



300612  
**UNIVERSIDAD LA SALLE** 5  
24j

**ESCUELA DE INGENIERIA**

**INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

**" ANALISIS DE ACEITE PARA MOTOR DE  
COMBUSTION INTERNA A GASOLINA COMO BASE  
DEL CICLO DE MANTENIMIENTO EN FLOTILLAS "**

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
**P R E S E N T A :**  
**LUIS ALBERTO / CHAPARRO OTERO**

**ASESOR DE TESIS:**

**ING. SERGIO ARENAS AVILA**

**MEXICO, D. F.**

**1995**

**FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



Al Pasante Señor:

Luis Alberto Chaparro Otero

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Ud. a continuación el tema que aprobado por esta Dirección, propuso como Asesor de Tesis el Ing. Sergio Arenas Avila, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista con área principal en Ingeniería Mecánica.

**"ANÁLISIS DE ACEITE PARA MOTOR DE COMBUSTION INTERNA A GASOLINA  
COMO BASE DEL CICLO DE MANTENIMIENTO EN FLOTILLAS"**

con el siguiente índice:

	INTRODUCCION
CAPITULO I	MOTOR A GASOLINA
CAPITULO II	ACEITES PARA CARTER EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA
CAPITULO III	VIDA UTIL DE UN ACEITE PARA MOTOR
CAPITULO IV	MANTENIMIENTO
CAPITULO V	BENEFICIOS ECONOMICOS
	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFIA

Ruego a Ud., tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A T E N T A M E N T E  
"INDIVISA MANENT"  
ESCUELA DE INGENIERIA  
México, D.F., a 20 de Febrero de 1995



ING. SERGIO ARENAS AVILA  
ASESOR DE TESIS



ING. EDMUNDO BARRERA MONSIVAIS  
D I R E C T O R

**UNIVERSIDAD LA SALLE**

BENJAMIN FRANKLIN 47, TEL. 518-99-60 MEXICO 06140 D.F.

**AL CREADOR            POR LA VIDA**

**A MI MAMA            POR SU TENACIDAD, SUS PALABRAS DE  
ALIENTO Y SOBRE TODO, POR SU GRAN  
AMOR.**

**A MIS HERMANOS        CESAR, ARTEMISA Y ARIADNE  
POR SU IMPETU Y APOYO.**

**A MI PAPA            POR SU FIRMEZA.**

**A ADRIANA            POR SU COMPRENSION Y CARIÑO.**

**A MI HIJO            LUIS DANIEL  
POR SER EL MOTOR QUE ME IMPULSA.**

**A CONRADO CHAVEZ  
A RAMON MARTINEZ  
A LEOPOLDO CARRASCO        POR SU AMISTAD.**

**AL ING. SERGIO ARENAS        POR SU DIRECCION Y GUIA EN ESTE  
TRABAJO.**

**AL ING. FELIPE AGUILERA        POR SU APOYO.**

**A MI UNIVERSIDAD**

**GRACIAS**

# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN

<b>CAPÍTULO 1. Motor a gasolina</b>	<b>1</b>
1.1. Motor de combustión interna a gasolina (ciclo Otto)	1
1.1.1. Descripción del ciclo Otto	3
1.2. Términos básicos del motor	4
1.3. Partes estacionarias del motor	7
1.4. Partes móviles del motor	10
1.5. Presión de aire en el motor	16
1.6. Sistemas auxiliares del motor	17
1.7. Eficiencia del motor	19
1.7.1. Potencia y rendimiento mecánico	19
1.7.2. Rendimiento térmico	22
1.7.3. Rendimiento volumétrico	23
<b>CAPÍTULO 2. Aceites para cárter en motores de combustión interna</b>	<b>25</b>
2.1. Lubricación	25
2.1.1. Propiedades de los lubricantes	26
2.1.1.1. Viscosidad	26
2.1.1.2. Índice de viscosidad (I.V.)	30
2.1.1.3. Punto de fluidez	31
2.1.1.4. Oleosidad	32
2.1.1.5. Detergencia	32
2.1.1.6. Estabilidad	32
2.1.2. Fricción	33
2.1.3. Aceites básicos de petróleo	39
2.1.4. Aditivos	39
2.1.5. Organizaciones involucradas en normas del petróleo	44

2.2. Clasificación S.A.E.	45
2.2.1. Clasificación de servicio API para motores	46
2.3. Aceites para motor	48
2.4. Sistemas de lubricación en los motores	49
2.5. Aceites monogrado vs multigrado	52
2.6. Pruebas para aceite	53
2.6.1. Análisis físicos	53
2.6.2. Análisis químicos	56
2.6.3. Análisis de laboratorio	57
2.7. Límites de contaminantes en un aceite usado	60
2.8. Contaminantes en el aceite usado	62
<b>CAPÍTULO 3. Vida útil de un aceite para motor</b>	64
3.1. Propiedades de los aceites a probar	64
3.2. Evaluación de comportamientos por dinamómetro	65
3.3. Prueba de campo en flotilla mexicana	70
3.4. Incremento en rendimiento de combustible	77
3.5. Variaciones en cantidad de emisiones	78
<b>CAPÍTULO 4. Mantenimiento</b>	80
4.1. Mantenimiento correctivo	80
4.2. Mantenimiento preventivo	81
4.2.1. Mantenimiento periódico	88
4.2.2. Mantenimiento predictivo	89
4.3. Cuadro comparativo de mantenimiento preventivo para camiones ligeros	90
4.4. Ciclo de mantenimiento preventivo ideal para flotillas	95
<b>CAPÍTULO 5. Beneficios económicos</b>	101
<b>CONCLUSIONES</b>	104
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	106

## **INTRODUCCIÓN.**

La lubricación es un tema al cual no se le ha dado la importancia debida. El usuario de vehículos y los administradores de flotillas, normalmente prestan un mayor interés a los periodos de afinación, a la duración de las llantas, al estado de la pintura, etc., que a la calidad del aceite para motor y a los ciclos de cambio del mismo. Lo anterior se da principalmente por falta de difusión o información poco accesible que permita crear una cultura de lubricación.

Es conveniente que el usuario de vehículos y los administradores de flotillas tengan presente que el aceite es para el motor como la sangre para el cuerpo humano, a falta de cualquiera tendríamos un innnente fallo del sistema, además, solo basta el análisis de una pequeña muestra de aceite para determinar su condición o estado, y poder actuar a tiempo, en caso de ser necesario.

Para adecuar los ciclos de mantenimiento preventivo recomendados por los fabricantes de motores, a la operación de una flotilla, es indispensable conocer la vida útil del aceite para motor utilizado, ya que sirve como parámetro para determinar los intervalos en que se deberán realizar las mínimas operaciones de conservación del vehículo.

