

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA



“LUBRICACION Y SERVICIO TECNICO POST VENTA COMO SOPORTE A LA INDUSTRIA EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO DE MAQUINARIA INDUSTRIAL”.

INFORME TECNICO

**Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO QUIMICO**

PRESENTADO POR

Luis Felipe Fernández Pérez

Promoción 84 – I

LIMA – PERU

2 0 0 0

INDICE

1.-	Introducción.....	3
2.-	Resumen de actividades profesionales.....	4
3.-	Fundamentos de Lubricación.....	5
	3.1.- Fricción y desgaste.....	5
	3.2.- Propiedades de los lubricantes.....	6
	3.3.- Selección de lubricantes.....	8
	3.4.- Aceites básicos.....	9
	3.5.- Aditivos.....	10
	3.6.- Equipos y métodos de lubricación	11
	3.7.- Almacenamiento y manipuleo.. ..	15
4.-	Viscosidad de los Aceites.... ..	17
	4.1.- Definición de viscosidad.....	17
	4.2.- Unidades de viscosidad.....	19
	4.3.- Variación de la viscosidad con la temperatura.....	22
	4.4.- Variación de la viscosidad con la presión.....	25
	4.5.- Clasificación de aceites de acuerdo a su viscosidad.....	26
5.-	Lubricación de Motores	33
	5.1.- Introducción.....	33
	5.2.- Combustibles y combustión en motores.....	34
	5.3.- Funciones del lubricante en el motor.....	37
	5.4.- Mantenimiento de motores.....	41
	5.5.- Clasificación de aceites de motor.....	43
	5.6.- Circuito de lubricación en motores.....	47
	5.7.- Causas de dificultades en la operación de motores.....	49
6.-	Lubricación de Maquinaria Industrial.....	52
	6.1.- Introducción.....	52
	6.2.- Factores que afectan a los lubricantes.....	53
	6.3.- Lubricación de equipo pesado y sus componentes.....	55
	6.4.- Sugerencias de mantenimiento preventivo.....	65
	6.5.- Operación eficiente de compresoras.....	72
	6.6.- Recomendaciones generales de lubricación.....	75
7.-	Análisis de aceites usados.....	79
	7.1.- Introducción.....	79
	7.2.- Técnicas de muestreo de aceite.....	80
	7.3.- Descripción de las pruebas y su significado.....	81

8.- Casos Prácticos.....	92
8.1.- Pesca Perú Planta Huarney.....	92
8.2.- Expreso Cruz del Sur.....	100
9.- Conclusiones y Recomendaciones	106
10.- Bibliografía.....	107

1.- INTRODUCCION

El presente informe es elaborado con la intención de tentar la obtención del título de Ingeniero Químico en función de mi experiencia en el campo de la lubricación.

Si bien el tema es muy amplio, se ha decidido centrar el informe primero explicando los fundamentos básicos sobre los que se sustenta la teoría de la lubricación, la descripción de los equipos y lubricantes de mayor aplicación práctica de acuerdo a la realidad de la industria nacional, recomendaciones prácticas para evitar y/o reducir problemas relacionados a la lubricación de equipo pesado, y el análisis de aceites usados como herramienta de mantenimiento preventivo y predictivo. Adicionalmente se describen 2 casos reales y sencillos que muestran que con un servicio técnico adecuado se pueden conseguir ahorros importantes para la empresa.

El mercado peruano, de acuerdo a información del Ministerio de Energía y Minas, en 1999 fue de 565,738.10 barriles y esta dividido según el tipo de lubricante de la siguiente forma:

Aceites de motor	66.72%	377,460.46 bls.
Aceites hidráulicos	10.04%	56,800.10 bls.
Aceites para engranajes	6.8%	38,470.19 bls.
Aceites industriales	9.3%	52,613.64 bls.
Grasas	7.14%	40,393.70 bls.

Como se puede apreciar, los lubricantes de mayor uso son los aceites de motor y ahí se incluyen aceites para motor gasolinero y aceite para motores diesel, debido a que es un producto con una alta frecuencia de cambio. Las mayores industrias consumidoras de lubricantes son la minería y la construcción, por la cantidad de equipos de movimiento de tierra que utilizan, los cuales tienen motores diesel de gran tamaño y gran capacidad de carter, por lo tanto cada cambio de aceite requiere de grandes cantidades de producto. La industria pesquera es otro gran consumidor de lubricantes, siempre que cuente con flota propia de pesca, ya que el mayor consumo está en los motores de generación de energía de las lanchas y bolicheras. Otro sector que tiene un alto consumo de lubricantes es el sector transporte que, incluyendo transporte de pasajeros, de carga y particular, consume el 40% de los lubricantes que se consumen en el país.

Con esta visión general del mercado de lubricantes se pretende sustentar la selección de los temas a tratar como los más saltantes en la práctica diaria de un ingeniero de lubricación.

2.- RESUMEN DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

En el mes de setiembre del año 1987 ingresé al departamento de ventas industriales de Texas Petroleum Company - TEXACO como representante técnico de ventas de lubricantes. En ese año, el negocio de Texaco era la fabricación y comercialización de lubricantes en todas sus clases, sin embargo, había una segmentación fuerte hacia el mercado industrial. Los productos Texaco tenían gran aceptación en este sector, por la calidad de los productos y por la calidad de su servicio técnico.

Los usuarios de lubricantes en una empresa industrial normalmente son ingenieros mecánicos que solicitan no sólo un producto de calidad sino un servicio post venta que debe ser brindado por el proveedor, en este caso TEXACO.

Además de las funciones comerciales del representante técnico de ventas, que están referidas al cumplimiento de cuotas de venta, administración de las cuentas por cobrar de su cartera, análisis de competidores, etc. También tenemos varias funciones técnicas que hacen necesario conocimientos de ingeniería para el desarrollo adecuado de su labor. Entre estas funciones tenemos:

Elaboración de estudios de lubricación de cada planta industrial bajo su responsabilidad. Este estudio implica la revisión de cada uno de los puntos de lubricación de cada maquina en cuanto a requerimientos de lubricación del fabricante, lubricante actualmente empleado, cantidad de lubricante, frecuencia de cambio, etc.

- Selección y recomendaciones de lubricantes para cada punto de lubricación.
- Revisión periódica en el campo del cumplimiento de las recomendaciones efectuadas.
- Análisis de aceite en el campo.
- Toma de muestras de aceite para análisis de laboratorio.
- Asesoramiento permanente para el diagnostico de posibles fallas mecánicas ocasionados por fallas de operación y/o detectados mediante análisis de aceites.
- Capacitación del personal obrero y técnico en teoría de lubricación.

La experiencia adquirida en 5 años ejerciendo estas funciones me llevan a desarrollar el presente informe que contiene aspectos teóricos básicos enlazados con aspectos prácticos frutos de mi experiencia profesional en el campo.

3.- FUNDAMENTOS DE LUBRICACION

3.1.- FRICCION Y DESGASTE

Superficies que para el ojo humano parecen ser completamente lisas y suaves, realmente están compuestas por incontables picos y valles. A medida que se aplica presión o carga y las dos superficies rozan entre sí, ocurre la fricción. En la figura 3-1 se aprecia una vista microscópica de una superficie lisa a simple vista.

Las partes altas o picos de ambas superficies se entrelazan y se quiebran, y esto es lo que llamamos desgaste. La cantidad de desgaste que puede ocurrir depende de la cantidad de carga o peso que se aplique.

Cuando una capa de lubricante es agregada e interpuesta, todos los puntos altos se mantienen separados impidiendo que se toquen entre sí, y tenemos entonces la fricción fluida, en lugar de la mucho más severa fricción seca.

En la fricción fluida, el lubricante actúa como si fuera compuesto de muchas capas delgadas. A medida que una de las superficies se mueve, la capa de lubricante más cercana a ella se mueve más o menos a la misma velocidad de la superficie en movimiento. Este fenómeno se conoce como “deslizamiento” (shearing).

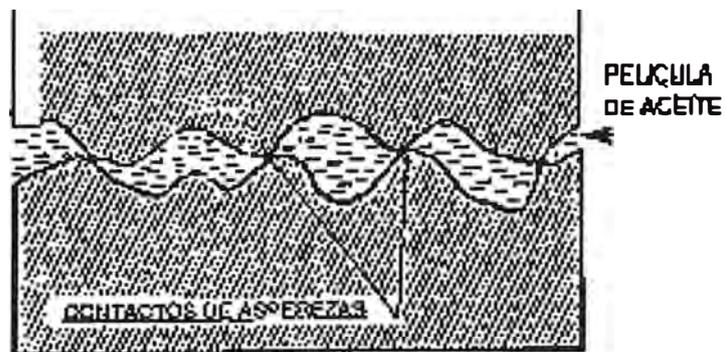


Figura 3-1

Es muy similar a lo que sucede con una baraja de naipes, cuando usted la presiona y desliza las cartas hacia un lado.

Además de la fricción deslizante, en la cual una pieza se mueve sobre la superficie de otra, existe otro tipo de fricción, llamada fricción rodante, donde una pieza rueda sobre la cara de la otra. Su efecto retardante es menor que el de la fricción deslizante, y por esta razón los cojinetes de rodillo son ampliamente usados en maquinaria industrial.

En engranajes, hallamos una combinación de fricción deslizante y fricción rodante. A medida que los dientes entran en contacto, ellos se deslizan y a medida que siguen girando, se presenta una acción rodante.

Las dos fricciones deslizante y rodante están presentes en los distintos tipos de equipo y maquinarias. Y ambas clases de fricción tienen una característica común importante: ambas pueden reducirse por medio de la lubricación.

3.2 PROPIEDADES DE LOS LUBRICANTES

Los lubricantes se dividen en dos clases principales: aceites y grasas (que simplemente son una combinación de aceite y jabón químico que sirve para dar cuerpo). La diferencia básica entre los dos es que la mayoría de las grasas son semi - sólidos que fluyen solamente cuando están sometidos a presiones, mientras que los aceites (que son líquidos) fluyen libremente. Entre las dos clases de lubricantes, el aceite por lo general es el mejor y se usa donde sea posible, prefiriéndole a la grasa.

Tanto el aceite como la grasa tienen propiedades individuales especiales que determinan su utilidad en distintas situaciones.

En el caso de los aceites, las propiedades más importantes se detallan a continuación:

- VISCOSIDAD
- INDICE DE VISCOSIDAD
- PUNTO DE INFLAMACION
- PUNTO DE COMBUSTION
- PUNTO DE FLUIDEZ
- RESISTENCIA DE LA OXIDACION
- CAPACIDAD ANTIESPUMANTE

La más importante propiedad del aceite es la viscosidad, que se define como la resistencia del aceite a fluir, o más simplemente como su espesor.

Por lo tanto, si un aceite tiene una viscosidad baja , fluiría fácilmente, y si su viscosidad es alta, resistirá su tendencia a fluir, y , por lo tanto, fluiría más lentamente.

La viscosidad de un aceite se afecta con la temperatura. A medida que la temperatura de un aceite sube, su viscosidad baja(esto es, el aceite se vuelve más delgado). Por otro lado cuando la temperatura baja, la viscosidad del aceite sube.

Otra propiedad de una aceite en su punto de inflamación, o sea, la temperatura a la cual un aceite produce suficientes gases que se encienden si se expone a una llama. Intimamente relacionado con el punto de inflamación, está el punto de combustión, o sea, la temperatura a la cual no solamente se enciende sino continua quemándose.

Hacia el extremo opuesto en la escala de las temperaturas se halla una propiedad que se conoce como el punto de fluidez, esto es especialmente importante en situaciones de temperaturas muy bajas. El punto de fluidez es la temperatura mínima a la cual un aceite se vuelve tan grueso (viscoso) que deja de fluir.

Cuando el aceite queda expuesto al aire se combina con el oxígeno con en un proceso que se conoce oxidación y la habilidad de resistir esta oxidación es otra de las propiedades básicas de un aceite.

El proceso de oxidación se acelera con temperaturas altas y en situaciones donde el aceite está sometido a continua agitación.

Las grasas tienen distintas propiedades que determinan su utilidad, de las cuales las más importantes se enumeran a continuación

- **CONSISTENCIA O DUREZA**
- **PUNTO DE GOTEÓ**
- **FACILIDAD DE BOMBEO**
- **RESISTENCIA AL AGUA**

La primera de estas propiedades es su consistencia o dureza, que está definida por el mayor o menor grado de dureza de la grasa, para tal efecto se utiliza el penetrómetro.

Otra característica importante de la grasa es su punto de goteo, que es la temperatura a la cual “Gotea”- o se derrite- cambiando su forma semi-sólida a líquida.

La grasa fluye bajo presión y algunas fluyen más fácilmente que otras aunque se les aplique la misma presión. Esta característica se llama facilidad de bombeo.

La resistencia al agua es otra propiedad de las grasas y ella depende del tipo de jabón base con la que se haya elaborado. Algunas bases tienen mayor tendencia a disolverse con el agua, mientras otras se sostienen firmemente ante la presencia de la misma. Las grasas con jabón de litio y calcio muestran gran resistencia al agua, no así las grasas con base de sodio.

3.3 SELECCIÓN DE LUBRICANTES

La selección de lubricantes, requiere de un análisis profundo de las condiciones de operación del elemento a lubricar. Las principales variables a tener en cuenta son:

- CARGA O PRESION
- VELOCIDAD
- TEMPERATURA
- CAMBIOS DE TEMPERATURA
- AMBIENTE

Uno de los primeros factores que se debe considerar, es la carga o presión bajo las cuales el lubricante tendrá que funcionar.

Otro factor es la velocidad. Generalizado, mientras mayor sea la velocidad, más baja deberá ser la viscosidad del aceite que se va a usar.

También, cuando se vaya a usar grasa en condiciones de altas velocidades, deberá tener la habilidad de mantenerse firme para que no sea desplazada fuera de los cojinetes.

La temperatura y los cambios de la misma, que afectan la viscosidad, el índice de viscosidad y el punto de fluidez, también son importantes para seleccionar el tipo de lubricante.

Finalmente, el ambiente dentro del cual trabaja la máquina deberá considerarse cuidadosamente antes de seleccionarse el tipo de lubricante.

Impurezas en el ambiente, la acción del agua sobre el lubricante entre sí, y otros factores ambientales deberán tomarse en cuenta.

3.4 ACEITES BASICOS

Los lubricantes son el resultado de la mezcla de los llamados aceites bases y aditivos especiales que les mejora sus características, o le agrega propiedades que no tiene en función del uso que se le va a dar; y están agrupados en unas pocas categorías principales que dependen de los crudos usados en su refinación, los tipos de materias químicas que se les ha agregado.

Los aceites base usados para formular lubricantes son normalmente derivados del petróleo, sin embargo recientemente se le esta dando mayores aplicaciones a los lubricantes formulados con bases sintéticas.

Los aceites minerales son productos de la refinación del petróleo, por la tanto las características del crudo procesado va a determinar muchas de las características del aceite base. Los crudos mas usados son los crudos parafínicos, con el que se obtiene un aceite base con un alto índice de viscosidad HVI aunque estas bases tienen un alto contenido de parafina. Para ciertas aplicaciones se prefiere utilizar crudos nafténicos con el que obtenemos bases con un bajo índice de viscosidad LVI, bajo nivel de ceras y un bajo punto de congelamiento.

La destilación atmosférica del crudo produce gasolinas y destilados medios dejando un una gran cantidad de residual que contiene aceites y asfaltos. Una segunda destilación en condiciones de vacío permite obtener los aceites bases que requieren un proceso de refinación adicional con ácido sulfúrico, cal y arcilla para convertir este producto destilado en una base aceptable para su uso. Para algunas bases especiales es necesario hacer una extracción con solventes para remover el color. Posteriormente, la cera que contiene la base es removida disolviendo el aceite en Metiletil cetona (MEK), enfriando y filtrando, obteniendose aceites con puntos de congelamiento entre -10°C y -20°C . Como parte final del proceso, al aceite se le da un grado de acabado con hidrogeno o arcilla para remover el azufre, nitrógeno y cuerpos coloreados. El proceso se muestra en la figura 3-2.

Los fabricantes de aceites básicos producen 3 o 4 tipos diferentes de bases en función de su viscosidad y a partir de la mezcla de estas bases se obtienen los diversos tipos de lubricantes usados en el mercado.

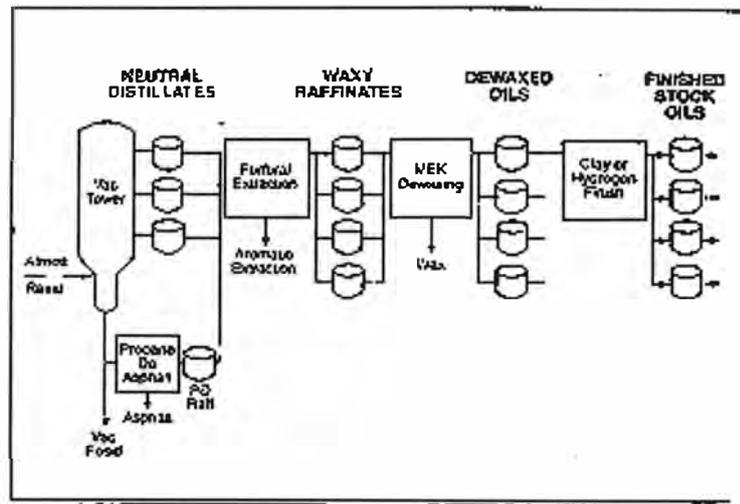


Figura 3-2

En cuanto a las bases sintéticas, son productos específicamente obtenidos para lograr propiedades específicas para una determinada aplicación. Las principales sustancias empleadas para formular lubricantes son:

- Polialfa olefinas
- Polioli ésteres
- Aromáticos alquilados
- Poli alquil glicoles
- Esteres fosforados

3.5 ADITIVOS

Son compuestos químicos que se añaden un aceite lubricantes para mejorar las propiedades naturales de los aceites y frecuentemente agregan nuevas propiedades a los mismos, con el fin de satisfacer las exigencias que se plantean en el diseño y desarrollo de equipos modernos.

Actualmente muy pocos son los aceites que se comercializan sin aditivos. Todos los aceites contienen aditivos para mejorar sus propiedades en concentraciones que van desde menos de 1% hasta 25%. Los aceites que tienen la mayor cantidad y variedad de aditivos son los aceites de motor cualquiera que sea el tipo, automóviles, buses, camiones, locomotoras, equipo pesado, e incluso motores estacionarios.

Estos aditivos cuidadosamente seleccionados son el resultados de profundas y constantes investigaciones y se agrupan en base a los siguientes tipos:

TIPOS DE ADITIVOS

- DISPERSANTE
- DETERGENTE
- MEJORADOR DE VISCOSIDAD
- INHIBIDOR DE OXIDACION
- INHIBIDOR DE CORROSION
- DESACTIVADOR DE METALES
- AGENTE ANTIDESGASTE
- AGENTE DE EXTREMA PRESION(EP)
- DEPRESORES DE PUNTO DE FLUIDEZ.
- ANTIESPUMANTES

En la tabla 3-1 y 3-2 se describe brevemente los compuestos activos de cada tipo de aditivo su función y su mecanismo de acción.

Para que un aditivo sea aceptado por los fabricantes de aceites, estos deben ser capaces de ser manipulados en equipos convencionales de mezcla, deben ser estables al ser almacenados, no deben tener olores fuertes y debe tener una toxicidad dentro de los parámetros autorizados.

3.6.- EQUIPOS Y METODOS DE LUBRICACION

El técnico en lubricación usará una gran variedad de equipos que ayudarán a ejecutar su trabajo, desde las simples herramientas para engrasar o aceitar, hasta llegar a complejos equipos automáticos.

La lubricación manual es el método más antiguo para la aplicación de lubricantes y sigue siendo usado, inclusive hoy día.

Aceiteras de mano – tanto la antigua de salpique y la de bombeo manual – se usan frecuentemente para aplicar aceite a las chumaceras o cojinetes.

La aplicación manual de grasa se efectúa por medio de las engrasadoras manuales.

Estas importantes herramientas permiten aplicar una cantidad medida de grasa a una graseras con suficiente fuerza para desalojar y sacar la grasa vieja de entre las cavidades de lubricación de la máquina. La lubricación manual de grasa también se efectúa por medio de copas graseras atornillables. Ya que estos implementos están conectados directamente a la maquinaria, la grasa no necesita mucha presión para su aplicación.

Tipo de Aditivos	Función	Componentes Típicos	Mecanismo de Acción
Antidesgaste agente de extrema presión	Reduce la fricción y el desgaste y previene	Ditiofosfato de Zinc, ácidos organo-fosforados compuestos orgánicos y sulfurados	Reacción química en la superficie metálica para formar una película que previene el contacto metal-metal
Inhibidor de corrosión y herrumbre	Previene la corrosión y formación de herrumbre	Ditiofosfatos de Zinc fenolatos metálicos Ácidos grasos y aminas.	Se absorben por la superficie metálica formando una película protectora o neutralizando ácidos corrosivos.
Detergentes	Remueve depósitos de sólidos en el sistema de aceite	Compuestos órgano metálicos de sodio, calcio y magnesio, fenolatos, fosfonatos y sulfonatos.	Reducen la tensión superficial de los aceites y remueve los depósitos
Dispersantes	Mantiene dispersos en el aceite las contaminantes insolubles	Alkil succinamidas esterés Alquil succinicos.	Los contaminantes son rodeados por la atracción polar de la molécula de dispersante manteniéndolo en suspensión por la solubilidad del dispersante.
Modificación de Fricción	Altera el coeficiente de fricción	Ácidos grasos y amidas orgánicas. Organo fosforados de Alto peso molecular.	Adsorción preferencial sobre las superficies de los materiales.

Tabla 3 - 1

Tipo de Aditivos	Función	Componentes Típicos	Mecanismo de Acción
Depresor de punto de congelamiento	Permite que el lubricante fluya a temperaturas bajas.	Naftalenos alquilados polimeros fenólicos Polimetacrilatos	Modifica la formación del cristal de parafina para dificultar su crecimiento.
Agente Sellante	Mejora el sellado de los elementos de caucho	Fosfatos orgánicos. Hidrocarburos aromáticos	Reaccionan químicamente con los elastómeros provocando que se hinchen ligeramente.
Modificador de índice de viscosidad	Reduce la viscosidad de descomposición del aceite por oxidación	Polimeros y copolimeros de olefinas estirenos alquilados metacrilates	Los polímeros se expanden con el incremento de temperatura modificando el espesor del aceite.
Antiespumante	Reduce el efecto catalítico de los metales en la velocidad de oxidación	Polímeros siliconados copolímeros orgánicos.	Reduce la tensión superficial de las burbujas de espuma y acelera su rompimiento
Antioxidante	Reduce la velocidad de descomposición del aceite por oxidación	Ditiofosfatos de Zinc Aminas aromáticas fenoles sulfurados.	Descompone peróxidos y completa reacciones con radicales libres
Desactivador de metales	Reduce el efecto catalítico de los metales en la velocidad de oxidación	Compuestos orgánicos complejos que contienen Nitrógenos o azufre Aminas y Sulfuros.	Forma una película inactiva en las superficies metálicas, acomplejándose con iones metálicos.

Tabla 3 - 2

La lubricación por gravedad, también llamada “alimentación gota a gota” o “alimentación por goteo”, es un método de lubricación por el cual el aceite es alimentado gota a gota a las chumaceras o cojinetes, individualmente también a otras partes de la máquina. La mayoría de las aceiteras “gota a gota “ operan continuamente, otras alimentan el aceite solamente cuando está funcionando la máquina. La mayoría de estas aceiteras tienen ventanillas transparentes que permiten ver la velocidad de flujo de aceite.

El flujo de aceite en algunos lubricadores a gravedad se controla por medio de válvulas de aguja o punzón, pudiendo ser reguladas. Otro tipo de lubricador “gota agota “ es la aceitera de mecha, en la cual un flujo constante de aceite pasa a través de una mecha cuya punta está en contacto con la pieza que está lubricando.

Por medio muy común de lubricación es el de salpique o baño. Una parte de la carcasa de la maquinaria sirve como depósito de aceite, dentro del cual alguna pieza de la misma se sumerge parcialmente. A medida que estas piezas se mueven, salpican aceite a las piezas circundantes de la máquina. El nivel del depósito de aceite deberá mantenerse constante, para asegurar un baño o salpique efectivo.

Similares a la lubricación por salpique, existen las lubricaciones por anillo, cadena y collar, que se usan frecuentemente en ejes giratorios horizontales. Anillos y cadenas cuelgan de los ejes. Cada uno de ellos penetra al depósito de aceite y hace que el aceite suba hasta el eje, los cojinetes o chumaceras, a medida que gira.

Los lubricantes por línea de aire son pequeños aparatos que se usan frecuentemente para la lubricación de herramientas neumáticas. En este método de lubricación, pequeñas cantidades de aceite son atomizadas y transportadas por chorros de aire de alta presión hasta llegar a las piezas de la máquina que deben ser lubricadas. La cantidad de aceite que se alimenta está controlada por medio del tornillo de ajuste de alimentación en la parte superior del aparato.

La lubricación por neblina de aceite es un procedimiento relativamente moderno y se usa aire comprimido para atomizar el aceite de un depósito y llevarlo como neblina entre tubos hasta los cojinetes y engranajes, creando así una atmósfera saturada que lubrica los cojinetes. Al mismo tiempo, el aire que pasa ayuda a disipar el calor de la máquina.

Un lubricador de alimentación forzada consiste de una o más bombas impelentes montadas sobre un depósito de aceite, y cada

bomba alimenta el aceite a un cojinete o chumacera individual situada a cierta distancia o a una altura superior, y que deberá revisarse y rellenarse frecuentemente.

Los sistemas circulantes han sido diseñados para lubricar un número de piezas en una misma máquina, y la presión se obtiene por medio de gravedad o por bombas. El aceite es alimentado continuamente a los cojinetes y engranajes, y después vuelve a recircular a través del sistema. Cuando el aceite circula por entre el sistema repetidamente, pasa a través de filtros y centrífugas.

Los sistemas de lubricación centralizados se diseñaron para dar aplicación, ya sea de grasa o aceite, en forma medida distintos puntos de lubricación, desde un depósito y una bomba central. En su forma más simple, consiste de una bomba manual que lubrica solamente unos pocos puntos. Los sistemas complejos funcionan automáticamente y dan servicio a un amplio números de máquinas.

Algunos sistemas de lubricación se conoce como “Sistemas directos”, en las cuales cada impulso de la bomba mide una cantidad específica de aceite que llega a todos los puntos de lubricación en el sistema.

