

60-32
L67
32

Bernardo Losada S.

R 6926 ✓



LUBRICANTES Y LUBRICACION

Escuela Nacional de Minas

MEDELLIN

1930

ESTATUTOS UNIVERSIDAD NACIONAL

"Art. 200-El Presidente de Tesis, el Consejo de Jueces de Tesis y el Consejo Examinador NO serán responsables de las ideas emitidas por el Candidato."

T
621-89
167

LUBRICANTES

PRELIMINARES

* ACEITES. Bajo la denominación de "aceites" se encierra un gran número de sustancias de estructura química semejante, con muchas propiedades comunes, como la insolubilidad en el agua, la fluidez a la temperatura ordinaria o a temperaturas inferiores a 100° C, y cuya característica primordial estriba en que todos están compuestos de hidrógeno y carbono.

Por sus propiedades físicas y químicas, los aceites se dividen en dos grupos fundamentales:

- I): Aceites grasos o estables.
- II): Aceites esenciales o volátiles.

I). Aceites grasos. Químicamente pueden definirse los aceites grasos como gliceridos o ésteres glicéricos, formados por la unión de los ácidos grasos con un alcohol, (la glicerina).

Dividense los aceites grasos en grasas y ceras, división ésta que se funda en la formación química así:

Si tres moléculas de un ácido graso se unen con una molécula del alcohol trihídrico del propano C_3H_8 , o glicerina $C_3H_5(OH)_3$, y que es el alcohol formado reemplazando en el propano C_3H_8 tres H por el radical oxidrilo (OH) (que es como se forman los alcoholes, reemplazando H por OH en los hidrocarburos) tendremos una grasa; y si se une con una molécula del alcohol monohídrico, se forma una cera.

Pero aparte de esta distinción de carácter únicamente científico, las demás propiedades son idénticas: tienen al tacto, la misma apariencia, son igualmente sensibles a los solventes, etc. por lo cual en muchos casos no se las distingue industrial y comercialmente, como sucede con la grasa de ballena, que es en realidad una cera.

Los aceites grasos forman un grupo homogéneo y bien definido de sustancias que pasan por todos los grados de consistencia, desde los aceites que son líquidos a temperaturas inferiores a cero grados, hasta las grasas duras que funden muy cerca de 50°C.

Distinción marcada no la hay pues entre "grasa" y "aceite graso",; se acostumbra no obstante dar el nombre de aceites a aquellos gliceridos que son líquidos a una temperatura inferior a 20° C, y el de grasas a los que son sólidos más arriba de esta temperatura.

COMPOSICION QUIMICA Los triglicéridos más comunes, y que entran en la composición de casi todos los aceites grasos son:

- Triestearina $C_3H_5(O.C_{18}H_{35}O)_3$
- Tripalmitina $C_3H_5(O.C_{16}H_{31}O)_3$
- Trilinolina $C_3H_5(O.C_{18}H_{31}O)_3$
- Trilinolenina $C_3H_5(O.C_{18}H_{29}O)_3$
- Trioleina $C_3H_5(O.C_{18}H_{33}O)_3$

triglicéridos respectivamente de los ácidos grasos:

- Estearico $C_{18}H_{36}O_2$
- Palmitico $C_{16}H_{32}O_2$
- Linólico $C_{18}H_{32}O_2$

Linolénico $C_{18}H_{30}O_2$
 Oleico $C_{18}H_{34}O_2$

que han ^{ido} a reemplazar a las tres moléculas del radical oxidrilo (OH) en la glicerina $C_3H_5(OH)_3$. El radical gliceril C_3H_5 es trivalente y se combina pues con tres radicales ácidos; pero la substitución puede ser de una molécula, y se forma un monoglicerido, de dos, y se forma un diglicerido, o de tres y resultará un triglicerido, que son los más importantes y los que se supone entran en la formación de los aceites naturales.

Además de los ácidos grasos mencionados, se encuentran en los aceites otros varios ácidos grasos en menores proporciones, combinados igualmente con la glicerina. Entre otros citaremos: el ácido butírico $C_4H_8O_2$, el ácido caproico $C_6H_{12}O_2$, mirístico $C_{14}H_{28}O_2$, clupanodónico $C_{18}H_{36}O_2$, dihidroxiesteárico $C_{18}H_{36}O_4$.

Si en un aceite, el glicerol (glicerina) se ha combinado con un ácido únicamente, como en los que hemos visto, hasta aquí, el glicerido es "simple"; pero si va unido con dos o más radicales ácidos, el glicerido será un "glicerido mixto" como la estearo-palmito-oleina. Dos aceites pueden provenir de los mismos ácidos y no obstante ser diferentes, por la diversa constitución de los gliceridos de esos ácidos. Influyen en esto los agentes exteriores: clima y naturaleza del suelo en donde crezca la planta, para los aceites vegetales; clase de alimentos, clima y edad del animal, para los de origen animal.

Debemos pues considerar los aceites grasos, no como tipos químicos, cada uno con caracteres propios, sino más bien como individuos de una misma especie, sujetos a variaciones originadas muchas veces en circunstancias exteriores.

PROPIEDADES. Los aceites grasos son insolubles en el agua, solubles en el cloroformo, la bencina, el tetracloruro y el bisulfuro de carbono. El punto de congelación de los aceites varía entre $-20^{\circ}C$ y $3^{\circ}C$. A temperaturas superiores a $300^{\circ}C$ se descomponen con producción de acroleína C_3H_4O , e hidrocarburos más complejos. A cubierto del aire pueden calentarse hasta más arriba de $300^{\circ}C$ sin sufrir alteración; en algunos se operan cambios debidos a una polimerización. En estado líquido son muy sutiles y penetran por los poros de las sustancias secas. Su densidad varía entre 0.90 y 0.97.

II). ACEITES ESENCIALES. Desde el punto de vista químico, no presentan relación ninguna con los aceites grasos. Su nombre de aceites volátiles les viene únicamente de su apariencia acetosa y de su color, la mayoría de las veces amarillento. Son esencias vegetales volátiles de olor penetrante, empleadas en la industria con fines muy distintos de aquel que nos proponemos estudiar en el presente trabajo.

--- I ---

* DE LOS LUBRICANTES EN GENERAL *

* La gran mayoría de las piezas en las maquinas tienen movimientos, las

unas con respecto a las otras, movimientos que pueden ser de deslizamiento longitudinal, o de rotación. Si las superficies que se frotan no tienen alguna substancia que las cubra y proteja, y si las fuerzas que producen esos movimientos son de alguna consideración, viene una resistencia, un gasto de energía, un calentamiento y consiguientemente una alteración y un desgaste de las superficies frotantes. La razón de esto es la siguiente: las superficies, por pulimentadas que parezcan a simple vista, presentan al examinarlas microscópicamente infinidad de cavidades y protuberancias; en dos superficies de esa naturaleza que frotan una contra otra, estas irregularidades encajan entre si, y compenetrándose originan una fuerza que se opone al movimiento, llamada "Fricción", o con más propiedad, "fricción solida".

Pero si entre las dos superficies interponemos una substancia que llene esas cavidades, que establezca una solución de continuidad impidiendo el contacto directo, la fricción y sus efectos perjudiciales disminuyen. Una tal substancia, que desempeñe esta misión llámase "LUBRICANTE" (del latin "lubricare", deslizar; "lubricus", resbaladizo), y podemos definirla: "Un cuerpo solido o liquido que se interpone entre dos superficies que se frotan, a fin de conseguir una disminución en la fuerza que se opone al frotamiento, un menor desgaste de las superficies y un ahorro de energía".

DIVISION. Dividense los lubricantes en : Lubricantes liquidos y lubricantes solidos, y segun su origen, en animales, vegetales y minerales. Más adelante trataremos en detalle cada una de estas subdivisiones; bástenos por ahora mencionarlas.

PROPIEDADES FISICAS. I-. VISCOSIDAD. Viscosidad de un lubricante es la medida de su fluidez, su fricción interna o sea la velocidad con que se vierte, y es debida a la fuerza de cohesión que tienen sus particulas entre si.

Consideremos dos laminas lisas de una substancia cualquiera, superpuestas; supongamos que la inferior permanece fija mientras la superior se mueve con una velocidad v en una dirección paralela a su superficie, e introduzcamos entre las dos un liquido cualquiera. Este liquido estará en reposo en la vecindad de la superficie de la lamina inmóvil, mientras que en la vecindad de la lamina que se mueve, tendrá una velocidad

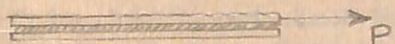


fig. 1

igual a v . Podemos considerar el liquido como formado de capas superpuestas, cada una de las cuales se mueve con una velocidad que es proporcional a su distancia vertical a la lamina fija. Debido a la viscosidad del liquido, se necesita aplicar continuamente una fuerza para mantener la velocidad constante v de la lamina superior, y esta fuerza se transmitirá a la lamina inferior a través de las capas del liquido. Sea P esa fuerza, A el area de la lamina, y X la distancia vertical entre las laminas. Entonces el esfuerzo (shear) F está expresado por:

$$F = P/A,$$

y como la distancia recorrida en un segundo por la lamina superior en relación a la inferior es igual a v , el esfuerzo F es igual a v/X , y es

constante en toda la distancia X . La relación v/X se llama "rata de torsión", y la fuerza necesaria para producir la rata de torsión "unidad" se llama "coeficiente de viscosidad" o viscosidad "absoluta" y se representa usualmente por n . Así:

$$F = n \cdot v / X, \text{ de donde, } n = \frac{F}{v/X}$$

y para una velocidad v unidad y una distancia X unidad, $n = F$, que es el verdadero concepto de viscosidad.

Podemos pues ya definir la viscosidad absoluta diciendo que es: "La fuerza que hace mover la unidad de area de superficie plana con una velocidad unidad, respecto de otra superficie plana de la cual está separada por una capa del liquido de espesor unidad".

Siendo, como en realidad es, la viscosidad una fuerza (F), se deberá medir en unidades de fuerza, por ejemplo dinas por centímetro cuadrado, pero siendo más difícil llevar a la practica tal medida, se acostumbra expresar la viscosidad, viscosidad especifica, de un lubricante, por el tiempo que gasta el lubricante en correr a traves de un tubo capilar de dimensiones determinadas, procedimiento que hemos de estudiar en detalle al hablar del analisis de los lubricantes. Generalmente el valor de un lubricante depende de su viscosidad, pero esto no tiene una exactitud rigurosa pues hay un factor que influye con no menor fuerza en la calidad del lubricante, y es la oleaginosidad, o propiedad de formar una pelicula entre las superficies frotantes y oponerse a ser expulsado por la presión. Esta propiedad depende en gran parte de la viscosidad, pero esto no significa que el aceite de mayor viscosidad sea en determinado caso el mejor lubricante. Si tomamos una porción de vaselina y otra de un aceite cualquiera, de ricino por ejemplo, la primera nos parecerá al frotarla sobre la palma de la mano, menos suave y de apariencia menos oleaginoso que el segundo; la vaselina es más viscosa que el aceite de ricino, con todo, este es mejor lubricante por su mayor oleaginosidad.

La viscosidad tiene marcados sus limites; no ha de ser excesiva, hasta contrarrestar el efecto de la lubricación aumentando el "coeficiente de fricción", ni tan pequeña que el lubricante sea expulsado de entre las superficies frotantes por una leve presión. En tesis general, la viscosidad debe variar proporcionalmente a la carga que actua sobre las superficies frotantes.

RELACIONES DE LA VISCOSIDAD. a) CON LA TEMPERATURA. La viscosidad varia inversamente a la temperatura. El trabajo gastado se transforma en calor a razon de 1 B.T.U. por cada 772 pies-libras de trabajo perdido. Este calor producido disminuye la viscosidad del lubricante, pues lo liquida y adelgaza. Es pues importante conocer lo más exactamente posible la temperatura del organo que se va a lubricar, cuando se trate de escoger el lubricante.

Cuando la velocidad de frotamiento es de 4 a 5 pies por segundo, el aumento de temperatura es de 40 a 50 grados F. para los aceites animales y vegetales, y de 30 para los minerales. Se han construido graficos que muestran las variaciones de la viscosidad con la temperatura, pero

su manejo y construcción son muy difíciles, pues más arriba de 60 grados C. las variaciones en la viscosidad son casi imperceptibles. En estos graficos las temperaturas se toman como abscisas y las viscosidades como ordenadas.

b)-CON LA PRESION. Cuanto mayor sea la presión que soportan las superficies lubricadas, mayor debe ser la viscosidad del lubricante empleado. Es interesante conocer estas variaciones, y tambien existen graficos cuyas abscisas representan las presiones en kilos por centimetro cuadrado, y cuyas ordenadas el porcentaje de aumento de la viscosidad. la variación es mucho más rápida para los aceites minerales que para los animales y vegetales. Asi, para presiones entre 0 y 350 kilos por centimetro, el aumento es de 125 a 150% para los aceites minerales, mientras para los otros es sólo de 70%.

II-.DENSIDAD. Densidad absoluta de una substancia es su peso por unidad de volumen. Gravedad especifica, densidad con relación al agua, o simplemente densidad, es la relación entre el peso de un cierto volumen del cuerpo y el peso del mismo volumen de agua. La densidad se expresa en unidades de peso, libras o gramos, por unidad de volumen, pulgadas o centimetros cubicos; la gravedad especifica es simplemente un numero.

Para un lubricante, gravedad especifica es la relación entre el peso de un cierto volumen del lubricante, y el peso del mismo volumen de agua. En Estados Unidos e Inglaterra se toma como temperatura para la comparación, 60 grados F. En los países que usan el sistema C.G.S. la medida se hace a 15°C. y se compara con el agua a 4°C. usándose el centimetro cubico como unidad de volumen. La gravedad especifica de la substancia a 15°C referida al agua a 4°C debería logicamente ser menor que la gravedad especifica a 60°F referida al agua a 60°F, pero como el coeficiente de expansión del agua es tan pequeño, la diferencia de valores es insignificante.

Los aceites animales y vegetales tienen todas densidades que se diferencian muy poco unas de otras; las densidades de los aceites de origen mineral, por el contrario, difieren entre si considerablemente, siendo la causa de esto, la naturaleza y variedad del petroleo crudo del cual provienen, y los metodos de destilación y refinación que se han empleado para obtenerlos. En los aceites obtenidos de petroleos crudos semejantes y por metodos de refinación analogos, la densidad crece con la viscosidad. Los aceites que provienen de petroleos asphalticos tienen densidades más altas que los que provienen de petroleos parafinicos. Conocer la densidad es pues de mucha importancia, porque unida a otros caracteres que hemos de ver, sirve para identificar el petroleo crudo del cual proviene el aceite en cuestión. Esto no quiere decir, sin embargo que la densidad desempeñe un papel que influya directamente en el valor de un lubricante.

III-.UNTUOSIDAD. Es el poder de adhesión del lubricante a las superficies con las cuales está en contacto.

Los aceites puros, tomados individualmente, poseen esta propiedad en un

grado muy pequeño, siendo todavía menor en los aceites minerales que en los animales y vegetales. Con el fin de obtener lubricantes de untuosidad suficiente, se mezclan aceites de diferente origen, obteniéndose así mezclas en las cuales esta importante propiedad ya es apreciable. Este hecho ha inducido a creer que la untuosidad es más bien un carácter químico de la mezcla, que una propiedad física de los aceites, y los autores lo explican diciendo, que las moléculas de aceite vegetal o animal en presencia de las moléculas de aceite mineral, se adhieren más fuertemente a las superficies metálicas, y así el producto obtenido puede soportar presiones que expulsarían de entre las superficies frotantes a los aceites si se emplearan solos.

Un aceite de viscosidad muy alta tiene más untuosidad que uno de viscosidad menor; no obstante, dos aceites pueden tener la misma viscosidad y sus untuosidades ser muy diferentes.

IV.-CAPILARIDAD-. Es la propiedad de fluir a través de cuerpos de naturaleza fibrosa, como hilaza, estopa, lana, etc. usados como vehículos del lubricante en algunos sistemas de lubricación, o a través de tubos muy delgados.

El poder de capilaridad varía mucho para las diversas clases de aceites. Cuanto más baja sea la viscosidad, más activa será la circulación por capilaridad.

V.-PUNTO DE FUSION-. El punto de fusión de un aceite, líquido a la temperatura ordinaria, también llamado "punto de derrame" es la temperatura a la cual el aceite principia a correr, si después de haberlo congelado previamente, se deja fundir expuesto a la temperatura ambiente.

El punto de fusión de mantecas y grasas no líquidas a la temperatura ordinaria, no es una temperatura definida, pues se ablandan y funden gradual e insensiblemente al principiar a calentarlas.

VI.-PUNTO DE INFLAMACION-. Es la temperatura a la cual el lubricante, calentado, despidе vapores que se inflaman momentáneamente al acercarse a la superficie una llama, sin que el lubricante continúe ardiendo.

VII.-PUNTO DE COMBUSTION-. Si después de haber pasado por el punto de inflamación se continúa calentando el aceite, llegará un momento en el cual, después de emitir los vapores inflamables, el aceite continúa en combustión. La temperatura a la cual esto se verifica, se llama punto de combustión.

VIII.-CALOR ESPECIFICO-. Es la cantidad de calor necesaria para elevar en 1 grado F la temperatura de una libra del lubricante, o en 1 grado C la de un kilo del mismo, comparada con la cantidad de calor necesaria para elevar en un (1) grado F ó C la temperatura de una libra o de un kilo de agua.

Los aceites de más alta viscosidad tienen un calor específico que los de viscosidad inferior. Los calores específicos de los aceites minerales de origen parafínico son más altos que los de los aceites de origen asfáltico. Esa diferencia entre los calores específicos de los aceites, es una característica que debe tenerse muy en cuenta, pues la elevación ^{also más bajo}

de temperatura que naturalmente tiene lugar en el lubricante durante el trabajo, reduce notablemente la viscosidad; y así, cuanto menor sea el calor específico del lubricante, serán mayores, la elevación de su temperatura en la película y la reducción de su viscosidad. Adelgazado el lubricante, será muy fácilmente expulsado de entre las superficies, anulándose su efecto.

- * IX-.COEFICIENTE DE EXPANSION-. Es la expansión o contracción por unidad de volumen, que corresponde a una variación de temperatura de 1 grado.
- * X-.EMULSIBILIDAD-. Es la tendencia a formar emulsiones al contacto con el agua, esto es, a dividirse en ella en globulos muy finos.

* CARACTERES QUIMICOS.

- I-. ACIDEZ -. Es la proporción de acidos libres que contiene el lubricante. Estos acidos pueden ser minerales, como el acido sulfurico en trazas, proveniente del proceso de refinación, u organicos, añadidos posteriormente o incompletamente eliminados.
- * II-.SAPONIFICACION-. El valor de saponificación es el número de miligramos de potasa (KOH), necesarios para saponificar los elementos grasos (animales o vegetales), presentes en un gramo de aceite.
- * III-. OXIDABILIDAD-. En presencia del oxigeno del aire, ^{los aceites,} principalmente los animales y vegetales, se enrancian y depositan sedimentos; la luz y el calor favorecen el proceso de oxidación.

--- II ---

ORIGEN DE LOS LUBRICANTES. DIVISION.

TACEITES ANIMALES-

SEBO-. Es un producto graso que se extrae del tejido adiposo de algunos animales, (ganado vacuno, lanar, cabras etc.), de propiedades muy variadas segun la clase del animal y las condiciones alimenticias, climatéricas etc. en las cuales se halle. Se beneficia el sebo por varios procedimientos: 1) La materia prima despues de cortada en fragmentos, y lavada, se coloca en un recipiente con agua y se hace hervir por espacio de hora y media; debido a la agitación y ebullición del agua, el sebo se clarifica, y se separa luego por decantación; las membranas (chicharrones), que encerraban el sebo se someten luego a la presión para extraer el que pudiera quedar. 2)-. Otro procedimiento, que es una variación del anterior, consiste en reemplazar el agua por una solución de sosa al 10%; el alcali, ayudado por el calor, rompe el tejido membranoso que contiene el sebo, y este, fundido, se separa de los chicharrones se lava, se filtra y se deja en reposo. La solución de sosa se substituye a veces por solución al 5% de acido sulfurico. El sebo se refina haciendolo hervir en una solución de alumbre ó de sal comun, y filtrandolo de pues. Hace algun tiempo se empleaba como lubricante este sebo en bruto tal como se obtiene por los procedimientos descritos; hoy, sólo se usa el "aceite de sebo" que se obtiene sometiendo el sebo bruto a la presión

en una prensa hidráulica; se emplea en la fabricación de algunos aceites para cilindro, y el sebo bruto para base de algunas grasas para engrajes sencillos.

Su punto de inflamación es 213°C . Densidad 0.912. Color claro o amarillado pálido.

[ACEITE DE CERDO-. Se lo obtiene sometiendo a la presión el aceite de cerdo. ^{la manteca} Es amarillo claro y tiene un olor característico. Se utiliza como lubricante aunque en pequeña escala, pues se enrancia rápidamente y se reseca perdiendo sus propiedades. El oscurecimiento de su color, indica un principio de alteración. Su punto de inflamación es próximo a 270°C . Densidad, 0.914. Solidifica entre 1 y 5°C .]

[ACEITE DE PATA-. Para extraerlo se procede así: Después de quitar la piel y la parte cornea (Pezuña) de las extremidades inferiores del animal, (ganado vacuno, lanar etc.), se cortan en fragmentos por las articulaciones de los huesos, y se someten durante media hora a la ebullición en agua; el aceite flota sobre el agua hirviente, de donde se recoge a medida que vá apareciendo. Se refina tratándolo por una lejía de sosa o por el ácido sulfúrico, y se clarifica. Puede obtenerse también por exposición al sol de la materia prima, o por el calentamiento en seco y en recipiente cerrado; recogiendo así el aceite que destila. Tiene excelentes propiedades lubricantes, y debido a su pureza se emplea para mecanismos finos, (relojería, instrumentos de precisión). Su uso está poco extendido debido a su escasez y a su precio elevado. Densidad 0.915. Punto de inflamación, 230°C . Solidifica a temperaturas inferiores a 0°C .]

[ACEITE DE BALLENA-. Se obtiene por la cocción de diversas partes del cuerpo del animal, según el procedimiento siguiente: después de abierto el animal se extrae la grasa y se divide en fragmentos pequeños, los que se hacen hervir en agua calentada al baño María; el aceite que flota se recoge y se deja enfriar. Se refina, quitándole primero la gelatina mediante un tratamiento de alumbre en caliente, o de tanino, acetato de plomo o sulfato de cobre, decolorándolo luego con una lejía de potasa, ácido sulfúrico y una corriente inyectada de vapor de agua, y quitándole el olor desagradable que aun conserva, mediante un lavado con solución de cloruro de calcio, (3 kilos de cloruro en 6 litros de agua, por cada 100 kilos de aceite); después de haberlo mezclado con lejía de sosa, y separado por decantación.

El aceite de "espermaceti" se extrae directamente sin recurrir a la cocción, sometiendo los fragmentos de la cabeza de la ballena a la presión en una prensa y a baja temperatura. El espermaceti, que es una sustancia cristalina que se encuentra en este estado en ciertas cavidades de la cabeza del animal, destila el aceite bajo la presión. Este aceite es el más fluido y el menos denso de todos los aceites fijos (animales y vegetales).

Mezclado con aceites minerales muy refinados, se emplea para lubricar mecanismos finos o de altas velocidades. Densidad 0.878.]

ACEITES DE PISCADO-. De bacalao, arenque, delfin, son aceites que se emplean poco como lubricantes, cuando no sea unidos a aceites minerales puros, para mecanismos delicados de relojería. La extracción es semejante a la del aceite de ballena.

TABLA N° 1. Características principales de los aceites animales industriales más importantes.

Origen	Densidad	Temp. de solidif. ° C.	Viscosidad (Engler)		Acides %
			38°C	100°C	
Sebo	0.94-0.95	+27 a +38	29-32	1,2-1,5	2-10
Aceite de sebo	0.91-0.92	0 a +5	5,1-5,9	"-1,5	1-5
Grasa de cerdo	0.93-0.94	+38 a +40	5,1-5,9	" "	50-60
Aceite de cerdo	0.91-0.92	-4 a +10	5,1-5,9	" "	3-25
Aceite de pata	0.91-0.92	0 a +2	5,1-5,9	" "	0,4-35
Aceite de pescado	0.92-0.93	-4	3,7-4,2	" "	3-6
Aceite de ballena	0.92-0.93	+14 a +27	3,7-4,2	" "	5-37
Act. de espermacet.	0.87-0.88	+10 a +13	2,9	" "	0,5-3

ACEITES VEGETALES-

ACEITE DE RICINO. Se extrae de las semillas del ricino (higuerillo, *ricinus communis*), planta de la familia de las Euforbiaceas, sometidas a la ebullición despues de haber sido tostadas y comprimidas. Es un liquido incoloro cuando es puro, o de un ligero tinte verde-amarillo; este color sube de tono por la acción del calor y de la luz. Contiene estearina y palmitina, pero su componente principal es el glicerido del acido ricinoléico. No se reseca y es el más viscoso y el más denso de los aceites fijos. Es insoluble en el petroleo y la gasolina por lo cual se le emplea como lubricante en motores de explosión. Tiene gran aplicación como lubricante, solo o adicionado a aceites minerales, con los cuales se mezcla con dificultad. Para facilitar la mezcla se le calienta a 300°C por espacio de 5 horas en un autoclave a 5 atmosferas de presión. Así se obtiene un cambio en su naturaleza, y se obtiene un producto más miscible a los aceites. Se le refina por la ebullición, que elimina el fermento del ricino, principio que hace que se enrancie, o por el acido sulfurico, blanqueándolo luego por exposición al sol o por una lejía de potasa o sosa, y filtrándolo finalmente.

ACEITE DE COCO. Obtiénese sometiendo a la presión en caliente la pulpa del coco en la cual el aceite está en la proporción de 60 a 70%. Se le refina por un tratamiento de carbonato de sodio y sal co-

mun, e hirviéndolo despues en agua acidulada con acido salicílico. Se le usa en la fabricación de lubricantes para maquinas de combustión interna.]

ACEITE DE PALMA-. Se extrae del pericarpio o de la almendra del fruto de varias especies de palmas. Estos productos son solidos a la temperatura ordinaria, y de color amarillo subido. Su punto de fusión varia con la proporción de acidos grasos libres. El aceite extraído del pericarpio tiene en suspensión mucilagos y albuminas, y es preciso clarificarlo por un reposo prolongado en caliente, y filtraciones sucesivas. El extraído de la almendra puede usarse directamente pero por lo regular se le refina dejándolo enfriar en reposo. Estos aceites se emplean para la fabricación de grasas lubricantes para ejes sometidos a altas temperaturas o fuertemente cargados (ferrocarriles).]

ACEITE DE COLZA-. Se obtiene de las semillas de la planta de este nombre, (crucifera, "Brassica napus oleifera"), El aceite de colza en el estado bruto es de color amarillo, que se aclara por la refinación. Esta se efectúa mediante un tratamiento de acido sulfurico que precipita los mucilagos, agitando con agua caliente y filtrando despues. El tratamiento por el acido sulfurico dá lugar a que se presenten acidos grasos, oléico especialmente, en estado libre, los que es preciso eliminar, para lo cual se adiciona oxido de zinc en polvo en la proporción de 1%, u oxido de plomo en la proporción de 3%, si se desea obtener un aceite más viscoso.]

Hay otros muchos aceites grasos de origen vegetal de uso más restringido, sea por su escasez o por sus propiedades secantes: aceite de semilla de algodón, de aráquida (cacahuete o mani), oliva, linaza, etc., extraídos por procesos más o menos semejantes a los que acabamos de ver.