Los beneficios dados por una buena selección de aceite, así como la determinación de un periodo de cambio óptimo , se pueden observar:

- a corto plazo; con un incremento en el rendimiento de combustible, así como una disminución en las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.
- a largo plazo; con una mayor vida del motor, menos problemas de mantenimiento correctivo y el subsecuente beneficio económico.

Como se puede apreciar, los beneficios a largo plazo no se pueden medir fácilmente.

Aunado a lo anterior, existe la resistencia del mecánico al cambio. La mayoría de los mecánicos se aferran a lo tradicional, como es el uso del aceite monogrado para motor, y rechazan al multigrado, por ser éste más delgado a temperatura ambiente y más caro que el monogrado.

Por las razones expuestas, se intentan compartir con el presente trabajo, las bases para la selección del mejor aceite lubricante para motor, desde la descripción del motor de combustión interna, las propiedades físicas y químicas del aceite, los resultados arrojados en una prueba de campo, hasta los beneficios que se pueden obtener al determinar el ciclo ideal de mantenimiento preventivo para flotillas, y comenzar de esta manera a fomentar una cultura de lubricación, para que en un futuro se vea reflejada en el incremento de productividad en la industria del transporte, y en el beneficio ecológico dado por la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera, así como la disminución en la generación de aceite usado, considerado como residuo peligroso.

## **CAPITULO 1**

### **MOTOR A GASOLINA.**

#### **1.1. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A GASOLINA (CICLO OTTO).**

La mayoría de los motores de combustión interna, utilizan el principio del émbolo reciprocante (figura 1-1), según el cual, un émbolo se desliza dentro de un cilindro, hacia arriba y hacia abajo, y transmite fuerza a la flecha motriz mediante un mecanismo de biela manivela. La secuencia de funcionamiento para este tipo de motores es:

- a) Una carrera de admisión para inducir una mezcla combustible hacia el interior del cilindro del motor, (válvula de admisión abierta).**
- b) Una carrera de compresión, para elevar la temperatura de la mezcla, (ambas válvulas cerradas).**
- c) Al final de la carrera de compresión, ocurre la chispa y el incendio consecuente de la mezcla homogénea, liberando energía que aumenta la temperatura y la presión de los gases; en seguida desciende el émbolo en la carrera de expansión o de potencia, (ambas válvulas cerradas).**
- d) Una carrera de escape, para barrer al cilindro, dejándolo libre de los gases quemados, (válvula de escape abierta).**

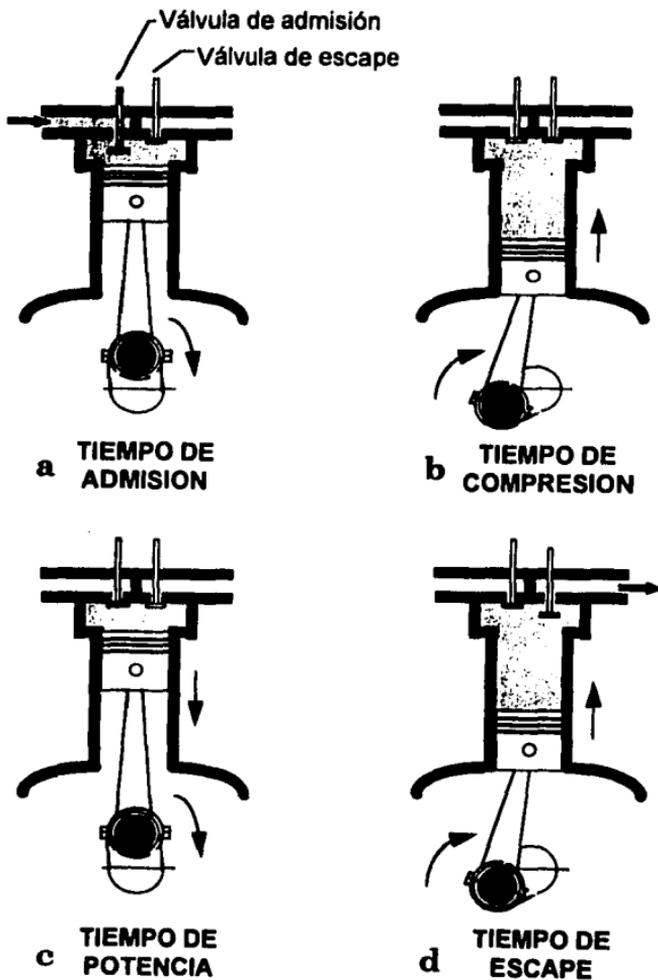


FIG. 1-1. Principio del ciclo de cuatro tiempos.

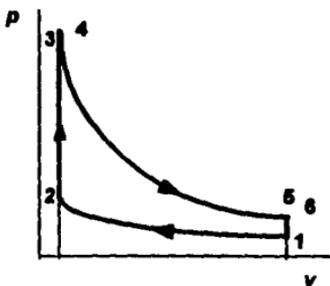
### 1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL CICLO OTTO.

En 1876, Otto, un ingeniero alemán, construyó un motor con ciclo de trabajo de cuatro carreras, nombrándose en lo sucesivo como ciclo Otto.

Los motores de combustión interna funcionan a partir del principio del desplazamiento positivo, aplicado a la operación de un pistón recíprocante que aprovecha los productos de una combustión para provocar el movimiento del pistón, que se encuentra conectado a un cigüeñal, el cual a su vez mueve una transmisión.

Lo anterior significa que se lleva a cabo la transformación sucesiva de la energía química que tiene un combustible en energía térmica y después en energía mecánica.

Esta transformación se lleva a cabo mediante la aplicación del ciclo Otto. Este ciclo considera al aire como fluido motriz. En el ciclo Otto se efectúa la combustión a volumen constante y está constituido por dos procesos adiabáticos, dos procesos isométricos y un proceso isobárico, según se muestra a continuación:



*Ciclo Otto de aire normal.*

- |     |   |              |
|-----|---|--------------|
| 1-2 | Succión de la mezcla (c+aire) a P y T constantes      | (ADMISIÓN)   |
| 2-3 | Compresión adiabática de la mezcla                    | (COMPRESIÓN) |
| 3-4 | Combustión de la mezcla a V constante                 | (IGNICIÓN)   |
| 4-5 | Expansión adiabática de mezcla de gases de combustión | (EXPANSIÓN)  |
| 5-6 | Descarga de los gases a V constante                   | (ESCAPE)     |

en donde:

P = Presión

T = Temperatura

V = Volumen

c = combustible

## 1.2. TÉRMINOS BÁSICOS DEL MOTOR.

**Punto muerto superior (PMS).** Es el punto más alto del viaje ascendente del pistón en el cilindro.

**Punto muerto inferior (PMI).** Es el punto más bajo del viaje descendente del pistón en el cilindro.

**Carrera.** Es la distancia en pulgadas recorrida por el cilindro en su movimiento desde PMS hasta PMI. El pistón tiene una carrera mientras viaja hacia abajo y otra cuando viaja hacia arriba. La carrera hacia abajo, más la carrera hacia arriba del pistón equivalen a una vuelta o revolución del cigüeñal.

