede así evitarse la separación del disolvente del refinado parafínico. Puesto que todos los procesos de desparafinado necesitan equipos no sólo para la recuperación del disolvente, sino también para la refrigeración y frecuentemente la filtración, resultan caros en el costo inicial y también de mantenimiento, en consecuencia lo más frecuente es que el proceso de desparafinado siga al de extracción con el fin de reducir el volumen de carga, lo mismo que ocurre con el proceso de extracción; es mejor tratar fracciones perfectamente definidas que un amplio corte de aceites lubricantes, puesto que los rendimientos totales de filtración son más altos y la relación de disolventes más bajas a parte de que frecuentemente existen ligeras diferencias en la temperatura diferencial necesaria para un punto de congelación determinado en los stoks de alta y baja densidad procedentes del mismo aceite base.

**Aceites solubles.** Debido a la demanda del aceite lubricante y, a los diferentes usos de este en la industria, se han modificado las propiedades físicas de estos para cubrir dichas demandas.

La mecanización de metales implica una serie de operaciones como son:

- 1.- Torneado.
- 2.- Roscado.
- 3.- Escariado.
- 4.- Cepillado.
- 5.- Fresado.
- 6.- Rectificado.
- 7.- Perforado, etc.

En sí, toda actividad en donde se lleva a cabo un desvaste a un metal, han requerido de un tipo de aceite que proporcione determinado tipo de cualidades para el diferente trabajo realizado, es decir:

- a) Que sea capaz de reducir las temperaturas que se originan en el trabajo de mecanización o corte.
- b) Que reduzca el rozamiento entre las piezas a mecanizar y la herramienta de corte, de modo que disminuyan desgastes en la pieza ó herramienta de corte.
- c) Que eviten que la punta de la herramienta de corte y la viruta arrancada de la pieza se suelden entre sí.
- d) Que sea capaz, por el gasto del líquido, de arrastrar la viruta, evitando los entorpecimientos en el trabajo, con lo que se gana tanto en el perfeccionamiento del acabado de la pieza, como en la economía del taller.

Estas cualidades la proporciona un aceite soluble, un aceite soluble está normalmente compuesto de una mezcla de aceites minerales y emulsionantes que pueda dispersarse fácilmente en el agua, una cualidad del aceite soluble es el de proporcionar una emulsión estable en un período de tiempo, a diferencia de un aceite no soluble en el cual no se puede formar emulsión con el agua. El agente emulsionante es generalmente es un jabón, además posee los aditivos adecuados de oxidación antiespuma y otros. Para que un aceite soluble sea considerado bueno, debe guardar las condiciones ya expuestas y dar una emulsión lechosa consistente, perdurable, grasosa y no oxidante en una proporción del 2 al 10% de agua.

Los aceites solubles para cortar comprende a su vez dos tipos generales:

- a) Opacos.
- b) Claros.

El tipo opaco es el más común y forma emulsiones lechosas, mientras que el tipo claro forma emulsiones traslúcidas claras. Los aceites de cortar solubles se utilizan donde los principales requisitos de la operación sean la refrigeración del material y la máquina, la

**eliminación de las partículas metálicas de la superficie a cortar o maquinar, y del polvo acumulado en los trabajos de fresado.**

Los agentes emulsionantes generalmente empleados son naftasulfonatos y ácidos grasos sulfonados, en las fórmulas para la preparación de los aceites solubles se añaden a veces aditivos que se basan en aceites ligeros minerales. En los aceites solubles es importantísimo controlar su pH, debiendo procurar que sea neutro o ligeramente alcalino, ya que de lo contrario se puede deteriorar por la formación de jabones. la densidad de la solución madre, (solución madre es la mezcla de aceites y aditivos que conforman a un aceite soluble) debe ser tal que, al ser disuelta en agua, en las proporciones ya indicadas ha de tener un peso específico muy próximo al agua.



**CAPITULO No. 4**

**LUBRICACION**

**Y**

**USOS**

## **LUBRICACION.**

La lubricación de las superficies puede verificarse de dos formas:

- A) Lubricación hidrodinámica.
- B) Lubricación en capa límite.

### **LUBRICACION HIDRODINAMICA.**

Se dice que existe lubricación hidrodinámica cuando se mantiene una película de lubricante entre las superficies del cojinete en las condiciones de operación. en estas condiciones, la fricción entre el eje y el cojinete dependen de la viscosidad del lubricante, la velocidad de rotación y la presión ejercida sobre el eje. Dichas presiones aumentan gradualmente desde la que tiene el aceite a su entrada hasta un valor máximo. Puesto que la película de aceite se puede considerar formada por capas de las cuales la exterior se adhiere al eje y al cojinete, mientras que las intermedias están sometidas continuamente a fuerzas cortantes, cuanto es mayor la viscosidad del aceite, mayor es el calor de fricción del fluido desarrollado. Teniendo en cuenta las altas velocidades y pequeños espacios vacíos, se ha de generar una cantidad de calor bastante elevada. La conductividad térmica del lubricante y no la velocidad de transferencia de calor desde el cojinete a los alrededores, es lo que, por lo tanto ha de gobernar la velocidad de pérdida de calor de la película dentro de la cual se mantiene un gradiente de temperatura.

### **LUBRICACION EN CAPA LIMITE.**

Quando las condiciones de trabajo son tales que la película de aceite no se puede mantener entre las superficies del cojinete en condiciones de poca velocidad y carga elevada; es decir, la rugosidad de la superficie esta en contacto una con otra. Esta condición se

conoce como lubricación en la capa límite y da lugar a una mayor fricción que la resultante en la lubricación hidrodinámica.

La lubricación en la capa límite es independiente de la viscosidad del aceite y depende sólo de la carga y la untuosidad o la capacidad de las moléculas del lubricante para permanecer absorbidas en capas de unas pocas moléculas de grosor, sobre la superficie del cojinete. Los compuestos polares, por ejemplo, los ácidos grasos, son adsorbidos más fuertemente por la superficie metálica que los hidrocarburos. Esto es, muestran mayor tensión superficial y resistencia al ser desplazados de entre las superficies del cojinete.

### CONDICIONES EXTREMAS.

En condiciones de extrema presión, el aceite y la película en la capa límite pueden romperse o perforarse por la rugosidad superficial, permitiendo el contacto metal-metal, las temperaturas elevadas producidas en los puntos de contacto dan lugar a la fusión y soldadura de los metales con los consiguientes daños en la superficie de estos. En los cojinetes lisos o chumaceras se emplean metales de bajo punto de fusión de manera que si falla la lubricación se estropea el cojinete y no el eje. En el caso de engranajes donde las superficies del cojinete son el mismo metal, se disminuyen al mínimo los daños de las superficies por soldadura en condiciones de carga elevada y bajas revoluciones. Añadiendo aditivos E.P. (presión extrema) al aceite.

Estos compuestos suelen contener uno o más elementos activos como el azufre, cloro o fósforo, que se combinan con las superficies metálicas en las zonas calientes para dar películas de derivado metálico muy adherentes pero fácilmente cizallables, que evitan el agarrotamiento y el deterioro de las superficies.

La aplicación de los aceites lubricantes a los cojinetes suele ser de tres maneras:

- a) Primera, sistemas sin recuperación, aquí el aceite no se recircula, se desaprovecha.
- b) Segunda, sistemas circulantes, en este tipo, el aceite es bombeado a presión a través de los cojinetes, siendo recirculado mediante una bomba.

c) Tercero, sistemas de baño o barboteo, en este sistema el cojinete está sumergido en el aceite y al rodar este salpica el aceite llevándolo a las zonas que requieren lubricación.

## USOS DE LOS ACEITES LUBRICANTES.

Las aplicaciones principales de los lubricantes y las aplicaciones que se encuentran en sus servicios, se reseñan a continuación.

Máquinas de vapor, los cilindros y cojinetes de las máquinas de vapor se lubrican con diferentes tipos de aceite. En general, se emplean aceites minerales de destilación directa, aunque con vapor es necesario utilizar aceites preparados con mezclas de aceites grasos a fin de mejorar el reparto del mismo sobre las superficies metálicas húmedas, aumentar el emulsionamiento del agua condensada, minimizar el escape del aceite de las paredes del cilindro, etcétera, para vapor húmedo y presiones de catorce kilogramos por centímetro cuadrado son adecuados los aceites de viscosidad baja o media mezclados con 5 o 10% de aceite de manteca de cerdo, para temperaturas elevadas cercanas a los 300°C se utilizan lubricantes residuales de base parafínica con altos valores de viscosidad. Se seleccionan con vistas a que sufran un mínimo de craking térmico y formación de carbón y posean una adecuada viscosidad y capacidad de atomización a las condiciones de trabajo. En las máquinas de tipo vertical abierto la lubricación se realiza con pérdida total del aceite y se emplean lubricantes absorbedores de agua. Estos aceites suelen tener agentes emulsionantes tales como el aceite de pescado. En el tipo vertical cerrado se utiliza un sistema de aceite en circulación necesitándose el empleo de lubricantes que muestren una buena desemulsionabilidad al agua tales como los aceites pesados para turbinas de vapor de alta calidad.

Turbinas de vapor, en las turbinas de vapor el aceite que normalmente se circula a presión, tiene que lubricar los cojinetes del rotor, el mecanismo regulador de revoluciones y los engranajes de reducción, al mismo tiempo que actúa sobre dichos mecanismos reguladores. El aceite debe también transmitir el calor de las partes en movimiento, propiedad que, con el empleo de mayores temperaturas del vapor y velocidades del rotor crecientes, va asumiendo mayor importancia. Los aceites para turbinas de vapor deben permanecer en servicio durante varios años sin sustitución, salvo ocasionales reposiciones, y tener una gran estabilidad frente a la oxidación, debe mostrar una gran desemulsionabilidad frente al agua, con vistas a la posible contaminación con las pérdidas de vapor. Es, por lo tanto,

necesaria la utilización de aceites especiales refinados, tratados con inhibidores de herrumbre. Con objeto de asegurar el mayor rendimiento posible, el aceite debe limpiarse por separación del agua y barros de los depósitos y filtración y tratamiento en centrifugas. El aumento de barros conduce al incremento en el emulsionamiento del agua.

Se atribuye la corrosión que aparece en las partes metálicas del sistema de circulación de aceites situados por encima del nivel del mismo, a la acción de la humedad y de los productos ácidos originados por oxidación de las sustancias volátiles derivadas de la descomposición térmica de aceites inadecuados. El envejecimiento y la posible descomposición del aceite en la máquina se controla por la determinación regular del número de neutralización y la viscosidad, debiéndose cambiar el aceite cuando se aproximan ciertos límites recomendados.

Compresores y equipos de refrigeración, en la lubricación de compresores se debe tener cuidado de no tener exceso de lubricante ya que se formarían depósitos sobre las válvulas, en los enfriadores y en los receptores de aire. Para temperaturas de hasta 60°C, es recomendable aceite de alta calidad, si la temperatura es mucho mayor se emplea aceite pesado (como SAE 30). Los aceites compuestos son convenientes donde exista la posibilidad de contaminación con agua. En las bombas de alto vacío el lubricante de cilindros debe poseer una presión de vapor muy baja. Los compresores destinados para hidrocarburos exigen el empleo de aceites viscosos para que la variación de la viscosidad por efecto de disolución de gases sea mínima. No se pueden utilizar aceites en compresores que utilizan gases tales como cloro ( $Cl_2$ ), fluoruro de hidrógeno (HF) en estos casos se utiliza grafito o hidrocarburos polihalogenados. Los compresores que trabajan con amoníaco ( $NH_3$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), dióxido de azufre ( $SO_2$ ), freones o cloruros de metilo y etilo, presentan problemas debido a que la disolución del gas en el aceite origina la formación de espuma en el sistema de circulación del aceite o la reducción de la viscosidad hasta un valor perjudicialmente bajo. También puede ocurrir la disolución del lubricante de las paredes del cilindro teniendo en cuenta las bajas temperaturas de trabajo, los lubricantes para refrigeración deben poseer un punto de congelación bajo, especialmente donde el aceite no es miscible con el medio refrigerante, a fin de evitar depósitos en los serpentines de enfriamiento. Para la compresión de amoníaco ( $NH_3$ ) o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) se suele utilizar aceite de tipo nafténico.

Máquinas de combustión interna, en las máquinas de combustión interna (motores de gasolina) se alcanzan altas temperaturas, los productos de la descomposición térmica y la oxidación del lubricante, y su reacción con los productos de la combustión del combustible conducen a la formación de lacas duras sobre los pistones y otras partes calientes con las que el lubricante tiene contacto y a la deposición de material carbonáceo en los canales de los arcos que pueden llegar a la adherencia de estos con el consiguiente escape de gases, pérdida de potencia y aumento en el consumo de combustible. La adherencia de los arcos y la formación de lacas (en los motores diesel) se debe principalmente a productos de

**la combustión incompleta.** la combustión parcial del lubricante sobre las paredes del cilindro durante el impulso motor y la oxidación catalizada por metales finamente divididos contribuyen al deterioro de los lubricantes en los motores en cuestión. Los depósitos en las cámaras de combustión procedentes del aceite, especialmente en el caso de aceites con aditivos del tipo organometálicos, pueden dar lugar a la pre-ignición. El uso de combustibles con plomo incrementa la formación de productos insolubles en el aceite. El hollín y los productos de la oxidación del aceite elevan también el contenido de insolubles que, junto con el agua condensada formada en condiciones de operación a bajas temperaturas, originan barro en el depósito de aceite, incrementando la obstrucción de los filtros y conductos de aceite a la vez que se eleva la viscosidad del mismo. Los productos ácidos de la oxidación del aceite originan la formación de herrumbre en las partes férricas del motor sobre todo en presencia de agua en condiciones intermitentes y a bajas temperaturas de operación. La estabilidad a la oxidación en los aceites se mejora con la adición de inhibidoras de oxidación que son frecuentemente de naturaleza finalice. La deposición de barro puede evitarse empleando aditivos detergentes que mantienen los barro al estado disperso finamente dividido. Los aditivos detergentes son normalmente sales oleosolubles de metales alcalinos o alcalinotérreos y ácidos sulfónicos del petróleo, ácidos aromáticos hidroxycarboxílicos, fenoles sustituidos u otros compuestos. La cantidad de aditivo empleado suele ser del orden del 1 al 5% en peso de aceite, según su estructura química.

Lubricación de engranajes, normalmente, la lubricación de los engranajes se hace por salpicadura o barboteo, aunque, en ciertos casos donde la velocidad es elevada se dirige un chorro de aceite sobre los dientes o bien se sumergen estos en un baño de aceite. En algunos casos se utilizan lubricantes adhesivos de altas viscosidades, el desgaste en los dientes de los engranajes se puede dividir en los siguientes tipos principales.

- a) Corrosión alveolar superficial originada por la compresión y la posible exfoliación del metal debida a la fatiga a lo largo o en el círculo del engrane de los dientes.
- b) Abrasión por materias extrañas tales como arenilla o partículas metálicas.
- c) Escoriación de primer grado debida al acabado basto de la superficie.
- d) Descamación, que es semejante a la corrosión alveolar y se debe a la deformación plástica excesiva.

- e) **Escoriación profunda o de segundo grado originada por la formación momentánea y flujo plástico de los puntos de contacto del engranaje cuando se rompe la película de aceite bajo cargas elevadas. Esto ocurre normalmente en la raíz y en la arista de unión del flanco con la cresta de las superficies de engrase.**
  
- f) **Agarrotamiento que constituye el caso extremo de escoriación profunda y se debe a la soldadura real de las superficies en contacto del engranaje.**
  
- g) **Herrumbre, originada por la condensación del agua de la atmósfera en el lubricante del engranaje o por los productos ácidos de la oxidación del mismo.**

Mientras que los aceites minerales obtenidos por destilación directa son satisfactorios para la mayor parte de los sistemas de engranajes de dentadura recta, los engranajes cónicos sujetos a cargas elevadas con alta velocidad de desplazamiento, sólo pueden lubricarse satisfactoriamente con aceites aditivos con altas capacidades de carga y conteniendo aceites grasos jabones de plomo o compuestos de azufre, fósforo o cloro. Estos aditivos forman películas lubricantes fuertemente adsorbidas de compuestos polares tales como aceites de manteca o sebo, sobre los dientes del engranaje, o bien sus elementos reaccionan sobre la superficie de dichos dientes a través de la descomposición originada por las altas temperaturas que, momentáneamente se alcanzan en el punto de contacto de los dientes al romperse la película del aceite. Las películas superficiales de sulfuro, fósforo o cloruro del metal formada funcionan como lubricantes y provienen el desgaste friccional excesivo de las superficies de los dientes.

**Aceites para cortar metales:** la mecanización de metales implica una serie de operaciones tales como torneado, roscado interior y exterior, escariado, cepillado, rectificado, etcétera, en estos tipos de actividad son empleados aceites lubricantes solubles y no solubles.

**Aceite para laminado:** en la operación de reducción de metales a láminas o tiras por la acción de rodillos es necesaria la lubricación al objeto de minimizar la fricción. De esta forma se disminuye la carga necesaria para el laminado, se reduce el desprendimiento de calor y se evita en gran parte el peligro de deterioro del metal y los rodillos. Los aceites para laminado pueden estar constituidos por emulsiones de aceites solubles que lubrican y refrigeran, o por aceites de destilación directa de los que hay que separar normalmente, el

**agua de refrigeración.** En ambos casos el aceite para laminado deben dejar el mínimo de depósitos cuando las láminas se someten a subsiguiente recocido a la temperatura del blanco.

Los aceites para laminado de destilación directa suelen ser aceites minerales de baja viscosidad que, a veces se mezclan con aceites grasos. Si se desea obtener los mejores resultados en el recocido de las hojas, el aceite mineral empleado debe ser del tipo muy refinado y baja tendencia a la carbonización.

**Lubricantes para hilares:** la transformación de metales en alambres y tubos por estirado exigen el uso de lubricante para reducir el desgaste, estos lubricantes cubren una amplia gama tales como jabones, emulsiones acuosas de aceites, aceites minerales ligeros, pesados, compuestos, grasos y de presión extrema

**Aceites para tratamiento térmico:** los aceites minerales encuentran frecuentemente aplicación en el endurecimiento por temple del acero y sus aleaciones donde no se desea un efecto refrigerante tan rápido y con la posible quebradización como sucede cuando se emplea agua.

**Aceites para transmisión térmica:** los aceites lubricantes comprendidos entre los destilados de viscosidad media y los aceites para cilindros, encuentran aplicación como medio de transferencia de calor por circulación en sistemas calientes. Los principales requisitos a cumplir por estos aceites es la de tener una elevada estabilidad térmica y baja volatilidad. Es también conveniente que el aceite posea una viscosidad tan baja como sea posible, a fin de disminuir al mínimo las dificultades de bombeo a poner en marcha en frío.

**Aceites textiles:** en las maquinarias de la industria textil se utilizan aceites minerales muy refinados de baja viscosidad y alta estabilidad a la oxidación esto en el uso de la maquinaria, en el resto de estas se utilizan grasas y aceites viscosos, los aceites inoxidables libres de grasas son utilizados en las partes donde la maquinaria tiene contacto con el hilo o el tejido. Los aceites de engrase típico autoemulsionables están compuestos de un aceite mineral y de emulsionante. El aceite mineral varía en grado de refinamiento desde el tipo normal con ligero tratamiento ácido y con tierras hasta el producto de superior estabilidad la luz obtenido por percolación a través de tierras, intenso tratamiento ácido o refinamiento con disolvente. Los emulsionantes comúnmente empleados son mezclas de sulfonatos de aceites minerales, grasas sulfatadas, jabones de ácidos grasos o cantidades muy pequeñas de ácidos grasos. En la preparación de estos aceites puede también estar presentes sustancias alcohólicas denominadas agentes de unión.