Los aceites animales y vegetales, son llamados "aceites fijos", porque, a diferencia de los minerales, no pueden ser destilados sin descomponerse. Difieren tambien de aquellos por su contenido de oxigeno, que varia entre 9 y 13%. Todos estos aceites tienen una marcada tendencia a absorber oxigeno, y segun el mayor o menor grado en que tengan esta particularidad se llaman secantes, semi-secantes o no-secantes. Los lubricantes pertenecen a estas dos ultimas clases. La absorción de oxigeno determina la formación de una especie de pelicula elástica.]

ACEITES MINERALIS-. Segun su procedencia, los aceites de origen mineral se clasifican en:

- a)-. Aceites derivados del petroleo.
- b)-. Aceites derivados de esquistos.
- c)-. Aceites derivados del alquitran.]

PETROLEOS-. Debido a la gran variedad de los petroleos brutos y al crecido número de sus productos, es preciso antes de hablar de los aceites derivados de ellos, enumerar sumariamente sus propiedades, su composición y la serie de operaciones a que se someten para obtener estos productos. Los petroleos brutos estan constituidos por mezclas de

hidrocarburos, y por compuestos sulfurados, oxigenados e hidrogenados de estos mismos hidrocarburos. Los principales hidrocarburos de los petroleos pertenecen a las series, parafínica o forménica ($C_n H_{2n+2}$) etilénica ($C_n H_{2n}$) no saturada), nafténica ($C_n H_{2n}$ saturada), y ben-cénica ($C_n H_n$), aunque esta ultima en menores proporciones.

La mayor parte de los petroleos crudos son de caracter muy complejo pues contienen hidrocarburos de estas varias series, lo que dificulta en muchos casos la delimitación rigurosa. Sin embargo, los petroleos crudos se han clasificado en : petroleos de base parafínica, petroleos de base nafténica, petroleos de base asfáltica y petroleos mixtos.

Los petroleos de Pensilvania y Ohio son los petroleos tipicos de base parafínica ($C_n H_{2n+2}$). Son fluidos, poco densos, ricos en gasolina y querosenes, y contienen por lo regular porciones reducidas de asfalto, azufre, oxigeno o nitrógeno. Los aceites lubricantes derivados de estos petroleos tienen en su composición, naftas, ($C_n H_{2n}$), y acetilenos ($C_n H_{2n-2}$), y hasta un 2% de parafina. Los petroleos de Rusia, California y el sur de Estados Unidos, son petroleos de base nafténica. Los petroleos de base asfáltica son petroleos naftenicos ricos en asfalto, y que contienen proporciones pequeñas de oxigeno o nitrogeno. Son clasificados en este grupo los petroleos de Méjico, Tejas, California y Sur-América. Son muy viscosos, de color negro y ricos en aceites lubricantes, que se obtienen despues de la eliminación total de los compuestos sulfurados que contienen estos petroleos, y que son nocivos desde el punto de vista de la lubricación.

Los petroleos mixtos, son petroleos de caracter intermedio entre los parafinicos y los asfálticos, y que contienen hidrocarburos de los unos y de los otros, (parafina y asfalto).

DESTILACION- En encontrándose en estado de disolución los diversos elementos en los petroleos brutos, es posible aislarlos por destilación fraccionada, en virtud de sus diferentes temperaturas de vaporización, en grupos separados y definidos. La destilación se efectúa en grandes aparatos, a manera de alambiques, cuya base es un gran cilindro metálico calentado en un hogar, y con capacidad hasta para 150.000 barriles de petroleo bruto. Los vapores son conducidos a refrigeradores a través de una columna de fraccionamiento: los productos más volatiles atraviezan la columna sin condensarse, y llegan hasta los serpentines refrigerados por agua, en donde se condensan; los productos menos volatiles se condensan en la columna, tanto más cerca de la parte inferior cuanto menos volatiles sean.

Debajo de cada grupo de elementos tubulares de la columna, hay platos recolectores que recogen las fracciones condensadas, las que por tuberías son conducidas a refrigeradores de agua y por fin a una cámara de clasificación en la cual, por miras de vidrio colocadas en las tuberías, se observa la clase del producto destilado, el que por un juego de canillas se envía al tanque correspondiente destinado a de-

posito de cada clase. El petroleo es asi fraccionado en: Gasolina bruta. Lampante bruto. Aceite bruto (gas oil). Destilado de aceites lubricantes. Residuo (mazout).

Las esencia ligeras destilan al rededor de 150° C; son hidrocarburos volatiles: eteres de petroleo, ligroina, esencia de petroleo. Siguen luego los petroleos lampantes, entre 150 y 180° C y el "gas oil" combustible; los aceites lubricantes destilan a partir de 300° C. La destilación se suspende antes de que el depósito de petroleo crudo se haya vaciado completamente, y queda un residuo que contiene, en los petroleos parafinicos, parafina, vaselina e hidrocarburos lubricantes sumamente viscosos que sirven de base mineral para fabricar el "aceite de cilindro". Si la destilación no se suspendiera, el residuo se destruiria, quedando sólo un deposito de coke.

Si el petroleo bruto es, por el contrario, parafinico, el residuo es diferente: substancias bituminosas, aceite combustible (fuel oil), aceite de alquitran para carreteras, asfalto para pavimentos.

RE-DESTILACION DE LAS FRACCIONES. REFINACION-. Las fracciones asi obtenidas sufren una serie de tratamientos que tienen por objeto aislar los diversos productos comerciales y eliminar los elementos perjudiciales, en particular hidrocarburos no saturados y sus compuestos. La gasolina bruta es tratada por el acido sulfurico, lavada luego y destilada por segunda vez para obtener eteres de petroleo y esencias volatiles. El lampante y los aceites lubricantes son tratados por el acido sulfurico y luego filtrados; estos tratamientos se verifican en grandes recipientes cilindricos de base conica, provistos de agitadores; los productos alquitranados deppsitán y son evacuados por un conducto especial en el fondo, lo mismo que el acido en exceso; se repite luego la operación reemplazando el acido por agua alcalinizada para neutralizar las trazas de aquel; despues se efectua la filtración.

Ciertos destilados brutos de aceites lubricantes, ricos en parafina, son sometidos a una destilación parcial, mediante la cual, la parafina se separa y cristaliza; despues se enfrían en serpentines y se filtran; la parafina amorfa que aun contienen y que queda en el filtro con un 50% de aceite lubricante (en peso), se recoge y se calienta; el aceite se recoge aparte y la parafina se deja solidificar. Cuando la parafina se separa por destilación, el lubricante obtenido se llama "aceite destilado", para distinguirlo del "aceite filtrado" obtenido por filtraciones sucesivas, sin ningun tratamiento quimico.

El "aceite bruto de cilindro" tiene, segun vimos arriba, por una parte, hidrocarburos muy viscosos que le dan sus propiedades caracteristicas, y por otra, hidrocarburos más viscosos aun, semi-solidos, que constituyen las "vaselinas". Estas vaselinas son perjudiciales y es preciso diluirlas con eter de petroleo y separarlas por decantación y filtración, dejando libre el "aceite de cilindro" propiamente dicho.

Algunos aceites "destilados" y "filtrados" se someten todavia a tratamientos ulteriores para librarlos de ciertos hidrocarburos, que aunque tienen propiedades lubricantes, son los factores principales de

la desecación, emulsiónamiento, resinificación etc, del lubricante, en las condiciones de trabajo, que tienen efectos perjudiciales, y que a su tiempo hemos de estudiar.

a)-. ACEITES DERIVADOS DEL PETROLEO.-Resumiendo pues lo dicho hasta aquí tenemos:

- * ACEITES BRUTOS DE CILINDRO- Residuos de la destilación de los petroleos crudos parafinicos; sirven de base, unidos a aceites animales libres de acidos, para la preparación de los aceites de cilindro comerciales. Por filtraciones sucesivas se obtienen los aceites de cilindro de más alta calidad, menos viscosos y de color más claro, que unidos a los aceites "destilados" de que ya hablamos, dan origen a aceites de mayor viscosidad. La mayor parte de los aceites comerciales espesos se obtienen por este procedimiento.
- * ACEITES ROJOS-, Son los que (arriba) llamamos "aceites destilados", espesos. Empleados para lubricación externa, transmisiones etc. Como se emulsionan facilmente con el agua, no sirven para lubricar en condiciones de contacto con ella. Los aceites rojos provenientes de petroleos crudos parafinicos, no sirven para uso en maquinas de combustión interna pues producen depositos de carbon de gran dureza, que rallan las superficies. Mezclados a aceites animales o vegetales dan lubricantes de magnífica calidad.
- * ACEITES PALIDOS-. Se obtienen por purificación completa de los aceites rojos, filtraciones sucesivas o tratamiento por el acido sulfurico seguido de neutralización. Son muy fluidos y se usan para ejes de gran velocidad, maquinaria electrica y motores de explosión. Puede espesárselos por la adición de aceites de cilindro, cuando se requieran aceites de más viscosidad. Depositán menos carbon que los aceites rojos.
- * ACEITES NEUTROS-. Son los "aceites filtrados", despues de decolorados y deparafinados. Tienen poca tendencia a emulsionarse con el agua y su punto de congelación es muy bajo, debido a la deparafinización. Tienen las mismas aplicaciones de los aceites palidos, y por redestilación se pueden obtener aceites neutros de diversas viscosidades.
- * ACEITES NEGROS (FUEL OILS)-. Se obtienen cuando los residuos de la destilación de los aceites de engrase superiores no pueden emplearse para aceites de cilindro por su baja viscosidad. Con la adición de aceites más espesos se aumenta su viscosidad y se obtienen lubricantes de calidad inferior. Su color oscuro es debido a la presencia de asfalto; si este es excesivo, sólo sirven estos aceites como combustibles.
- * ACEITES INCONGELABLES -. Son derivados de los petroleos no parafinicos a veces los petroleos parafinicos pueden dar aceites incongelables por una cuidadosa y larga refinación. Su temperatura de congelación varia entre -17 y -40° C; en los de origen parafinico, esta temperatura es un poco más elevada. Se emplean para mezclarlos con aceites animales y vegetales, y para lubricar maquinas de combustión interna, pues no depositan carbon.]

GRASAS MINERALES-: Vaseline y paravaseline (vaselina y parafina). ~~Entran en la composición de las grasas comerciales.~~

* b) a)-. ACEITES DE ESQUISTOS. Los esquistos bituminosos contienen hasta un 30% de materias orgánicas, y por calentamiento en vaso cerrado dan de 15 a 20% de productos volátiles; el resto de la materia orgánica se descompone y el carbono puesto en libertad se incorpora a los residuos. La destilación se efectúa en cámaras: una tonelada de esquistos dá al rededor de 400 metros cúbicos de gas combustible, 70 a 80 litros de hidrocarburos líquidos, aguas y amoniacales.

Estos hidrocarburos contienen: un aceite de color verde azulado y una esencia volátil utilizada para motores; el aceite, por destilación fraccionada produce: un aceite lampante, gases, aceites lubricantes pálidos y oscuros, un mazout y un aceite pesado propio para motores Diesel. Estos aceites son poco viscosos y tienen una crecida proporción de parafina y algunos constitutivos que originan la resinificación, por lo cual su uso no está muy extendido.

* c)-. ACEITES DE ALQUITRAN -. La destilación del alquitrán de huya produce aceites lubricantes que sirven para la fabricación de grasas de inferior calidad o para espesar algunos aceites derivados del petróleo.

GRAFITO- Es un cuerpo sólido, de brillo metálico, untuoso al tacto y compuesto casi exclusivamente de carbono. Las propiedades lubricantes del grafito no se habían podido utilizar por la imposibilidad de mantenerlo en difusión en el líquido que sirviera de vehículo, hasta que Acheson logró producir en el horno eléctrico un grafito artificial de gran pureza (99.5% de carbono puro), en forma de polvo finísimo (14.000 partículas forman una longitud de 1mm), y que se difunde perfectamente sin precipitarse en los aceites y grasas que no tienen trazas de ácidos. El lubricante formado a base de este grafito artificial recibe el nombre de "Oildag" (Oil deflocculated Acheson graphite) y tiene la ventaja de que no sólo se utilizan las propiedades lubricantes del grafito, sino que produce un pulimento perfecto de las superficies frótantes, ejes, cojinetes, paredes de cilindros, pues el grafito llena todas las pequeñísimas cavidades de esas superficies.

El grafito natural en sus dos formas: cristalino y amorfo, contiene siempre elementos extraños, sílice, mica, óxido de hierro, de los cuales es preciso purificarlo por procedimientos mecánicos o químicos, siendo más fácil purificar el cristalino que el amorfo.

BALCO- Es un cuerpo blando, muy suave al tacto, de dureza 1 a 1.5, densidad 2.7, cuya fórmula química es $H_2Mg_3Si_4O_{12}$ (metasilicato ácido de magnesio). Al igual del grafito se le emplea como lubricante, solo o incorporado en aceites o grasas.

Citaremos también como lubricantes minerales, la mica pulverizada, la flor de azufre y el carbonato básico de plomo.

DIVISION- Los lubricantes que acabamos de enumerar, animales, vegetales y minerales, se llaman "lubricantes elementales", ya que para obtener los lubricantes del comercio o "lubricantes mixtos", cada fabri-

cante mezcla o adiciona lubricantes elementales de origen o calidad diversos usando proporciones y procedimientos patentados tan variados como numerosos son las denominaciones y usos a que se destinan y hasta los cuales no nos es dado llegar en nuestro estudio.

Los lubricantes elementales se dividen, segun su consistencia, en :Liquidos(aceites), semisolidos, que no vierten a la temperatura ordinaria(sebos, "aceites" de palma, vaselinas, hidrocarburos para fabricar aceites de cilindro), y solidos (grafito, talco, mica). Las denominaciones generales de los lubricantes mixtos, en el comercio son: Aceites para cilindro; aceites para dinamó; aceites para maquinaria; grasas. División fundada en las condiciones de temperatura, velocidad o presión, en las cuales haya de encontrarse el lubricante.

Las "grasas" del comercio estan constituidas por un aceite mineral, 80 a 90%, mezclado muy perfectamente con un 20 a 10% con el producto de la saponificación, llamado base de la grasa, de un aceite vegetal o animal, generalmente sebo de res.) (Llámase saponificación la acción de las bases, soda, potasa, cal, sobre los cuerpos grasos, con formación de jabones). El sebo se mezcla con solución de soda, potasa o cal, se calienta, y al cabo de tres o cuatro horas se ha formado el jabon o base para la grasa. El aceite mineral se mezcla luego muy perfectamente mediante agitación mecánica con esta base, hasta obtener la consistencia deseada. La purificación se hace forzando la grasa todavia caliente y fluida a traves de filtros o tamices. Los procedimientos de fabricación y los nombres de las grasas son muy variados, pero el que hemos explicado someramente, es el tipo de fabricación más usado. Las grasas grafiticas, tienen alrededor de 15% de grafito incorporado. La clasificación standard de las grasas comerciales segun sus consistencia, es: N^o 1, muy blanda; N^o 2, blanda; N^o 3, media; N^o 4, dura; N^o 5, muy dura. El aceite mineral usado para la fabricación, es un "aceite palido", y dá grasas de mejor clase que los aceites rojos".]

--- III ---

* EXAMEN DE LOS LUBRICANTES

La elección del lubricante adecuado para cada clase de maquinaria y uso, requiere experiencia, estudio y comparación entre los diversos tipos para las mismas condiciones de trabajo. Es bien sabido que el fabricante de lubricantes, se preocupa al principio por obtener tipos standard, los que analiza y ensaya con mayor o menor cuidado, ofreciendo despues al mercado productos mas o menos similares a se ejemplar de laboratorio. El consumidor, por su parte, preocupado unicamente por el precio, y sin prever que su negligencia en este sentido puede ocasionarle serios accidentes, se interesa poco o nada por estudiar

saliéndose de la rutina, si en las condiciones particulares de su operación, el lubricante que emplea es el que en realidad satisface todas las exigencias. Pero el ingeniero o el industrial, que interesados en estas cuestiones, hayan llegado al convencimiento de que la lubricación correcta es una ciencia, deben avanzar un paso más, y aplicar su iniciativa y sus conocimientos en el sentido de, que, cuando se trate de elegir un lubricante, se proceda menos a ciegas y más a conciencia, constatando si la realidad corresponde a la indicación que acompaña a la marca de fabrica.

Las condiciones generalmente aceptadas para un buen lubricante son: Viscosidad, "cuerpo" suficiente, y alto poder lubricativo; untuosidad para impedir el contacto directo de las superficies que lubrica, dentro de las condiciones de velocidad, temperatura, presión etc. en que trabaja. Poca untuosidad equivale a desgaste y a fricción; viscosidad excesiva significa pérdida de energía en vencer las resistencias causadas por el mismo lubricante. Pureza absoluta, sin rastro de ácidos libres, de origen animal vegetal o mineral, que ejerzan una acción corroyente sobre las superficies metálicas. Fluidéz suficiente dentro de los límites realizables de acuerdo con el "cuerpo" del lubricante. Coeficiente de fricción mínimo. Puntos de inflamación y de fusión muy altos. Ausencia total de substancias susceptibles de oxidarse bajo la acción del aire, el calor o la luz, "resinificándose" y formando depósitos que con las impurezas con las cuales se encuentra en contacto en las condiciones de trabajo, entorpecen el movimiento y rañan las superficies. No debe el lubricante contener adulterantes añadidos con el fin de adelgazarlo o espesarlo. Finalmente, no debe ser fácilmente adelgazado por el calor ni espesado por las bajas temperaturas.

Para verificar las anteriores condiciones es preciso recurrir a pruebas de orden físico y a pruebas químicas.

EXAMEN FISICO.-DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD.- La viscosidad desempeña un papel definitivo en la calidad del lubricante, y de aquí que su determinación deba hacerse lo más exactamente posible. Los métodos usados, con más o menos variaciones, se reducen a tomar el tiempo, en segundos, que tarda un cierto volumen de aceite en derramarse pasando por un tubo delgado de dimensiones determinadas. Los tres "viscosímetros" más generalmente usados son: El de Saybolt, en Estados Unidos; el de Engler, en Europa; y el de Redwood, en Inglaterra.

En el viscosímetro de Engler (fig.2), el tubo de descarga N tiene 2 cms. de longitud, un diámetro interior de 2.9 mm. en el extremo superior y 2.8 mm en el inferior. El frasco M que recibe el aceite, tiene marcadas dos señales, 200 y 240 cms. cúbicos. Para operar se procede así: en el recipiente A se colocan 240 cms. cúbicos de agua, cuya temperatura ha de mantenerse a 20° C, y se dejan verter libremente 200 cms. en el frasco recipiente M a través del tubo de descarga N, tomando cuidadosamente el tiempo de la descarga, y que será de 50 a 53 segundos. Se ponen después en el mismo recipiente 240 cms. del aceite que se estudia, e igualmente se dejan pasar 200 al frasco, haciendo la anotación del tiempo gastado, que naturalmente

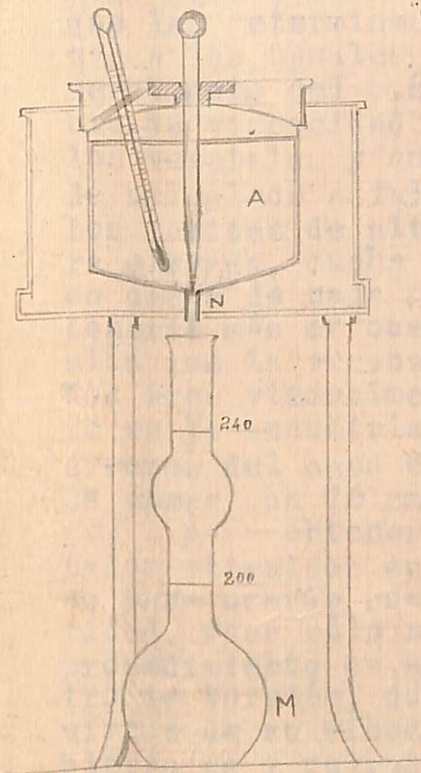


Fig. 2

será mayor. Si los 200 cms. de agua tardaron, por ejemplo, 52 segundos, y los 200 cms. del aceite han gastado 142 segundos, la relación $142/52=2.7$, indicará que el aceite tiene una viscosidad 2.7 veces la del agua; el número 2.7 se llama el "grado Engler" de ese aceite, y representa su "viscosidad específica", es decir su viscosidad con relación al agua, expresada en grados Engler. Si se quiere hacer la corrección para la densidad del aceite, se multiplicará el "grado Engler", por la densidad y por 7.32. Si al hacer la determinación no se dispone de aceite suficiente para dejar pasar al frasco 200 cms. poniendo en el recipiente 240, se pueden poner en este 120, 60, 50, 45 cms. cúbicos, dejando derramar respectivamente 100, 50, 40, 25, y multiplicando por los factores 1.65, 2.79, 3.62, 5.55, en cada caso.

El viscosímetro de Saybolt, usado por los químicos de la Standard Oil Co., mide el tiempo necesario para verter en el frasco 60 cms. cúbicos de aceite, habiendo puesto en él 70 cms, dando el resultado en "segundos Saybolt". La longitud del tubo de descarga es de 13 mm. y su diámetro interior uniforme, de 1.8 mm. Este viscosímetro es de construcción semejante a la del Engler, usándose también el baño de agua a la cual puede darse la temperatura deseada, la cual se lee en un termómetro.

En uno y otro, si se desea operar a temperaturas

superiores a 100° se puede substituir el baño de agua por parafina fundida, la que se calentará hasta el punto deseado, siempre que sea inferior a 360° .

En el viscosímetro de Redwood, standard en Inglaterra, de forma semejante a los anteriores, se compara el aceite que se prueba con igual cantidad de aceite de colza procediendo así: el número de segundos que tardan 50 cms. cúbicos del aceite que se estudia, en verterse por el tubo de derrame, se multiplica por 100 y se divide por 535, que es el número de segundos que tardan en derramarse por el mismo tubo 50 cms. de aceite de colza a 16° C. El resultado se multiplica por la densidad del aceite a la temperatura a que se opera, y se divide por 0.915, que es la densidad del aceite de colza a 16° . El número obtenido da la viscosidad del aceite expresada en "segundos Redwood". Las dimensiones del tubo de derrame en este viscosímetro son: 10 mm. y 1.5 mm.

Para aceites que han de usarse en lubricación externa, la determinación de la viscosidad debe hacerse a una temperatura entre 40° C. (104° F), y 60° C. (140° F), pues en esta clase de lubricación, la película de aceite se mantiene entre 30 y 50° C. Para aceites que se destinan a lubricar ejes de turbinas, compresores, y en general máquinas de combustión interna, se hará el ensayo a 70° C. Para cilindros

de maquinas de vapor se hará el axámen a 100°C (212 F.). Los aceites cambian de viscosidad al cambiar de temperatura y de aqui que las determinaciones de aquella deban hacerse a temperaturas vecinas a las usuales de trabajo; las variaciones de la viscosidad son generalmente del 0.6 al 6% para cada grado F, 104° y 212 °F. Este cambio de viscosidad por grado F es mayor en los aceites minerales que en los vegetales y animales, y entre aquellos, mayor para los derivados de petroleos asphalticos, que para los de base parafinica.

Los aceites de alta viscosidad deben emplearse en casos de temperatura elevada, mucha presión o baja velocidad; los de viscosidad menor, en casos de baja presión o alta velocidad. Para baja temperatura debe tenerse más en cuenta, en la elección del aceite, el punto de congelación que la viscosidad.

Los tres viscosímetros que hemos descrito son los usados más comunmente en la industria. Para los usos de laboratorio, y cuyo manejo no creemos del caso exponer aqui, se emplean el de Tagliabeu, en el cual se opera con 70 cms. de aceite y el numero de segundos se multiplica por 2 para obtener la viscosidad, que es así comparable con los resultados obtenidos en el de Saybolt. El de Richlé-Stillman, muy apropiado para usarlo cuando se dispone de muestras de aceite en pequeña cantidad, pues sólo se necesita que se derramen 50 cms. en el frasco. El procedimiento es similar al del viscosímetro de Engler. El viscosímetro de torsión, que se basa en la resistencia que opone el aceite en virtud de su viscosidad, al movimiento de rotación de un cilindro de hierro de 2 pulgadas de longitud y media pulgada de diametro, sumergido en él, y suspendido de un alambre de acero que pasa por un disco horizontal graduado de 0 a 360°, en el cual una aguja fija en el alambre, marca el cero cuando no ha habido torsión ninguna en aquel. El viscosímetro de Scott, muy semejante al de Engler, etc.

En Francia emplean el ixómetro de Barbey, que mide la cantidad de aceite, en centímetros cúbicos, que correría a través del instrumento en una hora; el dato obtenido se llama "fluidez Barbey".

El resultado que dan los aparatos de que hemos hablado y que es expresado en medida de tiempo (Redwood, Saybolt) o como una relación (Engler se llama "viscosidad específica", y es la usada en las relaciones industriales, y la que en realidad más directamente nos interesa. Pero no debe perderse de vista, según lo hemos anotado ya, (pags. 3 y 4), que el propio concepto de viscosidad es el de una fuerza y que por consiguiente su medida debe hacerse con unidades de fuerza, expresando entonces la "viscosidad absoluta" que hemos designado n .

Poiseuille ha demostrado que: a)-. La velocidad del flujo a través de un tubo capilar es directamente proporcional a la presión e inversamente a la longitud del tubo. b)-. Si el tubo capilar es de orificio cilindrico, la velocidad del flujo es directamente proporcional a la cuarta potencia del radio del orificio. La viscosidad del liquido en medida absoluta está dada entonces por la fórmula:

$$n = \frac{\pi g h^4 t d}{8 V}$$

en la cual; g es la aceleración debida a la gravedad, d la densidad del

liquido, h la altura de cabeza que produce la descarga, r el radio del orificio en centímetros, v el volumen del liquido descargado en centímetros cúbicos, L la longitud del tubo en centímetros, y t , el tiempo, en segundos, que dura la descarga.

La viscosidad absoluta se expresa, por definición (pag.4) en dinas-segundos por centímetro cuadrado, aunque más usualmente se dice, dinas por centímetro cuadrado. La unidad llamada "Poise" (de Poiseuille), indica "una dina-segundo por centímetro cuadrado". El "centipoise" es su centésima parte.

Con los datos que dá un viscosímetro del comercio se puede obtener también el valor de la viscosidad absoluta n , en unidades del sistema C.G.S., por medio de las siguientes ecuaciones:

Para el viscosímetro Saybolt: $n = d \left(0.00213T - \frac{1.535}{T} \right)$

Para el viscosímetro Engler : $n = d \left(0.001435T - \frac{3.22}{T} \right)$

Para el viscosímetro Redwood: $n = d \left(0.0026T - \frac{1.715}{T} \right)$

En las cuales, d es la densidad del aceite, y T el tiempo en segundos que tardan en derramarse 50 cms. cúbicos del mismo.

VISCOSIDAD DE UNA MEZCLA DE ACEITES-. Cuando se desea obtener un aceite de determinada viscosidad, se recurre en la practica a la mezcla de dos aceites de viscosidades diferentes, mayor la una y menor la otra, que la viscosidad deseada. Practicamente se admite que mezclando volúmenes iguales, la viscosidad de la mezcla es la media de las de los componentes; esta regla sin embargo no es rigurosa, pues en la realidad resulta siempre una viscosidad menor, y lo será tanto menor, cuanto mayor sea la diferencia entre las viscosidades originales. El profesor M.Oelsschlager ha deducido la siguiente formula para la viscosidad de una mezcla:

$$E_{(1-2)} = \frac{n_1 E_1 + K n_2 E_2}{n_1 + K n_2}$$

en la cual E_1 y E_2 son las viscosidades de los componentes, n_1 y n_2 las cantidades respectivas, y K un coeficiente que afecta a n_2 y E_2 que corresponden al aceite menos viscoso, y cuyo valor es: $K = \sqrt{E_1 E_2}$.