**Diámetro del cilindro.** Es el diámetro interior del cilindro. Medida generalmente en pulgadas.

**Giro.** Es la distancia en pulgadas desde el centro del cojinete principal del cigüeñal al centro del cojinete de biela. La medida de un giro es igual a la mitad de la carrera.

**Revoluciones por minuto (rpm).** Es la unidad de medida usada para determinar la velocidad de piezas giratorias. Si un motor está trabajando a 2,000 rpm, significa que el cigüeñal gira 2,000 veces por cada minuto que trabaje el motor.

**Volumen de combustión (CV).** Para un cilindro, es el volumen de la cámara de combustión situada sobre el pistón, cuando este se encuentra en PMS.

**Desplazamiento del pistón (PD).** Esto, para un cilindro, significa el volumen que el pistón desplaza mientras viaja de PMS hasta PMI, y se mide en pulgadas o centímetros cúbicos. Para conocer el desplazamiento total de un motor, se multiplica PD por el número total de cilindros.

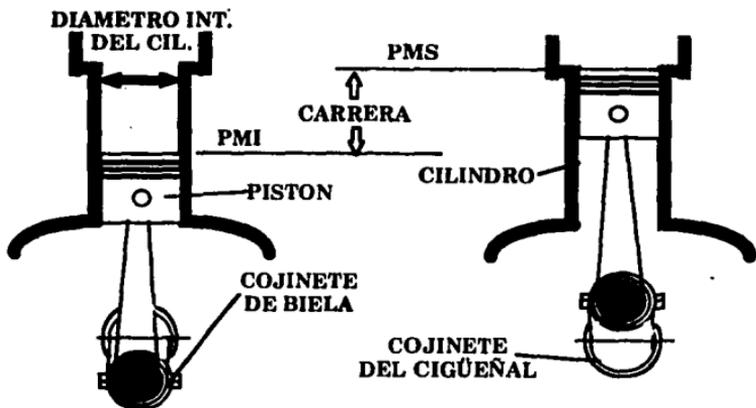
**Volumen total (TV).** El volumen total del cilindro es el volumen sobre el pistón cuando el pistón está en PMI y es igual a  $CV + PD$ .

**Relación de compresión (CR).** Es la relación entre el volumen total del cilindro y CV, y se calcula dividiendo el volumen total entre CV y se expresa como una relación (por ejemplo, 7 a 1, que significa que el volumen total = 7 se reduce hasta el volumen de combustión = 1).

**Eficiencia volumétrica.** Es la relación que hay entre la cantidad de mezcla de aire-combustible que entra al cilindro en la carrera de admisión y la cantidad requerida para llenar al cilindro a presión atmosférica; expresada en porcentaje.

**Caballaje (hp).** Es la capacidad para realizar trabajo con respecto al tiempo.

En la figura 1-2, se pueden apreciar algunos de los términos más comunes utilizados en el cálculo de motores.



*Fig. 1-2. Términos de motor.*

### **1.3 PARTES ESTACIONARIAS DEL MOTOR.**

Se puede observar en la figura 1-3 las partes integrantes, tanto móviles como fijas, de un motor.

**EL BLOQUE DE CILINDROS.** El bloque de cilindros o monoblock es el cuerpo principal del motor. Se encuentra entre las cabezas de los cilindros y el cárter (recipiente de aceite). Está suspendido en el chasis del auto y unido a él por tres soportes, dos de ellos en cada extremo delantero y el tercero, generalmente, atrás de la transmisión. El monoblock sirve de recinto para los cilindros y la caja del cigüeñal.

El monoblock y la caja del cigüeñal están hechos de una aleación de hierro fundido. Algunos motores usan bloques de cilindro de aluminio fundido con recubrimiento de acero para los cilindros.

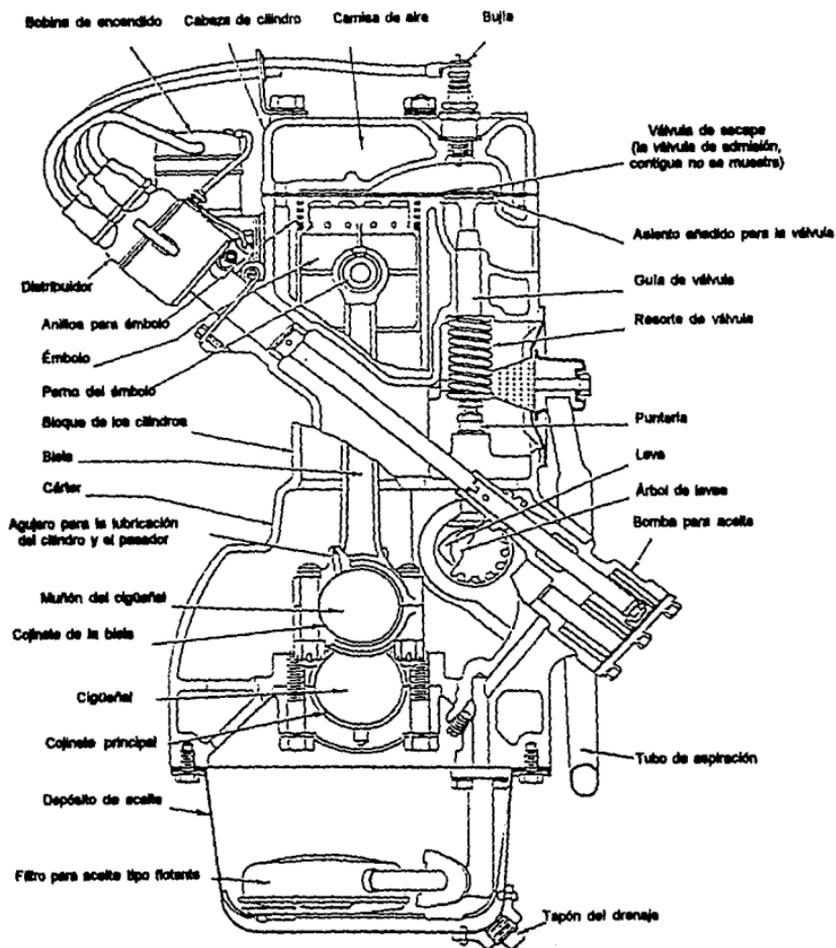
**DEPOSITO DE ACEITE.** El depósito de aceite sirve para mantener el aceite del motor y como cubierta inferior del bloque de cilindros. Generalmente está fabricado de lámina metálica.

**MÚLTIPLES.** El combustible vaporizado en el carburador se lleva hacia las cavidades de admisión. En el cilindro, el vacío creado en el múltiple de admisión por el pistón en su carrera descendente, jala la mezcla aire-combustible desde el múltiple hasta el motor.

