



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**
FACULTAD DE INGENIERIA

**TRATAMIENTO DE ACEITES DE LUBRICACION
RESIDUALES POR UN METODO
NO CONVENCIONAL**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO PETROLERO

P r e s e n t a:

ALBERTO RODRIGUEZ ROMERO



DIRECTOR DE TESIS:
M. en C. MIGUEL MARQUEZ MARTINEZ

México, D. F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-012

SR. ALBERTO RODRIGUEZ ROMERO
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M. en C. Miguel Márquez Martínez y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Petrolero:

TRATAMIENTO DE ACEITES DE LUBRICACION RESIDUALES POR UN METODO NO CONVENCIONAL

I	ORIGEN DE LOS ACEITES LUBRICANTES
II	CLASIFICACION DE ACEITES LUBRICANTES
III	TIPOS Y CARACTERISTICAS DE ACEITES LUBRICANTES
IV	CLASIFICACION DE SERVICIOS
V	ORIGEN DE LOS ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES
VI	METODOS DE TRATAMIENTO DE ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES
VII	PARTE EXPERIMENTAL
VIII	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFIA
	APENDICE
	GLOSARIO

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, a 5 de marzo de 1966
EL DIRECTOR


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS

JMCS:FR/R*10



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ALUMNO : ALBERTO RODRIGUEZ ROMERO

No. DE CTA.: 8111763-7

" TRATAMIENTO DE ACEITES DE LUBRICACION
RESIDUALES POR UN METODO NO CONVENCIONAL "

JURADO DE EXAMEN PROFESIONAL

PRESIDENTE : ING. MANUEL VILLAMAR VIGUERAS

VOCAL : ING. SALVADOR MACIAS HERRERA

SECRETARIO : M. en C. MIGUEL MARQUEZ MARTINEZ

1er. SUPLENTE : M. en I. TEODULO GUTIERREZ ACOSTA

2do. SUPLENTE : ING. NESTOR MARTINEZ ROMERO

AGRADECIMIENTOS

MIS PADRES :

**CATARINO RODRIGUEZ HERNANDEZ
CRISTINA ROMERO YAÑEZ**

**POR HABER LOGRADO QUE SU HIJO SE REALIZARA COMO HOMBRE Y
PROFESIONISTA.**

MIS HERMANOS :

**DR. ALEJANDRO RODRIGUEZ ROMERO
TEC. RAD. ARTURO RODRIGUEZ ROMERO
ANTONIO RODRIGUEZ ROMERO
MARIA T. RODRIGUEZ ROMERO
TEC. COMP. JESUS RODRIGUEZ ROMERO
MARIA GPE. RODRIGUEZ ROMERO**

POR SU COMPRENSION E INVALUABLES CONSEJOS.

MIS SOBRINOS :

**ALEJANDRO RODRIGUEZ AZUARA
TATIANA D. RODRIGUEZ AZUARA
JOSE A. RODRIGUEZ AZUARA
JAVIER RODRIGUEZ ROMERO
EDGAR RODRIGUEZ ROMERO
JESSICA RODRIGUEZ GARCIA
DANIEL A. RODRIGUEZ GARCIA
MARCO A. RODRIGUEZ GARCIA
EDUARDO RODRIGUEZ GARCIA
GIOVANNA VILA RODRIGUEZ
JUAN C. VILA RODRIGUEZ**

**TENGO LA PLENA SEGURIDAD DE QUE ALGUN DIA SERAN HOMBRES DE BIEN Y
EXCELENTES PROFESIONISTAS.**

MIS ABUELITOS :

**ARTURO ROMERO AVILA
CONSUELO YAÑEZ VDA. DE ROMERO**

POR EL GRAN APOYO MORAL.

A MI DEMAS FAMILIA: MARIBEL, CAROLINA, BLANCA, JUAN Y JAVIER A.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

MI GRAN HERMANO DR. ALEJANDRO RODRIGUEZ ROMERO, DE QUIEN SEGUIRE SU EJEMPLO COMO PROFESIONISTA Y PADRE DE FAMILIA.

MI HERMANO JESUS RODRIGUEZ ROMERO, POR SU GRAN APOYO PARA LA CULMINACION DE ESTA TESIS.

MI HERMANO ARTURO RODRIGUEZ ROMERO, PORQUE SIEMPRE HA SIDO UN EXCELENTE EJEMPLO PARA MI.

LIC. GABRIELA GARCES GARCIA, POR SU GRAN AMOR Y APOYO PARA LA ELABORACION DE ESTA TESIS.

LIC. ISABEL ALEMAN ORTEGA, POR SER COMO UNA HERMANA, QUE RESPETO Y ADMIRO.

ING. MARIO A. PEREZ RAMIREZ, POR SER UN EXCELENTE AMIGO, Y A QUIEN AGRADEZCO SUS CONSEJOS.

ING. FERNANDO ROSIQUE NARANJO, A QUIEN CONSIDERO MI AMIGO Y POR SU GRAN APOYO DURANTE MIS ESTUDIOS.

ING. JUAN J. OBREGON, POR EL APOYO EN LA CULMINACION DE MIS ESTUDIOS.

A TODOS MIS PROFESORES QUE ME HICIERON INGENIERO.

MAXIMA CASA DE ESTUDIOS :

* UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO*

* FACULTAD DE INGENIERIA *

... COMO UN TRIBUTO PARA TODOS MIS PROFESORES Y COMPAÑEROS PETROLEROS QUE YA NO ESTAN CON NOSOTROS

INTRODUCCION**CAPITULO I ORIGEN DE LOS ACEITES LUBRICANTES**

I.1	Petróleos crudos	1
I.2	Clasificación de los petróleos crudos	1
I.3	Extracción de aceites lubricantes	3
I.4	Aceites lubricantes	11

CAPITULO II CLASIFICACION DE ACEITES LUBRICANTES

II.1	Clasificación de aceites para motor	18
II.2	Clasificación de viscosidad SAE de aceites para cárter	18
II.3	Clasificación de aceites HD por su comportamiento y nivel de detergencia	21
II.4	Clasificación de aceites para transmisiones y diferenciales	23

CAPITULO III TIPOS Y CARACTERISTICAS DE ACEITES LUBRICANTES

III.1	Pemex sol super	26
III.2	Ebano	27
III.3	Faja de oro	28
III.4	Diesel mex 2000	30
III.5	Motolub	31
III.6	Extralub super serie 3	32
III.7	Nacional Transmisión	33
III.8	Lubricante engranes universal MP	34
III.9	Lubricante engranes hipoidales	35
III.10	Lubricante diferenciales SCL	36
III.11	Transmisol	37
III.12	Nacional lavamotor	38
III.13	Pruebas físicas y químicas para aceites lubricantes	39
III.14	Pruebas desarrolladas a grasas lubricantes	49

CAPITULO IV	CLASIFICACION DE SERVICIOS	
IV.1	Clasificación de servicio API	51
IV.2	Clasificación de servicio para motor API / ASTM / SAE	52
IV.3	Aceites comerciales	53
IV.4	Aceites para estaciones de servicio	54
IV.5	Recomendaciones para cambio de aceite	55
CAPITULO V	ORIGEN DE LOS ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES	
V.1	Origen y contenido de aceites lubricantes residuales	56
CAPITULO VI	METODOS DE TRATAMIENTO DE ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES	
VI.1	Tratamiento de aceites lubricantes residuales	60
CAPITULO VII	PARTE EXPERIMENTAL	
VII.1	Objetivos	65
VII.2	Hipótesis	65
VII.3	Metodología	67
VII.4	Diseño experimental	69
CAPITULO VIII	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	70
	Bibliografía	77
	Apéndice	80
	Glosario	81

En Ingeniería se está consciente de los problemas que se derivan al extraer hidrocarburos del subsuelo, así como también de los procesos que se utilizan para obtener productos útiles de los mismos. Dentro de estos productos se tienen a los aceites lubricantes que se emplean de una manera muy amplia en varias industrias, pero se les da mayor utilidad en los vehículos automotores. Los aceites residuales ocupan un lugar muy importante en el conjunto de sustancias contaminantes, por el alto contenido de hidrocarburos que todavía contienen.

En el presente trabajo se exponen las ideas y el análisis de los fundamentos básicos de técnicas de tratamiento de aceites lubricantes de automotores, y se mencionan algunos métodos para procesarlos con ésto, se tiene el propósito de hacer evidente que tienen estos procesos para disminuir los problemas que se presentan al tener este tipo de residuos contaminantes.

El Capítulo I contiene una descripción de los petróleos crudos y una clasificación basada en el contenido de hidrocarburos saturados. En este mismo capítulo se detalla cómo se obtienen los aceites lubricantes durante los procesos de refinación.

El Capítulo II contiene una clasificación de los aceites lubricantes para automotores, la cual se basa en la viscosidad que contiene cada aceite y en el uso que se le asigna.

En el Capítulo III se describen los tipos de aceites lubricantes que se producían y producen actualmente, mencionando sus características generales, como son : Índice de viscosidad, temperatura de inflamación, carga timken, etc.

Debido a la poca información sobre las características de los aceites lubricantes para automotores que se producen actualmente, se intenta obtenerlas con base en la información que contienen los envases que se venden en las estaciones de servicio.

El final de este capítulo contiene las pruebas físicas y químicas que se aplican a los aceites y grasas lubricantes, con objeto de dar una idea de los parámetros que se utilizan para caracterizarlos.

En el Capítulo IV se mencionan las clasificaciones de servicio, con las cuales operan los diferentes tipos de aceite lubricante, al final se dan recomendaciones para el cambio de aceite con base en esta clasificación.

En el Capítulo V se describen las fuentes que dan origen a los aceites residuales, también se detallan las condiciones a que se someten los aceites, en los motores de combustión, así como los cambios en su composición y los principales contaminantes que contienen los cárteres de automotor.

El Capítulo VI describe las técnicas que se utilizan para tratar y reciclar a los aceites residuales, se detallan también las ventajas y desventajas que presentan éstas.

El Capítulo VII presenta una propuesta experimental para tratar aceites residuales, fraccionándolos por medio de calentamiento en un reactor oscilatorio, con objeto de obtener productos de valor comercial, también se describe la construcción del equipo que se utilizará y la metodología propuesta.

El Capítulo VIII describe la realización de algunas pruebas preliminares, que servirán como base para una posterior experimentación. También se presentan algunas recomendaciones para el manejo de contaminantes como los aceites residuales.

SIGLAS EMPLEADAS

A A R	ASSOCIATION OF AMERICAN RAILROADS
A G M A	AMERICAN GEAR MANUFACTURERS ASSOCIATION
A P I	AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE
A S T M	AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS
C E I	COMISION ELECTRONICA INTERNACIONAL
C O C	COORDINATING EUROPEAN COUNCIL
C R C	COORDINATION RESEARCH COUNCIL
D G	GRADO DIESEL
D M	DIESEL MODERADO
D S	DIESEL SEVERO
E P	EXTREMA PRESION
H D	TRABAJO PESADO
I V	INDICE DE VISCOSIDAD
M L	PRINCIPALMENTE LIGERO
M M	PRINCIPALMENTE MODERADO
M P	PROPOSITO MULTIPLE
M S	PRICIPALMENTE SEVERO
N G L I	NATIONAL LUBRICATING GREASE INSTITUTE
S A E	SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS
S O F I N A	SOCIEDAD ANONIMA FINANCIERA DE TRANSPORTES Y EMPRESAS INDUSTRIALES
T A N	NUMERO ACIDO TOTAL
T B N	NUMERO BASICO TOTAL.

CAPITULO I ORIGEN DE LOS ACEITES LUBRICANTES



- **Petróleos Crudos**
- **Clasificación de los
Petróleos Crudos**
- **Extracción de Aceites
Lubricantes**
- **Aceites Lubricantes**

I ORIGEN DE LOS ACEITES LUBRICANTES

I.1 PETROLEOS CRUDOS

El petróleo crudo es un líquido viscoso de color variable, puede ser amarillo, pardo oscuro, rojizo o negro; exhibe generalmente una fluorescencia verdosa, tiene olor característico y por su baja densidad flota en el agua. Consiste de una mezcla de hidrocarburos (compuestos que contienen en su estructura molecular carbono e hidrógeno). El número de átomos y la forma en que están colocados en las moléculas de los diferentes compuestos, determinan las propiedades de un petróleo crudo particular [1, 2, 3, 4, 5].

El petróleo es extralido de yacimientos que se encuentran en diferentes lugares del mundo: desiertos, regiones árticas y plataformas continentales [1]. Se extrae por medio de pozos de explotación recurriendo a diversos métodos.

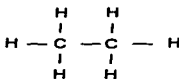
I.2 CLASIFICACION DE LOS PETROLEOS CRUDOS

Desde el punto de vista químico, los petróleos crudos se pueden clasificar con base en la proporción relativa de los componentes que contienen, y que pertenecen a las familias de hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos, además de presentar compuestos de éstas familias, contienen impurezas como azufre, nitrógeno, vanadio, níquel, oxígeno, cromo y otros.

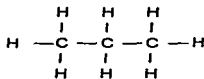
Tissot B. P. y Welte D. H. [2] definen a los aceites como parafínicos o nafténicos, si el contenido de hidrocarburos saturados es mayor de 50 %, aromáticos, si el contenido de hidrocarburos saturados es menor de 50 % [2, 5, 6].

Los parafínicos son aceites ligeros que tienen baja reactividad, los átomos de carbono están unidos por enlaces sencillos y están saturados de hidrógeno, su fórmula general es C_nH_{2n+2} y son de cadena abierta [2, 5, 7].

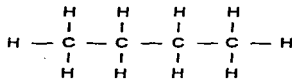
Son aceites con menos de 1 % de azufre, algunos presentan alto punto de escurrimiento y otros son fluidos. La densidad relativa va de 0.70 a 0.84, la viscosidad es generalmente baja, excepto cuando contiene alcanos de elevado peso molecular. La viscosidad de los aceites de alto punto de escurrimiento es grande por el gran contenido de alcanos normales (hasta 20 carbonos) y disminuye a temperaturas que van de 35 a 50 °C, como ejemplos se tienen [2, 7] :



ETANO

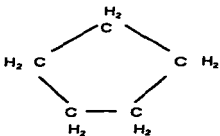


PROPANO

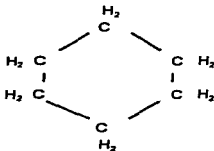


BUTANO

Los nafténicos son aceites ligeros cíclicos que se originan por alteración bioquímica de los parafínicos, tienen como fórmula general C_nH_{2n} los átomos de carbono se unen entre sí y se saturan con hidrógeno, contienen menos de 1 % de azufre la viscosidad y la densidad relativa son un poco más altas que los de la serie parafínica, como ejemplos se tienen [2, 5, 6, 7] :



CICLOPENTANO

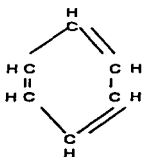


CICLOHEXANO

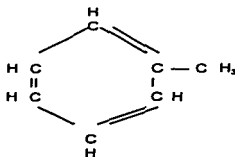


CICLOBUTANO

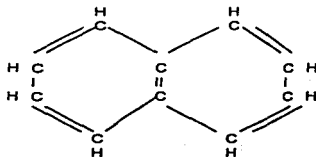
Los aromáticos son aceites densos, presentan propiedades físicas y químicas diferentes a los parafínicos y nafténicos. Son cíclicos derivados del benceno, pueden adicionar cadenas laterales parafínicas en lugar de algunos de los hidrógenos unidos a los carbonos del anillo y formar una estructura mixta. Contienen un anillo bencénico, el cual no está saturado (pero es muy estable), frecuentemente se comportan como compuestos saturados. La densidad relativa es mayor a 0.85 y menor de 1.0, el contenido de azufre es mayor al 1 %, también son más viscosos que los parafínicos y nafténicos, como ejemplos se tienen [2, 5, 6] :



BENCENO



TOLUENO



NAFTALENO

I.3 EXTRACCION DE ACEITES LUBRICANTES

Para conocer como se obtienen los aceites lubricantes, a partir del petróleo crudo, es importante describir los conceptos, infraestructura, técnicas, métodos y procedimientos que se requieren en una refinería.

Destilación.

Es el conjunto de operaciones que se utilizan para dividir el petróleo crudo en un conjunto de mezclas líquidas, de diferente viscosidad, denominadas fracciones.