**Las propiedades a considerar en la valoración de un aceite de engrase son:**

1. **Emulsionabilidad.**
2. **Estabilidad a la emulsión.**
3. **Desengrase.**
4. **Lubricación.**
5. **Resistencia a la coloración de las fibras bajo la influencia de la luz.**
6. **Resistencia a la acidez y antioxidación.**
7. **Características antiestáticas y anticorrosivas.**
8. **Estabilidad a la congelación y brillantez**

**Aceites para transformadores:** los aceites para transformadores deben suministrar el aislamiento eléctrico, a la vez que actuar como medio refrigerante transmitiendo el calor desde el núcleo y bobinas del transformador hasta el exterior del mismo. La constante dieléctrica de los aceites para transformadores es alrededor de dos y depende de la composición del aceite, siendo elevada en los aceites aromáticos, la resistencia dieléctrica o valor de perforación depende de la presencia de contaminantes, tales como humedad, fibras, y otras cuyo efecto combinado en la disminución de la resistencia dieléctrica es más considerable que el de cada contaminante por separado.

Los aceites minerales poseen conductividades térmicas bajas y del mismo orden. El coeficiente de exposición depende de la densidad del aceite y de la temperatura, la viscosidad es función del tamaño y del tipo de molécula de aceite y está inversamente relacionado con la presión de vapor y la volatilidad, estos aceites deben poseer una alta estabilidad frente a la oxidación y gran pureza química, al igual que la ausencia de materias corrosi-

**vas que reaccionan con el cobre y el hierro o que deterioren las propiedades mecánicas y eléctricas del aislante de celulosa.**

**Aceites para interruptores:** las funciones principales de los aceites para interruptores es la de interrumpir y enfriar el arco formado entre los contactos metálicos móviles, y suministrar un medio aislante entre las partes eléctricas del aparato, las temperaturas de operación son generalmente inferiores a la de los transformadores, aunque en ciertas zonas del aceite aparecen temperaturas extremadamente elevadas durante los cortos períodos de formación del arco, la función refrigerante del aceite es menos importante que en los transformadores, sin embargo, los aceites de baja viscosidad son los más adecuados ya que facilitan el movimiento de los contactos y hacen que se enfríe el arco más fácilmente. Bajo las condiciones de operación parte del aceite en los conmutadores se descompone en carbón y productos gaseosos, algo del carbón producido por el arco puede pasar al depósito de aceite, pero parte del mismo queda en el aceite contribuyendo al decrecimiento del voltaje de perforación del mismo. El aceite empleado en estos aparatos deben poseer una buena estabilidad a la oxidación, debido a la presencia de cobre y hierro en grandes cantidades.

**Aceites blancos:** estos productos se dividen en dos grupos:

1. Aceites blancos.
2. Aceites medicinales.

Los aceites blancos se utilizan en la lubricación de maquinaria textil, en cosméticos y en insecticidas.

Los aceites medicinales, como su nombre lo indica, son utilizados en la elaboración de productos farmacéuticos.

Los aceites empleados como base en insecticidas varían mucho en el grado de refinamiento, generalmente se utilizan aceites muy refinados de los que se han eliminado los constituyentes indeseables capaces de dañar los tejidos de las plantas en ciertas condiciones. También puede aparecer productos perjudiciales del empleo de aceites de menor estabilidad frente a la oxidación.

Los aceites medicinales son incoloros y se exige que sean casi inodoros y sin gusto, tales productos se han empleado en la industria farmacéutica durante mucho tiempo.

El tratamiento de refinamiento es necesariamente drástico, con objeto de eliminar los constituyentes indeseables del crudo, se emplea universalmente en el tratamiento de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) con o sin extracción preliminar con otro disolvente. En la preparación de aceites blancos se puede necesitar hasta un 50% en volumen de  $H_2SO_4$ , del 20%. El lavado subsiguiente con sosa cáustica origina los sulfonatos alcalinos, también valiosos. Después del lavado se somete el aceite a un tratamiento final con tierras, bien por percolación o por contacto. Durante el refinamiento de los aceites blancos se verifica un descenso substancial del peso específico y de la viscosidad. El drástico refinamiento deja sólo inalterados los hidrocarburos más ácidos resistentes que son del tipo saturado incoloros, inodoros e insaboros.

## **CAPITULO No. 5**

### **ACEITES SINTETICOS.**

## ACEITES SINTETICOS.

A continuación se mencionan algunos aceites sintéticos elaborados para la sustitución de aceites de hidrocarburos producidos a partir de la polimerización de olefinas. Estos se han elaborado empleando como catalizador cloruro de aluminio ( $\text{AlCl}_3$ ) por el *cracking* catalítico y térmico de los aceites diesel y de fracciones ceras. Estos aceites poseen punto de congelación y números de neutralización, saponificación y precipitación muy bajos, también se han producido aceites a través de la polimerización catalizada de alfa olefinas. La polimerización catalizada por el  $\text{AlCl}_3$  del isobuteno se emplea comercialmente en los Estados Unidos para obtener aceites de un rango amplio de viscosidad. El uso principal de estos productos radica en la preparación de plastificantes, recubrimientos resistentes a la humedad, etcétera. Se han obtenido aceites lubricantes de la despolimerización parcial de poli-isobutilenos viscosos por destilación al vacío.

Los aceites alquilados son obtenidos mediante la condensación Friedel Crafts del benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) con dicloroetano ( $\text{Cl}_2\text{C}_2\text{H}_4$ ), seguido de la alquilación del producto por condensación con gasóleo clorado. Se han obtenido aceites alquilados con bajos índices de viscosidad por condensación del naftaleno con etileno en presencia de  $\text{AlCl}_3$ , seguido de alquilación del producto con olefinas superiores tales como propileno, butileno, y amilenos. La condensación catalizada con  $\text{AlCl}_3$  del benceno, tolueno xileno con ceras parafínicas cloradas o hidrocarburos halogenados ( $\text{C}_{16}$  o más), origina aceites lubricantes de buena calidad para automóviles y aviones.

Aceites poliéster: en los últimos años se han obtenido éteres del tipo polixialquilenglicol, obtenidos por condensación del óxido 1,2 propileno, o del óxido de etileno con metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), butanol ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ ), etcétera. Estos productos poseen altos índices de viscosidad, puntos de congelación muy bajos y se caracterizan por dar bajos residuos carbonosos y productos de oxidación volátiles de bajo peso molecular y carecen de tendencia a formar lodos, muestran sin embargo, malas características frente a la oxidación y poca estabilidad térmica. Se puede conseguir, tanto en la forma inmiscible en agua como en la miscible. Se ha comprobado también que ciertos ésteres del tipo de los di-12 etilbutarato de los polixialquilenglicoles tales como  $\text{HO-C}_2\text{H}_4\text{O-C}_2\text{H}_4\text{O-C}_2\text{H}_4\text{OH}$ , son adecuados para su utilización en los instrumentos giroscópicos de aviación y en la lubricación de relojes.

**Lubricantes sintéticos del tipo éster:** Estos son utilizados en ciertos tipos de instrumentos herméticamente cerrados que no son accesibles para su lubricación durante su funcionamiento, esos lubricantes deben poseer:

1. Alta estabilidad química.
2. Ausencia de corrosividad.
3. Puntos de congelación inferiores a  $-40^{\circ}\text{C}$ .
4. Baja tendencia a la evaporación.
5. Bajas viscosidades a temperaturas inferiores a cero.
6. Altos índices de viscosidad y puntos de inflamación.
7. Elevada fluidez.

Los productos que tienen estas características son ciertos diésteres alifáticos de ácidos dibásicos alifáticos de cadena larga con ciertas ramificaciones alifáticas tales como:

1. Glutaratos, adipatos, azelatos, y sebacatos de los alcoholos sec-amílico, 3-etilbutanol, 2-etilbutanol, 2-etilhexanol y de los alcoholos secundarios de cadena ramificada, undecanol y tetradecanol.
2. Diésteres formados por la reacción de los ácidos anteriores con 2-12-etilbutoxil-etanol.
3. Diésteres formados por la reacción del hexametilenglicol o el decametilenglicol con un ácido de cadena ramificada tal como el 2-etilhexanoico.

#### **4. Diésteres preparados por la reacción del trietilen o polietilenglicol con el ácido 2-etilhexanoico.**

Los ésteres del grupo 1 son los de mayor empleo, gracias a su baja volatilidad, no son estables frente a la oxidación pero son susceptibles a los aditivos, sin embargo, tienen viscosidades demasiado bajas y su costo es muy alto para emplearlo como aceite para motores. Durante la segunda guerra mundial se obtuvo un lubricante sintético del tipo éster de alta calidad con elevado índice de viscosidad y estabilidad térmica. Los ácidos empleados fueron principalmente los cebásicos, adipirametiladipico y los ácidos leuna (obtenidos por la acción de la sosa cáustica sobre los alcoholes llamados isobutilicos). Se utilizaron en la esterificación alcoholes principalmente del tipo isobutilico y el trimetilolmetano  $\text{HC}(\text{CH}_2\text{OH})_3$ . Los ésteres así preparados se emplearon mucho mezclados con polímeros de etileno como aceites para evitar la corrosión en frío.

**Productos de hidrogenación:** El alquitrán de liogito se utilizó como lubricante hidrogenándose el alquitrán por el proceso llamado hidrogenación a baja temperatura, se utilizan en el proceso presiones de 300 atmósferas y temperaturas de 280 a 350°C fraccionándose después el producto hidrogenado para obtener gasolina y un residuo ceroso que por desparafinado y destilación al vacío da una fracción ligera que sirve como combustible diesel, una fracción del aceite tipo spindle y otra última de aceite lubricante

**Siliconas:** Las siliconas fluidas se preparan actualmente tanto en los Estados Unidos como en el Reino Unido. Los organosiloxanos poliméricos líquidos que contiene por lo menos 40 moles en por ciento de la unidad periódica  $-\text{Ph-Si}(\text{R})-\text{O}$  donde R es un grupo alquílico con 1 a 5 átomos de carbono en su estructura, ejemplifican esta clase de compuestos. Estas sustancias presentan un cambio anormal en cuanto a la viscosidad en una zona amplia de temperaturas, poseen bajos puntos de congelación y volatilidad y son repelentes al agua. Tienen alta resistencia térmica y a la oxidación, elevados puntos de inflamación y ejercen poca o ninguna corrosión o efecto degradante sobre metales o gomas. Las siliconas carecen de propiedades lubricantes en condiciones de alta velocidad o carga. Su aplicación más importante radica como lubricantes de instrumento de precisión como fluidos amortiguadores, recubrimiento de superficie y agentes antiespuma.

**Hidrocarburos clorados:** Ciertos hidrocarburos aromáticos y ceras parafínicas cloradas se emplean en cierto grado solos o mezclados con aceites de petróleo como lubricantes especiales. Dichos productos poseen índices de viscosidad extremadamente bajos. Los productos más altamente clorados y viscosos resisten al fuego, por lo que, al igual que todos los productos orgánicos clorados, se utilizan como productos anticombustibles, lubricantes para moldes, compuestos de impregnación e impermeabilizantes, y como recubrientes superficiales.

**Hidrocarburos fluorados:** Los productos totalmente fluorados se conocen como perfluorocarburos y sus propiedades oscila entre las del líquido de bajo punto de ebullición hasta sólidos ceros. Estas sustancias se caracterizan por su elevada estabilidad térmica e inercia química. Se han propuesto como lubricantes los polímeros de tetrafluoroetileno con fórmula empírica  $(CF_2)_n$  y los productos obtenidos en la descomposición térmica de los copolímeros de tetrafluoroetileno con mono-olefinas de dos a cuatro átomos de carbono cuya constitución varía entre aceites más o menos viscosos hasta ceras duras. Al igual que las siliconas, estos lubricantes llamados "fluorlubes", tienen aplicación limitada debido a su elevado costo.



**CAPITULO No. 6**

**ADITIVOS PARA ACEITES  
Y  
PROPIEDADES.**

## ADITIVOS PARA ACEITES LUBRICANTES.

A los aceites en el período de evolución y según su uso se le han agregado determinadas sustancias para modificar sus propiedades y mejorarlas según sea el empleo que se le da de a este. Estas sustancias se denominan aditivos los cuales se pueden clasificar en varios grupos:

- a) Detergentes dispersantes.
- b) Antioxidantes, incluyendo los inhibidores de oxidación, desactivadores y pasivadores metálicos.
- c) Rebajadores de congelación.
- d) Inhibidores de espuma.
- e) Mejoradores del índice de viscosidad.
- f) Agentes reforzadores de la película.

**Aditivos detergentes dispersantes:** Esta clase de aditivos se compone de sustancias organometálicas oleosolubles, sales de ácidos orgánicos o fenoles. Los metales utilizados son generalmente: Calcio (Ca), bario (Ba) y, menos frecuentemente, aluminio (Al), magnesio (Mg), estaño (Sn), cobalto (Co), cinc (Zn) y sodio (Na). Los ácidos orgánicos suelen ser del tipo carboxílico, sulfónico y organofosfórico u organo-fosforoso. Entre estos ácidos se pueden citar los ácidos nafténicos, ácidos de aceites vegetales y de pescado, ácidos salicílicos substituidos, ácidos sulfónicos del petróleo y ácidos alquil y aril fosfórico o fósforo. En el caso de los hidroxiaácidos, el metal puede reemplazar el hidrógeno del grupo carboxílico o del hidroxílico o ambos a la vez. En lugar de sales metálicas se han propuesto sales de amonio o amonio substituido. Los aditivos detergentes-dispersantes actúan manteniendo el motor limpio evitando la adherencia a las partes del mismo previniendo aglomeración de productos insolubles en el aceite como materias de degradación

oxidante, manteniéndolas finamente divididas y dispersas en el seno del lubricante. Los aditivos detergentes dispersantes son de naturaleza polar pero muy solubles en aceite y por neutralización de las cargas opuestas de las partículas oleoinsolubles forman micelas que quedan dispersas en el aceite, las características básicas de estos aditivos sirven para neutralizar los productos ácidos formados en la oxidación del aceite. El metal en el aditivo sirve para producir productos oleosolubles en lugar de oleoinsolubles y los radicales orgánicos y metálicos funcionan como antioxidantes, También funcionan para abajar el punto de congelación y mejorar el índice de viscosidad. El exceso de agua en el aceite puede originar agotamiento de aditivo detergente por hidrólisis de los mismos y formación de carbonatos y sulfatos metálicos a través de la aeración o de la reacción con los gases que se escapan de la cámara de combustión, En estas condiciones la parte ácida orgánica del aditivo puede dar a lugar de corrosión excesiva.

**Inhibidores de oxidación:** Son compuestos orgánicos oleosolubles cuya función es la de reducir al mínimo la oxidación del aceite para dar productos ácidos de naturaleza corrosiva. También disminuye la degradación oxidante y térmica catalizada por los metales de los aceites que originan lodos y depósitos carbonáceos insolubles y lacas. La degradación oxidante de un aceite aumenta su número de neutralización, oscurece el color, eleva la viscosidad, etcétera, los inhibidores contienen uno o mas elementos activos tales como: azufre (S), fósforo (P), selenio (Se) o estaño (Sn), combinados con alcoholes, fenoles o hidrocarburos insaturados.

La oxidación parcial de las moléculas de aceite y el combustible escapado de la cámara de combustión incrementa la presencia de los tipos peroxídicos de moléculas pro-oxidantes que actúan como promotores de cadena en los procesos de oxidación, estas moléculas son desactivadas por los aditivos antioxidantes. evitando el mecanismo de oxidación. Los metales como hierro (Fe), aluminio (Al), cobre (Cu), plomo (Pb), cadmio (Cd), forman jabones pro-oxidantes y oleosolubles con los ácidos carboxílicos producidos en la oxidación del aceite. Estos jabones se desactivan por ciertos tipos de inhibidores tales como compuestos de azufre, fósforo, tiofósforo y selenio que dan derivados metálicos oleoinsolubles. Se puede verificar la pasivación de partes del motor contra la corrosión por productos ácidos originados en la oxidación del aceite por el empleo de ciertos inhibidores que forman sobre la superficie metálica películas delgadas de sulfuros, fosfuros etcétera, y metálicos que no sufren ataque apreciable.

**Inhibidores contra la formación de espuma:** Los aditivos de los aceites lubricantes de motores suele dar lugar a la formación excesiva de espuma en los sistemas lubricantes, sobre todo cuando las bombas lo someten a cierta aeración, para evitar esto se agrega pequeñas cantidades de agentes como siliconas amidas y otras.

**Disminuidores al punto de congelación:** son sustancias que se adsorben fácilmente en la superficie de los cristales de la parafina cubriendo la mayor parte del núcleo en formación y evitando así el crecimiento de grandes cristales o agregados. Los aditivos de este tipo están formados por sustancias que contienen grandes moléculas tales como las obtenidas por condensación de ceras parafinas cloradas con fenoles y naftaleno. Otros tipos poseen polímeros de olefinas de cadenas largas, ésteres y éteres de polioxilquilen- glicos y polímeros lineales de ésteres de largas cadenas de ácidos grasos insaturados tales como los polimetacrilatos.

**Mejoradores del índice de viscosidad:** Los compuestos utilizados son polímeros lineales de olefinas tales como isobutileno o polímeros lineales de ésteres carboxílicos insaturados como los polimetacrilatos.

**Aditivos para untuosidad o resistencia de película:** Estos aditivos son compuestos que reducen la fricción resultante entre dos superficies metálicas en movimiento bajo determinadas condiciones. Son de naturaleza polar o ligeramente ácida y actúa formando capas muy adsorbidas sobre la superficie metálica a lubricar. Los aditivos contienen generalmente oxígeno, azufre, halógenos o fósforos en sustancias tales como alquil fosfitos, ceras cloradas, aceites grasos sulfurados y otros.

**Aditivos para presión extrema:** Estos son utilizados cuando el contacto metal-metal se lleva a cabo con un gran desprendimiento de calor debido a la fricción originado por la fusión del metal en los puntos de contacto, en estos casos al aceite se le adicionan aceites jabones de plomo y aditivos que reaccionan con las superficies metálicas y que contienen uno o más compuestos activos como halógenos, azufre y fósforo. Estos compuestos dan películas lubricantes muy adhesivas de haluros, fósforos o sulfuros del metal o de los jabones formados por reacción con la superficie metálica bajo la influencia de la temperatura elevada de 500°C o más alcanzada en los puntos donde falla la película de aceite hidrocarburo.

## PROPIEDADES DEL ACEITE .

Los aceites lubricantes son hidrocarburos de alto peso molecular y complejas estructuras que se obtienen de la refinación del petróleo. Las propiedades de los lubricantes dependen fundamentalmente de la fuente del crudo base y de los aditivos que se hayan agregado al lubricante.

La viscosidad es indudablemente la propiedad más importante de un aceite lubricante, la viscosidad determina la fricción fluída (la resistencia interna al desplazamiento que ofrece el líquido) en el caso del aceite determina además la capacidad de soportar una carga. La viscosidad influye mucho en el grado de fuerza motriz que es absorbida por la fricción fluída y en la intensidad del calor que se genera en los cojinetes por dicha fricción. También regula el efecto de cierre de la película de aceite entre paredes del cilindro y los aros del pistón e influye en el consumo de aceite.