El *múltiple de escape* es un tubo atornillado a las cavidades de escape y transporta los gases calientes hasta el tubo de escape. Generalmente se fabrica de hierro fundido para soportar las altas temperaturas de los gases de escape.

**El múltiple de admisión y el de escape, están uno junto al otro, de manera que el calor del último pueda pasar al primero y ayude a vaporizar el combustible.**

Fig. 1-3. Motor automotriz con válvulas en el bloque.



#### **1.4. PARTES MÓVILES DEL MOTOR.**

**CIGÜEÑAL.** El cigüeñal está construido de acero forjado y se localiza en la caja directamente debajo de los cilindros. Las superficies del cigüeñal sirven como cojinetes o soportes. El cigüeñal es soportado por los cojinetes principales.

El propósito del cigüeñal es cambiar la acción recíproca (movimiento rectilíneo) del pistón en el cilindro, en acción giratoria (movimiento circular) del volante. Esta transformación de acción se lleva a cabo por manivelas llamadas codos. Los codos tienen unas superficies de soporte llamadas muñones, a las que está conectada la biela.

**COJINETES DE CIGÜEÑAL.** Los cojinetes de cigüeñal y los de las bielas son pequeñas láminas hechas de una aleación suave, de gran resistencia al desgaste, llamada babbitt. A los cojinetes también se les llama metales. Los metales tienen forma de concha y están fusionados a una cubierta de acero o de bronce para darles la resistencia necesaria. Algunos metales usados en últimos modelos de motores tienen una capa de aleación de cobre o de plata y cadmio colocada en la cara del babbitt para aumentar la resistencia al desgaste.

Las conchas de los cojinetes se sostienen en su lugar por pequeñas muescas para evitar que tenga juego o giro. Las muescas encajan en una depresión que se encuentra en la caja del cigüeñal y tapa. El cojinete trasero principal está diseñado para incluir un sello de aceite que previene el goteo del aceite a lo largo del eje y hasta atrás del motor.

**VOLANTE.** El volante es una pieza redonda y pesada, hecha de hierro fundido en moldes. El volante sirve para regularizar el giro del motor mediante la inercia que le proporciona su masa. Su trabajo consiste en almacenar energía cinética durante la carrera activa del motor y cederla en los tiempos pasivos o resistentes, sin pérdida sensible de velocidad.

En el exterior del volante va montada la corona de arranque que se utiliza para la puesta en marcha del motor.

**PISTONES Y BIELAS.** Las bielas unen el pistón al cigüeñal. Están unidas a los pistones por medio de pasadores huecos, de acero, llamados pernos de pistón o pasadores de muñeca. El perno de pistón puede sostenerse en su lugar de cuatro modos:

1. Asegurándose a la biela o a la joroba del pistón por medio de un perno de seguridad.
2. Introduciéndose a presión para mantenerlo en posición correcta.
3. Permitirsele flotar en las dos jorobas del pistón principal y en la biela.
4. Mantenerse en su lugar por medio de arillos de presión localizados en las ranuras del pistón.

Algunas veces se colocan camisas de bronce sobre el pistón oscilante o sobre la biela, para aumentar la resistencia al desgaste.

**BIELA.** La biela transmite la fuerza de explosión del pistón al cigüeñal y forma parte del sistema que transforma el movimiento lineal en rotativo. Está sometida a esfuerzos de compresión y de flexión.

Las bielas se fabrican en acero especial al cromo-níquel o cromo vanadio.

**PISTONES.** Los pistones se mueven de arriba hacia abajo dentro de los cilindros. Son las primeras partes que reciben el empuje de la ignición y expansión del combustible dentro de los cilindros.

Algunos motores tienen pistones hechos de hierro forjado, pero éstos tienen la desventaja de ser muy pesados para operar a altas velocidades. Otros motores utilizan pistones ligeros hechos de una aleación a base de aluminio (aleación de aluminio y cobre con algo de níquel). La parte superior del pistón se llama cabeza del pistón y la parte inferior falda. La cabeza está ranurada y los anillos del pistón encajan en estas ranuras. Ya que el aluminio al calentarse se dilata más rápidamente que el hierro forjado, los pistones de aluminio generalmente tienen ranuras angostas en la falda para prevenir que el pistón se dilate demasiado y se expanda dentro del cilindro. El orificio en la falda del pistón, llamado joroba de pernos de pistón y a través del cual está colocado el pasador del pistón, está reforzado y tiene mayor superficie de acojinamiento.

**ANILLOS DE PISTÓN.** Los anillos de pistón están colocados en las ranuras que hay alrededor de la cabeza del pistón, y en algunos pistones se encuentra un anillo alrededor de la falda. Los anillos de pistón tienen tres funciones: sellan el espacio existente entre la pared del cilindro y el pistón, evitando que escapen gases de la cámara de combustión; controlan el flujo del aceite en las paredes del cilindro y disminuyen el calentamiento de las paredes del cilindro.

Hay varios tipos de anillos de pistón: el de compresión, el de aceite y el de compresión raspador.

**Anillos de compresión.** Los anillos de compresión generalmente están colocados en las ranuras superiores del pistón. Son suaves y su propósito principal es impedir la pérdida de compresión, en la cámara de combustión, sobre el pistón.

**Anillos de compresión raspadores.** Estos están colocados en la segunda ranura del pistón y sirven para un doble propósito ya que ayudan al anillo de compresión a formar un sello y el anillo de aceite a quitar el exceso de aceite de las paredes del cilindro.

**Anillos de aceite.** Se localizan en las ranuras inferiores del pistón y se usan para regular la cantidad de aceite de las paredes del cilindro, impidiendo pérdidas de aceite en la cámara de combustión. Tienen unas pequeñas ranuras a su alrededor y recogen el exceso de aceite de las paredes de los cilindros; el aceite fluye entre las ranuras a la parte trasera de los anillos y a los orificios para el aceite, del interior del pistón, de donde vuelven a caer al depósito de aceite. Algunas veces unos anillos de acero, muy delgados, llamados segmentos, se colocan debajo de los anillos de compresión y de los de aceite para obligarlos a ejercer mayor presión contra las paredes del cilindro.

**ENGRANES DE TIEMPO.** El engrane del cigüeñal está colocado al final del mismo y el engrane del árbol de levas al final de este mismo. El árbol de levas debe girar a la mitad de velocidad del cigüeñal, porque cada válvula abre únicamente una vez por cada dos revoluciones del cigüeñal. Para lograr esto, el engrane del cigüeñal tiene, exactamente, la mitad de dientes de los que tiene el engrane del árbol de levas.

Algunos motores usan una cadena silenciosa y estrellas, para conducir el árbol de levas, en lugar de usar engranes de tiempo. Los engranes de tiempo pueden ser fabricados de combinaciones de fibra, acero o aluminio, para lograr un trabajo silencioso y la mayor duración.