Otros se llaman “sistemas indirectos”, y en estos la bomba solamente entrega una cantidad de aceite o grasa del sistema, y válvulas medidoras en cada punto de lubricación, permiten el paso de la cantidad exacta del lubricante que necesita cada rodamiento.

Obviamente el trabajo del técnico de lubricación ya no es el simple acto de aplicar ocasionalmente unas gotas de aceite. Es un trabajo serio, y las herramientas y materiales son complejos y variados. El no lubricar con suficiente cantidad puede causar problemas muy obvios, pero la sobrelubricación también pueden ocasionar daños. Los costosos errores de lubricación pueden evitarse cuando se ciñe estrictamente a los estudios de lubricación.

3.7.- ALMACENAMIENTO Y MANIPULEO

El técnico de lubricación tiene una tarea que al mismo tiempo es retardora y satisfactoria, y la eficacia con que queda ejecutar las muy variadas funciones de este trabajo puede significar mucho para su compañía y sus propios compañeros de trabajo. Su trabajo comienza en el sitio donde se almacenan los lubricantes e implementos de lubricación. La manera como están almacenados es muy importante.

Una zona de almacenamiento limpia y aseada asegura que los lubricantes se mantendrán en la misma condición de pureza de cuando fueron comprados. Además, los envases limpios y aseados le ayudan al técnico en lubricación a identificar el producto correcto de manera más fácil, eliminando errores que pueden ser muy costosos. Al contrario, una zona de almacenamiento deseada es un sitio peligroso para trabajar. Los lubricantes derramados constituyen un peligro de incendio y también pueden ocasionar resbalones y caídas peligrosas.

Sin duda el mejor lugar para almacenar lubricantes y el equipo de lubricación, sería destinado específicamente dentro de la propia planta, el cual deberá tener una construcción a prueba de incendio, contener el mínimo de maderas y demás materiales combustibles, tener un sistema de riesgo o extintores de CO₂ o polvo químico seco.

Los tambores de 55 galones pueden almacenarse ya sea verticalmente (sacando el contenido por medio de bombas individuales, colocadas dentro de las bocas grandes), o en forma horizontal (usando una válvula o grifo o prueba de goteo para sacar el aceite).

Las grasas por lo general son almacenadas en forma vertical ya que su contenido es obtenido usualmente por medio de bombas o por medios manuales, con un cucharón o espátula.

Si se hace necesario almacenar algunos lubricantes a la intemperie, estos deberán almacenarse en forma horizontal y cubiertos cuidadosamente.

4.- VISCOSIDAD DE LOS ACEITES

4.1 DEFINICION DE VISCOSIDAD

Cuando una persona busca un lubricante, o cuando quiere saber en que estado se encuentra el aceite que esta usando, siempre va a preguntar ¿Que grado es?, ¿Esta grueso o delgado? ¿Esta aguado?, Esto en función del grado de conocimiento que tenga del tema; en el fondo la pregunta es una sola ¿Cuál es la viscosidad de este aceite?.

La viscosidad es la propiedad mas importante de los aceites lubricantes. Todos los fabricantes de equipos establecen limites de viscosidad que deben tener los lubricantes a emplearse en sus equipos o indican específicamente un grado de viscosidad particular, y de ahí el cuestionamiento de todos los usuarios a este respecto.

Como concepto general la viscosidad puede definirse como la resistencia que tiene un liquido al flujo o deformación. En términos comunes, mientras más lento fluye un material, más elevada es su viscosidad. La viscosidad es lo que determina la capacidad del lubricante de mantener una película e aceite entre las piezas móviles de las máquinas, la película que reduce la fricción y el desgaste. Todo el mundo tiene un conocimiento práctico de lo que significa viscosidad; es fácil de ver que el agua fluirá mucho más rápidamente que la miel o que el aceite de cocina.

Una definición rigurosa y científica de la viscosidad se expresa mejor usando el diagrama de la figura 4-1. Esta figura muestra dos placas paralelas separadas por una película de aceite. La placa superior es móvil; la de abajo es estacionaria. Hay que aplicar una fuerza, indicada por la flecha gruesa, a la placa superior para que se mantenga en movimiento a velocidad uniforme. Observe que la fuerza se dirige por el plano de la placa y no dentro de la placa, así que es una fuerza de corte.

Existen cuatro parámetros mensurables simples que describen esta situación física.

- 1.- EL AREA de la placa móvil, A;
- 2.- La VELOCIDAD de la placa móvil, S;
- 3.- EL ESPESOR de la película de aceite, es decir, la separación entre las placas, X;
- 4.- La FUERZA requerida para mover la placa, F.

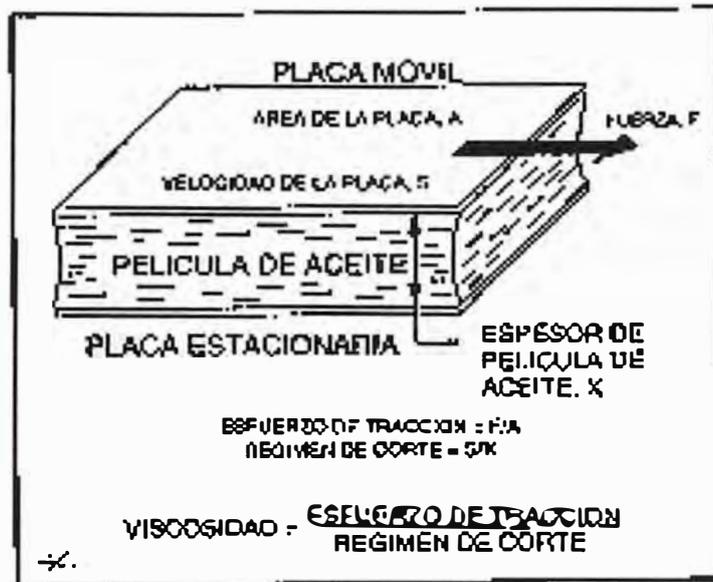


Figura 1 - Diagrama esquemático que muestra la definición de la viscosidad.

Figura 4-1

Estos cuatro parámetros pueden combinarse en dos parámetros más generales:

El esfuerzo de corte, S_s , es la fuerza dividida entre el área, o sea:

$$S_s = \text{Fuerza} / \text{Area}$$

El régimen de corte, r , es la velocidad dividida entre el espesor de la película de aceite, o :

$$R = \text{Velocidad} / \text{Espesor}$$

Note que el régimen de corte tiene las unidades de 1/seg o sec^{-1} , a veces denominadas segundos recíprocos.

La viscosidad, V , se define como la razón del esfuerzo de corte al régimen de corte, o sea:

$$V = S_s / R$$

Esta ecuación fue descubierta por Sir Isaac Newton y lleva su nombre. Los líquidos que siguen esta ecuación se llaman líquidos newtonianos. El agua y la mayoría de los aceites industriales son ejemplos de líquidos newtonianos. Para estos líquidos, a una temperatura y presión dadas, la fuerza de corte aumenta en proporción directa al régimen de corte. Por ende, la viscosidad permanece constante, sin importar la fuerza de corte o régimen de corte al cual se determina.

Los líquidos newtonianos representan una clase especial de líquidos. Para muchos líquidos, el esfuerzo de corte no aumenta en proporción directa al régimen de corte; consecuentemente, la viscosidad puede aumentar o disminuir, a medida que aumenta el esfuerzo de corte. Estos líquidos se denominan no newtonianos. Los ejemplos de líquidos no newtonianos comunes incluyen la mantequilla blanda, las pinturas de base de látex y la saliva. Los ejemplos de lubricantes no newtonianos incluyen grasas y aceites por debajo de su temperatura de solidificación.

Expresada en términos de los cuatro parámetros básicos de la figura 4-1, la ecuación de Newton puede replantearse para mostrar que la fuerza es proporcional a la viscosidad:

$$\text{Fuerza} = \frac{\text{Viscosidad} \times \text{Velocidad} \times \text{Area}}{\text{Espesor}}$$

Asimismo, la velocidad es inversamente proporcional a la viscosidad:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Fuerza} \times \text{Espesor}}{\text{Viscosidad} \times \text{Area}}$$

4.2 UNIDADES DE VISCOSIDAD

En la industria de los lubricantes, el término “viscosidad” se emplea para referirse a dos cantidades físicas ligeramente diferentes; se necesita un calificador para distinguir entre las dos.

En las ecuaciones que anteceden, la cantidad física es la viscosidad dinámica, también llamada viscosidad absoluta. Sin embargo, en los análisis de los lubricantes es más tradicional referirse a la viscosidad cinemática. Estas dos medidas de viscosidad están relacionadas por la densidad, según se muestra abajo:

$$\text{Viscosidad dinámica} = \text{Viscosidad cinemática} \times \text{densidad}$$

La densidad no tiene efecto alguno en la fricción de los cojinetes o la pérdida de presión en el flujo por el tubo horizontal a bajos regímenes de flujo, así que la viscosidad dinámica es el parámetro dominante. Sin embargo, la densidad sí tiene un efecto significativo en el flujo gravitacional, por ejemplo, el flujo de un depósito a través de una manguera. En esta situación, la fuerza impulsora es proporcional a la densidad del líquido. En estas situaciones, viscosidad cinemática es el parámetro dominante.

Unidades de viscosidad cinemática

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

El sistema Internacional de unidades (SI) de la viscosidad cinemática es un milímetro cuadrado por segundo (mm^2/s) y generalmente se utiliza en la literatura técnica y las especificaciones. Sin embargo, en el caso de los aceites lubricantes, la tradición ha sido utilizar centistokes (cST) y su uso es aceptable en la industria. Un cST equivale a un mm^2/s , así que las dos unidades pueden usarse indistintamente.

Unidades de viscosidad dinámica

En contraste con los viscosímetros de flujo gravitacional, otros viscosímetros se basan en una forma circular de las placas paralelas se muestran en la figura 4-1. En estos viscosímetros, las mediciones independientes de la densidad del líquido. El resultado de este tipo de medición es la viscosidad dinámica.

La unidad SI de viscosidad dinámica es un segundo pascal ($\text{Pa}\cdot\text{s}$). Para la gama de viscosidades que normalmente se encuentran en los lubricantes, se usa el segundo milipascal ($\text{mPa}\cdot\text{s}$), que es un milésimo de un segundo pascal. Sin embargo, para los aceites lubricantes, la tradición ha sido el uso del término centipoise (cP) y su uso es aceptable en la industria. Un cP equivale a un $\text{mPa}\cdot\text{s}$.

Para resumir el uso de las unidades de viscosidad:

$$\text{Viscosidad cinemática: } 1\text{mm}^2/\text{s} = 1\text{cSt}$$

Viscosidad dinámica:

$$1\text{ Pa}\cdot\text{s} = 1000\text{ mPa}\cdot\text{s} = 1000\text{ cP}$$

La siguiente ecuación se usa para la conversión de viscosidad cinemática en cSt (o mm^2/s) a viscosidad dinámica en cP (o $\text{mPa}\cdot\text{s}$).

$$\text{Viscosidad (cP)} = \text{Viscosidad (cSt)} \times \text{densidad (g/mL)}$$

La densidad, expresada en gramos por mililitro (g/mL) se toma a la temperatura de las mediciones de viscosidad. En consecuencia, un aceite hidráulico con una viscosidad cinemática de 136 cSt y una densidad de 0,88 G/mL, ambos medidos a 100°C, tendría una viscosidad dinámica de 119,7 cP a 100°C.

Unidades de segundos universales Saybolt

Una medida más vieja de la viscosidad, que todavía se usa en ocasiones en Estados Unidos, son los segundos Universales Saybolt (SUS). Esta medida se basa en el tiempo real, en segundos, para que en un volumen específico de aceite fluya de un depósito por un capilar de dimensiones sumamente específicas. Típicamente, los SUS se indican a 100 y 210°F.

Si bien esta medida de viscosidad es obsoleta, algunos consumidores industriales de lubricantes siguen usando SUS, haciendo que sea necesario convertir entre SUS y cSt. El Procedimiento D2161 de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), incluye tablas y ecuaciones para convertir de viscosidad cinemática a SUS.

Magnitudes relativas de la viscosidad

En el análisis de una propiedad física, es útil contar con una medida de la magnitud de la propiedad. Afortunadamente, la viscosidad del agua a temperatura ambiente es muy cerca de un cSt, así que ofrece un punto de referencia conocido. La viscosidad de un aceite de motor típico queda entre 5 y 6 cSt a la temperatura de operación de un motor (alrededor de 280°F).

La viscosidad del mismo aceite a -25°C (-13°F) quedaría entre 3000 t 3500 cP, indicando así la gran variación de viscosidad del lubricante según la temperatura.

4.3 VARIACION DE LA VISCOSIDAD CON LA TEMPERATURA

La viscosidad de todos los líquidos, incluso los lubricantes, aumenta a medida que disminuye la temperatura. La sensibilidad de la viscosidad a la temperatura es una propiedad importante de los lubricantes, así que las viscosidades de los aceites típicamente se indican en dos temperaturas. Las temperaturas estándar son 40 y 100°C (104 y 212°F).

Ecuación de viscosidad – temperatura

La variación de viscosidad con la temperatura de los lubricantes simples se describe con bastante exactitud mediante la ecuación de MacCull:

$$\text{Log} \cdot \log (V_k + 0,7) = A + B \log T$$

Donde:

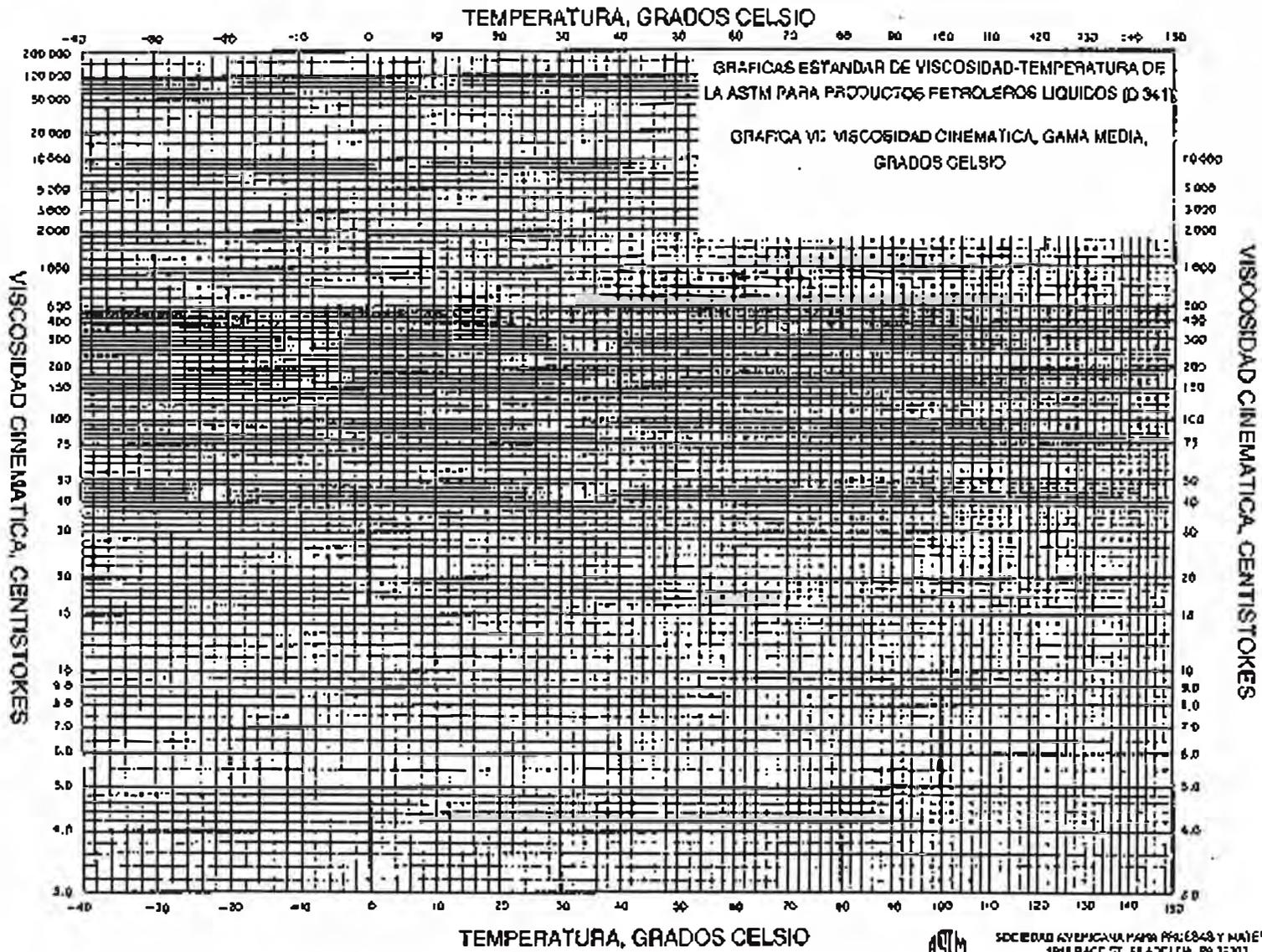
V_k = Viscosidad cinemática

T = temperatura absoluta

A, B = constantes para un aceite específico “log” indica el logaritmo natural.

La temperatura absoluta, T , es la temperatura por arriba del cero absoluto, que puede calcularse sumando 273 a la temperatura en $^{\circ}\text{C}$.

La viscosidad varía rápidamente con la temperatura y el ritmo de variación aumenta a medida que aumenta la viscosidad. Por ejemplo, a temperaturas bajas (p. Ej. -20°C), a las cuales la viscosidad de los aceites de motor puede ser de aproximadamente 2800 cSt, típicamente la viscosidad se duplicará por cada 5 grados de aumento de temperatura. A una temperatura de trabajo típica de la maquinaria (p. Ej., 40°C), a la cual la viscosidad es relativamente baja, el aumento de viscosidad por cada 5 grados de disminución es solo alrededor del 25% para aceites con viscosidades entre 50 y 100 cSt a 40°C .



VISCOSIDAD CINEMATICA, CENTISTOKES

VISCOSIDAD CINEMATICA, CENTISTOKES



SOCIEDAD AMERICANA PARA PRUEBAS Y MATERIALES
 1911 RACE ST. PHILADELPHIA, PA 19103
 PCN 12-0817-19

Figura 4-2

Esta ecuación fue desarrollada por Neil MacCoull y tiene una validez sobre una amplia gama de temperaturas, pero tiene sus limitaciones:

La viscosidad aumentará más rápidamente de lo que predice la ecuación a medida que la temperatura del aceite se acerque a su temperatura de descongelación, es decir, la temperatura a la cual el aceite se solidifica.

La ecuación quizás no sea exacta para aceites de motor que contengan ciertos aditivos. La ecuación es inexacta para viscosidades por debajo de aproximadamente 1 cSt.

La ASTM publica cuadros de viscosidad - temperatura que se basan en una extensión de la ecuación de MacCoull. Según se muestra en la figura 4-2. Las ordenadas de estos cuadros están dispuestas de manera que los datos de viscosidad - temperatura de aceites sencillos caerán sobre una recta. Debido a que por lo general se conocen las viscosidades de un aceite a dos puntos puede trazarse en una gráfica y trazar una recta a través de los puntos para estimar la viscosidad de los puntos para estimar la viscosidad a otras temperaturas. Esta técnica queda sujeta a las limitaciones indicadas para la ecuación de MacCoull.

Indice de viscosidad

El método estándar para caracterizar el cambio de viscosidad con la temperatura de un aceite es el índice de viscosidad (IV). Un IV elevado indica un cambio relativamente pequeño de viscosidad con la temperatura, un IV bajo indica un cambio grande.

El índice de viscosidad se define como el cambio de viscosidad en relación con dos aceites de referencia hipotéticos, que representan los extremos de sensibilidad de viscosidad - temperatura en la época en que la escala IV se inventó, alrededor de 1928. Un aceite con IV de 100 tendría las características del aceite hipotético con el menor cambio de viscosidad con la temperatura, en tanto que un aceite con IV de 0 tendría las características del aceite hipotético con el cambio más grande. Sin embargo, con las técnicas de refinación y los aditivos modernos, es posible producir aceites con características de viscosidad - temperatura muy superiores a las de los aceites hipotéticos de referencia, y en consecuencia se han desarrollado ecuaciones adicionales para ampliar la escala IV. La técnica mejor y más sencilla para determinar el IV de un aceite es usar la publicación de series de datos DS-39B de la ASTM, a menudo llamada "tablas de índices de viscosidad". El IV puede leerse directamente de las tablas, dadas las

viscosidades cinemáticas de 40 y 100°C. La definición formal del IV y las técnicas de calculo aparecen en ASTM D 2270.

El IV de aceites de base derivadas del petróleo refleja la concentración relativa de diversas clases de moléculas presentes en el aceite. Los aceites de base neutrales livianos típicos contienen moléculas parafínicas, nafténicas y aromáticas, que fluctúan en tamaño entre 20 a 30 átomos de carbono por molécula. Por lo general, las moléculas parafínicas tienden a aumentar o disminuir el IV, dependiendo de su estructura, pero por lo general lo disminuyen. Las moléculas aromáticas tienden a disminuir el IV.

Los aceites de motor y aceites de engranajes automotrices deben operar a temperaturas altas y bajas. Las características de viscosidad - temperatura de los aceites minerales a menudo resultan insuficientes para satisfacer estos requisitos. Para mejorar esta característica, muchos aceites de motor se formulan con aditivos, llamados mejoradores del índice de viscosidad, o más simplemente, mejoradores del IV.

4.4.- VARIACION DE LA VISCOSIDAD CON LA PRESION

La viscosidad de todos los líquidos aumenta a medida que aumenta la presión. Este efecto es mucho menor que el efecto de la temperatura para presiones típicas de sistemas de distribución de aceite, pero se vuelve muy importante en el rendimiento de lubricantes en contactos de lubricación altamente cargados, tales como los que ocurren en los engranajes y los cojinetes de elementos rodantes. La relación entre la viscosidad y la presión depende de la concentración relativa de componentes parafínicos, nafténicas y aromáticos del aceite, pero no es posible generalizarla con la misma precisión que la relación de viscosidad – temperatura.

No existe ningún método sencillo y preciso de estimar el coeficiente de presión de la viscosidad, aunque se cuenta con técnicas experimentales que dan resultados aproximados.

4.5.- CLASIFICACIONES DE ACEITES POR SU VISCOSIDAD

Existen varios sistemas de clasificación de viscosidad que se usan ampliamente para proporcionar un medio común de comunicar la viscosidad de los aceites lubricantes. Su propósito se expone concisamente en ASTM D2422,

Clasificación Estándar de lubricantes líquidos industriales por sistema de viscosidad: “esta clasificación establece una serie de niveles de viscosidad definidos para que los proveedores de lubricantes, usuarios de lubricantes y diseñadores de equipos tengan una base uniforme y común para diseñar, especificar o seleccionar la viscosidad de los lubricantes industriales”. Las clasificaciones especifican la temperatura y técnica de medición para las determinaciones de viscosidad. Las clasificaciones de viscosidad se basan en la viscosidad exclusivamente; no indican la calidad general de un lubricante ni su idoneidad para un uso específico. A continuación se describen las tres clasificaciones más ampliamente usadas para aceites lubricantes.

Sistemas de clasificación de viscosidad para lubricantes líquidos industriales: ASTM D 2422

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

En el cuadro I se enumeran los dieciocho grados de viscosidad de D 2422 con sus viscosidades de punto medio y sus límites de viscosidad. El grado de viscosidad de un aceite se designa como “grado de viscosidad ISO” o abreviado “ISO VG”, seguido de la viscosidad nominal a 40°C, expresada en cSt o mm²/s. En esta clasificación de viscosidad, el punto medio de cada grado es un poco menos que a 1,5 veces el del siguiente grado más bajo.

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

Norma Nacional Americana (ANS) Z11.232

Norma 3448 de la Organización Internacional de Estandarización (ISO)

Norma británica BS 4231

Norma de ingeniería alemana DIN 51519

CUADRO I

SISTEMA DE VISCOSIDAD PARA LUBRICANTES LIQUIDOS INDUSTRIALES (ASTM D 2422)			
Grado de viscosidad ISO	Viscosidad de punto medio (cSt a 40°C)	Límites de viscosidad cinemática (cSt a 40°C)	
		Min	Max
ISO VG 2	2.2	1.98	2.42
ISO VG 3	3.2	2.88	3.52
ISO VG 5	4.6	4.14	5.06
ISO VG 7	6.8	6.12	7.48
ISO VG 10	10.0	9.00	11.00
ISO VG 15	15.0	13.50	16.50
ISO VG 22	22.0	19.80	24.20
ISO VG 32	32.0	28.80	35.20
ISO VG 46	46.0	41.40	50.60
ISO VG 68	68.0	61.20	74.80
ISO VG 100	100.00	90.00	110.00
ISO VG 150	150.00	135.00	165.00
ISO VG 320	320.00	288.00	352.00
ISO VG 460	460.00	414.00	506.00
ISO VG 680	680.00	612.00	748.00
ISO VG 1000	1000.00	900.00	1100.00
ISO VG 1500	1500.00	1350.00	1650.00

*Clasificación de viscosidad de aceite de
Motor: SAE J300*

Los aceites de cárter de motores se clasifican de acuerdo con la clasificación de viscosidad de Aceite de motor J300 de la SAE, la más compleja de las tres clasificaciones de viscosidad. Ha sido revisada frecuentemente desde 1975 a fin de reflejar los conocimientos más detallados de los requisitos de los motores y las características del aceite a temperaturas bajas. Las revisiones a la norma J300 se identifican con el mes y año en que entran en vigor (p. Ej., J30 FEB92). En el cuadro II se muestran los límites de viscosidad de esta clasificación.

La norma SAE J300 contiene dos sub clasificaciones: una designación de grado “W” relacionadas con las propiedades de flujo baja temperatura del aceite y una designación de grado “no W”, relacionada con las propiedades viscométricas de operación – temperatura del aceite.

