

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Petróleo

**Mejoramiento del Índice de Viscosidad de los Aceites Lubricantes
por el Método de Extracción por Fenol**

TESIS DE BACHILLER

ALFREDO BRAIN APAESTEGUI

LIMA - PERU

1967

A MIS PADRES

I N D I C E

PÁGINA

INTRODUCCION

CAPITULO I.- GENERALIDADES ----- 1 - 14

Obtención de los aceites lubricantes.- Procedimientos generales.- Procesos de Refinación y mezcla.- Variación del Proceso según la base del petróleo.- Crudos parafínicos; crudos nafténicos y crudos intermedios Características de la fracción lubricante para cada uno de ellos.- Rendimientos obtenidos.

CAPITULO II.- TEORIA DE LOS PROCESOS DE EXTRACCION POR SOLVENTES.- DIFERENTES METODOS 15 - 28

CAPITULO III.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE EXTRACCION CON FENOL.- 29 - 39

CAPITULO IV.- CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA - FRACCION LUBRICANTE DE BAJO INDICE DE VISCOSIDAD.- 40 - 54

Definición de Viscosidad.- Principales Viscosímetros.- Definición de Indice de Viscosidad.- Métodos para determinarlos. Análisis más importantes de la fracción lubricante de bajo I. de V.

CAPITULO V.- TRATAMIENTO DE LA FRACCION CON FENOL.- 55 - 59

Características generales del fenol
Variables consideradas:
a) Concentración
b) Temperatura
c) Tiempo de contacto
Variación del I. de V. en este caso
Construcción de las curvas correspondientes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFIA

I N T R O D U C C I O N

Antiguamente para mejorar la calidad de un aceite lubricante se usaba como único tratador el ácido sulfúrico, el que sin embargo era caro, y fué precisamente que para reducir el coste de éste tratamiento, es que en 1928 la IMPERIAL OIL, SARNIA, CANADA, inicia un programa de investigaciones para encontrar un solvente satisfactorio que reemplace a este ácido.

Una reseña de la literatura de ese tiempo revela la existencia de dos patentes que usan el Fenol. Schick, en 1926 por intermedio de una patente alemana le concedía el uso del Fenol, más un gran número de diluentes para la refinación de minerales y otros aceites. En setiembre de ese mismo año, J.P. Fraser obtenía una patente británica para el tratamiento completo y procesos de recuperación de destilados de kerosene usando fenol conteniendo una cantidad de agua comprendida entre 5% al 15%.

El ensayo en Sarnia para usar Fenol como tratador en cualquiera de las dos patentes arriba mencionadas, daba comparativamente pobres resultados y esto ocurría solamente un año antes del uso del fenol anhidro, que resultaba en la producción de aceites lubricantes superiores en muchos aspectos a aquellos que podía ser obteni

dos por los métodos de refinación ordinaria.

Después de hacer esta breve descripción histórica del uso del fenol como extractador, diré que hoy en día, este proceso ha alcanzado un gran auge tal es así que está considerado como uno de los más eficientes extractores y que su importancia sigue aumentando, motivo por el cual con este trabajo sólo quiero dar una idea e trazar una pauta para la realización tal vez de un trabajo más amplio y de investigación, ya que el tema por el hecho de ser muy extenso y laborioso no deja de ser muy importante y de una gran aplicación en la industria, y de ser así se habrá cumplido el objetivo que trato de alcanzar.

CAPITULO I

GENERALIDADES

OBTENCION DE LOS ACEITES LUBRICANTES.- PROCEDIMIENTOS GENERALES.-

Los aceites lubricantes livianos son destilados de la misma manera, como la gasolina, el kerosene y los fuel oils livianos. La obtención de la fracción lubricante a partir del crudo que se ha escogido, es el primer paso en la manufactura de los aceites lubricantes, esto se consigue por la destilación por fuego y tratamiento por vapor.

Despues que las fracciones ligeras han sido eliminadas del petróleo, el producto sobrante en la torre y conocido como crudo reducido da origen a las fracciones lubricantes las cuales varían de acuerdo a su viscosidad. Las fracciones más pesadas son obtenidas mediante un vacío mantenido en el tope de la torre de fraccionamiento, para conservar la temperatura de destilación tan baja como sea posible. Este arreglo baja los puntos de ebullición de los líquidos y desde luego prevee el rompimiento de las moléculas.

Este método está basado en el factor o princi--

pio de que al bajar la presión de un líquido, baja su punto de ebullición. Por ejemplo en un gran vacío el agua hervirá a 70°F, mientras que bajo presión atmosférica al nivel del mar, el agua hierve a 212°F. El mismo efecto ha sido producido en el proceso de destilación al vacío y en el caso de destilación de aceites lubricantes residuales; las temperaturas destructivas son llevadaa a un minimum.

El vacío es mantenido por condensación rápida y consecuente atracción de los vapores ligeros, los cuales son conducidos por serpentines de condensación y en contacto directo con un rociador de agua fría; el vacío es desde luego mantenido o aumentado por bombas de succión que conducen vapores y que son colectados en el serpentín de condensación.

En una planta moderna de condensación al vacío, la temperatura promedio de la torre puede ser de 70° a 90°F muy por debajo de las temperaturas de una torre de destilación sin vacío. El vacío en el tope de la torre es generalmente mantenido a cerca de 1 libra de presión, mientras que la presión dentro del serpentín de condensación es cerca de 1/2 libra absoluta.

En la operación de destilación el stock de carga

o crudo de tope, del cual han sido extraídos por destilación previa, la gasolina, el kerosene y fuel oil, entra en calentamiento y pasa dentro de la torre. Esta torre está generalmente entre 80 y 100 pies de altura, y el stock es enteramente introducido a un punto situado de 15 a 20 pies del fondo.

La torre es construída con platos y capas de burbujeo. El vapor sobrecalentado entra en contacto directo con el stock de carga y los vapores de aceite condensado pasan a platos particulares situados a varios niveles a lo largo de la torre. Los vapores que se condensan cerca del tope de la torre son fracciones de aceites lubricantes livianos y en el fondo la fracción no vaporizada puede ser asfalto o aceites lubricantes pesados, llamados también Cylinder stock, dependiendo sobre todo del crudo original.

Las fracciones de aceites que son conducidas a los diferentes orificios son denominados "neutrales" y su viscosidad está designada por los números: 100, 250, 500. Estos números indican la lectura de la viscosidad Saybolt de una fracción particular. Por ejemplo, un 250 neutral simplemente significa que el aceite tiene una viscosidad de 250 segundos a 100°F cuando es probado en el viscosímetro Saybolt.

Cuando el líquido en el fondo de la torre es clasificado como "stock de vapor refinado", el aceite lubricante pesadamente viscoso, el cual no hervirá a la temperatura que prevalece dentro de la torre. La viscosidad del "stock" de vapor refinado" es tomada a 210°F y esta fracción es el material básico para la obtención de aceites de cilindros de vapor, aceites de transmisión y es más extensivamente usado para mezclarlo con aceites livianos.

La determinación de una torre de fraccionamiento y del número de orificios depende sobre todo de la base del crudo original.

PROCEDIMIENTOS GENERALES DE REFINACION

Constitución de la fracción lubricante.- Las fracciones lubricantes del petróleo crudo constan de: asfaltos, ceras, aceites indeseables y aceites deseables. Algunos de estos constituyentes, tales como los dos primeros, pueden estar ocasionalmente ausentes.

Esta clasificación parece simple pero la línea de división actual entre estos cuatro constituyentes mayores no es distinta y varía con el tipo de producto manufacturado. Entre el asfalto y la cera existe una zona intermedia conocida como resinas. Similarmente ninguna -

línea de demarcación puede establecerse entre el aceite y la cera por la existencia de grupos indefinidos de - compuestos conocidos como falsas ceras. En la figura abajo expuesta, indico los constituyentes principales de una fracción lubricante.

C E R A
F A L S A S C E R A S
A C E I T E D E S E A B L E
A C E I T E I N D E S E A B L E
R E S I N A S
A S F A L T O

Procedimientos generales de Refinación.- El objeto general de la Refinación de aceites lubricantes es el mejora miento de las propiedades del aceite, La manera de conse guir esto, puede resumirse en lo siguiente:

- a.- Eliminamiento de los constituyentes indeseables de la fracción.
- b.- Mejoramiento de los ~~constituyentes~~ indeseables, neutralizando su acción por la adición al aceite de inhibidores y sustancias simila res.

c.- Conservación de los constituyentes indeseables en otros deseables cambiando su estructura química por hidrogenación u otro proceso químico.

Los dos primeros procedimientos son los más ampliamente usados. El último es de uso práctico muy limitado, salvo en aquellos países donde las reservas petrolíferas son limitadas.

Refiriéndonos al procedimiento 1 diremos que muchos agentes de refinación para aceites lubricantes han sido propuestos, pero la mayoría de ellos son sólo de limitada aplicación o no tienen valor práctico. A continuación damos una tabla con los mejores métodos de tratamiento comercialmente conocidos y su influencia en los varios constituyentes de la fracción lubricante.

P R O C E S O	CONSTITUYENTE SACADO		
	ASFALTO	ACEITE INDESEABLE	CERA
Destilación	Si	No	No
Acido Sulfúrico	Si	Si	No
Cloruro de Aluminio	Si	Si	No
Solv. desasfaltizante	Si	No	No
Ref. por solv. simple	Algo	Si	No
Ref. por doble Solv.	Si	Si	No
Descerificación	No	No	Si
Absorventes	Si	No	No

M E Z C L A S.-

Se denomina también este proceso con el nombre de Blending y consiste en la reunión de dos o más lubricantes para obtener un aceite lubricante con una viscosidad de I.V. determinados.

Hay que tener en cuenta que estas propiedades no son aditivas de tal manera que cuando se mezcla un volumen de aceite de viscosidad 600 con un volumen de aceite de viscosidad 200 (a la misma temperatura) la mezcla resultante no tendrá una viscosidad de 400, pero sí cerca de 300.

Uno de los métodos más conocidos por su sencillez y exactitud es el de la Shell y se usa en el cálculo de índice de viscosidad de una mezcla de dos o más aceites de lubricantes conociendo las proporciones y viscosidades en SSU o CS de cada uno de ellos. El siguiente ejemplo ilustrará el concepto anterior.