El petróleo crudo se calienta previamente en hornos especiales, equipados con tuberías fijas, posteriormente pasa a las torres de fraccionamiento en donde debido a la acción del calor se desprenden vapores que se condensan a diferentes temperaturas y alturas en la torre, separándose así en diferentes constituyentes. Las fracciones pesadas (no destilables) se depositan en la parte inferior de la torre y después pasan por un proceso secundario de destilación al vacío [4, 6, 7, 8].

Refinación.

Es el conjunto de procesos que se aplican al petróleo crudo para separar, modificar purificar y/o mezclar las fracciones que lo componen como son: gas licuado, gasolina, kerosina, gasóleo, lubricantes y parafinas, combustóleo pesado, asfalto y otros [3, 5, 6, 8, 9, 10, 11]. La refinación del petróleo comenzó hace más de cien años al separar de kerosina mediante un proceso Batch y se debe a Drake, Marcus y Benz [6]. La refinación se realiza en cuatro pasos que son : separación, conversión, tratamiento y combinación; esto no significa que las refinerías tengan la misma estructura y que empleen los mismos procedimientos de operación [4, 7, 11].

La figura 1.1 muestra la secuencia de los procesos en una refinería moderna indicando los principales flujos. La figura 1.2 muestra la secuencia de los procesos de extracción de aceite lubricante (*rectángulo A*).

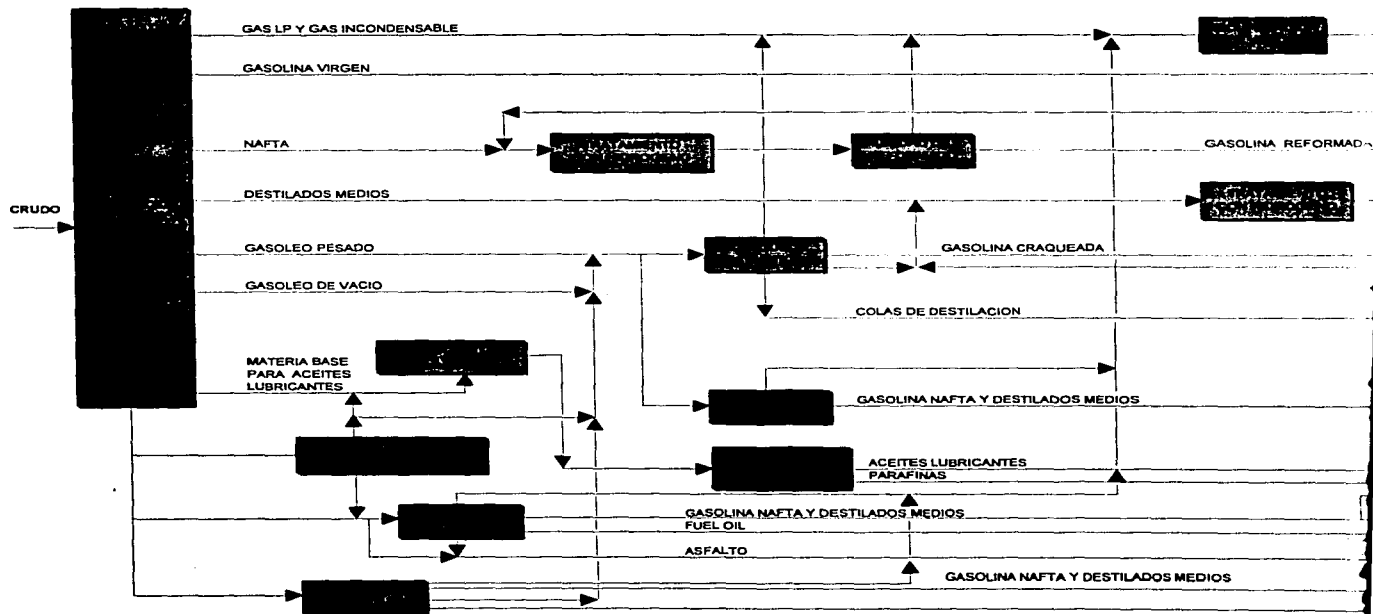


FIG. 1.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA REFINERIA

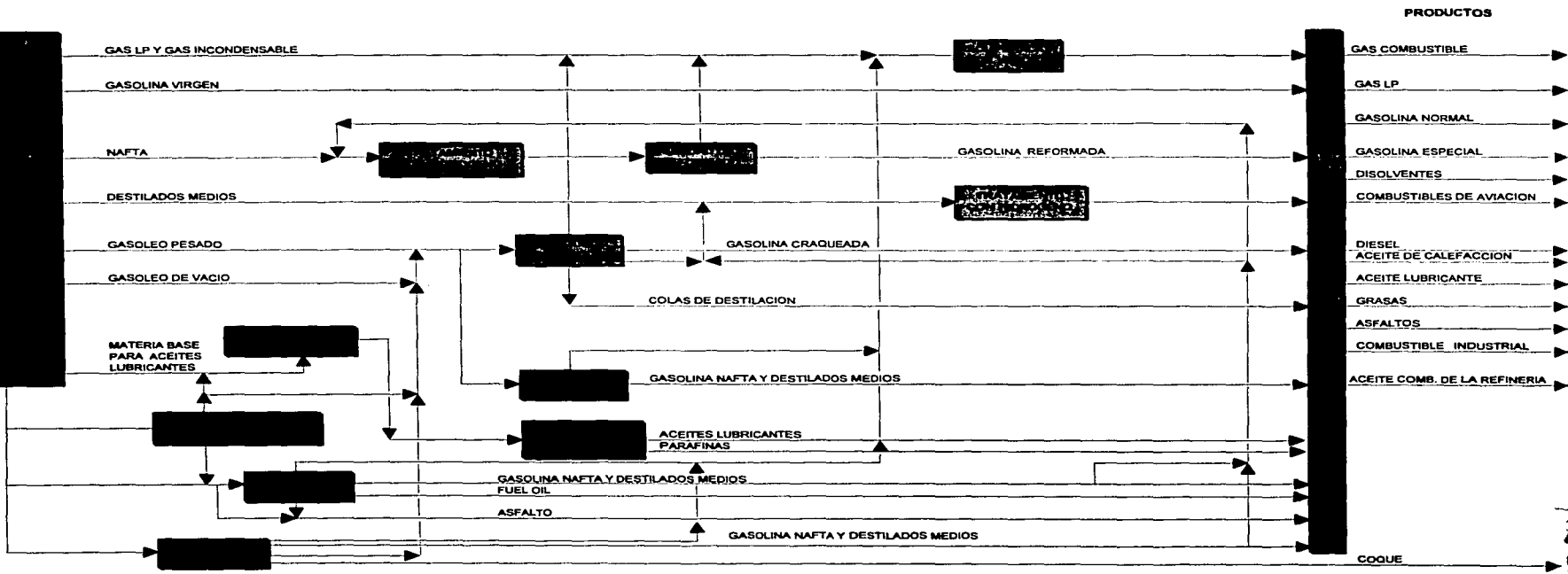


FIG. 1.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA REFINERIA

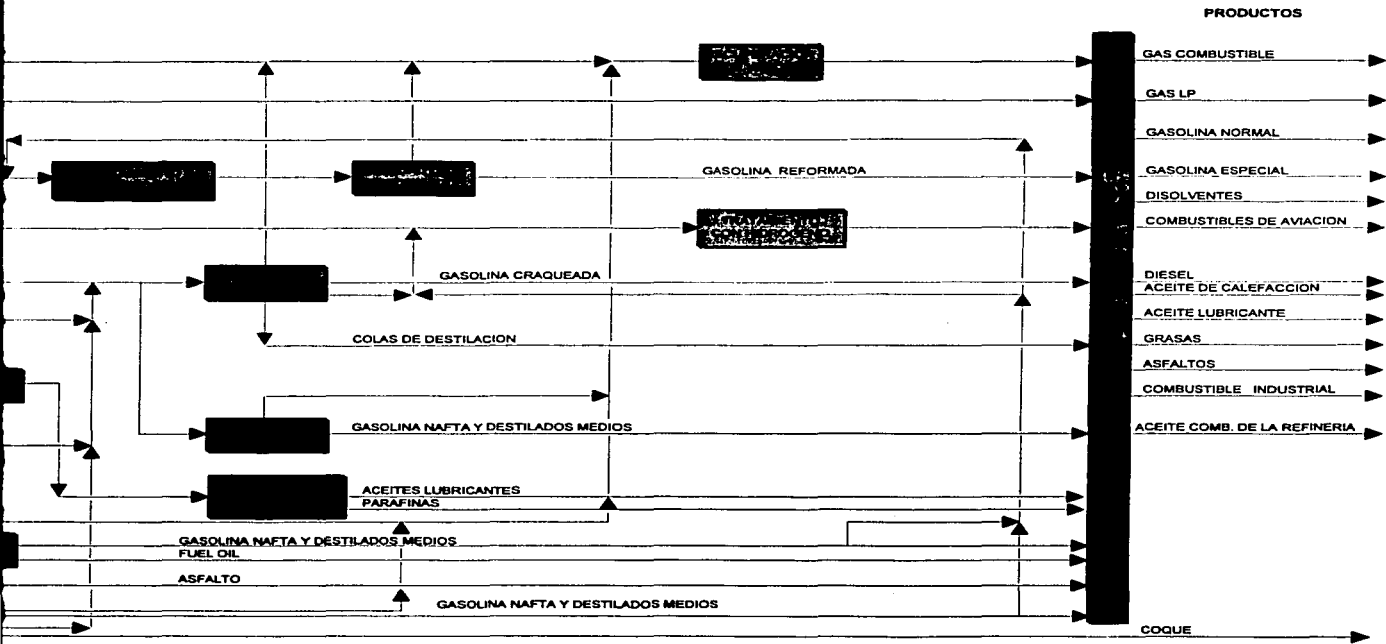


FIG. 1.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA REFINERIA

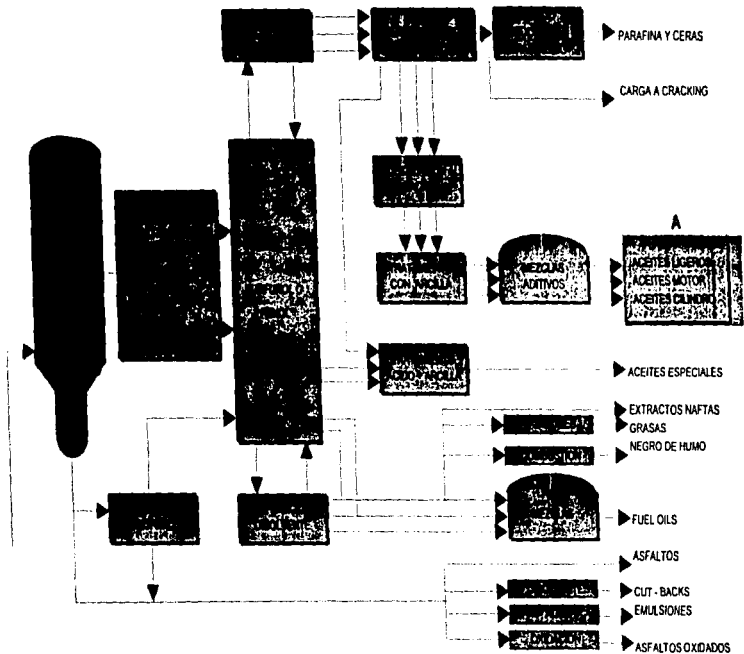


FIG.1.2 EXTRACCION DE ACEITES LUBRICANTES

Separación.

El crudo se calienta de 400 a 500 °C para que entre parcialmente vaporizado a la torre de destilación, en ésta el vapor sube a través de compartimientos y va condensándose a diferentes temperaturas de licuefacción, quedando los líquidos a varios niveles de la torre. Los primeros vapores que se licúan son los de gasóleo pesado a 300 °C aproximadamente, después se licúa el gasóleo ligero a cerca de 200 °C, posteriormente la kerosina a 175 °C, le sigue la nafta a 120 °C y por último la gasolina y los gases que salen todavía en forma de vapor a 100 °C [3, 6, 10, 11]. En la destilación a presión atmosférica queda un residuo no volátil, el cual pasa a otra torre que trabaja a alto vacío. En ésta torre se obtienen solamente dos fracciones : una de destilados que puede dar lugar a aceites lubricantes y parafinas de elevado peso molecular y otra de residuos formada por hidrocarburos que forman asfalto y combustóleo pesado [6, 10, 11].

En el siguiente cuadro se muestra el número de átomos de carbono que contienen cada una de las diferentes fracciones mencionadas con anterioridad.

FRACCIÓN	ÁTOMOS DE CARBONO POR MOLECULA
GASOLINA	5 - 12
GASOL	10 - 16
GASOL	16 - 20
KEROSINA	12 - 25
GASOLÉO	20 - 35
LUBRICANTES Y PARAFINAS	35 - 60

De los gases incondensables se puede mencionar al metano CH_4 , que contiene un sólo átomo de carbono y cuatro de hidrógeno en su estructura molecular, después le sigue el etano C_2H_6 , con dos átomos de carbono y seis de hidrógeno.

El gas LP está constituido por hidrocarburos de tres y cuatro átomos de carbono denominados propano C_3H_8 y butano C_4H_{10} respectivamente; la siguiente fracción es la gasolina virgen la cual se compone de moléculas de cuatro a nueve átomos de carbono, algunas de forma lineal y otras cíclicas de cinco y seis átomos de carbono.

La kerosina contiene hidrocarburos con cerca de 10 átomos de carbono, a partir de esta fracción se genera la turbosina que se utiliza en los aviones. El gasóleo es la última fracción de la destilación primaria, contiene cerca de 15 átomos de carbono, a partir de él se obtiene el combustible diesel, que se utiliza en tractores, locomotoras, camiones, trailers y barcos.

De la destilación al vacío se obtienen lubricantes y parafinas (ver fig. 1.2), conformados por moléculas de 25 a 35 átomos de carbono y asfaltos con más de 39 átomos de carbono [3, 6, 10, 11, 13].

Para modificar las fracciones mencionadas con anterioridad, se utilizan diferentes procesos y a continuación se mencionan algunos :

Conversión.

Descomposición térmica, pirólisis o craqueo térmico. Consiste en "romper" las moléculas de hidrocarburos de peso molecular elevado para obtener componentes de gasolina. Este se realiza a temperaturas mayores de 500°C [3, 6, 8, 9, 10, 13].

Craqueo catalítico. Es un método en el cual el par de electrones permanece sobre el núcleo de uno de los átomos de carbono, con lo que el otro se carga de electricidad positiva, Se forma así un ión positivo llamado carbonio [9, 16] :



El catalizador modifica el mecanismo de ruptura de los enlaces entre átomos de carbono y aumenta la velocidad de transformación. Permite reducir la severidad de las reacciones y eliminar la mayor parte de las reacciones secundarias, productoras de gas, coque y residuos pesados que perjudican a la gasolina [16].

Hidrocraqueo. Es un método a elevada presión, empleado para transformar los productos pesados del petróleo crudo en gasolinas, en presencia de hidrógeno y catalizadores [6, 9, 16].

Alquilación. Es el procedimiento mediante el cual se obtienen hidrocarburos de alto número de octano, es decir, los olefinos se pueden convertir en hidrocarburos saturados al unirse por adición a isoparafinas en presencia de ácido sulfúrico [3, 6, 8, 9, 16].

Isomerización. Es el proceso mediante el cual se pueden modificar arreglos de los átomos de un hidrocarburo sin adicionar otras sustancias o remoción de partes del mismo. Es una reacción de los hidrocarburos saturados que determina el cambio de un isómero en otro (reorganización). Es la transformación de moléculas de cadena lineal de un hidrocarburo en una cadena ramificada, en presencia de cloruro de aluminio, ácido fosfórico y otros catalizadores [6, 8, 9, 10, 11, 16].

Polimerización. Es un proceso mediante el cual las moléculas de un monómero se unen para formar moléculas más grandes. La polimerización une olefinas [6, 9, 11].

Reformación. Es el proceso que permite obtener gasolinas de alto índice de octano a partir de una nafta o gasolina virgen, esto se hace en presencia de un catalizador como el platino [6, 8, 11, 16].

Tratamiento.

Hidrodeshulfuración. Es el conjunto de procesos que se aplican a fracciones del petróleo como a gasolinas y destilados ligeros, y éstos se aplican a temperaturas elevadas que van de 350 a 450 °C con presiones de 25 a 40 atm en presencia de catalizadores del tipo cobalto - molibdeno y provocan una hidrogenación suave y selectiva.