Los lubricantes semisolidos, grasa para copas, aceites solidificados, etc. se encuentran en el comercio clasificados segun su consistencia en cinco clases: muy blandas, blandas, medias, duras, muy duras. La consistencia varia con la temperatura de la grasa, y es más que todo asunto de experiencia el juzgar acertadamente acerca de cuál es la consistencia de una grasa. Se han hecho muchos ensayos para diseñar aparatos que permitan medir la consistencia-viscosidad-de las grasas, pe-

ro ninguno ha dado resultados practicos. La explicación de esto es la siguiente: las grasas tienen originariamente una cierta consistencia peculiar, pero a medida que se usan en los aparatos de medida, cuyo funcionamiento consiste por lo general en hacer que la grasa pase por un orificio forzada por una presión determinada, pierden esa cierta consistencia, y se hacen cada vez más suaves. Por el simple tacto puede constatarse este hecho, pues al tomar una porción de grasa entre los dedos, originalmente más consistente, se notará que se hace cada vez más suave frotándola por algun tiempo.

A continuación copiamos unas tablas de factores, publicadas por el "United States Bureau of Standards", y que permiten hacer las conversiones entre grados Engler, segundos Saybolt y segundos Redwood:
Multipliquese para reducir:

Grados Engler	A segundos Saybolt por:	A segundos Redwood por:
1.00	28.1	26.7
1.05	28.4	27.0
1.10	28.8	27.2
1.15	29.9	26.5
1.20	30.1	26.7
1.25	30.3	26.8
1.30	30.5	26.9
1.35	30.7	27.0
1.40	30.9	27.1
1.45	31.1	27.2
1.50	31.3	27.3
1.60	31.5	27.4
1.70	31.7	27.5
1.80	31.9	27.6
1.90	32.1	27.7
2.00	32.3	27.9
2.10	32.5	28.0
2.20	32.6	28.1
2.30	32.8	28.2
2.40	32.9	28.2
2.50	33.0	28.3
2.60	33.1	28.3
2.70	33.2	28.4
2.80	33.3	28.4
2.90	33.4	28.5
3.00	33.5	28.5
3.50	33.6	28.6
4.00	33.7	28.7
4.50	33.9	28.8
5.00	33.9	28.8
6.00	34.0	28.9
7.00	34.1	28.9
8.00	34.1	28.9

Multiplíquese para reducir:

Sgs.Saybolt	a grados En- gler, por:	a segundos Redwood, por:	Sgs.Redwood	a grados En- gler, por:	a segs SayD. po
28	0.0357	0.95	28	0.0377	1.05
30	0.0352	0.95	29	0.0372	1.05
32	0.0346	0.95	30	0.0368	1.06
34	0.0342	0.94	32	0.0364	1.06
36	0.0337	0.94	34	0.0372	1.13
38	0.0333	0.93	36	0.0370	1.14
40	0.0330	0.93	38	0.0369	1.14
42	0.0327	0.92	40	0.0368	1.14
44	0.0323	0.92	42	0.0366	1.15
46	0.0320	0.92	44	0.0365	1.15
48	0.0317	0.91	46	0.0363	1.15
50	0.0314	0.91	48	0.0362	1.15
55	0.0308	0.90	50	0.0361	1.16
60	0.0302	0.89	55	0.0359	1.16
65	0.0297	0.88	60	0.0357	1.16
70	0.0293	0.87	65	0.0355	1.16
75	0.0289	0.86	70	0.0354	1.17
80	0.0286	0.86	75	0.0353	1.17
85	0.0285	0.86	80	0.0352	1.17
90	0.0282	0.85	85	0.0351	1.17
95	0.0280	0.85	90	0.0350	1.17
100	0.0279	0.85	95	0.0350	1.17
120	0.0274	0.84	100	0.0350	1.17
130	0.0272	0.84	110	0.0349	1.18
140	0.0271	0.84	120	0.0348	1.18
160	0.0269	0.84	130	0.0347	1.18
180	0.0268	0.84	140	0.0347	1.18
200	0.0267	0.84	160	0.0347	1.18
225	0.0265	0.84	180	0.0347	1.18
250	0.0294	0.84	200	0.0347	1.18
300	0.0293	0.84	225	0.0346	1.18
350	0.0293	0.84	250	0.0345	1.19
400	0.0292	0.84	300	0.0329	1.19
...	350	0.0320	1.20
1800	0.0267	0.84	400	0.0320	1.20
2000	0.0267	0.84	2000	0.0320	1.20

* DETERMINACION DE LA DENSIDAD. - Puede determinarse la densidad por medio del picnómetro, del hidrómetro o de la balanza de Westphal. El hidrómetro Baumé es el aparato más generalmente usado para medir la densidad de los aceites; si el aceite no es suficientemente líquido para que fluya con facilidad, se le debe calentar para adelgazarlo un poco y que así el hidrómetro se mueva fácil y libremente en él. Como todas las observaciones es preciso referirlas a una temperatura de 15°C (59 F) se hace preciso verificar la corrección de temperatura correspondiente cuando la temperatura a que se opera es diferente. Existen tablas que dan la lectura correcta de la escala Baumé, es decir la lectura hecha ya la corrección de temperatura. Veamos un ejemplo para explicar el uso de estas tablas, (para líquidos más ligeros que el agua) y que copiamos en la página siguiente. Supongamos que a la temperatura de 30°C (86 F), la lectura en la escala Baumé haya sido 24° Bé. Buscando en la primera columna de la tabla, encabeza Bé. (Baumé), el número 24, se encontrará frente a él, y en la columna encabezada por la temperatura 86°F, el número 22.4 que será la lectura Baumé correcta. Para deducir de esta lectura la "densidad propiamente dicha", se aplica la fórmula:

$$D = \frac{140}{130 + B\acute{e}.}$$

en la cual, D densidad, y Bé, lectura del hidrómetro hecha ya la corrección de temperatura. En nuestro ejemplo tendremos:

$$D = \frac{140}{130 + 22.4} = 0.9186, \text{ que será la densidad del aceite}$$

que estudiamos, a 15° C (59F).

Conociendo la densidad de un aceite a 15° C, se puede calcular su densidad a cualquiera otra temperatura por la fórmula:

$$D = D' + 0.00064(T - 15^{\circ})$$

En donde, D es la densidad a 15° C, T la temperatura de que se trata y D' la densidad a la temperatura T.

Cuando se dispone de muy poca cantidad de aceite, hasta el punto de ser imposible sumergir en él el hidrómetro, (Baumé, GayLussac etc.), se usa un pequeño picnómetro llamado de Eichhorn, (fig. 3), cuya característica consiste en un pequeño globo de vidrio que va en el extremo inferior de la varilla graduada y el cual se llena, hasta una señal marcada, con el aceite que se estudia. Una vez lleno el globo y cerrado el orificio, se sumerge el aparato en un cilindro de cristal lleno de agua destilada a 17.5° C. La densidad se lee directamente en las graduaciones de la varilla.

Las fórmulas siguientes permiten convertir en densidades las lecturas según el hidrómetro usado:

$$D = \frac{140}{130 + L} \text{ .Para hidrómetro Baumé, a } 15^{\circ}\text{C.}$$

Be	40F	42F	44F	46F	48F	50F	52F	54F	56F	58F	60F	62F	64F	66F
20	21.1	21.0	20.9	20.7	20.6	20.5	20.4	20.3	20.2	20.1	20.0	19.9	19.8	19.6
22	23.2	23.0	22.9	22.8	22.7	22.5	22.4	22.3	22.2	22.1	22.0	21.9	21.7	21.6
24	25.2	25.1	25.0	24.8	24.7	24.6	24.5	24.4	24.3	24.1	24.0	23.9	23.7	23.6
26	27.3	27.2	27.0	26.9	26.7	26.6	26.5	26.4	26.3	26.1	26.0	25.9	25.7	26.6
28	29.3	29.2	29.1	28.9	28.8	28.6	28.5	28.4	28.3	28.1	28.0	27.9	27.8	27.6
30	31.4	31.2	31.1	31.0	30.8	30.7	30.5	30.4	30.3	30.1	30.0	29.9	29.7	26.6
32	33.5	33.3	33.1	33.0	32.9	32.7	32.6	32.4	32.3	32.1	32.0	31.9	31.7	31.6
34	35.5	35.4	35.2	35.1	34.9	34.8	34.6	34.5	34.3	34.2	34.0	33.8	33.7	33.5
36	37.6	37.4	37.2	37.1	36.9	36.8	36.6	36.5	36.3	36.2	36.0	35.8	35.7	35.5
38	39.6	39.4	39.3	39.1	39.0	38.8	38.6	38.5	38.3	38.2	38.0	37.8	37.7	37.5
40	41.6	41.5	41.3	41.2	41.0	40.8	40.7	40.5	40.3	40.2	40.0	39.8	39.7	39.5
42	43.7	43.5	43.4	43.2	43.0	42.9	42.7	42.5	42.3	42.2	42.0	41.8	41.7	41.5
44	45.7	45.6	45.4	45.2	45.1	44.9	44.7	44.5	44.4	44.2	44.0	43.8	43.7	43.5
46	47.8	47.6	47.4	47.3	47.1	46.9	46.7	46.6	46.4	46.2	46.0	45.8	45.7	45.5
48	49.9	49.7	49.5	49.3	49.1	48.9	48.8	48.6	48.4	48.2	48.0	47.8	47.6	47.4
50	52.0	51.8	51.6	51.4	51.2	51.0	50.8	50.6	50.4	50.2	50.0	49.8	49.6	49.4
52	54.0	53.8	53.6	53.4	53.2	53.0	52.8	52.6	52.4	52.2	52.0	51.8	51.6	51.4
56	58.2	58.0	57.8	57.5	57.3	57.1	56.9	56.7	56.4	56.2	56.0	55.8	55.6	55.4
58	60.3	60.0	59.8	59.6	59.3	59.1	58.9	58.7	58.4	58.2	58.0	57.8	57.6	57.3
60	62.3	62.1	61.9	61.6	61.4	61.1	60.9	60.7	60.5	60.2	60.0	59.8	59.6	59.3
64	66.5	66.2	66.0	65.7	65.5	65.2	65.0	64.7	64.5	64.2	64.0	63.8	63.5	63.3
66	68.6	68.3	68.0	67.8	67.5	67.2	67.0	66.8	66.5	66.3	66.0	65.7	65.5	65.3
70	72.7	72.5	72.2	71.9	71.6	71.3	71.7	70.8	70.5	70.3	70.0	69.7	69.5	69.2
72	74.8	74.5	74.2	73.9	73.6	73.3	73.1	72.8	72.5	72.3	72.0	71.7	71.5	71.2
76	78.9	78.6	78.6	78.0	77.7	77.4	77.1	76.9	76.6	76.3	76.0	75.7	75.4	75.2
80	83.0	82.7	82.4	82.1	81.8	81.5	81.2	80.9	80.6	80.3	80.0	79.7	79.4	79.1

Be	68F	70F	72F	74F	76F	78F	80F	82F	84F	86F	88F	90F	92F	94F
20	19.5	19.4	19.3	19.2	19.1	19.0	18.9	18.7	18.7	18.6	18.5	18.4	18.2	18.1
22	21.5	21.4	21.3	21.1	21.0	20.9	20.8	20.7	20.6	20.5	20.4	20.3	20.2	20.1
24	23.5	23.4	23.2	23.1	23.0	22.9	22.8	22.6	22.5	22.4	22.3	22.2	22.1	21.9
26	25.5	25.3	25.2	25.1	25.0	24.8	24.7	24.6	24.5	24.4	24.2	24.1	24.0	23.9
28	27.5	27.3	27.2	27.1	26.9	26.8	26.7	26.5	26.4	26.3	26.2	26.0	25.9	25.8
30	29.5	29.3	29.2	29.0	28.9	28.8	28.6	28.5	28.4	28.2	28.1	28.0	27.8	27.7
32	31.4	31.3	31.2	31.0	30.9	30.7	30.6	30.4	30.3	30.2	30.0	29.9	29.7	29.6
34	33.4	33.3	33.1	33.0	32.8	32.7	32.5	32.4	32.2	33.1	32.0	31.8	31.6	31.5
36	35.4	35.2	35.1	34.9	34.8	34.6	34.5	34.3	34.2	34.0	33.9	33.7	33.5	33.4
38	37.4	37.2	37.1	36.9	36.8	36.6	36.4	36.3	36.1	36.0	35.8	35.6	35.5	35.3
40	39.4	39.2	39.0	38.9	38.7	38.5	38.4	38.2	38.1	37.9	37.7	37.6	37.4	37.2
42	41.3	41.2	41.0	40.8	40.7	40.5	40.3	40.2	40.0	39.8	39.7	39.5	39.3	39.2
44	43.3	43.1	43.0	42.8	42.6	42.5	42.3	42.1	42.0	41.8	41.6	41.4	41.3	41.1
46	45.3	45.1	44.9	44.8	44.6	44.4	44.2	44.1	43.9	43.7	43.6	43.4	43.1	43.0
48	47.3	47.1	46.9	46.7	46.5	46.4	46.2	46.0	45.8	45.7	45.5	45.3	45.2	45.0
50	49.2	49.1	48.9	48.7	48.5	48.3	48.1	48.0	47.7	47.6	47.4	47.3	47.1	46.9
52	51.1	51.0	50.8	50.6	50.4	50.3	50.1	49.9	49.7	49.5	49.4	49.2	49.0	48.8
56	55.2	55.0	54.8	54.5	54.3	54.1	53.9	53.7	53.5	53.4	53.2	53.0	52.8	52.6
58	57.1	56.9	56.7	56.5	56.3	56.1	55.9	55.7	55.5	55.3	55.1	54.9	54.7	54.5
60	59.1	58.9	58.7	58.5	58.2	58.0	57.8	57.6	57.4	57.2	57.0	56.8	56.6	56.4
64	63.1	62.8	62.6	62.4	62.1	61.9	61.7	61.4	61.2	61.0	60.8	60.6	60.4	60.2
66	65.0	64.8	64.5	64.3	64.1	63.8	63.6	63.4	63.2	62.9	62.7	62.5	62.3	62.1
70	69.0	68.7	68.4	68.2	68.0	67.7	67.5	67.2	67.0	66.7	66.5	66.3	66.1	65.8



Fig. 3

$$D = \frac{100}{100+L} \cdot \text{Gay Lussac, a } 40^{\circ} \text{ C.}$$

$$D = \frac{136.8}{126.1+L} \cdot \text{Cartier, a } 12.5^{\circ} \text{ C.}$$

$$D = \frac{170}{170+L} \cdot \text{Beck, a } 12.5^{\circ} \text{ C}$$

$$D = \frac{400}{400+L} \cdot \text{Brix, Fisher, a } 15.6^{\circ} \text{ C.}$$

En las formulas anteriores, D, densidad, y L numero de grados leidos en la varilla del hidrómetro respectivo.

En cada formula está indicada la temperatura a la cual se han de referir las densidades al usar cada aparato. Si se opera a una temperatura distinta hay hacer la corrección como lo acabamos de ver con el hidrómetro Baumé.

* DETERMINACION DEL PUNTO DE INFLAMACION - La determinación del punto de inflamación y del punto de combustión es de utilidad para conocer el poder de resistencia a los retardamientos en las condiciones de trabajo. Se hacen necesarias principalmente cuando se trata de aceites minerales que por una destilación imperfecta pueden aun contener subproductos más ligeros (Kerosene, naftas) cuya presencia bajará estas temperaturas.

Para determinar el punto de inflamación colócase el aceite en una cápsula de porcelana y se calienta al baño de arena procurando que el nivel de la arena en el recipiente sea más alto que el del aceite en la cápsula; dentro del aceite se sumerge un termómetro. Durante el calentamiento se acerca a intervalos una llama a la superficie del aceite, y en el momento en que se inflaman rápidamente los vapores prendidos, se anota la temperatura, que será la temperatura de inflamación.

Nunca esta temperatura debe ser inferior a 175°C para los aceites de lubricación en general, y a 350°C . para los aceites de cilindros de maquinas de vapor.

* PUNTO DE COMBUSTION - Si en el experimento anterior se continúa calentando y se toma la temperatura a la cual el aceite sigue ardiendo despues de la inflamación de los vapores, se habrá constatado el punto de combustión del aceite. El limite mínimo para esta temperatura es de 390° para aceites de maquinas de vapor recalentado, transformadores electricos, compresores de aire etc.

Las circunstancias exteriores que influyen en la formación de vapores en la superficie de los líquidos, o en la mezcla de estos vapores con el aire para efectuar su combustión, o en la combustión del liquido mismo, tienen tambien marcada influencia en la determinación de las

temperaturas de las cuales venimos acupándonos; de la misma manera, los aparatos empleados y los métodos de operación influyen sobre los resultados obtenidos hasta el punto de que para la misma muestra de lubricante, los resultados son distintos, según sean distintos los elementos y el proceso del experimento. El factor que tiene mayor influencia, es la rapidez con que se efectúe el calentamiento, y es, por otra parte, el de más difícil control. Esto es natural, pues si el líquido se ha calentado con mucha lentitud, los vapores formados se habrán ido difundiendo lentamente en el aire, y la cantidad necesaria para indicar las temperaturas de inflamación y combustión, no se obtendrá sino cuando ya la temperatura se haya elevado mucho. Sucederá lo contrario si el calentamiento se ha hecho muy rápidamente; en uno u otro caso se obtendrán siempre temperaturas que difieren en muchos grados de las verdaderas. La rata de calentamiento usada más generalmente, con el fin de fijar un standard, es de 15°F (aprox. 9°C), por minuto. Por medio del termómetro puede graduarse previamente la llama del quemador de laboratorio (Bunsen, por ejemplo), para que más o menos produzca esa elevación de temperatura por minuto, dentro de las condiciones externas del experimento (temperatura ambiente, cantidad de arena que cubre la capsula, corrientes de aire etc.).

Para obviar todos estos inconvenientes se han ideado aparatos como el Pensky-Martens, Gray, Abel, que permiten verificar la operación en condiciones determinadas y fijas.

Los aceites animales y vegetales no evaporan sino al principiar a descomponerse por el calentamiento, mientras que los minerales comienzan a desprender vapores mucho antes de llegar a su punto de inflamación.

* El punto de evaporación, es la temperatura a la cual el aceite principia a desprender vapores. Esta temperatura es 65° a 85°C más baja que el punto de inflamación, y su determinación no tiene importancia practica.

Cuando el lubricante va a ser expuesto a una temperatura muy baja (plantas de hielo etc.), es preciso verificar la prueba para conocer su punto de congelación. A temperaturas bajas los aceites no se congelan repentinamente como el agua, sino que se van haciendo más y más viscosos y finalmente se cuajan o solidifican, formando una especie de jalea, como los aceites animales y vegetales y los minerales de base asfáltica; o dando precipitados que son principalmente ceras y parafina cristalizada, como los de base parafínica. Para verificar el experimento se coloca en una mezcla frigorífica (Hielo y sal marina), un tubo de ensaye que contenga el aceite y cuyo tapon lleva un termómetro para leer la temperatura. Esta ^{lectura} se puede observar, o reduciendo gradualmente la temperatura y anotando en qué preciso momento el aceite comienza a cuajarse, o enfriando de una vez hasta que el aceite se haya cuajado, retirando la mezcla frigorífica, y observando la temperatura a la cual el aceite se liquida de nuevo totalmente. Hay una diferencia pequeña entre las dos temperaturas tomadas por los dos métodos.

Es sin embargo aconsejable usarlos ambos y tomar la temperatura media.

PERDIDA POR EVAPORACION- Los aceites sometidos durante algun tiempo a una temperatura alta pierden algo de su peso; esto se llama "perdida por evaporación". En las pruebas de la perdida por evaporación es preciso tener en cuenta la cantidad de aceite usada, la forma del recipiente, las corrientes de aire etc. En el aparato usado para ello, (vaporímetro) se hace pasar una corriente de vapor, o de aire caliente sobre la superficie del aceite contenido en una capsula de porcelana. Los resultados expresan la "perdida por gramo de aceite" o por centimetro cuadrado de superficie. Se hace necesaria esta prueba cuando se trata de aceites para transformadores electricos, cuya temperatura se eleva considerablemente, y en los cuales se emplean aceites muy finos, delgados y volátiles, o de lubricantes para maquinas que trabajan en recintos poco ventilados, en donde los vapores de aceite acumulados, podrian hacer irrespirable el aire.

* **PRUEBA DE LA EMULSIBILIDAD-** Hay muchos casos en los cuales el contacto del lubricante con el agua o el vapor es inevitable, y a veces necesario, como en las turbinas de vapor, en los lubricadores cuentagotas de gota ascendente de las locomotoras, y es indispensable entonces que el aceite no forme emulsiones (globulos de agua de menos de 1/50.000 de pulgada de diametro, cubiertos con una pelicula de aceite) con el agua las que con las impurezas, y principalmente si el agua tiene trazas alcalinas formarán precipitados y depositos sobre las superficies, perjudiciales para la lubricación correcta, o que siendo arrastradas al interior por el vapor, significarán a la larga una perdida de lubricante. Los aceites animales y vegetales tienen un poder de emulsificación mucho mayor que el de los minerales, y es pues de mucha importancia al presentarse el caso hacer la prueba correspondiente para elegir el lubricante adecuado. El experimento se lleva a cabo simplemente agitando dentro de un recipiente cantidades determinadas del aceite y de agua. El agua que se use ha de ser, en lo posible, de las mismas condiciones de aquella que va a encontrar el aceite en las condiciones de trabajo. La presencia de sales u oxido de hierro en el agua aumentan su poder de formar emulsiones con el aceite; una proporción de un 1% de sales de hierro en el agua, es suficiente para mostrar un aumento considerable en las emulsiones.

El aparato para determinar la emulsibilidad consiste en un recipiente de vidrio de 100 centímetros cubicos de capacidad en el cual se ponen 20 centímetros cubicos del aceite que se examina y 40 de agua; una paleta conectada a un pequeño motor electrico agita la mezcla a una velocidad de 1200 revoluciones por minuto. El recipiente se calienta al baño maria para que durante la operación la temperatura sea de 55°C. La agitación debe durar cinco minutos. Se saca luego la paleta y se deja en reposo, tomando cuidadosamente el tiempo el tiempo que tardan en separarse completamente los dos componentes. La emulsibilidad se calcula por la proporción de aceite que se separa en una hora y está dada por la formula:

$$E=60 \times v/t$$

en la cual "v" es el volumen del aceite separado, en centímetros cubicos, y t el tiempo en minutos que tardó la separación. La cifra maxima de emulsibilidad es 1200, es decir, el volumen total de los 20 c.c.

separados en un *minuto*. Si para un aceite se separaron por ejemplo sólo 10 c.c. en 15 minutos, el valor de su emulsibilidad será: $60 \times 10 / 15 = 40$.

* **COLOR-** El color de los aceites es debido a hidrocarburos no saturados muy complejos. Los aceites animales y vegetales son incoloros o ligeramente amarillos o verdosos por transparencia. Los aceites minerales, destilados, varían de color, desde el blanco hasta el rojo subido, pasando por todos los grados del amarillo; mientras que los no-destilados, aceites gruesos para cilindro, son de colores muy oscuros. Los reflejos metálicos y cierta fluorescencia son características de los aceites minerales. Los que proceden de crudos asfálticos tienen fluorescencia con reflejos verdosos; los de origen parafínico, con reflejos azules. Si durante el trabajo o por el uso, el aceite se oxida, su color se oscurece; lo mismo sucede si contiene humedad; la filtración les devuelve su color primitivo. Cuanto más oscuro es el color, mayor es la tendencia del lubricante a dejar depósitos de carbono u otras impurezas sobre las superficies, principalmente si la temperatura es elevada, como en las paredes de los cilindros.

El color de un aceite se determina por comparación con matices standard. Cuanto más oscuro es el color, más alta será la cifra que lo designa. La comparación se hace en un "tintómetro" con soluciones o vidrios coloreados. Los valores de los colores standard, son, según la National Petroleum Association:

No. 1	Blanco lila
No. 1.5	" crema
No. 2	Palido
No. 3	Limon palido
No. 4	Naranja palido
No. 5	Rojo claro
No. 6	" obscuro

* **ANALISIS QUIMICO- ACIDEZ-** La presencia de acidos en los lubricantes es en extremo perjudicial por la acción corroyente que ejercen sobre las superficies metálicas. La acidez de un lubricante puede provenir de: a)-acidos grasos libres que en pequeñas cantidades se encuentran en los aceites animales y vegetales, o que pueden despues originarse en ellos por descomposición. En contacto con los metales estos acidos forman jabones metálicos que entorpecen el movimiento u obstruyen los conductos de flujo del lubricante.

b)-acidos organicos de los petroleos crudos, o producidos durante la destilación o la refinación. Son menos activos y atacan sólo al zinc y al plomo. c)-acidos minerales libres, principalmente acido sulfurico proveniente de una eliminación incompleta en los procesos de destilación y refinación.

La presencia de acidos grasos se determina añadiendo al aceite en un tubo de ensaye, un poco de solución de protoxido de cobre que en presencia de ellos dará una coloración verde.

El ácido sulfurico puede determinarse mediante la adición de una lejía de sosa al aceite, en el cual se formarán grumos o copos. Se puede también proceder, agitando fuertemente el aceite con agua destilada, dejando reposar y agregando luego una solución de cloruro de bario, que dará un precipitado blanco.

En general, puede denunciarse la presencia de ácidos en los aceites, sumergiendo en el aceite que se estudia, durante veinticuatro horas la hoja de un cuchillo o un trozo de lámina de cobre; si el metal se ennegrece, será indicio de ácidos libres. Pesando la lámina antes y después del experimento se tendrá la cantidad de metal disuelto.

En las grasas se determinan los ácidos, haciendo hervir 10 c.c. de la grasa con 50 c.c. de una mezcla de bencina y alcohol en proporción de 1 a 10, agregando luego 30 c.c. de alcohol y tratando en caliente con una lejía de sosa. Para indicador se usará la fenolftaleína que ha de dar una coloración roja.

DESECACION- Para conocer si los aceites o las grasas se resecan o endurecen por el uso, formando resinas pegajosas, que aumentando la fricción producen un efecto contrario al que se busca con la lubricación, se extiende un poco del lubricante sobre una placa de vidrio, y se expone a la acción del aire o del calor del sol o de una estufa a una temperatura próxima a 100°, durante algunas horas. Los lubricantes de mala calidad se espesarán o darán precipitados de impurezas oxidadas, o de materias asfálticas o con aspecto de alquitranes.

RESINAS- Para aumentar artificialmente la viscosidad de los aceites, algunos fabricantes les mezclan resinas vegetales, sebos o aceites animales de calidad inferior, adulterantes todos perjudiciales por los depósitos que forman. La presencia de resinas se denuncia calentando una pequeña porción del aceite con el doble de su peso de alcohol puro, agitando en caliente y dejando enfriar. La resina separada por el alcohol forma una capa en la parte superior de la solución. Se separa por decantación, y si aun quedan trazas, precipitarán con la adición de una mezcla de alcohol y acetato de plomo.

PARAFINA- La parafina en los aceites minerales se determina añadiendo a 10 c.c. del aceite una solución de partes iguales de eter y alcohol muy puro, en cantidad suficiente para que se forme una solución muy clara; se somete todo a baja temperatura en una mezcla frigorífica, y se agita. La parafina cristaliza, y los cristales pueden separarse por filtración, para ser pesados y conocer la dosis exacta.

AGUA- El agua en los aceites les da un aspecto turbio. Si el aceite es calentado a un poco más de 100° C, volverá a su primitiva transparencia, si la opacidad que se observaba era debida a humedad. Si la cantidad es considerable para no alcanzar a evaporarse totalmente, la restante se mostrará en forma de gotitas en el fondo del recipiente. Los aceites minerales se clarifican por este medio más rápidamente que los animales y vegetales, pues estos tienen mayor afinidad con el agua, y una cifra más baja de emulsibilidad.