CUADRO II

CLASIFICACION DE VISCOSIDAD DE ACEITE DE MOTOR SAE J300 FEB 1992					
Grado de viscosidad	Viscosidad de arranque a temperatura baja (cP)	Viscosidad de bombeo a temperatura baja (cP)	Viscosidad cinemática (cSt a 100°C)		Viscosidad de elevado régimen de corte a temperatura alta (cP)
	Max.	Max. ^a	Min	Max	Min
0W	3250 a -30	30000 a -35	3.8		2.4
5W	3500 a -25	30000 a -30	3.8		2.9
10W	3500 a -20	30001 a -25	4.1		2.9
15W	3500 a -15	30002 a -10	5.6		3.7
20W	4500 a -10	30003 a -15	5.6		3.7
25W	6000 a -5	30004 a -10	9.3		3.7
20			5.6	<9.3	
30			9.3	<12.5	
40			12.5	<16.3	
50			16.3	<21.9	
60			26.5	<26.1	

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

Los requisitos de viscosidad a temperatura baja se definen con una determinación de viscosidad de arranque y una viscosidad de bombeo. La viscosidad de arranque se determina con la prueba del simulador de arranque en frío (CCS) de acuerdo con el procedimiento expuesto en el Apéndice A de J300 para evaluar la resistencia al arranque de un aceite. Si se excede el límite de viscosidad CCS de un aceite específico, es posible que la batería y el motor de arranque no pueda arrancar el motor a una velocidad suficiente para permitir que se encienda el motor. La viscosidad de bombeo se determina con la prueba de viscosímetro minirrotatorio (MRV), de acuerdo con ASTM D 4684.

Este procedimiento también exige una determinación de la presencia de una carga iniciadora de fluencia. Evalúa la capacidad de un aceite de fluir por el tubo de toma de aceite. Si la viscosidad de bombeo o la carga iniciadora de fluencia son demasiado elevadas, un

motor puede quedarse sin aceite durante los primeros momentos de operación. La temperatura para la determinación de la viscosidad de bombeo es 5°C por debajo de la determinación de la temperatura de viscosidad de arranque para garantizar que los aceites que permitan el encendido del motor también se bombeen en manera adecuada.

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

Los límites de viscosidad de régimen de flujo elevado se añadieron a la revisión de FEB92 de J300. Esta viscosidad se determina a 150°C a un régimen de corte de 106s⁻¹. Estas condiciones son típicas de las condiciones que existen en cojinetes de motores en operación.

Estos límites de viscosidad sólo se aplican a aceites multigrados, y los límites a satisfacerse se definen en base al grado "W" del aceite multigrado. Consecuentemente, el límite mínimo de viscosidad de régimen de corte alto para aceites 10W-40 es de 2,9 cP, en tanto que el límite es de 3,7 cP para los aceites 15W-40. No hay límite para los aceites SAE 40 de grado único.

La inclusión de los límites de viscosidad de régimen de corte alto refleja los cambios que han surgido en la industria automotriz entre 1970 y 1990. Durante este período, las temperaturas y velocidades de los motores automotrices aumentaron para satisfacer los requisitos más estrictos de emisiones, en tanto que los requisitos de economía en combustible exigieron lubricantes de viscosidad más baja. Los datos experimentales desarrollados a finales de la década de 1970 y durante la de 1980 indicaron que el mantenimiento de espesores favorables de película de aceite en los cojinetes de motores y las características de fricción de los motores dependen del mantenimiento de una viscosidad suficiente en el cojinete a temperaturas y regímenes de corte típicos de la operación de los cojinetes.

Los límites de viscosidad de alto régimen de corte se aplicaron a los grados "W" en base a prácticas de mercadeo. Los aceites multigrados 15W-, 20W- y 25W- se usan principalmente en motores diesel de servicio pesado, que requieren un nivel de viscosidad mínimo de 3,7 cP. Los aceites multigrados 5W- y 10W- se usan principalmente en motores de gasolina y diesel de servicio liviano, que sólo requieren una viscosidad mínima de 2,9 cP. El límite

de 2,4 cP para aceites multigrados 0W se estableció en previsión de motores de baja fricción y alta eficiencia, diseñados para operar con lubricantes de viscosidad inusualmente baja.

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

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

La clasificación de viscosidad SAE de aceites de engranajes que se muestran en el cuadro II tiene un propósito análogo al de la norma J300 y su estructura es similar. Los sufijos “W” indican los grados de viscosidad destinado a uso de baja temperatura y se basa en las viscosidades dinámicas, según sean determinadas por el viscosímetro Brookfield, de acuerdo con ASTM D 2983. Al igual que con la parte de temperatura baja de J300, el límite de viscosidad es fijo (150.000 cP); la temperatura máxima a la cual el líquido puede alcanzar este valor varía para cada grado.

CUADRO III

CLASIFICACION DE VISCOSIDAD DE LUBRICANTES DE TRANSMISION MANUAL Y DE EJE (SAE J300c)			
<u>Práctica recomendada de la SAE</u>			
Grado de viscosidad SAE	Temperatura máxima para viscosidad de 150.000 cP (°C)	Viscosidad cinemática (cSt a 100°C)	
		Min	Max
75W	-40.0	4.1	--
80W	-26.0	7.0	--
85W	-12.0	11.0	--
90	--	13.5	24.00
140	--	24.0	41.00
250	--	41.0	--

Las viscosidades para los grados de alta temperatura en J306C se determinan a 100°C, de acuerdo con ASTM D 445. Al igual que con los aceites del motor, los aceites de engranajes multigrados son los que satisfacen los requisitos de uno de los grados W y uno de los grados no W. Consecuentemente, un aceite rotulado SAE 85W-140 debe satisfacer el límite de -12°C de 150.000 cP y la viscosidad a 100vC debe estar entre 24 y 41 cSt.

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

1

*Relaciones entre los grados de clasificación
ASTM D 2422, SAE J300 Y SAE J306c*

La figura 4-3 muestra una comparación de los niveles de viscosidad de las tres clasificaciones. Los límites de viscosidad de los grados de clasificación ISO VG se muestran a 40°C, en tanto que los dos grados de clasificación se muestran a 100°C. Dos rectas, que representan aceites con índices de viscosidad de 50 y 100, muestra n los grados de viscosidad ISO que corresponden a un aceite de grado SAE 30 de estos IV. Indican que un aceite SAE 30- sería aproximadamente equivalente a un aceite ISO VG 150 si el IV fuera 50, pero sería equivalente a un aceite ISO VG 100 si el IV fuera 100. La figura también muestra que el grado SAE J306c 90 también cubre casi la misma gama de viscosidad de los grados SAE 40 y 50, en tanto que el grado SAE J306c 250

Está muy por arriba de la gama de viscosidad del grado SAE J300 60. Las dos clasificaciones SAE cubren una estrecha gama de viscosidades en comparación con la clasificación ISO VG.

COMPARACION DE GRADOS DE ACEITES

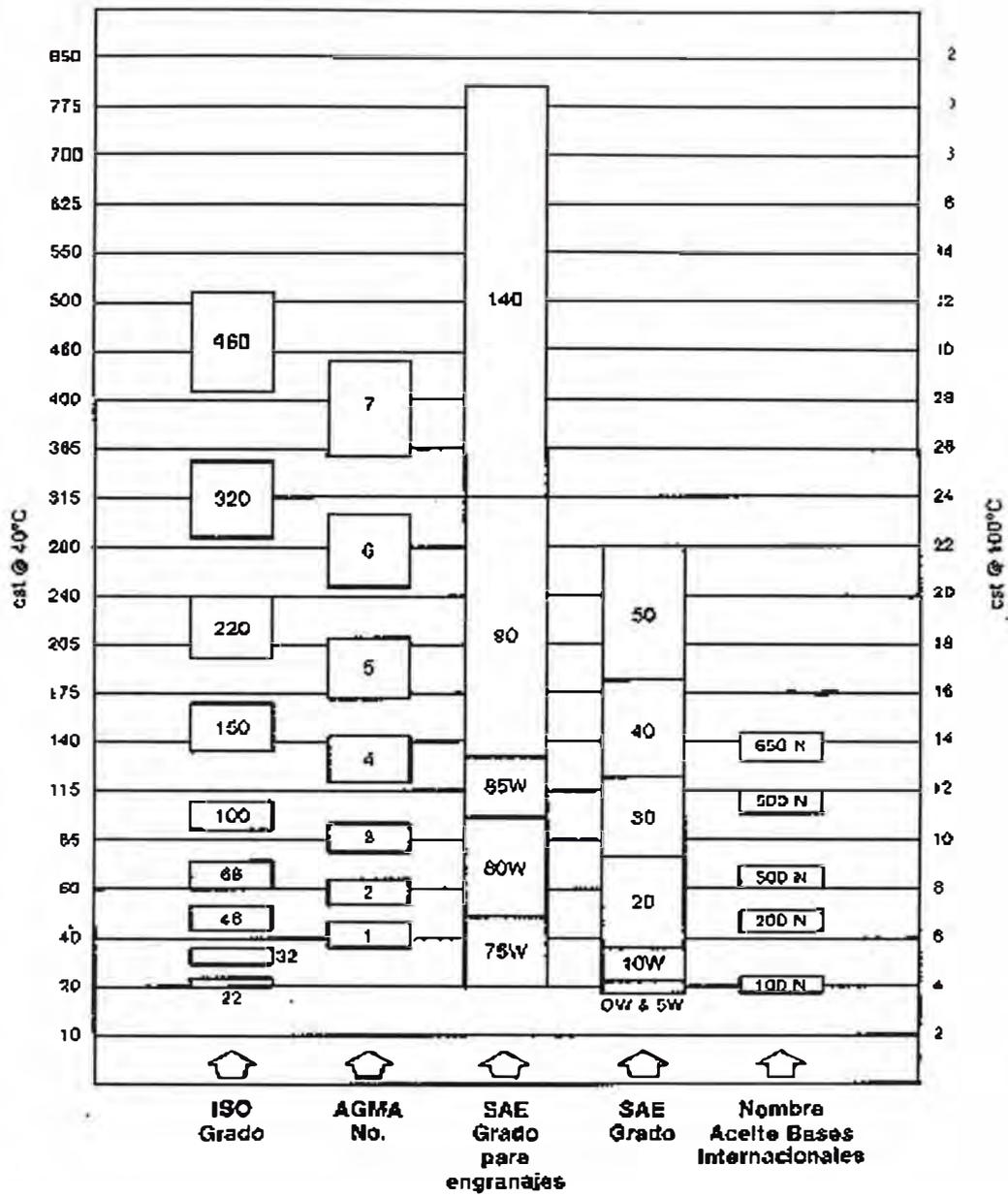


Figura 4-3

5.- LUBRICACION DE MOTORES

5.1.- INTRODUCCION

El continuo desarrollo de la tecnología de motores, en términos de potencia, torque, reducción de peso total del motor y las restricciones ambientales , ha provocado el desarrollo permanente de nuevas tecnologías de lubricantes de acuerdo a las exigencias de los fabricantes de motores.

Antiguamente, la lubricación de motores no era difícil, ya que los motores eran de baja potencia, tenían temperaturas de operación bajas, grandes espacios entre los elementos móviles y alto consumo de aceite que garantizaba adiciones frecuentes de aceites al carter. Todos estos factores hacían que el trabajo del motor no sea severo.

En la actualidad sucede todo lo contrario, los motores son de alta potencia y con temperaturas de operación altas, son de bajo peso y por lo tanto los espacios entre los elementos móviles son muchas veces menores a 0.1mm y los sistemas de lubricación son totalmente cerrados, con un nivel de reposición cercano a cero entre cambios y exigen que el lubricante este en condiciones de satisfacer todas estas exigencias.

Si bien la evolución de los primeros lubricantes estaban en función de los avances que las refinerías lograban para obtener una mejor calidad de aceite básico, hoy en día la calidad de los aceites mejora en función de la evolución de la calidad de los aditivos que se emplean para las diferentes aplicaciones.

Los aceites de motor requieren una serie de características para proporcionar una lubricación apropiada a los motores modernos. Adicionalmente a reducir la fricción y el consiguiente desgaste, los aceites de motor deben mantener el motor limpio y protegerlo contra la corrosión, debe actuar como refrigerante y sello y como fluido hidráulico en las válvulas de admisión y escape. Aun cuando las funciones básicas del lubricante no han cambiado, la evolución de los motores en los últimos 20 años ha dificultado la tarea del lubricante y este ha sido el reto de los fabricantes de aceites, que en la actualidad cumplen todas estas funciones excediendo las exigencias de los fabricantes de motores.

5.2 COMBUSTIBLE Y COMBUSTION EN MOTORES

Cuando un combustible hidrocarburo es quemado, se forman ciertos productos y residuos, y uno de los más importantes de estos es el agua. El volumen de agua formado es escasamente mayor que el volumen del combustible quemado y si el motor esta en su temperatura de operación, virtualmente todo esta agua saldrá por el escape como vapor. En cambio, si el motor está relativamente frío ó bajo ciertas condiciones de presión y temperatura en los cilindros, algo de esta agua puede condensarse y eventualmente llegar hasta el cárter donde se mezclará con el aceite. Otros residuos que son formados en la combustión depende, en la mayoría de las veces, del tipo de combustible y las condiciones de operación del motor en su combustión..

Motores Gasolineros

La mayoría de los motores gasolineros de 4 tiempos son para autos de uso particular ó una similar operación. En estas aplicaciones, el motor es generalmente arrancado frío y opera muchas de las veces por debajo temperaturas normales, como resultado de operar bajo pequeños arranques y paradas, o llevando una carga liviana. Bajo estas condiciones, una significativa cantidad de agua formada de la combustión de la gasolina puede condensarse en las paredes de los cilindros y eventualmente, llegar al cárter por medio del escape de los gases del cilindro que pasan a través de los pistones y anillos. Haciendo esto tiende a lavar la capa lubricante de la pared del cilindro y promover herrumbre o corrosión. El herrumbre formado es desgastado inmediatamente, pero en el proceso el metal es removido, apareciendo de esta manera un desgaste mecánico. En el cárter y en otras áreas cuando las temperaturas son bajas, el agua puede combinarse con el aceite y otros contaminantes para formar barro que usualmente es de una consistencia suave y pegajosa.

Cuando un motor gasolinero está frío, la mezcla debe ser enriquecida por el choke para proporcionar suficiente vapor de combustible para el arranque. Algo del exceso del combustible líquido es soplado afuera por el escape, pero una proporción es pasada por el pistón y se introduce en el cárter, usualmente cargando con algunos componentes parcialmente quemados, hollín y residuos sólidos. Cuando el motor calienta, mucha de la gasolina es evaporada, pero algunos de los restos pesados, materiales parcialmente descompuestos y residuos sólidos permanecen en el aceite. Cuando el motor es

calentado, algunos de estos productos descompuestos de combustibles son llevados dentro del aceite.

El hollín, el combustible parcialmente quemado y el agua, cuando están presentes en el aceite pueden formar barniz, barro y depósitos. El herrumbre en las superficies ferrosas y la corrosión de los cojinetes pueden ser promovidos particularmente, por los residuos. Los residuos sólidos tales como el hollín, cuando se combinan con pequeñas cantidades de residuos de aceite en las cámaras de combustión, puede formar depósitos que se adhieren en lo alto del pistón y en las superficies de las cámaras de combustión. Los depósitos de este tipo pueden significar un incremento en el requerimiento del octanaje del combustible del motor.

El uso de gasolina sin plomo requiere de convertidores catalíticos quienes pueden tener efecto de reducir la cantidad de herrumbre y corrosión que ocurre. En algunas máquinas, la ausencia del plomo puede resultar en desgaste en la válvula, llamada “válvula rebajada”. Generalmente, esto está relacionado con problemas metalúrgico y no con problemas de lubricación.

Los motores a gasolina de 2 tiempos tienen aplicaciones como en motores fuera de borda, motores de nieve, sierra de cadenas y otros propósitos como bombas e iluminación de plantas. Estos motores son lubricados por aceite mezclado con combustible, así algunos aceites están siempre presentes en la carga. A bajas velocidades y cargas, tales como botes de pesca, una combustión pobre puede resultar en la formación de depósitos pesados en las lumbreras y en los pistones.

Motores Diesel

Los motores diesel en camiones, operan generalmente a una velocidad constante y con factores de carga mayores a los motores gasolineros. Así, las condiciones de combustión están cerca de la óptima y la condensación de agua y la dilución de combustible no es un serio problema. Cuando ocurre una fuerte dilución es usualmente debido a una falla mecánica, tal como un inyector malogrado. El combustible diesel, en realidad, no es evaporado como en el motor a gasolina; por lo que si existe un problema, la concentración de combustible diesel tenderá a incrementarse constantemente. Esto puede conducir a la formación de depósitos y a la reducción de la viscosidad del aceite en tanto que se entienda que un desgaste mecánico está ocurriendo.

Uno de los mayores problemas con los motores diesel es la presencia de azufre en el combustible. El azufre está presente en el combustible diesel en una mayor concentración que en la gasolina y como producto de la combustión se forma el óxido de azufre, parte del cual podría más adelante oxidarse hasta trióxido de azufre que en combinación con el agua, forma ácidos fuertes que no son únicamente corrosivos sino que tienen un fuerte efecto catalizador en la degradación del aceite.

Desde que las temperaturas del pistón también son altas, podría resultar en la formación de depósitos pesados de carbón y barniz en los pistones y en las ranuras de los anillos. Bajo condiciones severas, los depósitos podrían depositarse en las ranuras de los anillos haciendo que no funcionen apropiadamente y se produzca un alto desgaste, escape de gases, y pérdida de potencia. Los fabricantes de motores diesel para automóviles están particularmente conscientes acerca de los depósitos de hollín y recomiendan una frecuencia mayor de drenaje del aceite más de 2 veces, que los requeridos por los motores gasolineros.

Muchos de los grandes motores diesel usados en servicio marítimo ó industrial son operados con combustibles con un alto contenido de azufre del 2-4 %. Los ácidos fuertes formados de la combustión de estos altos porcentajes presentes en el combustible pueden ser extremadamente corrosivos para las ranuras del cilindro y los anillos, con el resultado de que la eliminación del metal puede ser rápido y el porcentaje de desgaste excesivo.

Combustible Gaseosos en los Motores

Los motores quemando combustible gaseosos limpios, tales como gas licuado (LPG, propano, butano, etc) ó gas natural, son comparativamente libres de la influencia de los contaminantes encontrados a los combustibles líquidos. Sin embargo, agua formada desde los productos de la combustión salen por el escape como vapor de agua. Los productos de la combustión parcial que son sopladados hacia el cárter tienden a polimerizarse con el aceite y causan un incremento en la viscosidad y eventualmente podrían resultar en la formación de barniz y laca.

5.3.- FUNCIONES DEL LUBRICANTE EN EL MOTOR

Las condiciones de operación en un motor, determinaran la severidad del servicio al que el lubricante estará expuesto para cumplir con sus funciones de evitar el desgaste, enfriamiento y sellado, y el control de los depósitos.

Desgaste.

Normalmente, el desgaste del motor es mayor en los cilindros, anillos de pistón y pistón. Hay 3 causas principales

- 1.-Abrasión.
- 2.-Contacto Metal-metal.
- 3.-Corrosión.

Mucho del polvo y la suciedad que ingresan al cilindro con la admisión es dura y abrasiva. Algunos combustibles diesel (particularmente combustible residual en grandes máquinas) pueden contener materiales abrasivos. Las partículas abrasivas llevadas por el aceite desgastan a los cilindros y los anillos pero no representan un problema si es que persiste la película de lubricación. Afortunadamente, el desgaste debido a los abrasivos pueden ser mantenidos en valores casi insignificantes por el uso efectivo de los filtros de aceite, combustible y aire. El apropiado mantenimiento de estos filtros es importante, ya que una ruptura o daño de estos filtros pueden permitir el pase libre de los abrasivos.

Como resultado de las condiciones de límite de lubricación que existe en las paredes superiores del cilindro, el contacto metal con metal no puede ser evitado enteramente . El índice del desgaste por esta causa depende en mayor grado de la elección adecuada del aceite lubricante. Cuando el aceite es de la correcta viscosidad y tiene adecuadas características antidesgaste, el desgaste debido al contacto metal con metal está en un índice bajo. Sin embargo reducidos índices de fluidez de aceite y una pobre distribución del aceite, causada por los depósitos, pueden contribuir a incrementar los porcentajes de desgaste metálico.

En los motores diesel, la fricción que actúa en las paredes de los cilindros son grandes, y se ha encontrado que algunos de estos motores requieren aceites con las características de absorber grandes cargas para mantener los índices de desgaste en aceptable nivel. El desgaste corrosivo y la corrosión resultan de la presencia del agua o la combinación del agua y los productos corrosivos de la combustión del petróleo. Cuando las condiciones de temperatura son bajas, durante el periodo de calentamiento, baja carga o arranques y paradas, la

condensación es incrementada y el desgaste corrosivo puede ser rápido. El uso de combustible con un alto contenido de azufre también promueve el desgaste corrosivo. Generalmente han sido encontrados que el uso de aditivos alcalinos en el aceite lubricante actúan para retardar este tipo de desgaste. Estos materiales neutralizan los materiales ácidos, así los efectos de corrosión y catalíticos son reducidos.

Algunas aleaciones de los cojinetes son susceptibles para el ataque corrosivo por ciertos productos oxidantes resultados de la degradación del aceite. Los aceites para motores con cojinetes de este tipo, son formulados con aditivos que proporcionan protección contra estos productos oxidantes.

El desgaste metálico puede ser encontrado en el tren de válvulas y en las levas de las bombas de combustible de algunos motores y es controlado con agentes antifriccionantes que son incorporados en los aceites para minimizar el desgaste. Con esta excepción, el desgaste metálico no es generalmente un problema, siempre que exista suficiente aceite de la apropiada viscosidad y no haya una interrupción de la fluidez del aceite.

Enfriamiento

El enfriamiento del motor es necesario para evitar el daño del motor y falla a través del sobrecalentamiento y distorsión térmica. Esta función es desarrollada principalmente por el sistema de enfriamiento de agua, pero el aceite también tiene un rol importante en el en este aspecto, especialmente en grandes motores diesel donde el enfriamiento de los pistones es por medio del aceite usado. El calor atrapado por los aceites es disipado por radiación natural de las paredes del cárter ó por medio de un enfriador de aceite donde el aceite es enfriado por medio de aire forzado.

El calor específico de todo aceite es esencialmente el mismo y de hecho no tiene relevancia en la elección del lubricante, sin embargo, bajo condiciones severas encontradas en grandes motores con pistones enfriados por aceite, es importante su estabilidad para resistir su descomposición y la habilidad química para resistir la formación de depósitos que podrían interferir con la transferencia de calor, desde las partes del motor hacia el aceite ó desde el aceite hacia su medio de enfriamiento.

Sellado

El efectivo cierre del cilindro es necesario para minimizar la salida de gases y por medio de eso mantener la potencia y la economía. El escape de gases no puede ser enteramente prevenidos, y es una función del diseño del motor (velocidad, anillos, conformidad del cilindro y provisión para la lubricación del cilindro) y del aceite. La mayor responsabilidad descansa con los anillos y en su habilidad para ajustarse ellos mismos a la variación de los contornos del cilindro en todo lo largo de la extensión del anillo, pero el aceite tiene un importante rol complementario. Generalmente, por parte del aceite habría una contribución máxima si las ranuras de los anillos son lavadas y desobstruidas, así los anillos estarían libres para moverse como requieran, y no habría una excesiva eliminación de aceite desde las paredes del cilindro por el anillo de control de aceite. Una cantidad insuficiente de aceite en las paredes del cilindro no sólo provocará un pobre sellado sino también podrían resultar en un desgaste acelerado.

Por otro lado un exceso de aceite en las paredes del cilindro, da como resultado que el aceite estará expuesto en una mayor proporción a la combustión implicando que el consumo y el porcentaje de contaminación en el aceite podría ser alta.

Depósitos

El control de los depósitos en un motor es de necesidad fundamental para lograr una mayor eficiencia del motor. La formación de depósitos está afectada por el diseño del motor, condiciones de operación, mantenimiento, combustión del combustible y el rendimiento del aceite. Al encenderse el motor, los depósitos afectan a la potencia de salida del motor, ruido, afinamiento, economía, vida útil y costo de mantenimiento.

Hay dos importantes orígenes de depósito en los motores que han sido discutidos brevemente: suciedad, llegando con el combustible y el aire, y como residuo del proceso de combustión. La suciedad en el aire y el combustible causan desgaste tal como se ha explicado anteriormente, además contribuye en la formación de los depósitos en la corona del pistón, en las ranuras de los anillos y en las válvulas. Los depósitos en estas áreas son referidas a menudo como “carbón”, pero es un término inexacto, usualmente los análisis mostrarán que los depósitos están constituidos por suciedad, residuos de combustión sólido hollín, aceite lubricantes en varios estados de descomposición; y residuos de los aditivos de los lubricantes.

La temperatura en la zona de combustión es alta; así la continua exposición del aceite llegará a causarle oxidación, descomposición y polimerización hacia hidrocarburos pesados. Mayores cantidades de depósitos en la zona de combustión podrían causar un exceso de aceite llegando al área superior del cilindro. Otra posible causa de formación de depósitos, es el desajuste en el sistema de combustible o un combustible inapropiado que causaría una combustión humeante.

Los motores diesel particularmente no son sensibles a formar depósitos en la zona de combustión, sino los motores gasolineros quienes tienen elevados índices de compresión. Dependiendo del carácter de los depósitos, la continua exposición de estos al proceso de combustión podría causarle un encendido, anticipándose al originado por la chispa, apareciendo de esta manera fenómenos indeseables tales como golpeteo, pre encendido y retumbos. El uso de un mayor octanaje es usualmente beneficioso en aliviar estos problemas, así como el uso de un aceite que tenga menor tendencia para formar depósitos adherentes en las cámaras de combustión.

Los depósitos en las ranuras de los anillos son originados de la misma forma a los de la cámara de combustión, pero desde que ellos no están expuestos directamente hacia la llama de la combustión, su consistencia es más suave. Hacia el interior de los pistones los depósitos también tienden a tener un mayor contenido de aceite, y en casos severos, los depósitos en la ranura pueden ser empaquetados tan apretadamente en los espacios atrás de los anillos y no operarán libremente, la presión de compresión no puede ser entonces mantenida y los humos de escape llegarán a ser excesivos. También las ranuras del pistón de aceite podrían llegar a conectarse; así, el control de aceite estaría perdido.

El barniz en los pistones es también formado como producto de la descomposición del aceite y del combustible. Podría variar desde liso, brillante, con un revestimiento casi transparente a menudo llamado laca, hacia un oscuro, opaco revestimiento que llegará progresivamente a ser carbonoso con la operación continua.

Los depósitos en los vástagos de válvulas son algunas veces observadas. Estos son generalmente producto de la descomposición del combustible y del aceite, formados de la misma forma como los depósitos en la cámara de combustión. Las válvulas de admisión podrían mostrar más depósitos que las válvulas de escape, particularmente cuando operan a menor temperatura debido a una menor carga de operación. Bajo estas condiciones, hay una mayor oportunidad de que las gotas de la gasolina formen gomas en el vástago

de la válvula, la suciedad y los residuos sólidos entonces se adherirán hacia estos depósitos del vástago. En algunos diseños de motores de pistones hacia arriba, el aceite que fluye bajo el vástago de la válvula es excesivo y esto aumenta la rapidez de la formación de depósitos, incrementando el consumo del aceite.