Si mezclamos dos lubricantes obtenemos 110 galones de un producto que tiene 224 SSU a 100°F. Si una de las bases tiene 140 SSU a 100°F y tenemos que la relación entre los lubricantes debe ser:

$$\frac{\text{Menor Vis.}}{\text{Mayor Vis.}} = \frac{3}{2}$$

Encontrar las cantidades necesarias para realizar esta mezcla y la viscosidad de la otra base.

SOLUCION:

MEZCLA	110 GAL.	224 SSU	100°F
A	X	140 SSU	100°F

$$\text{RELACION} \quad \frac{\text{MAYOR VIS.}}{\text{MENOR VIS.}} = \frac{40}{60} = \frac{B}{A}$$

Cantidad de cada componente y la Viscosidad de B será 480 SSU a 100°F (En gráfico de la Shell)

Mezcla = 110 Galones.

$$\frac{A}{B} = \frac{60}{40} \dots \frac{60 + 40}{40} = \frac{A + B}{B}$$

$$\frac{110}{B} = \frac{100}{4} \dots B = \frac{110 \times 40}{100}$$

B = 44 Galones (Mayor Viscosidad)

A = 66 Galones (Menor Viscosidad)

OBTENCION DE ACEITES LUBRICANTES DE BASE PARAFINICA

El proceso de extracción y destilación de aceites lubricantes de base parafínica requiere un sistema enteramente diferente, debido a la cera presente. Se usan ciertos tipos de alambiques donde tiene lugar la destilación sin el uso de vapor para producir destilados cerosos, otros alambiques se usan para producir cylinder stocks con ayuda de vapor.

Al destilar con vapor el crudo reducido, se obtiene gas oil, destilados cerosos y nafta crackeada y queda coke o residuo de fondo. En un alambique al vacío, se destila el crudo reducido en una operación, produciendo destilados cerosos tomados del tope, y cylinder stock en la sección inferior de la torre con alquitrán residual que se saca por el fondo. En la fracción destilada es determinado un "neutral" 180 (180 á 200 SSU a 100°F) y el cylinder stock de vapor refinado generalmente tiene una viscosidad de 125 a 300 SSU a 210°F.

De estas dos fracciones muchos aceites de motor de alto grado son obtenidos por mezcla de aceite liviano con los cylinder stock más viscosos en varias proporciones. La razón para este proceso es que las cargas de stock Pensilvania requieren temperaturas destructivas para vaporizar fracciones intermedias de aceite. Las moléculas son

del tipo característico de cadenas de series parafínicas, las cuales tienen puntos de ebullición muy altos. El proceso de extracción de la cera parafínica consiste en la separación de esta cera de la fracción lubricante. La temperatura del destilado usualmente alcanza rangos de 100°F, la cual es reducida con máquinas de enfriamiento por intercambio de agua salada fría o amonio directamente expandido con el propósito de desarrollar los cristales de cera.

Después que la cera destilada ha sido reducida a la temperatura deseada y se han formado los cristales de cera, ésta es bombeada a filtros donde la cera es separada.

El aceite que pasa a través de filtros prensa, es descargado a líneas de conducción y de estos a los respectivos tanques, siendo luego tratados para obtener las viscosidades deseadas y los varios grados de aceites lubricantes.

OBTENCION DE ACEITES LUBRICANTES DE BASE NAFTENICA.-

En el caso de stocks de tipo nafténico, tales como los aceites derivados de crudos conocidos como "Crudos de Texas", "Gulf Coast" y "California"; estos aceites tienen puntos de ebullición más bajos y desde luego vaporiz-

zan a más bajas temperaturas, pudiéndose obtener fracciones más pesadas por medio del empleo de torres de destilación al vacío. Desde que no hay cera presente, el método de obtención de aceites lubricantes de base nafténica es más simple y consiste en destilar el crudo reducido - asfáltico, y cada fracción de aceite deseado es tomado de la torre a la altura correspondiente, mientras que el residuo (pich) es descargado. Cuando el stock de carga es suficientemente nafténico en estructura molecular, los aceites pueden ser conducidos directamente de la torre - a encontrar las especificaciones de viscosidad de varios aceites comerciales. Después, por supuesto, ellos son refinados para eliminar el asfalto, compuestos indeseables, etc.

OBTENCION DE ACEITES LUBRICANTES DE BASE INTERMEDIA.-

Los métodos usados para la destilación de la mayoría de cargas de stocks Mid Continent o de base intermedia, son muy similares a los métodos usados para cargas de stocks de base parafínica. Las fracciones de aceites lubricantes son generalmente 100 neutral, 250 neutral y cylinder stock de destilado del fondo de la torre.

El procedimiento de fraccionamiento para un stock de carga particular depende enteramente de la constitu--

ción molecular predominante del crudo original. Crudos - del tipo parafínico tienen el punto de ebullición más al to, vienen enseguida los crudos de base mixta, mientras que aquellos con los más bajos puntos de ebullición son los crudos de base nafténica. La gran mayoría de aceites lubricantes son manufacturados de crudos de base mixta.

Como una regla general: mayor cantidad de asfalto en el crudo original representa un aceite lubricante con mayor número de moléculas nafténicas, de aquí que el término de base asfáltica es aplicado a aceites lubricantes, los cuales han sido refinados de crudos conteniendo un alto % de asfalto.

La gravedad específica de un aceite lubricante - es una guía para determinar el tipo del crudo del cual - el aceite fué manufacturado, sin llegar a constituir una clasificación definitiva, sin embargo es generalmente - cierto que cuando dos aceites lubricantes han tenido a- proximadamente el mismo rango de viscosidad, el aceite - con la gravedad específica más baja, contendría el mayor % de moléculas de tipo parafínico.

Las lecturas de la gravedad son un detalle importante en los procesos de destilación, por la razón de que ellos indican divisiones de fracciones. Por ejemplo,

si se nota un cambio de gravedad en una salida particular se conoce inmediatamente que una fracción liviana o pesada no deseada se está condensando en los platos de esa sección de la torre; y la temperatura debe ser ajustada en el interior de la torre para corregir la fracción particular. Pero aún este tipo de comparación no es una medida en la determinación de la utilidad de un aceite lubricante para un propósito particular.

A continuación haré una breve descripción de algunos conceptos vertidos anteriormente, sobre todo en lo que concierne a los tipos de aceites lubricantes.

a.- De acuerdo a la base del crudo:

- 1.- Aceites de base parafínica.- Son los que provienen del crudo de base parafínica o crudos de Pennsylvania.
- 2.- Aceites de base nafténica.- Deriva de los crudos de base nafténica o "crudos de Texas", "Gulf Coast" o California.
- 3.- Aceites de base mixta.- Proviene de crudos de base mixta, son llamados también Mid Continent.

b.- De acuerdo al proceso de Refinación:

- 1.- Destilados.- Cualquier aceite suelto que ha sido vaporizado y subsecuentemente condensado.

- 2.- Residuales.- Estos son aceites que no han sido vaporizados en un proceso de refinación.
- 3.- Cylinder Stock.- Son aceites pesados no destilados , generalmente provenientes de crudos de base parafínica. Despues de refinar son usados para mezclar con - aceites más livianos; o ellos pueden ser usados sin mezcla para la lubricación de engranajes de reducción cilindros de máquinas, cojinetes, cilindros de máquinas de vapor y para una gran variedad de aplicaciones donde son requeridos, aceites pesados.
- 4.- Brigh Stocks.- Este es generalmente un nombre aplicado a los aceites pesados no destilados (cylinder stocks) que han sido filtrados a través de materiales de arcilla especial, tales como TIERRA FULLER. Este proceso aclara el color, remueve algo del material de carbón formado y provee la habilidad de los aceites pesados de separarse del agua.

Los bright stocks son clasificados por el color, como una regla general la claridad del color depende del grado de filtración y otras conclusiones como - por ejemplo la base del crudo.

CAPITULO II

TEORIA DE LOS PROCESOS DE EXTRACCION POR SOLVENTES.-DIFERENTES METODOS

DEFINICION Y TIPOS DE EXTRACCION POR SOLVENTES.-

Las operaciones de extracción por solventes son aquellas en las cuales se realiza la separación de mezclas de distintas sustancias tratándolas con un solvente líquido selectivo. Al menos uno de los componentes de la mezcla debe ser inmisible o parcialmente miscible (soluble) con el solvente del tratamiento, de modo que se formen - cuando menos dos fases sobre el intervalo completo de las condiciones de funcionamiento utilizadas. Para que una separación se realice, uno o más de los componentes tienen que ser disueltos por el solvente, a partir de la mezcla, con preferencia a las otras.

La extracción por solventes que emplea la distribución entre las fases líquido-líquido o líquido-sólido, es decir, las fases condensadas, es análoga en sus principios básicos, y es una operación acompañante a la absorción, destilación, evaporación y adsorción, en los cuales se efectúa la separación por distribución entre las fases vapor-líquido o vapor-sólido. La separación de componentes

difíciles o imposibles de separar por destilación ordinaria, se mejora a menudo por vaporización en presencia de solventes añadidos. Tales operaciones conocidas como operación extractiva o AZEOTROPICA, se basan en la modificación de la volatilidad relativa de los componentes originales en presencia del tercer componente o solvente.

EXTRACCION LIQUIDO-LIQUIDO.-

En este caso la mezcla tratada es líquida y las dos fases o capas que resultan del tratamiento por solvente son ambas líquidas. La fase rica en solvente que contiene el componente disuelto preferentemente, o soluto se llama capa EXTRACTO; la fase residual formada por el componente no disuelto, o diluyente y que corriente--mente contiene un poco de solvente, es la capa REFINO o residuo. Una y otra capa pueden ser la superior o ligera, o la inferior o pesada, según sus densidades relativas. El residuo o sustancia que quedan exentas de solvente de las capas extractos y refino despues de eliminar el solvente, se llaman a menudo el extracto y el refino respectivamente. El solvente puede ser particularmente miscible con un sólo o con ambos de los componentes de la alimentación. En casos especiales, encontrados

con frecuencia en la práctica, el solvente es esencialmente inmiscible con uno de los componentes de la alimentación. Se dice que el SOLVENTE ES SELECTIVO para el componente de la alimentación cuya proporción al otro, es mayor en el extracto que en el refino o en la alimentación inicial.