Algo que se debe tener en cuenta es la variación de la viscosidad con respecto a la presión, temperatura y composición del mismo aceite, pero la dependencia de la viscosidad para con la temperatura es mucho mayor.

**Índice de viscosidad:** Los productos del petróleo, al igual que otros líquidos, con el cambio de temperatura alteran su viscosidad, se espesan con el frío y se adelgazan con el calor. Los aceites deben abarcar una escala muy variada según los diferentes tipos de uso que tengan. El índice de viscosidad es un número empírico que mide el grado de variación de un aceite con relación a la temperatura. Un índice de viscosidad bajo significa un cambio relativamente grande motivado por la temperatura, mientras que un índice de viscosidad alto muestra un cambio relativamente pequeño en la viscosidad debido a la temperatura.

**Peso específico:** es 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, en el caso de aceites lubricantes, esta relación es menor a uno, para esto las lecturas se dan en grados API. En la escala API, a un peso específico de uno corresponde un valor de 10, y a medida que los pesos específicos disminuyen, sus equivalentes en grados API aumentan.

Esta propiedad es importante en la fabricación de aceites, ya que por ser rápida y fácil de realizarse permite controlar los procesos de elaboración, además de ser una característica muy definida de cada tipo de lubricante.

**Punto de congelación y escurrimiento:** para asegurar una afluencia continua a las partes a lubricar los aceites deben mantener la característica de fluido a la temperatura más baja de servicio. el punto de congelación de un aceite es la temperatura más baja a la cual un aceite fluye bajo condiciones especiales, cuando es enfriado en forma progresiva y sin agitación. Así es como dicha propiedad nos da una idea de la temperatura a la cual el aceite lubricante se vuelve sólido, el punto de escurrimiento es el punto en el cual un aceite deja de tener la capacidad de fluir y por definición es dos grados centígrados más alto que el punto de congelación.

**Punto de nebulización:** el punto de nebulización de un aceite es la temperatura a la cual la parafina u otro compuesto solidificable presente en el aceite empieza a cristalizarse o a separarse de la solución cuando el aceite es enfriado bajo condiciones específicas. Los aceites nafténicos no muestran punto de nebulización.

**Punto de flama:** esta propiedad es la que determina la temperatura en la cual un lubricante al ser calentado desprende vapores suficientes que se flaman momentáneamente al pasar una flama sobre la superficie. Es importante ya que nos ayuda a determinar si el lubricante está contaminado con algún solvente volátil el cual tendrá un punto de ignición muy bajo.

**Punto de ignición:** es la temperatura a la cual al aplicar flama se produce un chispazo, esta propiedad es usada para indicar el desprendimiento de vapores flamables y pérdidas por evaporación de los productos del petróleo en condiciones de altas temperaturas de operación.

**Residuos de carbón:** esta propiedad tiene como finalidad establecer un índice de la cantidad de residuos de carbón que deja un aceite después de someterlo a un calentamiento externo en ausencia de aire. Indica la cantidad de depósitos de carbón que un aceite de petróleo formara bajo condiciones extremas de calor seco, mientras mayor es su viscosidad, mayores son las cantidades de residuos de carbón que dejan los aceites lubricantes.

**Tendencia del aceite a carbonizarse:** La propiedad de la tendencia del aceite a carbonizarse tiene como fin determinar las tendencias de los aceites a formar productos de descomposición sólidos, cuando se ponen en contacto con superficies a temperaturas elevadas.

**Residuos sulfatados:** Es aplicable a aceites usados o nuevos, e indica la concentración de metal. Además puede inferirse si el aceite contiene la cantidad apropiada de aditivo, los residuos sulfatados de aceites nuevos y los del mismo aceite después de usarlo, pueden indicar el agotamiento del aditivo.

**Número de neutralización:** muestra los cambios relativos en un aceite bajo condiciones de oxidación. Mide el desarrollo de productos perjudiciales en los aceites lubricantes.

**Número de precipitación:** los aceites con el uso llegan a contener materiales sólidos ajenos, del mismo sistema de lubricación o por contaminación externa, la prueba del número de precipitación sirve para constatar la presencia o ausencia de materiales ajenos,

**esta propiedad indica la cantidad de materia insoluble en nafta de precipitación y también incluye productos de oxidación que se encuentra en el aceite usado.**

**Agua y sedimento:** aquí se cuantifica el agua y sedimento con material oxidado acumulados por el aceite durante el servicio, indica de esta forma la condición del aceite en servicio.

**Demulsibilidad dinámica:** Esta propiedad indica la capacidad de un aceite para separarse del agua bajo condiciones reales de circulación, la velocidad de separación de agua y aceites es importante en los sistemas de circulación de aceite en donde se encuentra el agua como contaminante primordial.

**Emulsión con agua:** esta propiedad indica la capacidad del aceite para separarse del agua pero bajo condiciones estáticas, la velocidad de separación del agua y aceite es importante en los sistemas de almacenamiento de aceite en donde se encuentra el agua como contaminante principal.

**Emulsión con vapor:** Indica el tiempo que debe transcurrir para que un aceite sin aditivos se separe después que ha sido emulsificado, la resistencia a la emulsificación es muy importante en turbinas de vapor.

**Agua en el aceite:** es la cantidad de agua acumulada por el aceite mientras presta su servicio, indicando de esta forma única y exclusivamente la cantidad de humedad.

**Oxidación de aceites inhibidos:** sirve para medir la resistencia de los aceites con aditivos a la oxidación tomando en cuenta el cambio de acidez del aceite por la adsorción del oxígeno. Esta reacción origina ácidos y lodos, también puede medirse la cantidad de oxígeno que se consumió en la reacción.

**Color:** el color en los productos del petróleo vistos a través de la luz, varía desde casi el incolor hasta el negro, estas variaciones obedecen a los diferentes crudos, a las distintas viscosidades y a los diversos métodos usados durante la refinación.

**Detergencias:** es la propiedad que presentan ciertos aceites de dispersar o mantener en suspensión partículas de hollín y otros productos de descomposición del combustible o del aceite lubricante.

**CAPITULO No. 7**

**PROCESOS PARA LA REGENERACION  
DE ACEITE.**



## **PROCESOS PARA LA REGENERACION DE ACEITE.**

Un aceite lubricante, después de haber sido sometido a determinados procesos, puede lograrse que sea tan útil y de tal calidad, que pueda compararse con un aceite lubricante "virgen"; esto debe desterrar la idea de que un aceite lubricante regenerado o reciclado sea de una calidad inferior a un aceite no-regenerado o nuevo. Sobre todo, no hay que perder de vista que se degrada el aditivo, más el lubricante base queda casi intacto por lo que al recuperarse éste, y agregándosele posteriormente algún aditivo, puede llegar a tener las mismas características que el aceite inicial.

En la actualidad existen varios procedimientos para lograr la purificación de los aceites lubricantes usados, pero no todos ellos reúnen los requisitos indispensables para producir un lubricante regenerado adecuado.

Dentro de todos estos procesos, cualquier operación que haga decrecer la cantidad de contaminantes en el aceite es buena. Pero no hay que perder de vista que entre mayor cantidad de operaciones e insumos se necesiten en el proceso, harán que se refleje en el costo, y en el caso contrario, un proceso excesivamente simple y barato se reflejará en la dudosa calidad del producto.

### **PROCESO DE SEDIMENTACION.**

El proceso de sedimentación consiste en alimentar el aceite usado a un tanque sedimentador, el cual tiene un serpentín que conduce vapor con el que se calienta el aceite para acelerar el efecto de sedimentación de las impurezas sólidas de gran tamaño.

Este tanque cuenta con dos purgas que se encuentran a diferentes niveles, la primera se encuentra al fondo del tanque y tiene como finalidad descargar las impurezas sólidas ya sedimentadas y la segunda está ubicada en la parte inferior del tanque para desalojar el agua que acompaña al aceite sucio.

Una vez separado la mayor parte de sólidos y de agua, el aceite pasa a través de un precalentador en donde se calienta hasta una temperatura de 70°C, de ahí, el aceite entra a una centrifuga en donde son separadas las partículas de menor peso específico, el tiempo de residencia en esta última etapa depende de la cantidad de impurezas contenidas en el aceite.  
Figura no. 1

PROCESO DE SEDIMENTACION

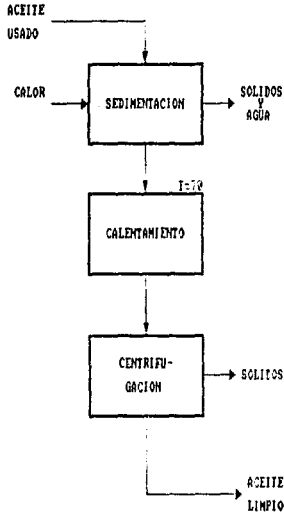


figura 1

De las principales ventajas que se obtienen de este proceso se puede mencionar que el costo inicial es bajo, así mismo, lo es el costo de operación, y por último el mantenimiento es fácil.

Las principales desventajas en este proceso es que sólo se eliminan algunos sólidos suspendidos y agua, además no se desechan completamente los diluyentes.

### **PROCESO DE FILTRACION.**

El aceite usado es pasado a través de un filtro resultando aceite limpio. En este tipo de proceso, el aceite no recibe un tratamiento para eliminar los principales contaminantes típicos de un aceite usado, los cuales son: lacas, gomas, barnices de bajo punto de ebullición, y la de sólidos solubles a sólidos insolubles, remoción de agua, ácidos, aditivos y otros.

En este tipo de proceso, de las principales ventajas se puede mencionar que el costo inicial es sumamente bajo, el costo de operación es nulo, el mantenimiento es fácil y rápido. Figura no. 2.

De las principales desventajas se tiene que para asegurar una filtración efectiva se tiene que repetir el proceso, otra es de que no elimina los aditivos y compuestos nocivos, y es recomendable para aceites de corte y transformador.

### **PROCESO MILWAUKEE.**

El proceso consiste en mezclar el aceite usado con arcilla activada o tierra "Fuller" en proporción del 7% al 10% en peso del aceite usado, en el proceso de mezclado se crea un vacío y se eleva la temperatura mediante resistencias eléctricas, una vez llegado a un vacío de 10 pulgadas de mercurio y una temperatura de 120°C se inyecta agua por el fondo del mezclador, en estas condiciones el agua se convierte en vapor, arrastrando así combustibles y ácidos contenidos en el aceite, al término de esta destilación, el aceite destilado es pasado a través de filtros para así separar la arcilla utilizada en la primera etapa, obteniendo así el aceite ya purificado. Figura no. 3.

Las principales ventajas de este proceso es que el costo inicial es moderado, debido a la sencillez del proceso y debido al poco equipo utilizado, los costos de operación y mantenimiento son mínimos.

Las principales desventajas de este proceso son:

a) No desdobra por completo las impurezas químicas

PROCESO DE FILTRACION

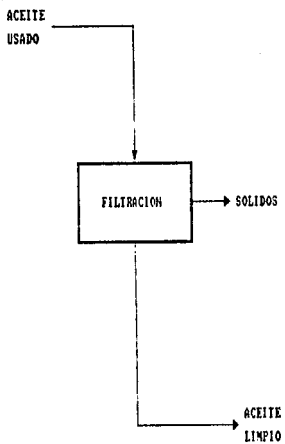


figura 2

PROCESO MILWAUKEE

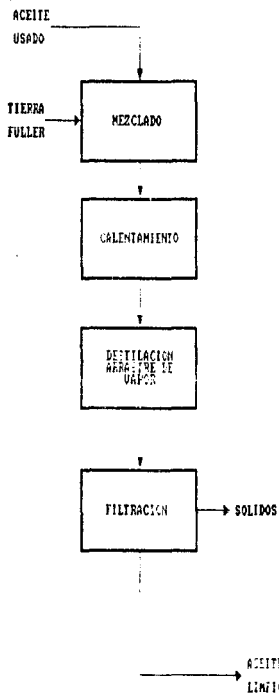


figura 3

- existentes en el aceite
- b) No neutraliza el aceite final.
  - c) Es apto sólo para aceites de corte, transformador o de laminación.

### **PROCESO YOUNGSTON MILLER.**

El aceite usado es alimentado a un tanque provisto de un serpentín, en donde es calentado a 60°C, después es pasado a una centrífuga para así separar la mayor parte de los contaminantes insolubles, pero no los compuestos derivados de la oxidación.

Posteriormente el aceite se lleva a un tanque de acidulación, el cual está provisto de un agitador, y en el cual se adiciona ácido sulfúrico al aceite, esto en una proporción de 0.05 Kg de  $H_2SO_4$ /lt de aceite sucio, que junto con la acción del agitador aceleran la sedimentación de la mayor parte de las impurezas solubles. Una vez finalizada esta operación el aceite es bombeado a un recipiente que cuenta con un agitador, un ventilador en la parte superior y un banco de resistencias eléctricas.

El aceite se introduce por la parte superior y se va mezclando con arcilla activada la que es alimentada por la parte media del recipiente, al mismo tiempo que se alimenta la arcilla activada, se incrementa la temperatura hasta 400°C, en este mismo periodo se mezclan todos los componentes.

Al llegar la mezcla a la temperatura de 400°C, se comienza a efectuar una ebullición de los diluyentes ligeros que se encuentran contaminando al aceite. Estos compuestos se escapan en forma de vapor y son eliminados con la ayuda del ventilador, descargando los vapores a la atmósfera.

Al finalizar la operación anterior, la mezcla se alimenta al filtro prensa en donde es separada la arcilla del aceite ya tratado como producto final. Figura no.4.

De las principales ventajas de este proceso se pueden mencionar:

- a) El costo inicial es moderado
- b) Costo de operación y de mantenimiento moderados.

Las desventajas de el proceso son:

- a) Descompone el aceite base debido al manejo de altas temperaturas.
- b) No neutraliza el aceite regenerado.

PROCESO YOUNGSTON MILLER

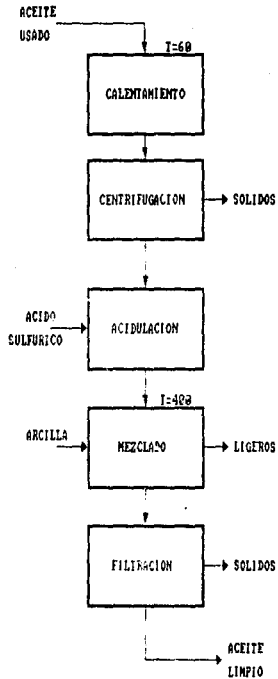


figura 4

## **PROCESO REFINOL.**

El aceite usado es alimentado a un tanque mezclador provisto de un serpentín, en este tanque el aceite alcanza una temperatura de 120°C, el aceite es agitado, mientras tanto en el tanque mezclador se agrega retrol, ya mezclado el aceite con el retrol, se pasan a un tanque en donde es sometida la mezcla a un vacío de 4 pulgadas de mercurio, se calienta la mezcla hasta una temperatura de 218°C, en esta etapa del proceso, comienza la destilación de los diluyentes que contaminan el aceite. Los diluyentes salen en forma de vapor y son condensados para su posterior almacenamiento. Después el aceite es pasado a través de un filtro para separar los sólidos suspendidos y así obtener el aceite regenerado. Figura no. 5.

Las ventajas de este proceso son:

- a) Costo inicial moderado.
- b) Costo de operación y de mantenimiento moderados.

Las desventajas de este proceso son:

- a) No se realiza previamente alguna sedimentación ocasionando que la filtración es ineficiente.
- b) No se neutraliza el producto final.

## **PROCESO TEXACO.**

El aceite sucio es alimentado a un tanque mezclador en donde se mezcla con fosfato de diamonio, el objetivo es de eliminar los metales contenidos en el aceite, la mezcla es calentada y agitada perfectamente. Las partículas metálicas en suspensión, forman fosfatos metálicos, las impurezas como lo son el agua y los ligeros son evaporados, y los aditivos son destruidos por efecto de las altas temperaturas. Después de esta etapa el aceite es filtrado, en el etapa de filtración se utilizan tierras de diatomeas como filtro ayuda, el aceite libre de sólidos entra a la etapa de hidrogenación, poniendo en contacto el aceite con hidrógeno al 99%, después de la hidrogenación el aceite es pasado a través de una cama de arcilla o tierra fuller con el fin de remover gomas e impurezas que no fueron filtradas anteriormente. Después el producto pasa a través de dos camas de catalizador Ni-Mo (Níquel-Molibdeno) en donde el cloro, Oxígeno, nitrógeno y azufre son separados en forma de gases como ácido sulfúrico y clorhídrico, amoníaco y agua, también en esta etapa se mejora el color del producto final, después el aceite es pasado a una columna fraccionadora en donde el aceite es fraccionado en dos tipos de aceites básicos, en pesado y en ligero, además en combustibles ligeros, la cual es una mezcla de diesel y gasolinas. Figura no. 6.

De las principales ventajas, la más importante es la de la eliminación de todos los contaminantes sólidos y líquidos, debido a que es un proceso altamente sofisticado debido al gran número de etapas que se tienen en él y por lo consiguiente a los equipos que se emplean, se tiene que el costo inicial es elevado, así mismo lo es el costo de operación y el



PROCESO REFINOL

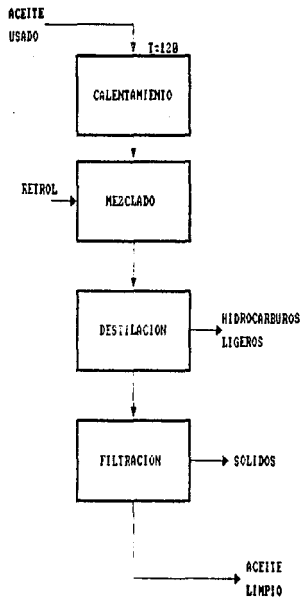


figura 5

PROCESO TEXACO

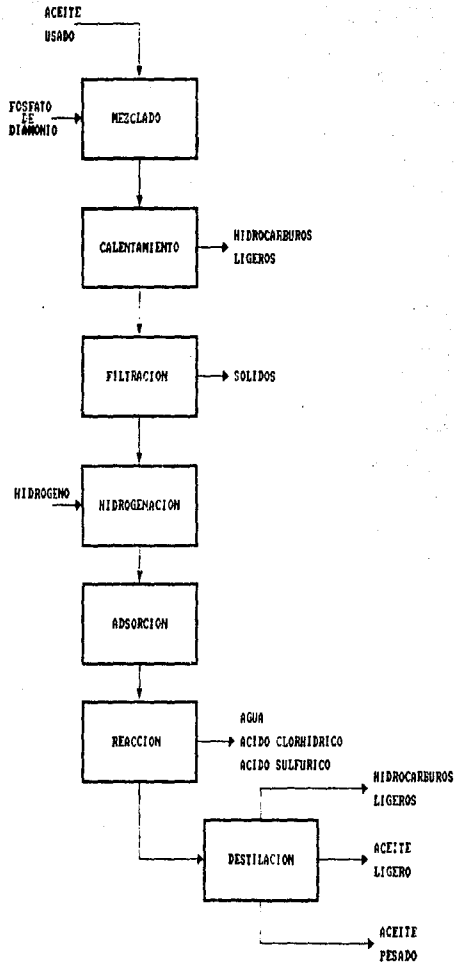


figura 6

de mantenimiento, es además un proceso de alto riesgo debido al manejo de hidrógeno y otros reactivos.