**ÁRBOL DE LEVAS.** El árbol de levas es un eje de acero al carbono que se localiza en la caja del cigüeñal y está soportado por tres o cuatro cojinetes. Está equipado con dos muñones por cada cilindro. Cuando el árbol de levas gira, los muñones obligan a los seguidores de válvulas a subir, abriéndolas en el orden apropiado y en el tiempo correcto. Un engrane helicoidal cercano al centro del árbol de levas se usa para hacer trabajar el eje de la bomba de aceite y el eje del distribuidor. Este engrane, también hace trabajar a la bomba de aceite que está colocada a un lado de la caja del cigüeñal.

**LEVAS.** Las levas pueden ser sólidas o hidráulicas y están localizadas directamente sobre el árbol de levas con sus extremidades inferiores descansando sobre los muñones del mismo. La varilla de la válvula hace contacto con la superficie inferior de la leva. La acción entre el árbol de levas y la leva es ondulante, por lo cual la parte inferior de la leva tiene que ser suficientemente dura para soportar el desgaste.

**VÁLVULAS.** Una válvula se usa para abrir o cerrar un orificio. Las válvulas de motor están localizadas en los orificios de escape y de admisión, con el vástago extendiéndose al elevador de la válvula o balancín. Comúnmente cada cilindro tiene dos válvulas, la de admisión y la de escape. Como la válvula de escape debe soportar el calor excesivo de los gases de escape, generalmente se utiliza en su construcción, una aleación especial de alta resistencia al calor a base de níquel, tungsteno y acero silícico cromado. Algunas válvulas de escape son huecas y están rellenas con sodio que ayuda a disipar el calor excesivo. La válvula de admisión está hecha de acero, con grandes contenidos de cromo y níquel, que le da una gran dureza para soportar grandes esfuerzos y resistir el desgaste y la corrosión debidas a las grandes temperaturas a que están sometidas.

**ASIENTOS DE VÁLVULA.** Los asientos de válvula de admisión generalmente forman parte de la cabeza de cilindro o bloque. Los asientos de las válvulas de escape generalmente incluyen aleaciones especiales de acero diseñadas para soportar las altas temperaturas de los gases de escape.

**GUÍAS DE VÁLVULAS.** Las guías de válvulas pueden ser orificios barrenados o injertos de acero colado introducidos a presión dentro de la cabeza de cilindro o bloque. Son usados como un cojinete resbalante que guía el movimiento ascendente y descendente de la válvula. La guía actúa como un sello que impide el escape de los gases por la abertura de la válvula hacia la cámara de combustión.

**RESORTES DE VÁLVULA.** Los resortes de válvula están asegurados al extremo de la varilla por un pasador sostenido en su lugar por un resorte de presión. El propósito del resorte es mantener la válvula cerrada cuando no es forzada a abrirse por la acción del árbol de levas.

**VARILLA DE EMPUJE DE VÁLVULA Y BALANCÍN DE VÁLVULA.** En los motores de válvulas en la cabeza es necesario utilizar varillas de empuje y balancines. La varilla de empuje se usa para transferir el movimiento ascendente y descendente de la leva al balancín. El balancín invierte el movimiento ascendente de la varilla de empuje para abrir la válvula. Para cada válvula del motor son necesarios una varilla de empuje y un balancín. Los balancines pueden pivotar en un árbol de balancines o en pequeños pernos individuales. El árbol de balancines está unido a la cabeza del cilindro por abrazaderas de montaje. Los pernos individuales de balancines se introducen a presión en las cabezas de cilindro.

## **1.5. PRESIÓN DE AIRE EN EL MOTOR.**

Para aprovechar la potencia de la ignición del combustible, es necesario:

- a)** Proveer combustible para la combustión.
- b)** Preparar una mezcla de aire-combustible para la combustión.
- c)** Encender y quemar la mezcla aire-combustible para desarrollar la potencia.
- d)** Eliminar lo quemado y los desperdicios de la combustión.

En los motores de combustión interna estas cuatro operaciones se llevan a cabo cambiando la presión de aire en el interior del cilindro. Para entender la operación de un motor de combustión interna, es necesario hacer una comparación de las presiones del interior del cilindro en cada carrera.

**CARRERA DE ADMISIÓN.** Cuando el pistón se mueve del PMS al PMI el volumen de la cámara de cilindro aumenta. Este aumento de volumen produce un vacío parcial en el interior del cilindro. Mediante este vacío parcial es posible introducir la carga necesaria de combustible para la combustión en el cilindro. En esta carrera, la válvula de admisión se abre, admitiéndose la mezcla de aire-combustible.

**CARRERA DE COMPRESIÓN.** Cuando el pistón se mueve del PMI hacia el PMS, durante la carrera de compresión el volumen del cilindro disminuye. Como la mezcla de combustible no tiene ningún escape su presión se hace mayor que la atmosférica. La presión de compresión generalmente está entre 120 y 140 libras por pulgada cuadrada. En esta carrera ambas válvulas (admisión y escape) permanecen cerradas.

**CARRERA DE POTENCIA.** Al final de la carrera de compresión, ocurre la chispa y el incendio consecuente de la mezcla homogénea, liberando energía que aumenta la temperatura y la presión de los gases. Esta presión incrementada es aproximadamente cinco veces mayor que la presión de compresión, siendo de 600 a 700 libras por pulgada cuadrada. Esta presión es la que empuja el pistón de PMS hacia PMI, en el interior del cilindro y crea el esfuerzo mecánico necesario para operar el motor. En esta carrera ambas válvulas (admisión y escape) permanecen cerradas.

**CARRERA DE ESCAPE.** Como es preciso liberar al cilindro de los gases desperdiciados, es necesario crear una presión mayor que la atmosférica para obligar su escape al exterior. Esta presión se logra al disminuir el volumen del cilindro que pasa del PMS al PMI. En esta carrera se abre la válvula de escape.

## **1.6. SISTEMAS AUXILIARES DEL MOTOR.**

Para mantener el motor en funcionamiento son necesarios los sistemas auxiliares tales como el de enfriamiento, el de lubricación, el de combustible, el de escape, el de arranque, el de ignición y el de generación. Estos sistemas y los componentes básicos del motor se combinan para formar una planta de potencia completa y de funcionamiento propio.

**SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.** El calor generado por el combustible quemado en el interior del cilindro es suficiente para calentar, al rojo vivo, las paredes del cilindro. Este gran calor es capaz de quemar el aceite de lubricación, causando la expansión de los pistones que se atorarían en los cilindros. Por lo tanto, es necesario enfriar las paredes de los cilindros para mantenerlas a una temperatura aproximada de 170° F (77°C) para que trabajen con eficiencia. El agua y el aire son utilizados comúnmente para este propósito.