Una de las fases líquidas o ambas pueden contener sólidos disueltos. La sustancia disuelta (SOLUTO) distribuida que se extrae, puede ser líquida o sólida. Rara vez pueden formarse simultáneamente más de dos fases líquidas y puede también intervenir fases sólidas.

La extracción puede entrañar solamente el proceso físico de la disolución selectiva, o en ^{otros}casos, pueden tener lugar reacciones químicas entre la sustancia extraída y el solvente o una sustancia disuelta presente. Ordinariamente es una particular o simple sustancia química. Sin embargo, se consiguen algunas ventajas en las relaciones de equilibrio de fases que resultan empleando mezclas de líquidos como solventes. Así, con la adición de un solvente o antisolvente, puede mejorar la selectividad del solvente primario y modificarse las proporciones de las dos capas u obtenerse miscibilidad parcial. Una extracción líquido-líquido realizada haciendo que los componentes de la alimentación se distribuyan entre dos solventes

parcialmente miscibles se llama distribución fraccionada. En este caso, las dos fases se producen por los solventes, disolviendo un solvente selectivamente un componente de la alimentación y el segundo el otro.

APLICACION TIPICA DE LA EXTRACCION POR SOLVENTES

El primordial objeto es la producción de aceites lubricantes mejorados, por la separación de los componentes parafínicos de los nafténicos-aromáticos,

ELEMENTOS DE LAS OPERACIONES DE EXTRACCION

Un proceso de extracción consta de las tres operaciones básicas siguientes:

- a.- Mezcla de la sustancia a extraer y puesta de ésta en íntimo contacto con el solvente.
- b.- Separar las fases o capas resultantes.
- c.- Separación y recuperación en cada una de las fases del solvente por volverlo a utilizar.

La mezcla y la sedimentación son operaciones que constituyen un grupo o etapa de EXTRACCION. El sistema puede ser de una sólo etapa o de una serie de ellas, siendo lo último lo más frecuente en la práctica industrial. Una etapa en que se alcance el equilibrio entre las dos

fases se dice que es una etapa de extracción IDEAL o TEORICA.

Los elementos esenciales de un proceso de extracción son la operación de poner en contacto los materiales y el grado de extracción o de separación obtenido. En algunos casos la separación subsiguiente de cada fase de los resultantes y la separación y recuperación del solvente de cada uno de ellos puede tener una importancia igual o mayor y determinar el éxito de la aplicación de un proceso de extracción. Por ejemplo, la tendencia hacia la emulsificación de las dos fases puede acarrear dificultades insuperables en su separación después de entrar en contacto. El acercamiento de ambas fases a la misma densidad acarrea dificultades semejantes.

En la extracción líquido-líquido, la separación y recuperación del solvente se realiza por destilación, por evaporación por calentamiento enfriamiento para disminuir la solubilidad del extracto en el solvente o viceversa.

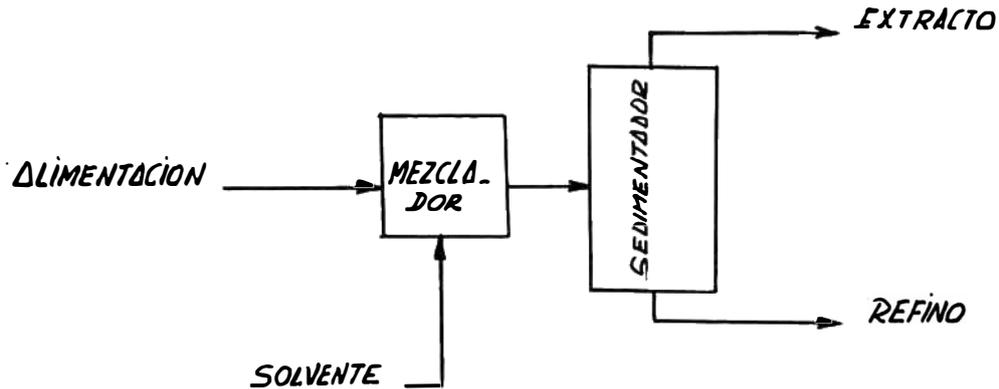
Casi siempre es necesario la recuperación del solvente de las capas de extracto y del refino. El método empleado depende de las características físicas del solvente, del extracto y del refino.

SISTEMAS DE FUNCIONAMIENTO.-

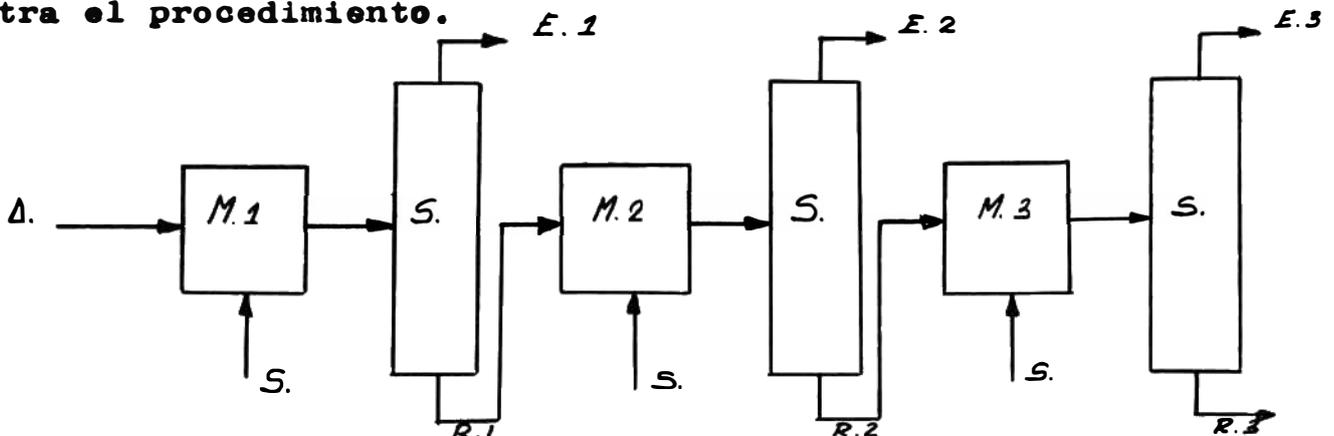
Cualquiera de los métodos de funcionamiento por los que se conducen los procesos de transferencia de masa entre las fases puede utilizarse teóricamente en la extracción por solventes. En la práctica industrial lo más comunemente empleado son el contacto continuo o contracorriente de múltiples etapas en una serie de mezcladores y sedimentadores o en una torre de platos. En la práctica de laboratorio la operación más común es la intermitente de corrientes concurrentes o del mismo sentido, por contacto único o simple en múltiples etapas.

Un sólo contacto.- El método de laboratorio más simple y más común consiste en poner en contacto todas las cantidades de solventes y de materia a tratar (alimentación) de una sóla vez y luego recuperar el producto y el solvente sin hacer ninguna exhortación posterior. Este método es el menos eficaz y rara vez es factible en escala industrial. Tal como se practica suele llegarse bastante cerca del equilibrio; por consiguiente, la cantidad de sustancia disuelta extraída depende únicamente de las relaciones de equilibrio y de la cantidad de solvente usado. La recuperación del extracto es pequeña, y está limitada por la cantidad de solvente empleado. La concentración de la capa del extracto es baja, y el grado de separación entre los componentes de la alimentación poco satisfactoria.

El siguiente esquema muestra el curso de los materiales en este método.

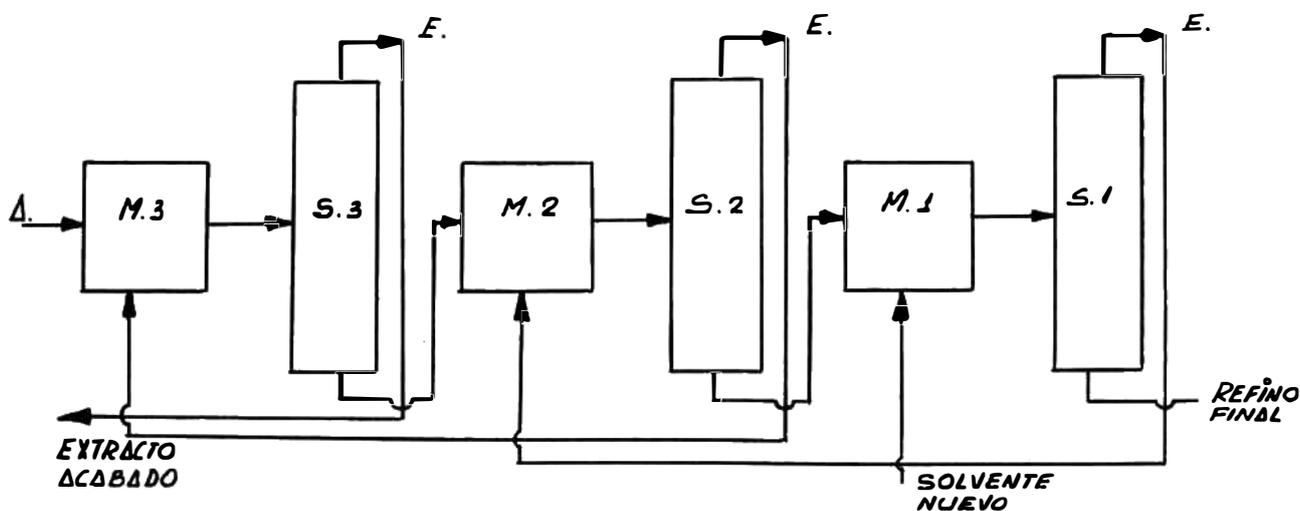


Contacto simple en etapas múltiples.- Este método es similar al anterior, diferenciándose únicamente en que producto de refino es introducido al mezclador y tratado nuevamente con el solvente; y así posteriormente se sigue tratando por varias etapas. El esquema de abajo muestra el procedimiento.