Las moléculas azufradas se destruyen en el siguiente orden : mercaptanos y sulfuros, polisulfuros y compuestos tiofénicos. El azufre se libera bajo forma de sulfuro de hidrógeno, mientras que la parte hidrocarbonatada de la molécula se hidrogena.

El tratamiento con hidrógeno permite aumentar la estabilidad del producto por saturación de los hidrocarburos olefínicos.

Hidrogenación Saturante.

Olefinas. Bajo presión atmosférica pueden hidrogenarse las olefinas hasta unos 500 a 550 °C, superando este intervalo predomina la deshidrogenación. Con la aplicación de presión y la presencia de catalizadores es posible efectuar una hidrogenación completa a temperatura ambiente o aún inferior. Una gran variedad de metales son catalizadores activos de hidrogenación: níquel, paladio, platino, cobalto, hierro, cobre activado con níquel y cromita de cobre.

Hidrogenación Destructiva.

Hidrocarburos parafínicos. Es posible el hidrocracking de parafinas sin apartarse mucho de la clase de reacciones que tendrían lugar en ausencia de hidrógeno, la presión de cracking de la cera de parafina es de 28 a 105 kg/cm² un intervalo de temperatura que va de 120 a 450 °C con y sin catalizadores, se producen parafinas que llegan hasta el pentano, pero ninguna más alta que la carga inicial.

Hidrocarburos nafténicos. El efecto del hidrógeno sobre los hidrocarburos nafténicos consiste principalmente en la escisión del anillo seguido de la saturación inmediata de cada extremo del fragmento producido. El anillo se rompe preferente en posiciones favorables, aunque generalmente todos los enlaces carbono-carbono son atacados en mayor o menor grado.

Por ejemplo, el metilciclopentano se convierte (40 % a 260 °C, 90 % a 320 °C) sobre carbono platinado en 2-metilpentano, 3-metilpentano y n-hexano en las relaciones molares de 7 a 2 a 1.

Hidrocarburos Aromáticos. Las reacciones principales en la hidrogenación de aromáticos son la conversión de los anillos aromáticos en los del ciclohexano y las escisiones de enlaces carbono - carbono en las cadenas alquílicas laterales. Los aromáticos polinucleares son atacados más fácilmente que los compuestos de anillo simple, y la reacción tiene lugar en un proceso por etapas en el que un anillo se satura y luego se abre, esto va seguido de escisiones que cortan las cadenas alquílicas laterales resultantes.

Disminución de Viscosidad (Visbreaking). Es un proceso de cracking suave que sirve para producir pequeñas cantidades de gasolina y gas oil ligero, mientras que al mismo tiempo se reduce la viscosidad del residuo que es el principal producto de la operación.

El visbreaking se lleva a cabo a una presión no superior a 2.0 MPa y a la temperatura de 400 a 480 °C.

Desparafinado. El proceso de desparafinado se lleva a cabo con el enfriamiento profundo aplicando disolventes como gasolina líquida, propano licuado, dicloroetano y cetonas. Los refinados de depuración selectiva obtenidos a partir de petróleos parafínicos contienen hidrocarburos macromoleculares sólidos que, al disminuir la temperatura, se separan en forma de cristales, como consecuencia los aceites pierden su movilidad y se tornan inútiles para la explotación en las condiciones de temperaturas bajas.

Los refinados de depuración selectiva de las fracciones de aceites residuales contienen cicloalcanos macromoleculares sólidos y arenosos con radicales de alcanos largos de estructura normal o débilmente ramificada.

Tratamiento Combinado. El tratamiento combinado está tipificado por la unión del fraccionamiento primario de petróleo crudo con conversiones tales como coquización, " viscosity breaking ", reforming y cracking térmico o catalítico. En tales unidades pueden mezclarse algunos de los productos con la carga de petróleo crudo o introducirse directamente en las columnas primarias de destilación en distintos puntos, el sistema de fraccionamiento primario puede utilizarse así, en parte, para el fraccionamiento de producto.

En éste método se destila inicialmente el petróleo crudo en una columna atmosférica convencional, desde este punto el crudo reducido alimenta un fraccionador en el que se combinan varias operaciones. Esta columna cumple la función de destilador al vacío, fraccionador de reformado primario, redestilador para subproductos y productos que caen fuera de las especificaciones, y absorbedor de componentes ligeros así como agotador de aceite graso [9, 14, 15, 16].

1.4 ACEITES LUBRICANTES

Los aceites lubricantes (ver fig.1.2) son hidrocarburos pesados, se pueden obtener de la fracción ligera de la destilación al vacío de cualquier petróleo crudo. Están formados por hidrocarburos de 20 a 35 átomos de carbono.

Son líquidos viscosos de color ligeramente amarillo, ámbar, café o rojizo, presentan olor característico y su densidad es inferior a la del agua. El número de átomos de carbono e hidrógeno y la forma en las que están colocados en las moléculas de los diferentes compuestos determinan las características de un aceite en particular [3, 8, 12, 13, 14 15, 16].

La modificación de las propiedades (para usos particulares) se realiza sometiendo los aceites a determinados tratamientos en los que se agregan ciertos aditivos como son :

Inhibidores. Compuestos cuya función principal es proteger a las superficies metálicas del daño causado por compuestos oxidantes y corrosivos, también retardan la oxidación del aceite lubricante.

Detergentes. Se emplean para minimizar la formación de compuestos insolubles en el aceite y prevenir su depósito.

Pollmeros. Tienen tres aplicaciones principales: disminuyen la temperatura de cristalización de grasas, mejoran el índice de viscosidad y sirven como base polimérica de ciertos tipos de detergentes [12, 13, 14, 15].

La purificación de un aceite lubricante se lleva a cabo mediante el uso de solventes para eliminar sustancias como cera y asfalto, además se le realizan varios tratamientos, dependiendo del tipo de impurezas que haya en el aceite lubricante así por ejemplo, se utiliza la arcilla para darle color y remover pequeñas cantidades de ácido, esta arcilla se mezcla junto con el aceite, posteriormente se calienta y escurre para así obtener las características deseadas [13, 14, 15].

Las *funciones* principales de un aceite lubricante son : reducir la fricción entre superficies en contacto de un motor, al formar una película fina entre las dos superficies, reducir la pérdida de energía y desgaste, servir como refrigerante y sellador y por último el aceite debe permanecer en el motor.

Los *requisitos* que debe cumplir un aceite lubricante son : presentar estabilidad a la oxidación y al ataque químico, no descomponerse a altas temperaturas y resistir la emulsificación. Además debe presentar y conservar viscosidad y untuosidad (oiliness).

La viscosidad es una propiedad que presentan los fluidos y se debe al roce de unas moléculas con otras, lo cual ocasiona una resistencia al movimiento uniforme de su masa. Es decir, son fuerzas internas de fricción que se oponen al cambio de forma o movimiento de un fluido. Se puede determinar midiendo la cantidad de masa (líquido o gas) que fluye por un conducto delgado durante cierto tiempo, las unidades comúnmente utilizadas son centipoise [8, 12, 13, 14, 15, 16,].

$$\begin{aligned} 1 \text{ poise} &= 1 \text{ g} / (\text{cm} \times \text{s}) \\ 1 \text{ cp} &= 0.01 \text{ poise} \end{aligned}$$

El Índice de viscosidad es otra propiedad importante de los aceites lubricantes que nos indica la relación existente entre viscosidad y temperatura, es un parámetro que mide la estabilidad de un aceite en relación con la temperatura.

En un motor de combustión interna se presenta variación de temperatura en o sin funcionamiento, esta depende del clima, el aceite debe tener una resistencia a esta variación de tal forma que no se modifique su estructura molecular original.

Antes de poner en marcha un automóvil de combustión interna su aceite se encuentra relativamente frío y viscoso después, cuando el motor alcanza su régimen estable, adquiere una temperatura entre 80 y 100 °C en el cárter y más de 200 °C al lubricar los cilindros; se deben tomar en cuenta estos cambios y asegurar las propiedades para que cumplan con su función de : lubricación, eliminación de calor y limpieza del motor por fluidez.

La viscosidad es dependiente de la temperatura sin embargo es necesario que varíe lo menos posible y garantice (tanto en frío como en caliente) las funciones comentadas.

Se ha establecido una correlación empírica (para determinar la variación de viscosidad con la temperatura) que consiste en comparar una muestra de aceite con dos muestras patrón. Para esto se eligieron como base dos familias de aceites [13, 14, 15, 16] :

- a) Familia aceite (H) de Pennsylvania, de tipo nafténico - parafínico la cual presenta poca variación de la viscosidad con la temperatura y convencionalmente se le asigna un Índice de viscosidad de 100 [14].
- b) Familia aceite (L) de la Costa del Golfo, es de naturaleza nafténica y presenta una gran variación de viscosidad con la temperatura y se le asigna un índice de viscosidad igual a 0. Dean y Davis [16] elaboraron el cuadro 1.1 y caracterizaron estos aceites por su viscosidad a 37.77 y 98.88 °C.

El cuadro 1.1 se utiliza para poder determinar el índice de viscosidad (I.V.) de una muestra de aceite comercial. Primero se obtiene en el laboratorio la medida de su viscosidad a 37.77 y 98.88 °C, después se busca en el cuadro 1.1 el aceite patrón a la misma viscosidad (V) que la de la muestra a 98.88 °C y se obtienen (en el mismo renglón) las viscosidades L y H a 37.77 °C.

El índice de viscosidad de la muestra es igual a :

$$I. V. = \frac{L - U}{L - H} \times 100$$

Donde :

L = Viscosidad del aceite patrón con índice de viscosidad 0 y temperatura de 37.77 °C (depende de su viscosidad a 98.88 °C).

U = Viscosidad de la muestra a 37.77 °C.

H = Viscosidad del aceite patrón con índice de viscosidad 100 y temperatura de 37.77 °C (depende de su viscosidad a 98.88 °C) [14, 15, 16].

Ejemplo : Calcular el índice de viscosidad de un aceite cuyas viscosidades son 520 Segundos Saybolt Universal a 37.77 °C y 60 Segundos Saybolt Universal a 98.88 °C.

Solución : Del cuadro 1.1 se deduce que para una viscosidad de 60 SSU a 98.88 °C, el aceite con I.V. de 100 tiene una viscosidad de 425.6 SSU y el de I.V. de 0 tiene una viscosidad de 780.6 SSU a 37.77 °C, entonces :

$$L - H = 780.6 - 425.6 = 355.0$$

$$L - U = 780.6 - 520.0 = 260.6$$

Por lo tanto :

$$I. V. = \frac{260.6}{355.0} \times 100 = \underline{73.4}$$

La fig. 1.3 ilustra en forma gráfica como se asigna el número de índice de viscosidad para un aceite particular, la muestra es comparada a 37.77 °C con un aceite de índice de viscosidad 0 y 100 respectivamente, los aceites de referencia tienen la misma viscosidad del aceite muestra a 98.88 °C [14].

El índice de viscosidad relaciona la viscosidad—temperatura del aceite muestra con los aceites de referencia, y proporciona una idea del grado de refinamiento y composición química del aceite en cuestión [14, 15, 16].

CUADRO 1.1

Relación de viscosidad — temperatura para aceites con I.V. de 0 y con I.V. de 100.

Viscosidad del aceite a 98.88 °C

Viscosidad del aceite a 37.77 °C

	I. V. = 0	I. V. = 100
	L	H
40 SSU	137.0 SSU	107.1 SSU
45	265.0	176.3
50	422.0	255.1
55	596.0	339.2
60	780.0	425.6
70	1182.0	604.0
80	1627.0	791.0
90	2115.0	985.0
100	2646.0	1185.0
120	3838.0	1620.0
140	5202.0	2084.0
160	6740.0	2580.0
180	8450.0	3109.0
200	10333.0	3670.0

SSU = Es el tiempo de flujo en Segundos Saybolt Universal de una cantidad de aceite que pasa a través de un orificio calibrado, determina la viscosidad cinemática del mismo utilizando el Viscosímetro Saybolt Universal.

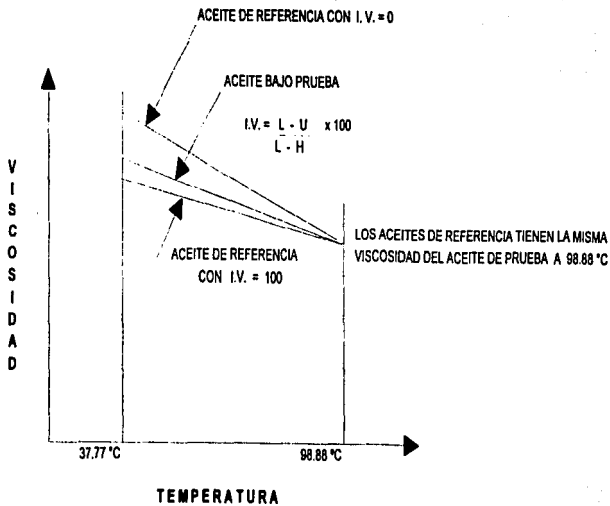


FIG. 1.3 INDICE DE VISCOSIDAD

CAPITULO II CLASIFICACION DE ACEITES LUBRICANTES



- **Clasificación de Aceites para Motor**
- **Clasificación de Viscosidad SAE de Aceites para Cártter**
- **Clasificación de Aceites HD por su Comportamiento y Nivel de Detergencia**
- **Clasificación de Aceites para Transmisiones y Diferenciales**

II CLASIFICACION DE ACEITES LUBRICANTES

II.1 CLASIFICACION DE ACEITES PARA MOTOR .

Existen en general tres tipos de clasificación de aceites para motor, cada uno se basa en una característica o propiedad del aceite.

La "viscosidad" ha sido tomada en cuenta por la SAE, asignando a los aceites ciertos que comúnmente se denominan "Grados de Viscosidad" o "Grados SAE".

Otro sistema clasifica los aceites HD (o de trabajo pesado) de acuerdo al comportamiento de prueba en el motor y a los niveles de detergencia, por ejemplo: MIL Suplemento 1, Series 3, etcétera.

El API también ha hecho su clasificación tomando en cuenta los tipos de servicio como ML, MS, etcétera [12, 14].

II.2 CLASIFICACION DE VISCOSIDAD SAE DE ACEITES PARA CARTER.

El sistema SAE clasifica los aceites (para la caja del cigüeñal o cárter) en 7 magnitudes de viscosidad, medida en Segundos Saybolt Universal (SSU), cada magnitud de viscosidad se caracteriza por un Número de Viscosidad SAE.

La viscosidad mínima para cualquier aceite de cárter en la nueva clasificación SAE es de 39 SSU a 98.9 °C (3.86 centistokes a 99 °C). El sistema se basa únicamente en la viscosidad, sin considerar ningún otro factor.

Los números de viscosidad con W están basados en la viscosidad extrapolada a -17.8 °C y los que no tienen la W se basan en la viscosidad a 98.9 °C [12].

VALORES DE VISCOSIDAD SAE PARA ACEITES DE MOTOR

Grado	Mínimo a -17.8 °C	Máximo a 98.9 °C
SAE 0W	3.86	100
SAE 5W	5.0	100
SAE 10W	6.9	100
SAE 15W	9.3	100
SAE 20W	12.5	100
SAE 25W	16.3	100
SAE 30W	21.0	100
SAE 40	-	100
SAE 50	-	150
SAE 60	-	220

- * La mínima viscosidad a -17.8 °C puede pasarse por alto en caso de que la viscosidad a 98.9 °C no sea inferior a 40 Segundos Saybolt Universal.
- ** La mínima viscosidad a -17.8 °C puede pasarse por alto en caso de que la viscosidad a 98.9 °C no sea inferior a 45 Segundos Saybolt Universal.

INDICE DE VISCOSIDAD.

La viscosidad de un aceite cambia con la temperatura. A bajas temperaturas el aceite es espeso y su viscosidad es alta. Un aceite grueso hace difícil el arranque de un motor. Conforme la temperatura aumenta, el aceite se adelgaza y su viscosidad disminuye. Los aceites excesivamente delgados proporcionan una pobre lubricación y gran consumo de aceite.

Los cambios de viscosidad cuando la temperatura aumenta o disminuye, no son los mismos para todos los aceites, la magnitud del cambio de viscosidad con la variación de temperatura se obtiene a partir de lo que se denomina índice de viscosidad (IV).