La presencia de agua aun en pequeñas cantidades es particularmente perjudicial en el aceite para transformadores. Un procedimiento sencillo para cerciorarse de que un aceite destinada a este uso es absolutamente anhidro, consiste en calentar hasta el rojo obscuro un trozo de varilla de hierro de 1/2" por ejemplo, e introducir su extremidad lentamente en el aceite. Si hay más de 0.01% de agua, se producirá el chirrido característico. La oxidación de las superficies lubricadas, que se conoce por el color café obscuro que toma el aceite despues de cierto tiempo de uso, debido al oxido de hierro, los depositos de carbon o de productos de oxidación de las impurezas y el adelgazarse el aceite hasta ser expulsado, son otras tantas consecuencias de la presencia de agua.

IMPUREZAS-. En los aceites minerales puede haber residuos de compuestos sodicos provenientes de la refinación, o particulas de asfalto o de coke, y en los aceites vegetales y animales, mucilagos o residuos organicos que han escapado a las operaciones de clarificación. Los compuestos sodicos se determinan por el aspecto lechoso que toma el aceite al tratarlo con agua hirviendo. Las particulas solidas se denuncian extendiendo el aceite o la grasa derretida sobre en papel, y mirando al trañluz; las impurezas aparecerán como pequeñas manchas obscura. Las particulas metálicas se determinarán introduciendo un imán en el aceite. Los mucilagos y los residuos organicos se presentan en forma de grumoso copos agitando en un tubo de ensaye 2c.c. del aceite con 5 c.c. de acido sulfurico.

En el estudio quimico de los lubricantes se presentan naturalmente las investigaciones de caracter cuantitativo, que si bien son muy interesantes desde el punto de vista científico, no tienen una aplicación facil y de resultados prácticos, que es el fin que nos hemos propuesto alcanzar en lo posible dentro de los limites de nuestro trabajo.

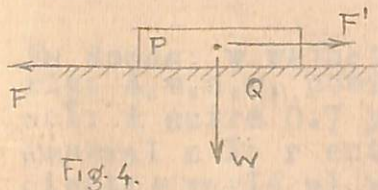
PRUEBAS MECANICAS-. Además de las pruebas físicas y químicas de las cuales acabamos de ocuparnos, se han ideado maquinas para pruebas mecánicas, como las de Thurston, Lahmeyer, el dinamómetro de Emerson, destinadas a estudiar y comparar las propiedades lubricativas de los aceites, a verificar las leyes de la fricción, a estudiar las ventajas de los sistemas de lubricación o de los aparatos lubricadores etc. Los resultados de estos experimentos, de mucha utilidad para los fabricantes de lubricantes o para los que proyectan los mecanismos de lubricación, son de menor importancia para el consumidor cuyas maquinas y lubricantes se encuentran en condiciones muy distintas por cierto de las ideales de laboratorio. Ese el motivo para que no entremos en detalles sobre el manejo de aquellos aparatos.

--- IV ---

FRICCION

DEFINICION-. Fricción es la fuerza que actúa entre dos cuerpos según una tangente a su superficie de contacto, y que tiende a oponerse al movimiento relativo del uno con respecto al otro.

Si el sólido P (fig.4), de peso W se coloca sobre la superficie a nivel Q, la fuerza F' aplicada a P y suficiente exactamente para producir su deslizamiento, es igual y de sentido contrario a la resistencia friccional F. La relación entre la fuerza friccional y la presión normal W, de las dos superficies, se llama coeficiente de fricción μ :



$$F/W = F'/W = \mu$$

La fuerza que se requiere para iniciar el movimiento del sólido P es diferente de la que se requiere para mantener ese movimiento, una vez iniciado. El coeficiente de fricción al iniciarse el movimiento se llama "coeficiente de fricción estático", y el coeficiente de fricción durante el movimiento se llama "coeficiente de fricción cinético". El coeficiente cinético aumenta al disminuir la velocidad del movimiento; siempre será menor el coeficiente estático que ocurre cuando la velocidad es cero.

FRICCION INMEDIATA-. (Del latín, in privativo, medius, medio: contiguo o muy cercano). Tomemos el caso de un eje que se mueve en su chumacera; si entre los dos no se interpone lubricante alguno y las superficies están en contacto directo, la fricción que tiene lugar se llama "inmediata" o "sólida". El coeficiente de fricción en este caso varía entre 0.1 y 0.3, en promedio, 0.16. La fricción inmediata es:

- a)-. Directamente proporcional a la presión normal de las superficies.
- b)-. Independiente de la velocidad, para velocidades bajas, disminuyendo a altas velocidades.
- c)-. Independiente de la magnitud (area) de las superficies.
- d)-. Depende muy principalmente del grado de pulimento de las superficies.

FRICCION MEDIATA-. Si por el contrario, introducimos entre el eje y la chumacera un lubricante, que creando una solución de continuidad, mantenga las superficies separadas por una película que resista sin romperse y sin ser expulsada las condiciones de presión, velocidad y temperatura, las características de la fricción serán distintas, y se llamará entonces "fricción mediata" o "fluida", la que es:

- a)-. Independiente de la presión entre las superficies.
- b)-. Independiente de las condiciones de las superficies y del material de que estén hechas. γ :
- c)-. Aumenta con el área de frotamiento.
- d)-. Aumenta con la velocidad del movimiento.
- e)-. Depende principalmente de la viscosidad del lubricante usado.

Para la fricción "mediata" el coeficiente de fricción se reduce notablemente y sus valores varían entre 0.045 para chumaceras comunes en las condiciones usuales de engrase, 0.02 para engrase perfecto, y 0.0016 para cojinetes de bolas o de rodillos. La fricción mediata comprende: La fricción del lubricante con cada una de las superficies frotantes, y la del lubricante consigo mismo o "fricción interna del lubricante", que tiene lugar, digámoslo así, entre películas o capas de lubricante superpuestas y que resbalan las unas sobre las otras. El coeficiente de fricción para superficies lubricadas tiene por expresión:

$$\mu' = A \frac{v^m}{p^n t^r}$$

En donde: v velocidad del movimiento; t temperatura; p presión unitaria; A, m, n, r, coeficientes que varían con la calidad del lubricante así: A entre 0.7 y 1.3, generalmente 0.9; n entre 0.3 y 1.5, por lo general n=1; r entre 0.5 y 1; m generalmente es igual a 1.2. El coeficiente μ' varía al variar v, t, y p, y según el sistema de lubricación usado; así, 0.0013 para lubricación por baño de aceite; 0.0098 para lubricación por mecha etc. El coeficiente μ' se llama "coeficiente ficticio" de fricción y difiere del coeficiente real μ , según la ecuación:

$$\mu' = 0.8\mu$$

Por considerarlo de mucho interés, creemos conveniente condensar aquí el estudio teórico del Ingeniero Jean Lévy, sobre el frotamiento lubricado y el papel que en él desempeña la viscosidad. (Revista "SCIENCE", Paris 1928). Dice: "En lo que se refiere a la lubricación de las máquinas, los dos puntos importantes son: a)-. Hasta qué punto las resistencias por frotamiento dependen de las características del lubricante empleado, y qué características son estas? b)-. En qué condiciones el lubricante se conservará entre las superficies frotantes, cuando se las somete a cierta carga, o en otras palabras, cuáles son las condiciones que se deben llenar para que el frotamiento entre dos superficies, una fija y otra móvil, se efectúe en las condiciones de engrase perfecto?.

RESISTENCIAS POR FROTAMIENTO-. A)-. Movimiento relativo de dos superficies planas lubricadas. (Engrase perfecto). La resistencia opuesta al movimiento resulta directamente de la definición de viscosidad. Si η es la "viscosidad absoluta" del líquido, S la superficie efectiva de la película lubricante que está en acción, v la velocidad de desplazamiento y h el espesor de la película; valores todos en unidades C.G.S., la resistencia F en dinas será:

$$F = \frac{\eta sv}{h}$$

B)-. CASO DE UNA CHUMACERA TEORICAMENTE PERFECTA-. Sea una chumacera que soporta un eje de diámetro D y cuyo cojinete tiene un diámetro D'

en el interior, y una longitud L , y sea N la velocidad en revoluciones por segundo. Supondremos que el eje y el cojinete son rigurosamente concéntricos. El caso se reduce entonces a una variación del caso A, y la ecuación anterior, hechos los reemplazos convenientes se convierte en:

$$C = \frac{K_n \eta^3 L N}{\eta' - \eta}$$

En donde, C es el par que se origina con la rotación (par resistente), y K un coeficiente numérico; expresado todo en unidades C.G.S.

En resumen: La resistencia por frotamiento es directamente proporcional a la viscosidad absoluta del lubricante y a la magnitud de la superficie de contacto, e inversamente proporcional al espesor de la película lubricante, $(D' - D)$.

C)-.CASO DE LAS CHUMACERAS COMUNES DE LA INDUSTRIA-. Estudiemos el hecho desde el momento en que el eje principia a moverse. Sea una chumacera (fig.5), y supongamos que la carga P descansa sobre el cojinete.

En un principio las cosas se presentan como se vé en la figura, reposando el cojinete sobre el arbol; además de la viscosidad, interviene aquí la untuosidad o aptitud del lubricante para mojar las superficies metálicas. La untuosidad guarda relación con la tensión superficial, y el aceite será tanto mas untuoso cuanto más débil sea su tensión superficial.

Durante el reposo, el arbol toca al cojinete expulsando el aceite interpuesto, ya que este no podrá soportar la carga, y en el caso más favorable, se introducirá por capilaridad hasta un punto en el cual ha de permanecer en aptitud de llenar el espacio tan pronto como el movimiento se inicie. Cuando el arbol principia a girar, se encuentra todavía en las condiciones de frotamiento sólido (fricción inmediata, sin agente lubricante), pero tendiendo a

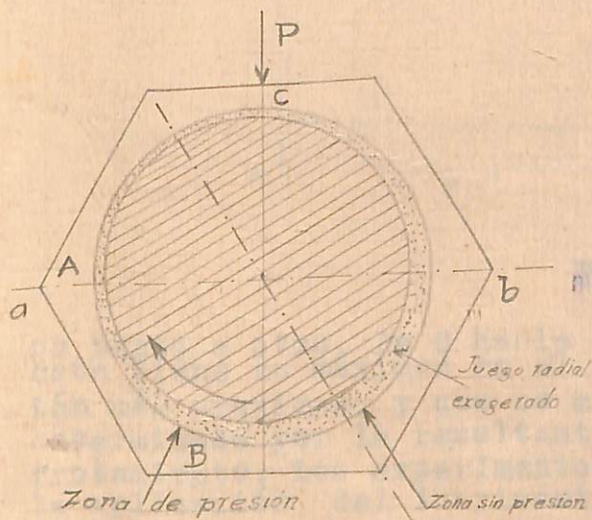


Fig.5

arrastrar consigo, por adherencia, el aceite que moja su superficie; al ir aumentando la velocidad se establece una lucha entre la carga P o la presión del cojinete sobre el arbol, y la tendencia del aceite arrastrado a entrar en el intersticio y formar una película. Por otra parte, la porción de aceite adherida al arbol tiende a arrastrar a las porciones contiguas, en la zona BA, en forma de cuña entre las dos superficies; se desarrollará entonces una presión que crecerá con la velocidad, y que para un cierto valor de ésta, (velocidad crítica), tendrá un valor suficiente para vencer a la carga y suprimir el contacto metálico. Si a partir de este momento, la velocidad permanece constante, se llegará a la posición de equilibrio.

Por otra parte, el espesor de la película en el punto más alto, aumentará a medida que el movimiento se acelera. Este espesor tiene su máximo, que será igual al juego radial, y al cual se llegará cuando el eje y el cojinete sean concéntricos. Según se vé en el diagrama (fig.6), la presión varía sensiblemente de

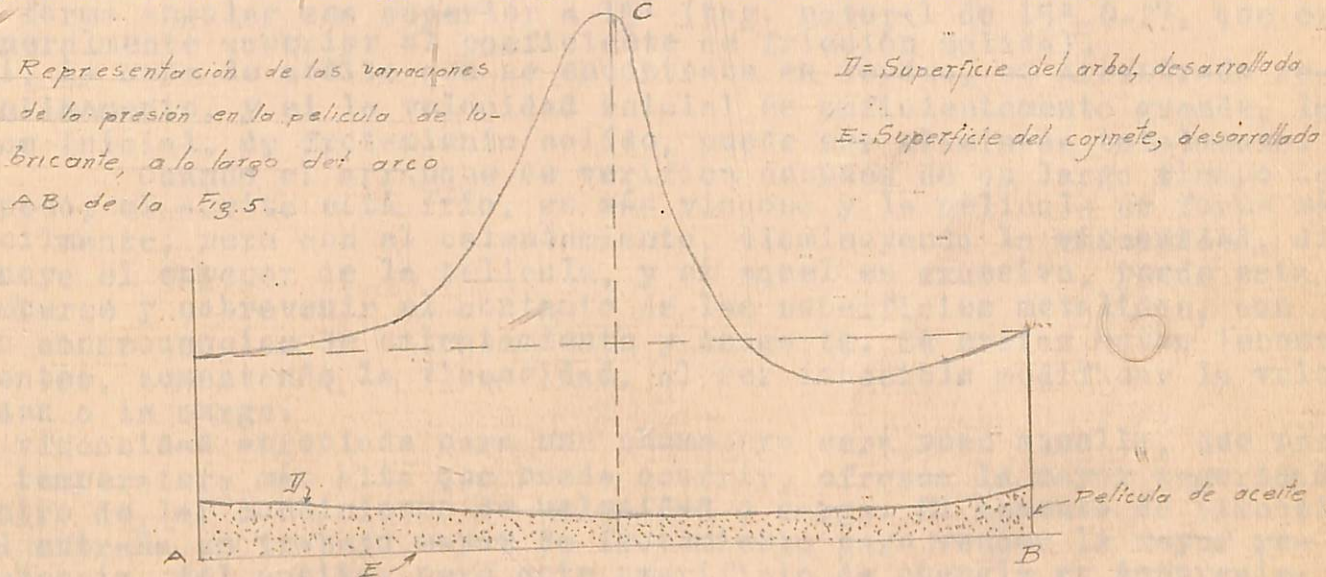


Fig. 6

un punto a otro. De C hacia B se produce un descenso en la presión; esta tiene su máximo en el punto donde las superficies metálicas están más próximas, y que no es precisamente el punto C, sino un punto determinado por la resultante de P y la resultante de las fuerzas de frotamiento. Los experimentos de Goodman y Tower han demostrado que la aplicación del lubricante no debe hacerse por la zona de presión máxima, pues por cualquier orificio abierto en ella con este fin, se derramará el lubricante, imposibilitándose la formación de la película. La parte inferior del cojinete, no desempeñando papel ninguno en la transmisión de los esfuerzos, puede suprimirse; y en estas condiciones la experiencia muestra que se llega fácilmente al engrase perfecto, sumergiendo la parte inferior en un baño de aceite, o aplicando contra ella un cuerpo fibroso (estopa etc.) saturado de aceite, (coches de ferrocarril).

Sucede lo mismo en los casos en los cuales la carga es soportada por el eje y no por el cojinete; con la circunstancia muy favorable, de que la región de la presión máxima, queda en la parte inferior, y en la superior la región de presión mínima, que es la apropiada para la

aplicación del lubricante. En ambos casos el espesor de la película líquida es función de la relación P/vn , en donde P es la carga, v la velocidad, n la viscosidad.

El desplazamiento lateral del arbol dentro del cojinete favorece la formación de la película, siempre que este desplazamiento expresado en forma angular sea superior a 15° (tag. natural de $15^\circ = 0.27$, que es generalmente superior al coeficiente de fricción sólida).

Así, la capa de aceite que se encontraba en reposo, es arrastrada repentinamente, y si la velocidad inicial es suficientemente grande, la fase inicial, de frotamiento sólido, puede ser eliminada totalmente.

Cuando el arranque se verifica despues de un largo tiempo de reposo, el aceite está frío, es más viscoso y la película se forma más fácilmente; pero con el calentamiento, disminuyendo la viscosidad, disminuye el espesor de la película, y si aquel es excesivo, puede esta romperse y sobrevenir el contacto de las superficies metálicas, con sus consecuencias de calentamiento y desgaste. Se evitan estos inconvenientes, aumentando la viscosidad, al ser imposible modificar la velocidad o la carga.

La viscosidad apropiada para una chumacera será pues aquella, que para la temperatura más alta que pueda ocurrir, ofrezca la mayor seguridad dentro de las condiciones de velocidad o carga. El aumento de viscosidad entraña un trabajo mayor de frotamiento para vencer la mayor resistencia, del aceite, pero este sacrificio de energía es inapreciable si se le compara con las consecuencias que puede tener la ruptura de la película protectora. "(Hasta aquí J. Lévy).

LUBRICACION

--- I ---

* SISTEMAS DE LUBRICACION

La idea del rendimiento máximo debe ser la constante preocupación de quien tiene a su cargo una maquina o un conjunto de maquinas destinadas a producir un servicio. Siendo la fricción, por si misma, o en sus efectos, calentamientos y desgastes, la causa de la gran mayoría de los accidentes internos que se presentan en los mecanismos, y que traducéndose en interrupciones afectan a la eficiencia, la lucha contra la fricción, y la defensa contra sus efectos, tienen una importancia indiscutible, y ese es el objeto de la Lubricación, objeto que se trata de alcanzar, en primer lugar, interponiendo entre las superficies que se rozan una capa de lubricante, reemplazando así la fricción metálica por la fricción fluida, y en segundo lugar, reduciendo la fricción fluida dentro del mismo lubricante, al minimum posible.

En toda clase de maquinas, el factor más importante de su funcionamiento y conservación es el consumo de fuerza motriz, pues de dicho factor depende la eficiencia de las maquinas y que su rendimiento sea el mayor posible. Entre el consumo de fuerza motriz de las maquinas y su lubricación existe una relación íntima, pues de la buena lubricación depende que el frotamiento se reduzca a un mínimo, y por tanto, que el consumo de fuerza motriz sea el menor posible.

Dualquiera objeción o duda que pueda existir acerca de la importancia de la lubricación quedará pronto desvanecida con solo consultar a los encargados de velar por la producción continua o el trabajo eficiente en cualquier genero de empresa o establecimiento industrial.

Al igual de todos los factores que influyen en la producción, hay que considerar la lubricación desde un punto de vista económico. En otras palabras, el costo que pueda ocasionar el mantener un sistema de lubricación efectiva y segura, se debe comparar con las pérdidas causadas a consecuencia de una lubricación insuficiente o descuidada.

Es preciso distinguir la "lubricación perfecta", que ocurre cuando el contacto de las dos superficies está totalmente eliminado, esto es, cuando el lubricante forma una película continua, y la "semi-lubricación" que es el caso más frecuente, pues en la gran mayoría de las veces, las superficies, por las condiciones de presión y velocidad, no están perfectamente separadas y protegidas por el lubricante, aproximándose más o menos, al estado ideal de lubricación perfecta. Pero sea cual fuere el caso, el lubricante introducido se elimina y desaparece y se elimina bajo la acción de los múltiples agentes que sobre él actúan: temperatura, presión, evaporación, impurezas, y es preciso renovarlo mediante procedimientos o aparatos, cuyos tipos varían según las exigencias de la operación, y cuyas características generales pasamos a describir. X

CLASIFICACION-. La aplicación del lubricante puede hacerse: 1º Haciendo llegar el lubricante a las superficies por pequeñas dosis y a intervalos determinados, de manera que la cantidad aplicada en un momento dado, no se haya eliminado en el momento de la aplicación siguiente.

2º-Mediante un flujo continuo de aceite que manteniendo los organos en un estado muy proximo al engrase perfecto, elimine a la vez en lo posible el calor desarrollado por el frotamiento, sistema que puede ser de circulación, de alimentación central o de baño.

Atendiendo pues a estas dos características fundamentales, la lubricación puede efectuarse por tres procedimientos:

A)-. Aplicación a mano.

B)-. Aplicación por medio de aparatos distributores por gravedad o por capilaridad (Lubricadores semi-automáticos)

C)-. Aplicación por medio de engrasadores mecánicos, completamente automáticos.

A) ENGRASE A MANO-. Se emplea este sistema cuando el lubricante es una grasa o un aceite demasiado viscoso y por consiguiente de flujo difícil a través de los conductos de los engrasadores mecánicos. Las grasas aplican a mano depositándolas en copas o receptáculos especiales cuyo fondo perforado comunica con las superficies por lubricar, y que están provistas de una tapa de rosca o de presión para que el lubricante este siempre forzado a pasar hacia las superficies. Los aceites se aplican vertiéndolos por medio de una aceitera de forma ordinaria en un simple orificio o en un pequeño tubo que comunica con el organo en movimiento.

Las impurezas del aire, el polvo, las limaduras metálicas etc. penetrando por los orificios de engrase pueden obstruirlos, y avanzando hasta las superficies lubricadas rayarlas o desgastarlas; estos inconvenientes se evitan proveyendo los orificios de tapaderas apropiadas.

Deben usarse de preferencia para verter el aceite, aceiteras de presión que permitiendo regular a voluntad la salida del aceite por gotas, previenen el desperdicio, que es el inconveniente mayor de la lubricación a mano.

B)-. LUBRICADORES SEMI-AUTOMÁTICOS-. Estos aparatos requieren que se inicie en ellos a mano el flujo del aceite al poner en marcha la máquina, y que así mismo se suspenda al detenerla. Se dividen en:

a)- **Lubricadores por gravedad o cuenta-gotas de gota descendente**, que constan de un simple vaso de vidrio D (fig.7), que tiene en la parte superior una válvula V que se acciona a mano por medio de una llave para iniciar y regular el paso de las gotas de aceite, y en la inferior un conducto C que lleva el aceite al organo que se lubrica. El aceite viene del depósito general al cuenta-gotas, por el conducto E.

Los cuenta-gotas múltiples constan de varios aparatos como el que describimos, alimentados por un solo depósito y en los cuales las llaves que regulan la caída de las gotas, se accionan todas a la vez mediante una manivela para abrir el flujo simultáneamente y en un momento dado. El vaso del cuenta-gotas es de vidrio o de otro material transparente para que se pueda observar el movimiento del aceite y regularlo a volun-

tad. Como el funcionamiento es por gravedad, se instala el cuenta-gotas en posición vertical y a un nivel mas alto, y los conductos llevan la inclinación conveniente.

La cámara de cristal comunica con el exterior, para que el aire contenido en ella y en las tuberías, no se vaya comprimiendo a la entrada de cada gota, con la nueva cantidad que cada una arrastra al entrar.

b)-, Lubricadores por capilaridad. Un lubricador por capilaridad se compone (fig.8), de un deposito de aceite D cuyo fondo esta atravesado por un tubo que sube verticalmente hasta sobresalir de la superficie del liquido; una mecha se sumerge en el aceite por una extremidad, y la otra desciende por el tubo, circulando el aceite por ella de adentro hacia afuera como por un sifon. La circulación se establece o se suspende a mano, accionando la mecha por medio de una varilla de alambre V, que baja por el tubo, y a cuya extremidad inferior va unida la

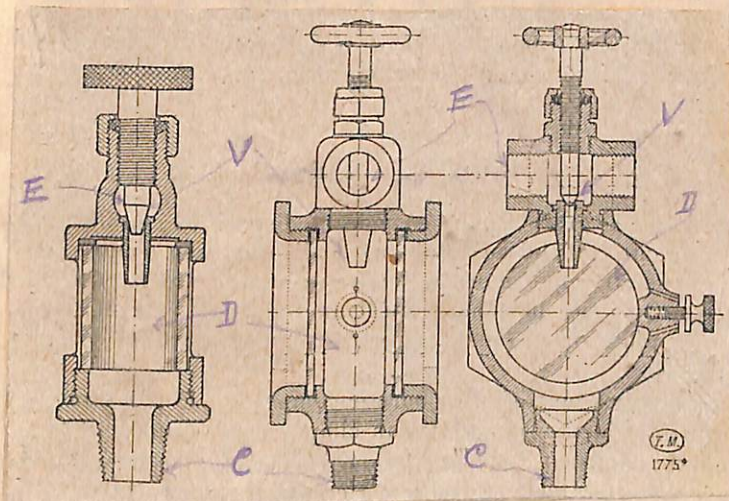


Fig. 7

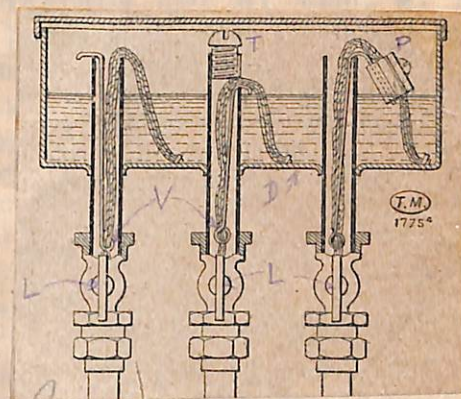


Fig. 8

extremidad inferior de la mecha, mientras la superior, saliendo del tubo, permite manejarse facilmente, retirandola cuando se desee suspender la circulación; o por medio de una llave L en la parte inferior del tubo, que impide el paso del aceite, conservándose siempre la varilla para retirar la mecha cuando sea necesario para cambiarla o lavarla. Se obtiene una circulación de aceite más o menos activa, oprimiendo la mecha en alguna de sus partes por medio de un anillo de presión P o de un tornillo T en la boca del tubo, con lo cual se dará paso a una mayor o menor cantidad de aceite.

Calidad de las mechas. Debe darse la preferencia a la lana, pues el algodón se engrasa y obstruye muy rapidamente; los hilos han de estar simplemente colocados unos al lado de otros sin ninguna torsión, la que disminuye notablemente el flujo de aceite, y el haz no debe ser tan grueso, que con las impurezas acumuladas, obstruya totalmente el tubo. Las mechas deben revisarse y lavarse con frecuencia con petroleo o gas-

solina, teniendo luego la precaución de empaparlas en aceite antes de colocarlas de nuevo.

6) LUBRICADORES AUTOMATICOS- Son aparatos cuyo funcionamiento está gobernado directamente por la misma maquina que lubrican, de manera que cuando esta no trabaja, no habrá lubricación, y por el contrario, a una mayor actividad en la maquina, o lo que es lo mismo, a una mayor necesidad de lubricante, corresponderá una lubricación más abundante y activa. Podemos dividir los lubricadores automaticos en:

a)-. **Lubricadores por inercia.** En estos aparatos se utilizan los movimientos de vibración, o los desplazamientos de las piezas en las maquinas para provocar el flujo del aceite. Se reducen en principio a un lubricador del tipo de capilaridad en el cual se ha suprimido la mecha, pero el aceite, agitado por los movimientos de la misma maquina, se derrama por el tubo, y vá a las superficies frotantes. En la fig. 9, el tipo A, representa el lubricador por inercia, más sencillo; en virtud del movimiento, el aceite de la copa se derrama por el tubo a. El tipo B tiene la modificación del tapon T regulable por el tornillõ D que le permite levantarse más o menos a cada movimiento, y dejar pasar mayor o menor cantidad de aceite.