Contacto a contracorriente a múltiples etapas.- El proceso es como sigue: Todo el solvente fresco y el material (alimentación) se envían a los terminales opuestos de una serie de etapas de extracción. Las capas de extracto y refino acabadas se retiran continuamente en los extremos opuestos del sistema. Puede emplearse un número cualquiera de etapas, siendo lo más usual de tres a seis. El sistema se compone de una serie de mezcladores, cada uno con su sedimentador independiente.

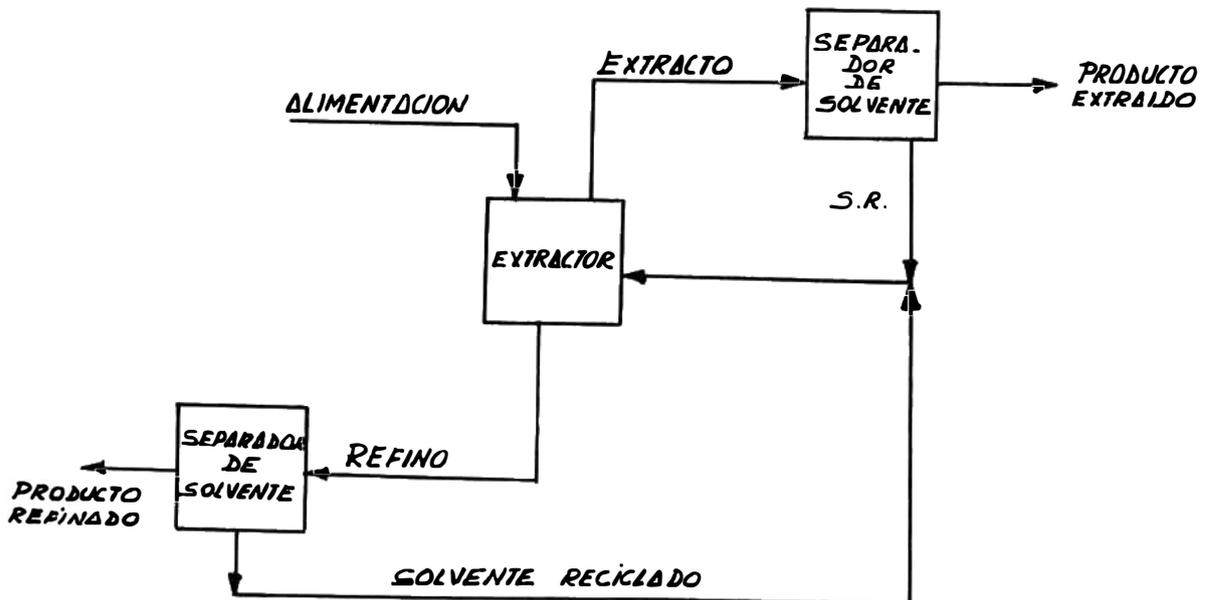
El esquema de este caso es así:



Extracción a contracorriente verdadera.- El producto de alimentación entra al extractor del cual se obtienen tanto el extracto por la parte superior como el refino por la inferior; cada uno de los cuales va a un separador del solvente, en donde se obtiene por una parte el producto extraído y refinado y por la otra se recupera el solvente;

que por un conducto único ingresa al extractor, donde actuando en contracorriente trata el producto de alimentación.

El esquema mostrado a continuación indica el procedimiento.



LEY BASICA QUE RIGE LA EXTRACCION POR SOLVENTES.-

Aunque las consideraciones teóricas basadas sobre los componentes puros son razonablemente satisfactorias, la aplicación de dichas generalizaciones a mezclas complejas es esencialmente empírica. La extracción comprende dos operaciones fundamentales: obtención de equilibrio y separación de los materiales sometidos a contacto. La separación es más bien simple en las operaciones en contracorriente de arrastre, absorción y fraccionamiento de las fases vapor-líquido, pero en la extracción ambas fases -

son líquidas y la diferencia entre las densidades de los líquidos es relativamente pequeña.

La situación general está regida por la Ley de Distribución que establece que la relación de las concentraciones de un componente distribuido entre dos fases mutuamente insolubles es una constante.

$$\frac{C_1}{C_2} = K$$

Donde: C_1 = Concentración del soluto en la primera fase líquida, por ciento en peso.

C_2 = Concentración del soluto en la segunda fase líquida, por ciento en peso.

K = Constante que sólo depende de la temperatura.

Si el soluto es una mezcla, la ley se aplica lo mismo para cada componente de aquella.

En los sistemas corrientes de extracción del petróleo, el solvente es más pesado que el aceite, y el extracto rico en solvente sedimenta en el fondo.

Si W representa el peso en Kg. del material a tratar, S el peso en Kg de componente a extraer por Kg. de material, e y el peso en Kg. del componente por Kg. de solvente, tendremos:

$$W (x_1 - x_2) = S (y_1 - y_2)$$

$$\frac{W}{S} = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}$$

El subíndice se refiere a los líquidos que entran y el 2 a los que salen.

En el caso de materiales y condiciones para las cuales puede aplicarse la ecuación de distribución, la relación de equilibrio expresada con respecto a x é y - puede formularse de la siguiente manera:

$$K = \frac{C_1}{C_2}$$

Donde: $C = \frac{x}{1 + x}$, $C = \frac{y}{1 + y}$

Entonces: $\frac{y K}{1 + y} = \frac{x}{1 + x}$

Luego: $y = \frac{x}{K + xK - x}$

Cuando se representan gráficamente x e y , la primera ecuación es una curva de equilibrio y la última representa una línea de trabajo.

La Ley de Stockes referente a la velocidad de sedimentación de las partículas en los fluidos, puede aplicarse al proyectar los sedimentadores, etc., pero como el tamaño de las partículas no puede estimarse sin ensayos empíricos, la relación teórica es de escaso valor. Los sedimentadores horizontales son más efectivos que los verticales por que la velocidad es menor.

METODOS FUNDAMENTALES PARA LA EXTRACCION POR SOLVENTES.-

Para el tratamiento de una fracción lubricante existe un gran número de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos y su selectividad varía dentro de ciertos límites.

Considerando todos los materiales que pueden ser usados como solventes selectivos, puede llegarse a dividir en tres grandes grupos.

- a.- Compuestos que forman una fase homogénea con el aceite.
- b.- Compuestos que forman dos fases con el aceite, pero todo el aceite o petróleo sólo existe en una de ellas.

c.- Compuestos que forman dos fases, con considerables cantidades de aceite en cada una de estas fases.

De estos tres, indudablemente que el último es el que puede ser usado como solvente selectivo y considerando la temperatura como un factor extremadamente importante.

Después de estos conceptos preliminares muy importantes diré que existen tantos métodos como solventes se haya escogido, siendo los más importantes los siguientes: Furfurol, Duo-Sol, SO₂-Benzol, Clorex, Nitrobenzono Fenol, etc.

El empleo del Furfurol para la elaboración de aceites lubricantes ha adquirido preponderancia con respecto a la mayoría de los otros solventes. El furfurol es relativamente barato, posee una capacidad de extracción razonable y se dispone de materias primas adecuadas para su fabricación. La cantidad de solvente empleado varía, pero generalmente se usa dos partes de solvente por una de aceite.

En cuanto al proceso Duo-Sol, es el único que se ha usado ampliamente utilizando dos solventes. Ambos son casi inmiscibles, uno de los cuales es propano, que disuelve los hidrocarburos parafínicos, y el otro, el ácido cresílico, que disuelve los hidrocarburos nafténicos.

Existe también una vasta gama de compuestos clorados que actúan como ya lo dije anteriormente, de acuerdo al tipo de producto por refinar y siempre sometido a ciertos límites.

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL PROCESO DE EXTRACCION CON FENOL

RAZONES PARA LA SELECCION DE FENOL.-

En los comienzos de la investigación, esta era realizada con cualquier solvente proyectado para reemplazar al ácido sulfúrico, capaz de tratar una gran variedad de destilados con diferentes grados de perfeccionamiento. En otras palabras, ello equivaldría a la flexibilidad que este ácido posea. Alguna vez la operación resultaría barata y el solvente así estable, evitaría pérdidas debido al manipuleo.

Durante los trabajos desarrollados un gran número de solventes fueron investigados, tanto en su selectividad como en su peso y aplicabilidad comercial. La razón pues, para usar fenol era de que éste se hallaba en la mitad del camino entre muchos solventes selectivos como el SO_2 , furfural etc. y solventes que no son selectivos pero que tienen gran poder disolvente como el nitrobenzeno, cresol etc. Además por que el fenol es uno de los más estables de los solventes investigados, particularmente cerca del calor es muy facilmente removido de -

el aceite y es barato y por que las condiciones de tratamiento para la mayor parte de los aceites, están sólo ligeramente encima de las temperaturas ordinarias, lo que era finalmente decidido por la concentración en la investigación del fenol.

La acción del Fenol como un solvente selectivo.- La mayoría de los aceites lubricantes contienen un determinado número de componentes, los que son perjudiciales para su uso como tales. La naturaleza y cantidad de estos componentes varían grandemente con la variedad de los crudos y con las fracciones de estos mismos crudos. El propósito de cualquier operación de refinación es remover estas sustancias indeseables completamente como sea posible y en el tiempo permitido para la separación de estos compuestos en el aceite,

Hay tres factores importantes que tienen una directa relación con el mejoramiento y límite del refinado del tratamiento obtenido por fenol. Ellos son:

- 1.- Temperatura de tratamiento
- 2.- Proporción fenol/aceite
- 3.- Método de contacto Fenol/aceite

1.- Temperatura de Tratamiento.-

La temperatura de tratamiento puede estar confinada dentro de ciertos límites que ocurre en la miscibilidad entre el aceite y el fenol y la temperatura que crystaliza el fenol fuera de la mezcla fenol-oil. Como una regla general un incremento en la temperatura da un mejoramiento en el refinado, pero baja el rendimiento.

2.- Proporción fenol/oil.-

La cantidad de fenol generalmente varía entre 1:2 volúmenes a 1 volumen de oil. Incrementando la proporción de fenol al aceite tomado. Algo similar a este resultado, puede ser obtenido por incremento de la temperatura. Aunque al mismo tiempo que se obtiene un gran incremento en el índice de viscosidad por un aumento en la temperatura, esto también se puede obtener por un aumento en la proporción de fenol.