El otro principal tipo de depósito es la emulsión o el barro formado por el agua, la descomposición de los residuos y los residuos sólidos. Los depósitos de barro generalmente se encuentran en las superficies frías de los motores, tales como abajo del cárter, las cámaras de las válvulas y en la cubierta alta. El problema principal con este tipo de depósito es que puede ser llevado por el aceite y transportado hacia áreas tales como la admisión de la bomba del aceite o podrían destruir los pasajes donde el aceite fluye y causar una falla de lubricación.

La apariencia física y química del depósito depende en el área donde ha sido formado, la duración de la exposición y el movimiento relativo. En el caso del barro, el agua es un factor esencial y alguna condición que fomenta la entrada y la retención del agua en un motor promueve la formación del barro.

La contribución del aceite para la formación de depósitos es discutida ampliamente en la sección siguiente.

5.4.- MANTENIMIENTO DE MOTORES

La calidad del mantenimiento de los componentes de los motores que afectan al proceso de la lubricación es de considerable importancia. Por supuesto es necesario tener una combustión limpia y una buena ventilación del carter, que significa que el filtro del aire debe ser revisado frecuentemente.

Un filtro atorado puede restringir el volumen del aire que llega al motor reduciendo así la potencia de salida del motor. Para mantener la potencia, la tendencia natural es abrir la mariposa de aceleración que únicamente adiciona la dificultad de que el combustible no es completamente quemado. Los motores diesel son medianamente sensibles a tal condición y reaccionan produciendo humos y una amplia construcción de depósitos y contaminación del lubricante. Además del cuidado de los filtros de aire es importante también que los conductos desde los filtros hasta el motor no estén obstruidos y no tengan fugas. Esto es particularmente importante en instalaciones donde el filtro de aire está localizado a una considerable distancia de la máquina.

El sistema de carburador y encendido de chispa y el sistema de inyección diesel podrían trabajar bien con un adecuado arreglo para asegurar una limpia y completa combustión tanto como sea posible. Una mala función ó un incorrecto arreglo de estos sistemas puedan resultar en un incremento de las cantidades de combustibles sin quemar en los cilindros y la dilución del aceite ó un mayor potencial de contaminación del aceite.

Un apropiado programa de drenaje del aceite consiste en que el aceite sea drenado antes que la concentración de contaminantes llegue a niveles no permisibles o que los sólidos suspendidos se depositen en zonas de baja velocidad. En principio, el intervalo correcto de drenaje para un motor dado será establecido por medio de una serie de análisis de aceite usados e inspecciones de la condición del motor. Como una manera práctica esto es económico para los grandes motores o flotas de motores similares en condiciones parecidas de servicio. Para los motores pequeños, como los automóviles, los intervalos de drenaje son usualmente establecidos por el constructor en base a su experiencia acumulada con similares motores bajo típicas condiciones.

El intervalo de drenaje varía considerablemente dependiendo del motor y servicio. Por ejemplo, un motor diesel grande en uso de posición central, con un cárter de regular tamaño, podría operar por miles de horas entre cambios de aceite. Tales maquinas usualmente tienen un buen arreglo, sus temperaturas son moderadas y el porcentaje de contaminación es bajo en comparación con el volumen de aceite en el sistema. Por otro lado, un motor de automóvil podría requerir cambios de aceite cada pocos miles de millas. Tales motores tienen un cárter relativamente pequeño y opera bajo condiciones que conducen rápidamente hacia la contaminación del aceite. Las cargas son a menudo bajas, y están unidas en su mayor parte en un servicio de pequeños manejos de arranques y paradas, y operan sobre amplios rangos de temperatura ambientales, todos los cuales favorecen a la acumulación de contaminantes en el aceite y el riesgo de depósitos.

La presencia de un filtro de aceite no necesariamente permite una extensión del intervalo del drenaje del aceite. Los filtros no remueven los contaminantes solubles del aceite y del agua, quienes son un factor importante en la formación de depósitos. Los cambios regulares de filtros son, sin embargo, importantes en el cuidado de la operación del filtro pudiendo cumplir su función de remover los contaminantes insolubles desde el aceite.

5.5.- CLASIFICACION DE ACEITES DE MOTOR

Los aceites de motores se clasifican de 2 formas: por su viscosidad y por su rendimiento en diferentes condiciones de servicio. En el capítulo III de este informe ya se expuso el sistema de clasificación de aceites de motor de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) en función de la viscosidad, por lo que no se va a profundizar mas en el tema.

Como la clasificación de la SAE sólo considera la variable viscosidad para clasificar los aceites de motor, se hizo necesario la creación de un segundo sistema de clasificación basado en los requerimientos de los fabricantes de motores en función de su diseño y exigencia de servicio. En 1947 los aceites de motor eran divididos en 3 tipos, Regular, Premium, y Heavy Duty , sin que exista definiciones exactas o estandares que los distinga entre ellos. Desde ese tiempo a la fecha el desarrollo de los motores y los lubricantes ha sido de tal magnitud que fue necesario establecer una nueva clasificación basado en el tipo de servicio del aceite.

La Sociedad Americana de Petróleo (API), propuso en 1952 este sistema , el cual se ha venido modificando continuamente cuando ha sido necesario. El sistema actual describe mediante letras las condiciones generales de servicio. La letra inicial S (Spark) que significa chispa identifica al lubricante como de uso para motores gasolineros que requieren de una chispa para iniciar la combustión, mientras que la letra inicial C (Compresion) identifica al lubricante para uso en motores diesel en la que la combustión se produce por compresión de los pistones en la cámara de combustión. La segunda letra va desde la A y avanzando conforme los requerimientos de los fabricantes de motores se hacen mayores. A continuación se describe cada uno:

Motores Gasolineros

SA .- Anteriormente usado tanto para motores gasolineros como para motores diesel, esta categoría es para servicio de motores muy antiguos que operan en condiciones muy suaves y en las que no se requiera aditivos para proteger al motor. Estos aceites no satisfacen ningún requerimiento de servicio y en la actualidad no deben ser usados en ningún motor a menos que exista una recomendación específica del fabricante.

SB .- Esta categoría es para servicio de motores muy antiguos que trabajan en condiciones muy suaves y que requieren un mínimo de

aditivos para lograr un nivel de protección. Los aceites con este nivel de servicio se han usado desde 1930 y proporciona una ligera protección contra el desgaste y la oxidación del aceite. En la actualidad no deben ser usados en ningún motor a menos que exista una recomendación específica del fabricante.

SC .- Esta categoría es típica de motores a gasolina fabricados entre 1964 y 1967 y que operan en condiciones de mediana exigencia. Estos aceite proporcionan control de depósitos de alta y baja temperatura, reducción del desgaste, formación de herrumbre y protección contra la corrosión del motor.

SD .- Esta categoría es típica de motores a gasolina fabricados entre 1968 y 1970 y con operación de mediana exigencia. Los aceites en esta categoría pueden ser usados en algunos motores fabricados en 1971 o mas, siempre que exista una recomendación expresa del fabricante. Estos aceites proporcionan mayor protección contra los depósitos de alta y baja temperatura, desgaste, herrumbre y corrosión que los aceites clasificados en la categoría SC y pueden ser usados cuando el fabricante recomienda un aceite de categoría SC.

SE .- Esta categoría es típica de motores gasolineros fabricados entre 1972 y 1979 y con operación de mediana exigencia. Estos aceites proporcionan mayor protección contra los depósitos de alta y baja temperatura, desgaste, herrumbre y corrosión que los aceites clasificados en la categoría SD y SC, y pueden ser usados cuando el fabricante recomienda un aceite de estas categorías.

SF .- Esta categoría es típica de motores gasolineros fabricados entre 1980 y 1989 y con operación de mediana exigencia. Los aceites desarrollados para este servicio proporcionan un incremento en la estabilidad a la oxidación del aceite mejora sustancialmente su capacidad antidesgaste respecto de la clasificación anterior. Estos aceites proporcionan también, protección contra los depósitos de alta y baja temperatura, herrumbre y corrosión. Los aceites clasificados como API SF pueden ser usados cuando el fabricante recomienda un aceite de categorías SE, SD y SC.

SG .- Esta categoría es típica de motores gasolineros fabricados a partir de 1989 y con operación de mediana exigencia. La categoría SG incluye las propiedades exigida para motores diesel en la categoría CC e inclusive algunos fabricantes de motores exigen que supere la clasificación CD. Los aceites desarrollados para este servicio proporcionan mayor estabilidad a la oxidación del aceite, protección antidesgaste, contra los depósitos de alta y baja temperatura, desgaste, herrumbre y corrosión respecto de la clasificaciones anteriores. Los

aceites clasificados como API SG pueden ser usados cuando el fabricante recomienda un aceite de categorías SF, SE, SF/CC o SD/CC.

SH .- La categoría SH fue adoptada en 1992 para las exigencias de los motores fabricados a partir de 1993. Los aceites de motor desarrollados para esta categoría exceden los requerimientos de rendimiento de los aceites clasificados como SG en cuanto a Control de depósitos, oxidación del aceite, desgaste, herrumbre y corrosión. Los aceites clasificados como API SH han pasado satisfactoriamente todas las pruebas de la Asociación de fabricantes de productos Químicos (CMA). Estos aceites pueden ser utilizados cuando se recomienda usar aceites de categorías anteriores.

SJ .- La categoría SJ fue adoptada en 1996 para las exigencias de los motores fabricados a partir de 1997. Los aceites de motor desarrollados para esta categoría mantienen los requerimientos de rendimiento de los aceites clasificados como SH en cuanto a Control de oxidación del aceite, desgaste , herrumbre y corrosión; pero superan su rendimiento en cuanto al control de depósitos. Los aceites clasificados como API SH han pasado satisfactoriamente todas las pruebas de la Asociación de fabricantes de productos Químicos (CMA). Estos aceites pueden ser utilizados cuando se recomienda usar aceites de categorías anteriores

Motores Diesel

CA .- Aceites para motores diesel operados en condiciones moderadas y con combustibles de alta calidad. Los aceites que cumplen este servicio proporcionan protección contra la corrosión de rodajes y contra depósitos en los anillos en motores de aspiración natural. Fueron muy usados entre 1940 y 1950, y actualmente sólo es usado cuando el fabricante del motor lo recomienda explícitamente.

CB .- Aceites para motores diesel operados en condiciones moderadas y con combustibles de baja calidad. Los aceites que cumplen este servicio proporcionan protección contra el desgaste y los depósitos además de dar mayor protección contra la corrosión por el uso de combustibles con un alto nivel de azufre.

CC .- Aceites para motores diesel de aspiración natural y turbocargados que operan en condiciones moderadas y severas. Los aceites que cumplen este servicio proporcionan protección contra los depósitos de alta temperatura y contra la corrosión de rodamientos en motores diesel. Estos aceites fueron lanzados en 1961.

CD .- Aceites para motores diesel de aspiración natural y turbocargados que operan en condiciones severas que requieren un

control contra el desgaste y los depósitos altamente efectivos. Estos aceites fueron lanzados en 1955

CD II .- Aceites para motores diesel de 2 tiempos que requieren un control contra el desgaste y los depósitos altamente efectivos. Los aceites que cumplen este servicio, también cumplen todos los requisitos de servicio API CD.

CE .- Aceites para motores diesel de aspiración natural fabricados a partir de 1983 y que son operados bajo cualquier condición (baja velocidad – alta carga, alta velocidad – alta carga). Estos aceites pueden ser usados cuando el fabricante recomienda un aceite que cumpla los servicios API CD.

CF 4 .- Aceite para motores diesel de 4 tiempos fabricados a partir de 1990. Los aceites que cumplen este servicio exceden los requerimientos del servicio API CE, proporcionando un mejor control del consumo de aceite y de los depósitos en los pistones. Estos aceites son especialmente recomendados para camiones de alta capacidad de carga y alto recorrido en carreteras. Cuando esta combinado con un nivel de servicio “S”, pueden ser usados en vehículos gasolineros de acuerdo a la recomendación del fabricante.

CF .- Aceites para motores diesel de inyección indirecta y otros motores diesel que pueden usar cualquier tipo de combustible incluso con niveles altos de azufre. Estos aceites proporcionan un control muy efectivo contra el desgaste, depósitos en los pistones y corrosión de los metales del motor que puede ser de aspiración natural o turbocargados. Estos aceites existen desde 1994 y pueden ser usados cuando se requiere un aceite con nivel de servicio API CD.

CF 2 .- Aceites para motores diesel de 2 tiempos en que requieren un control de desgaste, corrosión y depósitos en pistones y anillos muy efectivo. Estos aceites existen desde 1994 y pueden ser usados cuando se requiere un aceite con un nivel de servicio API CD II. Estos aceites no cumplen necesariamente los requerimientos de servicio API CF o CF 4, a menos que el fabricante del aceite demuestre que el aceite paso las pruebas correspondientes.

CG 4 .- Estos aceites son usados para motores diesel de 4 tiempos de altas revoluciones, con un nivel de servicio severo, dentro y fuera de las carreteras y que utiliza cualquier tipo de combustible. Estos aceites proporcionan un efectivo control contra los depósitos en los pistones, desgaste, corrosión, formación de espuma, oxidación del aceite y acumulación de hollín. Estos aceites son especialmente efectivos en motores diseñados para cumplir las normas de emisión de

humos de 1994 y pueden ser usados en motores con requerimiento de servicio API CD CE y CF 4.

5.6.- CIRCUITO DE LUBRICACION EN MOTORES

Con el fin de visualizar el trabajo realizado por el lubricante dentro del motor a continuación se muestra un esquema en el que se detallan los principales elementos que son lubricados (fig. 5-3), y un acercamiento de un cigüeñal (fig. 5-1) y un pistón (fig. 5-2) que son dos de los elementos que son lubricados en un motor.



Figura 5-1

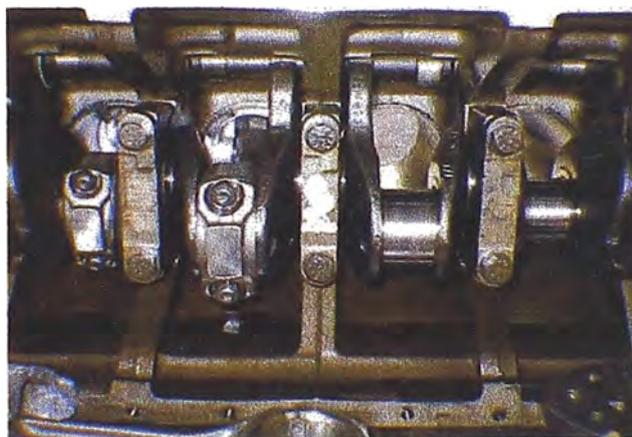


Figura 5-2

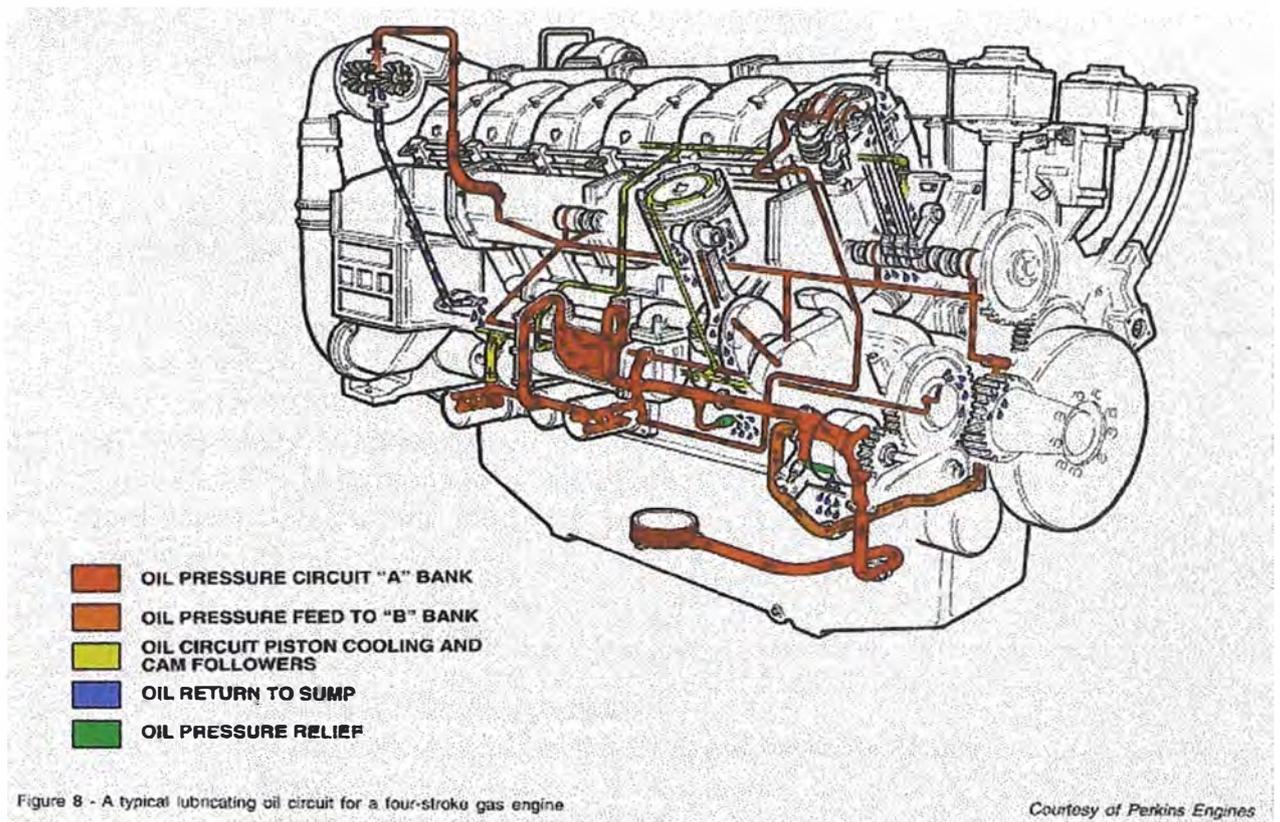


Figura 5-3

De la figura 5-3 observamos que desde el carter el aceite es succionado por la bomba y pasa previamente por un filtro de succión y el aceite es enviado a 2 circuitos principales que denominamos A y B.

En el circuito B el aceite es bombeado hacia el eje de levas lubricando los metales internos del eje de levas, cigüeñal, metales de vuela, metales de bancada y sale por la parte superior de la vuela para retornar al carter , el exceso de aceite sigue su recorrido y se divide para que una parte del aceite lubrique el turbo y retorne al carter, y la otra parte retorna hacerla adelante para lubricar los engranajes de la volante por salpique.

En el circuito A el aceite pasa por un enfriador y luego por una batería de 3 filtros primarios y uno secundario, este aceite tine 3 destinos específicos, una parte es enviada a los pistones para refrigerarlos y lubricarlos para luego retornar al carter, una segunda parte es enviada hacia los balancines y válvulas de admisión y escape, y una tercera parte lubrica las levas y luego por salpique la parte externa del eje de levas.

Además como se indica también en la misma figura, todo el sistema cuenta con un número de válvulas de alivio que permite que la presión del sistema se mantenga en valores estables.

5.7.- CAUSAS DE DIFICULTADES EN LA OPERACIÓN DE MOTORES

A continuación se indican algunos de los problemas típicos que ocurren en un motor y las principales causas que lo provocan. En la práctica es común escuchar que el lubricante es la causa de muchos de los problemas en motores, sin embargo en la realidad, si el lubricante ha sido bien seleccionado y agregado en la cantidad adecuada, los problemas siempre son causados por mala operación u otro problema mecánico previo.

Atascamiento de los anillos

- Pistones o cilindros torcidos
- Altas ó bajas temperaturas de la camiseta de agua
 - Pistones desgastados
 - Anillos desgastados o débiles
 - Insuficiente juego lateral de los anillos
 - Alto grado de alimentación de aceite a los cilindros
 - Alto vacío en el cárter
 - Aceite de calidad pobre
 - Funcionamiento ó sobrecarga continua

Desgaste en los anillos

- Mal filtrado del aire, combustible ó aceite
- Agua en el combustible o en el aceite
- Combustible corrosivo
- Aceite de baja viscosidad
- Aceite insuficiente
- Baja temperatura de la camiseta de agua
- Fugas
- Pistones o cilindros torcidos
- Frecuentes arranques en frío
- Juego excesivo del pistón

Cámara de combustión y depósitos

- Mal filtrado del aire
- Gas húmedo o corrosivo
- Mal filtrado del combustible diesel
- Mala combustión
- Alta alimentación del aceite a los cilindros
- Alto vacío cárter
- Alto nivel del aceite en el cárter
- Anillos desgastados o débiles
- Baja temperatura de la camiseta de agua
- Funcionamiento a sobrecarga continua.

Depósitos en el cárter

- Mal filtrado del aceite
- Mala combustión
- Alta temperatura del aceite
- Baja temperatura del aceite
- Fugas
- Condensación
- Fugas de la camiseta de agua
- Excesiva atomización del aceite
- Respiradero o ventilación del cárter tapado
- Mal enfriamiento de los pistones

Desgaste o falla de los cojinetes

- Juego excesivo de los cojinetes
- Juego insuficiente de los cojinetes
- Cojinetes desalineados
- Cigüeñal torcido
- Insuficiente aceite
- Bajo nivel del aceite
- Aceite contaminado
- Aceite corrosivo
- Agua en el aceite

Alto consumo de aceite

- Alto grado de alimentación de aceite a los cilindros
- Alto vacío en el cárter
- Alto nivel del aceite en el cárter
- Fugas

- Anillos desgastados ó atascados
- Control ineficáz de los anillos de aceite
- Pistoneo o cilindros desgastados
- Excesivo juego de los cojinetes
- Alta presión del aceite
- Baja viscosidad del aceite.

Alta temperatura del aceite

- Enfriador de aceite tapado
- Línea de aceite tapada
- Cáster con mucho sedimento
- Funcionamiento a sobrecarga continúa
- Insuficiente enfriamiento de la chaqueta de agua
- Cojinete sobrecalentado
- Incorrecta viscosidad del aceite
- Aceite insuficiente en el colector o en el cáster
- Insuficiente en el colector o en el cáster
- Regulación de encendido inadecuada

Falta de potencia

- Mala combustión
- Aire insuficiente
- Alta contrapresión
- Combustible de bajo poder calorífico
- Baja presión de compresión
- Fugas en la válvula de escape
- Cojinetes apretados
- Lubricación inadecuada
- Fugas en los inyectores
- Retraso de la chispa

Combustión inadecuada

- Carga desequilibrada en el cilindro
- Inyectores que se atascan, derraman o se tapan
- Combustible inadecuado
- Baja presión de inyección Incorrecta regulación de la inyección
- Insuficiente aire
- Baja presión de compresión
Válvulas de admisión o escape que derraman o se atascan
- Carga baja
- Baja temperatura de la chaqueta

6.-LUBRICACION DE MAQUINARIA INDUSTRIAL

6.1.- INTRODUCCION

En los últimos años, la industria se ha transformado de ser intensiva en mano de obra, a sistemas mecanizados con una operación del tipo de línea de producción en la cual la maquinaria representa una parte predominante y cada vez más importante. Como resultado, los recursos humanos han sido reasignados para desempeñar papeles más productivos al guiar y coordinar las máquinas para que estas puedan, no sólo satisfacer las necesidades en aumento de productos terminados, sino también para optimizar los proceso y bajar costos operativos.

En muchos casos, las operaciones de la industria no resultarían económicamente factibles sino fuera porque se cuenta con maquinaria de alta producción capaz de ser accionada durante periodos de tiempo razonablemente prolongados sin encontrar problemas grave alguno. A causa de esto, la adecuada lubricación de la maquinaria industrial ha asumido un papel cada vez más importante.

La cantidad cada vez mayor de equipo en servicio ha justificado que los ingenieros de mantenimiento asignen ciertos hombres a la labor de coordinar los requisitos de lubricación para asegurar que se observen adecuadas prácticas de mantenimiento preventivo.

Estos grupos, trabajando conjuntamente con el equipo de suministro y almacenes, y con la ayuda de los expertos ingenieros de lubricación de los abastecedores de lubricantes, han realizado una gran labor en estos años recientes con el propósito de consolidar y reducir el número de lubricantes utilizados; con lo que también queda simplificada la lubricación de la maquinaria industrial. Los esfuerzos continuados de estos hombres, que trabajan de acuerdo con los abastecedores de equipo, pueden y podrán mucho más que sólo simplificar y proporcionar una lubricación más efectiva; y con esto, aumentará la productividad de las máquinas y los costos de mantenimiento quedarán reducidos.

Dentro del universo tan variado de maquinaria industrial, la llamada maquinaria pesada (equipos estacionarios y de movimiento de tierra) son los mayores consumidores de aceite y serán materia de nuestra discusión.

6.2.- FACTORES QUE AFECTAN A LOS LUBRICANTES

La lubricación de la maquinaria pesada debe ser enfocada partiendo de un completo conocimiento, de los requisitos de lubricación y una comprensión amplia de los efectos del ambiente alrededor de los lubricantes empleados; o sea la, presencia de agua, calor, frío, polvos contaminantes, condiciones ácidas, alta presión, etc.

Agua

La contaminación por este medio puede hacer que algunos tipos de grasas y aceites lubricantes se emulsionen, desaparezcan o pierdan las cualidades lubricantes. Las atmósferas húmedas y de agua pueden causar también la formación de herrumbre, a menos que el lubricante esté diseñado especialmente para impedir esta formación.

Calor

Esto hace que algunos lubricantes se vuelven excesivamente livianos, lo cual puede destruir la película lubricante y posiblemente cause escapes de los cojinetes o cajas de engranajes. Si los aceites hidráulicos se vuelven cada vez menos espesos y la temperatura aumenta cada vez más, puede ser que se reduzcan la eficiencia del bombeo a causa del deslizamiento. El calor también aumenta la velocidad de oxidación la cual fomenta la formación de sedimentos y reduce la vida útil del lubricante. Una adecuada selección de lubricantes puede reducir los efectos adversos del calor.

Frío

Esto hace que algunos lubricantes se espesen excesivamente. Y esta condición puede llevar a una lubricación inadecuada, especialmente si se trata de lubricación por salpicadura. El excesivo espesamiento de los aceites hidráulicos puede llevar a la ineficiencia de la bomba a causa de la cavitación. El espesamiento puede llevar también a producir un excesivo consumo de energía. Además el frío puede hacer que el lubricante pierda sus cualidades adherentes y se desprenda; este puede ser el caso que cuando se usan algunos lubricantes en grandes engranajes, cuerdas metálicas y cables a baja temperatura.