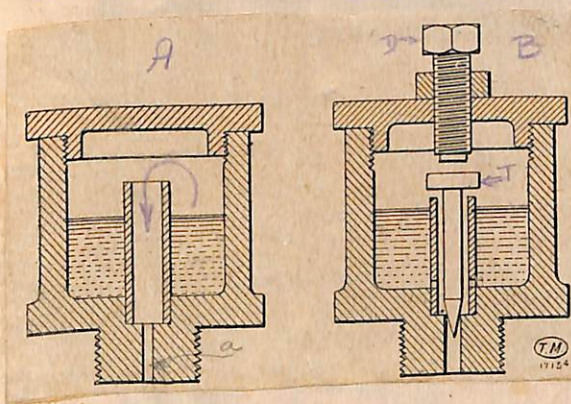


Fig. 9

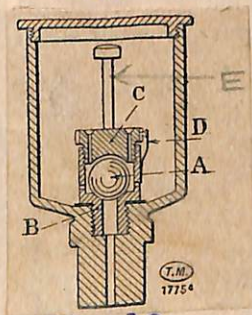


Fig. 10

Otro tipo de lubricador por inercia consiste en un recipiente análogo a los anteriores (fig. 10), pero cuyo fondo está perforado por un agujero conico en el cual encaja libremente una bola metálica; las vibraciones de la maquina se transmiten a la bola, la que desplazándose lateralmente deja pasar con regularidad porciones de aceite. La varilla de tornillo E permite graduar la amplitud del movimiento de la bola. En algunos lubricadores la bola se substituye por un trozo corto de varilla que baja por el conducto libremente hasta tocar con el eje, o muñon que se trata de lubricar; una excéntrica imprime a la varilla un movimiento alternativo de ascenso y descenso, permitiendo la salida intermitente del aceite.

* b)-. **Lubricadores mecanicos.** Se reducen en algunos casos a pequeñas bombas cuyo piston está accionado por la maquina, y que fuerzan el aceite a través de conductos, hasta las diversas piezas por lubricar.

Un tipo especial de lubricador mecánico es el ideado por la "Vacuum Oil Co", indicado en la fig. 11. El aceite se vierte por la parte superior, atraviesa el tamiz L y llega al cuerpo de bomba A cuyo piston está accionado por la excéntrica J, montada en el arbol K; por el canal C es as-

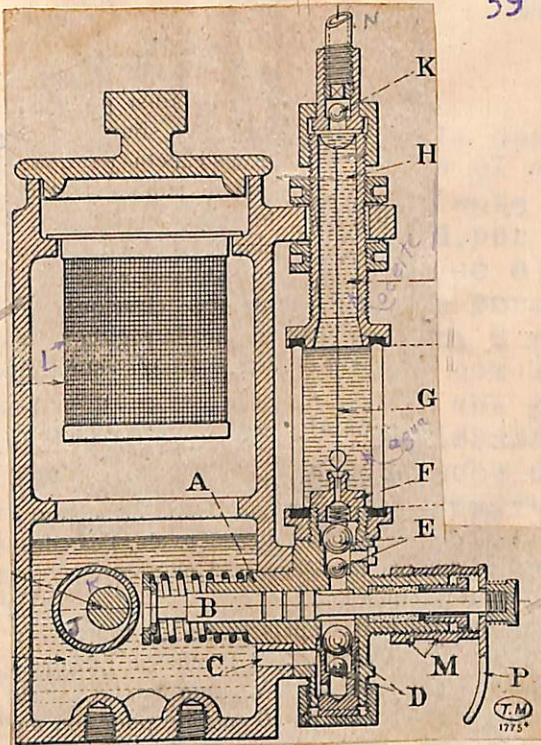


Fig. 11

En las locomotoras se usa el cuenta-gotas de gota ascendente, pero la circulación del aceite no se efectúa por medio de bombas sino por la acción misma del vapor. La fig. 12 es un esquema de este tipo de lubri-

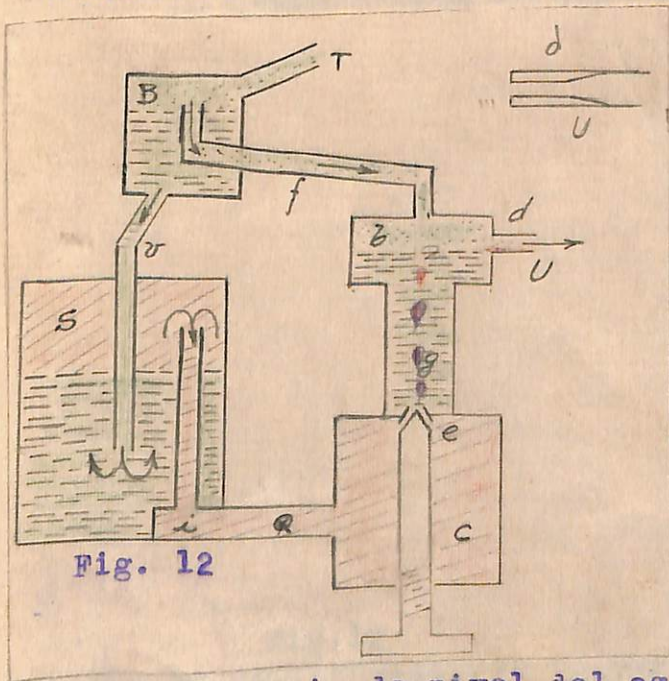


Fig. 12

pirado el aceite, pasa por las valvulas de bolas D y E y llega al mecanismo cuentagotas F y a la cámara de inspección, de paredes de vidrio FG; si en la cámara hubiera aire, sería comprimido a cada golpe de bomba, aparte de que el aceite no podría continuar su marcha debido a la posición vertical del aparato; estos inconvenientes se han salvado llenando de agua la cámara FG, a través de la cual sube cada gota de aceite guiada por el hilo G. Este dispositivo se llama "cuenta-gotas de gota ascendente". La llegada de la gota al depósito H origina el flujo de aceite por la valvula K y por el conducto N que lo lleva hasta las superficies frotantes. La palanca P sirve para hacer el bombeo a mano cuando se necesita una lubricación más abundante, por un calentamiento inesperado

El vapor viene por el tubo T, y llega a la cámara de condensación B en donde se condensa, y la que se llena de agua hasta una altura determinada; otro tubo v comunica la cámara con el depósito S el que a su vez está comunicado mediante el tubo iq con el cuentagotas g, y con la cámara C. La cámara b comunica con la de condensación por el tubo f, y el vapor, por el tubo U lleva el aceite atomizado a las valvulas y cilindros. En el depósito S hay aceite que flota sobre el agua proveniente de la cámara de condensación; sobre el agua de esta cámara actúa la presión de la caldera que es transmitida por v al aceite de S, de modo, que la presión a que está sometido el aceite, es igual a la presión del vapor, más la presión debida a la diferencia de nivel del agua entre B y S; en virtud de esta pre-

a la diferencia de nivel del agua entre B y S; en virtud de esta pre-

sión, el aceite pasa a la cámara C; además, el vapor ejerce también presión por el tubo f sobre el agua de la cámara b, equilibrando así la ejercida por debajo mediante el cuentagotas, de modo que aunque el vapor empuje del lado de B, por los conductos v, i, Q, C, g, la misma presión ejercida por f, impide que el agua de b se eleve. Se vé pues, que el sistema de agua y aceite permanecerá inmóvil y en equilibrio, y el paso del aceite a la cámara C a través de iQ, se verificará, no por la presión del vapor, sino por la diferencia de nivel entre B y S. Al llegar el aceite a C, pasa una gota por la válvula e y sube por el agua. El buen funcionamiento depende de la igualdad de las presiones entre b y C; el orificio estrecho d, (cuyo detalle se ve en la fig.), regula la salida del vapor, conservando constante la presión en b. Abierta la válvula e del cuentagotas, el aceite pasa por ella gota a gota y llega hasta la superficie en b, de donde es arrastrado por el vapor a través de d, al tubo U.

Los lubricadores mecánicos son el tipo más perfecto de aparatos de engrase, pues la entrada del aceite está perfectamente de acuerdo con la necesidad que haya de él en las superficies, según la actividad del movimiento.

--- II ---

LUBRICACION DE MECANISMOS SENCILLOS

* ENGRANAJES-. Generalmente se incurre en el error de creer que los engranajes, por su construcción y su apariencia, que dan la idea de resistencia, son piezas que necesitan muy poca atención desde el punto de vista de la lubricación, sin considerar, que son partes de las máquinas diseñadas con tanto cuidado como las más delicadas, y cuyas funciones se afectan cuando se las descuida o se las abandona a las condiciones desfavorables de trabajo. Pero en el manejo correcto de la maquinaria moderna, la lubricación de los engranajes es uno de los más importantes factores, y equivale a la prevención oportuna de accidentes y averías. X

Hablando teóricamente, la transmisión del movimiento por medio de engranajes, debería reducirse a un simple caso de rodadura, esto es, que cada diente rodara contra la superficie del contiguo en la otra rueda dentada, y le transmitiera su movimiento en la forma en que un rodillo lo comunica a otro inmóvil con el cual se hallaba en contacto. Pero en la práctica no se llega a ese ideal, y a pesar de lo perfectamente que están cortados los dientes y ajustados los engranajes, ocurre siempre entre dos dientes que se tocan, un cierto deslizamiento o fricción, en combinación con el movimiento de rodadura. A ese deslizamiento friccional que perjudica, es al que hay que mirar cuando se habla de

lubricar engranajes, procurando que los dientes se muevan unos respecto de otros, con un movimiento lo más semejante posible al movimiento teórico de rodadura, reduciendo así en lo posible la fricción.

En la aplicación del lubricante a un engranaje, se debe tener en cuenta el tipo, la posición y la función del engranaje. Según su tipo, los engranajes se dividen en ruedas dentadas, engranajes espirales, o helicoidales, engranajes cónicos, engranajes anulares (dientes costados no en la periferia, sino en el interior de la rueda), y tornillos sin fin. Según su función, los engranajes pueden ser: para transmitir movimiento de un punto de una máquina a otro punto, situado en el mismo plano o en plano distinto; para cambiar la velocidad del movimiento; o para cambiar la dirección del mismo.

Los espirales y helicoidales y las ruedas dentadas se usan para la conexión de ejes paralelos o de ejes en ángulo. Pero por perfecta que sea la instalación, se producen siempre en los engranajes de esta clase, vibraciones y rechinamientos que provienen de una formación imperfecta de la película lubricante, con el desgaste consiguiente de las superficies de los dientes, siendo pues indispensable la lubricación cuidadosa. Los sistemas de engranajes sometidos a altas velocidades, se encierran dentro de una caja dispuesta para el sistema de lubricación por baño, en cuyo caso debe usarse un aceite denso, de viscosidad alrededor de 100 segundos Saybolt, a una temperatura de 100°C, más o menos.

Para piñones es preciso usar grasas o aceites de cuerpo suficiente, pues por su colocación, generalmente formando ángulo, o por la oblicuidad de los dientes, el esfuerzo de deslizamiento es más intenso, y es preciso interponer una película de resistencia mayor. Las grasas con base de grafito son especialmente recomendables para estos casos.

En los engranajes de tornillo sin fin, que casi siempre trabajan bajo

presiones considerables, se debe igualmente usar un aceite de viscosidad que varíe entre 100 y 200 segundos Saybolt a 100°C, cuando el sistema vaya dentro de una caja para lubricación por baño; cuando este descubierta debe usarse preferentemente una grasa.

Cuando estos engranajes están lubricados mediante baño de aceite (fig. 13), es preciso tener muy en cuenta si el tornillo está coloca-

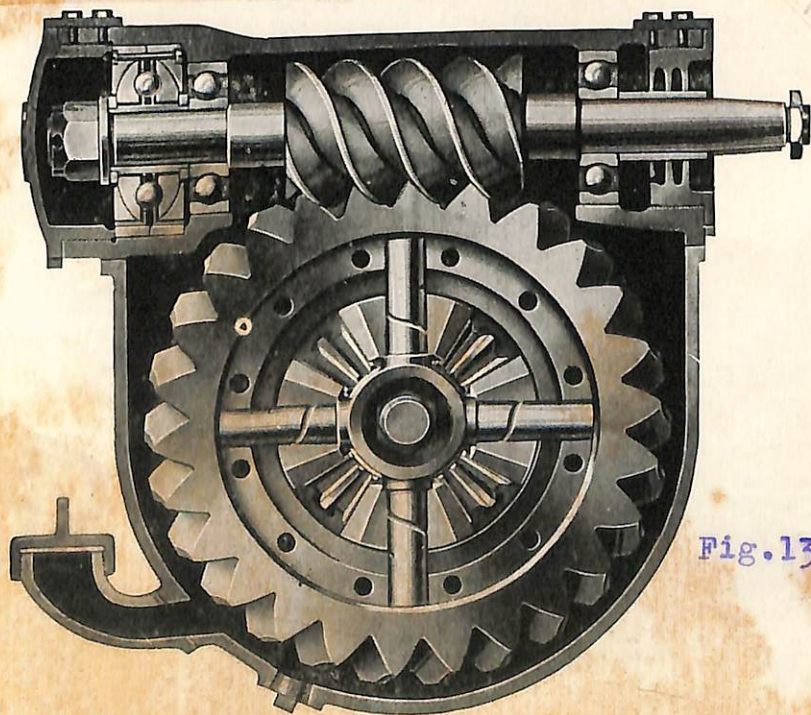


Fig. 13

do encima de la rueda, como en la figura, o debajo de ella. En el primer caso, como el aceite tiene que ser transportado sobre los dientes de la rueda a una altura mayor, hasta dar con el tornillo, se debe usar para que no se escurra, un aceite más viscoso y adhesivo que el que se usaría en el caso de que el tornillo fuera por debajo, en contacto con el baño, llevando el aceite a la rueda.

* **CADENAS-**. Cuando las cadenas de transmisión están completamente encerradas dentro de una caja se lubrican mejor con aceite. Para las que trabajan en descubierto, la grasa grafitica es el lubricante adecuado, por que es menos susceptible a ser lanzado en todas direcciones por la movilidad de la cadena. Cuando no es posible quitar de su sitio la cadena para lubricarla aparte, se hace la aplicación del lubricante con una brocha para que penetre bien en todas las articulaciones y pasadores. Al facilitarse desmontar la cadena, se debe limpiar bien antes de lubricarla de nuevo, hirviendola durante veinte minutos con agua de ceniza, que destruye las incrustaciones formadas por el lubricante con las impurezas, en las articulaciones de los segmentos.

* **CABLES-**. Los cables metalicos, a pesar de venir desde la fabrica con el núcleo de manila o cañamo impregnado de aceite, necesitan de lubricación durante el servicio. En las condiciones de trabajo, los cables están sujetos a la fricción y al desgaste, no sólo sobre las poleas y soportes en que se apoyan, sino que, por la tensión y las flexiones, los hilos entre si, se rozan y se desgastan por este contacto de los unos con los otros, y es expulsado el lubricante que impregnaba el núcleo. Es preciso pues, devolver al nucleo el lubricante perdido, y prevenir los desgastes y las resistencias originados por la fricción, objetivos que se alcanzan mediante una lubricación efectiva hecha por medios adecuados y usando un lubricante que no sólo sea capaz de penetrar entre los hilos sino que resista a los agentes atmosfericos, y que con las impurezas naturales no se endurezca ni se compacte. Los aceites minerales que sean naturalmente viscosos, esto es, que no hayan sido espesados artificialmente, son los aconsejados para lubricar los cables;

las grasas, siendo compuestas de un producto de saponificación que sirve de vehiculo al lubricante propiamente dicho, que generalmente es un aceite poco viscoso, no son recomendables, pues el jabon no tiene propiedades lubricantes, y es poco adhesivo, y el aceite, careciendo de la viscosidad requerida forma una pelicula de poca resistencia. Siendo la penetración del lubricante entre los hilos metalicos, condición esencial para la buena lubricación, pues los efectos que produce la fricción del cable con las poleas o apoyos, son in-

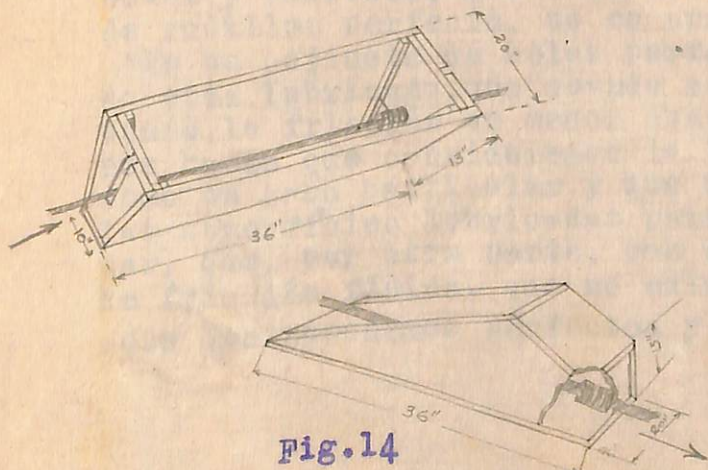


Fig.14

significantes comparados con los que resultan de la fricción de los hilos entre sí cuando el cable se dobla o se tensiona, y no prestándose mucho a esta penetración el lubricante requerido, por su alta viscosidad (1000 segundos Saybolt a 100° C), la aplicación debe hacerse en caliente, aplicándolo con una brocha cuando se facilite y el cable sea accesible y de proporciones reducidas. Cuando es imposible la aplicación a mano, se construye de madera y en sitio apropiado, recipientes como los mostrados en la fig. 14, según la inclinación del cable, y de capacidad suficiente, en los cuales se vácia paulatinamente el aceite calentado, mientras el cable se va moviendo. Esta aplicación del lubricante durante el trabajo del cable, es decir cuando está sometido a flexiones y tensiones, favorece la penetración del aceite entre los hilos.

Existen mecanismos que automáticamente lubrican los cables, derramando el aceite por gotas, y para el funcionamiento de los cuales se utilizan los movimientos vibratorios o las revoluciones de las poleas de apoyo, para accionar embolos pequeños de bombas que comunican con un depósito de aceite.

* COJINETES DE BOLAS Y DE RODILLOS.- La superficie de contacto de las chumaceras ordinarias, se reduce teóricamente, a un punto, en los cojinetes de bolas, y a una línea, en los cojinetes de rodillos. En una chumacera común, la resistencia debida a la fricción, es mucho mayor en el momento del arranque, que después, cuando el movimiento se ha iniciado y se ha formado completamente la película de lubricante; en los cojinetes de bolas y rodillos, al contrario, la fricción inicial es prácticamente la misma o muy poco mayor que la fricción durante el resto del movimiento. Esta ventajosa característica es la que ha hecho que el uso de esta clase de cojinetes se haya extendido tanto, sobre todo para mecanismos sujetos a paradas y arranques frecuentes, o cuyo movimiento debe cambiar de sentido rápidamente en un momento dado, como en las cajas de velocidades de los automóviles, los motores eléctricos. Las conclusiones a que llega el Profesor T. Goodman en su informe a la "Institution of Automobile Engineers" sobre el uso de los cojinetes de bolas y rodillos, que son, entre otras: "La fricción en un cojinete de rodillos perfecto, no es apreciablemente afectada por la lubricación. "En un cojinete de bolas perfecto, la fricción es un poco mayor cuando está lubricado, que cuando está seco; y en un cojinete de bolas defectuoso, la fricción es menor cuando está lubricado que cuando está seco". Nos hacen que consideremos la lubricación de esta clase de cojinetes como un caso particular y que deduzcamos que, aunque en estos cojinetes las superficies lubricadas parezcan más resbaladizas, no se debe olvidar, que, por otra parte, con el lubricante se añade una cierta porción de fricción fluida, que no existe cuando los cojinetes funcionan en seco, y los suponemos perfectos y altamente pulimentados. La función del

lubricante se reduce pues en este caso, principalmente a actuar, más como medio protector de las superficies, que como agente contra la fricción, a la cual, en cierto modo, favorece.

Especial cuidado debe tenerse por tanto al lubricar esta clase de cojinetes, pues el exceso de lubricante llega a ser contraproducente según acabamos de ver, dando origen a fricciones internas dentro de él mismo, principalmente si es una grasa dura o un aceite muy viscoso. Para altas temperaturas, cargas pesadas o bajas velocidades, deben usarse, en cojinetes de rodillos, aceites minerales de viscosidad un poco elevada para evitar los desgastes; en cojinetes de bolas pueden usarse aceites de viscosidad menor.

Las grasas pueden dar mejor resultado, pues protegen más las superficies se adhieren y conservan mejor sobre ellas, e impiden con mayor seguridad la entrada de impurezas a los cojinetes. Deben sí ser, por otra parte, especialmente suaves para que protejan y cubran sin perjuicio las superficies.

Como conclusión general tenemos pues, que tratándose de cojinetes de bolas y rodillos, el abuso de los lubricantes en cuanto a su cantidad o a su viscosidad, es altamente perjudicial, y que sólo en casos de grandes presiones o altas temperaturas se debe hacer uso de grasas o aceites gruesos, (750 segundos Saybolt a 38° C),; en los casos comunes, aceites delgados, (100 a 200 segundos Saybolt a 38° C), o mejor, grasas muy suaves, que adhieren mejor, protegen más y previenen la entrada de impurezas. X

NOTA-. Las figuras impresas del artículo I (Sistemas de Lubricación), han sido tomadas del catálogo de "Fils de Emile Salmson" Paris. Las del artículo II (Lubricación de maquinaria sencilla) de un catálogo de tractores de la International Harvester Co. Chicago, y del boletín N° 10 de la Texas Co. U.S.A.

--- III ---

LUBRICACION DE MAQUINARIA ELECTRICA

Los dinamos y motores electricos siendo maquinas que giran a gran velocidad, necesitan una lubricación activa y cuidadosa.

La aplicación cada vez más extendida de la energía eléctrica a la industria, ha venido a hacer del motor eléctrico, un elemento primordial en la maquinaria moderna; de aquí, que nunca sean excesivas las precauciones que se tomen para que su funcionamiento sea lo más perfecto posible y el motor rinda la mayor eficiencia dentro de la mayor economía.

Sistemas de lubricación. Los sistemas de lubricación son idénticos para los dinamos y los motores electricos; los más usados son:

a)-. Anillos lubricadores. Es el procedimiento usado hoy generalmente. Como se vé en la fig. 15, el anillo lubricador A, está suspendido del eje y en contacto con él gracias a una ranura de la chumacera; al girar el eje, y debido a este contacto, el anillo gira con él, aunque a una velocidad menor y arrastra consigo, adherido sobre su superficie,

al aceite del deposito C, en el cual se sumerge su parte inferior; este aceite llevado por el anillo, llega al eje y se difunde a todo lo largo de la chumacera B, por las estrías E (fig.16) que aquella tiene en su vara interna, llamadas de "patas de araña", y cuya inclinación debe ser en el sentido del movimiento de giro del eje, para que este active la circulación del aceite por ellas.

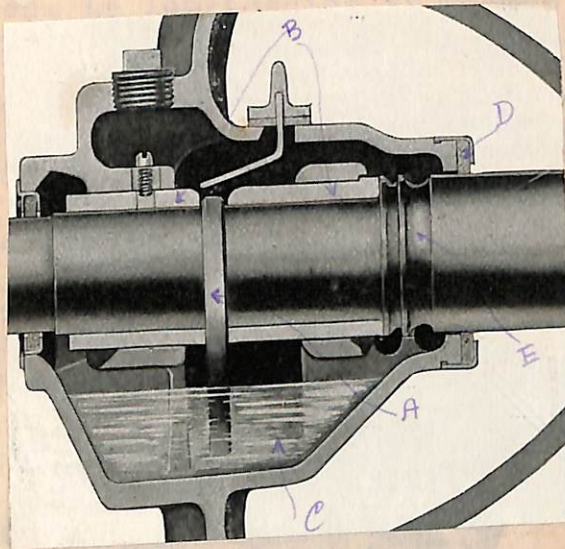


Fig. 15

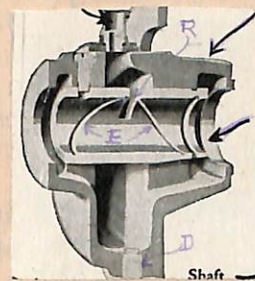


Fig. 16

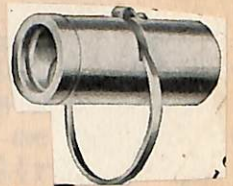


Fig. 17

La fig. 17 muestra la chumacera con la ranura que permite al anillo descansar sobre el eje; dicha ranura se vé también en la fig. 16 (R). Para que la lubricación por este sistema sea efectiva, es necesario que el deposito de aceite sea de capacidad suficiente, de modo que el anillo tenga libre juego; de profundidad apropiada para que se depositen las impurezas, de ancho tal, que el aceite no se agite mucho, lo que es causa, y este es el inconveniente del sistema de anillo, de que se ponga espeso y se oxide por la continua agitación en el aire. Puede aumentarse la capacidad del deposito, cuando no es suficiente, atornillando en el sitio del tapon de descargue D (fig.16), situado en la parte inferior, un recipiente auxiliar, que puede ser un trozo de tubo de hierro, cuya extremidad se cierra con un tapon de rosca; así se obtiene mayor superficie para la refrigeración del aceite en caso de que se calentara, y más espacio para la sedimentación de las impurezas. Otro inconveniente del sistema de anillo, es la facilidad de que el aceite acumulado en exceso en la parte superior de la chumacera, pueda llegar, a lo largo del eje, hasta el embobinado. Esto acontece cuando el anillo se mueve muy rapidamente, o cuando el aceite en el deposito

está a un nivel más alto que el indicado con la señal. En los motores de tipo moderno se ha salvado este inconveniente de la inundación del embobinado mediante un empaque de metal blando D (fig. 15), en la parte posterior de la chumacera, que detiene el aceite, regresando este al depósito por las ranuras E.

Con todo, el sistema de lubricación por anillo es marcadamente económico, pues sólo se necesita agregar cada cierto tiempo según la actividad del funcionamiento, pequeñas cantidades de aceite para adelgazar el existente, si acaso se ha espesado por la agitación y el servicio continuos. La lubricación es además por este sistema, más uniforme, con un mayor factor de seguridad y exigiendo menos atención y cuidado inmediato.

Cada vez que el motor principie a andar es preciso cerciorarse de que el anillo ha entrado en movimiento, e iniciarlo a mano si hubiere permanecido inmóvil.

El diámetro de los anillos es generalmente doble del diámetro del eje que lubrican; cuanto más grueso y pesado sea el anillo será más fácil la rotación con el eje y más activa la evolución del aceite. Los anillos son de sección circular, rectangular, elíptica etc. y tienen ranuras en la cara interior para el fácil transporte del aceite.

b)-.Lubricadores de mecha. En los motores pequeños y de poca potencia se

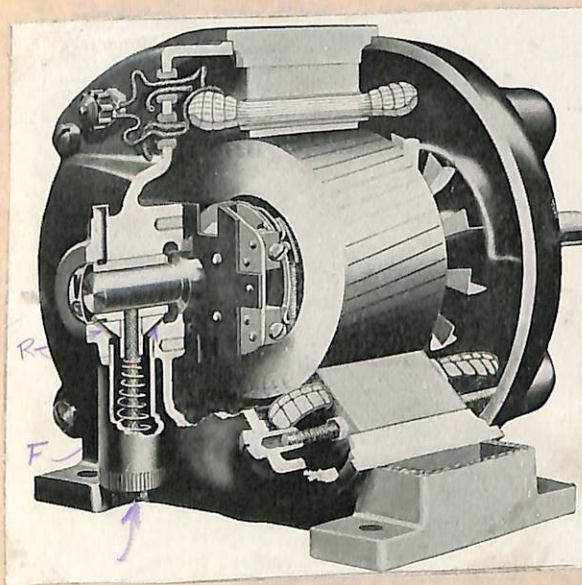


Fig. 18

emplea el sistema de lubricación por mecha que es también muy sencillo y requiere pocos cuidados. El mecanismo se reduce a una mecha de fieltro F fig. 18 apoyada en el interior de un resorte espiral que mantiene su extremidad a presión contra el eje, y hasta el cual sube por capilaridad el aceite contenido en una copa. Se llama sistema de "alimentación hacia arriba" porque la copa está colocada debajo del eje, y el movimiento del aceite es ascensional. La fig. 18 muestra un motor lubricado con lubricador de mecha. El aceite regresa al depósito desde los extremos del eje, por gravedad, y pasando por las ranuras R. Este sistema también es automático pues aunque la mecha permanece cargada de aceite, no hay circulación mientras el eje permanezca inmóvil.

c)-.Lubricación por empaque de lana. Se usa también para motores de baja potencia. Consiste en un depósito muy semejante al del lubricador de anillo, lleno totalmente de lana o estopa, a suficiente presión, que rodea por todos lados la chumacera, e impregnada de aceite, el que llega al eje a través de ranuras y agujeros abiertos en aquella. Por un tapón se vierte el lubricante, que absorbido por el empaque, llega por capilaridad al eje. La fig. 19 muestra este sistema de lubricación.