Esto es posible realizar solo en una serie de experimentos para determinar las condiciones óptimas de temperatura y cantidad de fenol para cualquier cantidad de aceite tomada.

Para stocks ligeros en particular ello ha sido encontrado a las temperaturas más bajas posibles de tratamiento y produce así un mayor rendimiento y una mejora en el refinado dado. La más alta viscosidad e índice de

viscosidad del aceite tratado pueden ser obtenidos con -
temperaturas altas para su tratamiento sin afectar el -
rendimiento.

3.- Método de contacto Fenol/oil.-

El tratamiento de oil con fenol puede ser lleva-
do a cabo por cualquiera de las dos fases: por simple -
grupo, grupos múltiples o por extracción en contracorrient
te contínua. La cantidad de solvente necesario para pro-
ducir un mejoramiento en el aceite por tratamiento en -
contracorriente es aproximadamente la mitad de lo reque-
rido para el tratamiento por un grupo. Aunque esto es -
cierto el tratamiento por múltiple grupo puede dar result
ados aproximados, a los obtenidos por tratamiento por -
contracorriente y sin obtener en ninguno de los dos ca--
sos mejoramiento de la estabilidad, color. etc.

Resultados generales del tratamiento con fenol.- Los re-
sultados obtenidos de la extracción por fenol puede ser
recopilado como sigue:

El fenol puede ser usado ya sea para reemplazar
al ácido sulfúrico en la terminación del aceite lubri--
cante o para realizar nuevas mejoras, las cuales no pued
den ser efectuadas con el mismo ácido en excesiva cantid
dad. Esto es basandonos en cálculos antiguos, pero ac--

tualmente el costo para el tratamiento con fenol es cerca del mismo que con un ácido, con la ventaja que la extracción es apropiada para un objeto de crackong o como un fuel oil, aunque el lodo producido por tratamiento con ácido es difícil su respectiva distribución.

El uso del fenol para mejorar el Índice de Viscosidad, estabilidad a la oxidación, residuo de carbón conradson etc. del aceite es importante como barato, porque un aceite de bajo Índice de Viscosidad puede ser - cambiado a uno de buena calidad por la extracción con - este solvente. Como una regla, existe un límite en el - alcance del mejoramiento, pero este puede ser hecho sin incurrimiento en la pérdida del rendimiento y este aumento de viscosidad varía entre 40 y 50 puntos. Esto no ha sido encontrado por un camino exactamente pronosticado ya que los rendimientos para una calidad de aceite - deseada depende de los diferentes crudos, tamaño del - corte, etc.

El uso del fenol como un agente extractor mejora el lubricante destilado en los siguientes aspectos:

a.- Índice de viscosidad.- El fenol ha sido usado acertadamente en el tratamiento de aceite de índice de viscosidad bajo cero, así como para aceites de índice de viscosidad de 100 y también para tratamien-

to de aceites de viscosidad tan baja como 80 SSU a 100°F y tan altas como 200 SSU a 210°F.

b.- Residuo de Carbon Conradson.- En general el R.C.C. del aceite lubricante es reducido entre el 60% y el 95% por tratamiento con fenol.

c.- Punto Flash.- El aceite tratado con fenol tiene generalmente el mismo flash point como el del stock de donde proviene y como la viscosidad es reducida más por el tratamiento por fenol que en el caso del ácido, el flash point del aceite es alto para una viscosidad dada que puede ser obtenida de un stock igual que el tratado por ácido.

d.- Gravedad y color.- El mejoramiento en la gravedad A. P.I. es muy grande en la extracción por solventes; y ello ha sido frecuentemente encontrado que un aceite continúa mejorando su gravedad por tratamiento adicional con fenol, aunque después no haya un mejoramiento en el índice de viscosidad.

e.- Reducción de Azufre.- El contenido de Azufre es reducido entre 60% y 80%, dependiendo sobre todo del stock y de las condiciones de tratamiento.

f.- Reducción del número de oxidación ligero.- El número ligero es frecuentemente reducido encima del 90%. Por ejemplo, un stock Colombiano de viscosidad 146 SSU á

210°F, antes del tratamiento tenía un número ligero de 87.5 y después de la extracción con fenol dió 0.8.

g.- Número de Emulsificación.- Por el tratamiento de un aceite con fenol, seguido de una apropiada terminación, se obtiene un muy bajo número de emulsificación.

Terminación de los aceites por el tratamiento con fenol.-

Por una preparación cuidadosa de los stocks que son cargados a la planta de fenol, ha sido posible en Sarnia simplificar esta operación y por ende hacer más barato el tratamiento con fenol. Solamente el solvente extraído del aceite, que es muy sucio o muy alto en viscosidad, requiere ácido para obtener buen color y frescor y en algunos casos la cantidad usada podría ser muy pequeña.

Como un ejemplo citaré que para producir un stock de SAE 40, solamente el 4% de Filtrol será necesario después del tratamiento con fenol.

Limitaciones del proceso con fenol.- Aunque no ha sido encontradas dificultades operativas en el tratamiento con el stock residual con fenol; si lo han habido, en la terminación de estos aceites después de la operación con el solvente. Esto es por que el tipo del material tomado, no puede ser removido con arcilla excepto empleando excesivas cantidades.

Si el aceite es tratado con ácido, puede formarse lodo, aún duro, con el resultado de que la coagulación no tiene lugar y el ácido no puede ser removido satisfactoriamente. Otro paso es usar ácido para obtener aceites de alta viscosidad directamente de los stocks residuales. En ésta operación ha sido empleado propano con gran acontecimiento.

Si el fenol es usado en el tratamiento de cortes muy amplios los que incluyen gas y aceite residual, el fenol tiene la tendencia de remover una excesiva cantidad de partes livianas, tales dificultades no ocurren si el corte amplio de aceite es comparativamente limitado a uno pequeño.

Descripción y operación de una Planta de Fenol.- La planta opera en tal manera que el destilado es continuamente tratado y separado de la fracción del refinado. El fenol puede ser continuamente reformado y reusado. El equipo consiste esencialmente de tres partes:

- a.- Tratador en contracorriente.
- b.- Una unidad de desfenolización.
- c.- Una unidad de recuperación de fenol.

El funcionamiento de la planta de tratamiento con fenol es aproximadamente de la siguiente manera.:

El aceite precalentado (110-125°F) y el fenol pasan en contracorriente a través de un tratador que consiste de: siete Leaver mezcladores, de siete cilindros de asentamiento y de las bombas necesarias, etc.

El aceite tratado es arrastrado del tope del sé-timo cilindro de asentamiento y bombeado a un tanque de donde las unidades de desfenolización son cargadas. El fenol gastado es descargado del primer cilindro de asentamiento a través de un enfriador situado dentro del tanque, que es mantenido a una temperatura de 95-100°F. El aceite ligero que se separa del enfriador del fenol gastado en este tanque está sujeto a un recicló en el tratador de contracorriente. El fenol gastado del enfriador es descargado a un tanque antes de ser bombeado a la unidad de recuperación de fenol. El aceite tratado conteniendo de 8-15% de fenol es bombeado por un alambique de tubos (pipe still), de donde la carga tratada pasa por 14 platos de una columna de fraccionamiento que opera debajo de la presión atmosférica. El fenol que viene sobrecalentado es condensado y fluye dentro del cilindro de reflujo. Una parte de este fenol es echado a la torre de reflujo y el resto que es fenol puro se almacena.

Los fondos del burbujeo de la torre son pasados por los platos de un stripper al vacío. Una porción del

condensado sobrecalentado de este stripper es usado para el reflujo y el resto es reciclado en el alambique de tubos. Los fondos de este stripper al vacío son rehevidos y reciclados a un punto debajo del plato inferior de la torre de separación. Los fondos son finalmente bombeados de esta torre a través de un enfriador a un tanque con aceite que está desfenolizado. La cantidad de fenol (0.005%) de este aceite tratado es insignificante.

La unidad de recuperación de fenol es similar a la unidad de desfenolización pero más grande. El fenol gastado conteniendo de 25-30% de aceite es precalentado en un intercambiador de calor, antes de entrar al alambique tubular. El fenol puro es tomado de un chorro colocado en el quinto plato debajo del tope de la torre de burbujeo, luego es enfriado y descargado al almacenamiento de fenol. El producto sobrecalentado de esta torre es principalmente agua fenólica. La porción de este sobrecalentado no usado como reflujo es segregado y almacenado; y cuando la acumulación es suficiente fenol es fácilmente recuperado en una planta pequeña. Los fondos de la torre de burbujeo son enviados al sexto plato del stripper al vacío. La porción de la fracción condensada sobrecalentada del stripper al vacío no usado como reflujo es reciclado en la entrada del fenol gastado a la unidad. -

Los fondos de esta torre son rehervidos y finalmente el aceite sacado de aquí y el aceite desfenolizado es bombeado al almacenamiento. El fenol contenido en este extracto de aceite es menos del 0.07%.

El futuro del proceso con fenol.- No hay duda de que el uso de solventes en el refinado de destilados de petróleo se incrementará grandemente durante pocos años y una gran variedad de solventes serán usados para la producción de diferentes calidades de aceites y para diferentes objetos. Indudablemente el fenol será usado por muchas refinerías de todo el mundo por su flexibilidad como agente de tratamiento, ya que ésta extracción puede ser realizada sin necesidad de refrigeración por su marcable estabilidad en las torres de calentamiento y por el hecho de que puede ser usado tanto en instalaciones grandes como pequeñas.

CAPITULO IV

CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA FRACCION LUBRICANTE DE BAJO INDICE DE VISCOSIDAD

INTRODUCCION

Más o menos durante la última década, se ha hecho presente una necesidad cada vez mayor de lubricantes y líquidos para aparatos hidráulicos para ser usados en mecanismos que funcionan bajo condiciones extremadamente difíciles. Sólo unos pocos años atrás se desconocían por completo las altas velocidades que hoy en día se encuentran en algunos cojinetes y engranajes; si acaso, sólo se imaginaban. No sólo aumentan las velocidades y las cargas, sino las presiones que las acompañan.