**SISTEMA DE LUBRICACIÓN.** El aceite necesario para este sistema se lleva en el cárter. El aceite es bombeado a varias partes móviles del motor, de manera que trabajen suavemente y con poca fricción. El aceite, mientras viaja a través del motor, se calienta considerablemente, este calor se transfiere al depósito de aceite, en donde es enfriado por el aire que pasa debajo del depósito. Este sistema se estudiará en detalle en el capítulo 2, sección 2.4.

**SISTEMA DE COMBUSTIBLE.** El combustible para el motor debe ser vaporizado; es decir, convertido en gas que, con cierta proporción de aire, forma una mezcla sumamente explosiva. El sistema de combustible consiste en las piezas que mantienen, llevan la gasolina y preparan la mezcla conveniente para el motor.

**SISTEMA DE ESCAPE.** Los gases quemados, salen del cilindro por la abertura de escape, produciendo un fuerte ruido, por lo que deben ser silenciados y guiados hacia la parte trasera del automóvil, lejos de la cabina de pasajeros. Esto se lleva a cabo por el múltiple de escape, el escape, el mofle y el tubo de cola.

**SISTEMA DE ARRANQUE.** El sistema de arranque consiste en la batería, el motor de arranque y sus controles. Cuando el sistema es puesto en funcionamiento, el motor de arranque recibe energía eléctrica de la batería convirtiéndola en energía mecánica, necesaria para impulsar el motor.

**SISTEMA DE IGNICIÓN.** Este sistema consiste en la batería, el interruptor y encendido electrónico, el distribuidor y las bujías. Cuando el interruptor es accionado y el motor empieza a trabajar, el encendido electrónico recibe energía eléctrica de la batería y produce ondas de corriente de alto voltaje, estas ondas fluyen hasta el distribuidor, que las reparte entre las bujías. La chispa de las bujías enciende el combustible de los cilindros.

**SISTEMA DE GENERACIÓN.** Este sistema está compuesto por el alternador y sus controles. El alternador es impulsado por la banda del ventilador produciendo electricidad para recargar la batería y permitirle proveer de energía las otras unidades del sistema eléctrico.

## **1.7. EFICIENCIA DEL MOTOR.**

### **1.7.1. POTENCIA Y RENDIMIENTO MECÁNICO.**

#### **POTENCIA (hp).**

Técnicamente, el término potencia es la rapidez a la cual se ejecuta el trabajo, expresándose comúnmente en *caballo de fuerza (hp)*.

Para calcular la potencia en hp, se utiliza la siguiente fórmula:

$$hp = \frac{DP}{33,000 \text{ pies} \cdot \text{lb}(4,562.5\text{m} \cdot \text{kg})t} \quad (1-1)$$

en donde: **D** = distancia a que se moverá el peso en pies (mts.).

**P** = peso en libras (kg).

**t** = tiempo en minutos.

### **POTENCIA AL FRENO (bhp).**

La potencia obtenida de un motor en la flecha se llama *potencia al freno (bhp)*. La potencia real desarrollada dentro del cilindro es mayor que la potencia al freno, ya que de esta última hay que sustraer la fuerza para impulsar la bomba de agua, la bomba de aceite, el generador de electricidad, el sistema de encendido y la fuerza para contrarrestar la fricción de los cojinetes del motor y el movimiento del émbolo, más la fuerza necesaria para impulsar el ventilador de enfriamiento. Lo que queda es la potencia al freno, que se calcula con la fórmula siguiente:

$$bhp = ihp - fhp \quad (1-2)$$

en donde:  $ihp$  = potencia indicada.

$fhp$  = potencia al freno.

### **POTENCIA INDICADA (ihp).**

La potencia total desarrollada sobre el émbolo del motor se llama *potencia indicada (ihp)*. La potencia indicada es mayor que la potencia al freno ya que incluye la fuerza para contrarrestar la fricción dentro del motor, tal como la fricción de los cojinetes del motor y los émbolos en las paredes de cilindros.

Cuando se calcula la potencia indicada es necesario saber primero que la presión media efectiva es la presión media que existe durante la carrera motriz menos la presión media durante las otras tres carreras del tiempo completo. La potencia indicada se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$ihp = \frac{PLANK}{33,000 (4,562.5)} \quad (1-3)$$

en donde:  $P$  = presión media efectiva en lbs/plg<sup>2</sup> (kg/cm<sup>2</sup>).

$L$  = largo de la carrera en pies (mts.).

$A$  = área del diámetro interior del cilindro en plg<sup>2</sup> (cm<sup>2</sup>).

$N$  = número de carreras motrices por minuto (2 para un motor con ciclo de cuatro carreras).

$K$  = número de cilindros del motor.

### POTENCIA DE FRICCIÓN ( $fhp$ ).

La potencia para realizar esas tareas se llama potencia perdida en las fricciones o *potencia de la fricción* ( $fhp$ ). Tal fricción resulta de todas las piezas móviles del motor, incluyendo la fricción de los émbolos contra las paredes de los cilindros, la fricción del cigüeñal y el árbol de levas girando en sus cojinetes, la presión de los émbolos y los anillos contra las paredes de los cilindros y la fricción de la bomba de combustible, la bomba de aceite, las válvulas del motor, la articulación de válvulas, cadena de distribución o engranajes.

La potencia al freno es menor que la potencia indicada, en una cantidad igual a la potencia consumida en las fricciones del motor:

$$ihp = bhp + fhp \quad (1-4)$$

### RENDIMIENTO MECÁNICO.

La relación entre la potencia producida por el motor ( $bhp$ ) y la potencia total desarrollada dentro de él ( $ihp$ ) se conoce como rendimiento mecánico ( $\eta_m$ ):

$$\eta_m = \frac{bhp}{ihp} \quad (1-5a)$$

y por la Ec. (1-4)

$$\eta_m = \frac{i_{hp} - f_{hp}}{i_{hp}} = 1 - \frac{f_{hp}}{i_{hp}} \quad (1-5b)$$

### 1.7.2. RENDIMIENTO TÉRMICO.

Suponiendo un consumo de combustible  $m$  (kg) en  $t$  (min). Entonces,

$$\text{combustible usado por hora} = \frac{60 m}{t} \quad (1-6)$$

$$F = \text{combustible usado por hp - hr} = \frac{60 m}{(\text{hp})t} \quad (1-7)$$

El consumo específico de combustible es un parámetro comparativo que muestra con cuánta eficiencia convierte un motor el combustible en trabajo.