Tiene las ventajas siguientes: El aceite llega al eje

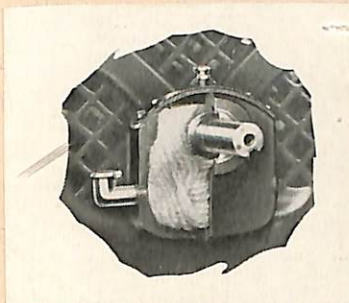


Fig. 19

perfectamente filtrado. No se forma espuma ni se espesa por la agitación constante, como en el sistema de anillo. Las pérdidas y escapes están eliminados, pues la lana mantiene aprisionado al lubricante, originando una economía considerable, hasta el punto de que en un motor, la lana puede almacenar aceite para un año de trabajo continuo. La cantidad de aceite que puede ponerse en depósito es doble de la que cabe en un depósito igual, en el sistema de anillo. El aceite está protegido por la lana contra las variaciones de temperatura.

Durante el primer mes de trabajo de un motor nuevo, se debe cambiar el aceite cada semana, pues siempre se depositan partículas sólidas que caen del embobinado o de la armadura y van a parar al aceite. Las chumaceras y el depósito deben lavarse con petróleo refinado, después de lo cual se colocará aceite nuevo, que debe ser un aceite mineral fino, de viscosidad entre 150 y 200 segundos Saybolt, a 38° C, cerrando después cuidadosamente los tapones. El aceite debe ponerse en el depósito cuando el motor no esté en movimiento; de lo contrario, el nivel no se podrá, por la agitación, dejar precisamente en el punto indicado por la señal. Al poner de nuevo en marcha el motor, se debe constatar si los anillos o la lana están lubricando.

TRANSFORMADORES- En la transformación de la energía eléctrica en un transformador, hay siempre una pérdida, que puede llegar hasta el 5%, y que es debida a la resistencia al paso de la corriente por el alambre de cobre de las bobinas, al hierro del núcleo y a las corrientes de Foucault que se originan. Esa energía perdida se transforma en calor, el que es preciso eliminar, pues la elevación de la temperatura por largo tiempo y pasando de 100° C, altera la naturaleza del material aislante de las bobinas y origina cortos circuitos. La refrigeración puede hacerse por la ventilación natural del aire, procedimiento menos efectivo, o sumergiendo todo, núcleo y enrollamientos, en un baño de aceite, sistema que es el usado hoy día en todos los transformadores. El aceite actúa como medio conductor del calor desde el núcleo y las bobinas, hasta la caja exterior del aparato, de donde pasa al aire; además de su función de refrigeración, el aceite sirve en cierto modo, y dentro de las condiciones normales, de protector y preservativo del conjunto. Además de estas funciones, el aceite actúa como dieléctrico, (dieléctricos son aquellos cuerpos, que siendo aisladores, las acciones eléctricas se ejercen a través de ellos. Poder o valor dieléctrico de un material, es el número de voltios necesario para atravesar una porción de ese material, de proporciones determinadas. Se expresa generalmente en voltios por milímetro.)

La refrigeración por medio del aceite es más rápida, y asegurando una temperatura más baja para el núcleo y los enrollamientos, ofrece más seguridad u duración para el aparato. Para ofrecer mayor superficie de radiación del calor, la cubierta exterior del transformador es corrugada

La buena calidad de un aceite para transformador depende de las siguientes características:

Valor como aislante. Todo aceite para transformador debe ser sometido a una prueba para apreciar su capacidad aisladora y su poder dieléctrico. La prueba dieléctrica se verifica haciendo pasar la corriente por dos electrodos de cobre terminados cada uno en un disco del mismo metal, de 25 mm. de diametro, situados paralelamente y uno frente a otro, a una distancia de 2.5 mm.; todo sumergido dentro del aceite. El aceite que deje saltar la chispa a menos de 22.000 voltios, es considerado como impropio para transformador.

Formación de depositos. Cuando el transformador está en actividad bajo una corriente eléctrica, la elevación de temperatura, que varía entre 30° y 90° C, produce una dilatación del volumen del aceite; al reducir la carga, la temperatura baja y el aceite se contrae. Como resultado de esta alternativa de volúmenes, al aire exterior es aspirado hacia adentro del aparato, que no está herméticamente cerrado, y cada vez arrastra consigo impurezas y humedad. El aceite calentado se oxida rápidamente en contacto con el aire y con el cobre, que ejerce una acción catalítica. Los productos de esta oxidación, unidos a las impurezas existentes, forman una especie de lodo, que se presenta con aspecto de grumos de color café oscuro, y que depositándose sobre los enrollamientos y contra las paredes interiores de la caja del transformador, impiden, por ser malos conductores, que el calor pase de los enrollamientos al aceite, y de este al exterior a través de la caja. Como efecto de esto, la temperatura de las bobinas se eleva, y como la resistencia de los metales al paso de la corriente eléctrica, aumenta con la elevación de temperatura, las pérdidas de energía serán mayores, y mayor por consiguiente el aumento de calor, y el peligro de alteración del material aislante de las bobinas.

La oxidación, causa de la formación de depositos, va acompañada de un aumento de la densidad y de la viscosidad del aceite, de la formación de compuestos ácidos, y del obscurecimiento del color de aquel.

Es pues importante disponer de métodos que permitan estudiar los aceites para transformador, desde el punto de vista de la formación de depositos. La temperatura a la cual tiene lugar la formación de esos lodos, es difícil preverla. Calentando, a cubierto del aire, a 150° C, durante 45 horas, 200 c.c. de aceite en el cual se ha sumergido un trozo de lamina de cobre, y observando los resultados, puede juzgarse de la bondad de un aceite. Los aceites ordinarios para transformador, producen hasta 1.5 por ciento, de depositos; los de mejor calidad, llegan sólo a 0.5%. Actualmente se dispone de aceites cuya tendencia a la formación de depositos es casi nula.

Los ácidos formados al verificarse la oxidación del aceite, atacan el tejido aislante, y la celulosa del algodón es transformada en hidrocelulosa y oxiceululosa; la hidratación y oxidación de la celulosa se mani-

fiesta exteriormente por una alteración de la resistencia física de los hilos y una disgregación de las fibras. El método de ensaye ideado por la casa Brown-Boveri permite estudiar, además de la formación de lodos, la acción del aceite en caliente sobre los aislantes. Consiste en calentar en un recipiente de cobre, aceite para transformador, en cuyo fondo se colocan trozos de cobre, algunos de los cuales están descubiertos, mientras otros llevan un enrollamiento de hilo de algodón, semejante al que se usa para el aislante en las bobinas del transformador, y cuya resistencia física se conoce; calentando a 100 °C por largo tiempo, el aceite el cobre y el hilo se encontrarán en condiciones análogas a las ordinarias de trabajo. Tres recipientes así provistos se calientan a 100°C, retirándolos respectivamente después de 100, 200, y 300 horas de calentamiento, y estudiando cada vez, por comparación con muestras no sometidas al tratamiento, el color, la transparencia, los precipitados, la variación de la resistencia física del hilo etc.

Los transformadores modernos, de tipo más grande, están provistos de un depósito de expansión del aceite, de manera, que a pesar de las dilataciones y contracciones del aceite, la caja del aparato permanece siempre totalmente llena, sin peligro de que penetre la humedad o las materias extrañas. La presencia de humedad en el aceite, es altamente perjudicial para los transformadores, pues modifica el poder dieléctrico de aquel y su capacidad aisladora. Ya vimos la prueba a que se somete el aceite para estudiar su capacidad aisladora. La presencia de agua, también estudiamos ya (pag. 29) el modo de conocerla, por el chirrido característico que produce esta al vaporizarse en contacto con un hierro candente sumergido lentamente en el aceite; si el aceite es anhidro, se formará tan solo un poco de humo, sin ruido ninguno. Por este procedimiento se puede descubrir hasta un 0.01% de humedad.

Al constatar la presencia de agua o de impurezas en el aceite, se puede este utilizar de nuevo mediante una purificación rigurosa en filtros especiales. La Compañía de Luz y Fuerza Eléctricas, de la ciudad de Cali, emplea para la purificación del aceite de transformadores, un filtro diseñado por la Westinghouse Co., y que en resumen se reduce a una pequeña bomba accionada por un motor, que fuerza el aceite a través de un filtro constituido por varias capas de papel especial, grueso como cartón, colocadas verticalmente en una armadura apropiada. La presión a que se obliga al aceite varía entre 25 y 100 libras por pulgada cuadrada. Por ser el agua más fácilmente absorbida por capilaridad, que el aceite, la purificación se verifica al pasar por el filtro, siendo el agua y las materias extrañas retenidas por el papel. El aceite purificado es recibido aparte. Un aumento en la presión indicará que ya los filtros están obstruidos, y es preciso reemplazarlos. Generalmente se debe pasar varias veces el aceite por el filtro, para que la purificación sea completa. El aparato es pequeño, y montado sobre ruedas puede aplicarse al transformador mismo, sin necesidad de extraer de este el aceite, conectando por la válvula de la parte inferior de la entrada al filtro, y regresando el aceite al transformador por encima.

La capacidad media de los filtros es de 10 a 15 litros por minuto. Siempre que se tome aceite como muestra en un transformador, se debe sacar por la valvula de la parte inferior, pues la humedad y la mayoria de las impurezas estarán en el fondo.

Conducción del calor. La conducción del calor al exterior en un transformador, tiene lugar en virtud de cierta circulación que se establece dentro del mismo aparato así: El aceite que está en contacto con los enrollamientos, se calienta y disminuyendo su densidad, sube a la superficie, mientras que el aceite que toca las paredes de la caja, está frío y por su mayor densidad vá al fondo. Cuanto menor sea la viscosidad del aceite, más activa será esta circulación, y más rápido el paso del calor al exterior.

Los transformadores estan contruidos de modo que el aumento de temperatura a plena carga no sobrepase ^{en mas} de 40 a 50°C a la temperatura ambiente. Este hecho debe constatarse cada vez que se instale un transformador nuevo, y estudiar la causa si se presentare una elevación de temperatura mayor. Entre nosotros la temperatura maxima debe ser de 80°C. El punto de inflamación de los aceites para transformador debe variar entre 150 y 180 °C; al calentar a 100 ° durante cinco o seis hora 70 gramos de aceite, la perdida por evaporación no debe ser mayor del 0.25

Como consecuencia de lo dicho hasta aqui, es preciso inspeccionar los transformadores cada ocho o quince dias durante los dos primeros meses de servicio, y despues cada cuatro o seis meses, para cerciorarse de que el nivel del aceite está en la señal marcada, de que no hay filtraciones por los tornillos o por grietas, que por causa de los golpes pueda tener la caja, para tomar muestras y verificar los ensayos para humedad impurezas o lodos, verificando la purificación en caso de ser necesaria. El agua puede conocerse a simple vista colocando la muestra de aceite en una vasija de hojalata; la formación de pequeñas burbujas adheridas al fondo de la vasija, indicará la presencia de agua. El aceite especial para transformadores es un aceite mineral altamente refinado, libre de resinas, azufre o compuestos sulfurosos, sin adición de aceites animales o vegetales, ni trazas de acidos, alcalis o sales.

El aceite Transil 100, que se usa la compañía citada arriba en Cali, es un aceite muy delgado, incoloro o con una ligera opalescencia, de olor agradable, que se evapora lentamente a la temperatura ordinaria expuesto libremente al aire; este es el tipo de aceite universalmente usado.

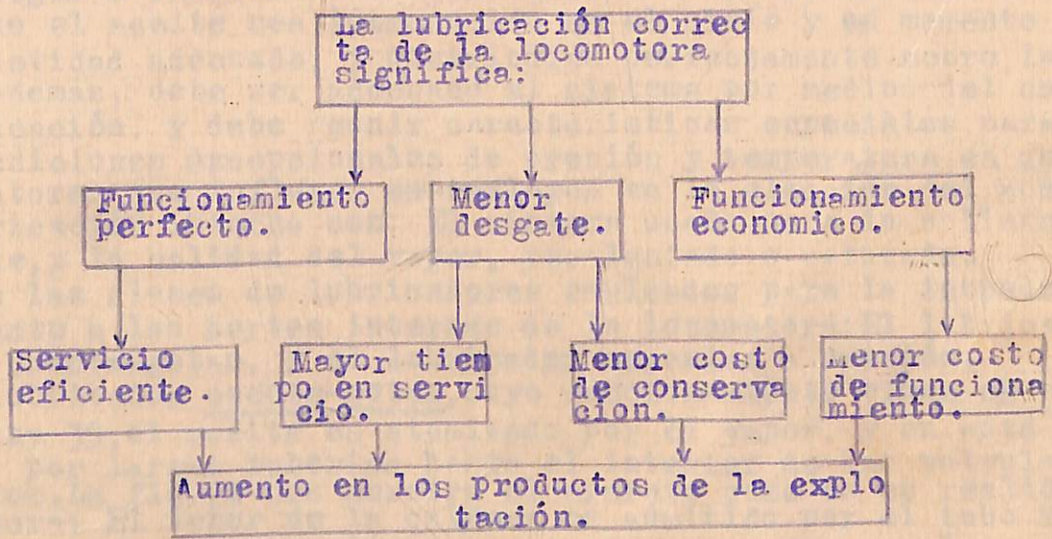
NOTA. Las figuras del presente articulo han sido tomadas de los catalogos Nos.: 706 de la "Century Electric Company" (1806 Pine street, St. Louis, Mo. U.S.A.), y 4 A-F de la "Westinghouse Co."



--- IV ---

LUBRICACION DE LOCOMOTORAS Y MATERIAL RODANTE DE FERROCARRILES

La "American Locomotive Sales Corporation" presenta como introducción a su boletín N° 10,056, el Grafico siguiente:



Y en realidad, todo cuanto se diga para encarecer la importancia de la lubricación correcta de las locomotoras y el material rodante, será poco si se compara con las consecuencias funestas que puede tener la negligencia en lo que a ella se refiere. Aproximadamente el 15% de la fuerza producida en los cilindros de una locomotora, se gasta en la fricción de las piezas mismas de la maquina. Esta pérdida, y el gasto de combustible consiguiente, puede variar notablemente según el cuidado con que se atienda la lubricación, y la calidad de lubricantes de que se haga uso. La regularidad y la buena organización del servicio son indispensables para la explotación económica de un ferrocarril; las demoras y los accidentes debidos a defectos en la lubricación, alteran los horarios, afectan la regularidad del servicio y originan gastos considerables, por reparaciones. Y qué es lo que en ultimo analisis viene a ser afectado por todas estas circunstancias parciales de anomalía? La capacidad de transporte y los beneficios liquidos de la explotación.

LOCOMOTORA-. La locomotora, por las duras condiciones de trabajo a que siempre esta sometida, los rigores del tiempo, el polvo y los demás agentes extraños en la via, requiere una lubricación especialmente cuidadosa.

La lubricación de la locomotora comprende, la lubricación interna, valvulas y cilindros, y la lubricación externa, cajas de muñones, pasadores y pines de bielas, manivelas y barras de acoplamiento, crucetas, guías,

ejes de carretillos etc.

Lubricación interna-. La lubricación interna tiene dos fines: Reducir la fricción y evitar el desgaste de las superficies internas de los cilindros, valvulas, embolos, vastagos; y crear por medio del aceite una especie de empaquetadura entre el embolo y las paredes del cilindro, que impida las fugas de vapor.

Para llegar a resultados satisfactorios en estos dos sentidos, es preciso que el aceite sea introducido en el sitio y en momento oportunos, y en cantidad adecuada, y distribuido perfectamente sobre las superficies; además, debe ser adecuado al sistema por medio del cual se hace la aplicación, y debe reunir características especiales para resistir las condiciones excepcionales de presión y temperatura en que actúa. Los factores que influyen en la elección del aceite para la lubricación interna son: El sistema usado para la aplicación del lubricante, y la calidad del vapor, recalentado o saturado.

Dos son las clases de lubricadores empleados para la introducción del lubricante a las partes internas de la locomotora: El lubricador hidrotático cuenta-gotas, y el lubricador mecánico a presión.

En el lubricador cuenta-gotas, cuyo funcionamiento vimos en el esquema en la pagina 39, el aceite es atomizado por el vapor, y en este estado, conducido por largas tuberías hasta el interior de las valvulas y de los cilindros. La fig. 20 nos muestra el aparato como es en realidad en la locomotora: El vapor de la caldera es admitido por el tubo T, y llega a la cámara de condensación C, en donde se condensa; el agua baja por el conducto P, y a través de la valvula D del condensador, hasta la parte inferior del depósito de aceite A; el aceite siendo más ligero se va a la superficie del agua, y derrama por la parte superior del depósito, por el conducto G (fig. 21), hasta la valvula de regulación R, que permite el paso del aceite a los cuenta-gotas J.

El lubricador representado en la figura, tiene tres cuenta-gotas, por cuyas valvulas J pasa el aceite que ha pasado por la valvula R. El aceite sube gota a gota, a través del agua de las cámaras H, viéndose las gotas ascender, mediante los cristales S. Así llega hasta los conductos de salida Q en los cuales se pone en contacto con el vapor, que habiendo sido admitido por T, ha llegado por los conductos N; de esta manera el aceite es atomizado y conducido luego por las tuberías de alimentación hasta el interior de las valvulas y cilindros.

En cada tubería de alimentación, y ya en el punto de entrada a los cilindros y valvulas, va adaptado un tapon K, cuyo detalle damos en la fig. 22, y que tiene por objeto verificar la atomización del aceite que llega ya a una temperatura alta o con un principio de emulsificación, e impedir que por la diferencia de presiones entre la caldera y los cilindros, la lubricación se haga intermitente e irregularmente, estando sometida a las fluctuaciones de estas presiones; mediante estos tapon K la presión en el lubricador y en las tuberías permanece igual a la de la caldera, cualquiera que sea la presión en los cilindros y valvulas. Por otra parte, si los tapon K no existieran, esta diferencia de pre-

siones de que hablamos, causaría una pérdida de vapor por las tuberías de alimentación de aceite, principalmente cuando la locomotora corriera por el impulso adquirido, descendiendo por una pendiente, por ejemplo, y cerrada la entrada de vapor. Es pues doble el papel de los tapones: regularizar la corriente de vapor, y atomizar el aceite.

La atomización se verifica en la válvula U, que está en constante vibración, por el paso de la mezcla de aceite y vapor a través de las ranuras longitudinales y transversales de la válvula.

Las locomotoras que trabajan con vapor saturado tienen en su lubricación sólo tres cuentagotas que suministran aceite así: uno para la válvula y el cilindro derechos; otro para la válvula y el cilindro izquierdos, y el tercero para el embolo del compresor del freno de aire.

Las locomotoras de vapor recalentado tienen cinco cuentagotas: uno para cada válvula y cilindro y el quinto para el compresor. Para locomotoras de tres cilindros, serán siete los cuentagotas.

En las locomotoras Skoda (Checoeslovacas) y belgas, (F.C. del Pacifico), el tubo de alimentación de aceite para las válvulas de distribución, se bifurca después de haber pasado el tapon K, entrando una de las ramas por la parte anterior y otra por la parte posterior de la válvula, con lo cual se hace más efectiva la lubricación, pues la aplicación del aceite tiene lugar precisamente en el sitio en donde se hace necesario.

En las locomotoras americanas (Baldwin y American Loc. Wks.), no existe esta bifurcación de los tubos, y así la lubricación es menos efectiva.

MANEJO DEL LUBRICADOR HIDROSTATICO.- Diez minutos antes de poner en marcha la locomotora debe abrirse un poco la válvula V (fig. 20) de entrada del vapor, y cuando haya suficiente agua de condensación, debe abrirse ligeramente la válvula M del condensador para que el agua acabe de llenar el espacio que quede en el depósito de aceite; cuando el depósito y el condensador estén llenos, puede abrirse un poco más la válvula M e iniciarse lentamente el movimiento de los cuentagotas. En el momento del arranque, deben ya estar los cuentagotas regulados como han de contar durante el viaje. Esta graduación depende del perfil de la línea que ha de recorrerse y de la clase de tren que se arrastre. En el F.C. del Pacifico, los lubricadores se hacen funcionar, en las secciones del Valle y con trenes livianos, a razón de 2 gotas por minuto; en las secciones de montaña, la alimentación varía entre 4 y 6 gotas, como máximo para los trenes más pesados. Para el cilindro del compresor del freno, la alimentación se gradúa siempre a razón de 1 gota por minuto.

Durante las paradas largas, y al llegar al término del viaje, debe suspenderse, por razones de economía, la alimentación de los cuentagotas, cerrando además la válvula del condensador M, y la entrada del vapor, V. Para llenar de aceite el lubricador, tengase cuidado de que las válvulas V y D estén cerradas; sáquese por el tapon X toda el agua a fin de que el depósito pueda llenarse de aceite. La cabida total de los lubricadores varía entre 2 y 5 litros.

Clase de aceite para el lubricador.- El aceite especial usado para la

54

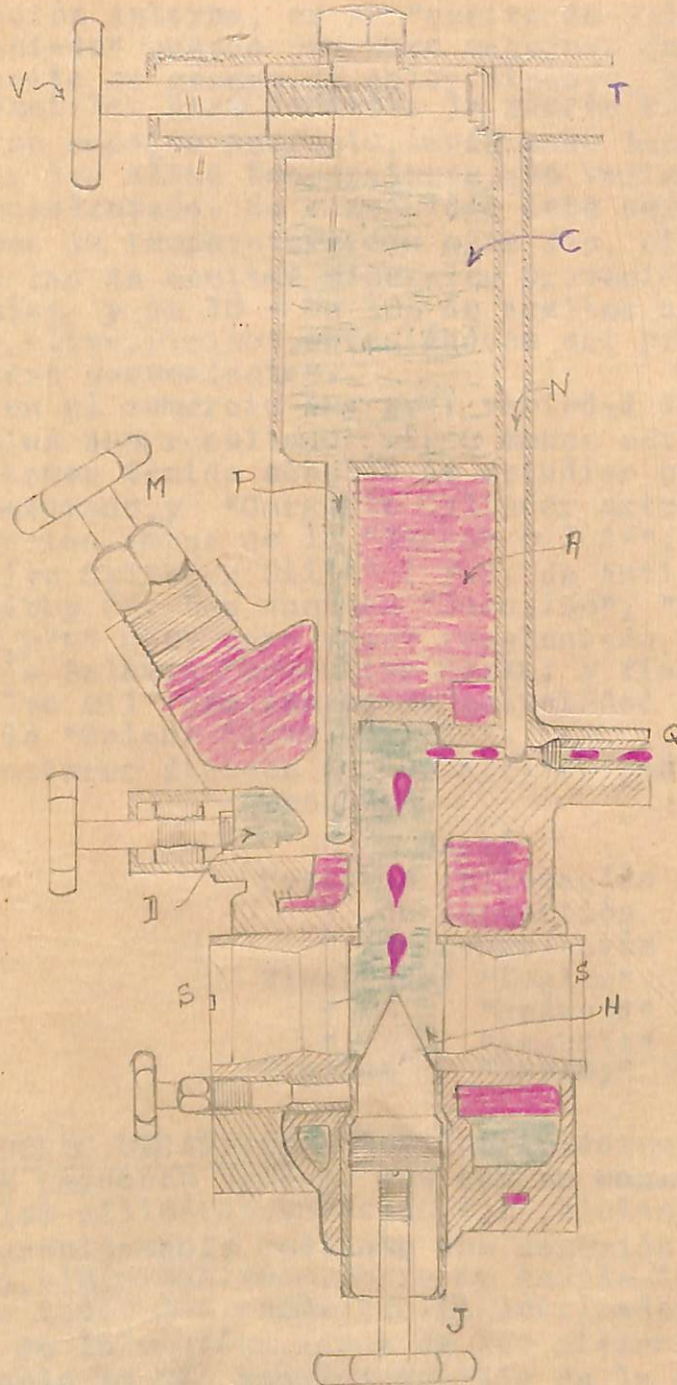


Fig. 20

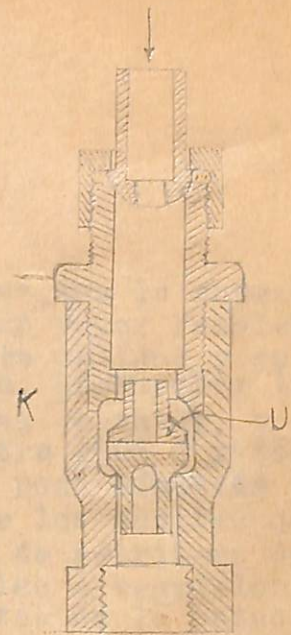


Fig. 22

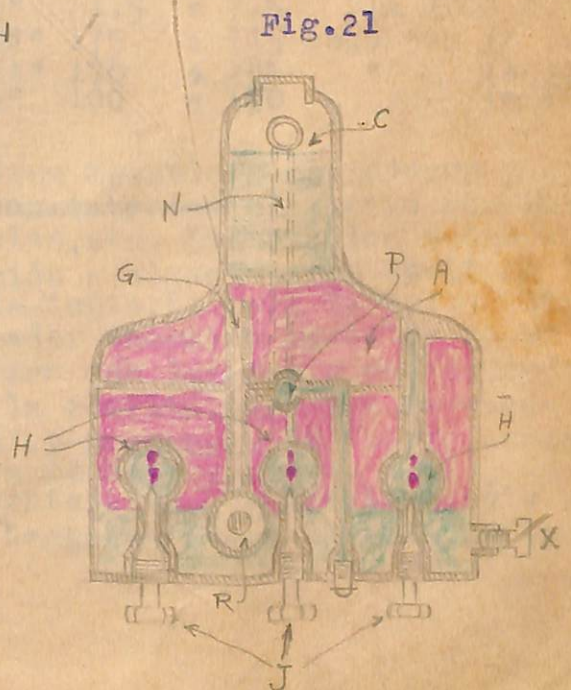


Fig. 21

En las figuras adjuntas, el color rojo representa al aceite y el color verde, al agua y al vapor.

lubricación interna, es un "aceite de cilindro", con la especificación "recalentado" cuando sea para maquinas que usan vapor recalentado. Este aceite es grueso, de color obscuro, de alta calidad y de condiciones especiales para soportar la fuerte presión, desempeñar las funciones de un empaque perfecto, impidiendo las fugas de vapor, y capaz de resistir las altas temperaturas, que varían entre 250° C y 380° C, para el vapor recalentado. Su viscosidad debe ser muy poco afectada por las variaciones de temperatura; con este fin, siempre los aceites de cilindro son mezclas de aceites minerales provenientes de petroleos de base no parafinica, y un 10 a un 30% de aceites animales o vegetales, (ballena, pescado, oliva, ricino), obteniéndose así productos de la untuosidad y viscosidad convenientes.

Existe en el comercio una gran variedad de aceites para cilindro, todos los cuales dan resultados más o menos satisfactorios; aquellos cuya aplicación hemos tenido ocasión de estudiar son: "Gargoyle Valve Oil" para vapor saturado, y "Gargoyle Cylinder Extra Hecla", para vapor recalentado, productos ambos de la "Vacuum Oil Co"; - "Black Diamond Superheated Locomotive Cylinder Oil" "A" (F.C. de Antioquia - 1926), fabricado por Kunne Libby Co. Los aceites "Locoline", "R" y "R-1" para vapor saturado y "R-2", y "Nº 630" para vapor recalentado, productos puestos en el mercado por la Baldwin Locomotive works; y finalmente los aceites "Perfection Valve Oil" que usaba actualmente el F.C. del Pacifico, productos de la "Galena Signal Oil Co".