Las temperaturas de funcionamiento se vuelven cada vez más extremas. En algunas aeronaves, los aceites hidráulicos deben funcionar satisfactoriamente hasta una temperatura de 65°F bajo cero. Al otro extremo nos encontramos que se necesitan lubricantes capaces de funcionar a 1,200°F.

Los lubricantes hoy en día están sometidos a fuerzas de deslizamiento mecánico cada vez mayores y a efec-

tos sostenidos de turbulencia, que los colocan bajo esfuerzos adicionales.

Los problemas de temperatura, presión y deslizamiento ampliando grandemente el horizonte de la lubricación y han estimulado considerablemente investigaciones acerca de sus principios básicos. El resultado ha sido un interés cada vez mayor, en la viscosidad, ya que la lubricación y la viscosidad están estrechamente relacionadas. Es más, la viscosidad es la propiedad única más importante con que cuentan los lubricantes líquidos o gaseosos.

DEFINICION DE VISCOSIDAD Y PRINCIPIOS FUNDAMENTALES.-

La viscosidad es la resistencia interna que se manifiesta cuando una porción o capa de un líquido se mueve con relación a otra porción. Es debida a la fricción interna de las moléculas líquidas que pasan una al lado de la otra en su movimiento. Como la temperatura es una medida de movimiento molecular, es la variable más importante que afecta la viscosidad de un líquido y debe ser siempre establecida junto con la viscosidad.

Lord Kelvin expresó la idea de que para describir uno claramente un concepto, debía asignar números o expresiones matemáticas al mismo. Más de 270 años atrás,

Sir Isaac Newton trató la viscosidad en una manera similar, definiéndola y derivando su ecuación descriptiva. Supongamos que una partícula de líquido, tal como el aceite mineral, es colocada entre dos planos paralelos, siendo el del fondo estacionario, y que el plano superior de área (A) es movido con una velocidad constante (V) por medio de una fuerza (F). Las moléculas de aceite son vislumbradas como pequeñas bolas que ruedan a lo largo en capas entre los planos lisos. Como el aceite humedecerá y se adherirá a las dos superficies, la capa que está más al fondo no se moverá en forma alguna, la capa más superior se moverá con una velocidad (V) y cada capa intermedia se moverá con una velocidad directamente proporcional a su distancia del plano estacionario del fondo. Este tipo de movimiento-ordenado en capas paralelas es conocido como flujo currentilinear, flujo laminar o viscoso.

La fuerza por unidad de área (F/A) requerida para impartir movimiento a las capas es llamado esfuerzo deslizante, mientras que el movimiento de una capa de aceite con relación a otra es la relación de deformación por esfuerzo deslizante. La velocidad de deslizamiento (R) de una capa particular, llamada a veces la gradiente de la velocidad, es definida como la relación

de su velocidad a su distancia perpendicular desde la -
superficie estacionaria, y es constante para cada capa:

$$R = \frac{V}{h} = \frac{V_1}{h_1} = \frac{V_2}{h_2} \quad \text{etc.}$$

Newton dedujo correctamente que la fuerza (F) requerida para mantener una velocidad (V) constante del plano superior era proporcional al área (A) y a la gradiente de velocidad de deslizamiento (V/h). Así, en forma de ecuación $F = nA V/h$, donde n (eta) es la constante de proporcionalidad o coeficiente de viscosidad o simplemente viscosidad de tipo absoluto o dinámico. Volviendo a ordenar la ecuación, la viscosidad absoluta se define por tanto como:

$$n = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{V}{h}} = \frac{\text{Esfuerzo deslizante}}{\text{Velocidad de deslizamiento}}$$

Si se usa el sistema métrico de unidades Centímetro, gramo, segundo, el esfuerzo de deslizamiento (F/A) es expresado en dinas por centímetro cuadrado, la velocidad de deslizamiento (V/h) en segundos recíprocos 1/seg., y la velocidad absoluta en poises (en honor del Dr. J. Poiseuille, que estudió el flujo de los líquidos en los vasos capila-

res). Como el poise es una unidad bastante grande, por lo general se emplea el centipoise (la centésima parte de un poise). El agua pura a una temperatura de 68.4°F tiene una viscosidad absoluta de un centipoise.

Si se emplea el sistema Ingles de unidades (pie, libra segundo) la unidad de viscosidad absoluta es la libra por segundo por pulgada cuadrada o reyn (en honor del científico británico Osborne Reynolds). Como el reyn es una unidad estremadamente grande, el newton (la millonésima parte de un reyn) resulta de uso mas conveniente. La conversión de la viscosidad absoluta entre las unidades de sistema métrico y sistema Ingles puede ser llevada a cabo sobre la base de que un reyn o un millón de newtons es igual a 68,950 poises ó 6,895,000 centipoises.

PRINCIPALES VISCOSIMETROS.-

Si el número de viscosímetros que han sido desarrollados para determinar la viscosidad es un indicio de la importancia de esa propiedad, entonces es indudable que la viscosidad es la característica única más significativa del aceite lubricante.

Las siguientes características (ocho) diferentes son empleadas para determinar la viscosidad por me-

dio de mediciones:

- 1.- Medir el tiempo de flujo de una cantidad definida del líquido impelido por gravedad o presión a través de un tubo corto o un capilar.
- 2.- Medir el momento de torsión que se necesita para hacer girar un cilindro, disco o paleta en el líquido a una velocidad fija.
- 3.- Medir el momento de torsión ejercido en un disco suspendido dentro de una copa giratoria que contiene el líquido.
- 4.- Medir la velocidad de rotación de un cilindro o disco accionado en el líquido por un momento de torsión constante conocido.
- 5.- Medir el tiempo de caída o movimiento a través del líquido de una bola u objeto cilíndrico.
- 6.- Medir el tiempo que tarda en elevarse una burbuja de aire a través del líquido contenido en un tubo.
- 7.- Medir la velocidad de amortiguación de ondas ultrasónicas inducidas en el líquido.
- 8.- Medir la caída de presión a través de un capilar.

Los métodos, segundo tercero y cuarto son variaciones del viscosímetro giratorio.

Debido a sus notables efectos sobre la viscosidad, la temperatura del fluido en todos los viscosímetros debe ser medida y controlada con exactitud.

Viscosímetros capilares.- En la industria del petróleo, muchas determinaciones de viscosidad son hechas con viscosímetros de tipo capilar. Estos viscosímetros ofrecen resultados considerablemente más exactos que los instrumentos de "tubo corto" descritos a continuación. La American Society for Testing Materials (ASTM) Sociedad Norteamericana para Probar Materiales y la British Institute of Petroleum, Instituto Británico de Petróleo, han establecido en conjunto un método que recomienda el procedimiento normal para medir la viscosidad cinética de los a ceites. Este método describe 17 viscosímetros capilares, unos usados para líquidos transparentes, otros para opacos y otros para trabajos de calibración. Un número tan elevado de instrumentos de tipo capilar es el resultado de esfuerzos continuados por reducir errores tales como la tensión superficial y la energía cinética, para cubrir amplias variedades de viscosidades y temperaturas y para permitir facilidad funcional y conveniencias.

Viscosímetros de tubo corto y orificio.- A veces se emplean en la industria del petróleo otros cinco instrumentos de tiempo de descarga para medir la viscosidad. Estos

son el Saybolt Universal y Saybolt Furol, empleados principalmente en los EE.UU., el Redwood N°1 (Standard) y el Redwood N°2 (Admiralty), empleados en Inglaterra, y el Engler empleado principalmente en Alemania y otros países en el continente. Todos los cinco son instrumentos empíricos en que el tiempo de descarga de una cantidad arbitraria constante de un aceite es anotada y citada como la medida de la viscosidad del aceite. Los instrumentos son similares en principio básico, pero se diferencian en varias dimensiones y en la cantidad de aceite que emplean. Como consecuencia, todos asignan diferentes números de viscosidad al mismo aceite, por tanto, cualquier viscosidad empírica sólo tiene significado cuando el viscosímetro y la temperatura también son mencionados.

Los principales volúmenes y rangos con que actúan cada uno de ellos son:

Viscosímetro Saybolt Universal.- Utiliza 60 ml. de aceite y este instrumento no deberá ser empleado con aceites que tienen un tiempo de descarga de menos de 32 segundos.

Viscosímetro Saybolt Furol.- Similar al Saybolt Universal, mide también el tiempo de descarga en segundos por 60 ml. de aceite. Una viscosidad Furol es como un décimo de la viscosidad Universal en el mismo aceite; sin embargo

go el Furol es empleado principalmente para productos del petróleo que tienen viscosidades mayores de 1,000 SSU, tal como los aceites combustibles pesados.

Viscosímetro Redwood N°1 (Standard).- Mide el tiempo de descarga a la temperatura de prueba por 50 ml. de aceite.

Viscosímetro Redwood N°2 (Admiralty).- Similar al anterior, y tal como indica su nombre es usado principalmente para probar aquellos aceites combustibles, para la Marina Británica, que tendrían viscosidades mayores de 2,000 segundos en el Redwood N°1.

Viscosímetro Engler.- Este instrumento mide el tiempo de descarga en segundos para 200 ml. de aceite que podrían ser considerados como "segundos Engler".

Aunque los viscosímetros capilares son más exactos y requieren menos muestra y tiempo que los instrumentos de tubo corto, el capilar es más fácil de tapar con emulsiones o aceites sucios, es por eso que se prefiere un instrumento de tubo corto en esos casos.

Viscosímetros Rotacionales.- El viscosímetro rotacional mide la viscosidad al determinar la fuerza directa o reactiva necesaria para mantener estacionario un cilindro, mien-

tras el otro es hecho girar a velocidad constante.

Viscosímetro Rotacional de elevada velocidad de deslizamiento.- Tal como su nombre lo indica, este instrumento mide el comportamiento de deslizamiento de materiales no newtonianos a elevadas velocidades de deslizamiento. Básicamente este aparato posee un cilindro interior el que es hecho girar a una velocidad constante elegida que está entre 12 y 1,000 revoluciones por minuto, mientras se mide el momento de torsión necesitado para evitar que el cilindro exterior gire. Este momento de torsión es una medida directa de la viscosidad.

Viscosímetro ultrasónico.- Es un instrumento utilizado para medir automáticamente y registrar en forma continua la viscosidad, por ejemplo, del aceite en una corriente en el procedimiento de refinación.