## **PURIFICACION DE ACEITE DE LAMINACION.**

Los aceites generados en procesos industriales, generalmente están en contacto con materiales ajenos al aceite, tales como agua y partículas sólidas como son escorias metálicas y óxidos, al continuar el uso del aceite lubricante, la cantidad de materiales extraños en el aceite se incrementan gradualmente hasta un punto que el aceite está contaminado con esos materiales extraños y ya no puede ser utilizado y debe ser desechado o, en su caso, regenerado.

El aceite lubricante utilizado en un proceso básicamente metalúrgico, es contaminado con metales y con agua, en este proceso de purificación, el aceite contaminado es inicialmente calentado a una temperatura de 60°C, esta temperatura es variable, ya que depende del tipo de aceite, el objetivo es sólo de calentar para así lograr una disminución de la viscosidad, después de calentado se agrega una solución alcalina al 10% de metasilicato de sodio, la cantidad es de un 10% v/v de aceite sucio, la mezcla se agita bien con el objeto de asegurar la dispersión de la mezcla alcalina y de que el aceite sucio reaccione con la misma solución, después del mezclado, el aceite mezclado pasa a un sedimentador en donde se sedimenta una fase pesada (acuosa) y una fase ligera (aceite), el aceite es separado por la parte superior y pasa a través de una serie de filtros, obteniéndose así aceite limpio listo para ser reutilizado, la fase acuosa es pasada a través de filtros obteniéndose así un líquido parcialmente alcalino, el cual es reutilizado en el proceso.

En la etapa de mezclado, en la reacción que lleva a cabo el metasilicato de sodio con el aceite sucio, se desprende hidrógeno, el cual es mandado a la atmósfera mediante un ventilador. En este proceso, también puede ser utilizados otros reactivos alcalinos como son: hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, e hidróxido de calcio. Su uso tiene la desventaja de que la producción de hidrógeno es mayor y la fase acuosa es más difícil de filtrar. Figura no. 7.

## **PROCESO MEIKEN.**

Este proceso consta de cinco etapas, es parcialmente automatizado y es también automatizado con respecto a consumo de energía, las etapas de proceso han sido diseñadas para obtener una mejor calidad en el producto y una optimización en el manejo de energía,

PURIFICACION DE ACEITE DE LAMINACION

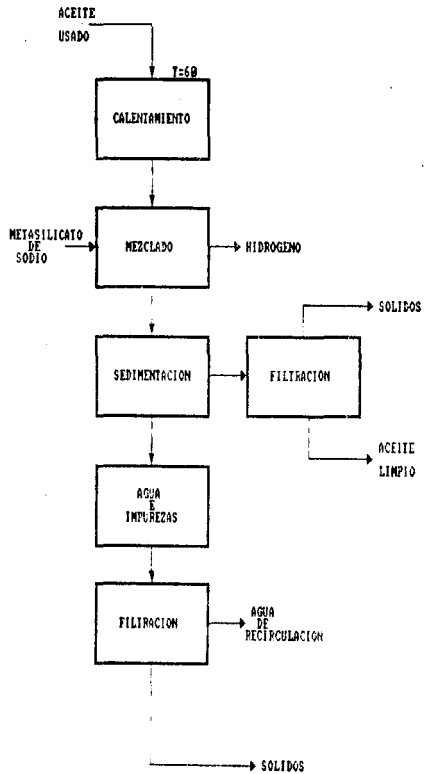


figura 7

se minimiza la cantidad de alquitrán ácido que se forma en las etapas de reacción, además de minimizar también la mano de obra, reduciendo también la cantidad de ácido sulfúrico utilizado, y el alquitrán ácido es acumulado por medio de un mezclador intensivo. El aceite es alimentado a una columna de destilación la cual es calentada indirectamente mediante un fluido caliente, así protegiéndose de sobrecalentamientos y reacciones de craking, es usado el 2% de arcilla blanqueadora en el refinado de destilación. La arcilla es continuamente separada del residuo de destilación por filtración, la calidad de los refinados obtenidos es satisfactoria, los aditivos presentes en el material base son separados prácticamente, las cinco etapas de las que consta el proceso son:

- a) Etapa de deshidratación.
- b) Unidad de refinamiento.
- c) Etapa de adsorción.
- d) Etapa de destilación.
- e) Etapa de filtración.
- f) Una última etapa adicional de incineración.

El aceite usado es alimentado en una columna de destilación en donde se separan agua e hidrocarburos ligeros del aceite, de esta etapa el aceite es mezclado con ácido sulfúrico en un reactor, y después es llevado a tanques separadores en donde se separa el alquitrán ácido, formado en la etapa anterior, del aceite acidificado, el aceite es mezclado después con arcilla y de allí es pasado de nuevo a un evaporador, el aceite de fondos es pasado a un filtro prensa para la obtención de aceite base, mientras el aceite que sale de la parte superior de la columna entra a otra etapa de separación (destilación) en donde es separado volátiles y aceite spindler. Figura no. 8.

#### **PROCESO IFP (Instituto Francés del Petróleo).**

En el proceso desarrollado por el Instituto Francés del Petróleo, los principales contaminantes son separados en una columna de extracción líquido-líquido utilizando propano, como resultado se obtiene una reducción significativa del uso del ácido sulfúrico y de arcilla blanqueadora, hay un decremento en la acumulación de alquitrán ácido. El aceite es alimentado a una columna de destilación a presión atmosférica para la eliminación de agua y de hidrocarburos ligeros, después es puesto en contacto con propano en una columna de extracción líquido-líquido, las impurezas se van al fondo de la columna, el propano es separado de la mezcla aceite-propano, y el aceite es mandado a refinación, antes de la despropanización, los sedimentos son mezclados con aceite combustible para mantener el residuo en forma fluidizable, y este es utilizado como combustible en la planta. Figura no. 9.

PROCESO MEIKEM

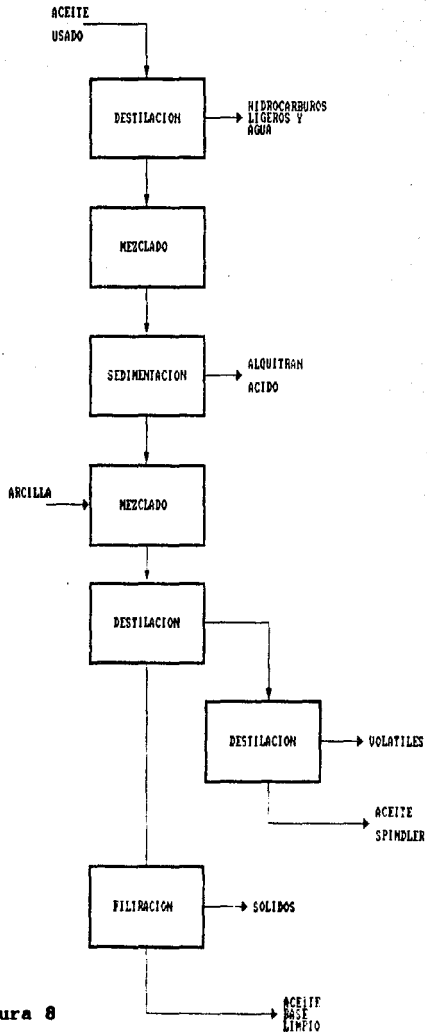


figura 8

PROCESO LFP

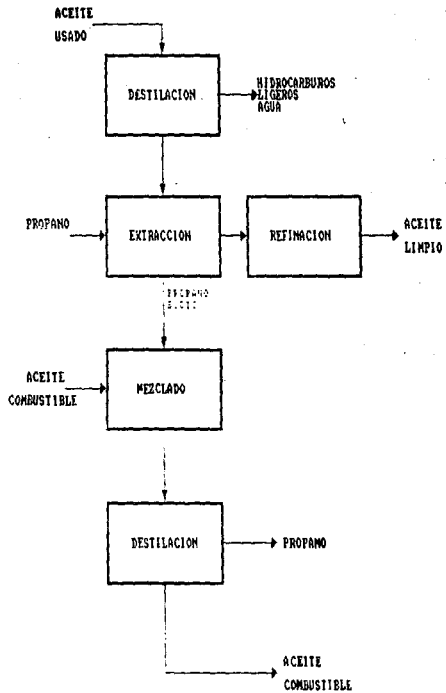


figura 9

## **PROCESO SNAMPROGETTI.**

Este proceso es similar al desarrollado por el IFP, pero este incluye extracción con propano antes y después del proceso de destilación (al vacío) y se adiciona una etapa de hidroterminado, eliminando así la etapa de tratamiento con ácido sulfúrico, el rendimiento es significativamente más alto que el obtenido con el tratamiento ácido, además se eliminan los residuos como son las arcillas blanqueadoras. Primeramente el agua y compuestos volátiles son separados en una columna de destilación a presión atmosférica, de aquí se lleva a cabo la primera extracción con propano para la precipitación de contaminantes, productos de la oxidación y una parte de aditivos, el aceite se despropaniza en una columna de destilación al vacío en tres fracciones, en aceite combustible, en aceite spindler y en aceite lubricante ligero, después del calentamiento, el residuo es extraído con propano para la remoción de los aditivos remanentes, todas las fracciones de aceite lubricante son después llevados a una etapa de hidrotratamiento. Figura no. 10.

El proceso es básicamente recomendado para aceite de motor ya que los aditivos presentes no son completamente separados con la utilización del propano.

## **PROCESO KTI (Kinetics Technology International).**

Este proceso puede ser usado para un amplia gama de aceites usados, los aditivos y otros materiales son separados por destilación o son transformados a productos reutilizables mediante una hidrogenación. Los aditivos no afectan la actividad catalítica del catalizador utilizado en la hidrogenación, los cortes de aceite que contienen hidrocarburos halogenados no pueden ser tratados en este proceso.

El agua y las impurezas son separados del aceite mediante sedimentación, con una destilación atmosférica se separan las trazas de agua e hidrocarburos ligeros, y en una etapa de separación la fracción de aceite combustible, después es llevado a una columna de destilación al vacío y el aceite lubricante es evaporado y separado en fracciones. Las impurezas, aditivos y parte de productos de oxidación son separados del fondo, el destilado es hidroterminado, este producto es utilizado como material base de producto terminado. Figura no. 11.

## **PROCESO BERC (Bartlesville Energy Research Center).**

Este proceso consta de un paso tecnológico notable, la precipitación de contaminantes es echo con una mezcla consistente del 50% 1-butanol, 25% i-propanol, 25% metilcetona, así, un volumen de aceite del cual ya se le ha separado agua e hidrocarburos ligeros por destilación, se diluye con tres volúmenes de la mezcla anterior y es centrifugada. El solvente



PROCESO SNAIMPROGETTI

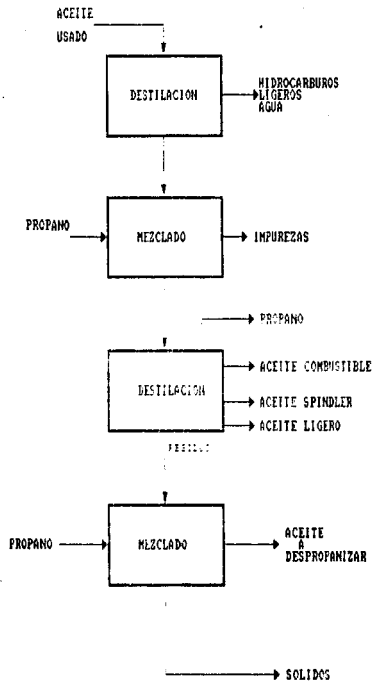


figura 10

PROCESO MTI

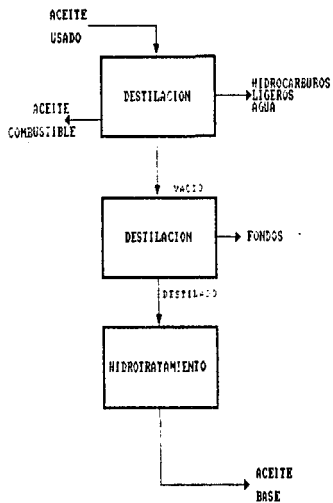


figura 11

PROCESO BEHC

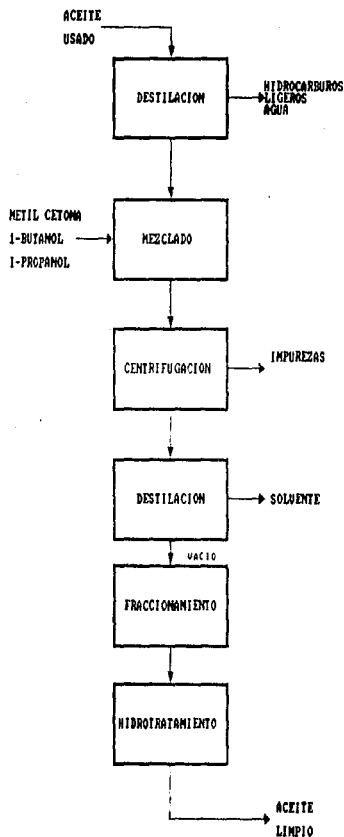


figura 12

es separado por destilación y el aceite es fraccionado al vacío y después es llevado a un hidrotatamiento o a un tratamiento con arcilla. Figura no. 12.

### **PROCESO RECYCLON.**

En este proceso los productos de oxidación y aditivos son separados tratando al aceite con sodio finamente disperso, en lugar de ser usado ácido sulfúrico. Esto lleva a la polimerización de estos productos o a la conversión de sus sales de sodio. Los puntos de ebullición del cual son altos pudiendo así destilar el aceite por destilación así llevándolo a una etapa la cual ha sido diseñada como un vaporizador de película molecular para la separación de los productos de reacción.

El aceite usado es separado del agua e hidrocarburos ligeros mediante una destilación, el aceite es llevado después a un reactor con 1% en masa de sodio metálico finamente pulverizado y perfectamente disperso en el aceite (5-15 micras de tamaño de partículas). Después de la adición de pequeñas cantidades de agua, el aceite combustible y el aceite spindler son destilados en fracciones a presión atmosférica. El residuo consiste en aceite lubricante y productos de reacción, éste es destilado a 1 mbar en una columna de película molecular con hojas rotatorias arregladas en serie. El residuo de la destilación preliminar es redestilado, después el destilado es fraccionado en la columna de destilación anterior. Los destilados son usados como aceites bases sin ningún otro tratamiento, el rendimiento es significativamente más alto que el obtenido por un proceso ácido convencional. Figura no. 13.

### **OTRAS ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS.**

**Ultrafiltración.** El Instituto Francés del Petróleo ha desarrollado un proceso de ultrafiltración a escala industrial para la remoción de sólidos e impurezas del aceite usado para reducir la cantidad de alquitran ácido producido. El aceite usado es disuelto en 3 volúmenes de hexano y filtrado bajo presión a través de membranas hechas de copolímeros de acrilonitrilo y soportados en PVC o poliacetatos.

**Centrifugación.** Las impurezas pueden ser separadas del aceite usando centrifugación, Para evitar la adición de un solvente y reducir la viscosidad, el aceite es pasado a través de un separador centrífugo.

**Vaporización molecular.** Para evitar calentamientos excesivos del aceite y así evitar la deposición de material carbonoso en la unidad de destilación, e incrementar el rendimiento y evitar un acabado costoso, se ha introducido recientemente la destilación molecular, los

PROCESO RECICLON

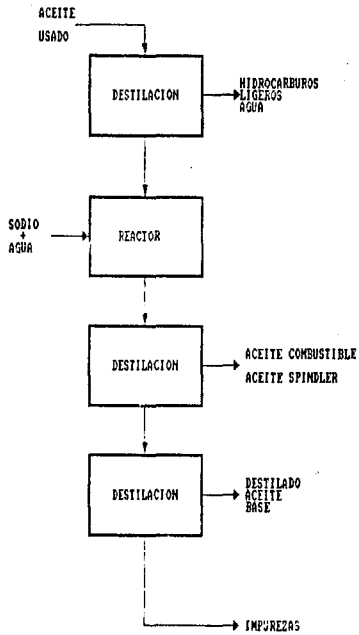


figura 13

mejores resultados han sido obtenidos con vaporizadores moleculares con hojas rotatorias arregladas en cascada o en unidades simples.

## **REFINACION DE ACEITE LUBRICANTE USADO POR EXTRACCION-FLOCULACION.**

El proceso es dividido en 5 secciones; deshidratación y remoción de hidrocarburos ligeros; extracción-floculación; recuperación de solvente; destilación al vacío; percolación a través de un lecho de bauxita.

I) Deshidratación y remoción de hidrocarburos ligeros: en esta sección el aceite usado es alimentado a un tanque y calentado por medio de un serpentín con vapor hasta una temperatura de 180°C, después el aceite caliente es alimentado a una columna de destilación flash (provista en el fondo con una resistencia eléctrica), el vapor que sale en el domo a 170°C es condensado y el condensado es pasado a un decantador donde los hidrocarburos ligeros y agua son separados continuamente, el aceite deshidratado que sale de la primera etapa de destilación es enfriado.

II) Extracción floculación: el aceite deshidratado es tratado con un solvente compuesto de tolueno y 2-propanol conteniendo 3g/lit de Hidróxido de Potasio, se agita para obtener una mezcla completa y la floculación comienza, El mezclador tiene la principal función de disolver el aceite base en el solvente pero no puede separar correctamente una solución clara libre de partículas sólidas, así por el fondo salen lodos y el aceite floculado es pasado a través de un filtro y calentado para recuperar el solvente.

III) Recuperación de solvente: el aceite floculado ya caliente es alimentado a un sistema de destilación flash, el cual opera en 2 unidades, la primera unidad opera a una temperatura de 150°C y una presión de 1 atm., la segunda unidad opera a una temperatura de 150°C y una presión de 5 mmHg. La mayor parte del solvente es separada en la primera columna y es condensado, en la segunda unidad el solvente es separado en su totalidad y es condensado, los condensados son recirculados a la etapa de extracción-floculación, del fondo de la columna se obtiene aceite denominado aceite pretratado.

IV) Destilación al vacío: el aceite pretratado es calentado hasta 320°C y alimentado a una columna de destilación flash operando a una presión de 5 mmHg, el destilado es condensado y después es llevado a la etapa de adsorción.