Los caracteres físicos de los aceites para cilindro son, en promedio:

Densidad		0.910 a 0.916
" Baumé		23 a 24
Punto de inflamación	299°	a 340° C.
" de combustión	340	a 390° C.
" de congelación	-1°	a 2° C.
Viscosidad "Engler"	4.5	a 7.5 (a 100° C.)
" "Redwood"	175	a 315 segundos (a 200° F)
" "Saybolt"	170	a 285 " (a 210° F)
Fluidez "Barbey"	100	a 160 (a 100° C)

LUBRICADORES MECANICOS-. Los lubricadores mecanicos se reducen a un conjunto de pequeñas bombas, que envían ~~por tuberías~~ el aceite por tuberías a los cilindros, valvulas, ejes, bielas, etc. Los embolos estan accionados mecanicamente mediante una conexión a alguna parte móvil de la locomotora, biela, manivela, barra de acoplamiento; un solo deposito alimenta aceite a todos los conductos. El lubricador mecanico va colocado en el costado de la maquina, cerca de las piezas que lubrica, y es aconsejable localizarlo lo más proximo posible de la casilla, para que se pueda inspeccionar facilmente durante la marcha, y proveerlo de aceite, cuando por cualquiera circunstancia imprevista se haya agotado. Los lubricadores mecanicos tienen la ventaja de que lubrican, sólo cuando la maquina esta en movimiento, y lo hacen en razon directa de la ve-

locidad de marcha, o lo que es lo mismo, de la necesidad que haya de lubricante, propiedad que no tienen los lubricadores hidrostáticos, que pueden funcionar aun estando la maquina inmóvil.

En cambio, como al usar lubricadores mecánicos, el aceite no llega atomizado a las valvulas y cilindros, y como por ser muy viscoso no se distribuye fácil y uniformemente por las superficies interiores, se deposita en ciertos puntos de ellas, principalmente en las extremidades, o sobre las caras del piston, en cantidades apreciables, que con la alta temperatura, o algunas veces con los gases llegados de la caja de humo o con el aire frío entrado al cerrar totalmente el regulador y caer la valvula atmosférica, se oxidan o se queman, formando depositos e incrustaciones de hollin muy duro, que rallan las superficies. Este hecho hemos podido constatarlo en las locomotoras Armstrong, tipo Garrat, (F.C. del Pacifico), que no tienen lubricador hidrostático, sino mecánico a presión.

Este inconveniente se ha salvado, en escasos tipos de locomotoras, conectando a los conductos de aceite A (fig. 23) que parten de las pequeñas bombas del lubricador mecánico B, un tubo auxiliar C, de vapor, que mediante una caja D verifica una atomización preliminar, la que se termina a la entrada de los cilindros y valvulas, por medio de los tapones E semejantes a los descritos anteriormente en la fig. 22. De este modo, se ha conseguido reunir en uno solo las ventajas de los dos tipos de lubricadores.

Como el aceite que va a los ejes, crucetas, bielas, etc. no necesita ir atomizado, el depósito del lubricador mecánico se divide en dos compartimientos, uno de los cuales lleva aceite de cilindro, y sus conductos van al atomizador, y el otro aceite de maquinaria, que va directamente a las superficies por lubricar.

LUBRICACION EXTERNA-. La lubricación externa de la locomotora comprende la lubricación de muñones de las ruedas acopladas, impulsoras, carretillos, pasadores o pines de las bielas y barras de acoplamiento, guías, crucetas, sectores, etc.

Ejes-. En las cajas de los muñones dispuestas para lubricación con aceite se efectúa esta mediante un sifon de mecha, tal como se indica en la fig. 24. El aceite llega desde la caja, por el sifon, a la parte superior del eje pasando por un orificio abierto en el bronce, y distribuyéndose por toda la superficie de este gracias a las ranuras longitudinales abiertas en él. Debajo del eje hay una empaquetadura de estopa que recoge el aceite y se mantiene impregnada y constantemente aplicada contra aquel. Las empaquetaduras de hilo de algodón son menos propias para este fin, por su poca elasticidad, y es recomendable el uso, de empaquetadura de lana, o de algodón con mezcla de fibras de cabuya, coco, crin, etc. las que en virtud de su elasticidad mantienen siempre el conjunto aplicado contra la parte inferior del eje. En el tipo más común de posuelo, la almohadilla de estopa esta aplicada por medio de un muelle por debajo, y forzada así contra el muñon. Este sistema, sin embargo, es de resultados poco prácticos, (F.C. del P.), pues las irregularidades de

FERROCARRIL DEL PACIFICO

DEPARTAMENTO DE

57

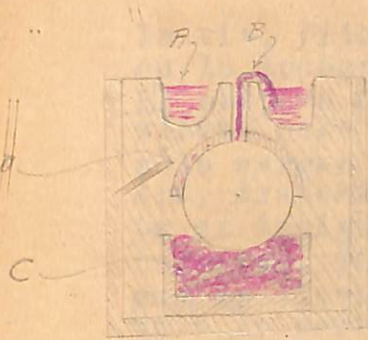


Fig. 24

A. Deposito de aceite.
 B. Sifon.
 C. Pozuelo y empaquetadura.
 D. Branca.

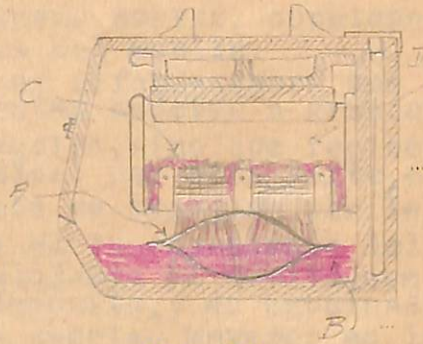


Fig. 30

F. Muelle
 B. Deposito de aceite
 C. Empaquetadura (almohadilla)
 D. Muñon

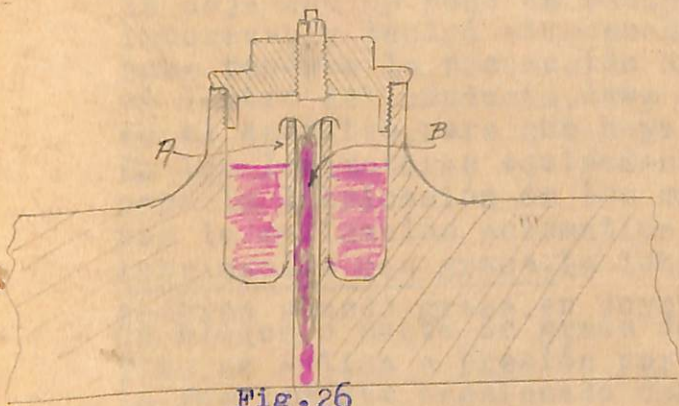


Fig. 26

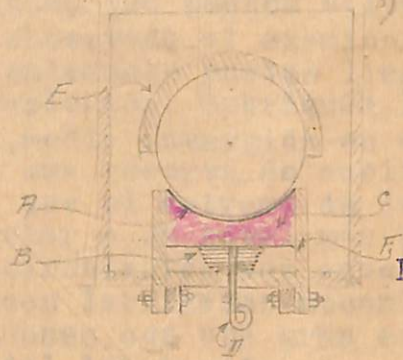


Fig. 25

A. Placa agujerada
 B. Resorte
 C. Masa de grasa
 D. Indicador
 E. Branca
 F. Pozuelo
 J. Muñon

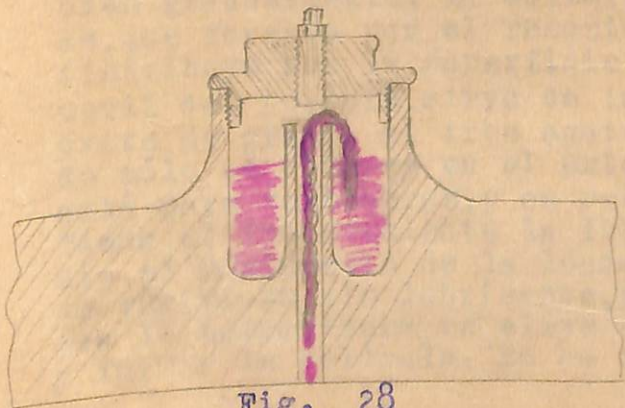


Fig. 28

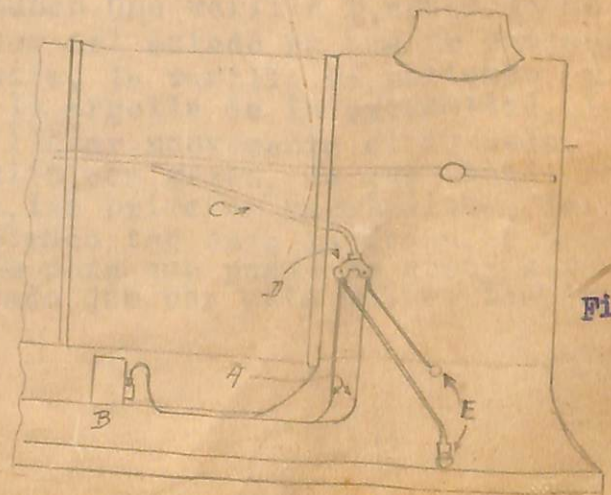


Fig. 23

la vía, principalmente en líneas nuevas, ocasiona movimientos bruscos en la locomotora, y la rotura del muelle.

El sistema de alimentación por sifón, asegura una lubricación activa y eficaz para estos ejes que están sujetos a grandes presiones, ^{por que} pues no sólo cargan el peso de la máquina, sino que reciben el empuje del cilindro, transmitido por las bielas; por otra parte, el desperdicio de aceite es insignificante, pues este es recogido por la estopa en la parte inferior. Tiene este sistema el inconveniente del fácil acceso del agua de lluvia a la caja, desalojando al aceite, que por su menor densidad va a la parte superior del depósito, y es expulsado a veces totalmente. Para evitar calentamientos o averías mayores en los broncees, debe revisarse en la época de lluvias varias veces las cajas durante la marcha, y extraer con una bomba el agua que haya en ellas. Es muy conveniente adaptar a las cajas una tapadera de hoja de hierro delgada, para impedir en lo posible la entrada del agua, y de las materias extrañas, como granos de arena, partículas metálicas que pueden saltar desde los zapatos del freno etc, caso que hemos observado al examinar cuidadosamente la mecha de los sifones, y que lentamente pueden llegar hasta el muñón, y ocasionar deterioros o calentamientos. Cubriendo la parte superior de la caja con un poco de estopa, medio sumergida en el aceite, retendrá las impurezas, y tendrá almacenada una reserva de aceite.

Debe tenerse la precaución de que el extremo de la mecha del sifón, que vá dentro del conducto, debe estar a un nivel más bajo que el del aceite en el depósito, para que haya circulación por aquel.

En las locomotoras equipadas con lubricador mecánico, se utiliza este para la lubricación de los muñones, con una gran eficiencia y economía, por la aplicación automática del lubricante.

Lubricación con grasa. La lubricación de los muñones puede efectuarse también usando grasa, en cuyo caso, el dispositivo de la caja varía: Un bloque o pasta de grasa dura, especial para cojinetes, y a base de grafito, se aplica a presión por medio de un resorte que mantiene al pozuolo fuertemente presionado contra la parte inferior del muñón. Entre la masa de grasa y el eje, se interpone una placa metálica (fig. 25) A, agujereada, para evitar el desperdicio de la grasa, y favorecer su aplicación gradualmente. El movimiento de revolución del eje, arrastra la grasa, que forzada por el resorte, pasa por los agujeros de la placa, y se distribuye por la superficie del muñón. Una varilla D, adherida al fondo móvil del pozuolo, sirve de indicador del estado en que se encuentra la pasta de grasa; al irse agotando esta, la varilla va subiendo, y cuando sólo se observa en el exterior la argolla de la extremidad, la grasa está para terminarse, y es preciso llenar nuevamente el pozuolo. Tiene el inconveniente la lubricación con grasa, de que cuando se inicia el movimiento de la locomotora, las primeras revoluciones del muñón se verifican sin lubricante, pues siendo tan dura la grasa, es preciso que la temperatura se eleve un poco para que pueda la grasa difundirse y formar la película. Se ha observado, que por este motivo, los desgastes

son más frecuentes en ejes lubricados con grasa. Por otra parte, la economía en lubricante y en tiempo es grande: un pozuelo convenientemente cargado puede prestar servicio satisfactorio por más de cien días; las revisiones están prácticamente eliminadas, y las averías debidas a lubricación insuficiente, son escasas. Además, el agua de lluvia no afecta las condiciones de las cajas.

Guías, crucetas, manivelas etc. La lubricación de las guías, crucetas, ^{doce} pasas o pines de las manivelas, bielas principales, barras de acoplamiento, etc. se efectúa por medio de copas de engrase. Estas copas pueden ser, del tipo de valvula o del tipo de sifon.

Cuando el movimiento de la pieza, biela, manivela etc, imprime al aceite de la copa un movimiento que lo haga derramarse por el conducto interior de aquella, se usa el tipo de copa mostrado en la fig. 26: el aceite, gracias al movimiento de ascenso y descenso, se derrama por el tubo interior A de la copa; el tapon de hilo de lana B, suspendido por medio de un alambre en el orificio, filtra el aceite, y regula el flujo de este hacia las superficies por lubricar.

Para las mismas piezas, se emplea más universalmente y con mejor resultado, la copa de valvula: el movimiento alternativo de la pieza hace mover la valvula metálica (1) (fig. 27), que se eleva y baja rápidamente, dejando pasar el aceite que por el mismo movimiento ha penetrado en el tubo 2, y que bajando por el despalme lateral de la valvula, mostrado en la sección 3, llega a su destino, entre las superficies. El tornillo 4, sirve para regular la amplitud de los movimientos de la valvula. El aceite se renueva por el tapon 5.

Las copas de tipo de sifon, se usan para aquellas partes de la locomotora, las guías por ejemplo, cuyo movimiento rectilíneo, no es capaz de lanzar hacia arriba el aceite. Hay gran variedad de modelos, pero todos aplican el mismo principio de la capilaridad de la mecha. El mostrado en la fig. 28 es el más comúnmente empleado.

En las copas diseñadas para la lubricación con grasa, ésta es forzada a salir por el orificio de engrase mediante la presión constante de un resorte, o el ajuste a mano, cada cierto tiempo, del tapon de cierre.

Las copas deben ser revisadas cuidadosamente todos los días y durante la marcha, cerciorándose del buen estado y limpieza de las mechas y valvulas; no se debe llenarlas excesivamente, para evitar el desperdicio.

CARROS-. La lubricación del material rodante se verifica casi exclusivamente con aceite de maquinaria grueso, del mismo usado para la lubricación externa de la locomotora. Las cajas están equipadas con una simple empaquetadura de estopa de fibra elástica, que se aplica a presión contra el muñon por debajo, saturada de aceite. La aplicación puede hacerse simplemente por la presión con que se fuere la empaquetadura al colocarla (fig. 29), o mediante un muelle (fig. 30).

60

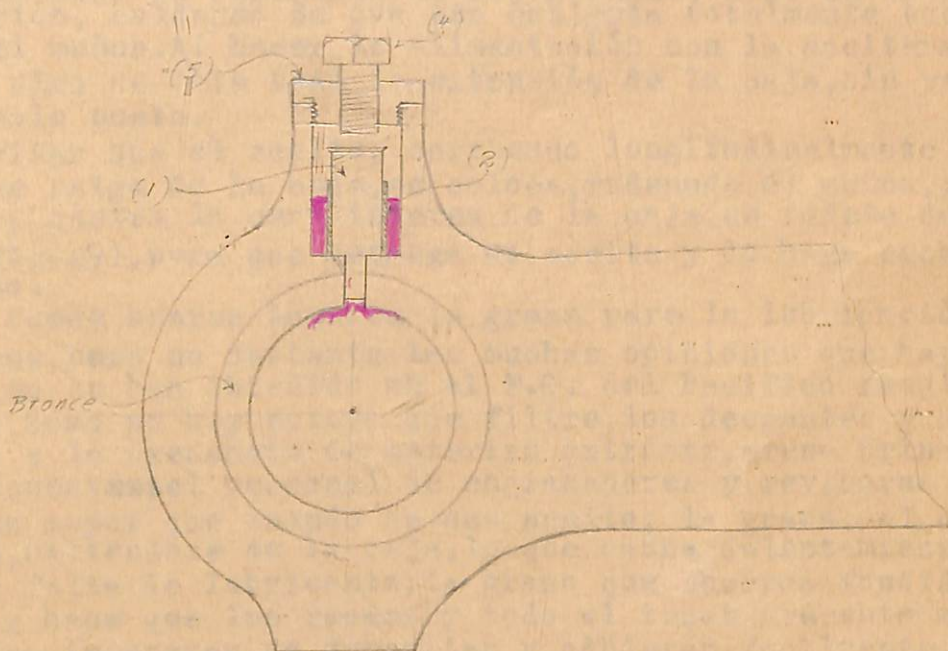
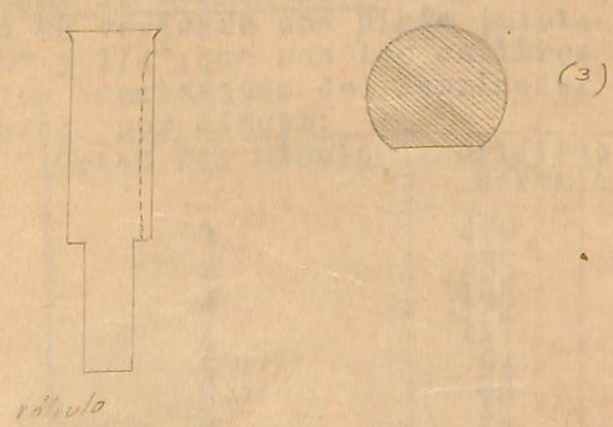


Fig. 27



rodillo

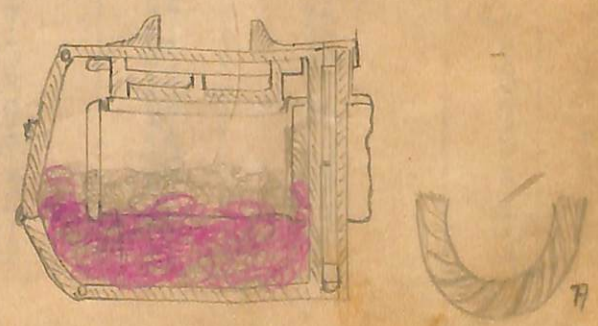


Fig. 29

La estopa para empaquetadura debe prepararse de antemano manteniéndola sumergida en aceite por un tiempo mínimo de 30 horas. Debe introducirse en la caja en porciones no muy grandes, sino en fragmentos con cierta torsión, cuidando de que sea cubierta totalmente toda la mitad inferior del muñon. Al hacer la alimentación con la aceitera, se recorrerá con el pico de esta toda la extensión de la caja, sin vaciar el aceite en un solo punto.

Para evitar que el aceite, corriendo longitudinalmente por el muñon al girar, se salga de la caja, se coloca, rodeando el muñon, y en su parte posterior y contra la cara interna de la caja, un rodete de estopa retorcida (A, fig. 29), para que detenga el aceite y lo haga escurrir hacia el depósito.

Puede usarse también la grasa para la lubricación de los muñones de carros, pero no obstante las muchas opiniones que hay en favor de su empleo, no se han obtenido en el F.C. del Pacifico resultados satisfactorios: Como no hay estopa que filtre, los desgastes y calentamientos debidos a la presencia de materias extrañas, arena principalmente, son muy frecuentes; el personal de engrasadores y revisores necesario, es seis veces mayor que cuando se usa aceite; la grasa, al calentarse, se escurre, saliendo de la caja, lo que causa calentamientos de los broncees por falta de lubricante; la grasa que chorrea fundida, engrasa los rieles y hace que las ruedas y todo el truck presente mal aspecto, pues todas las impurezas se depositan y adhieren facilmente; debido al desperdicio, el gasto de grasa es muy grande; la preparación preliminar de la grasa, ablandándola al fuego y mezcladola luego con cabuya picada, (operación cuyo objeto no vemos), recargan el costo de la lubricación. Circunstancias desfavorables, todas estas, que hacen que consideremos de todo punto antieconomica la lubricación con grasa, del material rodante.

CONSUMO DE LUBRICANTES-. El cuadro siguiente muestra el tiempo que emplea en verterse una pinta (pint= 0.47 de litro), por orificios de 1/8" 3/16" y 1/4", que son los calibres usados generalmente para los tubos de los cuentagotas del lubricador hidrostático, y con descargas de 1 a 12 gotas por minuto:

Gotas por minuto	Orificio de 1/8"		Orificio de 3/16"		Orif. de 1/4"	
	Horas	minutos	Horas	minutos	Hrs.	mnts.
1	470	38	139	26	58	50
2	235	17	69	43	29	25
3	156	51	46	29	19	36
4	117	39	34	51	14	42
5	94	7	27	45	11	46
6	78	25	23	14	9	48
7	67	13	19	55	8	24
8	58	49	17	25	7	21
9	52	17	15	29	6	32
10	47	3	13	56	5	53
11	42	47	12	53	5	21
12	39	12	11	37	4	54

El numero de gotas que arroja una pinta es, segun el orificio de:

28.240	para calibre de	1/8"
8.369	"	3/16"
5.530	"	1/4"
1.087	"	5/16"

El promedio de gasto por kilometro es actualmente en el F.C. del Pacifico, de 0.015 de litro de aceite de cilindro, y de 0.023 de aceite de maquinaria. Se ha podido llegar a este promedio, todavia alto, pero relativamente bajo si se le compara con el consumo de hace algunos años, mediante una labor paciente y prolongada, de educación del personal hasta conseguir que la lubricación se haga metodicamente y cifiéndose a un sistema preciso; estudiando los mecanismos lubricadores e introduciendo en ellos modificaciones, que sin afectar en nada las condiciones de los organos lubricados, se traduzcan en una apreciable economia de lubricante; asi, por ejemplo, en las locomotoras "Skoda", se suprimió una de las dos ranuras de la valvula en las copas, con lo cual disminuyó notablemente el flujo de aceite hacia los bronce de las bielas y barras, sin que estos hayan sufrido en lo más mínimo con esta disminucion. Hace unos dos años, el consumo de aceite en un viaje completo B/tura.-Cali-B/tura., (348 kilometros), era de 24 a 28 litros de aceite, (13 de aceite de cilindro y 15 de maquinaria); hoy se hace el mismo recorrido con 12 litros, 6 de cada clase de aceite, y en la misma proporción se ha reducido el consumo en las demás secciones en explotación, sin que se hayan presentado averias propiamente imputables a esta menor lubricación. Actualmente se esta haciendo ensayos tendientes a bajar aun más el consumo kilometrico de aceite, mediante la fijación de los siguientes standards: Linea Occidente (Cali-B/tura. 174 K) 4 litros aceite cilindro y 6 litros aceite maquinaria, cada 24 horas; linea de montaña, viaje redondo. Secciones del valle, 3 litros (cilindro) y 5 (maquinaria) para cada 24 horas de trabajo normal, y viajes redondos hasta de 480 K. Sección Sur, (Cali-Popayan, 157 K), 3 litros (cilindro) y 5 (maquinaria), para cada 24 horas y viaje redondo. Locomotoras de patio, 2 litros (cilindro) y 4 (maquinaria), para 48 horas de trabajo normal. Locomotoras de conservación, 3 litros (cilindro) y 5 (maquinaria), para 48 horas de trabajo normal. El numero de gotas por minuto se puede reducir, para las lineas de montaña, a 3 gotas para las valvulas, 2 para los cilindros, y 1 para el compresor. Para las lineas de menor pendiente, 2 gotas para las valvulas, 1 para los cilindros, y 1 cada dos minutos para el compresor.

OBSERVACIONES-. a)- Cuando la locomotora haya trabajado por algun tiempo a alta presión, en una pendiente prolongada por ejemplo, no debe el maquinista, al parar o al entrar en la contrapendiente en la cual sigue la locomotora por el impulso adquirido, cerrar completamente el regulador, pues entonces la valvula atmosferica, (de entrada de aire), se abre y permite la entrada del aire frio exterior a los cilindros y valvulas, en cuyas paredes hay aceite calentado a alta temperatura, principalmente si hay recalentador, que en presencia de ese aire fresco y de los gases que han sido absorbidos de la caja de humo, formará al oxidarse y por

un principio de combustión, depositos de hollin muy duro, que se adhieren fuertemente a las paredes del cilindro y a las caras del piston. El regulador debe dejarse lo suficientemente abierto para que permita la entrada de vapor suficiente a mantener cerrada la valvula de aire.

b)-. Parte del aceite que va a las valvulas y cilindros, es arrastrada hasta el exhaust y se deposita en él formando con el hollin, capas, que reduciendo el diametro de aquel dan lugar a contrapresiones en los cilindros, que afectan la eficiencia de la locomotora.

c)-. Cualquier proporción, por pequeña que sea, de aceite de maquinaria mezclada al aceite de cilindro, se quemará al llegar a las valvulas, y formará incrustaciones de carbon. En consecuencia, tanto en el deposito de entrega de lubricantes, como en cada locomotora, deben estar marcadas claramente las vasijas en que se miden y reciben los aceites, para evitar contaminaciones y mezclas perjudiciales, al poner cada vez en un mismo recipiente aceites distintos.

d)-. Cuando el nivel del agua es muy alto, hay arrastre de esta por el vapor hasta el lubricador, la que puede llegar hasta las valvulas o cilindros y lavar de las superficies el aceite, imposibilitando la lubricación; o dejando en el fondo del lubricador, si el agua de la caldera es impura, lodo o basuras que serán despues transportados por el aceite.

Debese pues soplar el lubricador, cada semana para extraer los sedimentos que pueda haber en los conductos o en la camara de condensación, abriendo completamente el tapon de purga X (fig.21).

EQUIPO DEL FRENO DE AIRE-. La valvula triple, en los carros, siendo una pieza tan delicada, necesita revisarse cuidadosamente por lo menos cada quince dias, y en general, despues de cada viaje en que haya habido necesidad de hacer aplicaciones de emergencia en el freno. La limpieza debe hacerla un operario practico para que la valvula no sufra golpes o sea rallada, por una falta de precaución. Una vez limpia, deben ponerse unas pocas gotas de aceite lubricante fino en la corredera y en el anillo del piston de la valvula, distribuyendolo cuidadosamente y cuidando de que no sea excesivo.

El piston del cilindro del freno en los vehiculos, debe sacarse para cambiar la grasa, limpiar el embolo y el resorte, revisar los anillos de cuero; esta operación se hará cada cuatro o seis meses, lavando todo con petroleo y lubricando despues con grasa nueva.

--- V ---

LUBRICACION DE MOTORES DE AUTOMOVIL

Los procedimientos para la lubricación de esta clase de motores de combustión interna han llegado hoy a tal grado de perfeccionamiento y simplificación, y son tan universalmente conocidas las sencillas reglas que los rigen, que únicamente mencionaremos los sistemas generales por los cuales se hace la aplicación del aceite a los cilindros y a las bielas, y añadiremos unas ligeras observaciones sobre los defectos de la lubricación por la acción del combustible y del agua de condensación. La aplicación del lubricante al motor puede hacerse:

1ª)-. Por alimentación total a presión. El aceite es forzado por la presión de una pequeña bomba A (fig.31) por conductos perforados en las ramas del eje cigüeñal, hasta cada uno de los cojinetes de este, y de allí por un orificio en la cabeza de la biela, y un conducto a lo largo de esta, sube el aceite hasta el pin del pistón B, el pistón y el cilindro. El aceite regresa al depósito para ser puesto de nuevo en circulación. Las bielas no se sumergen en el aceite. Este sistema es el único en el cual el aceite es forzado hasta los pines B de los pistones.