Entre más elevado sea el IV, cambiará menos el cuerpo del aceite con la temperatura. Muchos aceites tienen de por sí un alto IV. El IV puede aumentarse por la adición al aceite de sustancias apropiadas.

Los aceites de motor con alto IV dan un arranque más fácil (en tiempo frío), lubrican bien a alta temperatura y pueden cubrir más de un grado de clasificación de viscosidad SAE, en cuyo caso serán multigrados o aceites de grado múltiple [14].

ACEITES MULTIGRADO.

El IV de un aceite monogrado, es muchas veces apropiado cuando el aceite se usa bajo las condiciones de trabajo constantes (para las que ha sido preparado).

A temperatura variable, la relación de viscosidad de un grado SAE particular puede hacerse inadecuada, por lo tanto, es necesario cambiar el aceite a un grado más apropiado a las nuevas temperaturas. Los choferes u operadores generalmente usan un aceite de alto grado de viscosidad en verano y uno de bajo grado en invierno.

Los aceites multigrado con alto IV, logrado a base de aditivos, son capaces de cubrir diversos requerimientos y eliminan la necesidad de cambiar de grado con los cambios de temperatura.

II.3 CLASIFICACION DE ACEITES HD POR COMPORTAMIENTO Y NIVEL DE DETERGENCIA.

Se han desarrollado varias especificaciones para los aceites lubricantes, a través de los años, tanto por los fabricantes de automóviles así como por los gobiernos de diversos países.

Estas especificaciones reflejan un aumento en la severidad de las normas de limpieza y en otras cualidades de comportamiento, como las determinadas por pruebas de laboratorio.

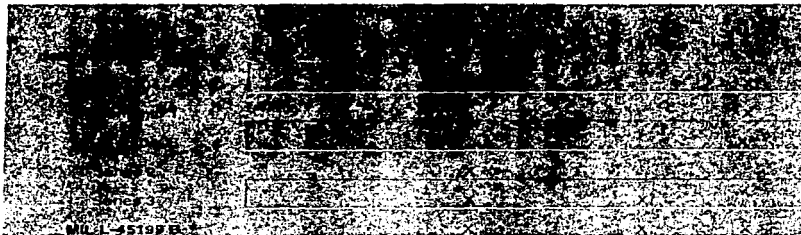
Se requieren mejores aceites que cumplan con estos requisitos, los cuales cambian constantemente con el desarrollo de los motores.

Los fabricantes de aceites lubricantes (cuadro 2.1), así como sus clientes en muchas partes del mundo, usan a menudo números de especificación para describir la calidad (que comprende especialmente a la detergencia) de los aceites HD. Algunas de estas especificaciones ya son anticuadas; pero aún son útiles para definir un nivel de calidad general. Las siguientes especificaciones son las comúnmente citadas y están colocadas aproximadamente en orden creciente de severidad de prueba y de detergencia [12, 17].

La detergencia es la propiedad que tienen ciertas sustancias de separar las partículas de suciedad adheridas y de conservarlas posteriormente en disolución o en suspensión.

Cuadro 2.1

PRUEBAS EN MOTORES



- * Combustible con 0.4 % de azufre
- ** Combustible con 1.0 % de azufre
- *** Además de las pruebas de depósitos a baja temperatura, ASTM Seq. IIB, IIBB y VII.

II.4 CLASIFICACION DE ACEITES PARA TRANSMISIONES Y DIFERENCIALES.

Petróleos Mexicanos tiene una línea completa de lubricantes para: transmisiones manuales, cajas de engranes, diferenciales estándar con límite de deslizamiento, ejes traseros, engranes de dirección, mandos finales, juntas universales y cualquier otra clase de equipo automovilístico que necesite un aceite.

Como para los lubricantes de motor, en los aceites de transmisiones y de diferenciales también se tienen tres clasificaciones.

La SAE, que toma en cuenta la viscosidad; el API, que relaciona los lubricantes por tipos de servicio y las militares, que se clasifican por el comportamiento.

1. Los valores de viscosidad SAE para ejes y transmisiones varían mucho (en comparación con los valores de viscosidad para los aceites de cárter) así un lubricante para engranes SAE 80 equivale a un SAE 30 de aceite para motor y un SAE 90 para engranes corresponde a un SAE 40 de motor [12, 17].

En la siguiente página se muestra una tabla que muestra los valores de viscosidad para lubricantes de diferenciales y transmisiones.

VALORES DE VISCOSIDAD PARA LUBRICANTES DE DIFERENCIALES Y TRANSMISIONES

SAE Número de	a -17.8 °C		a 98.9 °C	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Viscosidad	Saybolt	Centistoke	Saybolt	Centistoke
75		15,000	3,268	
80	15,000*	3,268	100,000	21,780
90			75	1,600
140			120	2,500
250			200	4,200

* Se puede prescindir de la viscosidad mínima a -17.8 °C si la viscosidad Saybolt Universal a 98.9 °C no es menor de 48 s.

** Se puede prescindir de la viscosidad máxima a 98.9 °C si la viscosidad Saybolt Universal a -17.8 °C (extrapolada) no es mayor de 750,000 s.

2. La clasificación por servicio que da API a los lubricantes para ejes y transmisiones, es la siguiente :

API - GL - 1. Es un tipo característico de muchos automóviles con diferenciales de engranes cónicos, en espiral o sinfin-corona y de transmisiones manuales que operan bajo condiciones de baja presión y con ciertas velocidades de deslizamiento.

API - GL - 2. Es un tipo de servicio característico de automóviles con diferenciales sinfin - corona que operan bajo condiciones elevadas de carga, temperatura y velocidad de deslizamiento, donde es insuficiente un tipo **API - GL - 1**.

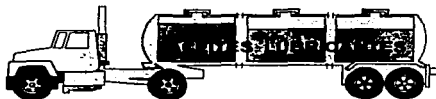
API - GL - 3. Es un tipo de servicio característico de transmisiones manuales y diferenciales de engranes cónicos y de espiral que operan bajo condiciones moderadas de velocidad y carga.

Estas condiciones de servicio requieren un lubricante que tenga mayor capacidad para soportar cargas, que aquellas que satisface el servicio **API - GL - 1**, pero abajo de los requerimientos de los lubricantes que cumplen el servicio **API - GL - 4**, que se describe en seguida.

API - GL - 4. Es un tipo de servicio para diferenciales de engranes hipoidales de automóviles y otros tipos de vehículos que operan a alta velocidad, baja torsión con poca velocidad o con alta torsión únicamente.

API - GL - 5. Es un tipo de servicio característico de engranes hipoidales en diferenciales convencionales de automóviles y otras unidades automotrices que operan a alta velocidad, con carga de choque, a baja torsión con alta velocidad o alta torsión y baja velocidad [12, 17, 18].

CAPITULO III TIPOS Y CARACTERISTICAS DE ACEITES LUBRICANTES



- Pemex Sol Super
- Ebano
- Faja de Oro
- Diesel Mex 2000
- Extralub Super Serie 3
- Nacional Transmisión
- Lubricante Engranés Universal MP
- Lubricante Engranés Hipoidales
- Lubricante Diferenciales SCL
- Nacional Lavamotor
- Pruebas Físicas y Químicas de los Aceites Lubricantes
- Pruebas Desarrolladas en Grasas Lubricantes

III TIPOS Y CARACTERISTICAS DE ACEITES LUBRICANTES

III.1 PEMEX SOL SUPER

Se elabora en los grados SAE 10W, 20W, 30, 40 y 50.

Lubricante de motor para servicios MM (principalmente moderado), ML (principalmente ligero), y MS (principalmente severo), sobrepasa la especificación militar MIL - L - 2104 A que se refiere al tipo HD (trabajo pesado).

Es un producto de magnífica calidad, reforzado con aditivos antioxidantes, detergentes y dispersantes, que retardan la oxidación y formación de ácidos del aceite, evitando la acumulación de carbón en pistones y válvulas, así como el depósito de lacas y barnices en las partes internas del motor.

Adecuado para lubricación de motores de combustión interna de gas a gasolina en automóviles, camiones, tractores, motores estacionarios, etcétera.

CARACTERISTICAS TIPICAS

LUBRICANTE	ISO	TEMP. INF.	COLOR
	100	240	1.0
	150	250	1.0
	220	260	1.0

* TEMP. INF. Temperatura de Inflamación

III.2 EBANO

Se elabora en los grados SAE 10W, 20W, 30, 40 y 50.

Este aceite se encuentra dentro de la clase de aceites de máxima calidad.

Es un lubricante de motor para servicios API MS - DM formulado para cumplir satisfactoriamente con las pruebas de las secuencias ASTM, para lubricantes de servicio MS : secuencias IIB y IIIB de General Motors, secuencia IV de Chrysler y secuencia VB y Falcon de la Ford. Pasa además la prueba de oxidación CRC - L - 38 ; también sobrepasa los requerimientos de la prueba Caterpillar I - H, que es indicativa de un buen comportamiento a altas velocidades y sobrecarga.

La calidad de este lubricante es superior a todos los requerimientos de la nueva especificación MIL - L - 2104 B.

Es un producto elaborado con mezclas de aceites básicos con índice de viscosidad elevado y con aditivos dispersantes, detergentes, antioxidantes, anticorrosivos y agentes antidesgaste en una combinación balanceada, que evita : la oxidación, formación de ácidos, carbón, lacas y barnices en las partes internas del motor. Se recomienda para todos los motores de gasolina con alta compresión en unidades automotrices; en servicio de parada y arranque frecuente y en condiciones de elevada temperatura. Es aplicable también en motores Diesel con trabajo moderado [12, 14].

Además de usarse en motores de gasolina el Ebanco SAE 10W, también se aplica en la lubricación de compresoras rotativas Gardner Denver y en los rectificadores de cigüeñales que requieren de aceite delgado.

CARACTERISTICAS TIPICAS

LUBRICANTE	VISCOSIDAD SSU		I.V.	TEMP. INF. °C	COLOR ASTM
	37.8 °C	98.9 °C			
EB	185	46	309	205	2.5
SAE	184	45	302	201	2.5
RA	187	46	310	208	3.0
RA	186	45	304	204	3.6
RA	140	33	244	158	4.0

III.3 FAJA DE ORO

Se elabora en el grado múltiple SAE 10W - 40.

Es el aceite (para unidades automotrices) más avanzado y cubre un amplio intervalo de viscosidad desde el grado SAE 10W hasta el SAE 40.

Este producto se elabora con mezcla de aceites básicos de alto índice de viscosidad, es reforzado con aditivos, supera todas las normas de aceites para motores de gasolina; cumple con los requisitos de la Clasificación API para servicio MS.

Por su grado múltiple y su elevada detergencia, es un lubricante, que opera tanto a alta como a baja temperatura, en cualquier clima y velocidad, a cualquier altura y facilita el arranque, reduce al mínimo : los desgastes, el golpeteo, la preignición y el consumo de gasolina, conserva limpia la cámara de combustión, aumenta la potencia y eficiencia del motor y alarga la vida útil del mismo.

Se recomienda particularmente para la lubricación de motores de gasolina de alta compresión en automóviles y camiones modernos [17, 18].

CARACTERISTICAS TIPICAS

LUBRICANTE	VISCOSIDAD 350	LV	TEMP FINA °C	TEMP ESCUR °C
FAJA DE OIL	17.5 °C	98.0 °C		
SAE 10W	1500			

III.4 DIESEL MEX 2000

Se elabora en los grados SAE 20, 30, 40 y 50.

Para formular este lubricante se ha recurrido a tecnología avanzada y a nuevos aditivos, es excelente para motores Diesel.

Este aceite es superior a los lubricantes con clasificación SUPLEMENTO 1. Presenta estabilidad a la oxidación, evita la formación de barnices y materiales de tipo ácido que atacan los metales del motor.

Los aceites de menor calidad, bajo condiciones severas de operación, permiten la formación de depósitos, causando atascamiento de los anillos, taponamiento de ranuras, rayado de pistones y cilindros, pérdida de compresión y finalmente fallas que disminuyen la eficiencia del motor.

Se recomienda para motores diesel y cumple con la especificación API para los servicios DG (Grado Diesel) y DM (Diesel Moderado), no debiendo usarse únicamente en aquellos casos donde se recomiende un aceite tipo Serie 3 de mayor detergencia.

También puede usarse en unidades automotrices equipadas con motores Diesel Cummins, G M C, International, etcétera.

CARACTERISTICAS TIPICAS

LUBRICANTE	VISCOSIDAD SSU		IV	TEMP	COLOR
	15 °C	50 °C		INE	ASTM

III.5 MOTOLUB

Se elabora sólo en grado SAE 30.

Aceite diseñado para motores de gasolina fuera de borda a dos tiempos y en general para motores de combustión interna de dos tiempos en donde el lubricante se mezcla con el combustible. Generalmente la proporción de la mezcla es de 1 a 1 ¼ litros de aceite por 20 litros de gasolina.

Este aceite tiene las siguientes ventajas :

- Mayor rendimiento del motor
- Mejor limpieza interna del mismo
- Excelente detergencia
- Disminuye la formación de hollín en las bujías
- Poca tendencia a formar carbón
- Reduce al mínimo el desgaste de los anillos.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS**III.6 EXTRALUB SUPER SERIE 3**

Se elabora en los grados SAE 20, 30, 40 y 50.

Producto elaborado al mezclar aceites básicos refinados de alto índice de viscosidad con aditivos, además de agentes inhibidores de oxidación y antidesgaste, esto permite obtener buenos lubricantes para motores Diesel.

Puede utilizarse en unidades mixtas que tengan motores Diesel y motores de gasolina, ya que cumple también con el servicio API - MS para todo tipo de motores de gasolina [12, 17, 18].

Cuando el lubricante EXTRALUB SUPER SERIE 3, fue sometido a las pruebas Caterpillar 1 - D y 1 - G, los resultados fueron satisfactorios; otra prueba demostró estabilidad a la oxidación y protección eficiente contra los ácidos que se forman durante la combustión.

Debido a su calidad, este lubricante es necesario para un mantenimiento de larga duración.

Se elabora principalmente para motores Diesel de alto rendimiento, que trabajan bajo condiciones severas de temperatura y carga elevada. Se recomienda para servicio DS de la clasificación API, que pueden tener los motores Caterpillar, Allis - Chalmers, Oliver, etcétera.

CARACTERISTICAS TIPICAS

LUBRICANTE	VISCOSIDAD SSU		I.V.	TEMP.	COLOR
	37.8 °C	98.9 °C		INF. °C	ASTM
EXTRA SAE 100W	357	58	101	21	6.5
SAE 100W	584	68	99	22	6.5
SAE 150W	880	73	97	24	6.5
SAE 200W	1328	104	96	27	7.8

III.7 NACIONAL TRANSMISION

Se elabora en los grados SAE 90, 140 y 250.

Son aceites minerales puros adecuados para transmisiones manuales de algunos modelos Fuller, Eaton, etc., y en general donde no se requiere un aceite con aditivos para elevada presión.

Se aplica también en cajas de transmisión con engranes rectos, en la industria en donde las velocidades de carga y temperatura son moderadas.

No se debe usar en ejes traseros, diferenciales de autos o camiones, por no reunir las características adecuadas para este uso.

CARACTERISTICAS TIPICAS

LUBRICANTE	VISCOSIDAD SSU		I.V.	TEMP.	CARGA
	37.8 °C	100.0 °C		INE °C	TIMKEN (Lg)
NACIONAL					
TRANSMISION					
SAE 90	1167	327		270	EN 150
SAE 140	2620	657		270	EN 150
SAE 250	5520	1335		290	No tiene

III.8 LUBRICANTE ENGRANES UNIVERSAL MP

Se elabora en los grados SAE 80, 90 y 140.

Lubricante de calidad, de servicio múltiple, indicado para la lubricación de transmisiones manuales y ejes traseros o diferenciales de unidades automotrices, se aplica también en la industria en cajas de engranes hipoidales o para engranes sometidos a servicio pesado, donde no existe contaminación con agua [12, 18].

CARACTERISTICAS TIPICAS

LUBRICANTE	VISCOSIDAD SSU		I.V.	TEMP. INF. °C	CARGA TIMKEN (kg)
	37.8 °C	100.0 °C			
LUBRICANTE ENG. UNIVERSAL					
MP SAE 80	455	62	98	204	85
MP SAE 90	955	87	98	206	85
MP SAE 140	2361	146	96	207	85

III.9 LUBRICANTE ENGRANES HIPOIDALES

Se elabora en los grados SAE 90 y 140.