V) Percolación a través de un lecho de bauxita: esta operación mejora el color y el olor del aceite, el aceite destilado es calentado a 80°C y alimentado a la columna de lecho de bauxita, obteniendo así aceite lubricante base listo para ser mezclado con aditivos. Figura no. 14

REGENERACION DE ACEITE LUBRICANTE USADO

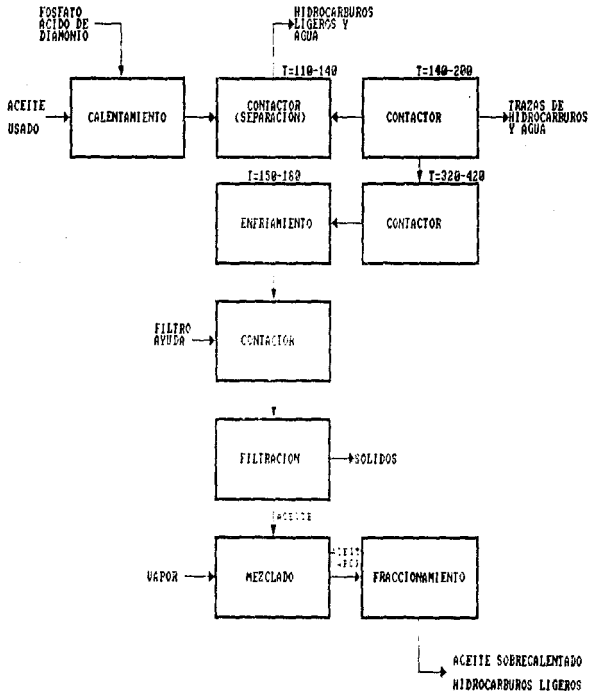


figura 14

## **PROCEDIMIENTO MEJORADO DE REFINACION DE ACEITE LUBRICANTE USADO IMP (Instituto Mexicano del Petróleo).**

Mediante este proceso se elimina los desechos sólidos, el contenido de agua, hidrocarburos ligeros, aditivos con alto contenido de metales, polímeros de degradación, compuestos nitrogenados como aminas ó aminoácidos, residuos asfálticos, olefinas, compuestos aromáticos y ácidos nafténicos, este proceso es llevado bajo las siguientes etapas:

- I) Eliminación de agua y desechos sólidos: el agua contenida en el aceite usado recolectado es separado por asentamiento en un tanque de almacenamiento y es filtrado para la eliminación de partículas sólidas suspendidas.
- II) Eliminación de ligeros: el aceite lubricante usado lleva disuelto hidrocarburos ligeros así como agua residual que se elimina mediante una destilación a una temperatura de 310 a 320°C y una presión de 760 mmHg se continúa la destilación a vacío moderado.
- III) Extracción: el aceite libre de agua, sedimentos y hidrocarburos ligeros se somete a extracción con propano, butano o pentano, o bien una mezcla de los mismos con el fin de eliminar los residuos carbonosos, aditivos con alto contenido de metales y polímeros de degradación presentes. Las condiciones en esta etapa son temperaturas entre 96 a 98°C y una presión de 42 Kg/cm<sup>2</sup>.
- IV) Tratamiento ácido: el extracto clarificado con el hidrocarburo solvente se trata con un ácido fuerte (ácido sulfúrico) para la eliminación de impurezas en forma de lodos ácidos los cuales sedimentan, la mezcla es echa con 1.5 a 3.5 partes en peso de ácido sulfúrico a temperaturas entre 30 y 45°C, el aceite es decantado y separado de los lodos ácidos.
- V) Tratamiento con arcilla: el aceite libre de residuos ácidos se trata con arcilla decolorante y neutralizante con el fin de eliminar la acidez del aceite básico obtenido y clarificar aún más el producto, el aceite decantado se agrega de 1.5 a 3 partes en peso de arcilla a una temperatura comprendida entre 110 y 140°C y posteriormente la arcilla se elimina mediante filtración, obteniéndose así aceite lubricante listo para ser utilizado como aceite base. Figura no. 15

## **PROCEDIMIENTO MEJORADO DE EXTRACCION POR SOLVENTE PARA DEPURAR ACEITE USADO DCRI (Delta Central Refining Inc).**

Este procedimiento de extracción por solvente para depurar aceite lubricante usado es utilizado para aceites que se han fraccionado en fracciones de aceite ligero y pesado.



PROCEDIMIENTO MEJORADO DE REFINACION DE ACEITE LUBRICANTE USADO  
I.M.P.

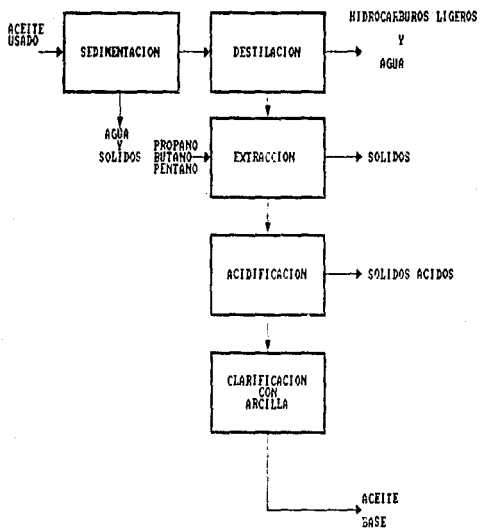


figura 15

La fracción de lubricante ligero es alimentado a una columna de extracción (1) la cual está provista de discos giratorios los cuales proveen un contacto más íntimo para así obtener un mezclado perfecto, al mismo tiempo en la columna es alimentado alcohol de tetrahidrofurfurilo (THFA) por la parte superior sale THFA con impurezas y por el fondo sale aceite ligero clarificado, el THFA contaminado es alimentado a una columna de destilación en donde es separado el THFA de sus impurezas y es mandado a un tanque de mezcla de THFA.

La fracción de lubricante pesado es alimentado a una columna de extracción (2) la cual está provista de manera similar que la columna de extracción (1), al mismo tiempo es alimentado THFA a la columna y se ponen en contacto, por la parte superior sale THFA contaminado el cual es alimentado a una columna de destilación para separar las impurezas del alcohol, el THFA es mandado al tanque mezclador de THFA, por el fondo de la columna de extracción sale aceite lubricante pesado clarificado, las dos corrientes de aceites que salen de los fondos de las columnas son mezcladas y la mezcla es alimentada a una tercera columna de destilación en donde se eliminan trazas de THFA, las trazas son mandadas al tanque mezclador THFA, por el fondo se obtiene aceite lubricante base.

Del tanque de mezclado de THFA sale una corriente la cual es alimentado a una cuarta columna de destilación la cual tiene como objetivo purificar el THFA para ser de nuevo reutilizado en el proceso. Figura no. 16.

### **REGENERACION DE ACEITE LUBRICANTE USADO PPC (Phillips Petroleum Company).**

El aceite usado es pasado a través de un intercambiador de calor, después de este, sobre la línea de aceite se mezcla con una solución acuosa de fosfato ácido de diamonio en un nodo de mezclado, después es alimentado a un contactor (1) el cual está provisto de agitación y de calentamiento, posteriormente se hace pasar a un contactor (2) provisto de agitación y calentamiento, el rango de temperatura de este contactor es de 110 a 140°C, aquí se lleva a cabo la separación de agua y algunos hidrocarburos ligeros, obteniendo en este segundo contactor una mezcla oleosa caliente libre de agua, la cual se hace pasar a un tercer contactor (3) provisto de agitación y de calentamiento, el rango de esta operación es de 140 a 200°C para separar trazas de agua e hidrocarburos ligeros.

El aceite calentado que sale el tercer contactor es pasado a través de un calentador y alimentado a un cuarto contactor (4), en donde se somete a agitación en un rango de temperatura de 320 a 420°C, después el aceite es pasado a un enfriador en donde el aceite se enfría a una temperatura de 150 a 180°C y después se hace pasar a un quinto contactor en donde se mezcla con un filtro ayuda (en suspensión con hidrocarburos ligeros), la mezcla resultante se hace pasar a un filtro, la torta es llevado a un horno en donde el resultado puede recircularse o mandarse como desperdicio.

PROCEDIMIENTO MEJORADO DE EXTRACCION POR SOLVENTE PARA DEPURAR  
ACEITE USADO

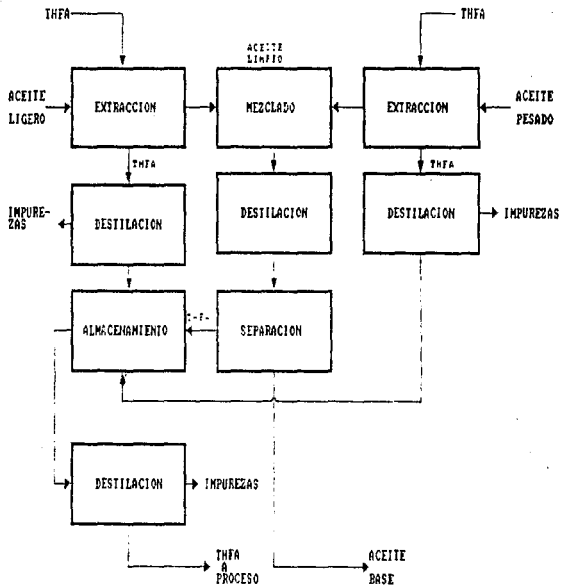


figura 16

El filtrado que esencialmente está exento de constituyentes formadores de cenizas se combina con vapor sobrecalentado y se hace pasar a través de un calentador, el aceite diluido con vapor es alimentado a una columna de fraccionamiento al vacío, en la parte baja de la columna es inyectado vapor sobrecalentado. La destilación en presencia de este vapor permite la evaporación y la destilación de aceite lubricante en un vacío moderado, y en condiciones de temperaturas suficientemente bajas para evitar la descomposición térmica de las fracciones de aceite, la columna permite la extracción de dos fracciones de corrientes laterales y una fracción sobrecalentada en el domo de la torre y una fracción pesada en el fondo de la torre, las fracciones laterales son regresadas a la columna para el control de ésta, del domo, el aceite sobrecalentado, algunos hidrocarburos ligeros salen, una fracción es recirculado y la otra es obtenida como aceite limpio. Figura no. 17.

REFINACION DE ACEITE LUBRICANTE USADO

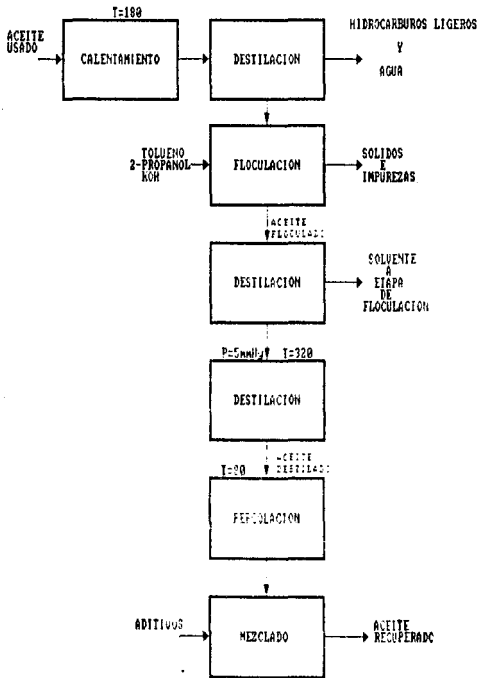


figura 17

**CAPITULO No. 8**

**ANALISIS DEL PROCESO**

**YOUNGSTON MILLER.**

## BALANCE DE MASA.

Para la siguiente etapa del trabajo, se lleva a cabo una selección de un proceso, a partir de los procesos recopilados, el proceso seleccionado es una modificación del proceso Youngston Miller y a continuación se dará una descripción detallada del proceso, teniendo una descripción de cada etapa del proceso y después se llevará a cabo el balance de masa.

La primera etapa del proceso, es la selección de los diferentes tipos de aceite a procesar, esto es, se mezclan los aceites que tengan características similares, esto es importante, ya que de esta etapa, depende la calidad del producto y de la eficiencia del proceso, después el aceite es almacenado en recipientes o tanques de balance los cuales aseguran la materia prima para así tener continuidad en el proceso.

La segunda operación para la regeneración de aceites es la de someter al aceite a una etapa de sedimentación, para lograr una sedimentación de sólidos más efectiva, se lleva a cabo una floculación, aquí al aceite se le agrega metasilicato de sodio en una proporción de 4.9 a 5.1 gramos por litro de aceite, el objetivo es la de formar flocúlos, la cual por diferencia de densidades se separa, en esta operación también se lleva a cabo un incremento de temperatura del orden de 60°C, para así tener una mejor separación de sólidos del aceite líquido, de aquí los sólidos son mandados a confinamiento, y el líquido es mandado a otra etapa del proceso, para tener el balance, se toma como base 10,000 litros de aceite sucio en la alimentación, se considera que se pierde el 10% de aceite en lodos, a estas condiciones (temperatura de 60°C), la densidad del aceite es de 930 Kg/m<sup>3</sup>, en base a esto se tiene en el equipo:

$$\begin{aligned} \text{MAS} &= \text{VAS} * \text{DAS} \\ \text{MAS} &= (10,000 \text{ lt}) * (0.930 \text{ Kg/lt}) \\ \text{MAS} &= 9,300 \text{ Kg} \\ \text{MMS} &= \text{VAS} * \% \text{MS} \\ \text{MMS} &= (10,000 \text{ lt}) * (0.0051 \text{ Kg/lt}) \\ \text{MMS} &= 51 \text{ Kg} \\ \text{MAF} &= \text{MAS} * \% \text{Pe} \\ \text{MAF} &= (9,300 \text{ Kg}) * (0.10) \\ \text{MAF} &= 930 \text{ Kg} \\ \text{MSED} &= \text{MMS} + \text{MAF} \\ \text{MSED} &= (51 \text{ Kg}) + (930 \text{ Kg}) \\ \text{MSED} &= 981 \text{ Kg} \\ \text{MA} &= \text{MAS} - \text{MAF} \end{aligned}$$

$$MA=(9,300 \text{ Kg}) - (930 \text{ Kg})$$

$$MA=8,370 \text{ Kg}$$

Coagulación, esta es la tercera etapa del proceso, en la cual se lleva a cabo reacción con ácido sulfúrico, en una proporción de 15 a 24ml.por litro de aceite a tratar, el ácido lleva una pureza del 95 al 98% de pureza a una temperatura de 45°C, el objetivo del ácido sulfúrico es la de transformar las sustancias solubles en sustancias insolubles de mayor densidad que el aceite, como son las sales metálicas de ácidos sulfónicos del petróleo capaces de precipitarse por acción de la gravedad, además desdobra los polímeros de alto peso molecular provenientes de los aditivos, en esta etapa, se pierde el 7% debido a eficiencia en el equipo, la densidad del aceite en esta etapa es de 0.915 K/lit, la densidad del ácido sulfúrico es de 1.84 Kg/lit así, para esta etapa se tiene:

$$MAC=VA*\%AC$$

$$MAC=(MA/DAC)*(\%AC*DAC)$$

$$MAC=(8,370 \text{ Kg}/0.915 \text{ Kg/lit})*(0.024 \text{ lit/lit}*1.84 \text{ Kg/lit})$$

$$MAC=404 \text{ Kg}$$

$$MA=MAS*\%EF$$

$$MA=(9,300 \text{ Kg}) * (0.07)$$

$$MA=651 \text{ Kg}$$

$$MSED=MAC+MA$$

$$MSED=(404 \text{ Kg}) + (651 \text{ Kg})$$

$$MSED=1055 \text{ Kg}$$

$$MA=MAF-MA$$

$$MA=(8,370 \text{ Kg}) - (651 \text{ Kg})$$

$$MA=7,719 \text{ Kg}$$

Absorción, en esta etapa el aceite, después de la etapa de coagulación, es puesto en contacto con arcilla activada, y tiene como fin decolorar el aceite, eliminar los últimos restos de ácido mineral y eliminación de compuestos polares que originan la formación de carbón durante las etapas siguientes, en esta etapa es importante que el aceite esté libre de ácido para aumentar la eficiencia de adsorción de la arcilla, ya que el ácido inhibe el poder absorbente de la arcilla, y dificulta la etapa de filtración, la cantidad de arcillas es de 25 a 40 g/lit de aceite coagulado, la temperatura de aceite debe de estar entre 80 a 85°C, en estas condiciones la densidad del aceite es de 0.905 Kg/lit, en base a esto se tiene:

$$MAR=VA*\%AR$$

$$MAR=(MA/DA)*(\%AR)$$

$$MAR=(7,719 \text{ Kg}/0.905 \text{ Kg/lit}) * (0.04 \text{ Kg/lit})$$

$$MAR=341 \text{ Kg}$$

$$MAA=MA+MAR$$



$$\text{MAA}=(7,719 \text{ Kg}) + (341 \text{ Kg})$$

$$\text{MAA}=8,060 \text{ Kg}$$

Destilación, en esta etapa, del aceite son separado residuos de sustancias ajenas, y que tienen la característica de ser más volátiles, además sirve para separar un porcentaje de las arcillas adicionadas, la destilación es llevada a cabo a una presión de 200 mm de Hg y una temperatura en fondos de 140°C, el contenido en volátiles del aceite es del 1%, en el proceso de destilación se pierde el 4% en aceite con el 70% de arcillas, así se tiene:

$$\text{MV}=\text{MA}*\%V$$

$$\text{MV}=(7,719 \text{ Kg})*(0.01)$$

$$\text{MV}=77 \text{ Kg}$$

$$\text{MAF}=\text{MA}*\%PD$$

$$\text{MAF}=(7,719 \text{ Kg})*(0.04)$$

$$\text{MAF}=308 \text{ Kg}$$

$$\text{MARF}=\text{MAR}*\%PARD$$

$$\text{MARF}=(341 \text{ Kg})*(0.07)$$

$$\text{MARF}=239 \text{ Kg}$$

$$\text{MTF}=\text{MAF}+\text{MARF}$$

$$\text{MTF}=(239 \text{ Kg})+(308.76 \text{ Kg})$$

$$\text{MTF}=547 \text{ Kg}$$

$$\text{MAD}=\text{MA}-(\text{MV}+\text{MTF})$$

$$\text{MAD}=(8,060 \text{ Kg})-(77.19 \text{ Kg}+547.76 \text{ Kg})$$

$$\text{MAD}=7,435 \text{ Kg}$$

Neutralización, en esta etapa el aceite ácido es neutralizado con hidróxido de calcio, en una proporción de 2 a 5 (ml/lit de aceite destilado), en esta etapa el aceite está a 90°C, en estas condiciones el aceite tiene una densidad de 0.908 Kg/lit, y la solución de hidróxido de sodio debe de ser de 2.2 Kg/lit:

$$\text{MHC}=\text{VAD}*\%HC$$

$$\text{MHC}=(7,435 \text{ Kg})/(0.908 \text{ Kg/lit})*(0.005)*(2.2 \text{ Kg/lit})$$

$$\text{MHC}=90 \text{ Kg}$$

$$\text{MAN}=\text{MAD}+\text{MHC}$$

$$\text{MAN}=(7,435 \text{ Kg})+(90 \text{ Kg})$$

$$\text{MAN}=7,525 \text{ Kg}$$

Filtración, en esta etapa, del aceite neutralizado es separado los residuos de arcilla, en esta etapa del proceso. se pierde el 3% de aceite, la filtración se lleva a cabo a una temperatura de 70°C. así el balance de masa en esta etapa queda:

**MAPF=MAN\*%PF**  
**MAPF=(7,525 Kg)\*(0.03)**  
**MAPF=226 Kg**  
**MARF=MAR\*%PAR**  
**MARF=(341 Kg)\*(0.3)**  
**MARF=102 Kg**  
**MTF=MAPF+MARF**  
**MTF=(226 Kg)+(102 Kg)**  
**MTF=328 Kg**  
**MAF=MAN-MTF**  
**MAF=(7,525 Kg)-(328 Kg)**  
**MAF= 7,197 Kg**

Adición de aditivos, para que el aceite regenerado tenga las características de un aceite lubricante comercial, es necesario agregar aditivos, los cuales ayudarán a mejorar la calidad del aceite, generalmente la proporción de aditivos es de 60 a 80 ml/lit, en esta etapa el aceite regenerado tiene una densidad de 0.893 Kg/lit, por lo tanto se tiene en esta última etapa:

**VAD=VA\*%AD**  
**VAD=((7,197 Kg)/(0.893 Kg/lit))\*(0.08)**  
**VAD=645 lit**  
**VAR=VAD+VAF**  
**VAR=(645 lit)+((7,197 Kg)/(0.893 Kg/lit))**  
**VAR=8,704 lit**