2ª)-. Por alimentación parcial a presión. El aceite es forzado directamente por la bomba A (fig.32), como en el sistema anterior, pasando por los conductos de las ramas del cigüeñal, hasta los cojinetes; la diferencia consiste, en que el pistón, el pin B del pistón, y el cilindro, son lubricados por el aceite lanzado desde el cigüeñal. El aceite regresa al depósito para ser de nuevo bombeado, y las bielas no se sumergen.

3ª)-. Por alimentación mixta, de presión y salpicadura. El aceite es forzado directamente por la bomba A (fig.33) a los cojinetes del cigüeñal. De allí cae a unas canales C, especiales encerradas en el "carter" en las cuales se recoge y en donde se sumergen las bielas al girar lanzando por salpicadura el aceite a los cilindros y pistones. La bomba tiene un conducto de alimentación a las canales para mantener en ellas constante el nivel del aceite.

4ª)-. Por circulación y salpicadura. El aceite llega a las canales C (fig.34), alimentado desde el depósito por una bomba o por la fuerza centrífuga del volante, y en ellas se sumergen las bielas para lubricar por salpicadura los cilindros. El aceite es mantenido por la bomba a un nivel constante en las canales.

5ª)-. Por simple salpicadura. El aceite vá desde el depósito directamente al "carter", o es depositado inicialmente en este, y allí se sumergen las bielas, lubricando por salpicadura los pistones y cilindros. (Fig.35).

Los detalles de construcción y diseño de los sistemas de lubricación que acabamos de enumerar son sumamente variados, ya por el tipo de las bombas y su localización respecto del depósito de aceite, por la situación de los conductos de succión y alimentación del cigüeñal y de las bielas, o por el procedimiento de purificación del

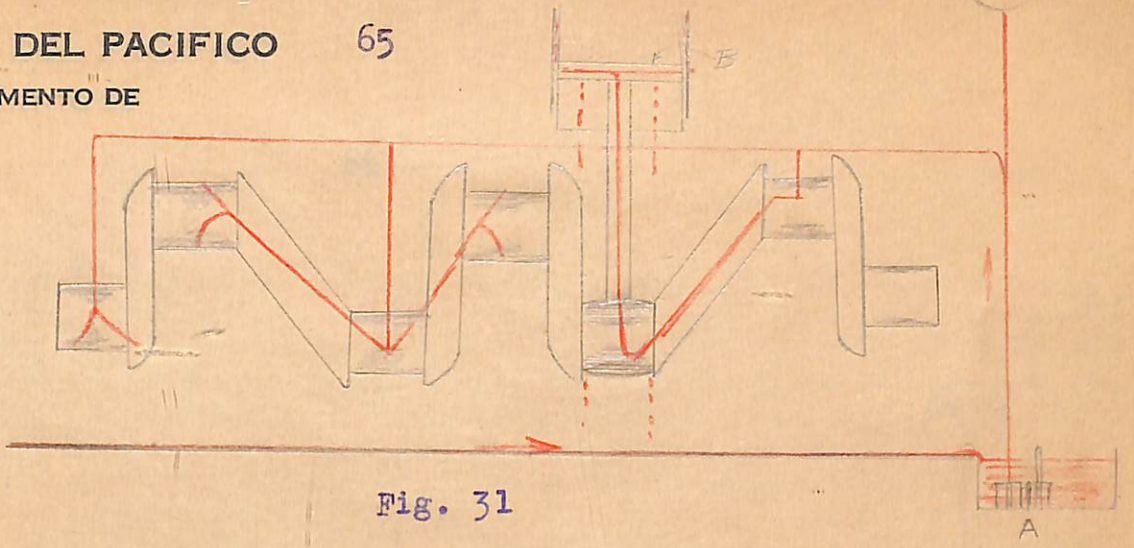


Fig. 31

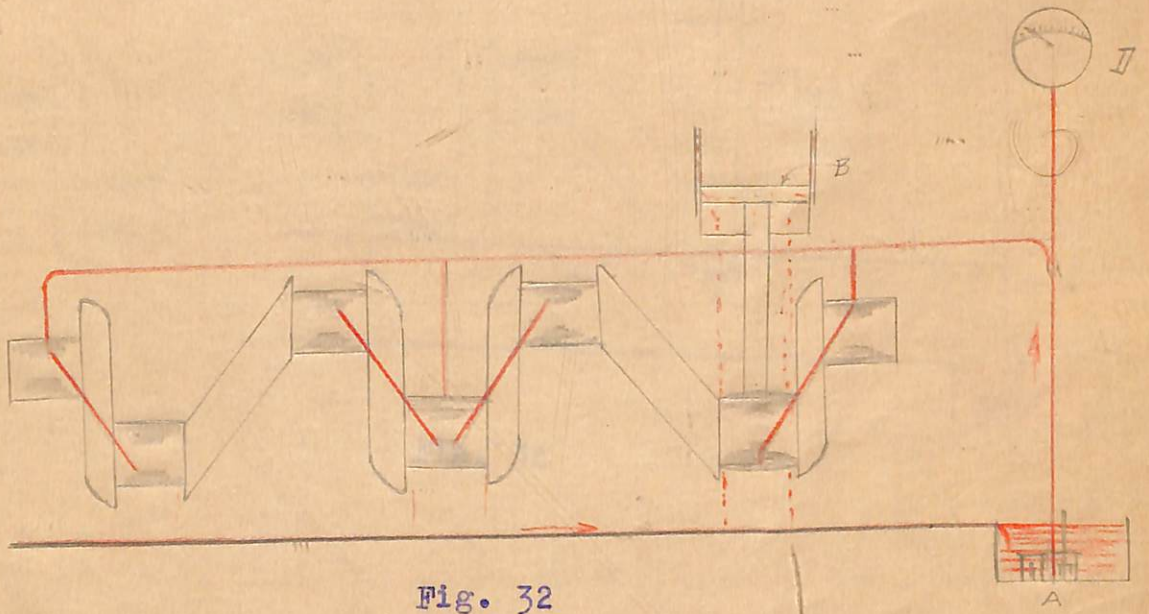


Fig. 32

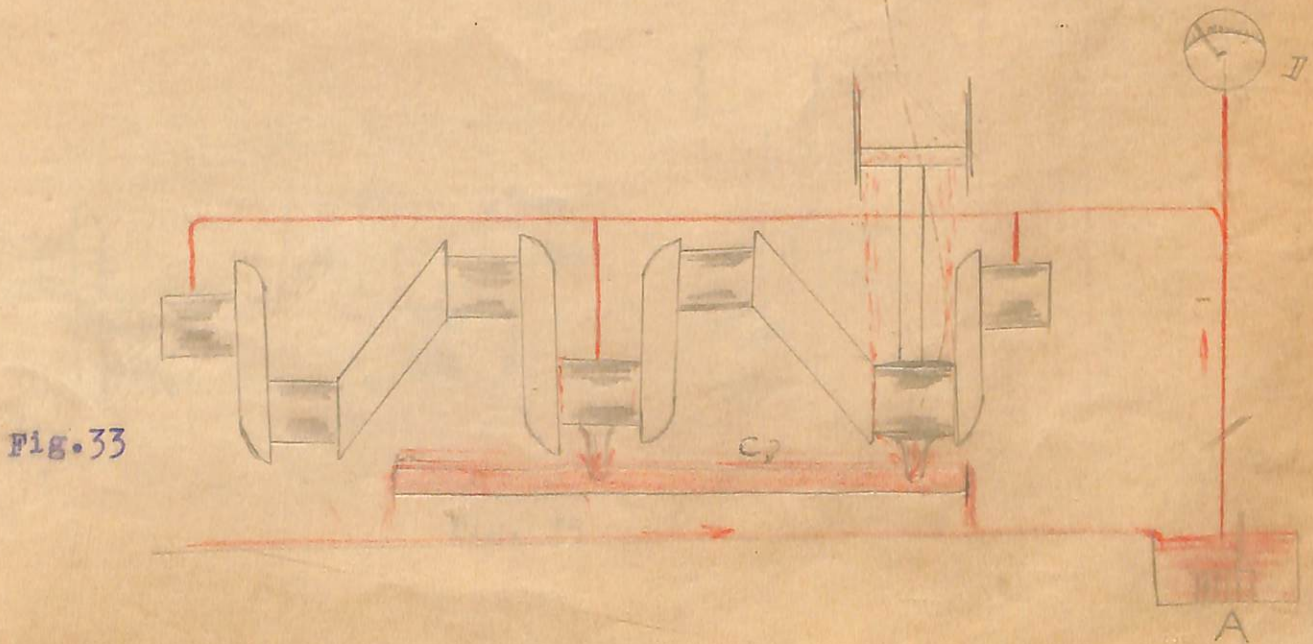


Fig. 33

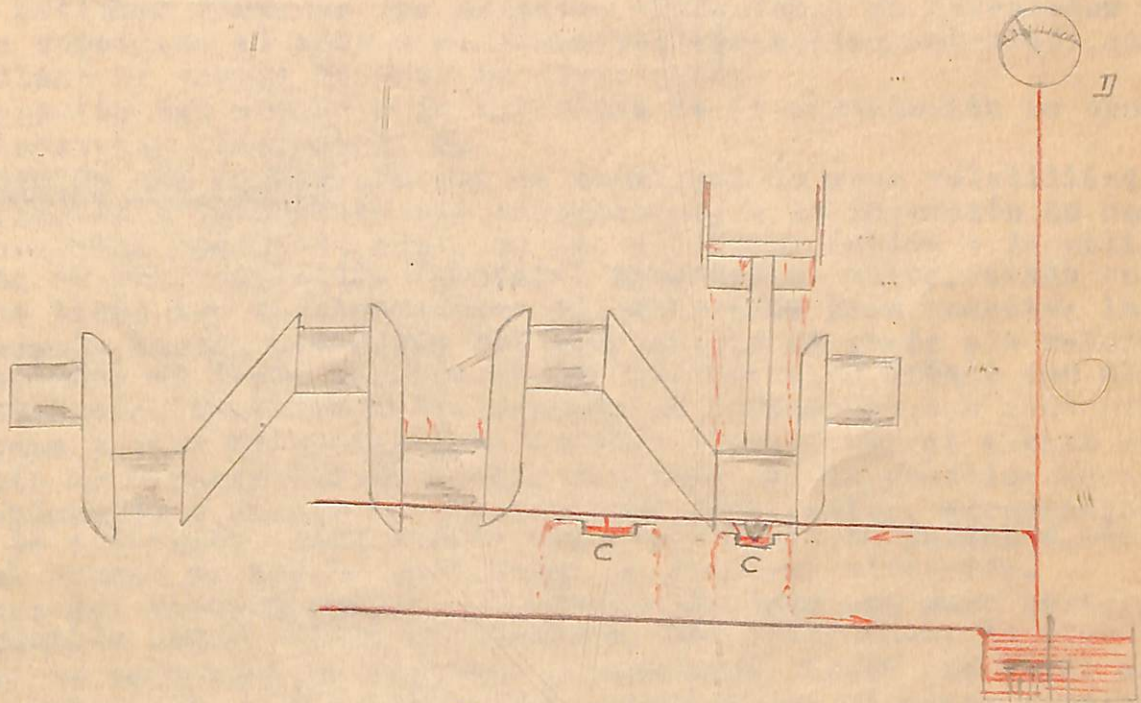


Fig. 34

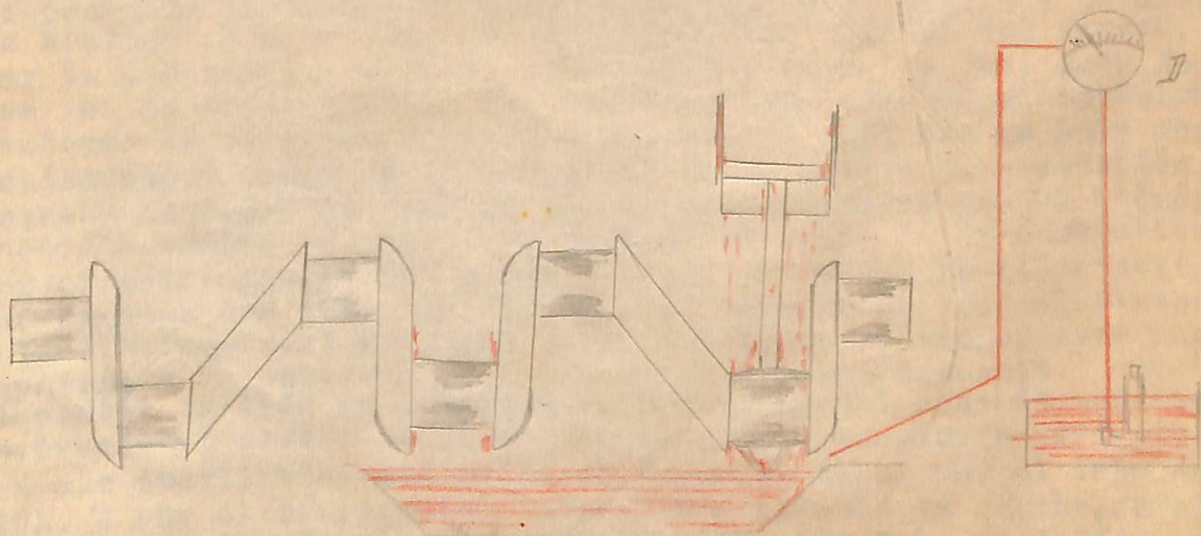


Fig. 35

aceite, que puede ser por medio de un tamiz de malla de alambre, un filtro de material poroso que va instalado entre el depósito de aceite y la bomba, con el fin de que el líquido pase libre de materias extrañas que pudieran obstruir los delgados conductos, o un calentador especial para vaporizar el agua o el combustible (gasolina, petróleo), que se haya mezclado al aceite durante la circulación.

La presión del aceite y la actividad de la circulación se observan en un indicador (manómetro) D.

DILUICION DEL ACEITE-. El uso de gasólinas de poca volatilidad, y cuya vaporización y combustión son incompletas, o la formación de una mezcla combustible demasiado rica, en los cilindros, debida a la aplicación del botón de estrangulación (choke) al encender el motor, cuando está muy frío y que tiene por objeto accionar el carburador para aumentar la riqueza de la mezcla, hacen, que parte del combustible se quede sin vaporizar, y permaneciendo en forma líquida en los cilindros, se mezcla con el aceite de la película, destruyéndola. Durante la compresión, ese combustible líquido pasa y va a depositarse al "carter" llevado por el aceite en su movimiento de circulación. El aceite mezclado con la gasolina se adelgaza notablemente y pierde sus propiedades lubricantes, agravándose cada vez más la situación, pues siendo más y más débil la película, más fácil será el acceso de nuevas cantidades de gasolina al "carter".

El uso del botón (choke) de estrangulación, debe ser pues restringido en lo posible, para evitar la diluición del lubricante; lo aconsejable, en casos de necesidad, es accionarlo lentamente hasta que hayan ocurrido las explosiones suficientes para asegurar que el motor continuará en marcha.

Cuando el manómetro indicador de la presión del aceite señale una presión más baja que la normal, indicará esto que el aceite está ya muy diluido, que hay poca cantidad en el depósito, o que los cojinetes del cigüeñal están flojos.

SEDIMENTOS Y AGUA EN EL ACEITE/. Iniciado el movimiento del motor es indispensable la formación y conservación de la película de aceite que ha de proteger las paredes del cilindro, los anillos del pistón, y favorecer la compresión perfecta evitando las fugas de gas. Está demostrado que por lo menos durante los primeros tres minutos, el movimiento de los pistones se verifica en seco, o sin que la película se haya formado perfectamente, a causa de la presencia en la cámara de combustión, de una pequeña cantidad de agua de condensación, formada por el hidrógeno de la gasolina, combinado con el oxígeno en el curso de la combustión, y que por el enfriamiento del motor durante el reposo, se ha depositado sobre las paredes del cilindro, lavando, al moverse en frío el pistón, la película lubricante. Al elevarse suficientemente la temperatura, el agua se vaporiza y la película se forma entonces completamente.

El aceite agitado en caliente en presencia del agua de condensación que ha pasado al "carter" si el pistón no ejerce un cierre perfecto, o del agua que inevitablemente entra en forma de vapor por el tubo de respiración, o por circunstancias imprevistas durante la marcha, se altera en sus propiedades lubricantes por la oxidación y la emulsificación.

La formación de lodos o grumos por la agitación en caliente y en presencia de los gases producidos por la explosión del combustible, es otra circunstancia inevitable y que altera la calidad del lubricante. Estos lodos son aun más perjudiciales que las emulsiones pues obstruyen los conductos de lubricación y el colador de que esta provista la bomba de aceite del sistema lubricador. Si la malla del tamiz es muy fina, la cubre el sedimento, siendo causa a veces de que se rompa, por la acción del vacío que hace la bomba. Cuando esto no ocurre, la obstrucción disminuye el flujo de aceite a los cojinetes.

DEPOSITOS DE CARBON-. La formación de carbon sobre los pistones, anillos paredes de los cilindros, bujias, valvulas, es debida a la incompleta combustion del combustible, a la entrada de polvo y materias extrañas llevadas por el aire, al uso de excesivo lubricante, y a la dilución de este por la acción del combustible no atomizado.

El lubricante adelgazado por la dilución formará una película debil que será más facilmente lanzada por el piston hasta la cámara de combustión en donde acabará por quemarse. Si el nivel del aceite es muy alto, especialmente en los sistemas de lubricación por salpicadura, el exceso de aceite, no utilizado por el piston, irá tambien a la cámara de combustión. La combustión de aceite se conocerá por los humos negros expilidos por el exhaust.

La arena, el polvo de tierra, etc. depositados sobre el piston o los anillos, originan formaciones muy duras de carbon, que rallan las paredes con lo cual se reduce el poder de compresión y la eficiencia del motor, dando por resultado el funcionamiento defectuoso y el ruido característico de un motor que falla en su marcha.

El carbon siendo mal conductor, impide el paso del calor de la mezcla explosiva a las superficies metálicas, originando recalentamientos.

--- VI ---

PURIFICACION DE LOS ACEITES YA USADOS

Los aceites lubricantes no pierden sus propiedades ni se desgastan o alteran substancialmente con el uso; unicamente se ensucian y contaminan en el servicio, por el arrastre de particulas metálicas, arena, carbon, agua, o combustible en suspensión, y por la formación de lodos y sedimentos originados por los procesos de oxidación.

Los aceites que se extraen de las cajas del cigüeñal de los motores de automoviles en los talleres y estaciones de servicio; de las copas y cajas de muñones de locomotoras al entrar a reparación; de los transformadores, switches de aceite etc. en las plantas generadoras de energía eléctrica, y que en poco tiempo llegan a cantidades no despreciables, merecen ser recogidos, para purificarlos y aprovechar de nuevo sus propiedades lubricantes.

Por otra parte, está demostrado que en estos

aceites rectificadas, muchas propiedades benéficas aparecen en un grado más alto : la viscosidad es mayor que en el aceite primitivo, pues algunos hidrocarburos perjudiciales contenidos antes en él, ~~son~~ eliminados con el calentamiento durante el servicio, principalmente en los cilindros de los motores de combustión interna; la tendencia a formar sedimentos, no se manifiesta ya en el aceite reaprovechado, pues es debida a componentes o adulterantes extraños añadidos para darle mejor apariencia en cuanto a su viscosidad, densidad, color, etc., que luego por el servicio precipitan y son despues eliminados por el proceso de purificación; igual cosa puede decirse con respecto a la formación de depositos de carbon, de emulsiones, o a la oxidación, pues si estas alteraciones se presentaron durante el primer periodo de servicio, ya los componentes del aceite, o las moleculas de facil descomposición, o los principios quimicos que las producian han desaparecido, quedando sólo los resultados de esas oxidaciones o combustiones, que son luego extirpados con la refinación.

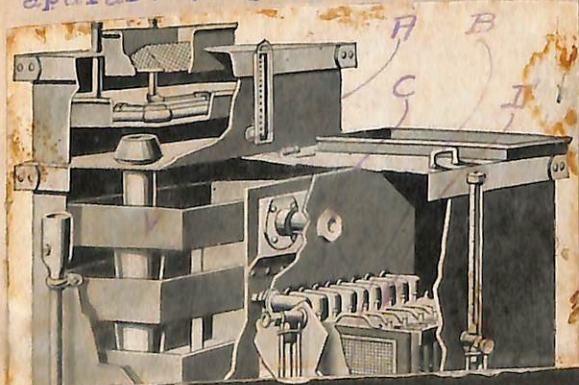
El reaprovechamiento de ese aceite que parece a simple vista inservible, representa pues una gran economia para los talleres y estaciones de servicio, las empresas de transportes ferreos o automoviliarios, las compañías de energia electrica etc. que contemplan el hecho de cantidades apreciables de aceite desechado como inútil, cuando por procesos sencillos y en aparatos muy simples y baratos, pueden ser rehabilitados en sus primitivas propiedades, con más beneficio para los mecanismos lubricados, y con notable economía para las mismas empresas.

Sistemas de purificación.

La purificación de los aceites puede efectuarse por tres procedimientos: Por precipitación y filtración. Por centrifugación. Por medio de coagulantes quimicos.

Precipitación y filtración. Mediante el reposo prolongado del aceite sucio, las impurezas de mayor densidad, particulas metalicas, arenas, precipitan. El proceso de precipitación puede acelerarse calentando el aceite si acaso fuere muy viscoso; el calentamiento rompe tambien los globulos de emulsiones y evapora el agua.

Las operaciones de precipitación y filtración se efectúan en un mismo aparato (fig. 36); cuando las materias más pesadas se han depositado



en el compartimiento de precipitación A, el aceite se lleva al compartimiento de filtración B, en donde son eliminadas las impurezas más menudas o menos densas que aun quedan en suspensión. Cuanto más perfecta haya sido la purificación por precipitación, más rápida será la de filtración, y los filtros prestarán servicio por más tiempo, sin que haya necesidad de limpiarlos a menudo. El material de los filtros puede ser un tejido de alambre de malla muy fina o un conjunto de capas de paño o de fieltro superpuestas y encerradas en marcos apropiados.

BRUNSWICK-KROESCHILL CO.
 Departamento 602, New Brunswick, N. J., E. U. A.
 Direccion Cablegráfica—Nawarubo
 Fabricamos maquinaria de refrigeración y para hacer hielo.
 para todos los fines.
 429

El aceite ~~pasa~~ del compartimiento de precipitación al de filtración por el conducto C, que comunica por detrás con los conductos D que van a cada una de las unidades del filtro. Cuando hay necesidad de desmontar para la limpieza alguna de estas unidades, se cierra por una pequeña y valvula el conducto que le corresponde.

Algunos modelos de aparatos purificadores de este genero, estan provistos de equipo de calefacción por proceso electrico, para alli mismo verificar el calentamiento del aceite.

Debajo de las camaras de precipitación y filtración, vá el compartimiento que recibe el aceite purificado.

Centrifugación. El procedimiento más moderno y perfecto de purificación de aceites, es el que aplica la fuerza centrifuga, que efectúa la purificación con mucho mayor rapidez que la fuerza de gravedad. Por este medio se lleva a cabo la separación perfecta de los líquidos y sólidos de densidades diferentes, y la clarificación del aceite es absoluta. El aparato separador centrifugo mas sencillo consta de un cilindro giratorio alojado dentro de una caja que lleva agua caliente, para que la elevación de temperatura disminuya la viscosidad del aceite sucio vertido en el cilindro. Al girar rapidamente el cilindro, las impurezas del aceite se separan en capas, segun sus densidades, y las particulas más pesadas son arrojadas contra las paredes del cilindro. El aceite, y el agua que previamente se ha vertido, suben a la parte superior, son recogidos en canales especiales a medida que van rebosando del cilindro por los bordes del cilindro en virtud de la velocidad, y llevados por conductos a depositos separados.

Hay centrifugadores de construcción más compleja, en los cuales la velocidad del deposito giratorio es hasta de 9000 revoluciones por minuto, y el aparato purificador consta de un conjunto de recipientes sin fondo, especie de baldes de forma conica y tamaño gradualmente variable, que van unos dentro de los otros, con el vertice hacia arriba, que giran a esa alta velocidad, y por entre los cuales pasa el aceite, que entra por la base y sale por la cúspide, para ser recogido en tubos de descargue, ya purificado.

Purificación por medio de coagulantes quimicos. Los aceites diluidos por la gasolina o el petroleo, o cargados de carbon, como son los que se extraen del "carter" de los motores de combustión interna, no pueden reaprovecharse por los dos procedimientos anteriores, pues las particulas de carbon son infinitamente pequeñas para ser retenidas por los filtros, y el combustible diluido está tan intimamente mezclado, que los procesos de centrifugación son ineficaces para efectuar la separación. Dichos aceites se purifican entonces por procedimientos quimicos combinados con medios mecanicos.

Mediante la aplicación de ciertos compuestos quimicos, se desarrolla una acción en virtud de la cual son arrastrados los productos de carbonización, oxidación, dilución del combustible, y las particulas solidas.

En algunos tipos de purificadores por coagulación, el aceite sucio se



31
6
20
57

mezcla con una solución en agua caliente de la substancia coagulante, y se somete a una agitación activa. El agente químico usado para la coagulación, es generalmente un fosfato de un metal alcalino, sodio por ejemplo. El proceso se resume así: En el recipiente interior de un agitador mecánico, se vierten cantidades iguales de agua y del aceite por purificar. El recipiente exterior se llena de agua, que se debe mantener caliente durante el curso de la operación. Se vierte luego en el aceite la solución coagulante (de fosfato de sodio), hecha en agua caliente a razón de una libra de fosfato por cada cuatro galones de aceite. Se agita luego activamente durante diez minutos. Se deja reposar después por espacio de ocho horas.

El aceite puro ira a la superficie, el agua y todas las impurezas depositarán en forma de lodos o lamas, que serán evacuadas por el orificio especial de la parte inferior del aparato. El agitador mecánico es de construcción semejante a la de los centrifugadores descritos arriba.

En otro tipo de aparatos, está suprimida la agitación del aceite, aplicando sólo el tratamiento alcalino para efectuar la coagulación, y haciendo desaparecer por medio del calor, el combustible diluido y el agua de las emulsiones. Los aparatos en los cuales se efectúa este tratamiento, son un poco más complicados, y de funcionamiento continuo. El aceite se vierte en el aparato, por encima después de calentarlo, y dentro de este se pone en contacto con una solución concentrada de silicato de sodio, que actúa como coagulante, formándose entonces una especie de lama en grumos, que deposita rápidamente arrastrando las impurezas. El aceite, libre de las partículas sólidas, es extendido, por medio de una corriente a presión, de aire calentado, en forma de una película delgada, sobre unas planchas de metal corrugado cuya temperatura se eleva eléctricamente. Allí se verifica la evaporación del combustible en disolución, y del agua en emulsiones, que aun pudiera tener.

Todos los aparatos purificadores que hemos descrito son de tamaño reducido, portátiles, de manejo sencillo, y precio relativamente bajo. Sus capacidades de purificación varían entre 50 y 200 litros de aceite.

----F I N----

BIBLIOGRAFIA

Química analítica.....J. Olsen.
 Elements of industrial chemistry.....A. Rogers
 Lubricants, oils and grases.....I. I. Redwood
 Examination of oils.....T. B. Stillman
 Kempe engineer's year book for 1926.....H. R. Kempe
 Ingeniería Internacional.....Business Publishers Int. C
 Bulletin N° 10.056.....The American Locomotive S
 Bulletin N° 10.....The Texas Company.