Lubricante elaborado para cumplir con la especificación Ford M2C105 A. Se usa en los ejes traseros de las unidades Ford.

Es un lubricante de calidad reforzado con aditivos que le imparten características para resistir trabajos pesados. Se aplica también en ejes traseros de camiones sometidos a trabajo severo.

CARACTERISTICAS TIPICAS

LUBRICANTE SERVICIO	VISCOSIDAD SSU		I.V.	TEMP. INF. °C	API
	37.8 °C	100.0 °C			
LUBRICANTES ENG. HIPOIDALES					
SAE 90	1015	84	95	214	GL-5
SAE 140	2445	147	95	220	GL-5

III.10 LUBRICANTE DIFERENCIALES SCL

Se elabora en los grados SAE 90 y 140.

El lubricante de diferenciales SCL es un producto de calidad, elaborado con aditivos : grasas, sulfurizados, cloro y plomo que le imparten características adecuadas para resistir altas presiones en trabajo severo.

Generalmente se usa en diferenciales de gran tamaño en camiones y remolques y también se emplea con buenos resultados en ejes traseros de automóviles y camionetas. Este producto es comúnmente conocido como *aceite de pescado* [18,19].

CARACTERISTICAS TÍPICAS

LUBRICANTE	VISCOSIDAD SS		I.V	TEMP	CARGA
LUBRICANTE	37.8 °C	88.9 °C		INF °C	TIMKEN (kg.)
DIFERENCIAL SCL					
SAE 90	1057	148	104	116	80 B
SAE 140	2089	148	104	230	80 B

III.11 TRANSMISOL

Se elabora en dos tipos: DEXRON® y TIPO F.

Es un lubricante de alto índice de viscosidad elaborado con aceites básicos y aditivos antioxidantes, detergentes, anticorrosivos, inhibidores de espuma y agentes de presión extrema; es un aceite estable que soporta perfectamente el trabajo a altas temperaturas y velocidades en condiciones severas de operación. Protege contra la formación de lacas y otros depósitos y asegura una operación eficiente y silenciosa.

EL TRANSMISOL DEXRON® se usa en transmisiones automáticas de unidades General Motors, American Motors, Chrysler - Automex y otros; además se utiliza como fluido hidráulico en algunos camiones de volteo y en determinados convertidores de torsión.

EL TRANSMISOL TIPO F, reúne las características exigidas por la especificación Ford M2C33F, siendo un fluido para transmisiones automáticas.

CARACTERISTICAS TIPICAS

LUBRICANTE	VISCOSIDAD 350		TV	TEMP	TEMP
	37.8 °C	98.9 °C		INT. °C	ENCURR. °C
DEXRON®	181	60	140	190	42
TIPO F	81	35	180	102	4

III.12 NACIONAL LAVAMOTOR

Es un producto elaborado para el lavado interior de los motores de combustión interna, incluyendo filtros metálicos. Al eliminar los sedimentos deja una película lubricante para el momento de arranque. Aún cuando los nuevos aceites con detergentes dejan prácticamente limpias las partes internas del motor, siempre es conveniente en cada cambio de aceite hacer un lavado y escurrido del aceite usado para desalojar del sistema las partículas sólidas, depósitos de sílice, etcétera [17].

NÚMERO DE VISCOSIDAD ASTM	RANGO DE VISCOSIDAD A 37.8 °C		cS APROXIMADOS	
	SSU			
32	20	35	0.8	2.7
40	30	44	3.0	5.5
50	44	68	6.6	12.0
75	68	82	12.5	16.2
105	85	115	19.4	24.0
150	135	165	28.6	35.3
215	180	236	42	51
315	280	346	61	75
465	418	511	90	110
700	630	770	136	169
1000	900	1100	194	237
1500	1350	1650	291	256
2150	1935	2365	417	510
3150	2835	3465	610	750
4650	4185	5115	905	1100
7000	6300	7700	1360	1660

*cS = Centistoke

III.13 PRUEBAS FISICAS Y QUIMICAS PARA ACEITES LUBRICANTES

Grados API. Se pone una muestra de 200 a 220 ml de aceite representativa y homogénea dentro de una probeta adecuada, después se elimina la espuma formada en la superficie por medio de un papel filtro o con la punta de una alambre caliente, se introduce el hidrómetro con suavidad en el aceite hasta que caiga libremente y se espera a que el hidrómetro se estabilice, se toma la lectura en la escala del hidrómetro a nivel del aceite anotando la temperatura que indica el termómetro ya sea el que lleva el hidrómetro o con otro por separado, la lectura anotada debe ser corregida a 15.5 °C (60 °F) para lo cual se consulta la tabla de correcciones que corresponde y de ésta se obtiene el valor corregido a 15.5 °C, entonces para obtener grados API se aplica la siguiente ecuación :

$$API = \frac{141.5}{\rho_{\text{aceite } 60^{\circ}F}} - 131.5$$

Peso Especifico. La determinación del peso específico del petróleo crudo o de sus derivados, puede hacerse a temperaturas entre -32 °C y 90 °C.

Se pone la muestra de 200 ml. dentro de una probeta adecuada y se elimina la espuma formada en la superficie por medio de un pedazo de papel filtro o con la punta de un alambre caliente.

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

Viscosidad SSU. En un lugar libre de corriente de aire a una temperatura de 20 °C a 30 °C, el control de temperatura del Viscosímetro Saybolt Universal se ajusta para que el baño en aceite alcance el grado de calor deseado.

Antes de introducir el aceite en el tubo éste se limpia con xilol y el exceso se elimina tanto del tubo como de la galería superior del viscosímetro. El aceite, (a la cual se le hará la prueba) se agita vigorosamente antes de calentarse en el recipiente de aluminio, se procura que no se caliente mas de 2 °C por arriba de la temperatura a la cual se efectuará la prueba.

El aceite se vacía al tubo, pasándolo por un filtro de tela de alambre de 100 mallas por pulgada cuadrada, se procura vaciar suficiente aceite para que llene la galería superior, después se ajusta la temperatura del baño hasta que ésta sea constante (la tolerancia permitida para un baño de 37.8 °C es de ± 0.05 °C y para 98.9 °C es de ± 0.1 °C).

Después de quitar el termómetro del aceite de prueba, se extrae el aceite con la pipeta hasta que el tubo toma su nivel natural; durante ésta operación la pipeta debe permanecer en una sola posición.

Se coloca el matraz receptor debajo del orificio, de tal manera que el chorro de aceite caiga en el cuello del matraz, en éste momento el jalón del tapón de corcho y el arranque del cronómetro deben ser simultáneos, el reloj se detiene cuando la parte baja del menisco del aceite llega a la marca de 60 cc en el cuello del matraz. Los resultados se anotan con una aproximación de 0.1" para viscosidades abajo de 200 y de 1" para valores más altos.

Viscosidad Cinemática. Se mide el tiempo para que una cantidad fija de muestra contenida en un viscosímetro de vidrio, fluya a través de un capilar calibrado bajo una columna reproducible del líquido y a temperatura bien controlada. El viscosímetro seleccionado debe dar un tiempo de flujo mayor de 200 s.

La viscosidad cinemática se calcula partiendo del tiempo de flujo obtenido. Los viscosímetros se calibran usando aceites estándar que tienen viscosidades establecidas por referencia al agua, en viscosímetros maestros o por comparación directa con viscosímetros calibrados.

La temperatura en el baño debe mantenerse más o menos a 17 °C para pruebas a temperaturas arriba de 15.6 °C.

Indice de Viscosidad. El Índice de viscosidad es un número empírico que indica el cambio de viscosidad de un aceite, en un intervalo de temperatura determinado.

Un Índice de viscosidad bajo significa una cambio grande en la viscosidad con la temperatura, mientras que un índice de viscosidad alto muestra un cambio relativamente pequeño en la viscosidad, con la temperatura.

El Índice de viscosidad no puede ser usado para medir ninguna otra cualidad de un aceite.

El Índice de viscosidad se calcula como sigue :

$$I.V. = \frac{L - U}{L - H} \times 100$$

U, Viscosidad a 37.8 °C del aceite al que se le va a calcular el índice de viscosidad.

L, Viscosidad a 37.8 °C de un aceite de 0 índice de viscosidad que presenta la misma viscosidad a 98 °C que el aceite al cual se le va a calcular el índice de viscosidad.

H, Viscosidad a 37.8 °C de un aceite de 100 de índice de viscosidad que presenta la misma viscosidad a 98.9 °C que el aceite al cual se le va a calcular el índice de viscosidad.

Temperatura de Inflamación. El conocimiento de la temperatura de inflamación e ignición de un aceite deben conocerse cuando se utilizan lubricantes en motores de combustión sujetos a altas temperaturas.

Para esta determinación se llena una copa denominada Cleveland con la muestra de aceite, hasta la marca de llenado y se introduce un termómetro en la muestra. El aceite se calienta a una velocidad de 2 a 3 °C por minuto y cada vez que aumente la temperatura 2 °C se pasa una pequeña flama por la superficie del aceite. Cuando ocurre un pequeño destello, se lee la temperatura y se registra como temperatura de inflamación de la muestra.

Temperatura de Ignición. El procedimiento es el mismo que el anterior, pero aquí el bulbo del termómetro se sumerge en la muestra a una altura de 0.635 cm. del fondo y en el centro de la copa.

La fuente de calor se coloca en el centro del fondo de la copa por una abertura de la placa; se calienta a una velocidad de 3 °C por minuto hasta que la temperatura llegue a 37.8 °C por abajo de la temperatura de inflamación probable; después se calienta a una velocidad de 2 a 3 °C por minuto.

La flama de prueba es aproximadamente de 0.397 cm de diámetro y se aplica cada vez que la temperatura sube 5 °C. La flama debe pasar a través del centro de la copa en línea recta o describiendo un arco, pero sin llegar a tocar el aceite. El tiempo para pasar la flama es de un segundo, se aplica cada 2 °C de aumento hasta que se incendia y si queda ardiendo por lo menos durante 5 segundos, se registra la temperatura, tomándose ésta como temperatura de ignición.

Este análisis es de vital importancia al seleccionar un aceite para motores de combustión, turbina de vapor, compresor de aire o en cualquier mecanismo que opere a altas temperaturas.

Número de Neutralización. Este parámetro determina los constituyentes ácidos o básicos en un aceite que son solubles en mezclas de alcohol isopropílico y benzol. Se puede usar para mostrar cambios relativos que ocurren en un aceite, bajo condiciones oxidantes.

- **Número Acido Total.** Es la cantidad de hidróxido de potasio (expresada en miligramos) requerida para neutralizar todos los ácidos presentes en 1 g de muestra.
- **Número Base Total.** Es la cantidad de ácido, expresada en términos del número equivalente de miligramos de otra sustancia, que se requiere para neutralizar los constituyentes básicos fuertes en 1 g de muestra.

Se llenan las buretas con soluciones de titulación hasta la marca cero. En un matraz Erlenmeyer de 300 cc, (tarado) se deposita una cantidad pesada de la muestra. Si el aceite es de coloración clara se usa una muestra de 20 g y si es de coloración oscura se emplea una muestra de 2 g. Se agregan 100 cc de solvente de titulación y 30 gotas de solución indicadora al matraz agitando cuidadosamente la mezcla hasta que la muestra esté completamente disuelta.

Si la muestra es ácida tomará un color amarillo-naranja o un anaranjado subido y la titulación se debe hacer con el KOH alcohólico. Si la muestra toma un color verde o verde-azulado, la titulación debe hacerse con el HCl alcohólico, este color indica la presencia de base.

Si la solución es anaranjada, agréguele lentamente la solución de KOH gota a gota, agitando cuidadosamente hasta llegar al punto final en este la solución adquiere apariencia azulada. El color debe persistir por lo menos 15 segundos, en la bureta se lee el número de cc de solución consumida para alcanzar ese punto final. La misma técnica se emplea si la solución al principio es verde, siendo la solución de titulación HCl alcohólico, el color del punto final cambia de verde a naranja a amarillo anaranjado.

Cálculo :

$$\frac{\text{Total de solución utilizada en cc} \times 5.6}{\text{Peso de muestra utilizada}} = \text{Número de Neutralización}$$

Número de Precipitación. El número de precipitación ASTM es el número de cc de precipitado formado, cuando 10 cc del aceite de muestra se mezclan con 90 cc de nafta (de cierta especificación ASTM) y se centrifugan a 1500 rpm bajo condiciones preestablecidas.

Se agrega una muestra de 10 cc del aceite a cada uno de los tubos de centrifugación (limpios y secos), después se llena cada tubo (hasta la marca de 100 cc) con nafta de precipitación, y se tapan firmemente con un corcho se invierte cada tubo 20 veces dejando que el líquido se vacíe totalmente de la punta cónica del tubo, posteriormente se colocan los tubos en un baño de agua a 33 o 35 °C durante 5 minutos; momentáneamente se quitan los corchos para aliviar la presión y luego se vuelven a invertir los tubos 20 veces, exactamente como antes.

Se instalan los tubos en la centrífuga haciéndola girar a 1500 rpm durante 10 minutos. Debe leerse y registrarse el volumen de precipitado en el fondo del tubo. Nuevamente se colocan los tubos en la centrifugadora y se repite la rotación y lectura de los tubos hasta permanezca constante en tres lecturas consecutivas.

El volumen de precipitado sólido se lee y reporta como número de precipitación ASTM. Se sigue el mismo procedimiento cuando la prueba se hace con bencol en vez de nafta y se le conoce como número de precipitación bencol.

La diferencia entre los números de precipitación nafta y bencol muestran que hay materiales que son insolubles en nafta y presentan oxidación; en cambio hay otros que son insolubles en bencol sin presentar oxidación (como sucede generalmente con algunos naftenos de plomo).

Agua y Sedimento. Se Miden 50 cc de bencol y 50 cc del aceite muestra, la mezcla de 100 cc sola girar durante 10 minutos a 1500 rpm; una vez más se lee el volumen combinado. Se repite la centrifugación hasta obtener una lectura constante. La suma de las dos lecturas indica el porcentaje de sedimento que se tiene en la muestra.

En el caso de haber agua presente, se determina por separado y se subtrae de ambos resultados.

La diferencia entre el sedimento de nafta y el sedimento de bencol serán productos de oxidación, excepto en aceites de extrema presión en donde el naftenato de plomo se hace girar durante 10 minutos a 1500 rpm; una vez más se lee el volumen combinado. Se repite la centrifugación hasta obtener una lectura constante. La suma de las dos lecturas indica el porcentaje de sedimento que se tiene en la muestra.

En el caso de haber agua presente, se determina por separado y se subtrae de ambos resultados.

La diferencia entre el sedimento de nafta y el sedimento de benzol serán productos de oxidación, excepto en aceites de extrema presión en donde el naftenato de plomo se puede mezclar con los productos de oxidación o lodos.

Agua en el Aceite. Se Vierten 100 cc de aceite en el matraz de fondo redondo y cuello corto, después se mezclan perfectamente con 100 cc de solvente. La cantidad de muestra dependerá de la concentración de agua en el aceite; las concentraciones de agua mayores a 10 % hacen necesario limitar la muestra a 50 cc.

El matraz, la trampa de destilación graduada y el condensador enfriado por agua se montan cuidadosamente. Acóplase el extremo del condensador inserto en la trampa a la posición en que el extremo quede sumergido a una profundidad de no más de .1 mm debajo de la superficie del líquido dentro de la trampa. Se aplica el calor y se prosigue la destilación hasta que no quede agua visible en ninguna parte del aparato, excepto en el fondo de la trampa.

Cálculo :

$$\frac{\text{Volumen de agua en la trampa}}{\text{Peso del volumen de la muestra}} \times 100 = \% \text{ de agua}$$

Prueba de Emulsión con agua. Es el procedimiento que mide la capacidad del aceite para separarse del agua.

Calíentese el baño líquido de prueba de 50 °C a 83 °C, la temperatura del baño se debe mantener constante. Se vierten 40 cc de la muestra de aceite en un cilindro graduado de 100 cc, colocándose el cilindro (en el baño) en posición vertical.

El baño debe ser de tal profundidad que el cilindro se sumerja hasta la marca de 85 cc, debiendo permitir que el contenido del cilindro llegue a la temperatura de prueba; se baja una pala de diseño en el cilindro, de modo que la parte inferior de esta quede a $\frac{1}{4}$ " arriba del fondo del cilindro. Se arranca un agitador y lentamente se agregan 40 cc de agua destilada, calentada a la temperatura de prueba de 50 °C. La mezcla se agita a 1500 rpm durante 5 minutos.