Polvo

Cuando se presenta el polvo ó materiales sólidos divididos en partículas finas mezclados con un lubricante, puede hacer que este se espese ó pierda sus cualidades adherentes, ó ambas cosas. Esto puede interferir con la lubricación, y si los sólidos son abrasivos, puede ocurrir un desgaste excesivo de las piezas metálicas.

Presiones

Las presiones empleadas en los sistemas de lubricación tendrán poco efecto sobre los aceites y la mayor parte de las grasas, aunque algunas grasas pueden tender a separarse en jabón y aceite bajo altas presiones diferenciales. Los aceites aumentan en viscosidad bajo presiones muy altas. Las presiones altas entre piezas de metal tales como dientes de engranajes ó en un cojinete, tienden a expulsar al lubricante, esto deja una película insuficiente para lubricar debidamente, especialmente cuando se trata de cargas de choque. Algunos aceites y grasas tienen cualidades de presión extrema que resisten esta acción por medio de una fuerte unión polar ó química a las superficies metálicas en juego.

Condiciones Acidas

Pueden presentarse a causa de la contaminación con aguas ó atmósferas ácidas especialmente en plantas mineras, esto deteriora rápidamente el lubricante. Las condiciones ácidas también llevan a la corrosión y picadura de las piezas metálicas.

Los abastecedores de lubricante de petróleo superan ó reducen los efectos adversos de los factores antes citados mediante el uso de grasas lubricantes para uso múltiple,, aceites hidráulicos y para máquinas ,y lubricantes para engranajes y cuerdas metálicas que combatan estos efectos. Los productos suministrados de alta calidad deberán ser almacenados debidamente para evitar los efectos agresivos del clima, y la contaminación que podría sufrir con la suciedad y el agua.

A continuación se tratan algunos de los requisitos básicos de lubricación para el equipo de minería a tajo abierto, según los principales componentes que deben ser lubricados

6.3.- LUBRICACIÓN DE EQUIPOS PESADOS Y SUS COMPONENTES

A continuación se tratan algunos de los requisitos básicos de lubricación para el equipo de movimiento de tierra, según los principales componentes que deben ser lubricados

Motores: Aceites para el carter

Se requieren aceites de motor de calidad superior para satisfacer los estrictos requisitos de funcionamiento de camiones, tractores, aplanadoras, palas y otros motores móviles y estacionarios empleados para el movimiento de tierras. En la Figura 6-1 se aprecia una pala mecánica cargando un camión minero, ambos con motores diesel de alta potencia y en un ambiente agresivo.

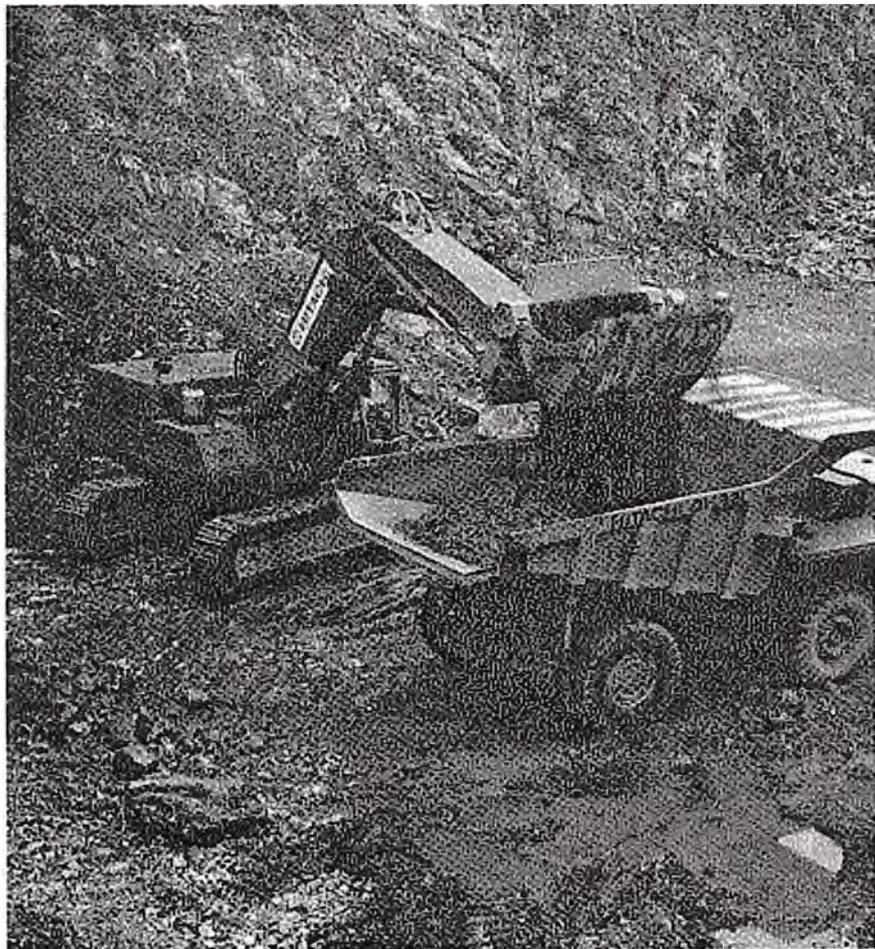


Figura 6-1

Los motores diesel requieren aceites de motor para trabajos pesados. En años recientes ha tomado incremento la tendencia hacia el uso de aceites de motor con alto nivel de aditivos, con el fin de

satisfacer las exigencias cada vez mayores del funcionamiento, causadas a su vez por el aumento en la producción obtenido al sobrecargar, turboalimentar o aumentar las revoluciones por minuto. Sin embargo, en algunos casos deben tomarse precauciones al usar aceites altamente dispersantes ya que algunos constructores de motores no los aprueban. Por otra parte, bajo ciertas condiciones de funcionamiento del motor, cuando no se puede evitar la formación de depósitos al usar combustibles con alto contenido de azufre, es de desear un alto contenido de aditivos, para alcanzar protección positiva a un periodo razonable de cambio de aceite.

Se dispone de aceites que proporcionan excelente lubricación tanto en motores de gasolina como diesel, lo cual permite simplificar las existencias de aceite. A menudo, los fabricantes especifican el uso de ciertos aceites o niveles de calidad de los aceites; y durante los periodos cubiertos por la garantía, se observa una considerable inclinación al cumplimiento de los requisitos del fabricante. Cuando pasa el periodo de garantía muchos usuarios cambian de lubricantes, con el propósito de simplificar las existencias, ahorrar tiempo y gastos, y para asegurar la lubricación satisfactoria de todo equipo. A menudo, esto es totalmente posible si se dedica suficiente atención a los requisitos de aceite y se toma cuidado al seleccionarlos.

La mayor parte de los fabricantes de motores diesel empleados en los equipos de movimiento de tierras prefieren combustible grado 2-D Diesel. Algunos fabricantes de motores recomiendan grados más livianos de combustible diesel para ser usados en invierno.

Los grados regulares de gasolina resultan satisfactorios generalmente para los motores de gasolina que accionan varios tipos de equipos de minería. La graduación de octano de la gasolina deberá ser suficientemente elevada como para satisfacer los requisitos de los últimos tipos de motores en servicio. Las características de volatilidad o destilación deberán ser adecuadas para la zona de trabajo para que el arranque sea rápido, el motor se caliente de inmediato, y exista protección contra la obstrucción por vapor y desempeño uniforme con respecto a la energía y economía de funcionamiento.

Ejes y transmisiones

Los requisitos de lubricación para engranajes cilíndricos de dentadura recta, hipoides, bihelicoidales y de tornillo sinfín, pueden ser satisfechos generalmente con el uso de lubricantes para engranajes de uso múltiple, mediante presión extrema, no corrosivos, estables y de alta calidad. Deberán proporcionar suficiente capacidad de transporte de carga, resistencia a la oxidación y espesamiento u buena protección contra la herrumbre. Deberán poseer excepcionales cualidades de

adherencia para resistir las cargas pesadas ,y características de EP para absorber las cargas por choque. Los lubricantes para las transmisiones sinfin de los camiones deberán poseer una excelente resistencia al calor y a la oxidación ,para evitar el excesivo espesamiento en los casos de pesadas cargas, largos trayectos y cuestas empinadas. La Figura 6-2 muestra una vista de la transmisión a las ruedas de un camión Volvo, en el que se observan los diferentes engranajes empleados en su construcción.

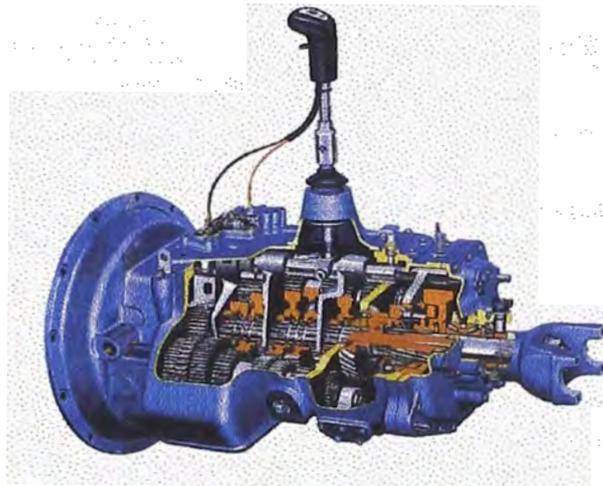


Figura 6-2

Acoplamiento Hidráulicos y convertidores de Torsión

Actualmente se emplea un número cada vez mayor de convertidores de torsión y acoplamiento hidráulicos. Los requisitos de fluido para el convertidor de torsión varían con las características del diseño y con los requisitos de desempeño de las diversas unidades. El fluido deberá ser resistente a la oxidación y a la formación de depósitos, y deberá ser suficientemente dispersante como para mantener limpias a las piezas del convertidor. Estos fluidos también pueden ser usados en los sistemas de timón hidráulico.

Engranajes abiertos y brazos de cucharones

Los engranajes al descubierto, tales como los engranajes de montacargas, engranajes de dragas en las dragalinas, engranajes de anillo y piñón en las plataformas giratorias, los piñones y cremalleras de los brazos de cucharones y círculos de rotación, los engranajes reductores de la maquina rotatoria de las grandes palas ,etc, requieren lubricante excepcionalmente resistente y adherente. Deberán funcionar bajo condiciones muy adversas de exposicion al agua, al polvo ,al calor y al frío.

Los lubricantes deberán ser fáciles de aplicar, resistirse a ser arrastrados por el agua, no deberán diluirse excesivamente bajo condiciones atmosféricas de extremo calor, y deberán mantener una película adhesiva que no se desprenda a temperaturas que en algunas zonas pueden caer bajo cero. Además, deberán poseer a características que reducirán la abrasión o acción de pulimentación cuando se contaminen con suciedad, polvo y los materiales que son extraídos. Para este servicio se dispone de lubricantes fluidos viscosos como tales , y rebajados con solventes para ayudar a la aplicación ,así como grasas resistentes al agua, adherentes.

Los brazos de cucharones,, monturas y zapatos en las grandes palas mecánicas y las levas y engranajes móviles en las dragalinas eléctricas, pueden presentar problemas de lubricación excepcionalmente difíciles. Se dispone de muchos productos son grasas más bien que lubricantes fluidos, y contienen aditivos especiales para resistir las cargas o amplias variaciones de temperatura que se presentan. Uno de los más importantes puntos de funcionamiento es la adecuada y debida aplicación del lubricante. Algunas grandes dragalinas y palas han sido equipadas con sistemas de lubricación automática centralizada. Generalmente, estos sistemas prestan servicios a todos los bujes y cojinetes antifricción y con menos frecuencia a los engranajes que quedan expuestos y a las superficies de los brazos de cucharones.

En los casos en que se instalan sistemas de lubricación automática, se deberá efectuar inspecciones periódicas cuidadosas para descubrir escapes o roturas de las tuberías y la cantidad de lubricante suministrado. Deberán repararse los escapes y lineas de tubo rotos lo más pronto posible, y se deberá ajustar la cantidad de lubricante para proporcionarlo suficientemente pero no descuidar la inspección aadecuada de las funciones mecánicas y el ajuste de las piezas a las cuales sirven las tuberías de lubricación automática.

Bandas de rodamiento

Las bandas de rodamientos en los equipos de oruga están expuestas a extremos de contaminación por el agua, suciedad y materiales abrasivos. Los lubricantes destinados a estas aplicaciones deberán poseer buena adhesión, al igual que resistencia al agua y a la oxidación. Las bandas de rodamiento que utilizan cojinetes sencillos requieren frecuente lubricación para que se limpien de la suciedad y el agua e impedir que cantidades excesivas de estos materiales entren en los cojinetes. Los rodamientos con cojinetes anti-fricción requieren un adecuado mantenimiento del sello para reducir la entrada de suciedad a través de los cojinetes.

Los transportadores empleados en el exterior están sujetos a amplias variaciones de temperatura y extremas condiciones de polvo abrasivo, suciedad y agua. Además, los transportadores también se enfrentan a una elevada fricción interna al arrancar y a cargas de choque durante el funcionamiento. Los lubricantes empleados en los cojinetes de tracción y polea y en la polea de tensión deberán permitir estos mecanismos girar con un mínimo requisito de energía para la arrancada a temperaturas de congelación, resistiendo sin embargo los efectos a las elevadas temperaturas del verano.

Cables y cuerdas metálicas

Los cables y cuerdas metálicas son empleadas extensamente en los equipos pesados, tales como grúas, transportadores, palas mecánicas dragalinas, etc. En la figura aparecen tres tipos de cuerdas metálicas empleadas, en forma de corte esquemático.

En general, las cuerdas metálicas están sometidas a menudo a graves condiciones de funcionamiento, y pueden ser que la cuerda dure poco a menos que sea debidamente resguardada con adecuada lubricación y protección contra la herrumbre. El contacto con el agua puede causar un desgaste anormal, y el esfuerzo y tensión debido a la rapidez al enroscar y desenroscar además de la acción cortante de los torones de alambre, todo se reúne para hacer necesaria la adecuada protección que asegure una óptima duración en servicio.

Los lubricantes para cuerdas metálicas deberán reducir la corrosión y evitar el exceso de desgaste al reducir la fricción interna y externa. Las películas lubricantes deberán ser resistentes y adherentes para proporcionar protección externa; sin embargo, deberá tener suficiente fuerza de penetración como para lubricar los torones y el núcleo. En los casos de aplicaciones muy polvorosas, o cuando el cable se arrastra por el polvo, se prefiere una película de lubricante liviano que no permitirá que las acumulaciones abrasivas permanezcan en el cable, con el fin de evitar la destructiva acción lapidante. En lo

casos extremos, puede resultar mejor no lubricar en forma alguna al cable.

Los lubricantes para cuerdas metálicas son generalmente viscosos y proporcionan películas resistentes y adherentes. A menudo emplean solventes especiales para reducir la viscosidad inicial y permitir una mejor penetración de la cuerda.

Cuando se evapora el solvente, queda una película protectora resistente. Los lubricantes pueden ser aplicados por goteo, frotación o por medio de otros dispositivos especiales para la lubricación de cables.

Maquinas para izar

Se emplean grandes máquinas de tambores para izar o elevar el material de las minas profundas que tengan pozos verticales o inclinados.

La disposición del alzamiento levante incluye por lo general un cabezal erigido sobre el collar del pozo o en la parte superior de una galería inclinada, y una polea acanalada en la parte superior del cabezal por cada compartimiento o pozo de izar. El cable metálico se enrolla en los tambores de izar para elevar o bajar los “skips” o cajas guiadas. Estas cuentan con un importante dispositivo de seguridad que las detiene si se rompe el cable. El cabezal contiene tolvas dentro de las cuales es descargado el material izado. Las máquinas de izar o elevar también sirven para que los hombres, equipo y suministros entren y salgan de las minas.

La mayor parte de las máquinas de izar son accionadas por medio de electricidad a través de combinaciones de embrague y transmisión, y a menudo cuentan con dos tambores que pueden ser accionados por separado o en forma balanceada.

La lubricación de los cojinetes del motor de las grandes máquinas de izar se lleva a cabo generalmente con un aceite mineral altamente refinado y de viscosidad mediana, que inhibe la oxidación y la formación de herrumbre. Los aceites para engranajes de EP mediana son empleados para lubricar engranajes reductores encerrados. La lubricación de los engranajes reductores al descubierto puede ocasionar un problema si es que están sometidos a la contaminación proveniente de polvos abrasivos. Para este servicio son más deseables los aceites adhesivos subproducto pesados cuyas películas sean muy resistentes.

Debido a que está expuesta y sometida a duro trabajo, la polea del castillete de izar requiere un aceite o grasa de alta calidad que inhiba la oxidación de los cojinetes.

Compresores

En prácticamente todas las industrias se requieren grandes cantidades de aire a baja presión para la ventilación, eliminación del polvo de rocas en minería y para accionar equipo neumático en general. Para estos usos se emplean compresores giratorios, sopladores centrífugos y ventiladores.

Las herramientas de minería accionadas por aire comprimido funcionan mejor cuando el origen del suministro de aire está lo más cerca posible de la herramienta neumática. En la figura 6-3 la perforadora neumática es accionada por una compresora que se encuentra a su lado dentro del socavón de una mina. Las principales industrias cuentan con una sala especial para compresoras, desde la cual se distribuye el aire de acuerdo a las necesidades de cada área.

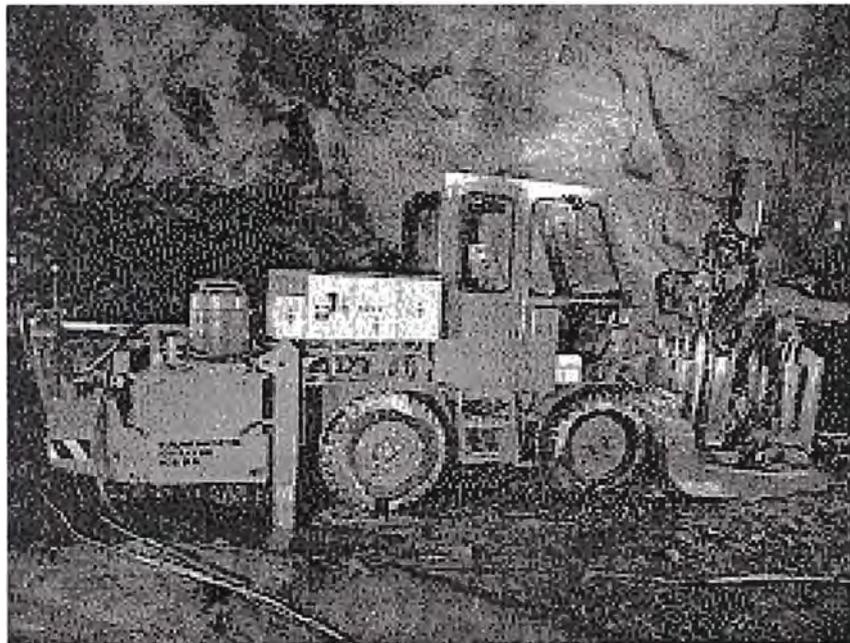


Figura 6-3

Los filtros de aire son usados con bastante generalidad para eliminar el polvo abrasivo del aire de entrada. Estos filtros deberán ser limpiadas con frecuencia, con el fin de asegurar la protección de las

piezas del compresor y los mecanismos de la herramienta, así como para reducir la posibilidad de acumulaciones de depósitos abrasivos ó pegajosos en el sistema de suministro de aire.

La lubricación del cilindro del compresor requiere un aceite de alta calidad bien refinado, ya que se emplean cantidades mínimas del mismo. El aceite para ser usado en los compresores deberán resistir doblemente la formación de depósitos carboníferos y goma cuando es expuesto al aire recalentado y a las superficies de metal caliente. Es más, cualquier depósito de carbón que se forme deberá ser suave y desmenuzable, más bien que duro y resistente. La cantidad y naturaleza de dichos depósitos es especialmente importante en la lubricación del compresor, ya que estos factores influyen el funcionamiento y eficiencia de las válvulas de descarga en forma considerable. Por lo tanto, el aceite para compresores debe ser seleccionado de acuerdo con su resistencia a la oxidación, formación de carbón y goma, punto de ignición, volatilidad, viscosidad y calidad general.

Bombas

La altura de impulsión, cantidad y naturaleza del líquido que va a ser manipulado, contenido de sólidos en el fluido y energía disponible, determinan en forma principal el tipo de bomba y método de accionamiento.

Los requisitos de la lubricación de bombas varían con el tipo de bomba y método de accionamiento. En el caso de bombas centrífugas accionadas eléctricamente lubricar los cojinetes del motor y el eje rotor de la bomba. Las bombas alternativas con engranajes requieren la lubricación de los cojinetes de la biela y el cigüeñal, los cojinetes del motor y engranaje reductor. Estos diversos cojinetes pueden ser del tipo de manguito lubricado por anillo ó del tipo antifricción. Los cojinetes de bolas y rodillos requieren de grasas especiales capaces de proporcionar protección contra la formación de herrumbres y resistencia a la oxidación y lavado del agua.

Los requisitos de lubricación del engranaje reductor de la bomba varían, dependiendo de si los engranajes están al descubierto ó encerrados en cajas ajustadas. Los engranajes al descubierto requieren lubricantes que cuenten con especiales características de viscosidad y adhesividad. La adhesividad asegura que el lubricante se pegará a los engranajes y no será arrastrado por el agua ó arrojado por la acción centrífuga. Para los engranajes encerrados, resultan satisfactorios los aceites para engranajes de viscosidad baja y EP suave.

Sistemas hidráulicos

Los sistemas hidráulicos emplean componentes tales como bombas y válvulas, que tienen juegos extremadamente pequeños. Cualquier depósito o acumulación que se presente en éstas superficies de juego causará un movimiento errático y posiblemente un paro total.

Los principales factores que actúan en detrimento de los sistemas hidráulicos, son la corrosión y la formación de herrumbre, la formación de gomas y depósitos, todo esto contribuye a que el funcionamiento sea defectuoso. Se dispone de aceites especiales inhibidos contra la oxidación y la corrosión que actúan en forma efectiva contra estos factores adversos. Además estos aceites tienen características anti-desgastes mejoradas en comparación con los aceites minerales sin inhibidor.

La limpieza es un factor extremadamente importante en el funcionamiento del sistema hidráulico. Se deberá realizar todo esfuerzo posible por reducir la contaminación, se deberá emplear filtros efectivos, y se deberán prestar los servicios adecuados, para asegurar la eliminación de los residuos de contaminantes y desgastes.

Engranajes

La minería moderna de hoy en el día demanda una velocidad y potencia aún mayor que la que nunca antes exigió, con el fin de satisfacer las demandas en aumento por una producción cada vez mayor. Igualmente las máquinas que utilizan esta potencia requieren engranajes que tengan mayor dureza y mayor precisión que nunca antes.

El problema de la estructura de los dientes de los engranajes es mas importante todavía si se considera que los engranajes son recargados mas allá de su capacidad nominal con el fin de aumentar la producción, lo que ha colocado una carga aún más pesadas en los engranajes, más que en cualquier otro tipo e mecanismo.

Resulta obvio que el recargar los engranajes en esta forma recorta su duración útil, aunque es un problema que puede ser resuelto en gran parte –pero no por completo- mediante el uso de lubricantes de tipo especial para trabajos pesados. Muchos opinan que el alto costo que significa el reemplazo de un engranaje es justificado por el aumento en el volumen de artículos producidos.

Cojinetes de rodillo y de bolas

La elección entre la lubricación con grasa o aceite para los cojinetes de rodillos y de bolas depende de muchos factores, que incluyen la temperatura, velocidades, cargas, programas de relubricación, sellos, dimensiones de los cojinetes, requisitos de refrigeración y de contaminación. En general la grasa es preferida para aquellos cojinetes que se encuentran en ubicaciones inaccesibles, donde el servicio es poco frecuente, y donde pueda resultar difícil la retención del aceite debido a los problemas de sellado. Por otra parte, la lubricación con aceite es la elección para cojinetes de alta velocidad, donde se requiera la refrigeración del cojinete y donde se desee que los contaminantes sean eliminados por decantación o filtración.

En el caso de lubricación con grasa, existen grasas para uso múltiple que cubren la amplia gama de las condiciones de trabajo que puedan hallar los cojinetes anti-fricción en las operaciones de diferente tipo en la que se emplea la maquinaria pesada. Estas grasas forman películas lubricantes resistentes y duraderas que son efectivas a velocidades de bajas a medianas y a cargas de medianas a altas. Las grasas deberán ser adherentes y coherentes, lo cual puede ayudar a sellar la grasa en el cojinete y a excluir la contaminación de partículas extrañas. Además la grasa ideal para este tipo de trabajo, posee un alto punto de fluidez, buena estabilidad ante la oxidación, buena estabilidad ante el deslizamiento mecánico, capacidad de transporte de cargas superior a la normal, buenas propiedades a temperatura alta y baja, excelente resistencia al agua y, cuando se requiera, protección contra la formación de herrumbre.

En ciertos cojinetes de huso y de motor para altas velocidades pueden requerirse grasas especiales con estabilidad adicional contra la oxidación y aceites minerales selectos.

Para el caso de lubricación con aceite, estos varían extraordinariamente en cuanto a su viscosidad, sin embargo, es un requisito universal el que deban resistir a la deterioración durante el servicio. Siempre que un aceite cuente con suficiente resistencia a la oxidación, se puede confiar en que funcionará en forma confiable durante extensos periodos de tiempo.

La viscosidad de aceite más adecuada para los cojinetes anti-fricción depende de los sellos, velocidad y máximas temperaturas de funcionamiento de los cojinetes. Como regla general, las altas velocidades y temperaturas moderadas requieren aceites fluidos que reduzcan la fricción interna. Bajo elevada temperatura de servicio con su correspondiente reducción de temperatura, se deberá aumentar la viscosidad del aceite.

6.4.- SUGERENCIAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

A continuación se ofrecen algunas sugerencias para prestar servicio a los diversos componentes del equipo pesado y de movimiento de tierras:

Compresores de Aire

Mantenga limpias las válvulas para evitar las temperaturas excesivas de descarga y mantenga a los depósitos drenados de aceite. Preste servicio a los limpiadores de aire cada 5 a 10 horas en las zonas donde abunda el polvo.

Cojinetes de Bolas y Rodillos.