## **SIMBOLOGIA.**

**MAS:** masa de aceite sucio.

**VAS:** volumen de aceite sucio.

**DAS:** densidad del aceite sucio.

**MMS:** masa de metasilicato.

**MAF:** masa de aceite floculado.

**MSED:** masa sedimentada.

**MA:** masa de aceite limpio.

**MAC:** masa del ácido sulfúrico.

**VA:** volumen de aceite limpio.

**AC:** ácido sulfúrico.

**EF:** eficiencia.

**AR:** arcilla.

**MAR:** masa de arcilla.

**MAA:** masa de aceite y arcilla.

**MV:** masa de volátiles.

**V:** volátiles.

**MAF:** masa de aceite de fondos.

**PD:** pérdidas de aceite en etapa de destilación.

**MARF:** masa de arcilla en fondos.

**PARD:** pérdida de arcilla en destilados.

**MTF:** masa total en fondos.

**MAD:** masa de aceite destilado.

**MHC:** masa de hidróxido de calcio.

**VAD:** volumen de aceite destilado.

**MAN:** masa de aceite destilado.

**MAPF:** masa de aceite perdido en la filtración.

**PF:** pérdidas en filtración.

**MARF:** masa de arcilla filtrada.

**PAR:** pérdidas de arcilla en filtración.

**MTF:** masa total filtrada.

**MAF:** masa de aceite filtrado.

**VAR:** volumen de aceite regenerado.

**VAD:** volumen de aditivo.

**VA:** volumen de aceite limpio.

**AD:** aditivos.

## BALANCE DE ENERGIA.

Para el balance de energía es necesario conocer las variaciones del Cp del aceite sucio con respecto a la temperatura, de aquí se toman en cuenta datos que han sido evaluados, considerando lo siguiente:

En la etapa de floculación, la temperatura del aceite es elevada hasta una temperatura de 60°C, tomando como temperatura inicial de 12.7°C, además se considera que el Cp del metasilicato de sodio es despreciable por su bajo porcentaje en masa, tan solo un 0.53%, pero para tratar de minimizar este error, se considerará la masa del metasilicato de sodio como si fuera aceite, a esta temperatura el aceite posee un Cp de 2.051 KJ/Kg°C, para esta etapa se tiene:

$$\begin{aligned} Q_{fi} &= (MAS + MMS) \cdot C_p \cdot (T_2 - T_i) \\ Q_{fi} &= (9,300 \text{ Kg} + 51 \text{ Kg}) \cdot (2.051 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}) \cdot (47.3 \text{ }^\circ\text{C}) \\ Q_{fi} &= 907.16 \text{ MJ} \end{aligned}$$

Para la etapa de coagulación se lleva a cabo la reacción con ácido sulfúrico, la temperatura de operación es de 45°C en estas condiciones el Cp del aceite es de 1.538 KJ/Kg°C y el Cp del ácido sulfúrico es de 1.026 KJ/Kg°C, en base a esto se tiene:

$$\begin{aligned} Q_c &= MAF \cdot C_{pa} \cdot (T_2 - T_1) + MAC \cdot C_p \cdot (T_2 - T_i) \\ Q_1 &= (8,370 \text{ Kg}) \cdot (1.538 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}) \cdot (-15 \text{ }^\circ\text{C}) \\ Q_2 &= (404 \text{ Kg}) \cdot (1.026 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}) \cdot (32^\circ\text{C}) \\ Q_c &= -201.29 \text{ MJ} \end{aligned}$$

En la etapa de absorción se lleva a cabo un incremento de temperatura, aquí la temperatura de entrada es de 20°C (aproximadamente la temperatura final de la etapa de coagulación) y la temperatura es elevada hasta una temperatura de 80°C y la temperatura de la arcilla es elevada de 12.7°C a 80°C, en estas condiciones el Cp del aceite es de 2.089 (KJ/Kg°C) y el Cp de la arcilla es de 0.694 (KJ/Kg°C) de aquí se tiene:

$$\begin{aligned} Q_a &= Q_1 + Q_2 \\ Q_a &= MA \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1) + MAR \cdot C_p \cdot (T_2 - T_i) \\ Q_1 &= (7,719 \text{ Kg}) \cdot (2.089 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}) \cdot (60^\circ\text{C}) \\ Q_2 &= (341 \text{ Kg}) \cdot (0.69 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}) \cdot (67.3 \text{ }^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

$$Q_a = 983.43 \text{ MJ}$$

En la etapa de destilación la temperatura es elevada de 80°C hasta una temperatura de 140°C, para estas condiciones, el Cp del aceite es de 2.202 KJ/Kg°C, y el Cp de la arcilla es de 0.797 KJ/Kg°C, en base a esto se tiene:

$$\begin{aligned} Q_d &= Q_1 + Q_2 \\ Q_d &= MA * C_p * (T_2 - T_1) + MAR * C_p * (T_2 - T_1) \\ Q_1 &= (7,719 \text{ Kg}) * (2.202 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}) * (60^\circ\text{C}) \\ Q_2 &= (341 \text{ Kg}) * (0.797 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}) * (60^\circ\text{C}) \\ Q_d &= 1,036.141 \text{ MJ} \end{aligned}$$

En la etapa de neutralización la temperatura del aceite decrece de 140°C a una temperatura de 90°C, en estas condiciones el Cp del aceite es de 2.108 KJ/Kg°C y el de la arcilla es de 0.757 KJ/Kg°C, supongamos que la contribución del hidróxido de calcio en cuanto el Cp es despreciable por la pequeña cantidad utilizada, pero para minimizar el error se considerará la masa del hidróxido de calcio como si fuera aceite, así se tiene:

$$\begin{aligned} Q_n &= (MAN + MHC) * C_p * (T_2 - T_1) \\ Q_n &= ((7,345 + 90) \text{ Kg}) * (2.15 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}) * (-50^\circ\text{C}) \\ Q_n &= -799.263 \text{ MJ} \end{aligned}$$

En la etapa de filtración la temperatura decrece de 90 hasta 70°C en estas condiciones el Cp del aceite es de 2.1 KJ/Kg°C, y el Cp de la arcilla es de 0.61 KJ/Kg°C, así se tiene:

$$\begin{aligned} Q_{fil} &= Q_1 + Q_2 \\ Q_{fil} &= MAF * C_p * (T_2 - T_1) + MARF * C_p * (T_2 - T_1) \\ Q_1 &= (7,197 \text{ Kg}) * (2.1 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}) * (-20^\circ\text{C}) \\ Q_2 &= (328 \text{ Kg}) * (0.61 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}) * (-20^\circ\text{C}) \\ Q_{fil} &= (-302.274 \text{ MJ}) + (-4.002 \text{ MJ}) \\ Q_{fil} &= -306.28 \text{ MJ} \end{aligned}$$

## DINAMICA DEL PROCESO.

Para el análisis de un proceso químico y para la respuesta acerca del control, es necesario contar con representaciones matemáticas de los fenómenos físicos y químicos que se llevan a cabo, tales representaciones matemáticas constituyen el modelo del sistema. El modelado de un proceso químico requiere la utilización de todos los principios básicos en la ciencia de la ingeniería como son:

- a) Termodinámica.
- b) Cinética.
- c) Fenómenos de transporte.
- d) Operaciones unitarias, etc.

Para el diseño de controladores para procesos químicos, el modelado es un paso crítico.

Considérese un proceso con variables asociadas, para investigar como varía el proceso en relación al tiempo bajo la influencia de cambios externos en la manipulación de variables con el objeto de diseñar controladores apropiados, se tienen dos diferentes maneras de investigarlo:

- 1) Aproximación experimental. En este caso los equipos del proceso químico están disponibles y se puede, deliberadamente, cambiar valores de las alimentaciones (ocasionar perturbaciones al proceso) y mediante mediciones, podemos percatarnos de como el proceso varía con respecto al tiempo. Este procedimiento implica tiempo y esfuerzo consumido en el proceso y además es costoso por el número de cambios que se le dan al proceso inestabilizando y obteniendo perturbaciones en los productos que afectan la calidad de estos.
- 2) Aproximación teórica. En este otro caso se tiene que diseñar el o los sistemas de control para el proceso antes de que el proceso arranque como tal. En este caso no se dispone del equipo de proceso para llevar a cabo experimentos, y es necesario disponer de representaciones diferentes (modelos) del proceso para el estudio de la dinámica del mismo, estas representaciones están dadas en términos de ecuaciones matemáticas cuya solución produce la dinámica del proceso químico.

Para analizar un proceso químico es necesario:

- 1) Un conjunto de cantidades dependientes cuyo valores describen el estado natural de un sistema dado.
- 2) Un conjunto de ecuaciones las cuales describan como estado natural de un sistema dado, el cambio con el tiempo.

En un proceso químico existen solamente tres cantidades fundamentales que son:

- a) Masa.
- b) Momentum.
- c) Energía.

Cuyas variables dependientes no pueden ser medidas directamente, en tales casos se llevan a cabo la selección de otras variables las cuales si pueden ser medibles y agrupadas para determinar el valor de las variables fundamentales, estas variables caracterizadas se denominan, variables de estado y su valor define el estado de un sistema y las ecuaciones que relacionan las variables de estado (variables dependientes) con las variables independientes derivadas de la aplicación de los principios de conservación en cantidades fundamentales son llamadas ecuaciones de estado.

Con el objeto de llevar a cabo la dinámica de un proceso, se realizará un análisis dinámico a las etapas de mayor importancia en el proceso elegido, el cual es el proceso Youngston Miller. En el análisis dinámico de las etapas del proceso, sólo se llegarán a las ecuaciones de transferencia las cuales nos dicen del comportamiento a la respuesta de las perturbaciones al proceso, las etapas a analizar son:

- a) Floculación.
- b) Adsorción.
- c) Neutralización.

Para la etapa de floculación se cuenta con un tanque el cual posee un serpentín el cual provee de energía calorífica y así el sistema es calentado, además, en el tanque se separan sólidos y sale aceite clarificado, este tanque cuenta con dos entradas y dos salidas en este caso se tiene:

Balance de masa.

$$D1F1 + D4F4 - (D2F2 + D3F3) = D \, dV/dt \quad (1)$$

Balance de energía.

$$D1F1Cp1*(T1-Tr)+D4F4Cp4*(T4-Tr)-(D2F2Cp2*(T2-Tr)+D3F3Cp3*(T-Tr))+Q=d(VDCp(T-Tr))/dt \quad (2)$$

Pero si D, V, Cp, son constantes.  $T2=T3=T$ , y  $Tr=0$ , y además  $H=DiFiCpi$ , se tiene que la ecuación 2 queda:

$$H1*(T1)+H4*(T4)-(H2*(T)+H3*(T))+Q=H \, d(T)/dt$$

Arreglando, queda:

$$H \frac{dT}{dt} = H1*(T1) + H4*(T4) - T*(H2+H3) + Q$$

Si  $Q = UA(Tv - T)$ , y sustituyendo tenemos:

$$H \frac{dT}{dt} = H1*(T1) + H4*(T4) - T*(H2+H3) + UA(Tv - T) \quad (3)$$

Si los flujos en el sistema son iguales en todo intervalo de tiempo, o sea  $F1 + F4 = F3 + F2$ , queda que la ecuación de energía es la única de interés en el sistema, por tanto, trabajando con la ecuación 3 a régimen permanente se tiene:

$$H1*T1 + H4*T4 - T*(H2+H3) + UA(Tv - T) = 0 \quad (4)$$

Restando las ecuaciones 3 y 4 se tiene:

$$H \frac{d(T - Ts)}{dt} = H1*(T1 - T1s) + H4*(T4 - T4s) - (H2+H3)*(T - Ts) + UA(Tv - Tvs) - UA*(T - Ts)$$

Arreglando los términos:

$$H \frac{d(T - Ts)}{dt} + (H2+H3)*(T - Ts) + UA*(T - Ts) = H1*(T1 - T1s) + H4*(T4 - T4s) + UA*(Tv - Tvs)$$

si  $Ti' = (Ti - Tis)$  se tiene:

$$H \frac{dT'}{dt} + (H2+H3)T' + UA*T' = H1*T1' + H4*T4' + UA*Tv'$$

Aplicando transformadas de Laplace.

$$H(ST'(s) - T'(0)) + (H2+H3+UA)T'(s) = H1*T1'(s) + H4*T4'(s) + UA*Tv'(s)$$

Al tiempo  $t=0$   $T'(0) = 0$

$$H(ST'(s)) + (H2+H3+UA)T'(s) = H1*T1'(s) + H4*T4'(s) + UA*Tv'(s)$$

$$T'(s) / (H1*T1'(s) + H4*T4'(s) + UA*Tv'(s)) = 1 / (HS + (H2+H3+UA))$$

En donde esta última ecuación representa la función de transferencia de la etapa de floculación.



En la etapa de adsorción se tiene que existen dos alimentaciones y una salida, se tiene además un serpentín el cual provee de energía al sistema, así se tiene que:

**Balance de masa:**

$$D1F1+D2F2-D3F3=DdV/dt \quad (1)$$

**Balance de energía:**

$$D1F1Cp1*(T1-Tr)+D2F2Cp2*(T2-Tr)-D3F3Cp3*(T3-Tr)+Q=d(VDCp(T-Tr))/dt$$

Si  $T_r=0$ , y  $H=DFCp$  se tiene, y  $T3=T$ , se tiene:

$$H1(T1)+H2(T2)-H3(T)+UA(Tv-T)=HdT/dt \quad (2)$$

A régimen permanente la ecuación 2 queda:

$$H1T1+H2T2-H3T+UA(Tv-T)=0 \quad (3)$$

Restando las ecuaciones 2 y 3:

$$H1(T1-T1s)+H2(T2-T2s)-H3(T-Ts)+UA(Tv-Tvs)-UA(T-Ts)=Hd(T-Ts)/dt$$

Si  $T_i' = T_i - T_{is}$

$$H1(T1') + H2(T2') - H3(T') + UA(Tv') - UA(T') = Hd(T')/dt$$

Arreglando los términos:

$$Hd(T')/dt + T'(H3+UA) = H1(T1') + H2(T2') + UA(Tv) \quad (4)$$

Aplicando transformadas de laplace se tiene:

$$H(ST'(s)-T'(0))+T'(s)(H3+UA)=H1T1'(s)+H2T2'(s)+UATv'(s)$$

Al tiempo  $t=0$   $T'(0)=0$ , se tiene:

$$H(ST'(s))+T'(s)(H3+UA)=H1T1'(s)+H2T2'(s)+UATv'(s)$$

$$T'(s)/(H1T1'(s)+H2T2'(s)+UATv'(s))=1/(HS+(H3+UA)) \quad (5)$$

Donde la ecuación 5 es la ecuación de transferencia del equipo de adsorción.

En la etapa de neutralización, el equipo consta de un serpentín el cual provee de energía calorífica al sistema, además el sistema consta de dos alimentaciones y una salida, en este equipo la cantidad de energía es crítica ya que de la cantidad de energía suministrada al sistema, depende de la velocidad de reacción, para este caso se tiene:

Balance de masa:

$$\begin{aligned} D1F1+D2F2 &= D3F3+DdV/dt \\ D1F1+D2F2-D3F3 &= DdV/dt \end{aligned} \quad (1)$$

Balance de energía:

$$D1F1Cp1*(T1-Tr)+D2F2Cp2*(T2-Tr)-D3F3Cp3*(T3-Tr)+Q=d(VDCp(T-Tr))/dt \quad (2)$$

Si D,Cp,V, son constantes, y Tr=0, además Hi=DiFiCpi, y T3=T, la ecuación 2 se convierte en:

$$H1(T1)+H2(T2)-H3(T3)+Q=HdT/dt \quad (3)$$

Si lo que entra es igual a lo sale, se tiene que el balance de masa no es de gran interés, por lo tanto de la ecuación 3 se tiene:

Sabiendo que:

$$Q=UA(Tv-T) \quad (4)$$

Sustituyendo 4 en 3, y considerando régimen permanente:

$$H1T1s+H2T2s-H3T3s+UA(Tvs-Ts)=0 \quad (5)$$

Restando 5 y 4 se tiene:

$$H1(T1-T1s)+H2(T2-T2s)-H3(T-T3s)+UA(Tv-Tvs)-UA(T-Ts)=HdT(T-Ts)/dt \quad (6)$$

Si  $Ti'=(Ti-Tis)$

$$H_1(T_1') + H_2(T_2') + UA(T_v') - H_3(T') - UA(T') = Hd(T')/dt$$

Ordenando:

$$H_1(T_1') + H_2(T_2') + UA(T_v') = T'(H_3 + UA) + Hd(T')/dt$$

Aplicando transformadas de Laplace, se tiene:

$$H_1 T_1'(s) + H_2 T_2'(s) + UA T_v'(s) = (H_3 + UA) T'(s) + H(ST'(s) + T'(0))$$

$$A: t=0 \quad T'(0)=0$$

$$T'(s) / (H_1 T_1'(s) + H_2 T_2'(s) + UA T_v'(s)) = 1 / (HS + (H_3 + UA)) \quad (7)$$

Donde la ecuación 7 es la ecuación de transferencia del equipo de neutralización.

**CONCLUSION.**

## CONCLUSION.

En el análisis hecho a la industria de aceites lubricantes, se encontró que el aceite es usado de diferentes maneras, ya sea para lubricar, para ser utilizado como medio de refrigeración, o para servir como medio aislante, además, en el uso del aceite lubricante, éste sufre cambios en su composición degradándose y cambiando de esta manera sus propiedades físicas y químicas, siendo este aceite degradado un problema al momento de desecharlo, el cual al ser un derivado del petróleo, y por tener sustancias químicas, no puede ser arrojado al medio ambiente como tal ya que causa un gran deterioro ecológico.

En la revisión de los diferentes tipos de procesos encontrados, los cuales se ocupan de la regeneración del aceite usado, se encontró que la mayoría de procesos están diseñados para la recuperación de aceites lubricantes denominados "aceites de cartea", esto debido a la gran generación de estos y se encontraron pocos procesos que recuperan otros tipos de aceites.

Debido al gran número de sustancias contaminantes en los "aceites de cartea", se ha tenido la necesidad de que las etapas en los procesos sean complejas, además se observó que dependiendo de la complejidad del proceso, también de eso depende la calidad del aceite recuperado.

En la mayoría de los procesos de recuperación, el tipo que más predomina es la de tratamientos ácidos, los cuales hoy en día no son recomendables, ya que en estos tipos de tratamientos se generan otros tipos de fluentes o subproductos los cuales generan contaminación, como es el caso de la arcilla, que en el mejor de los casos es utilizada en la fabricación del cemento, y más comúnmente son desechadas sin ningún otro tratamiento generando así contaminación, lo innovador en procesos más recientes, es el empleo de disolventes tales como propano, alcohol de tetrahidrofurfurilo, isopropano, etcétera, los cuales evitan otro tipo de efluente contaminante.

En cuanto a los resultados observados en las tablas, se puede concluir que la regeneración de un aceite usado es óptima, ya que las propiedades de dichos aceites son similares a las propiedades de los aceites denominados vírgenes, así se puede asegurar que un aceite regenerado puede sustituir a un aceite virgen.

En cuanto al análisis hecho al proceso, esta es sólo una etapa para el entendimiento del comportamiento de un proceso, cabe señalar que aún faltan más etapas a realizar para el desarrollo del proceso, tan sólo se dieron las etapas básicas para el desarrollo del mismo.

**APENDICE A1.**

**TABLAS COMPARATIVAS DE PROPIEDADES**

**ENTRE ACEITE**

**VIRGEN Y USADO.**

**TABLA DE COMPARACION DE PROPIEDADES ENTRE ACEITE REFINADO  
Y ACEITE VIRGEN POR EL PROCESO:**

REFINACION DE ACEITE LUBRICANTE USADO POR EXTRACCION-  
FLOCULACION.