Posteriormente se detiene la pala se levanta y limpia fuera de la mezcla, dejando que regrese el cilindro lo más que se pueda en la emulsión. El cilindro debe permanecer en el baño a la temperatura de prueba, se retira el cilindro solamente para inspeccionarlo al tiempo especificado para la lectura. El cilindro se sumerge en el baño inmediatamente después de cada lectura. Las lecturas deben hacerse cada 5 minutos durante los primeros 10 minutos y luego a 15, 20, 30, 40, 50 y 60 minutos.

Desemulsibilidad Dinámica. Esta prueba determina la capacidad de un aceite para separarse del agua bajo condiciones de circulación.

Se calientan 10 litros de muestra a 55 °C en el depósito, posteriormente una bomba y un agitador arrancan y la válvula de agua se ajusta a 12 cc por minuto, la prueba continúa por un período de 6 horas.

Aproximadamente a 5 horas y 40 minutos e inmediatamente después de un periodo de drenado automático, se coloca un primer tubo bajo el bitoque de drene de una válvula solenoide y se llena automáticamente hasta la marca de 100 cc. El segundo tubo se llena de la misma manera. Será necesario que el operador tenga cuidado en calcular el tiempo para retirar cada tubo cuando se llegue a las marcas de 100 cc. Al término de 6 horas un tercero y cuarto tubos de centrifugación se llenan hasta la marca de 50 cc con aceite tomado del bitoque lateral del desparramador en la parte superior del depósito.

Se agregan 50 cc de nafta de precipitación al tercero y cuarto tubos y se les agita perfectamente. Todos los tubos son centrifugados a 1500 rpm durante 10 minutos, después de lo cual se registra el porcentaje de agua en el fondo del tanque mediante los tubos primero y segundo; el porcentaje de agua en la parte superior del tanque se registra a partir del tercero y cuarto tubos. Cada resultado se multiplica por 2; la temperatura de prueba y la velocidad de adición de agua son ajustables y se pueden variar a discreción [17, 25, 26].

III.14 PRUEBAS DESARROLLADAS A GRASAS LUBRICANTES

Ablandamiento "Motor Matic". Es la rotura por deslizamiento o esfuerzo cortante y representa la estabilidad mecánica de una grasa o característica de permanecer trabajando con un mínimo de cambio en su estructura.

Ablandamiento "Shell Roll". Es la medida de la estabilidad mecánica de una grasa y determina el cambio de consistencia de la misma cuando se trabaja en el aparato de prueba de estabilidad Roll.

Estabilidad a la oxidación. Es un método para determinar la resistencia de las grasas a oxidarse bajo condiciones estáticas. Evalúa la resistencia a la oxidación por medio de la absorción con oxígeno.

Temperatura de goteo. Es la temperatura a la cual una grasa pasa del estado sólido al líquido. Conviene conocer esta cualidad, ya que indica la resistencia al calor de una grasa en aplicaciones donde se requiere un lubricante semi-sólido.

Pérdida en balero "Wheel Bearing Test". Es la evaluación de comportamiento de grasa cuando se encuentran lubricando cojinetes de bolas o rodillos. Simulan las condiciones de la grasa en operación y mide su escurrimiento de los retenes, mostrando además la tendencia a formar depósitos, como barniz en el cojinete.

Pérdida en el lavado con agua. Método para determinar la resistencia de una grasa lubricante al ser lavada por agua en un cojinete bajo condiciones preestablecidas.

Penetración. La consistencia o dureza de una grasa medida por la distancia a que penetra un cono estándar que cae libremente sobre la superficie de la grasa a una temperatura dada.

Separación de aceite. Esta prueba mide la separación y pérdida por evaporación de aceite de una grasa bajo condiciones estáticas específicas, esta medición da una idea de la tendencia a sangrar de una grasa en almacenamiento [12, 14,17, 18, 24].

CAPITULO IV CLASIFICACION DE SERVICIOS



- **Clasificación de Servicios API**
- **Clasificación de Servicio para Motor API / ASTM / SAE**
- **Aceites Comerciales**
- **Aceites para Estaciones de Servicio**
- **Recomendaciones para Cambio de Aceite**

IV CLASIFICACION DE SERVICIOS

IV.1 CLASIFICACIONES DE SERVICIO API

El Instituto Americano del Petróleo (API) ha clasificado a los aceites de motor (en términos generales) bajo las condiciones de servicio en que operan. Muchos fabricantes de motores recomiendan aceites como los mencionados en los Capítulos II y III, que cumplan con una o más de las designaciones API las cuales se describen a continuación :

Servicio ML. Para motores de gasolina y otros tipos con sistema eléctrico de encendido (bujía), los cuales funcionan bajo condiciones favorables de trabajo ligero y no presentan problemas especiales de lubricación, por su diseño no permiten formación de depósitos.

Servicio MM. Este servicio corresponde a motores de gasolina u otros motores de encendido eléctrico (bujía) que funcionan bajo condiciones moderadas de trabajo, pero que presentan problemas por la formación de depósitos y/o el control de la corrosión y temperaturas del aceite del orden de 250 °C a 350 °C.

Servicio MS. Es un tipo de servicio severo cuando se tienen frecuentes paros, arranques en viajes cortos en tiempo frío, altas velocidades y grandes distancias en tiempo caluroso y motores susceptibles de formar depósitos y desgastarse [9, 14, 17, 18, 24].

Servicio DG. Es el servicio propio para motores diesel que no presentan problemas serios de desgaste o depósito; ya sea por la buena calidad del combustible o por características del diseño del motor.

Servicio DM. Este servicio es menos severo que el servicio DS, pero está considerado como HD, en donde los diseños de motor son críticos con respecto a los residuos de los aceites lubricantes, por lo que se requiere de aceites lubricantes con bajo contenido de impurezas.

Servicio DS. Es para motores diesel en los que hay cargas de operación a elevada temperatura; cuando existen factores de diseño particulares como motores muy cargados que originan alta temperatura; también en operaciones intermedias a baja temperatura y cuando se usa combustible con alto contenido de azufre [17, 18,].

IV.2 CLASIFICACION DE SERVICIO PARA MOTOR API / ASTM / SAE

Esta clasificación es un esfuerzo de las asociaciones API, ASTM y SAE para escoger un conjunto de clasificaciones para servicio de motor.

La clasificación de servicio está encaminada a servir de guía en la selección correcta de los aceites para motor, que trabajen con diferencias significativas en las condiciones de servicio. Los requerimientos de comportamiento para estas clasificaciones se tienen en el reporte técnico No. RR2: 1002, de las mismas asociaciones, en el cual se hacen dos divisiones: *Aceites Comerciales* y *Aceites para Estaciones de Servicio*, los cuales se listan a continuación :

IV.3 ACEITES COMERCIALES

La letra C significa clase, y la letra que le sigue indica el tipo de servicio al cual es operado el correspondiente aceite lubricante.

Símbolo CA

Descripción: Servicio designado como Clase A, es típico de los motores diesel operados en servicio de ligero a moderado, con combustibles de alta calidad, dan protección contra la corrosión de cojinetes y contra los depósitos a alta temperatura en motores diesel.

Símbolo CB

Descripción: Servicio designado como Clase B, es típico de motores diesel operados en servicios de ligero a moderado pero que usan combustibles de baja calidad, que necesitan más protección contra desgaste y depósitos.

Símbolo CC

Descripción: Servicio designado como Clase C, es típico de motores diesel ligeramente supercargados que operan en servicio de moderado a severo e incluyen ciertos motores de gasolina HD.

Símbolo CD

Descripción: Servicio designado como Clase D, es típico de motores diesel supercargados de alta velocidad y rendimiento y que requieren de un efectivo control de desgaste y depósitos [14, 17, 18, 19, 24].

IV.4 ACEITES PARA ESTACIONES DE SERVICIO**Símbolo SA**

Descripción: Esta clasificación no tiene requerimientos de comportamiento, porque no se necesita la protección proporcionada por aceites compuestos, lo que significa condiciones de operación ligeras.

Símbolo SB

Descripción: Servicio designado como Clase B, es típico de motores que operan bajo condiciones que solamente requieren un mínimo de protección.

Símbolo SC

Descripción: Servicio designado como Clase C, es típico de los motores de gasolina, los aceites designados para este servicio proporcionan control de los depósitos de alta y baja temperatura, desgastes, herrumbe y corrosión.

Símbolo SD

Descripción: Servicio designado como Clase D, es típico de los motores de gasolina, los aceites designados para este servicio dan más protección contra la formación de depósitos, desgaste y corrosión en motores de gasolina en comparación con los aceites SC que satisfacen la clasificación de servicio API y pueden usarse cuando se recomienda una clasificación de servicio API SC [17, 19, 24].

IV.5 RECOMENDACIONES PARA CAMBIO DE ACEITE

API reconoce una diferencia entre las condiciones de manejo normales e ideales. Tomando en cuenta esto, los fabricantes de vehículos hacen recomendaciones para el cambio de aceite con respecto a los tipos de manejo ideales en carretera y en supercarreteras, en vez del manejo más general y severo que es el de paro y arranque que se hace en la ciudad, el cual requiere periodos de cambio más cortos.

Todos los fabricantes recomiendan reducir los intervalos de cambio de aceite para la mayor parte de los vehículos, porque de esta manera el motor se conserva en mejores condiciones y para una limpieza más efectiva del mismo.

Los fabricantes de vehículos sugieren cambios de aceite más frecuentes cuando :

- El manejo sea en ambiente polvoso o arenoso
- El clima sea frío
- Se tengan grandes periodos de funcionamiento en punto muerto o en las horas de más tráfico
- Se arrastran remolques
- Se trabaje en cualquier otro servicio severo o pesado.

Las prácticas de cambio de aceite recomendadas por API están hechas de acuerdo con las sugerencias de fabricantes de vehículos, para la mayoría de las condiciones de manejo a que son sujetos los motores de gasolina y diesel en general [14, 16, 17].

CAPITULO V ORIGEN DE LOS ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES

- Origen y contenido de los Aceites Lubricantes Residuales



V. ORIGEN DE LOS ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES

V.1 ORIGEN Y CONTENIDO DE ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES

En 1985 la Organización Europea de Compañías Petroleras comunicó que el 50 % del total de ventas de aceites lubricantes para automotores de combustión interna fueron "consumidas" por automotores, algunos fueron reciclados y otros se quemaron como combustibles en varias Industrias. La tabla 5.1 muestra la producción total de aceites lubricantes.

Del porcentaje total de aceites lubricantes que se producen actualmente, sólo el 32 % es reciclado o utilizado como combustible, de 50 a 55 % se pierde en el ambiente, es decir, el que se utiliza en los automotores, el 2 % se derrama deliberadamente en las alcantarillas y el 13 % no se tiene registro de su destino final.

Se ha considerado aprovechar el gran volumen de aceites residuales, evitando así el impacto que tienen en el ambiente. Algunos ejemplos son : revestimiento de caminos (asfaltados), en lanchas y buques o en el parque vehicular, o en la producción de productos útiles como el Apcoseal etc.

	Miles de Ton/año	Porcentaje
Venta total de lubricantes EC	4500	100
Utilizados	2350	50-55
Reciclados	700	15
Quemados como combustible	750	17
Sin registro	800	13
Desecho	100	2

TABLA 5.1

Se ha intentado reutilizar los aceites residuales en : motores de dos tiempos, vías ferroviarias y en cadenas de motosierras, etc. En algunos sitios se recolectan los aceites residuales y se almacenan por grandes periodos de tiempo en contenedores sin fugas al ambiente.

Sin embargo los accidentes son inevitables y de todas formas se presentan derrames al ambiente, tal como en las cajas de engranes mal selladas, o cuando se tienen altas presiones hidráulicas o partes metálicas defectuosas, etc.

Ahora que ya hemos comentado cuál es el origen de los aceites lubricantes para motores de combustión, además de cómo se obtienen, de su temperatura de destilación, composición molecular, clasificación en función de las propiedades en función del trabajo a desarrollar; se verán ahora las fuentes principales de los aceites residuales, se analizará brevemente qué es lo que les sucede a éstos, dentro de los motores de combustión y cómo se modifican sus características.

Existen varias fuentes potenciales de aceites residuales de automotores, como los autobuses foráneos o locales de pasajeros, minibuses, camiones de transporte de materiales, camionetas de reparto de mercancía, automotores de servicio colectivo, vehículos particulares, estaciones de servicio, talleres mecánicos y todos los vehículos de las compañías de servicio particulares y del gobierno.

Como puede verse son muchas las fuentes de emisión de aceites residuales, esto sin contar aviones, avionetas particulares y comerciales, buques, barcos, lanchas, tractores, motores eléctricos [9, 12].

Los aceites residuales de automotores en general, provienen del petróleo crudo y se pueden mencionar a los mono y multigrado de cárteres, además de los de motores diesel, junto con fluidos para engranes y transmisión [14].

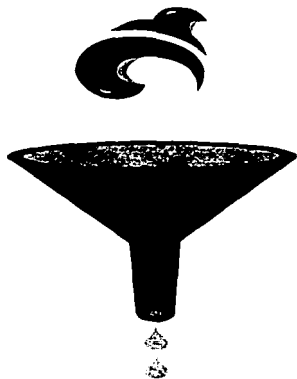
Aparte de la degradación en servicio de los productos de aceite, es posible tener un extenso intervalo de contaminantes en los automotores, tanto en los cilindros como en el cárter. A continuación se mencionan los más importantes [12] :

- Agua - Debida a la combustión del producto o a la lluvia (puede contener sales disueltas).
- Combustibles - Componentes residuales de gasolina y combustible diesel.
- Sólidos - Por engrasado, aditivos, desgaste de metales, suciedad, óxidos, carbono, etc.

Como se puede observar los aceites lubricantes cuando están en los motores de combustión se: contaminan con sustancias del exterior, deterioran, descomponen, oxidan y vuelven ácidos, cambian sus propiedades, esto se debe a las condiciones de operación, a la ignorancia que tienen la mayoría de los conductores ya que no conocen que tipo de lubricante necesitan sus vehículos y cometen el error de mezclarlos con aditivos y otros tipos de aceites, además algunos conductores no tienen idea de que hay que cambiar el aceite cada cierto kilometraje recorrido, y también con los cambios de estación [9, 12, 14].

Generalmente la mayoría de los aceites residuales se reciclan para ser nuevamente utilizados en los motores de combustión, el 60 % de todo el volumen generado se utiliza para éstos fines, el 25 % se utiliza como combustible, en repavimentación y como impemeabilizante etcétera y el 15 % restante va al alcantarillado, ver tabla 5.1.

CAPITULO VI METODOS DE TRATAMIENTO DE ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES



- Tratamiento de Aceites Lubricantes Residuales Recolectados

VI. METODOS DE TRATAMIENTO DE ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES

VI.1 TRATAMIENTO DE ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES

Un aceite lubricante tiene poder calorífico, sin embargo (como esta compuesto por hidrocarburos pesados y contaminado) al quemarse genera gases tóxicos que contaminan el ambiente.

Un proceso simple como la filtración por centrifugación es suficiente para remover sólidos gruesos y agua. Un tratamiento químico suave con solución de sosa cáustica puede también ser utilizado para reducir concentraciones de contaminantes que son un problema en automotores [12].

Algunos tipos específicos de aceite lubricante residual pueden ser segregados fácilmente y son apropiados para un reprocesado relativamente simple para ser devueltos a su servicio original.

Los métodos típicos de procesado incluyen filtración y remoción de agua o descomposición de productos volátiles bajo vacío [9, 12, 16].

Operaciones análogas a las citadas se han aplicado con éxito, en casos en que los aceites lubricantes residuales son uniformes, en cuanto a procedencia y servicio, como en grandes instalaciones de vehículos y donde el control técnico es adecuado [9].

CAPITULO VI METODOS DE TRATAMIENTO DE ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES

La elección del método de regeneración de los aceites residuales depende del tipo de impurezas y de los productos de envejecimiento que contienen; para unos aceites es suficiente la eliminación de impurezas por medios físicos, en otros es necesaria la depuración con la utilización de métodos químicos y físico - químicos [4, 3].

A los métodos físicos pertenecen los de eliminación del polvo, arena, partículas de metal, agua y sustancias combustibles como coque y carbón.

Los métodos físicos más difundidos son : sedimentación, centrifugación, filtración, separación por destilación de fracciones ligeras y el lavado con agua para eliminar ácidos solubles en ésta.