Se funda básicamente en que se lanzan vibraciones de frecuencia ultra elevada, las que son amortiguadas por el aceite dependiendo de la viscosidad y densidad de éste.

Viscosímetro de Bola Descendente.- La viscosidad absoluta de un fluido puede ser determinada midiendo la velocidad con que desciende una bola a través del fluido en un

tubo (preferentemente de vidrio, de forma que la bola - pueda ser observada con facilidad). Esto se basa en la - Ley de Stockes referente a los cuerpos que caen en un me dio viscoso:

$$n = \frac{2 (S_b - S_g) g r^2}{9 V}$$

Donde:

S_b = Gravedad específica de la bola

S_g = Gravedad específica del fluido a la tempe ratura de prueba

g = Aceleración debida a la gravedad.

r = Radio de la bola en cm.

V = Velocidad de la bola que cae en cm/seg.

INDICE DE VISCOSIDAD

La viscosidad de todos los aceites lubricantes derivados del petróleo cambia al variar su temperatura. Se espesan cuando se los enfrían y se licúan cuando se los calienta. Sin embargo, existen diferencias considerables en el grado en que distintos aceites reaccionan a este respecto.

La propiedad de resistir los cambios de viscosidad causados por variaciones de temperatura puede eva

luarse numéricamente, y el resultado se denomina Índice de Viscosidad o simplemente I.V. El I.V. de un aceite depende del tipo del crudo del cual proviene, del método de refinación y de la presencia de ciertos aditivos. Por lo general, un aceite que es predominantemente parafínico tiene un I.V. más alto que aquellos de base nafténica. La viscosidad de los aceites en general cambia menos con respecto a la temperatura. Ciertos aditivos que se conocen con el nombre de mejoradores del I.V., tienen la propiedad de aumentar el I.V. de aceite.

PROCEDIMIENTO.-

Es necesario conocer las viscosidades a 100°F y a 210°F del aceite que se está probando. Estas viscosidades pueden expresarse, ya sea en centistokes, ya en SSU, y esta información se sustituye en la fórmula siguiente:

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

En la cual, U es la viscosidad a 100°F del aceite cuyo I.V. se va a calcular. Los valores de L y H se toman de tablas. L es la viscosidad a 100°F de un aceite de I.V. cero, que tenga la misma viscosidad a 210°F; que el aceite que está probando. Los resultados son expresados numéricamente, como una razón. No existen unidades.

IMPORTANCIA DEL I.V.- El I.V. es una propiedad muy importante y útil, no solamente como la medida de la relación entre viscosidad y temperatura, sino como medio de identificación del crudo del cual proviene el aceite. En un aceite sin aditivos que mejoren su I.V., un alto I.V. (80 á 100 o más) casi siempre indica una base parafínica. Un bajo I.V. (0 á 40) indica que el aceite es de base nafténica. Los aceites con I.V. intermedios, son elaborados - casi siempre de crudos mezclados.

En tiempos pasados un alto I.V. era aceptado generalmente como indicación de alta calidad, ya que se asumía que una buena resistencia a la oxidación era inseparable de un alto I.V. Para muchos aceites sin aditivos esta relación se puede considerar cierta, pero, la mayoría de las aplicaciones, existen otras propiedades que deben tenerse en consideración. Además, con referencia a la estabilidad contra oxidación, unas de las pruebas establecidas sobre resistencias es sin lugar a dudas una mejor indicación que el mismo I.V.

La importancia del I.V. debe aceptarse solamente para aquellas aplicaciones en las cuales prevalecen - amplias zonas de diferentes temperaturas de operación. Un buen ejemplo es el sistema hidráulico de un avión. La temperatura varía entre 100°F, o más en tierra, hasta mu

chos grados bajo cero a grandes alturas. Para obtener una operación uniforme/^{en}tales condiciones la viscosidad del aceite en el sistema hidráulico no debe fluctuar demasiado.

En otro sentido, el I.V. es de importancia en ciertos equipos que comienzan a funcionar en frío y se calientan durante la operación. Un buen ejemplo es el motor del automóvil. El aceite no debe ser demasiado espeso cuando está frío, ya que dificultaría el arranque. Sin embargo, no debe ser demasiado líquido cuando el motor se calienta, pues en tal caso se consumiría mucho aceite y la lubricación sería defectuosa.

Con los aceites modernos cuyas características se determinan por una combinación de técnicas avanzadas de refinación y complejos aditivos químicos, no se debe usar el I.V como medida de propiedad alguna distinta de la relación temperatura-viscosidad. Pruebas específicas sobre otras propiedades darán resultados mucho más dignos.

Existen varios métodos para determinar el I.V. los más usados son:

- a.- Método gráfico de la Shell.
 - b.- Método gráfico de la Esso.
-

RESULTADO DEL ANALISIS DEL ACEITE USADO

A.P.I.	-----	22.2
Gravedad Específica	-----	0.9206
Viscosidad 100°F	-----	792 SSU
Viscosidad 210°F	-----	63 SSU
S.A.E.	-----	30
I.V.	-----	25
Punto de inflamación	-----	425°F.
Punto de Encendido	-----	470°F
Residuo Carbón	-----	0.70%
Cenizas Sulfatadas	-----	048
Color	-----	4.5 A.S.T.M.

CAPITULO V

TRATAMIENTO DE LA FRACCION CON FENOL

CARACTERISTICAS GENERALES DEL FENOL.-

Es un producto que pertenece a la función del mismo nombre y que resulta del reemplazo de un H por un grupo OH del anillo bencénico. Sus principales características son:

Fórmula: C_6H_5OH

Sinonimia: Acido fénico, Acido carbólico, Benzo-Fenol.

Se encuentra en el alquitran de hulla donde lo descubrió Runge (1834), en la brea de la hulla.

Industrialmente se le obtiene al destilar la hulla.

Propiedades.- El fenol es cuerpo sólido, forma prismas incolores, es soluble en agua, eter, alcohol. etc. En contacto con el aire se vuelve rojizo, es cáustico, y en contacto con la piel forma ampollas blancas, es un gran antiséptico, tiene olor intenso y característico, con las bases de sales llamadas fenolatos.

Usos.- Se emplea como enérgico desinfectante, sirve para

preparar colorantes, con el formol y en presencia del ácido sulfúrico dá la baquelita.

Reconocimiento.- Con el tricloruro de fierro dá azul.

Principales propiedades físicas.-

Temperatura de ebullición	182°C
Temperatura de fusión	41°C
Solubilidad en gr/100 gr.de agua	8 á 25°C
Gravedad Específica	

VARIABLES CONSIDERADAS.-

He considerado sólo tres variables, las cuales son concentración, temperatura y tiempo de contacto.

Concentración.- La cantidad de solvente usado tiene un efecto directo en el rendimiento y propiedades del refinado resultante. Se obtiene un mejoramiento en el I.V. a sí como una disminución en el residuo de carbón.

Temperatura.- El efecto de la temperatura es muy pronunciado pues afecta a la selectividad y a la potencia del solvente. La potencia solvente aumenta cuando aumenta la temperatura hasta que el aceite y el solvente llegan a ser completamente miscibles. La selectividad disminuye gradualmente o permanece constante hasta cierto límite o rango de temperatura y luego decrece rápidamente cuando se aproxima a la región de miscibilidad.

Tiempo de contacto.- El tiempo de contacto debe ser lo suficiente para obtener condiciones de equilibrio y es inversamente proporcional al grado de agitación empleado. De una manera general agitación moderada es suficiente para obtener condiciones de equilibrio en un tiempo relativamente corto.

VARIACION DEL INDICE DE VISCOSIDAD

Para hacer un estudio de la variación del I.V. he considerado dos factores que varían ó sea dos variables, una, la temperatura de mezcla de solvente y aceite; y la otra la concentración fenol/oil. El tiempo de asentamiento lo he considerado constante en ambos casos y del orden de aproximadamente 12 horas.

Variación Concentración vs. I.V.- Considerando una temperatura constante de 125°F y un tiempo de asentamiento de + ó - 12 horas he hallado los siguientes resultados que expongo en la tabla N° 1.-

Examinando la curva que posteriormente construyo con estos datos, deduzco muy claramente que la concentración óptima es alrededor de 0.5/1 (volumen de fenol/volumen de oil).

Variación Temperatura de mezcla vs. I.V.- Despues de haber obtenido una concentración óptima (0.5/1) y también

considerando un tiempo de asentamiento de 12 horas, he hallado los valores que doy a conocer en la Tabla N° 2 ; y que ellos han servido para construir la curva N° 2. De donde deduzco que la temperatura conveniente para hacer la mezcla varía entre 110 a 125°F.