PROPIEDADES DE ACEITE LUBRICANTE USADO E INTERMEDIARIOS Y  
ACEITE REFINADO COMPARADO CON ACEITE VIRGEN.

	usado	pretra- tado	desti- lado	refi- nado	vir- gen
COLOR	Negro	8+	5	3	3
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.904	0.894	0.883	0.882	0.886
VISCOSIDAD (37.8°C)cSt	100.5	80.10	52.89	52.77	57.90
VISCOSIDAD (98.9°C)cSt	12.27	9.59	7.19	7.11	7.51
INDICE DE VISCOSIDAD	124	107	104	101	100
PUNTO POUR	-30	-27	-12	-15	-15
PUNTO FLASH	166	140	214	228	229
RESIDUO DE CARBON	2.70	0.82	0.10	0.096	0.081
ASH					
SULFATADO	1.46	0.70	0.03	0	0
TAN	1.92	0.35	0.04	0.04	0.035
TBN	3.94	3.00	0.23	0	0
<b>METALES ppm</b>					
Ca	1619	123	0	0	0
Ba	1033	202	0	0	0
Zn	1630	201	0	0	0
Pb	410	121	0	0	0
<b>CROMATOGRAFIA</b>					
%POLAR		5.0	3.3	2.3	1.3
%SATURADO		69.0	61.3	62.0	62.8
%AROMATICO		26.0,	35.4	35.7	35.9

**TABLA DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COQUEFICACION ANTR  
PARA EL PROCESO DE REFINACION DE ACEITE LUBRICANTE USADO  
POR EXTRACCION FLOCULACION**

	Aceite refinado		Aceite virgen	
	antes test	despues test	antes test	despues test
<b>VISCOSIDAD,cSt</b>				
a 98.9°C	7.11	7.73	7.51	7.49
a 37.8°C	52.77	64.35	57.9	60.33
<b>INDICE DE VISCOSIDAD</b>	101	91	100	93
<b>RESIDUO DE CARBON</b>	0.096	0.36	0.084	0.33
<b>ANALISIS CROMATOGRAFICO</b>				
%POLAR	2.3	11.5	1.3	10.8
%SATURADO	62.0	61.2	62.8	63.3
%AROMATICO	35.7	27.3	35.9	25.9
<b>DEPOSICION EN PISTON,cg</b>		60		50
<b>APARIENCIA DE LOS DEPOSITOS</b>				
	<b>SIMILARES PARA ACEITES REFINADOS Y VIRGENES.</b>			



**TABLA EN DONDE SE COMPARAN LAS PROPIEDADES DEL ACEITE  
ANTES DEL PROCESO Y DESPUES DEL PROCESO.**

**PROCEDIMIENTO MEJORADO DE EXTRACCION POR SOLVENTE PARA  
DEPURAR EL ACEITE USADO.**

	ANTES DE PROCESO		DESPUES DE PROCESO	
	LIGERO	PESADO	LIGERO	PESADO
GRAVEDAD °API	31.6	29.4	31.2	30.8
VISCOSIDAD (38°C)				
Saybolt Universal	96	364	98	326
VISCOSIDAD (99°C)				
Saybolt Universal	39	55	39	54
V.I.	96	92	96	100
Temp. Evap.(°C)	182	230	193	232
Temp. Inf. (°C)	198	265	218	265
T.A.N	2.2	2.5	0.05	0.05
COLOR	5	Negro	1.5	3.5
SILICIO	2	2	2	1
SODIO	1	1	1	1
FOSFORO	364	84	0	0

**TABLA GENERADA PARA EL PROCESO PROCEDIMIENTO MEJORADO DE  
REFINACION DE ACEITES LUBRICANTES USADOS EN DONDE SE  
COMPARAN LAS PROPIEDADES, ANTES DEL PROCESO Y DESPUES DEL  
PROCESO.**

	ACEITE USADO		ACEITE REFINADO	
	GASOLINA	DIESEL	GASOLINA	DIESEL
PESO ESPECIFICO	0.9	0.91	0.887	0.892
°API	25.0	23.6	27.0	26.7
VISCOSIDAD cSt				
37.8°C	136.3	196.6	102.87	130
98.9°C	13.52	17.5	10.76	12.5
INDICE DE VISCOSIDAD	103	104	96	94
CARBON CONRADSON				
%en peso	3.4	2.92	--	0.44
AZUFRE TOTAL				
%en peso	0.78	1.01	0.5	0.8
CENIZAS SULFATADAS				
%en peso	1.45	1.57	0.0073	0.0006
NUMERO ACIDO TOTAL				
mgKOH/g	0.61	1.03	0.54	0.14
COLOR ASTM	8	78	4.5	5.5

**CONTENIDO DE METALES ppm**

CALCIO	2200	2500	1.6	12
ZINC	676	910	0.2	6
FIERRO	482	253	1.1	5
PLOMO	5000	3900	0.7	3
COBRE	19	14	0.1	1

## ANALISIS QUIMICO DE ARCILLAS MAS COMUN.

COMPUESTO	%
Oxido de silicio	70.9
Oxido de aluminio	17.0
Oxido de fierro	3.9
Oxido de magnecio	3.2
Trióxido de azufre	1.8
Oxido de calcio	1.6
Oxido de sodio o potasio	1.0
Oxido de titanio	0.6

**TABLAS DE PROPIEDADES DE REACTIVOS UTILIZADOS EN EL PROCESO  
DE PROCEDIMIENTO MEJORADO DE REFINACION DE ACEITES  
LUBRICANTES USADOS (IMP).**

**ANALISIS DE ARCILLAS.**

DENSIDAD APARENTE g/ml	0.3 min.
ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM	
-Retenido en tamiz No. 100	5.0 máx.
-Entre tamices No. 100 y 325	90.0 min.
-Pasa tamiz No. 325	5.0 máx.
HUMEDAD % ASTM	6.0 máx.
PODER DECOLORANTE	+20

**ANALISIS DE ACIDO SULFURICO.**

PESO ESPECIFICO	1.84
ACIDO SULFURICO%	98.0 min.
ACIDO NITRICO%	NADA

**ANALISIS DE SOLVENTES.**

%Vol	Propano %Vol	Butano %Vol	Pentano %Vol
Etano	0.21	0.10	-
Propano	89.69	1.5	-
Propileno	-	0.27	-
Isobutano	0.38	1.7	-
N-Butano	0.72	96.00	-
Buteno	-	0.25	-
Pentanos	-	0.18	70.4
Exanos+Pesados	-	-	29.4
TOTAL	100	100	100

**APENDICE A.2**

**GLOSARIO.**

## GLOSARIO.

**Abrasión.** Desgaste general de la superficie dentada de un engrane en un tiempo comparativamente corto. Generalmente ocurre por la presencia en el lubricante de materiales extraños, tales como tierra, arenilla o partículas metálicas. Puede, también, ser causado por la rotura del material en las superficies del diente. La abrasión tiene el aspecto de finas marcas como rasguños hacia arriba y hacia abajo del perfil del diente, distribuidos muy juntos sobre las superficies. La falta de una lubricación adecuada puede causar la abrasión.

**Aceite.** Un líquido grasoso y untuoso de origen vegetal, animal, mineral o sintético.

**Aceite antiherrumbre.** Aceite o grasa para aplicar sobre superficies brillantes de metal, a las que protege temporalmente de la herrumbre, corrosión, etc.

**Aceite de corte.** Fluido refrigerante que se usa en operaciones de corte, compuesto totalmente de aceite y aditivos.

**Aceite hidráulico.** Aceite especialmente adecuado para usarlo como medio de transmisión de potencia en equipo operado hidráulicamente.

**Aceite neutro.** Aceites lubricantes de baja o mediana viscosidad, que se obtienen de la destilación del petróleo y se preparan sin tratamiento químico. Reciben su nombre del hecho de que no han sido tratados ni con un ácido ni con un álcali, sino que han sido purificados por simple filtración.

**Aceite para lana.** Un aceite mineral que se usa en la fabricación de tejidos de lana para lubricar la fibra a fin de que sufra un mínimo de reducción en su longitud y que se hile fácilmente.

**Aceites para servicio pesado.** Término que designa a un tipo de aceite que tiene la necesaria estabilidad ante la oxidación y las propiedades adecuadas para evitar la corrosión de los cojinetes, y las características dispersantes de los detergentes, para hacerlo en forma general adecuado para usarse bajo condiciones de servicio pesado en motores de alta velocidad, tanto diesel como gasolina.

**Aceite "soluble".** Un aceite mineral que contiene aditivos que le permiten mezclarse fácilmente con agua para formar una emulsión que se usa como fluido de corte.

**Aceite sulfurado.** Aceite al que se le han añadido azufre o compuestos que lo contienen.

**Acidez.** En los lubricantes, la acidez denota la presencia de componentes ácidos cuya concentración se define usualmente en términos numéricos conforme a la escala de acidez (1 a 7). Los componentes son de naturaleza variada y pueden o no influir marcadamente en el comportamiento del lubricante.

**Acido.** En un sentido restringido, cualquier sustancia que contenga hidrógeno en combinación con un radical no metálico capaz de producir iones de hidrógeno en solución.

**Acido graso.** Acido organico de estructura alifática originalmente derivado de lardos y aceites grasos.

**Acido orgánico.** Es un compuesto orgánico, con propiedades ácidas, que se obtiene de sustancias orgánicas tales como los aceites vegetales, animales y minerales, por ejemplo un ácido graso.

**Acoplamiento.** Una pieza de conexión que se usa en las líneas de tubería de fluidos (cople).

**Adhesión.** Propiedad de un lubricante que hace que se pegue o adhiera a una superficie metálica.

**Aditivo.** Uno o varios compuestos químicos que se añaden al lubricante con el fin de impartirle nuevas propiedades o de aumentar el valor de las que ya tiene.

**Alcali.** Cualquier sustancia que tenga propiedades básicas. En sentido restringido se aplica a los hidróxidos de amonio, litio, potasio y sodio.

**Anhídrico.** Libre de agua.

**Anillo de aceite.** Es un anillo suelto, cuya superficie interior va sobre una flecha o muñon haciendo que el anillo gire. El anillo se sumerge en un depósito de lubricante desde donde lo acarrea hasta la parte superior de la flecha para distribuirlo dentro de un cojinete.

**Asfáltico.** Que está esencialmente compuesto de asfalto o que es semejante a él. Se aplica a aceites lubricantes derivados de crudos que contienen asfalto.

**ASTM.** Iniciales de la American Society for Testing Materials (Sociedad Norteamericana para la Prueba de Materiales).

**Base nafténica.** Una caracterización de ciertos productos del petróleo preparados a base de crudos nafténicos (crudos que contienen un alto porcentaje de moléculas de hidrocarburos alifáticos parafínicos tipo cadena recta).

**Bomba.** En la terminología de lubricación, un recipiente cerrado que se utiliza para realizar pruebas bajo presiones elevadas. Dispositivo mecánico para impulsar líquidos o gases a presión.

**BTU.** Unidad térmica británica, es la cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura de una libra de agua (0.453 Kg) en un grado Fahrenheit.

**Capilaridad.** Propiedad de un sistema sólido-líquido que se manifiesta por la tendencia del líquido en contacto con el sólido a elevarse o caer por encima o por debajo del nivel del líquido circundante; como ocurre en los tubos de pequeño diámetro (tubos capilares).

**Cavitación.** Condición gaseosa localizada dentro de una corriente de líquido, que se presenta en los casos en que la presión se reduce a la presión de vapor.

**Centipoise.** (Cp) Unidad de viscosidad absoluta. Un centipoise es igual a 0.01 poise.

**Centistoke.** (cstk) Unidad de viscosidad cinemática. Un centistoke es igual a 0.01 stoke.

**Clasificación SAE.** Sociedad de ingenieros automotrices, que establece los grados SAE 5W-10W-20W-30-40 y 50, para motores de combustión interna y grados SAE 75-80-90-140 y 250 para transmisiones.

**Coefficiente de fricción.** Número que se obtiene al dividir el movimiento de resistencia a la fuerza de fricción entre dos cuerpos, entre la fuerza normal que presiona a ambos cuerpos uno contra el otro.

**Cohesión.** Propiedad de una sustancia que la hace resistir a ser separada por medios mecánicos.

**Cojinete.** Soporte o guía por medio del cual una pieza se coloca en posición con respecto a otras piezas del mecanismo.

**Cojinete de agujas.** Cojinetes que contiene elementos rodantes en forma de rodillos, que son relativamente largos en comparación con sus diámetros.

**Cojinetes de carga axial.** Aquel en que la carga actúa en el sentido axial o empuje.

**Cojinete de carga radial.** Un cojinete en la que la carga actúa en dirección radial con respecto al eje de rotación.

**Cojinete de pedestal.** El que está sostenido por una columna o pedestal, en lugar de por el cuerpo principal de la máquina.

**Cojinete de pivote.** Cojinete de carga axial o radial que soporta el extremo de una flecha o pivote, como sucede con la rueda basculante de un reloj.



**Cojinete de rodillos.** Cojinete del tipo de rodamiento que contiene elementos rodantes en forma de rodillos.

**Cojinetes de bolas.** Un cojinete antifricción que contiene elementos rodantes en formas de bolas.

**Compresibilidad.** Cambio en volumen de una unidad volumen de fluido cuando se somete a una unidad de cambio de presión.

**Compuesto.** (1) Químicamente, una sustancia formada por la combinación de dos o más elementos en proporciones definidas de peso, que posee propiedades físicas y químicas distintas de los elementos que se combinan.

(2) En proceso de petróleo, generalmente designa a los aceites grasos y materiales similares no relacionados con el petróleo, que se añaden a los lubricantes para impartirles propiedades especiales.

**Consistencia.** El grado en que un material semisólido como la grasa, resiste la deformación.

**Corrosión.** Destrucción del metal por reacción química o electroquímica con su medio ambiente.

**Corrosión por rozadura.** La que ocurre entre dos piezas que se rozan. También se le llama oxidación por fricción.

**Cojinete de zapatas con pivotes.** Cojinetes de carga axial o radial en la que la superficie de soporte consiste de una o más zapata, cuyo eje está colocado de tal forma que les permite inclinarse y permitir la formación de una película hidrodinámica.

**Cojinete poroso.** El que está echo de material de poros, como polvos metálicos comprimidos, actuando los poros bien como depósitos o como pasos para el lubricante.

**Cojinete sencillo.** Cualquier cojinete deslizante del tipo sencillo, distinto de las de empaquetaduras fijas, de zapatas como pivote, o de rodamientos.

**Demulsibilidad.** Capacidad de un fluido que es insoluble en agua, de separarse de ésta con la que puede mezclarse en forma de emulsión. Entre más alto sea el grado de demulsibilidad, más rápidamente se separa el fluido del agua. A menudo, la demulsibilidad se expresa como el grado de rapidez, en centímetros cúbicos por hora, con el fluido se separa de una emulsión.

**Densidad.** Masa de una unidad de volumen de sustancia. Su valor numérico varía de acuerdo con la unidad usada.

**Desgaste.** La pérdida de parte de la superficie de un material como resultado de una acción mecánica.

**Detergente.** En lubricación, bien un aditivo o un lubricante compuesto que tiene la propiedad de limpiar materiales insolubles.

**Dispersante.** En lubricación, un término que usualmente mantiene los materiales insolubles en suspensión.

**Emulsibilidad.** Capacidad de un fluido no soluble en agua de formar una emulsión con ella.

**Emulsión.** Mezcla mecánica de dos líquidos insolubles, como el aceite y el agua.

**Esfuerzo de deslizamiento.** La fuerza por unidad área que actúa tangencialmente a la superficie de un elemento fluido o sólido.

**Estabilidad química.** Es la tendencia de una sustancia o de una mezcla a resistir los cambios químicos.

**Filtro.** Cualquier elemento o cuerpo poroso usado como colador para limpiar fluidos mediante la remoción de materia sólida en suspensión.

**Fluido.** Clasificación genérica que incluye a líquidos y gases.

**Fluido de corte.** Cualquier fluido que se aplica a una herramienta de corte para ayudarla en su operación, bien sea por enfriamiento o por lubricación.

**Fricción.** Fuerza de resistencia que se encuentra en el límite común entre dos cuerpos cuando, bajo la acción de una fuerza externa, uno de los cuerpos se mueve o tiende a moverse en relación con la superficie del otro.

**Fricción dinámica.** Es la existente entre dos superficies en movimiento relativo. Algunas veces se le llama fricción de deslizamiento o fricción del movimiento.

**Fricción estática.** La fuerza que es apenas suficiente para iniciar un movimiento relativo entre dos cuerpos bajo carga.

**Fricción fluida.** Fricción debida a la viscosidad de los fluidos.

**Fuerza dieléctrica.** Medida de la capacidad de un material aislante para soportar tensión eléctrica sin fallar. Los fluidos con alta fuerza dieléctrica son buenos aislantes eléctricos.

**Gases disueltos.** Los que entran en solución con un fluido y que no son libres ni retenidos.

**Gasoleo.** Un destilado líquido del petróleo que tiene viscosidad intermedia entre la de la querosina y el aceite lubricante.

**Goma.** Un depósito pegajoso parecido al hule, de color negro o café oscuro, que resulta de la oxidación de aceites lubricantes y de componentes inestables de la gasolina, los cuales se depositan durante el almacenamiento o el uso.

**Grado de deslizamiento.** Diferencia entre las velocidades a lo largo de las caras paralelas de un elemento fluido, divididas entre las distancias entre caras.

**Grafito.** Forma cristalina del carbón que tiene una estructura laminar. Puede ser de origen natural o sintético.

**Grasa.** Lubricante compuesto de uno o varios aceites engrosados con uno o varios jabones, u otro engrosador, hasta hacerlo de consistencia sólida o semisólida.

**Grasa a base de aluminio.** Grasa preparada con un aceite lubricante y un jabón de aluminio.

**Grasa de base de bario.** Grasa preparada con un aceite lubricante y un jabón de bario.

**Grasa a base de calcio.** Grasa preparada con un aceite lubricante y un jabón de calcio.

**Grasa a base de litio.** Grasa preparada con un aceite lubricante y un jabón de litio.

**Grasa de base mixta.** Grasa cuyo agente engrosador o base, es generalmente una mezcla de jabones de sodio y calcio, aunque pueden usarse otros.

**Grasa de bloque.** Usualmente una grasa de alto punto de goteo que, bajo temperaturas normales, es firme al tacto y puede manejarse en forma de bloques o barras.

**Grasa de copa.** Una grasa generalmente a base de calcio, adecuada para usarse en copas para grasa.

**Grasa de jabón complejo.** Aquella en que los cristales o fibras de jabón están formados por la cristalización de dos compuestos: el jabón normal; un agente como agua una sal o un aditivo.

**Grasa de sodio.** Grasa preparada con aceite lubricante y un jabón de sodio.

**Grasa esponja.** Una grasa de sodio que se distingue de las grasas usuales, que son generalmente suaves y mantequillosas en que su estructura es más fibrosas y semejante a una esponja.

**Grasa fibrosa.** Grasa que tiene una señalada estructura fibrosa, la cual es notable cuando se toma una muestra separandola del resto. Las grasas con este tipo de estructura son adhesivas a los metales.

**Grasa no jabonosa.** Producto semejante a la grasa en apariencia y consistencia, pero que sólo contiene materiales fuertemente residuales y aceite mineral.

**Gravedad API.** Escala de gravedad establecida por el Instituto Norteamericano del Petróleo, que se usa en la industria petrolera. Su unidad se llama "grado API" y se define en términos de gravedad específica.