Como métodos físico-químicos y químicos se emplean : la depuración por adsorción (como un método independiente) o se combina la depuración con ácido sulfúrico o álcali y adsorción.

Debido al alto contenido de aditivos en los aceites lubricantes y al aumento de producción de los mismos, con alto índice de viscosidad, los métodos de tratamiento y de regeneración se hacen más complicados. Estos incluyen la depuración mediante disolventes selectivos y la hidrodepuración [4, 9, 12, 13].

Cuando se trata aceite lubricante residual de muchas fuentes, son necesarios procesos complejos para separar los diversos contaminantes y aditivos que están presentes en estos. El objetivo de estos procesos es del producir aceites, que pueden ser utilizados como substitutos o alternativas en la industria automotriz en general.

Las principales tecnologías de re-refinación se resumen en los cuatro puntos siguientes :

1) Tratamiento ácido / arcilla.

Este ha sido el principal método de re-refinación comercial como ejemplo podemos mencionar el proceso Meiken, el cual presenta las siguientes desventajas : genera grandes cantidades de residuos peligrosos y no puede separar en forma efectiva las altas concentraciones de aditivos usados en aceites de motores modernos. Este comienza a ser reemplazado por otras nuevas tecnologías.

En este proceso el aceite lubricante residual es tratado con ácido sulfúrico al 98 %; (el ácido residual es separado) y después se procesa con arcilla tratada, neutralizada y filtrada. Los aceites base producidos por este proceso son oscuros en color, tienen un olor peculiar y son algo inferiores en calidad a los aceites minerales vírgenes.

2) Extracción por solventes.

En este proceso se utiliza el propano u otros solventes para extraer selectivamente material lubricante base de un aceite residual, como ejemplo se puede mencionar el proceso IFP [12].

Con una corriente de separación se recupera un residuo asfáltico de alta temperatura de ebullición, los cuales contienen aditivos y otras impurezas. Un tratamiento final arcilla / ácido es necesario para que de esta forma sea más puro.

CAPITULO VI METODOS DE TRATAMIENTO DE ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES

Las plantas de extracción de solventes son caras en construcción y operación, además generan cantidades significativas de residuos y subproductos peligrosos.

3) Tratamiento destilación / arcilla

En este proceso se utiliza la destilación de capa delgada con alto vacío que permite la separación de gas oil, aceite lubricante y un contenido de residuo asfáltico, más aditivos y contaminantes del aceite residual.

La corriente de aceite lubricante es pasada por arcilla en evaporadores Luwa. La producción de aceite base es de 70 a 80% del volumen procesado, cantidades significativas de arcilla se desechan ya que no tienen utilidades posteriores.

4) Destilación / hidrotratamiento.

Este proceso es reciente y como ejemplo se puede mencionar a los procesos KTI y Mohawk. Con este como con el anterior, se trata y destila una película delgada del aceite residual, pero la fracción base aceite es hidrotratada bajo condiciones moderadas.

Un paso final en la destilación produce un intervalo de aceites base de diferente viscosidad. Los procesos de producción de aceite base son altos y van del 90 al 95 % del volumen de aceite residual tratado. Los subproductos son destilados de elevada temperatura de ebullición y son usados como combustible en la planta de re-refinación, estos son : gas oil y residuos asfálticos no peligrosos.

CAPITULO VI METODOS DE TRATAMIENTO DE ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES

Las emisiones y residuos de las corrientes son limitadas, por lo tanto, este proceso es capaz de reunir estrictamente a especificaciones ambientales. Los aceites base producidos tienden a ser de calidad superior comparado con las otras tecnologías.

El proceso de hidrotratamiento es sofisticado, el capital de inversión requiere de una operación hábil aunque los costos de operación no son altos. [4, 6, 9, 10, 12, 13, 15, 19].

CAPITULO VII PARTE EXPERIMENTAL



- Objetivos
- Hipótesis
- Metodología
- Diseño Experimental

VII. PARTE EXPERIMENTAL

VII.1 OBJETIVOS



Proponer un método para tratar y transformar aceites residuales de automotores, con objeto de aprovechar el poder calorífico de algunos componentes que se encuentran en éstos.



Obtener a partir de los aceites residuales productos que tengan algún valor comercial, como solventes o combustibles de bajo peso molecular.



Contribuir a disminuir la cantidad de aceites residuales que se dispersan en el ambiente.

VII.2 HIPOTESIS



Con base en la revisión bibliográfica se puede decir que un aceite lubricante para motores de combustión interna se descompone, contamina parcialmente al estar en uso y se oxida. Estos aceites al desecharlos pueden mezclarse con : polvo, combustible, suciedad, solventes, agua (de la atmósfera o de combustión) y productos de descomposición del aceite (solubles e insolubles).

Además, aumenta la acidez, el contenido de cenizas, y la coquizabilidad; se forman resinas y lodos, disminuye la viscosidad, el índice de viscosidad y la temperatura de inflamación, y por último los aceites se oscurecen. Además en el aceite se destruyen los aditivos que se utilizan para darle ciertas características, sin embargo, el aceite residual contiene todavía de 70 a 85 % de hidrocarburos útiles los cuales se pueden recuperar.

Se propone un método (no convencional) que combina las etapas de calentamiento, descomposición catalítica de hidrocarburos y destilación en un mismo recipiente de reacción, este consiste de un reactor oscilatorio parcialmente lleno con pequeñas esferas metálicas, y tiene internamente una resistencia eléctrica, las esferas contribuyen a la transferencia de calor hacia el aceite, al fraccionamiento del mismo y también pueden catalizar la descomposición de hidrocarburos. Las esferas son masivas y se pueden preparar efectuando un depósito delgado de un metal noble sobre otro común.

VII.3 METODOLOGIA

Para poder cumplir con los objetivos propuestos y corroborar la hipótesis es necesario realizar experimentos en el reactor, éste consiste de un tubo de acero inoxidable, con movimiento oscilatorio y se llena parcialmente con esferas de acero inertes



El reactor consiste de un cilindro cerrado de 46 cm de largo, 8.0 cm de diámetro interior, 0,06 cm de espesor y un volumen aproximado de 2.3 L. éste tiene posición horizontal (ver fig. VII.1).

El reactor tiene en su interior una resistencia eléctrica en forma de U con 80 cm. de largo y 3,500 watts de potencia, ésta se utiliza para calentar el aceite residual y a las esferas inertes a la temperatura requerida en la experimentación. La resistencia eléctrica se conecta a un regulador de corriente y éste último, a un pirómetro con objeto de controlar la temperatura de operación (ver fig. VII.2).

El reactor tiene en la parte superior un orificio de 2 cm. de diámetro, sirve para introducir el aceite residual así como las esferas, para sujetar el reactor se utiliza una varilla conectada a un mecanismo de oscilación, formado por una rueda excéntrica con tres amplitudes : 3, 5 y 7 mm (ver fig. VII.3), y una polea montadas en un mismo eje, así como de una palanca recta apoyada (en su parte central) por cojinetes.

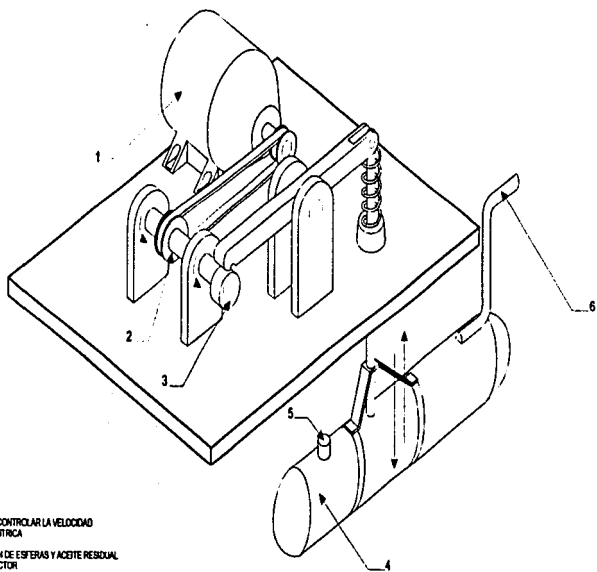


FIG. VII.1 MECANISMO DE OSCILACION DEL REACTOR

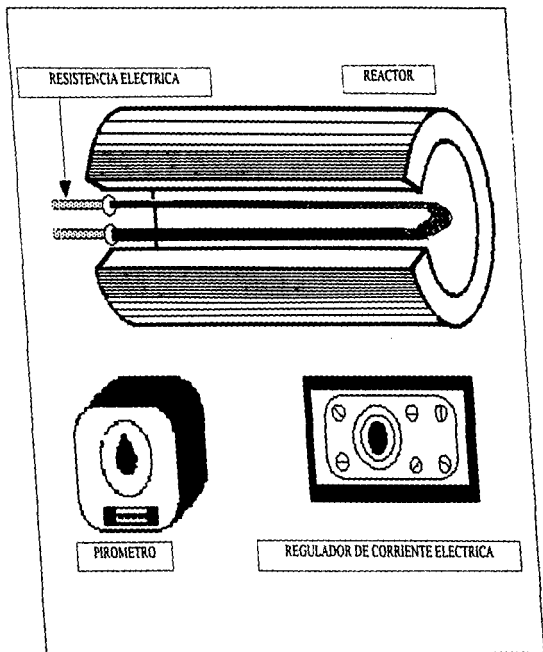
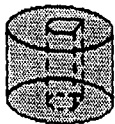


FIG. VII.2 PARTE ELECTRICA DEL REACTOR OSCILATORIO



3 mm



5 mm



7 mm

FIG. VII.3 RUEDAS EXCENTRICAS (AMPLITUDES)

La palanca está sujeta al cuerpo del reactor con una varilla y es impulsada por un resorte, se coloca una banda desde el motor a la polea y al accionarse éste, inicia el movimiento del reactor (ver fig. VII.1).

Los experimentos se realizan en la siguiente forma : primero se fijan la frecuencia y amplitud, después se introduce al reactor una cantidad determinada de aceite residual y esferas, se aplica calor e inicia el movimiento oscilatorio.

El reactor tiene que estar totalmente sellado para evitar que existan pérdidas de energía al ambiente, y tener un mínimo de consumo de la energía eléctrica. Lo que se pretende es destilar el aceite residual fraccionándolo sin dejar algún residuo peligroso del mismo y realizar el experimento de una forma eficiente que permita estudiar y analizar el efecto neto con el que contribuye cada una de las esferas metálicas. Se tratará de determinar cuales son los valores de las variables involucradas en las que debe fijarse el experimento, esto con objeto de tratar de mejorar la experimentación y encontrar nuevas alternativas en pruebas futuras que permitan ampliar y mejorar el proceso.

Es necesario tener un control preciso de las variables involucradas para evitar riesgos.

VII.4 DISEÑO EXPERIMENTAL



Las variables involucradas en el experimento son cuatro : Temperatura (°C), Amplitud (mm), Frecuencia (rpm) y Masa (kg). Los valores asignados a cada variable se muestran a continuación:

Amplitud (mm)	Frecuencia (rpm)	Temperatura (K)
1	1	1
1	1	2
1	1	3
1	2	1
1	2	2
1	2	3
1	3	1
1	3	2
1	3	3
2	1	1
2	1	2
2	1	3
2	2	1
2	2	2
2	2	3
2	3	1
2	3	2
2	3	3
3	1	1
3	1	2
3	1	3
3	2	1
3	2	2
3	2	3
3	3	1
3	3	2
3	3	3

Se tienen programados los 3 experimentos para cada variable haciendo las anotaciones correspondientes de cada uno de ellos, es decir, si resulta o no, si la temperatura o la masa no son las adecuadas etc, para mayor seguridad en la reproducibilidad de los experimentos, se realizarán por duplicado.

CAPITULO VIII RESULTADOS Y CONCLUSIONES



VIII RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Resultados



En un principio cuando se le suministro calor a 450 °C al aceite residual no se obtuvo la evaporación esperada, por lo que se procedió a incrementar la temperatura a 500 °C en este caso se observó evaporación pero con incremento en el tiempo de calentamiento lo cual generó un mayor consumo de energía eléctrica.

Después de varias pruebas se incrementó la temperatura a 550 °C (con la precaución de no quemar el aceite) en este intervalo de temperatura se evaporó un mayor volumen de aceite y en un lapso de tiempo menor que en las anteriores dos pruebas, entonces se observó que el vapor no fluía por sí solo del reactor hacia el exterior (debido a que las moléculas del aceite son más pesadas que las moléculas del aire) por lo que fue necesario conectar en la salida del reactor una bomba de vacío para facilitar el flujo del vapor hacia la cámara de condensación.

Hecho lo anterior se confinó al vapor en la cámara pasando por agua fría que tenía la misma cámara suponiendo que así se obtendría condensación, cosa que no sucedió, entonces se enfrió aún más el agua colocando más hielo y se incremento la temperatura a 600 °C tratando de hacer más volátil el aceite, tampoco se obtuvo condensación.

Cabe señalar que al aplicar movimiento oscilatorio el vapor adquirió mayor capacidad para fluir por sí solo. Se realizaron otras pruebas con resultados negativos, es decir, no se condensó el vapor.

Posteriormente se extrajo el agua helada de la cámara y en su lugar se colocó keroseno y por fuera de la cámara se hizo un empaque con hielo, esto con objeto de condensar cualquier fracción de vapor, también se introdujeron más esferas metálicas al reactor ya que éstas conservan la energía durante más tiempo que el aceite y ayudan al rompimiento de las moléculas, es decir, la transmisión de energía es más efectiva.

Se hizo pasar al vapor por el keroseno y se observó una pequeña cantidad de condensado en las paredes de la cámara, era una mezcla quizás de aditivos que contenía el aceite residual. Es importante señalar que no se le aplicó ningún tratamiento al aceite antes de introducirlo al reactor y quizás por esta razón no se pudo condensar el vapor, esto es porque el aceite contiene todo tipo de impurezas como : agua, polvo, partículas metálicas, aditivos degradados y lo más importante quizás se deba a la mezcla de aceites lubricantes que se tenía en la muestra recolectada.

Conclusiones

Se obtuvo un avance en la experimentación del 80 %, el otro 20 % no se desarrollo debido a que no hubo condensación de los vapores obtenidos del reactor, es un buen avance ya que se logró evaporar al aceite (no quemarlo).

Las variables que se programaron resultaron (temperatura, amplitud, frecuencia y masa de esferas metálicas) ya que con las cantidades definidas se logró encontrar la temperatura exacta de evaporación del aceite residual (para este caso 550 °C).

Es importante tener en contacto a las esferas metálicas con el aceite residual durante toda la experimentación, entre más aumente la cantidad de las mismas será la evaporación más controlada, ya que éstas ayudan en la transmisión y conservación de energía (no permiten que se oxide el aceite) hacia el aceite residual. Las amplitudes y frecuencias son importantes para llevar a cabo el experimento porque a medida que se incrementan éstas mayor será la cantidad de vapor que se obtiene del reactor, es decir, habrá mayor capacidad de flujo del vapor hacia la cámara de condensación.

Las cuatro tecnologías de re-refinación que se mencionaron en el capítulo VI, se emplean para regenerar aceites residuales, es decir, después que se les dan tratamientos a los aceites residuales se introducen de nueva cuenta al mercado como aceites lubricantes, y lo que se está proponiendo en el experimento es el encontrar productos nuevos útiles en la industria en general.

A continuación se dan algunas ventajas con respecto a las tecnologías mencionadas en el caso de regenerar el aceite residual con el experimento:

Desventajas**Tratamiento ácido / arcilla**

- ◆ No separa eficazmente concentraciones de aditivos utilizados en aceites.
- ◆ Utiliza ácido sulfúrico.
- ◆ Utiliza arcilla.
- ◆ Genera grandes cantidades de residuos peligrosos.

Extracción por solventes

- ◆ Utiliza propano para extraer selectivamente material lubricante base de un aceite residual.
- ◆ Utiliza arcilla.
- ◆ Utiliza ácido sulfúrico.
- ◆ Genera desechos tóxicos.

Tratamiento destilación / arcilla

- ◆ Utiliza tecnología para alto vacío.
- ◆ Utiliza arcilla.
- ◆ Genera desechos tóxicos.

Destilación / hidrotratamiento

- ◆ Hidrotrata el aceite residual.
- ◆ Utiliza arcilla.
- ◆ Genera subproductos que se utilizan como combustible en la planta de hidrotratamiento emitiendo gases tóxicos.