Los cojinetes de bolas y rodillos cuentan a menudo con sellos para impedir el escape de la grasa, y una carga de la misma durará por lo general durante unas 200 horas de funcionamiento. Emplee una pistola engrasadora a baja presión y aplique sólo unas cuantas descargas a menos que el cojinete esté abierto al exterior. Es posible que si se fuerza la grasa alrededor del eje se dañen los sellos. Llene los cojinetes de un cuarto a medio volumen de capacidad.

Frenos

No lubrique en exceso los cojinetes de ruedas, ya que el lubricante puede llegar a los frenos. Como los mecanismos de frenos hidráulicos contienen a menudo piezas de goma, emplee sólo fluidos aprobados para frenos para no dañar a éstos.

Cables y Cuerdas Metálicas

No lubrique los cables que se arrastran por la suciedad. Los cables que se enroscan en tambores equipados con embragues deberán ser lubricados con moderación para impedir la posibilidad de que el lubricante llegue a las superficies del embrague. Otro tipo de cables deberá ser lubricado después que se limpien cada 10 a 100 horas según sea necesario.

Más ó menos cada 500 horas, los cables deberán ser sumergidos durante algunos minutos en lubricante para cables; para esto se emplea un sistema de canal construido especialmente con este propósito. Por lo general, es un conducto horizontal equipado con poleas colocadas en forma tal que mantienen al cable sumergido

mientras se hace pasar por el conducto. Un collarín de lona elimina exceso de lubricante antes de que el cable abandone el conducto.

Cadenas

Para lubricar los pasadores de las cadenas silenciosas, deberán quitarse estas cada cincuenta horas, lavarse en combustible diesel o kerosene y remojar en aceite caliente para engranajes.

Embragues

Emplee una pistola a baja presión y no lubrique en exceso las piezas del embrague. Si las superficies de embrague tienen lubricante, ocurrirán resbales y recalentamiento.

Motores Eléctricos

Inspeccione los cojinetes lubricados con grasa cada 2000 horas de funcionamiento. Si la grasa se ha deteriorado o si se encuentra suciedad presente, limpie y vuelva a llenar, añadiendo grasa al alojamiento hasta que se llene hasta una tercera parte del mismo. Añada una pequeña cantidad de grasa cada 1000 horas pero no lubrique en exceso.

Compruebe con regularidad el nivel del aceite de los cojinetes lubricados con aceite. Limpie los cojinetes cada 2000 horas. No inunde los cojinetes y limpie el exceso de aceite.

Cárter de los Motores

El período de drenaje recomendado por el fabricante de los motores abarca el funcionamiento normal y, generalmente, el aceite deberá ser drenado de los motores según se indica. Es necesario realizar cambios de aceite más frecuente debido a una cualquiera de las siguientes razones: temperatura anormalmente elevada del aceite, frecuente arrancada y parada de los motores, motores funcionando en vacío durante largos períodos de tiempo, atmósfera polvorienta, aceite diluido para facilitar los arrancadas o exceso de contaminación en el aceite o en el filtro. Por otra parte, si se considera que las condiciones de funcionamiento son moderadas, pueden resultar prácticos, periodos de drenaje más prolongados. Sin embargo, el extender los períodos de uso del aceite es algo que a menudo resulta en economía mal entendida, y que un desgaste adicional y la formación de más depósitos debidos a la mayor contaminación del aceite puede causar un incremento en el mantenimiento y una vida más corta para el equipo.

La presencia de partículas de cobre o metal blanco en los filtros sirve a menudo como advertencia de que existen dificultades incipientes en los cojinetes. Resulta muy útil el análisis del aceite usado para descubrir problemas insospechados en los motores diesel y de gasolina, al igual que resulta conveniente establecer los intervalos adecuados para el debido drenaje del aceite para un grupo de motores en operaciones de minería.

Siempre que sea posible, drene el aceite mientras esté caliente. Si también se cambia el filtro de aceite cuando se drena éste, añada una cantidad extra de aceite cuando vuelva a llenar el cárter, compruebe el nivel del aceite cada 10 horas después que el motor haya estado parado durante unos minutos, para permitir que el aceite que está en las piezas superiores del motor vuelva al cárter.

Cuando cambie de marcas de aceite, incluso si están elaboradas por el mismo abastecedor, se recomienda que se drene el cárter después de las primeras 24 horas, para eliminar cualquier depósito viejo que pueda haberse desprendido a causa del nuevo aceite.

Filtros de Aire del Motor

Los filtros de aire pueden ser del tipo de tela metálica, en los cuales la tela metálica es reemplazada por una nueva o es lavada en kerosene ó combustible diesel, sumergida en aceite y vuelta a usar. Por lo general, resulta satisfactorio cualquier aceite pesado de grado SAE 50 para recubrir el tipo de tela metálica humedecida con aceite.

El tipo de baño de aceite requiere una inspección a intervalos regulares para mantener al aceite al nivel adecuado y a la capilla de aceite limpiado cuidadosamente cada 500 horas. El paso del aceite al colector de entrada indica que el motor ha funcionado liviano, el nivel del aceite demasiado elevado o el filtro de aire es demasiado pequeño. No saque la capilla de aceite cuando el motor esté funcionando.

Los pre-depuradores centrífugos deberán ser vaciados cuando el envase de vidrio se llena hasta la mitad.

Sistema de Refrigeración de Motores

Para asegurar una combustión completa y para reducir la contaminación del aceite lubricante con hollín y combustible sin quemar, deberán mantenerse los sistemas refrigeradores entre los 71 y

82°C. Esto requiere el empleo de persianas u otros medios para cubrir el radiador cuando se arranca o se funciona con cargas livianas en climas fríos. En climas cálidos, se deberá prestar atención especial al radiador, chaqueta de agua o correa del ventilador, para mantener al sistema de refrigeración funcionando a la máxima eficiencia. Se deberán comprobar con frecuencia los termostatos para advertir si el radiador se conserva frío hasta que el motor haya llegado a la temperatura de funcionamiento adecuada, según muestra el indicador de temperatura de funcionamiento adecuada, según muestra el indicador de temperatura.

Se prefiere el empleo de soluciones anticongelantes de tipo permanente para los motores de la maquinaria de minería.

Distribuidores del Motor

La parte inferior de distribuir es lubricada automáticamente con frecuencia, desde el motor. Sin embargo, cuando son accionados desde el generador, se requiere a menudo una lubricación separada con grasa. El cojinete distribuidor superior puede usar lubricación de grasa o de aceite. La mecha que está debajo del rotor del distribuidor requiere dos ó tres gotas de aceite liviano es deseable un toque ocasional de grasa a la leva asegurándose de que ninguna grasa llegue a los puntos interruptores.

Ventiladores del Motor

Los ventiladores montados en la prolongación del eje u otro acceso del motor que no tenga cojinetes separados no requieren lubricación. Tampoco la requieren los ventiladores que tienen cojinetes permanentemente llenos.

Algunos ventiladores requieren una aplicación ocasional de grasa, mientras que otros deben ser lubricados regularmente con aceite. Un tipo de ventilador lubricado con aceite está equipado con desagüe, mientras que otro cuenta con un tubo vertical abierto para asegurar que se mantenga constante el nivel del aceite. Si se lubrican con exceso los ventiladores, pueden arrojar grasa o aceite sobre la correa.

Filtros de Aceite del Motor

Los elementos del filtro de aceite deberán ser limpiados o reemplazados cada vez que se cambia el aceite con más frecuencia cuando se trabaja bajo condiciones de grave suciedad. El

funcionamiento a baja temperatura requiere cambios de filtro más frecuentes debido a que la condensación forma una emulsión con el aceite.

Los filtros de aceite no eliminan los productos de la oxidación soluble o el diluyente del combustible. Por lo tanto, el aceite para cárter deberá ser cambiado regularmente sin tener en cuenta que clase de filtro se emplea. Los filtros de derivación e incluso los de paso completo no eliminan todo el hollín que está finamente disperso. Por consiguiente, los aceites altamente dispersantes tienden a volverse oscuros rápidamente cuando están en servicio. Esto es signo de que los aceites están funcionando debidamente.

Bombas de Agua del Motor

Algunas bombas de agua no requieren lubricación, ya que son lubricados automáticamente por el motor ó están empaquetadas permanentemente desde que salen de la fábrica. Otras cuentan con una mecha que va desde un sumidero de aceite y otras más tienen bujes porosos desde los cuales el aceite destila al eje.

Las bombas lubricadas con grasa en las cuales la grasa entra en contacto con el refrigerador del motor (cuando la grasa es aplicada a un cojinete de soporte externo) deberán ser lubricadas con una grasa para uso general. Aquellas bombas en las cuales la grasa entra en contacto con el refrigerador del motor (cuando la grasa es aplicada a lubricar el sello de empaquetadura) son lubricadas preferentemente con una grasa pesada insoluble en el agua.

Transmisiones y Ejes Traseros

En la mayor parte de los casos, los lubricantes para la transmisión y eje trasero no necesitan ser cambiados con una frecuencia menor a cada 1000 horas aunque el nivel del mismo deberá ser comprobado cada 50 horas. Compruebe los tapones de drenaje después que ocurran lluvias torrenciales o cuando haya graves condiciones de existencia de polvo, vacíe entonces el lubricante y llene el depósito si existe agua o si está entrando polvo. Mantenga en buenas condiciones los sellos de aceite para evitar escapes. El cambio a un aceite más pesado no reducirá necesariamente los escapes, ya que los aceites más pesados funcionan generalmente a una temperatura más elevada, lo que a su vez reduce su viscosidad. La formación de espuma y el recalentamiento en las cajas de engranajes indican a

menudo que el aceite alcanza un nivel demasiado elevado. Esto causará también escapes. Mantenga abiertos los sistemas de ventilación para impedir que se acumule la presión dentro de la caja de engranajes. En la figura 6-4 se observa la transmisión de un camión de doble eje posterior.

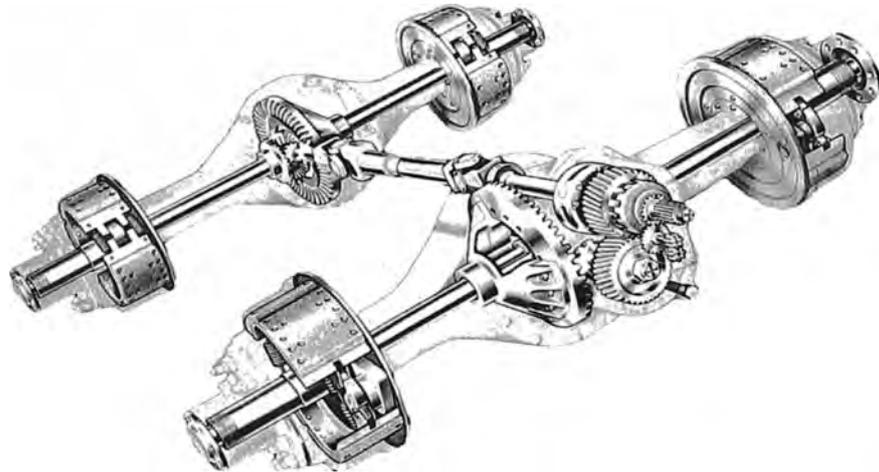


Figura 6-4

Engranajes al Descubierta

Los lubricantes para engranajes al descubierto pueden ser calentados y vertidos, aplicados por medio de una brocha ó con una mecha, también pueden ser rociados. Los engranajes deberán ser inspeccionados cada 10 horas y se deberán inspeccionados cada 10 horas y se deberán ser inspeccionados cada 10 horas y se deberá aplicar más lubricante según sea necesario. Los engranajes al descubierto que funcionan en ubicaciones muy polvorrientas deberán ser lavados frecuentemente con aceite para el cárter y se les deberá aplicar una cantidad muy pequeña de lubricante. Si los engranajes deben funcionar es seco, se deberán reducir las velocidades y cargas siempre que sea posible.

Piezas de Goma

Los aceites y las grasas pueden ser causa de que las gomas naturales y algunas sintéticas se deterioren. Por lo tanto, los neumáticos, correas de ventiladores, mangueras de goma, monturas de

motores, bujes de goma en la biela de reacción y grilletes de resorte, y en las conexiones del sistema de refrigeración, deberán ser mantenidos libres de combustible, aceite y grasa. Además, emplee sólo fluidos aprobados en los amortiguadores, cilindros de frenos y sistemas de control hidráulico que contengan diafragmas, émbolos o sellos de goma.

Mecanismo de Dirección

Mantenga el mecanismo de dirección dentro del alojamiento lleno de aceite recomendado para lubricar las superficies engranaje, cojinetes y eje de dirección. Emplee una bomba de baja presión para impedir que el lubricante sea forzado hacia arriba por la columna de dirección.

Emplee una bomba de baja presión para impedir que el lubricante sea forzado hacia arriba por la columna de dirección.

Superficie de Rodadura de la Mesa Giratoria.

No la lubrique (excepto los tipos de reborde doble con rodillos de gancho). El lubricante hará que los rodillos se deslicen y desgasten hasta quedar planas. Lubrique escasamente los cojinetes en los rodillos de mesas giratorias para evitar que chorreen sobre la superficie de rodadura.

Juntas Cardánicas

Algunas juntas cardánicas ya están equipadas con accesorios para la lubricación. El tipo de bola y moñón no deberá ser lubricado con exceso, ya que las tolva se llenará de lubricante. Algunos tipos de cojinetes de rodillos requieren el ser desmontados y llenados a mano por un mecánico experto.

Cojinetes de Ruedas

Los cojinetes de las ruedas delanteras son lubricados generalmente quitando las ruedas y volviéndolas a llenar a mano. Algunos cojinetes de ruedas posteriores tienen que ser secados,

mientras que otros son lubricados automáticamente desde el diferencial ó son rellenados permanentemente en la fábrica. Algunos están equipados con un accesorio ó taza engrasadora y otros cuentan con un tapón que debe ser sacado y sustituido por un accesorio, siendo colocado de nuevo el tapón después que se aplica el lubricante.

Las ruedas accionadas por engranaje en los equipos grandes tales como las que aparecen en la figura 10, son lubricados por lo general con aceite. Este sirve tanto a los cojinetes como a los engranajes.

El fallo prematuro del cojinete de la rueda es causado a menudo por la contaminación con polvo y suciedad que ocurre durante la limpieza y relleno. Los cojinetes de ruedas deberán ser examinados y lavados cuidadosamente en un solvente adecuado y secados luego con aire siempre que se saquen. Después de limpiar, se deberá rellenar con grasa alrededor de los cojinetes y estos deberán ser vueltos al colocar. Los sellos para la grasa deberán ser examinados cuidadosamente y reemplazados en caso necesario. Los cojinetes deberán ser ajustados de forma que la rueda gire libremente sin juego longitudinal. Se deberá colocar sólo una pequeña cantidad de grasa en el alojamiento del cojinete, ya que el exceso de lubricación puede hacer que la grasa escape a los frenos.

6.5.- OPERACIÓN EFICIENTE DE LOS COMPRESORES

Siendo los compresores parte fundamental en toda instalación industrial, es conveniente entrar en el detalle de los controles requeridos para su normal funcionamiento y los problemas que pueden presentarse en la operación diaria. En la figura 6-5 se muestra un diagrama de funcionamiento de un compresor rotatorio de dos etapas. El concepto de funcionamiento es el mismo para cualquier tipo de compresor.

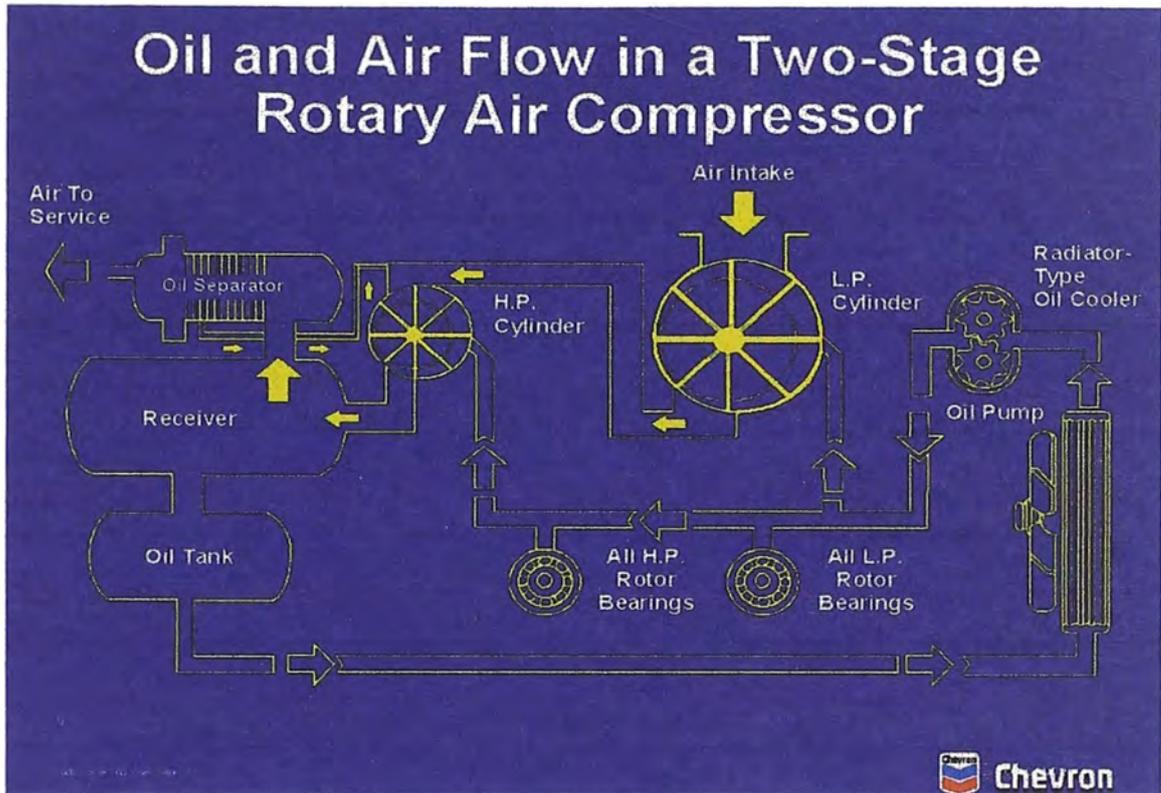


Figura 6-5

Instalación adecuada

Los libros de instrucciones de los fabricantes sirven como una guía excelente para la instalación adecuada del compresor y de sus equipos auxiliares aparte de las normas recomendadas sobre operación, lubricación y mantenimiento que deben ser seguidas cuidadosamente.

Control de Lubricación

Lubrique los cilindros, válvulas, bielas y cojinetes con las cantidades apropiadas de aceite limpio y limpie el cárter y los lubricadores con la frecuencia necesaria de acuerdo con las condiciones de operación. El mejor medio de comprobar una lubricación efectiva es observar periódicamente las condiciones de las superficies lubricadas.

Limpieza del aire o gas admisión

Los filtros, depuradores, barriles desmontables , separadores y equipos de este tipo deben ser limpiados y ajustados frecuentemente para asegurar que el gas o aire que se admite al compresor esté enfriando apropiadamente y lo más limpio y seco posible.

Circulación adecuada del agua o aire de enfriamiento

Asegura temperatura satisfactoria de operación de los cilindros y trabajo eficiente de los enfriadores intermedio y finales. La temperatura de los cilindros debe ser suficientemente alta para evitar “sudación” o condensación de los gases comprimidos o de la humedad en el aire de admisión

Enfriadores Intermedios y Finales Eficientes

Manténgase limpios para asegurar un enfriamiento efectivo del gas comprimido y separadores del líquido condensado. Vacíese diariamente los receptáculos, enfriadores intermedios y separadores; la eliminación de agua y líquido condensado evita el arrastre del líquido, la oxidación y acumulación excesiva de aceite.

Inspecciones regulares

Inspeccione con frecuencia las válvulas y conductores de descarga y limpie cuando sea necesario. Inspecciones regulares de cilindros, de conjunto de piezas de los pistones, de empaquetaduras, del mecanismo de levas y dispositivos de regulación, ayudan a mantener perfectas condiciones de operación

Selección Apropiada del Aceite lubricante

Permite una lubricación perfecta de las superficies bajo fricción y mantiene la formación de depósitos indeseables a un mínimo. El equipo de almacenaje y expendio debe mantenerse limpio y libre de humedad, suciedad u otros contaminantes.

Observación de posibles fallas

- Vibración excesiva y/o alineación defectuosa. Pueden conducir a un de gaste excesivo si el compresor no está instalado adecuadamente.
- Alimentación excesiva de aceite. Conducirá a la formación de depósitos indeseables en las válvulas ,superficies de enfriamiento, y conductas de aceite. Manténgase correctas el nivel de aceite en el depósito y la presión del aceite a los cojinetes.
- Compresión de aire o gas sucio. Causará rayado o abrasión a las paredes de los cilindros, aros y válvulas y acelerará la formación de depósitos.
- Enfriadores intermedios y finales sucios o ineficientes. Producirán temperaturas excesivas en los gases de descarga y acelerará el desgaste y la formación de depósitos.
- Porciones de humedad o liquido aprisionadas. Afectarán seriamente la lubricación de los cilindros y debe ser evitada mediante un enfriamiento adecuado y un mantenimiento apropiado de separadores, barriles desmontables, enfriadores intermedios, etc.
- Fugas o pase de aire. Debido a válvulas con fugas o aros atascados, reducirán el rendimiento del compresor y aumentarán apreciablemente las temperaturas de descarga. Son convenientes observación frecuente de las presiones y temperaturas del compresor para captar indicaciones de posible mal funcionamiento.
- Golpeteo o ruido exclusivo. Puede ser debido a cojinetes gastados ó mal ajustados, volante flojo, crucetas gastadas, pistón suelto insuficiente holgura de la culata depósitos en la cámara de compresión ó líquidos en los cilindros. Acostúmbrese al ruido normal del compresor ya que ruidos extraños frecuentemente avisan al operador.
- Colección apropiada del aceite lubricante. Deben tomarse las precauciones adecuadas para asegurar que ele tipo correcto de aceite es usado en el lugar correcto.

6.6.- RECOMENDACIONES GENERALES DE LUBRICACION

A continuación se encuentra una guía que servirá para orientarnos a establecer criterios de lubricación, con relación a los principios sobre los cuales se basan las frecuencias de cambios de aceites y aplicación de lubricantes.

Frecuencias de cambio

Cuando se preparan los estudios de lubricación, las frecuencias de cambio recomendadas están dadas dentro de un sentido conservador. Con el fin de establecer una estandarización, estas recomendaciones son hechas generalmente en base a las recomendaciones de los fabricantes de equipos, prácticas actuales y nuestra experiencia

A medida que progrese un programa de lubricación organizada, las frecuencias pueden extenderse en algunos casos, siempre que esto se determine después de una inspección. Por otro lado, cuando se trabajos de mantenimiento continuo ó por condiciones ambientales ó malas condiciones mecánicas, pueden determinarse que se reduzcan las frecuencias previamente recomendadas.

Una detección precoz y un apropiado informe del lubricador pueden ayudar a corregir problemas, tales como la fuga de los lubricantes de los depósitos, las líneas aceite malogradas, la operación de engranajes y ejes en seco, cojinetes sobre calentados y continuación de lubricantes; que significan un aumento considerable en los costos de operación. El lubricador, quién debe realizar inspecciones periódicas a toda la maquinaria, aún en los casos en que no está programada su lubricación se encuentra en la mejor posición para detectar cualquier señal de problemas, cuando estos están por comenzar.

Los depósitos de aceites principales de los motores y partes sujetas a fricción de un equipo que se encuentra en operación continua para generar fuerza, deberán ser inspeccionados apropiadamente cada turno. Los equipos que no están sujetos a una operación continua, requieren una inspección de su lubricación a intervalos menos frecuentes. En tales equipos a medida que las horas de servicio aumentan ó disminuyen las frecuencias de cambio de lubricantes que se muestran en los estudios de lubricación, podrán ser ajustados de acuerdo al tipo de mantenimiento que se le dará.

Acciones preventivas y de control de lubricación

1) Tarjetas de control individual de lubricación. Se recomienda el uso de tarjetas donde se registren la marca del equipo que se va a lubricar, su modelo, el número que le corresponde y su ubicación corresponde en la planta, los puntos de aplicación de lubricantes y los métodos y frecuencias de los lubricantes recomendados. Estas tarjetas deberán ser preparadas y colocadas en cada equipo en un sobre transparente.

2) Limpieza de la maquinaria. Se recomienda que todo el equipo que se use en una planta, sea limpiado diariamente, para prevenir que materias extrañas caigan ó contaminen los lubricantes que se encuentran en los depósitos y/o superficies sujetas a fricción.

3) Graseras. Todas las graseras deberán ser limpiadas diariamente, antes de que se apliquen los lubricantes. Para aquellas graseras, que no son accesibles para su lubricación, se deberán hacer extensiones a lugares de lubricación. Evítese el uso excesivo y el desperdicio.

4) Pistolas, graseras y aceiteras. Todos los tipos de recipientes o accesorios que se utilicen para la aplicación de lubricantes., deberán mantenerse limpios en todo momento, con el fin de lograr un manipuleo seguro y prevenir cualquier tipo de contaminación

5) Motores eléctricos y otras unidades con rodajes sellados. Inspeccione todos los rodajes sellados dentro de los periodos recomendados. Si se observa que el lubricante está sucio ó deteriorado, limpia el rodaje y re-empaque con grasa nueva,. Hasta que su recipiente se encuentre lleno en un 30 a 40%

6) Cojinetes anti-fricción equipados con graseras.

a) Limpie la graseras y el tapón de drenaje con un trapo que no deje pelusas.

b) Saque el tapón de drenaje y colóquelo sobre un trapo limpio.

c) Limpie la abertura del tapón de posible grasa endurecida, usando una varilla o un desarmador.

NOTA.- Si los cojinetes que alojan los rodajes, no están equipados con tapones de drenaje, deben tener un respiradero en la parte superior y un tapón de drenaje instalado en la parte baja, en el lado opuesto de la trasera, que permite a la grasa nueva y limpia fluir a través del rodaje y purgar hacia fuera la grasa vieja, evitando que se rompan los sellos.

d) En forma general, el relleno inicial de este tipo de cojinetes es de aproximadamente del 40% de la capacidad interna total aproximadamente “disparos” de la pistola graseras por cada pulgada del diámetro exterior del cojinete es deseable, para los propósitos de registro del equipo, anotar en las tarjetas la cantidad de lubricante recomendado, calculando la capacidad interna total de grasa para este tipo de cojinetes y midiendo la capacidad contra el volumen de grasa descargada por cada “disparo” de la pistola de grasa.