**Gravedad específica.** La relación que existe entre el peso en aire de un volumen dado de un material y el peso en aire de un volumen igual de agua, a una temperatura establecida.

**Hidrómetro.** Instrumento para determinar, bien la gravedad específica de un líquido o la gravedad API.

**Índice cetánico.** Número que expresa la calidad de encendido de un combustible diesel, y que es igual al porcentaje por volumen de cetano (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>) en una mezcla con naftalina metilica, cuya mezcla tiene el mismo encendido que el combustible que se prueba.

**Índice de acidez fuerte.** La cantidad de base, expresada en miligramos de hidróxido de potasio, que se requiere para neutralizar los componentes ácidos fuertes presentes en un gramo de muestra. (norma D 664-49 de la ASTM).

**Índice de base fuerte.** La cantidad en milímetros de materia sólida precipitada en una mezcla de aceite y solvente petrolífero bajo condiciones específicas (norma D 91-40 de la ASTM).

**Índice de viscosidad.** Una medida común del cambio de viscosidad de un fluido con la temperatura. Entre más alto es el índice de viscosidad, menor es el cambio relativo de viscosidad con la temperatura.

**Índice octano.** Número que indica el número detonante o resistencia a la detonación del motor de gasolina. Se define como el porcentaje por volumen de iso-octano (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>) en una mezcla con heptano. La mezcla tiene el mismo índice detonante, bajo condiciones de prueba de motor, que el combustible que se prueba.

**Inhibidor.** Cualquier sustancia que retarda o evita las reacciones químicas como la corrosión o la oxidación.

**Jabón.** Compuesto formado por la reacción de un ácido graso con un álcali.

**Laca.** Depósito que resulta de la oxidación y polimerización de combustibles y lubricantes cuando se les expone a altas temperaturas. Es semejante al barniz, pero es más dura.

**Líquido.** Cualquier sustancia que fluya prontamente o que cambie en respuesta a la más pequeña influencia. En forma más general, cualquier sustancia en la que la fuerza requerida para producir una deformación depende del grado de deformación más que de la magnitud de ésta.

**Lubricación centralizada.** Sistema de lubricación en el cual una cantidad medida de grasa lubricante pasa a los cojinetes o grupos de máquinas, desde un punto central.

**Lubricación.** Sistema de lubricación en el que el lubricante, después de haber pasado por un cojinete o grupo de éstos es recirculado por medio de una bomba.

**Lubricante a película delgada.** Condición de la lubricación en la que el espesor de la película lubricante es tal que la fricción entre las superficies se determina por sus propiedades así como por la viscosidad del lubricante.

**Lubricación de película imperfecta.** Condición de la lubricación en la que el espesor de la película lubricante es tal que la fricción entre las superficies se determina por sus propiedades así como por la viscosidad del lubricante.

**Lubricación de película imperfecta.** Condición de la lubricación en la que la película lubricante no es continua sobre la zona de carga.

**Lubricación forzada.** Sistema de lubricación en el que el lubricante se abastece por presión a los cojinetes.

**Lubricación hidrodinámica.** Sistema de lubricación en el que la forma y movimiento relativo de las superficies deslizantes hace que se forme una película fluida con suficiente presión para separar las superficies.

**Lubricación hidrostática.** Sistema de lubricación en donde el lubricante se abastece bajo presión externa suficiente para separar las superficies opuestas con una película fluida.

**Lubricación por anillos.** Sistema de lubricación en el cual el lubricante se abastece al cojinete por medio de un anillo de bronce.

**Lubricación por cadena.** Sistema de lubricación en el cual se utiliza una cadena sin fin en forma semejante a los anillos de lubricación.

**Lubricación por cojincillos.** Sistema de lubricación en el cual el lubricante se surte a la superficie de la flecha mediante un cojín de fieltro o de material semejante.

**Lubricación por salpique.** Sistema de lubricación en el cual las piezas de un mecanismo se sumergen en el lubricante salpicándolo hacia ellas mismas y/o otras partes del mecanismo.

**Lubricación por goteo.** Sistema de lubricación en donde el lubricante se abastece a la superficie en forma de gotas e intervalos regulares.

**Lubricador mecánico.** Dispositivo mecánico para abastecer de lubricante a varias piezas de un mecanismo. Con este dispositivo el lubricante por lo general, no es recirculado.

**Lubricante.** Cualquier sustancia interpuesta entre dos superficies en movimiento relativo, con el fin de reducir la fricción y/o el desgaste entre ambas.

**Lubricante de engrane hipoidal.** Lubricante para engranes con características de presión extrema para usarlo en engranes hipoidales, como el diferencial de un automóvil.

**Lubricantes E.P.** Son los que imparte a las piezas que se rosan la capacidad de llevar cargas apreciablemente más altas de lo que sería posible con lubricantes ordinarios sin desgaste o daño excesivo.

**Lubricante sintético.** El que se produce por síntesis en lugar de por extracción o refinamiento.

**Múltiple.** Conductor que suministra varios orificios de conexión.

**Muñon.** Parte de la flecha o eje que gira u oscila angularmente en o contra un cojinete, o alrededor del cual un cojinete gira u oscila angularmente.

**Neblina de aceite.** Aceite atomizado con la ayuda de aire comprimido y luego distribuido por medio de un sistema de baja presión de aire a múltiples puntos de aplicación del lubricante.

**Número de emulsión de vapor.** Número de segundos que se requieren para que un aceite se separe del agua, cuando se le emulsifica con vapor y luego se deja bajo condiciones específicas.

**Número de saponificación.** El número de miligramos de hidróxido de potasio que se requieren para saponificar los lardos y/o ésteres en una muestra de un gramo de un material dado (Norma D 94-487 de la ASTM).

**Oleosidad.** Propiedad de un lubricante que produce baja fricción en condiciones de lubricación limitada. Entre más baja es la fricción, mayor es la oleosidad.

**pH.** Término que se utiliza para expresar el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones acuosas; denota el logaritmo negativo de la concentración del ión hidrógeno en gramos átomos por litro. Los valores pH van de 0 a 14 con el número 7 indicando neutralidad, en los números menores de 7 la acidez es creciente, y a valores mayores de 7 la alcalinidad es creciente. Así un pH de 6 indica una concentración de  $1 \times 10^{-6}$ , e indica una acidez ligera.

**Penetración.** Es la profundidad en décimas de milímetro a la que penetra un cono estándar en una muestra semisólida bajo condiciones específicas (Norma D 217-48 de la ASTM).

**Penetración de bloque.** La penetración a 25°C, de una grasa que es suficientemente dura para mantener su forma.

**Penetración no trabajada.** La penetración, a 25°C, de una muestra de grasa que sólo ha recibido el mínimo de manejo al transferirla al aparato de pruebas y que no ha sido sometida a la acción del aparato o máquina operadora de grasa.

**Penetración trabajada.** La penetración de una muestra de grasa lubricante inmediatamente después de que se le ha dado una temperatura de 25 y luego ha sido sometida a 60 pasadas en la máquina estandar de operación o trabajo de grasa para pruebas de laboratorio (Norma D 217-48 de la ASTM).

**Penetrómetro.** Instrumento para medir la penetración de una sustancia semisólida.

**Petrolatum.** Mezcla residual de hidrocarburos semisólidos compuesta de ceras microcristalinas y amorfas con una característica oleaginoso o grasoso.

**Piñón.** El más pequeño de dos engranes que hacen juego entre ellos, puede ser el engrane impulsor o el impulsado.

**Pivote de flexión.** Tipo de cojinete para movimiento limitado, en la que las partes móviles son guiadas por la flexión de miembros elástico más que por superficies rodantes o deslizantes.

**Poise.** Unidad estándar de viscosidad absoluta en el sistema c.g.s. Se expresa en dinas por segundo por centímetro cuadrado.

**Polimerización.** La combinación química de moléculas de tipo semejante para formar moléculas más grandes.

**Potencia fluída.** Energía que transmite y se controla mediante el uso de un fluido a presión.

**Presión.** Fuerza por unidad de área, usualmente expresada en Kg por centímetro cuadrado.

**Presión absoluta.** Es la suma de la presión atmosférica y de la presión manométrica.

**Presión atmosférica.** Es la presión ejercida por la atmósfera en un lugar determinado.

**Presión manométrica.** Diferencia de presión por encima o por debajo de la presión atmosférica.

**Prueba antiherrumbre (Aceite de turbina).** Prueba para medir la efectividad de un aceite en la prevención de la herrumbre en piezas ferrosas en la presencia de agua (Norma D 665-49T de la ASTM).

**Prueba de oxidación ligera.** Prueba para determinar la resistencia de los aceites a la oxidación.

**Prueba fría.** Aplicada a un aceite, prueba por la que se determina el punto de congelación.

**Prueba pensky martens.** O prueba de copa cerrada para determinar los puntos de inflamación e ignición en los aceites (Norma D 93-46 de la ASTM). Se utiliza principalmente para aceites combustibles, asfaltos, etcétera.

**Prueba snyder de duración.** Prueba para determinar la tendencia a formar cienes de los aceites para transformadores. Esta prueba ya casi no se usa, habiéndose sustituido por la forma 670-427 de la ASTM.

**Punto de anilina.** Al aplicarse a un producto del petróleo, es la temperatura más baja a la cual el producto es completamente mezclable con un volumen igual de anilina recién destilada.

**Punto de congelación.** La temperatura más baja a la que puede fluir un lubricante bajo condiciones específicas (Norma D 97-47 de la ASTM).

**Punto de deformación.** Cuando se aplica a un semisólido, el esfuerzo mínimo necesario para producir una deformación continua.

**Punto de goteo (de la grasa).** Temperatura a la cual la grasa pasa de un estado semisólido al estado líquido, bajo condiciones específicas de laboratorio (Norma D 566-42 de la ASTM).

**Punto de inflamación.** Temperatura a la que debe calentarse un combustible líquido a fin de que el vapor liberado arda continuamente al encenderlo, bajo condiciones específicas (Norma D 92-64 de la ASTM).

**Refinado a vapor.** Con referencias a aceites lubricantes, término que se aplica a los residuales de cilindro, no filtrados, de los que las fracciones más ligeras han sido destiladas por aplicación directa de vapor.

**Refrigerante.** Fluido que se utiliza para remover calor.

**Residuo de carbón.** El residuo que queda después de evaporar una muestra de aceite mineral bajo condiciones específicas. Método Ramsbottom.

**Restregar.** El limpiado o remoción de material de desgaste en un punto de las superficies de dos cuerpos en contacto rozante, a menudo seguida esta acción por la disposición de tales materiales en otro punto de las superficies.

**Rompimiento.** Proceso por el que grandes moléculas se rompen por la aplicación de calor y presión para formar moléculas más pequeñas.



**Rozadura.** Fenómeno de desgaste que ocurre entre dos superficies que tiene un movimiento oscilatorio relativo de pequeña amplitud.

**Sangrado.** La tendencia de un componente líquido a separarse de una mezcla semisólida, como por ejemplo, un aceite de una grasa.

**Saponificación.** Proceso en el cual un lardo (u otro compuesto de un ácido con un alcohol) reacciona con un álcali para formar un jabón y glicerina u otro alcohol.

**Semifluido.** Cualquier sustancia que tenga tanto los atributos de un líquido como los de un sólido. Es semejante a un semisólido pero está íntimamente relacionado con los líquidos que con los sólidos.

**Semisólido.** Cualquier sustancia que tenga los atributos tanto de un sólido como de un líquido. Es semejante a un semifluido pero está más íntimamente relacionado con los sólidos que con los líquidos. En forma más general, cualquier sustancia en la cual la fuerza requerida para producir una deformación depende tanto de la magnitud como del grado de deformación.

**Sólido.** Cualquier sustancia que tenga una forma definida que no deja fácilmente. Que la fuerza requerida para producir una deformación depende tanto de la magnitud de ésta, más que del tiempo empleado para producirla.

**Stoke.** Unidad estándar de viscosidad Kinemática en el sistema c.g.s. Se expresa en centímetros cuadrados por segundo.

**Tensión interfacial.** La energía por unidad área presente en el límite de dos líquidos que no se pueden mezclar homogéneamente. Usualmente se expresa en dinas por centímetro (Norma D 971-48T de la ASTM).

**Tensión superficial.** La fuerza contráctil superficial de un líquido por la cual éste tiende a asumir una forma esférica y a presentar la menor superficie posible. Se expresa en dinas por centímetro.

**Untuoso.** Que tiene una sensación aceitosa, grasosa o jabonosa al frotarlo o tocarlo con los dedos.

**Viscométero de presión.** Aplicado a la grasa este término indica un instrumento del tipo capilar usado para determinar la viscosidad aparente.

**Viscométero o viscosímetro.** Aparato para determinar la viscosidad de un fluido.

**Viscosidad.** Propiedad de una sustancia fluida, semifluida o semisólida que la hace resistir al flujo. Se define como la tensión de deslizamiento de un elemento fluido dividida entre la tasa de deslizamiento. La unidad estándar de viscosidad en el sistema inglés es el "Reyn",

que se expresa en libras por segundo por pulgadas cuadradas. La unidad estándar en el sistema c.g.s. es el poise, que se expresa en dinas por segundo por centímetro cuadrado. Un reyn es igual a  $6.895 \times 10^4$  poise.

**Viscosidad absoluta.** Término usado en forma intercambiable con el de viscosidad para distinguirlos de viscosidad cinemática o de viscosidad comercial. La viscosidad absoluta y la cinemática se expresan en unidades fundamentales. La viscosidad comercial, como la viscosidad Saybolt, se expresa en unidades arbitrarias de tiempo, generalmente segundos.

**Viscosidad aparente.** Término con que se designa la resistencia al flujo de fluidos cuya viscosidad varía según el grado de deslizamiento. Puede evaluarse en un instrumento del tipo capilar donde se le define como la tensión de deslizamiento en la pared capilar dividida entre la tasa media de deslizamiento según se computa por la ecuación de Poiseville. Se expresa en unidades fundamentales de viscosidad a una tasa dada de deslizamiento.

**Viscosidad Furol Saybolt.** Tiempo en segundos que se requiere para que sesenta centímetros cúbicos de un fluido fluyan a través del orificio de un viscosímetro Furol Saybolt a una temperatura dada bajo condiciones específicas. El orificio del viscosímetro Furol es mayor que el del viscosímetro universal y se usa para fluidos más viscosos.

**Viscosidad Kinemática.** Es la viscosidad absoluta de un fluido dividida entre su densidad de masa. En el sistema inglés la unidad estándar de viscosidad Kinemática (cinemática) es el "Newt" y se expresa en pulgadas cuadradas por segundo. En el sistema c.g.s., la unidad estándar de viscosidad kinemática es el stoke y se expresa en centímetros cuadrados por segundo.

**Viscosidad universal Saybolt.** (segundos universales Saybolt) tiempo en segundos que se requiere para que 60 centímetros cúbicos de un fluido fluyan a través del orificio del viscosímetro Universal Saybolt Standar, a una temperatura dada y bajo condiciones específicas (Norma D 88-44 de la ASTM).

**Viscoso.** Que tiene viscosidad. Frecuentemente usado para implicar alta viscosidad.

## **BIBLIOGRAFIA.**

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- "Process systems Analysis and Control."  
Donald R. Coughanowr, Lowell B. Koppel  
Ed. Mc Graw-Hill Inc.  
1991, U.S.A.
- 2.- "Techniques of Process Control."  
Page S. Buckley.  
Ed Robert E. Krieger, Publishing Company.  
1979, U.S.A.
- 3.- "Process Control."  
Peter Harriott.  
Ed Robert E. Krieger, Publishing Company.  
1964. U.S.A.
- 4.- "Chemical Process Control An Introduction to theory  
and practice."  
George Stephanopoulos.  
Ed. Prentice-Hall Inc.  
1984, U.S.A.
- 5.- "Modeling and Simulation in Chemical Engineering."  
Roger G. E. Franks.  
Ed John Wiley and Sons Inc.  
1972, U.S.A.

- 6.- "Conductivity additives are best."  
J. H. Warren, R. F. Lange and D. L. Rhynard.  
Hydrocarbon Processing.  
December 1974, U.S.A.  
Pg. 111.
- 7.- "What lube oil processes to use."  
M. Soudek.  
Hydrocarbon Processing.  
December 1974, U.S.A.  
Pg. 59.
- 8.- "Re-refining schemes compared"  
N.J. Weinstein.  
Hydrocarbon Processing.  
December 1974, U.S.A.  
Pg. 74.
- 9.- "Waste Lubricating Oil Rerefining by Extraction-Flocculation."  
Alves Dos Reis.  
Ind. Eng. Chem. Res.  
Vol. 30, No. 11, 1991.  
Pg. 2449.
- 10.- "New ways to estimate characterization of lube cuts."  
Robert A. Woodle.  
Hydrocarbon Processing.  
Julio de 1980.  
Pg. 171.
- 11.- "Used oil is not hazardous but..."  
Jayadev Chowdhury.  
Chemical Engineering.  
Junio de 1992.  
Pg. 20.

- 12.- "Waste oil replaces crude as a petroleum refinery feed."  
Chemical Engineering.  
Marzo de 1992.  
Pg. 23.
- 13.- "Apply pure oil mist lubrication on a large scale."  
Heinz P. Bloch.  
Hydrocarbon Processig.  
Octubre de 1980.  
Pg. 125.
- 14.- "Waste Hydrocarbons Recycling."  
Dennis W. Brinkman.  
Chemical Engineer Progress.  
Marzo de 1986.  
Pg. 67.
- 15.- "An award for an oil recycling process."  
Chementator.  
Chemical Engineering.  
Noviembre de 1991.  
Pg. 19.
- 16.- "Procedimiento Mejorado de Re-refinación de aceites lubricantes usados."  
José A. Celestino, Oliverio Moreno L, y Rene Hernandez  
Instituto Mexicano del Petroleo. México.  
Patente No. 156173.  
3 de Agosto, 1981.

- 17.- "Procedimiento Para el Tratamiento de Aceites Usados."  
Robert S. Kozar.  
Amsted Industries Incorporated. U.S.A.  
Patente No. 157191.  
28 de Noviembre, 1980.
- 18.- "Procedimiento Mejorado de Extracción por Solvente Para  
Depurar el Aceite Usado."  
Laird C. Fletcher y Richard H. O'Blansy.  
Delta Central Refining Inc. U.S.A.  
Patente No. 158323.  
26 de Octubre, 1981.
- 20.- "Regeneración de Aceite Lubricante Usado."  
Donald Mackintosh Haskell.  
Phillips Petroleum Company. U.S.A.  
Patente No. 159565.  
03 de Mayo, 1982.
- 21.- "Redepuración de Aceites Usados."  
Lloyd E., Reid Keith C., Yao Simon Wittenberg,  
Douglas G Ryan.  
Exxon Research and Engineering Company. U.S.A.  
Patente No. 165696.  
10 de Febrero, 1984.
- 22.- "Organic Chemistry."  
T. W. Grahams Solomons.  
Univercity of South Florida.  
Ed. John Wiley and Sons Inc.  
1984, U.S.A.
- 23.- "Tecnología del Petroleo."  
Douglas M. Considine.  
Ed. Mc. Graw Hill Inc.  
1977. U.S.A.

24.- "Moderna Tecnología del Petróleo."  
The Institute of Petroleum.  
Ed. Reverte S.A.  
1963. Canadá.

25.- "Polymer Improved Oil Recovery."  
K. S. Sorbie.  
Ed. Blackie and Son Ltd.  
1991. U.S.A.