TABLA N° 1

RESULTADOS EXPERIMENTALES A 100°F

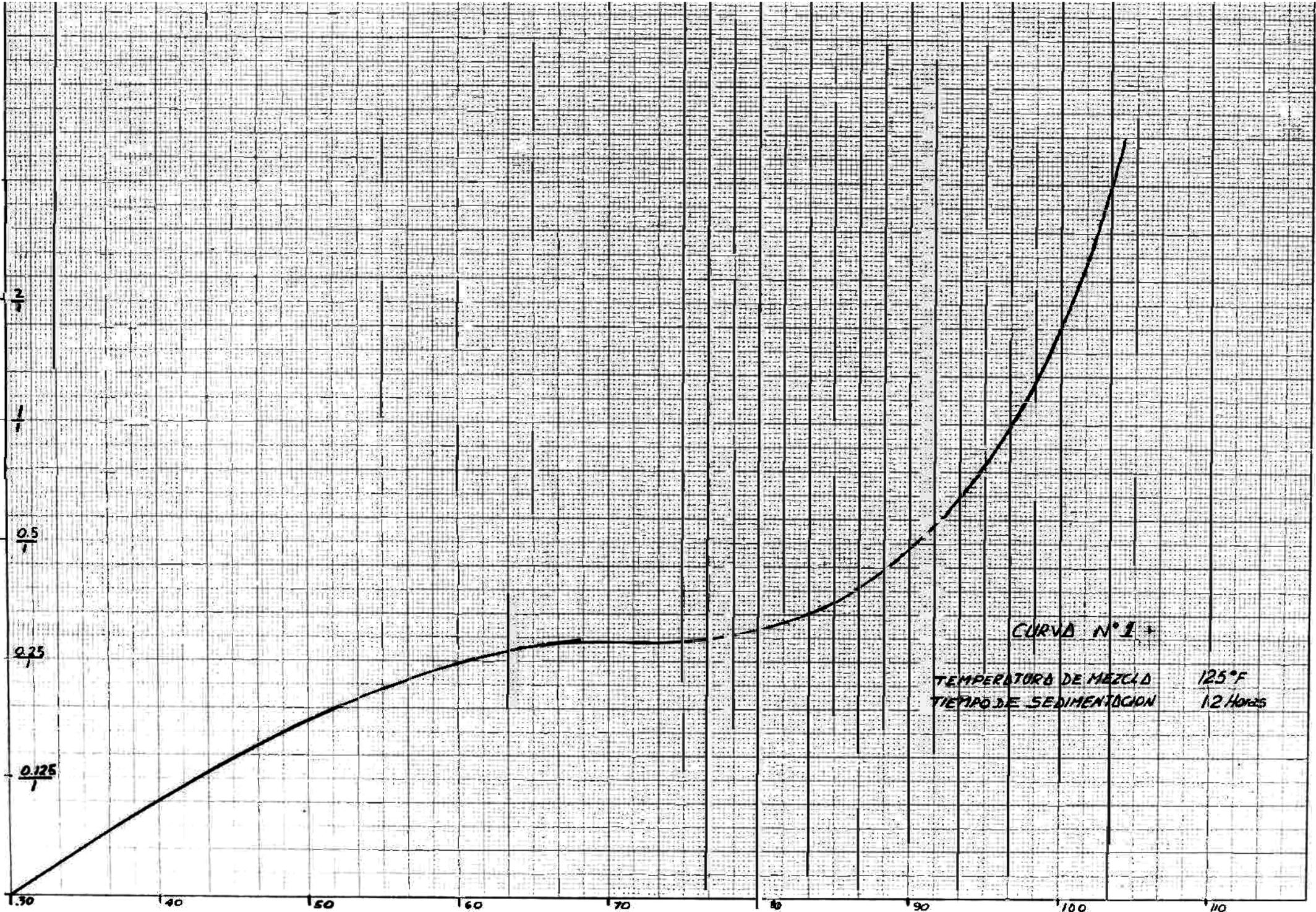
MUES TRA	N° del Capilar	Factor del Capilar	Concen- tración	Tiempo en Seg.	Centis- tokes	SSU
1	350 556	0.4798	0.125/1	243"	117	540
2	350 556	0.4798	0.250/1	198"	95	440
3	350 556	0.4798	0.5/1	201"	96.7	449
4	350 556	0.4798	1/1	223"	107	495
5	350 556	0.4798	1.5/1	230"	110.2	510

MUES TRA	I.V
1	42
2	61
3	90.5
4	94.8
5	102

A - 210°F

1	350 556	0.4798	0.125/1	20.8"	10	59
2	350 556	0.4798	0.250/1	17.9"	8.6	54.5
3	350 556	0.4798	0.5/1	21"	10.1	59.0
4	350 556	0.4798	1/1	15.8"	7.6	51.8
5	350 556	0.4798	1.5/1	23.8"	11.4	64.2

CONCENTRACION (Fenol/oil)



CURVA N° 1

TEMPERATURA DE MEZCLA 125°F
TIEMPO DE SEDIMENTACION 12 Horas

INDICE DE VISCOSIDAD

TABLA N° 2

RESULTADOS EXPERIMENTALES

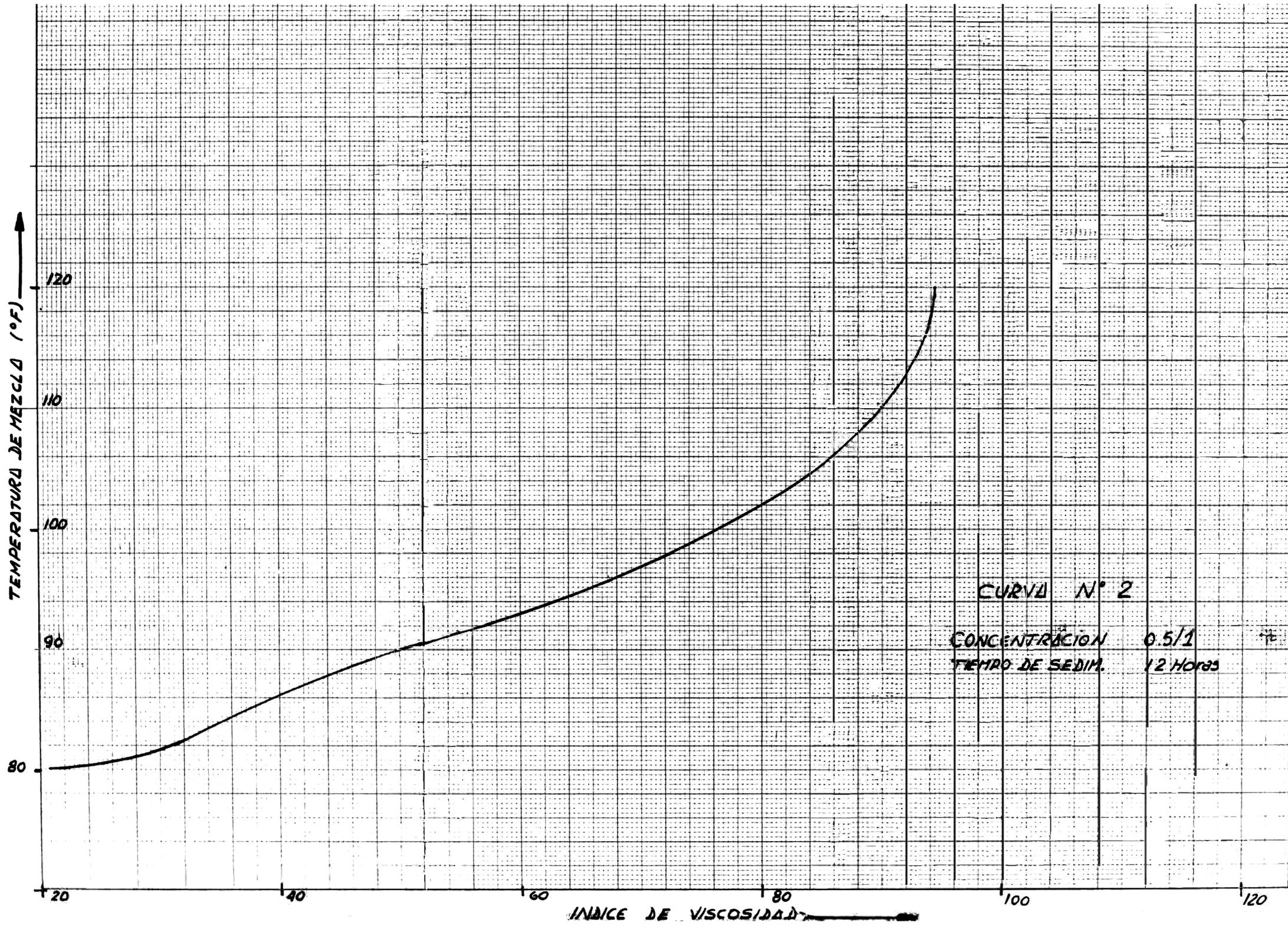
A - 100°F

MUES TRA	Nº del Capilar	Factor	Tiempo de Con ^t ac to.	Tiempo en Seg.	CS.	SSU
1	350 556	0.4798	82°F	293"	140.7	650
2	350 556	0.4798	90°F	288"	138.1	640
3	350 556	0.4798	100°F	262"	125.3	580
4	350 556	0.4798	110°F	247"	118.5	550
5	350 556	0.4798	120°F	222"	106.3	495

MUES TRA	I. V.
1	28
2	52
3	83
4	90
5	95

A - 210°F

1	350 556	0.4798	82°F	21.5"	10.3	59.5
2	350 556	0.4798	90°F	22.1"	10.6	62
3	350 556	0.4798	100°F	25.8"	12.4	68
4	350 556	0.4798	110°F	21"	10.1	59
5	350 556	0.4798	120°F	16.5"	7.9	52



TEMPERATURA DE MEZCLA (°F)

120

110

100

90

80

20

40

60

80

100

120

INDICE DE VISCOSIDAD

CURVA N° 2

CONCENTRACION 0.5/1

TIEMPO DE SEDIM. 12 HORAS

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la literatura expuesta en este trabajo, y de la breve pero útil experiencia en el Laboratorio, he sacado algunas conclusiones, unas más importantes que otras, pero todas ellas necesarias para conocer, aunque no mucho, sí algunos conceptos de los procesos de extracción con fenol y la importancia del mejoramiento del I.V de una fracción lubricante, por este método, el que por entrar a los campos de la refinación, lo hace en muchos aspectos, complicado.

Estas recomendaciones y conclusiones son:

- a.- El fenol por su evidente inmiscibilidad con la fracción lubricante es muy fácil de recuperar después de sedimentado.
- b.- El mejoramiento del I.V. de la fracción tratada es alta y amerita más el uso de este solvente el hecho de ser barato y de fácil obtención en el mercado.
- c.- A pesar de ser ácido, no es peligroso, aunque produce leves quemaduras, por lo que es conveniente tener cuidado en el manipuleo.

d.- La temperatura influye notablemente, incrementando el rendimiento.

B I B L I O G R A F I A

- TECNOLOGIA QUIMICA DEL PETROLEO Por GRUSS y STEVENS
- REFINACION DE PETROLEO Por NELSON
- THE SCIENCE OF PETROLEUM Por NASH-BROOK y TIZARD
- LUBRICACION -Revista de la TEXACO -Vol. 52 N° 3
- LABORATORIO DE PETROLEO -Revista de la ESSO*
- IMPORTANCIA DEL I.V. DE LOS ACEITES
- LUBRICANTES Por A.RUIZ CARO
- LUBRICANTES GRASAS Y ASFALTOS Por. ENRIQUE BARRAZA
-