Bajo condiciones normales de operación, una aplicación mensual de un “disparo” de la grasa por cojinete, será suficiente para mantener una lubricación satisfactoria. Sin embargo, cada aplicación deberá ser investigada por si existiera condiciones especiales de operación. Cuando existe polvo ambiental que contaminen los lubricantes deben en los rodajes, se deberá relubricar más frecuentemente.

e) Si se agrega grasa cuando un equipo está parado, deberá ser puesto a funcionar por un tiempo suficiente que permita botar el exceso de grasa del cojinete durante por lo menos 20 minutos. El dejar un exceso de grasa en los cojinetes, causará un sobre calentamiento del rodaje, debido a la agitación de la grasa sobrante.

f) Una vez que se ha aplicado la grasa nueva y ha salido el exceso de la misma se deberá instalar el tampón de drenaje.

7) Chumacera lubricadas por grasa. Bajo condiciones normales de operación, las chumaceras generalmente requieren de una aplicación de lubricantes semanalmente. Las operaciones de chumaceras bajo condiciones de operación de alta temperatura presión ó carga de impacto ó condiciones ambientales donde existen humedad ó polvo, deben ser revisados mas frecuentemente que lo que prescribe y se deberá lubricar tanto como se requiere. Esto asegura que una película lubricante limpia, protege adecuadamente todas las superficies en fricción. La grasa debe ser aplicada hasta que aparezca- no hasta que chorree – por los retenes para que forme un sello que mantenga los ejes libres de contaminantes.

8) Chumaceras anti-fricción lubricadas con aceite. En forma general, este tipo de chumaceras, cuando operan por debajo de las 500 RPM , se recomienda sean llenadas con aceite hasta el punto central del eje. Este nivel deberá ser más bajo en los ejes de la chumaceras que operan a más alta velocidad.

9) Depósitos de aceite. Se deberá inspeccionar a los intervalos recomendados todos los depósitos de aceite, se incluye reductores, cajas de engranajes, compresores de aire, sistemas hidráulicos, y otros de circulación y se debe aumentar los niveles ó efectuar los cambios de aceite cuando sean necesarios . Se deberán inspeccionar los sellos y retenes, reemplazándolos en caso que se observen fugas.

7.- ANALISIS DE ACEITES USADOS

7.1.- INTRODUCCION

Los Costos de mantenimiento han sido considerados durante mucho tiempo como consumidores de un alto porcentaje de los presupuestos de operación. Algunas compañías destinan a este rubro hasta el 50% del presupuesto de operación.

Los gastos en mantenimiento pueden ser causados por el desgaste normal de uso de los equipos, personal de mantenimiento descuidado o mal entrenado, lubricación inadecuada, lubricante inadecuado, equipos de mala calidad, el uso de repuestos de mala calidad, excesiva carga, excesiva velocidad, etc. Esta lista es interminable y si bien las causas son muchas el resultado es uno solo, El mantenimiento de los equipos cuesta dinero.

Hasta hace pocos años atrás el mantenimiento se efectuaba en una base reactiva, esto significa que cuando una maquina o pieza de un equipo fallaba o se rompía inmediatamente se procedía a la reparación y/o cambio de la parte afectada, de manera que el equipo vuelva a entrar en operación en el tiempo mas corto.

Otro tipo de mantenimiento que hasta la fecha tiene vigencia en el llamado mantenimiento preventivo. Esto significa que el mantenimiento es programado hoy para ser efectuado en una fecha pre establecida y que evite paradas imprevistas como en el primer caso.

La tendencia de las empresas de hoy es llegar a lo que se llama el mantenimiento predictivo, esto significa que las empresas hoy, utilizando una variedad de técnicas analíticas pueden predecir hoy donde y cuando comienza a ocurrir problemas no previstos.

Una de las herramientas mas usadas no solo para la identificación de problemas de lubricación sino para el mantenimiento predictivo general es el análisis de aceites usados.

El análisis del aceite usado no solo nos da información respecto al estado en el que se encuentra el aceite, sino que nos da información acerca del estado en la que se encuentra la máquina.

El primer paso para una lubricación adecuada es la correcta elección del lubricante a emplear, el segundo paso es la correcta selección del programa de análisis a realizar. Este punto es critico ya que si no se realizan todas las pruebas necesarias el análisis será

incompleto y se puede llegar a conclusiones equivocadas. El tercer paso es la correcta toma de muestras para la realización de los análisis. En este paso es indispensable que la muestra sea representativa del aceite que se encuentra en el sistema y se evite toda posibilidad de contaminación externa.

7.2.- TECNICA DE MUESTREO DE ACEITES

A continuación se enumeran algunas recomendaciones para obtener una muestra que realmente sea representativa del sistema de donde se toma.

1.- Los frascos para las muestras deben estar totalmente limpios y secos.

2.- Las muestras deben obtenerse cuando el lubricante esta caliente y bien mezclado. Si la muestra se va a obtener de una maquina parada esta debe ser arrancada y se debe muestrear según lo indicado anteriormente. Si no fuera posible arrancar la maquina la muestra debe obtenerse de algún punto en la que no se obtengan sedimentos del fondo acumulado por la inoperatividad de la maquina.

3.- Se debe purgar la línea de muestra antes de llenar el frasco con el fin de eliminar las impurezas que pueda tener.

4.- La muestra no debe contaminarse con nada. Debe cerrarse de forma hermética.

5.- La línea de muestra debe instalarse antes del filtro de aceite.

6.- La muestra debe identificarse correctamente, incluyendo la siguiente información:

- Nombre de la empresa
- Nombre y tipo de aceite
- Nombre y tipo de maquina
- Fecha de la toma de muestra
- Horas de trabajo del aceite, Fecha del ultimo cambio.
- Cantidad de aceite de reposición de aceite desde el ultimo cambio.

7.- La muestra debe ser enviada en el plazo más corto al laboratorio para su análisis correspondiente.

7.3.- DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS Y SU SIGNIFICADO

Un programa de análisis de aceites usados identifica las pruebas básicas que deben ser efectuadas a las muestras que se obtengan de un aceite de un tipo y grado específico y de un equipo específico de la cual es obtenido. Otras pruebas adicionales pueden ser realizadas confirmar o ampliar la información obtenida de las pruebas básicas.

En las tablas 7-1 y 7-2 se indican las pruebas que comúnmente se efectúan a los diferentes tipos de motores y a los aceites industriales respectivamente.

PRUEBAS BASICAS PARA ACEITES USADOS DE MOTOR

PRUEBA	METODO ASTM	TIPO DE MOTOR		
		GASOLINERO	GAS	DIESEL
Apariencia		X	X	X
Olor		X	X	X
Agua por cracking		X	X	X
Agua por destilación	D 95	a	a	a
Viscosidad a 40°C	D 445	X	X	X
Dilución de combustible	D 322	b		
Hollín				c
Insolubles en pentano	D 893			
Contenido de cenizas	D 874	X		X
Espectrometría de emisión		X	X	X
Contenido de glicol	D 2982	d	d	d
Espectrometría de infrarojo		X		X
Numero ácido total	D 664			e
Numero básico total	D 2896	X	X	X

(a) Sólo si la prueba de cracking es positiva

(b) Sólo si la viscosidad es muy baja

(c) Sólo si la viscosidad es alta o el contenido de hollín es crítico.

(d) Sólo si se determina presencia de sodio y/o Boro en la espectrometría

(e) Sólo para equipos críticos o si el contenido de aditivos es muy bajo.

Tabla 7-1

PRUEBAS BASICAS PARA ACEITES INDUSTRIALES USADOS

PRUEBA	METODO ASTM	ACEITE DE COMPRESORA	ACEITE DE ENGRANAJE	ACEITE DE TURBINA	ACEITE HIDRAULICO
Apariencia		X	X	X	X
Olor			X	X	X
Agua por cracking			X		X
Agua por Karl Fischer	D 1744	a	X	a	a
Viscosidad a 40°C	D 445	X		X	X
Viscosidad a 100°C	D 445		X		
Insolubles en tolueno	D 893		X		
Espectrometría de emisión		X	X	X	X
Espectrometría de infrarojo		X		X	X
Numero ácido total	D 664	b	b	b	b

- (a) Sólo si la muestra se ve lechosa o si el contenido de agua es crítico
 (b) Sólo cuando otros resultados (infrarojo) indican la necesidad de efectuarlo.

Tabla 7-2

A continuación se hará una breve descripción de cada una de las pruebas indicadas a fin de entender la importancia de cada una de ellas.

Inspección visual

Frecuentemente se puede detectar evidencias de contaminación y/o deterioro del aceite por simple inspección visual. Aunque el olor y la apariencia son evaluaciones subjetivas, una persona experimentada puede reconocer si la muestra responde a las características típicas del producto y su tiempo de uso

Por ejemplo, los aceites de motor se vuelven rápidamente de color negro debido a que mantienen hollín en suspensión y cuando no tienen muchas horas de uso mantienen el olor típico del aditivo similar al que tienen cuando esta nuevo. Cuando el aceite ya tiene muchas horas de servicio bajo condiciones normales de trabajo, tiene un olor típico a “aceite usado”, si el aceite ha trabajado bajo condiciones extremas puede presentar oxidación que es detectada por un olor a quemado y un incremento en la viscosidad del aceite, por otro lado, si el aceite se observa muy fluido y con un olor a combustibles puede concluirse que el aceite ha sido diluído con combustible que paso por los anillos al sistema de aceite.

La apariencia y el olor son particularmente útiles para la inspección de aceites de compresoras turbinas y sistemas hidráulicos. Estos aceites en un servicio normal son claros y presentan olores suaves. La contaminación con agua es algo que sucede con frecuencia en este tipo de aceites y también se puede identificar con solo

observar la muestra. La presencia de pequeñas cantidades de agua en suspensión la da al aceite una apariencia lechosa y si la cantidad de agua es muy alta el aceite se observa completamente turbio.

Estas condiciones se muestran en la figura 7-1. El aceite de la izquierda esta seco y claro y la línea de referencia detrás de las botellas muestra el nivel de turbidez de las muestras. La botella del medio con 200 ppm de agua esta lechoso mientras que la botella de la derecha con 400 ppm esta totalmente turbia y la línea de referencia casi no puede apreciarse. Si la cantidad de agua es extremadamente alta, las gotas de agua se juntan y comienza a sedimentarse en el fondo del recipiente. Las propiedades de separación o emulsificación de los aceites se deterioran gradualmente conforme aumenta el nivel de contaminación.

Los resultados de las inspecciones visuales permiten tener una idea preliminar del estado del aceite y en base a ellos solicita pruebas adicionales para confirmar estas condiciones.

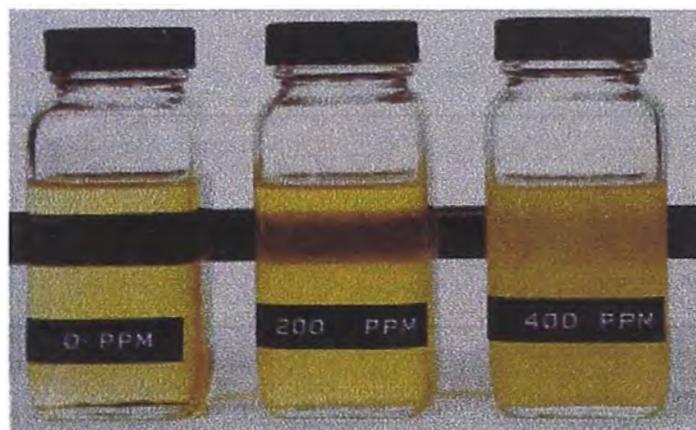


Figura 7-1

Contenido de agua

La prueba de cracking es la mas usada para determinar la presencia de agua en aceite. La prueba consiste en colocar unas gotas de aceite en un pequeño plato de aluminio y se calienta violentamente, como se muestra en la figura 7-2, El calentamiento violento produce un sonido generado por la evaporación violenta de las trazas de agua que se presentan en el aceite.



Figura 7-2

Cuando la prueba de cracking resulta positivo es necesario efectuar una prueba cuantitativa por destilación (ASTM D45 en un equipo como el que se muestra en la figura 7-3 . En esta prueba una cantidad medida de aceite es disuelto en un solvente inmiscible en agua como el Xileno y luego es calentado para provocar la evaporación del agua y el solvente. Al enfriarse los vapores se recibe el condensado de agua y solvente en el tubo calibrado de manera de calcular la cantidad de agua respecto al tamaño original de muestra de aceite considerando que el agua y el solvente estarán separados por ser inmiscibles.

La presencia de agua en un sistema de lubricación es un indicativo de contaminación a través de sellos, filtración de refrigerante, almacenamiento inadecuado, o aplicación incorrecta. La presencia de agua en sistemas de aceite ocasionan oxidación de las piezas metálicas, sedimentos y mala lubricación por lo que es muy importante localizar la fuente de contaminación y eliminarla lo antes posible.

Viscosidad

Ya se ha visto que la viscosidad es la propiedad más importante de los lubricantes. Los aceites deben tener unas características de flujo que aseguren que todas las partes del sistema se encuentren lubricadas, por eso es necesario medir su viscosidad periódicamente, ya que el grado de contaminación o de oxidación puede afectarlo

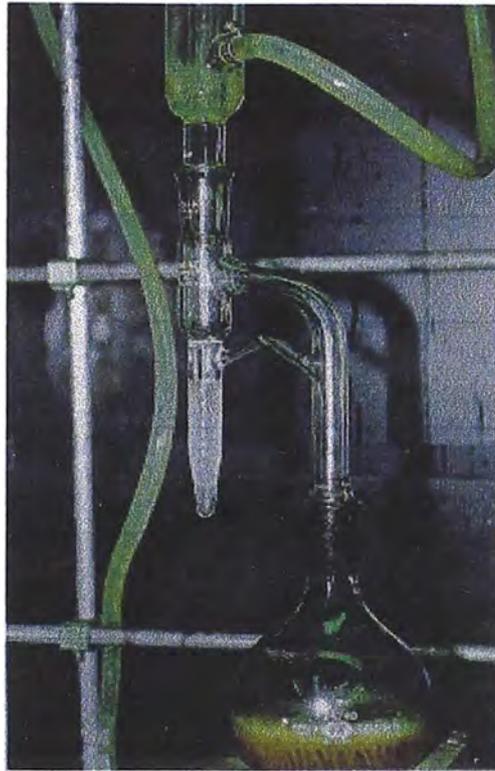


Figura 7-3

La viscosidad tiene un efecto directo en la formación de las películas sobre las superficies metálicas, a mayor viscosidad o grosor del aceite es más lenta la formación de la película.

Si el aceite usado es muy viscoso, no va a fluir lo suficientemente rápido a bajas temperaturas para proporcionar una lubricación adecuada, incluso puede generar calentamiento del sistema y sobrecarga en la bomba de aceite.

El flujo adecuado de los lubricantes también son importantes para que se cumplan las otras funciones del aceite como transportar material extraño hacia el filtro, refrigerar y/o calentar algunas partes del sistema, o para transmisión de potencia en el caso de sistemas hidráulicos.

El incremento de la viscosidad puede indicar oxidación del aceite, contaminación con hollín u otras partículas extrañas, degradación de aditivos o evaporación de aceites básicos ligeros. Típicamente un incremento de 10% en la viscosidad de un aceite es debido al trabajo normal de la maquina lubricada. Una reducción en la viscosidad puede indicar una dilución con combustible, o degradación de los aceites básicos pesados. En general cualquier cambio brusco en

la viscosidad de un aceite es resultado del mal funcionamiento de los equipos o cambios en las condiciones de operación.

Debido a que la temperatura tiene un gran efecto en la viscosidad, las pruebas de laboratorio deben ser realizadas bajo condiciones controladas de temperatura. Existen muchos métodos para determinar la viscosidad pero el más usado es el ASTM D 445 para aceites usados. En este método, una cantidad medida de aceite es pasado a través de un tubo capilar a una temperatura exacta y controlada y se determina el tiempo preciso que tarda en fluir.. La viscosidad expresada en Centistokes, es calculada con el tiempo medido y el factor de calibración del tubo capilar. Figura 7-4

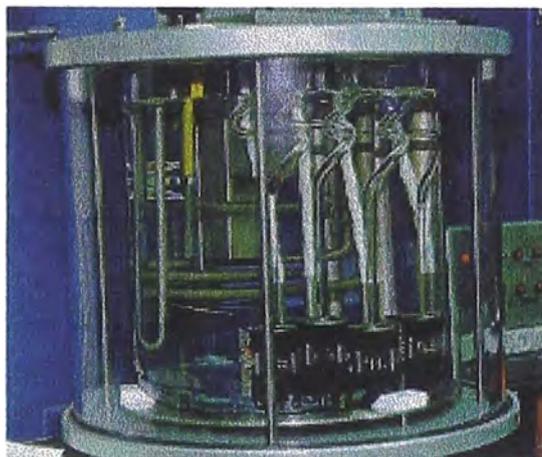


Figura 7-4

El analista compara la viscosidad determinada para la muestra de aceite usado contra el valor estándar del aceite nuevo. Un incremento gradual conforme aumentan las horas de servicio es considerado normal siempre que no exceda de 10% del valor original. Los aceites multigrados pueden mostrar una disminución de su viscosidad durante su uso debido a la degradación de los mejoradores de índice de viscosidad.

Análisis de espectros de emisión

Los contaminantes inorgánicos y los compuestos organometálicos de los aditivos de los aceites son determinados mediante el uso de un espectrómetro de emisión. En la figura 7-5 se puede apreciar un espectrómetro de emisión típico. En este instrumento, una película de aceite es colocada en una rueda de grafito



Figura 7-5

hacia un orificio angosto entre la rueda y la punta del electrodo de grafito donde es sometido a un alto voltaje. Los elementos metálicos del aceite son excitados por la energía del arco voltaico y cada uno emite un espectro de luz característico

Cada línea de este espectro caracteriza un elemento metálico individual y cada una es seleccionada y separada por difracción, permitiendo que sus intensidades de luz sean medidas por un tubo fotomultiplicador. Las intensidades de luz son convertidas a las concentraciones de los elementos correspondientes por una computadora e impresas para la revisión del analista.

En el pasado los espectrómetro serán muy grandes y con un costo de mantenimiento y operación muy altos. El uso de componentes electrónicos mas modernos han permitido al espectrómetro convertirse en una herramienta mas pequeña, flexible y exacta. En la figura 6 se observa un espectrómetro computarizado con una antigüedad no mayor a 5 años.

Aunque el espectrómetro de emisión de disco es el equipo mas común para la identificación de metales, hay otros equipos de laboratorio modernos para el mismo fin, como el llamado espectrómetro de plasma, que son de poca aplicación en nuestro medio.

El análisis de espectros de emisión es una herramienta poderosa para detectar niveles de desgaste en elementos metálicos de los equipos lubricados. El significado de desgaste metálico en aceites usados varia con el tipo y modelo de equipo, con el tipo de servicio, con el ambiente de trabajo, con el intervalo de cambios de aceite y de

filtros, etc. Las concentraciones de metales son normalmente bajas y se incrementan lentamente conforme se extiende el periodo de operación. Un repentino incremento de la concentración de un elemento como el cobre, plomo o hierro, que normalmente están presentes en las partes

Lubricadas de los equipos, sugieren un incremento en la velocidad de desgaste y posiblemente condiciones anormales de operación.

Este tipo de observación requiere de atención inmediata ya que se ultara probablemente en la necesidad de hacer un mantenimiento al equipo para detener este irregular desgaste. Por esta razón es necesario el desarrollo de un programa de análisis muestreando en diferentes números de horas de uso para establecer parámetros de desgaste bajo condiciones normales de operación. Ningún analista podrá emitir juicio definitivo respecto de las condiciones de un aceite usado sobre la base de un solo análisis.

El espectrómetro de emisión también permite medir el nivel de concentración de los aditivos del aceite usado. Esto proporciona información que determina si la cantidad de aditivo en el aceite es aun suficiente para cumplir su función requiere de una pequeña reposición o tal vez un cambio total del aceite.

A continuación se detallan los metales que comúnmente se analizan por espectrografía de emisión y su significado.

Cobre.- indican desgaste en elementos de cobre como superficies de intercambio de calor o piezas fabricadas de aleaciones de este metal como bronce y latón.

Fierro.- Dependiendo del equipo puede indicar desgaste en anillos, pistones, engranajes, paredes de cilindros y todo tipo de elemento de fierro.

Plomo.- Indica desgaste de elementos de babbitt o rodajes de aleaciones de cobre/plomo.

Estaño.- Indica desgaste en rodamientos y elementos de babbitt

Sílice .- Indica contaminación del sistema de aceite con arena o polvo ambiental. Estos elementos son altamente abrasivos y son los principales causantes del desgaste de anillos, rodamientos, y todo elemento metálico en general.

Aluminio.- Indica desgaste de rodamientos o pistones. Cualquier valor ligeramente por encima de los máximos tolerables deben ser revisados ya que es un metal muy blando y su desgaste produce rápidamente partículas muy grandes que ya no puedes ser detectadas por espectrografía.

Es importante notar que los análisis espectrográficos típicos no pueden detectar partículas mayores a 10-15 micrones y el ojo humano no puede observar partículas menores a 40 micrones, y es por esto que el análisis espectrográfico normalmente es complementado con otras pruebas.

Análisis Infrarojo

La espectrometría de infrarojo (IR) es otra poderosa herramienta de análisis de aceites usados que nos da información que otras pruebas no nos proporcionan. El análisis infrarojo es un método simple y rápido para determinar:

- Tipo de lubricante en general (parafínico o nafténico).
- La presencia y la cantidad aproximada de algunos contaminantes como alcoholes, solventes polares y agua.
- La degradación de aditivos.
- La presencia de productos de la degradación del lubricante resultado de su oxidación o nitración



Figura 7-6

Normalmente es empleado un equipo de infrarojo de doble rayo en modo diferencial como el que se muestra en la figura 7-6 (DIR). En este equipo se coloca la muestra de aceite usado en la celda de muestra del equipo y una muestra del mismo aceite sin usar en la celda de referencia. El equipo marca una curva que representa la diferencia entre la muestra y la referencia definiendo claramente las regiones espectrales características de los contaminantes orgánicos o de los productos de la degradación del aceite.

La realización de análisis periódicos, nos pueden dar una idea de la velocidad de oxidación del aceite, que es un parámetro importante que determina la vida útil del aceite en servicio. Un incremento en la velocidad de oxidación requiere medidas preventivas inmediatas para evitar un incremento excesivo en la viscosidad, formación de ácidos orgánicos, taponamiento de filtros, depósitos en pistones, etc.

La espectroscopia de infrarojo también puede indicar contaminación debido a la presencia de agua, refrigerante del tipo glicólico, hollín, gasolina, y diesel dependiendo del tipo de aceite que se este analizando. Cuando cualquiera de estos contaminantes son encontrados, normalmente son realizadas otras pruebas para cuantificar la cantidad de contaminante presente.

Numero de Base Total

El numero de base total (TBN) , es la medida de la reserva de alcalinidad de un lubricante. La reserva alcalina es un indicador de la habilidad del aceite para neutralizar sub productos ácidos de la combustión. El TBN es medido normalmente por titulación con ácido perclórico (método ASTM D 2896) o por titulación potenciométrica con ácido clorhídrico (método ASTM D 4739).

Los valores deTBN son principalmente usados para monitorear el remanente alcalino del aditivo agregado al aceite de motor para este efecto. El TBN es particularmente importante para motores diesel de vehículos de transporte de pasajeros y de carga, equipos de construcción, y motores marinos.

La recomendación de los fabricantes de motores, es que el aceite tenga un valor de TBN 20 veces mas alto que el nivel de azufre del combustible empleado, sin embargo las restricciones ambientales hacen que hoy en día los combustibles no excedan su contenido de azufre 0.05%.

Numero Acido Total

El número ácido total (TAN) es determinado por el método ASTM D 664 y es usado generalmente para lubricantes industriales como aceites de turbinas, aceites hidráulicos y aceites de refrigeración, con el fin de monitorear el aumento de la acidez del aceite en servicio. El número ácido total es usado como guía para evaluar el nivel de oxidación de los aceites. Normalmente se recomienda el cambio de aceite cuando el valor del TAN excede valores predeterminados por los fabricantes de equipos. Cualquier cambio brusco en el valor del TAN es una indicación de condiciones de operación anormales que requieren ser investigados.

En resumen podemos decir que un programa de análisis de aceites usados proporciona información del estado del aceite en servicio y es usado para determinar su capacidad de continuar en servicio y para establecer periodos de cambio para condiciones de operación normal como parte de las actividades de mantenimiento preventivo. Es importante notar que una sola prueba o valor puede ser usado para determinar el estado de un aceite, es importante hacer varias pruebas para establecer una tendencia que nos pueda dar indicios de algún problema de funcionamiento. Los requerimientos de mantenimiento y periodos de cambio serán determinados en función de estas tendencias.

El análisis de aceite será una herramienta importante en el mantenimiento preventivo y predictivo, en la medida que se determina adecuadamente el equipo a ser monitoreado y las pruebas que se harán de acuerdo al tipo de aceite y de la aplicación. La comunicación entre el personal de mantenimiento y el de laboratorio debe ser permanente y completa de manera que todos los aspectos sean tomados en cuenta y permitan que el programa de análisis sean parte importante del éxito del programa de mantenimiento.

8.- CASOS PRACTICOS

8.1 PESCAPERU PLANTA HUARMEY

A continuación se describe un caso sencillo de una planta pesquera que logró ahorros por reducción de inventarios logrados por simplificación de lubricantes. El ejemplo es real y extensible a otras plantas mas complejas donde los consumos son mayores, y por lo tanto también lo es el ahorro por este concepto. A este ahorro habría que adicionarse el ahorro que pudiera lograrse por extensión de períodos de cambio, sin embargo no se cuenta con información suficiente para estimar el monto.

Hasta 1995 la planta de Pesca Perú en Huarney venía operando satisfactoriamente empleando una mezcla de lubricantes de las marcas Shell y Mobil , según se indica en el estudio de lubricación que se efectuó a esta planta y que se incluyen en el presente informe.

El estudio de lubricación es un levantamiento de información en el campo, recorriendo todos y cada uno de los equipos de planta y en cada uno anotando los puntos móviles que son lubricados. El recorrido se hace siguiendo el flujo de procesos con el fin de evitar la omisión de algún equipo, y se utiliza la terminología que se emplea en la planta para designar a cada equipo de manera que al presentar el informe la mención del equipo le es completamente familiar tanto a los ingenieros de mantenimiento como a los lubricadores.

En el estudio se incluye la descripción del equipo y el detalle del elemento a lubricar, el producto que se viene empleando actualmente, el producto que se recomienda y la frecuencia de inspección y/o cambio recomendada. Esta frecuencia puede ser modificada mediante el análisis de los aceites con el fin de extender el periodo de cambio o acortarlo si la exigencia de trabajo es mayor a la prevista.