En termodinámica se define el rendimiento térmico para un ciclo con objeto de mostrar el rendimiento de la conversión del calor en trabajo:

$$\eta_t = \text{rendimiento térmico} = \frac{\text{trabajo}}{\text{calor suministrado}} \quad (1-8)$$

Si se aplica arbitrariamente esta ecuación a los procesos del motor, se hace necesario cuantificar el calor de combustión del carburante. Supóngase la cantidad de calor de combustión  $Q$ . Entonces, como por definición hay:

$$632.4 \frac{\text{kcal}}{\text{hp - hr}}$$

y el motor convierte:

$$F(\text{kg/hp-hr}) Q(\text{kcal/kg}) = FQ(\text{kcal/hp-hr})$$

entonces el rendimiento de la conversión es:

$$\eta = \text{rendimiento térmico} = \frac{632.4(\text{kcal} / \text{hp} \cdot \text{hr})}{FQ(\text{kcal} / \text{hp} \cdot \text{hr})} = \frac{632.4}{(60m / \text{hp} \cdot t) Q} \quad (1-9)$$

en donde:  $m$  = masa del combustible (kg).

$hp$  = ihp o bhp.

$t$  = tiempo (min.).

$Q$  = calor de combustión (kcal/kg)

Se advierte que puede calcularse un rendimiento térmico indicado o un rendimiento térmico al freno dependiendo de que los valores sustituidos en la Ec. (1-9) para los hp sean los hpi o los bhp.

### 1.7.3. RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO.

Se define el rendimiento volumétrico de un motor, como la relación del peso real de aire inducido por el motor en la carrera de admisión entre el peso teórico de aire que debiera inducirse llenando el volumen de desplazamiento del émbolo con aire a temperatura y presión atmosféricas:

$$\eta_v = \text{rendimiento volumétrico} = \frac{p_a}{p_i} \quad (1-10)$$

en donde:  $p_a$  = peso real de aire inducido por carrera de admisión (kg por hr/número carreras de admisión).

$p_t$  = peso teórico de aire para llenar el volumen de desplazamiento bajo condiciones atmosféricas.

**La denominación rendimiento volumétrico es un nombre equivocado porque realmente se trata de una relación de pesos y no de volúmenes.**

## **CAPITULO 2**

### **ACEITES PARA CÁRTER EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.**

#### **2.1. LUBRICACIÓN.**

Las funciones del lubricante en los motores son muchas, y de objetivos muy variados; el lubricante es requerido para limitar y controlar:

- A) La fricción.**
- B) El contacto de metal a metal.**
- C) Sobre calentamiento.**
  - a) por la fricción.**
  - b) por el proceso de combustión (enfriamiento del émbolo).**
- D) El desgaste.**
- E) La corrosión.**
- F) Los depósitos.**

Para cumplir con estas funciones, el lubricante deberá tener:

- A) Una viscosidad conveniente.**
- B) Oleosidad, para asegurar adherencia en los cojinetes y para menor fricción y desgaste, cuando la lubricación está en la región de película delgada, y como una capa protectora contra la corrosión.**
- C) Alta resistencia de la película, para evitar el contacto de metal a metal y el asimiento cuando está sujeto a cargas pesadas.**
- D) Que no tenga tendencia a atacar cualquier parte del motor.**

- E) Un bajo punto de fluidez para permitir el flujo del lubricante a bajas temperaturas hacia la bomba de aceite.**
- F) Sin tendencia a formar depósitos al unirse con el aire, agua, combustible o los productos de la combustión.**
- G) Capacidad limpiadora, para limpiar de residuos al motor.**
- H) Capacidad de dispersión, para disolver y transportar cuerpos extraños en el aceite.**
- I) Características de no formación de espuma, para permitir al aceite disipar el aire (oxígeno), que tiende a estimular la oxidación.**
- J) Seguridad, no tóxico y no flamable o explosivo.**
- K) Bajo costo.**

### **2.1.1. PROPIEDADES DE LOS LUBRICANTES.**

#### **2.1.1.1. VISCOSIDAD.**

La viscosidad se define como la resistencia que opone un líquido a fluir. La viscosidad de los aceites minerales se especifica por medio de la clasificación SAE de la Tabla 2-1. Los aceites tienen baja viscosidad a altas temperaturas y alta viscosidad a bajas temperaturas. Esta característica tiende a ocasionar arranque difícil a bajas temperaturas y mayor consumo de aceite a altas temperaturas, por las fugas a través de los anillos del émbolo. Por otra parte, el cambio en la viscosidad con la temperatura, disminuye el trabajo de fricción de los cojinetes al aumentar la velocidad. La viscosidad del aceite se mide para dos temperaturas y se traza en un diagrama de viscosidad contra temperatura (ver Gráfica 2-2). Así, para cualquier otra temperatura, la viscosidad se encuentra aproximadamente, uniendo y extrapolando los dos puntos mediante una recta. De esta forma, se determina la viscosidad a una baja temperatura sin una prueba física que requiere un periodo de muchas horas, debido a la gran viscosidad.

Grados de Viscosidad SAE	Viscosidad cinemática(cSt) a 100 °C Mín.	Viscosidad cinemática(cSt) a 100 °C Max.
0W	3.8	---
5W	3.8	---
10W	4.1	---
15W	5.6	---
20W	5.6	---
25W	9.3	---
20	5.6	< 9.3
30	9.3	< 12.5
40	12.5	< 16.3
50	16.3	< 21.9
60	21.9	< 26.1

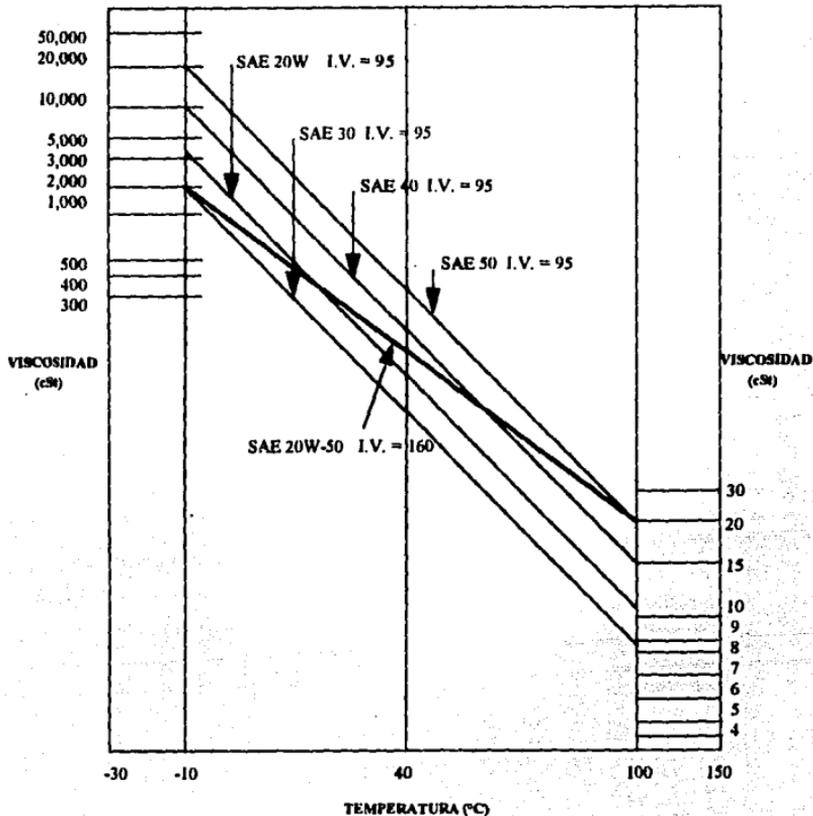
*Tabla 2-1. Grados de viscosidad S.A.E.*

La temperatura no es el único factor al seleccionar un aceite de viscosidad conveniente. Los espacios entre las piezas a lubricar y cargas grandes requieren aceites de alta viscosidad, mientras que las altas velocidades permiten seleccionar aceites de baja viscosidad.