El capital de inversión para las cuatro tecnologías es alto así como los costos de operación, ya que se deben cumplir ciertos requisitos administrativos que impone el Gobierno Federal, aquí no se mencionan dichos requisitos por la gran extensión de los mismos. Además, la eficiencia está en función de la calidad de los aceites residuales recolectados y cuando ésta calidad varía (disminuye), entonces el esquema del proceso original también varía.

También se concluye que las variables adecuadas para el experimento son:



La última parte del experimento (condensación) no resultó, porque no se contaba con la cámara que manejará la temperatura para que el vapor se condensará.

Recomendaciones



Con base en lo antes mencionado se propone lo siguiente : para poder realizar un buen experimento que arroje resultados confiables, es necesario contar con el equipo adecuado que permita analizar la composición del aceite residual antes y después de la destilación, asimismo realizar un análisis cromatográfico del vapor que se obtiene del reactor para que de ésta manera se conozca la composición molecular del mismo.

Es necesario tener una cámara de condensación que permita manejar diferentes temperaturas inferiores a los 0 °C ya que con esto se puede realizar una condensación más rápida y así no tener pérdida de gases ligeros, se requiere de un termómetro industrial con lecturas entre 500 y 650 °C todas las conexiones que se realicen deben estar perfectamente selladas esto con objeto de evitar graves quemaduras por el aceite residual, también se debe colocar en la boca una máscara antigas durante toda la experimentación esto para evitar intoxicación por gases tóxicos que se emanan del reactor.

La necesidad y la conveniencia de recolección de los aceites lubricantes residuales son evidentes; por cuanto en este caso se utiliza de modo mucho más racional la materia prima del petróleo y se mejoran las condiciones de protección del medio ambiente.

No existe razón técnica particular por la cual la mezcla del aceite lubricante residual no pueda procesarse de modo aprovechable, la cuestión estriba principalmente en si el proceso se hace de una manera eficaz y si es económico.

El equipo adecuado que se recomienda es el siguiente :

- Cámara de condensación de preferencia con un empaque exterior que contenga hidrógeno líquido.
- Termómetro de tipo industrial que registre temperaturas que van de 450 a 600°C.
- Termómetro para determinar la temperatura exacta de condensación.
- Cronómetro para medir el tiempo.
- Matraz para recolectar los condensados.
- Tubo de cobre (2 cm) para conducir los vapores del reactor a la cámara de condensación.

Una evidente dificultad en el tratamiento de los aceites residuales de automóviles, es que las operaciones de tratamiento eliminan probablemente aditivos en proporción variable y no fácilmente controlable; y lo que se pretende en éste experimento es aprovechar el 100 % del aceite residual sin agregar o desechar materiales que puedan contribuir a la contaminación atmosférica.

BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFIA

1. **Considine M. D. :** "Tecnología del Petróleo", *Enciclopedia de Energía, Tecnología : Considine, Vol. II, Secc. 2 ed.* Publicaciones Marcombo, S. A. México - Barcelona (1988) p.15 - 17.
2. **Castillo T. C. :** *Apuntes de la Materia Geología de Yacimientos Petroleros, ed. Facultad de Ingeniería UNAM, México (1988) (todo).*
3. **Chow P. S. :** *Petroquímica y Sociedad, ed. Fondo de Cultura Económica, México (1987) pp. 29 - 37*
4. **Erij V., Rásina M., Rudin M. :** *Química y Tecnología del Petróleo y del Gas, ed. Mir Moscú, Moscú (1988) p. 9, 176 -177, 363 - 366*
5. **Gary H. J., Handwork E. G. :** *Refino de Petróleo, ed. Reverté, Barcelona (1980) pp. 2 - 4, 18 - 24, 270 - 271*
6. **Stern C. A. :** *Atmospheric Emissions From Petroleum Refineries, ed. Department of Health, Education, and Welfare, Los Angeles County (1960) pp. 5 - 15*
7. **Del Río L. A. :** *Química Orgánica, ed. Patria, México (1967) pp. 29 - 30, 37 - 38, 88 - 89*
8. **De Galiana M. T. :** *Pequeño Larousse de Ciencias y Técnicas, 8a. edición ed. Larousse, México (1984) pp. 12, 362, 631, 304 - 305*
9. **William G. A. :** *Tecnología Química del Petróleo, ed. Americana, México (1964) pp. 2, 134 -136, 381, 542, 548, 574 - 579*

BIBLIOGRAFIA

10. **García R., Pelayo G. :** "Industria del Petróleo", Enciclopedia Temática Larousse en color, Tomo 4 ed. Larousse, México (1980) pp. 2113 - 2116
11. **Snoesk M. :** La Industria de Refinación en México, ed. Colegio de México, México (1989) pp. 2 - 10
12. **Matier, R. M., Orszulik S. T. :** "Chemistry and Thecnology of Lubricants", ed. Blackieluch, N.Y. U.S.A. (1992) pp. 174 -176, 282 - 290, 296 - 297
13. **Carleton E. :** The Chemistry of Petroleum Derivates, ed. Brit, N. Y., USA (1934) pp. 903 - 905
14. **Popovich M., Hering C. :** Fuels and Lubricants, ed. Wiley, N. Y., USA (1954) pp. 90 - 92, 167 - 172, 182 - 184, 191 - 192, 198 - 201
15. **Rodríguez M. R. :** Diseño de un reactor catalítico para la obtención de polímeros mejoradores del índice de viscosidad de los aceites lubricantes, Tesis Facultad de Química UNAM, México (1964) pp. 5 - 60
16. **Whier P. :** El Petróleo Refino y Tratamiento Químico, ed. Blume Tomo I, España (1971) pp. 7 - 8, 36 - 40, 140 - 141, 236 - 237, 685 - 686, 721 - 762, 781 782, 818, 834, 845, 854
17. **Petróleos Mexicanos Manual de Lubricantes,** ed. Pemex, México (1972) pp. 5 - 47
18. **ASTM Standard Specification for Performance of Automotrice Engine oils,** Vol. 05.03, ed. Staff Philadelphia (1989) pp. 441 - 445

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

BIBLIOGRAFIA

19. A. y D. : Lubrication and Lubricants, ed. Griffin 5a. Edición, Londres (1927) pp. 580 - 587
20. Márquez M. M. : Estudio Cinético de Cementación de Oro y Plata por medio de Granalla de Zinc en Reactor Oscilatorio, Tesis de Maestría, Facultad de Química UNAM, México D. F. (1993), pp. 676 - 683
21. Garaicochea P. F. : Apuntes de la Materia Transporte de Hidrocarburos, ed. Facultad de Ingeniería UNAM, México D. F. (1983) pp. 1 - 15
22. Apuntes de clase de la Materia Mecánica de Fluidos.
23. Gómez C. J. A. : Apuntes de la Materia Producción de Pozos I, ed. Facultad de Ingeniería UNAM, México (1990) p. 48
24. ASTM Standard Method for Measurement of Estreme. Pressure Properties of Lubricating Fluids (Timken Method), Vol. 05.02, ed. Staff, Philadelphia (1989) pp. 418 - 425
25. Valencia A. G. : Manual de Lubricación, Tomo I ed. Edicol, México (1974). pp. 5 - 8, 15 - 18, 21 - 23, 31 - 40, 43 - 44, 51 - 52, 69 - 70
26. Government Office Printing : Federal Test Method Standar 791 Lubricants, Fuels, and related Productos, Methods of Testing, USA (1974) Tomo I

FACTORES DE CONVERSIÓN

Los factores de conversión dados abajo para cada cantidad se refieren a una unidad básica o derivada del sistema SI o del CGS. Las conversiones entre otros pares de unidades para una cantidad dada se hacen empleando las reglas usuales de manipulación de unidades.

Ejemplo. Encontrar el factor para convertir pie³ a gal.
De los valores anotados para volumen encontramos :

$$1\text{m}^3 = 35,3147 \text{ pie}^3 = 264,172 \text{ gal}$$

Por lo cual

$$1\text{pie}^3 = 264,172 / 35,3147 = 7,48051 \text{ gal}$$

CANTIDAD	CONVERSION	CANTIDAD	CONVERSION	
Longitud	1m = 100 cm	Energía	1jul = 1(kg)(m) ² / (seg) ²	
	= 3.28084 pie		= 10 ⁷ (dina - cm)	
	= 39.3701 pg		= 10 (cm ³ - bar)	
Masa	1kg = 10 ³ g		= 0.239006 (cal)	
	= 2.20462 lbm		= 9.47831 X 10 ⁻⁸ (Btu)	
Fuerza	1nt = 1(kg) (m) / (seg) ²		Potencia	1kw = 10 ³ (kg)(m) ² / (seg) ³
	= 10 ⁵ dina			= 10 ³ (w)
	= 0.224809 lbf			= 10 ³ (jul) / (seg)
Presión	1bar = 10 ⁵ (kg) / (m)(seg) ²			= 239,006 (cal) / (seg)
	= 10 ⁵ (nt) / (m) ²			= 56,8689 (Btu) / (min)
	= 10 ⁸ (dina) / (cm) ²		= 1,34102 (HP)	
	= 0.986923 (atm)			
	= 14.5838 (psia)			
	= 750.061 (mm Hg)			
Volumen	1m ³ = 10 ⁶ (cm) ³			
	= 10 ³ (lt)			
	= 35,3147 (pie) ³			
	= 264,172 (gal)			
Densidad (g) / (cm) ³	= 10 ³ (kg) / (m) ³			
	= 10 ³ (g) / (lt)			
	= 62,4278 (lbm) / (pie) ³			
	= 8,34540 (lbm) / (gal)			

Para obtener una clara interpretación de los términos del lenguaje técnico que se emplean en ésta tesis sobre aceites lubricantes, y con el fin de permitir la apreciación de las características o propiedades de los mismos, se resume a continuación el siguiente glosario de los términos utilizados.

TERMINOS USUALES

Aceite mineral puro. Aceite derivado del petróleo, libre de aditivos o cualquier otra sustancia que modifique sus características.

Aceite mineral sin tratar. Aceite mineral puro que se obtiene por destilación de petróleo crudo, el cual no ha sufrido otro proceso.

Aceite mineral tratado. Aceite mineral puro obtenido por destilación de petróleo crudo, el cual se somete a tratamientos especiales para mejorar algunas de sus características.

Aceite de base parafínica. Producto del petróleo, cuya propiedad principal es la de contener un alto porcentaje de hidrocarburos con cadenas alifáticas rectas y saturadas, es decir, moléculas de *hidrocarburos parafínicos*. Generalmente su índice de viscosidad tiene un valor superior a 80.

Aceite de base nafténica. Son ciertos productos de petróleo con un alto porcentaje de hidrocarburos con cadenas alifáticas cerradas, suelen tener índice de viscosidad bajo.

Aceite de base mixta. Comprende una mezcla de hidrocarburos parafínicos y nafténicos en la cual no predomina ninguno de los dos.

Aceite de corte. Es un fluido compuesto de aceite para aditivos.

Aceite compuesto. Es una mezcla de aceite mineral con otro de origen orgánico.

Aceite graso. Es una grasa que se comporta como líquida a la temperatura ambiente.

Ácido graso. Es un ácido orgánico el cual se obtiene a partir de las grasas y aceites grasos.

Aditivo. Es una sustancia que se agrega a los aceites y a las grasas para mejorar sus propiedades.

API. American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo).

Centipoise. Es la centésima parte de un poise (c.p.).

$$\begin{aligned}1 \text{ p} &= \text{g X cm}^{-1} \text{ X seg}^{-1} \\1 \text{ cp} &= 10^{-2} \text{ p}\end{aligned}$$

Cohesión. Es la fuerza que mantiene unidas las partículas, moléculas o átomos de los cuerpos.

Color A.S.T.M. Consiste en la comparación del color de vidrios coloreados con el del aceite contenido en un tubo; para ello, se ajusta a la altura del aceite en el tubo hasta obtener la misma impresión de intensidad luminosa. Una tabla da el número de color en función de la altura del líquido. En los productos ligeros, el color es un criterio de la calidad de fraccionamiento; el gasoil, en particular, no debe estar contaminado por trazas de productos asfálticos negros.

En cuanto a los aceites, su color es función de los tratamientos de refinación sufridos : amarillo - rojo para las fracciones parafínicas y azul - verde para las fracciones nafténicas.

Por otra parte, la intensidad del color es función, a su vez del grado de refinación.

Combustóleo (fuel oil). Es una fracción del petróleo que hierve a más de 221° C, y que frecuentemente se utiliza como combustible en buques o en plantas termoeléctricas.

Consistencia. Es la resistencia a la deformación que presentan los materiales semi-sólidos como las grasas, se puede considerar para determinar cualitativamente la viscosidad de un líquido.

Coque. Es una fracción sólida que se obtiene de la destilación del petróleo, la cual se compone de hidrógeno y carbono.

Cuerpo. Es un término que se usa para estimar la viscosidad o consistencia de un lubricante.

Desemulsibilidad. Es la propiedad de un fluido que es insoluble en agua para separarse de ésta con la que formaba una emulsión. Entre más elevados son los valores de desemulsibilidad, más rápidamente se separa el fluido del agua. La desemulsibilidad se expresa algunas veces como la relación en cc. por hora de fluido que se separa de la emulsión.

Densidad. Es la relación entre la masa de un cuerpo y el volumen que éste ocupa.

Densidad relativa. Es el cociente de la densidad de una sustancia, entre la densidad de otra que se toma como referencia.

Destilación. Es la separación de una sustancia(s) de otra(s) por medio de evaporación y condensación posterior.

Destilación A.S.T.M. Prueba de laboratorio que sirve para determinar la temperatura de los vapores cima de una muestra de 1000 cc de aceite.

Destilación fraccionada. Es el proceso de separación mediante calor de varios compuestos líquidos mezclados aprovechando sus diferentes temperaturas de ebullición.

Fricción. Se considera como una fuerza que se opone al movimiento de un objeto sobre otro, debida a la aspereza de las superficies en contacto, puede ser estática o dinámica.

Gomas. Es un producto viscoso parecido al hule, que se forma por oxidación de los aceites lubricantes o de los constituyentes inestables de la gasolina almacenada o en uso.

Hidrocarburos Alicíclicos. Es una clase de compuestos orgánicos que contienen átomos de carbono e hidrógeno, los cuales están unidos de tal manera que forman uno o más anillos.

Hidrocarburos Alifáticos. Son compuestos orgánicos de hidrógeno y de carbono, caracterizados por una cadena de átomos de éste último elemento.

Inhibidor. Cualquier sustancia que retrasa o evita reacciones químicas como corrosión y oxidación.

Lodos. Material insoluble formado como resultado de las reacciones de deterioro y o contaminación de un aceite.

Lubricación. Es el proceso que permite que una superficie metálica resbale sobre otra, mediante el uso de una sustancia o mezcla de sustancias líquidas o sólidas, que se interponen entre las dos superficies para reducir la fricción.

Masa. Es la cantidad de materia contenida en una sustancia.

Mol de un compuesto. Es el número de unidades de masa igual a su masa molecular.

Peso. Es la fuerza con que un cuerpo es atraído por otro.

Peso específico. Es el peso de la unidad de volumen de una sustancia.

Peso molecular. El peso molecular es el peso de las masas atómicas de los elementos que forman la molécula.

Petroquímica. Es la parte de la química la cual estudia los derivados del petróleo y sus aplicaciones industriales, y tiene por objeto la obtención de sustancias elementales o compuestos que serán útiles en la industria.

Poise. Es la medida de la viscosidad absoluta en el sistema internacional. fuerza de una dina requerida para mover un centímetro cuadrado de líquido en un segundo. Es equivalente a $1 \text{ g}/(\text{cm} \times \text{s})$.

Presión. Es la fuerza normal aplicada a una superficie, sobre el área de la superficie en que ésta actúa.

$$P = \text{Fuerza} / \text{Area} = (\text{Kg} / \text{cm}^2)$$

Resistencia eléctrica. Es la obstrucción que opone un conductor al paso de la corriente eléctrica.

Temperatura de escurrimiento. Es la temperatura mínima a la cual fluye o escurre un aceite lubricante.

Tixotropía. Propiedad de una grasa lubricante que consiste de una disminución en la consistencia como resultado de la aplicación de esfuerzos, seguida por un endurecimiento que inicia cuando cesan éstos esfuerzos.

Viscosidad. Es la propiedad que tienen los fluidos, en los cuales el roce de unas moléculas con otras opone una resistencia al movimiento uniforme de sus masa.