En la última página del estudio de Lubricación se acostumbra hacer un resumen de los lubricantes empleados y recomendados con el fin de hacer un análisis comparativo de los tipos de aceites empleados y hacer una primera evaluación técnico – económica en función del tipo y número de lubricantes

De este estudio podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Existen 2 aceites de diferentes marcas que cumplen especificaciones similares y que se mantienen debido a la costumbre del personal de mantenimiento que recomienda el uso exclusivo de Delvac 1440 de Mobil para motores caterpillar. Esta es una costumbre que se ve mucho en la industria nacional. El Ursa Super Plus Sae 40 cumple las mismas especificaciones que los aceites Rimula X 40 y Delvac 1440 reduciendo el numero de aceites para esta aplicación.

- El aceite Tellus 68 recomendado para la bomba del sistema hidráulico puede ser sustituido por su equivalente en especificaciones Rando HD 68, sin embargo, en la centrífuga Alfa Laval se esta empleando el aceite Omala 68 que por el potencial de contaminación por agua que maneja puede ser reemplazado por el aceite Regal R&O 68 que no sólo tiene la misma aprobación AGMA para engranajes que tiene el Omala 68 sino que puede ser usado en la bomba del sistema hidráulico, lográndose reducir un lubricante mas de los inventarios.

- En cuanto a grasas, actualmente se esta empleando la grasa Mobil Grease Special debido a las altas temperaturas que alcanza la radiación en los rodamientos de las cocinas 1,2 y 3. La temperatura que se alcanza es del orden de 110°C y provoca la separación del aceite en la grasa Alvania EP 2 y obliga al uso de esta grasa especial con Bisulfuro de molibdeno. La grasa Multifak EP 2 no sólo maneja todas las aplicaciones de lubricación general de la grasa Alvania EP 2 sino que soporta sin dificultad temperaturas de radiación de hasta 120°C lo que la hace ideal para el engrase general de toda la planta.

- Los otros productos, Omala 220 y Open Gear 2 serían reemplazados por sus equivalentes sin que exista alguna ventaja inicial.

- El empleo de un número menor de lubricantes no sólo ayuda a mantener un nivel de inventarios menor, sino que reduce el riesgo de error en la aplicación de los lubricantes, ya que el personal de lubricación no siempre esta bien capacitado y mantienen el pensamiento que todos los lubricantes son iguales.

- De acuerdo al cuadro 8-1 que se muestra a continuación se observa que existe una política de mantenimiento de 15 días de stock de seguridad en función de los tipos de envase de los productos que se consumen, cilindros de 55 gls de aceite, cilindros de 375 lbs de grasa y baldes de 35 lbs. de grasa.

- El capital inmovilizado por inventarios se reduce en US\$578.85 que pueden ser utilizados para otros fines.

Señores :Pesca Perú Huarmey S. A.

EQUIPO	PRODUCTO ACTUAL	PRODUCTO RECOMENDADO	FRECUENCIA
ATA			
- MOTOR GENERAL MOTORS (1 u.)	RIMULA X 40	URSA SUPER PLUS SAE 40	I=diario(1) / C=(2)
DESAGUADOR VIBRATORIO			
Rodamientos (2 u.)	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
DESAGUADOR DE MALLA			
Polines del Desaguador		MEROPA 220	L = diaria
Transmisión del Desaguador de Malla Cadena, Piñones Puntos de Engrase	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
ECCION TOLVA			
- BOMBA DEL SISTEMA HIDRAULICO	TELLUS 68	REGAL R&O 68	I=sem. / C=6 meses
N POZAS DE ALMACENAMIENTO (2 pozas)			
- GUSANOS DE POZA A TRANSPORTADOR Y ELEVADOR DE MATERIA PRIMA (2 por poza)			
Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Bocinas	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Cadena y Piñones	OMALA 220	MEROPA 220	L = diaria
- GUSANO RECOLECTOR (Alimenta a recolectores)			
Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Bocinas	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Cadena y Piñones			
SPORTADOR Y ELEVADOR DE MATERIA PRIMA (2 Rastras)			
Polines	OMALA 220	MEROPA 220	L = diaria
Sproquel (4 por rastra)			
- Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
- Bocinas de bronce	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal

(1) Rellénese a nivel según se requiera

(2) La frecuencia de cambio óptima puede determinarse exactamente a través de análisis de aceite usado en nuestro laboratorio.

I = Inspección
C = Cambio
E = Engrase
L = Lubricación

EQUIPO	PRODUCTO ACTUAL	PRODUCTO RECOMENDADO	FRECUENCIA
POZA DE RECUPERACION SECUNDARIA			
- GUSANO (1 u.) Rodamiento Bocina Piñón y Cadena	ALVANIA EP 2 ALVANIA EP 2 OMALA 220	MULTIFAK EP-2 MULTIFAK EP-2 MEROPA 220	E = Semanal E = Semanal L = diaria
- BOMBA VERTICAL AUTOCEBANTE (2 u.) Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
- BOMBA DE BOMBEO DE RECUPERACION SECUNDARIA MARCA HIDROSTAL (1 u.) Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
SECCION COCINAS			
- GUSANO ALIMENTADOR A COCINA # 1 Rodamiento Bocina Piñón y Cadena	ALVANIA EP 2 ALVANIA EP 2 OMALA 220	MULTIFAK EP-2 MULTIFAK EP-2 MEROPA 220	E = Semanal E = Semanal L = diaria
- COCINAS # 1 Y 3 MARCA ATLAS Rodamiento Bocina Piñón y Cadena Variador de Velocidad (2 , uno por cocina) Caja de Engranajes Rodamientos	MOBIL GREASE SPECIAL OMALA 220 OMALA 220 OMALA 220 MOBIL GREASE SPECIAL	MULTIFAK EP-2 MEROPA 220 MEROPA 220 MEROPA 220 MULTIFAK EP-2	E = Semanal L = diaria L = diaria I=sem./C=6 meses E = Semanal
- COCINA # 2 MARCA PROMECAN Rodamiento Bocina Piñón y Cadena Variador de Velocidad (2 , uno por cocina) Caja de Engranajes Rodamientos Biela Central	MOBIL GREASE SPECIAL OMALA 220 OMALA 220 OMALA 220 MOBIL GREASE SPECIAL MOBIL GREASE SPECIAL	MULTIFAK EP-2 MEROPA 220 MEROPA 220 MEROPA 220 MULTIFAK EP-2 MULTIFAK EP-2	E = Semanal L = diaria L = diaria I=sem./C=6 meses E = Semanal E = Semanal

- (1) Rellénesse a nivel según se requiera
 (2) La frecuencia de cambio óptima puede determinarse exactamente a través de análisis de aceite usado en nuestro laboratorio.

I = Inspección
 C = Cambio
 E = Engrase
 L = Lubricación

EQUIPO	PRODUCTO ACTUAL	PRODUCTO RECOMENDADO	FRECUENCIA
PRE - STRAINERS O DRENADORES DE COCINA			
(6, 2 por cocina)			
Rodamiento	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Bocina	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Piñón y Cadena	OMALA 220	MEROPA 220	L = diaria
Caja de Engranajes	OMALA 220	MEROPA 220	I=sem./C=6 meses
PRENSAS (3, 1 por cocina)			
Motovariador de Velocidad			
Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Caja de Engranajes	OMALA 220	MEROPA 220	C = 6 meses
Cojinetes	OMALA 220	MEROPA 220	L = diaria
COLECTOR DE KEKE DE SOLIDOS HUMEDOS(10u.)			
ó Transportadores Mecánicos de Sólidos Húmedos			
Rodamiento	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Bocina	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Piñón y Cadena	OMALA 220	MEROPA 220	L = diaria
PRE - SECADORES (2 u.)			
Pistas	OPEN GEAR 5	CRATER 2X FLUID	E = Quincenal
Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Reductores			
Rodamiento	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Piñón y Cadena	OMALA 220	MEROPA 220	L = diaria
Caja de Engranajes	OMALA 220	MEROPA 220	I=sem./C=6 meses
ECADOR (1 u.)			
Pistas			
Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Reductores			
Rodamiento	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Piñón y Cadena	OMALA 220	MEROPA 220	L = diaria
Caja de Engranajes	OMALA 220	MEROPA 220	I=sem./C=6 meses
MOLINO # 1 Y 2			
Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
LADOR NEUMATICO			
Rodamientos (2 u.)	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
<p>(1) Rellénese a nivel según se requiera</p> <p>(2) La frecuencia de cambio óptima puede determinarse exactamente a través de análisis de aceite usado en nuestro laboratorio.</p>			<p>I = Inspección</p> <p>C = Cambio</p> <p>E = Engrase</p> <p>L = Lubricación</p>

EQUIPO	PRODUCTO ACTUAL	PRODUCTO RECOMENDADO	FRECUENCIA
PESAJE Y ENSAQUE			
- GUSANO TRANSPORTADOR A TOLVIN DE ANTIOXIDANTE (1 u.)			
Rodamiento	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Bocina	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Piñón y Cadena	OMALA 220	MEROPA 220	L = diaria
- GUSANO TRANSPORTADOR DE HARINA A GUSANO ALIMENTADOR DE BALANZA AUTOMATICA (1u.)			
Rodamiento	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Bocina	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Piñón y Cadena	OMALA 220	MEROPA 220	L = diaria
- GUSANO TRANSPORTADOR A BALANZA AUTOMATICA (1 u.)			
Reductor			
Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Caja de Engranajes	OMALA 220	MEROPA 220	I=sem./C=6 meses
SEPARADORA DE SOLIDOS			
Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Caja de Engranajes	OMALA 68	REGAL R&O 68	I=sem./C=6 meses
USANO TRANSP. DE SOLIDOS HUMEDOS			
Rodamiento	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Bocina	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Piñón y Cadena	OMALA 220		L = diaria
BOMBAS VERTICALES DE LICOR DE PRENSA (2 u.)			
Rodamiento	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Bocina	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
BOMBAS DE CALDO A TANQUE CENTRIFUGA (2 u.)			
Rodamiento	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Bocina	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
ENTRIFUGA ALFA LAVAL (9u.)			
Rodamiento	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
Caja de Engranajes	OMALA 68	REGAL R&O 68	I=sem./C=6 meses
(1) Rellénese a nivel según se requiera			I = Inspección
(2) La frecuencia de cambio óptima puede determinarse exactamente a través de análisis de aceite usado en nuestro laboratorio.			C = Cambio
			E = Engrase
			L = Lubricación

Señores :Pesca Perú Huarmey S. A.

EQUIPO	PRODUCTO ACTUAL	PRODUCTO RECOMENDADO	FRECUENCIA
PLANTA DE COLA ROSEMBLADS (1 u.)			
- BOMBAS DE AGUA DE COLA (3 u.) Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
PLANTA DE COLA LIMVANN (1 u.)			
- BOMBAS DE AGUA DE COLA (3 u.) Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
CALDERAS (4 u.)			
- BOMBAS DE AGUA Y PETROLEO Rodamientos	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
- VENTILADORES	ALVANIA EP 2	MULTIFAK EP-2	E = Semanal
GRUPOS ELECTROGENOS (5 u.)			
MARCA CATERPILLAR MODELO 3412 (2 u.)	DELVAC 1440	URSA SUPER PLUS SAE 40	I=diario(1) / C=(2)
MARCA CATERPILLAR MODELO 353 (1 u.)	DELVAC 1440	URSA SUPER PLUS SAE 40	I=diario(1) / C=(2)
MARCA CATERPILLAR MODELO 379 (1 u.)	DELVAC 1440	URSA SUPER PLUS SAE 40	I=diario(1) / C=(2)
MARCA GENERAL MOTORS (1 u.)	RIMULA X SAE 40	URSA SUPER PLUS SAE 40	I=diario(1) / C=(2)

- (1) Rellénese a nivel según se requiera
 (2) La frecuencia de cambio óptima puede determinarse exactamente a través de análisis de aceite usado en nuestro laboratorio.

I = Inspección
 C = Cambio
 E = Engrase
 L = Lubricación

RECOMENDACIONES DE LUBRICACION

RESUMEN DE LUBRICANTES RECOMENDADOS

ACEITES ACTUALES	GLS/MES	ACEITES RECOMENDADOS	GLS/MES
MOBIL DELVAC 1440	55	URSA SUPER PLUS SAE 40	385
RIMULA X SAE 40	330	MEROPA 220	110
OMALA 220	110	REGAL R&O 68	40
OMALA 68	20		
TELLUS 68	20		

GRASAS ACTUALES	LBS/MES	GRASAS RECOMENDADAS	LBS/MES
ALVANIA EP 2	350	MULTIFAK EP-2	400
MOBIL GREASE SPECIAL	50	CRATER 2X FLUID	50
OPEN GEAR GREASE 2	50		

ANALISIS COMPARATIVO D E COSTOS DE INVENTARIO

ACEITES ACTUALES	GLS/MES	PRECIO UNITARIO	STOCK MINIMO	VALOR STOCKS	ACEITES RECOMENDADO	GLS/MES	PRECIO UNITARIO	STOCK MINIMO	VALOR STOCKS
MOBIL DELVAC 1440	55	4.36	55	\$239.80	URSA SUPER PLUS SAE 40	330	4.36	165	\$719.40
RIMULA X SAE 40	275	4.36	165	\$719.40	MEROPA 220	110	5.21	55	\$286.55
OMALA 220	110	5.21	55	\$286.55	REGAL R&O 68	40	4.29	55	\$235.95
OMALA 68	20	5.21	55	\$286.55					0
TELLUS 68	20	4.29	55	\$235.95					0
TOTALES	480		385	\$1,768.25		480		275	\$1,241.90

GRASAS ACTUALES	LBS/MES	PRECIO UNITARIO	STOCK MINIMO	VALOR STOCKS	GRASAS RECOMENDADA	LBS/MES	PRECIO UNITARIO	STOCK MINIMO	VALOR STOCKS
ALVANIA EP 2	350	1.2	375	\$450.00	MULTIFAK EP-2	400	1.2	375	\$450.00
MOBIL GREASE SPECIAL	50	1.5	35	\$52.50	CRATER 2X FLUID	50	1.4	35	\$49.00
OPEN GEAR GREASE 2	50	1.4	35	\$49.00					
TOTALES	450		445	\$551.50		450			\$499.00

Cuadro 8-1

8.2 EXPRESO CRUZ DEL SUR

Expreso Cruz del Sur es una de las empresas de transporte de pasajeros mas grandes del pais, cuenta con una flota de 250 buses y 120 camiones que operan bajo otra razón social.

El consumo de aceite de motor era del orden de 1,500 gls/mes de aceite Mobil delvac 1440 que es un aceite monogrado con clasificación API CD/SF.

Este consumo es el consumo real considerando que los vehículos cambian de aceite cada 15,000 y que en promedio siempre el 80% de la flota esta en operación y el 20% en mantenimiento.

Considerando que existía un plan de renovación e incremento de la flota, se propuso el cambio del aceite en uso a un aceite multigrado y de un nivel de calidad superior CF4/SF y que responda a las exigencias de las maquinas nuevas y al mismo tiempo no afecte el funcionamiento de las maquinas de más antigüedad.

Luego de un seguimiento muy estrecho a 4 unidades de prueba, (2 nuevas y 2 antiguas), mediante análisis de aceites usados, se llegó a establecer que el período de cambio de aceite podía incrementarse a 20,000 Km sin que el motor se vea afectado ya que el aceite hasta ese kilometraje mantenía intactas sus características de lubricación.

En las paginas siguientes se muestra los resultados de análisis de la unidad U-2012 CM con un motor Volvo B-12, a la cual se le esta haciendo un seguimiento de comprobación del estado del aceite a los 20,000 Km de uso recomendado.

De estos resultados se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Sólo en el caso en el que se excedió en mas de 10% el número de kilómetros establecidos se encontró al aceite en situación de ser cambiado lo antes posible, en el resto de casos los valores están dentro de los rangos permitidos.
- En todos los casos la variable que esta mas cerca de su valor límite es el TBN.
- Las variables que normalmente descartan un aceite de motor para mantenerse en uso son:
 - a.- TBN > 3.2
 - b.- Viscosidad a 40°C +/- 10% el valor de la viscosidad del aceite nuevo.
 - c.- Agua > 1%
 - d.- hierro > 30-50 ppm
 - e.- Sílice > 15-20 ppm
- En general la ausencia de sedimentos demuestran eficiencia en el filtrado lograda cambiando el filtro en cada cambio de aceite.
- El incremento en la viscosidad del aceite es muy parejo en cada muestra lo cual demuestra un funcionamiento homogéneo en el motor.
- El aceite esta en condiciones de ser cambiado cada 20,000 km. sin causar problemas de funcionamiento al motor.
- El ahorro obtenido por el uso de un aceite multigrado, no es sólo por la extensión del período de cambio, sino principalmente por la reducción de los costos de mantenimiento:



TEXACO

REPORTE DE ANALISIS DE ACEITE USADO

12/06/20

TexPet N° : AAL 0585

13

Cliente : 00237 EXPRESO CRUZ DEL SUR S.A.

Maquina : U2012CM MOTOR VOLVO B-12

Producto : 2109 URSA SUPER PLUS SAE 15W-40
Km/Hr/Otro: 19298 KMS
Servicio : AMD

Laboratorio :

s N°	AAL0585	AAL0429	IAU2503	IAU1585
tro	19298 KMS	23470 KM	21600 KM	22656 KMS
e Muestreo	15/05/2000	06/03/2000	28/10/1999	11/05/1999
e Recibo	09/06/2000	29/03/2000	29/10/1999	13/05/1999

CIA	NEGRO USADO	NEGRO USADO	NEGRO COMBUSTIBL	NEGRO COMBUSTIBL
VOL	0.00	0.00	0.00	0.00
DAD cSt 40 C	100.94	108.68	97.34	95.69
	3.57	3.26	5.92	4.77
TOS, OBSERVAC	NO HAY	NO HAY	POLVILLO	NIL
NIO, PPM	2	4	20	3
, PPM	2	13	13	4
, PPM	0	1	30	1
O, PPM	29	35	72	21
, PPM	9	11	2	3
E, PPM	5	4	86	5
(%W) SP-24C	1.50	1.00	0.50	0.50
TOS, % Vol	0.00	0.00	0.01	NIL

ULTADOS DEL ANALISIS DEL ACEITE REPRESENTADO POR LA MUESTRA, ICAÑ:

RIOS:

ONES GENERALES SATISFACTORIAS. EL ACEITE PUEDE CONTINUAR EN USO

[Signature]
artamento Técnico



TEXACO

Week

REPORTE DE ANALISIS DE ACEITE USADO

12/06/2000

TexPet N° : AAL 0598 13

Cliente : 00237 EXPRESO CRUZ DEL SUR S.A.

Maquina : U2012CM MOTOR VOLVO B-12

Producto : 2109 URSA SUPER PLUS SAE 15W-40

Km/Hr/Otro: 21571 KMS

Servicio : AMD

de Laboratorio :

sis N° /Otro de Muestreo de Recibo	AAL0598 21571 KMS 08/06/2000 09/06/2000	AAL0585 19298 KMS 15/05/2000 09/06/2000	AAL0429 23470 KM 06/03/2000 29/03/2000	IAU2503 21600 KM 28/10/1999 29/10/1999
ENCIA	NEGRO USADO	NEGRO USADO	NEGRO USADO	NEGRO COMBUSTIBLE
% VOL	0.00	0.00	0.00	0.00
SIDAD cSc 40 C	111.19	100.94	108.68	97.34
	3.54	3.57	3.26	5.92
ENTOS, OBSERVAC	NO HAY	NO HAY	NO HAY	POLVILLO
MINIO, PPM	5	2	4	20
RE, PPM	3	2	13	13
MO, PPM	0	0	1	30
RRO, PPM	50	29	35	72
MO, PPM	21	9	11	2
ICE, PPM	10	5	4	86
N (%W) SP-24C	1.50	1.50	1.00	0.50
ENTOS, % Vol	0.00	0.00	0.00	0.01

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL ACEITE REPRESENTADO POR LA MUESTRA, INDICAN:

CONCLUSIONES GENERALES SATISFACTORIAS. EL ACEITE PUEDE CONTINUAR EN USO

[Handwritten Signature]

Departamento Técnico



TEXACO

check

REPORTE DE ANALISIS DE ACEITE USADO

11/07/00

TexPet N° : AAL 0741 13
 Cliente : 00237 EXPRESO CRUZ DEL SUR S.A.
 Maquina : U2012CM MOTOR VOLVO B-12
 Producto : 2109 URSA SUPER PLUS SAE 15W-40
 Km/Hr/Otro: 19361 KMS
 Servicio : AMD

de Laboratorio :				
Analisis N°	AAL0741	AAL0598	AAL0585	AAL0429
km/Otro	19361 KMS	21571 KMS	19298 KMS	23470 KM
Fecha de Muestreo	13/06/2000	08/06/2000	15/05/2000	06/03/2000
Fecha de Recibo	05/07/2000	09/06/2000	09/06/2000	29/03/2000
CONDICION	NEGRO USADO	NEGRO USADO	NEGRO USADO	NEGRO USADO
% VOL	0.00	0.00	0.00	0.00
Viscosidad cSt 40 C	111.75	111.19	100.94	108.68
Índice de Muestras	3.58	3.54	3.57	3.26
COMENTARIOS, OBSERVACIONES	POLVILLO	NO HAY	NO HAY	NO HAY
MINIO, PPM	6	5	2	4
AZUFRE, PPM	5	3	2	13
COBRE, PPM	1	0	0	1
PLATA, PPM	31	50	29	35
COBALTO, PPM	6	21	9	11
NIQUEL, PPM	4	10	5	4
MOFEN (N (%W) SP-24C)	1.00	1.50	1.50	1.00
COMENTARIOS, % Vol	0.01	0.00	0.00	0.00

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL ACEITE REPRESENTADO POR LA MUESTRA, INDICAN:

CONCLUSIONES: CONDICIONES GENERALES SATISFACTORIAS. EL ACEITE PUEDE CONTINUAR EN USO

[Handwritten signature]
 Departamento Técnico



TexCheck.

REPORTE DE ANALISIS DE ACEITE USADO

03/04/2000

TexPet N° : AAL 0429 13

Cliente : 00237 EXPRESO CRUZ DEL SUR S.A.

Maquina : U2012CM MOTOR VOLVO B-12

Producto : 2109 URSA SUPER PLUS SAE 15W-40

Km/Hr/Otro: 23470 KM

Servicio : AMD

Datos de Laboratorio :

Analisis N°	AAL0429	IAU2503	IAU1585	IAU1483
Km/Hr/Otro	23470 KM	21600 KM	22656 KMS	20392 KMS
Fecha de Muestreo	06/03/2000	28/10/1999	11/05/1999	16/04/1999
Fecha de Recibo	29/03/2000	29/10/1999	13/05/1999	22/04/1999
APARIENCIA	NEGRO	NEGRO	NEGRO	NEGRO
OLOR	USADO	COMBUSTIBL	COMBUSTIBL	COMBUSTIBL
AGUA, % VOL	0.00	0.00	0.00	0.00
VISCOSIDAD cst 40 C	108.68	97.34	95.69	81.76
T B N	3.26	5.92	4.77	5.90
SEDIMENTOS, OBSERVAC	NO HAY	POLVILLO	NIL	NIL
* ALUMINIO, PPM	4	20	3	3
* COBRE, PPM	13	13	4	10
* CROMO, PPM	1	30	1	0
* HIERRO, PPM	35	72	21	26
* PLOMO, PPM	11	2	3	4
* SILICE, PPM	4	86	5	10
HOLLIN (%W) SP-24C	1.00	0.50	0.50	0.25
SEDIMENTOS, % Vol	0.00	0.01	NIL	NIL

LOS RESULTADOS DEL ANALISIS DEL ACEITE REPRESENTADO POR LA MUESTRA,
 NOS INDICAN:
 T B N VALOR MUY PROXIMO AL MINIMO TOLERABLE

COMENTARIOS:
 SE SUJERE PROGRAMAR DRENAJE EN LAS PROXIMAS SEMANAS

Departamento Técnico

9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una correcta lubricación de los equipos es la mejor manera de prevenir y reducir la posibilidad de que ocurran otros tipos de fallas.

- Sólo se logra una correcta lubricación, utilizando el lubricante correcto, en el lugar correcto, en la cantidad correcta y cambiándolo en el tiempo correcto.

- Si bien la teoría de lubricación está descrita en muchas referencias bibliográficas, en la industria, el personal operativo no está bien capacitado en el tema, por lo que resulta valioso para los jefes de mantenimiento que los proveedores de aceite capaciten al personal en la selección y aplicación de lubricantes.

- En la práctica no existe lubricante malo (siempre que cumpla las normas internacionales), sólo existen lubricantes mal seleccionados o mal aplicados.

- El 99% de problemas atribuidos a los lubricantes son causados por fallas mecánicas.

- El uso de softwares de mantenimiento es cada vez más común en la industria, y es el fruto de un trabajo conjunto entre los jefes de mantenimiento y el ingeniero de lubricación de su proveedor.

- El uso de programas de análisis de aceites usados son una herramienta para establecer los periodos de cambio, y tomar decisiones respecto al estado del equipo.

- En la actualidad la alta competitividad que existe en el mercado industrial en todo tipo de productos repuestos y servicio, ha provocado que las empresas en los últimos años incluyan en sus áreas comerciales a profesionales en ingeniería para satisfacer los requerimientos de este tipo de cliente, lo cual ha determinado un nuevo campo de desarrollo profesional para el ingeniero.

- Se recomienda a los egresados de las diferentes especialidades de ingeniería no descartar el área de ventas como una posibilidad de desarrollo. Esta área sólo requiere de una personalidad extrovertida y un conocimiento profundo de la línea de productos a manejar que se logra en función al conocimiento de su especialidad.

10.- BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Manual de productos , Texas Petroleum Company Sucursal del Perú
- 2.- Petroleum Products, Lubricants and Fossil Fuels, Annual Book of ASTM Standards Vol. 05.01.
- 3.- “La Viscosidad de los Lubricantes” , Lubricación , Volumen 78 Numero 3 1992, Texas Petroleum Company
- 4.- “ Used Oil Analysis – A Vital Part of Maintenance”, Lubricación , Volumen 79 Numero 3 1992, Texas Petroleum Company
- 5.- “Selección y Uso de Lubricantes para Maquinaria Industrial” Departamento técnico, Texas Petroleum Company Sucursal del Perú.
- 6.- “Compresors” , Chevron Lubricants News 1995
- 7.- “Aditives Technology Advances” Lubrizol Chemicals 1998