En la industria petrolera la viscosidad es medida según el tiempo (en segundos) que tarda una cierta cantidad de aceite en fluir por un pequeño orificio o tubo capilar a una temperatura determinada.

Entre los recursos que se utilizan para medir la viscosidad destacan el viscosímetro Saybolt (ver figura 2-1) y el viscosímetro cinemático.

## GRAFICA VISCOSIDAD VS TEMPERATURA

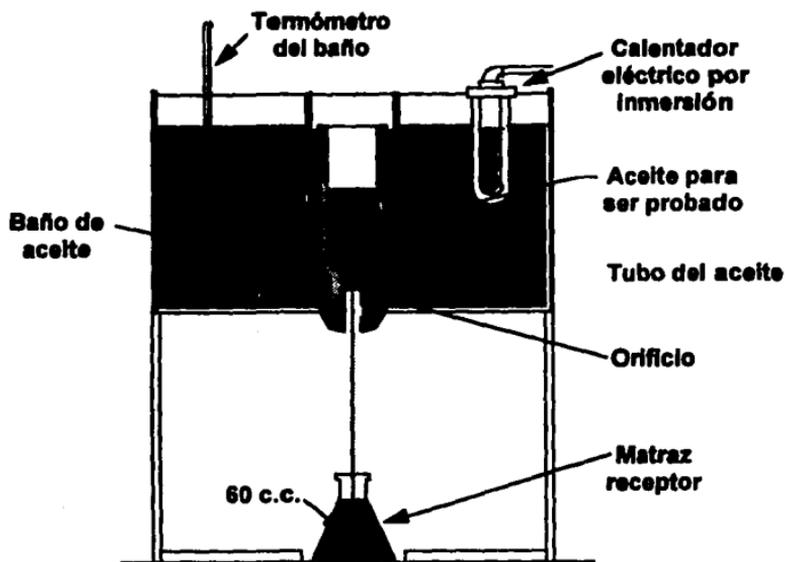


\* I.V. = Índice de Viscosidad

Gráfica 2-2.

FALLA DE ORIGEN

## VISCOSÍMETRO SAYBOLT.



*Fig. 2-1. Aparato Saybolt para pruebas de viscosidad.*

La viscosidad es medida por el tiempo, en segundos, que necesitan 60 ml. de aceite para fluir por un orificio estándar, a una temperatura determinada. Los aceites normalmente son analizados a temperaturas de 100°F (para aceites de tipo industrial) y 210°F (para aceites automotrices). La viscosidad, así determinada, se expresa en "segundos Saybolt universales" (sSu).

Los resultados de la prueba Saybolt Universal expresados en segundos no guardan una relación lineal con la viscosidad absoluta, a menos de que el tiempo exceda de 200 seg. Por ejemplo, un aceite con una viscosidad Saybolt de 35 seg. tiene aproximadamente el doble de la viscosidad absoluta de un aceite titulado a 32 seg. Sin embargo, la simplicidad de la prueba ha permitido que sea ampliamente usada; y cuando se emplea junto con diagramas y especificaciones, se obtiene fácilmente la clasificación de los aceites comerciales. Con el tiempo "t" en segundos Saybolt y la viscosidad cinemática "y" del aceite en pies cuadrados por segundo, se obtiene la relación:

$$y = 0.00000237t - (0.00194/t) \quad (2-1)$$

**VISCOSÍMETRO CINEMÁTICO.** La viscosidad es medida por el tiempo que emplea un determinado volumen de aceite en fluir por un tubo capilar de vidrio cuyo diámetro se elige según el rango de viscosidad del aceite. Después se calcula la relación entre el tiempo que tarda en fluir y el diámetro del capilar, lo cual da la viscosidad expresada en "centistokes" (cSt). Los aceites normalmente son analizados a temperaturas de 40°C y 100°C.

#### 2.1.1.2. ÍNDICE DE VISCOSIDAD (I.V.).

El índice de viscosidad es un número empírico que indica la velocidad de cambio de viscosidades de un aceite dentro de una variante de temperatura. El índice de viscosidad bajo significa un cambio relativamente grande, motivado por la temperatura, mientras que un índice de viscosidad alto muestra un cambio relativamente pequeño en la viscosidad, debido a la temperatura. El índice de viscosidad no puede ser usado para medir ninguna otra cualidad del aceite.

El índice de viscosidad de un aceite lubricante, es de primordial importancia, ya que un aceite de alto I.V. ( más de 95 ) es un aceite de buena calidad y un aceite de bajo I.V. ( a menos de 60 ) es un aceite inferior, lo anterior sin importar que ambos sean aceites SAE 30.

El índice de viscosidad es de importancia para los motores automotrices, puesto que en su funcionamiento se pueden encontrar diferencias extremas de temperatura. El aceite se selecciona basándose en su viscosidad a las temperaturas de funcionamiento del motor y, por lo tanto, el I.V. es el que directamente dicta las características de arranque.

### **2.1.1.3. PUNTO DE FLUIDEZ.**

El punto de fluidez de un aceite, es la temperatura más baja a la cual un aceite fluye bajo condiciones especiales, cuando es enfriado en forma progresiva y sin agitación.

Para determinar el punto de fluidez, la muestra de aceite se enfría en un tubo especial, bajo condiciones establecidas, observando la temperatura cada 2 °C, hasta que no se note ningún movimiento en la superficie del aceite (ver figura 2-2); cuando el tubo se sostiene en posición horizontal, durante 5 segundos, tomando este punto como punto de solidificación. Por definición, la temperatura o punto de fluidez es 2 °C más alta que el punto de solidificación.

El punto de fluidez, señala las características del aceite para fluir a bajas temperaturas, bajo la fuerza de gravedad. La agitación mecánica del aceite le permite que fluya a temperaturas inferiores al punto de fluidez.



Temp. de fluidez = Temp. de solidificación - 2 °C

*Fig. 2-2. Determinación del Punto de Fluidez.*

#### **2.1.1.4. OLEOSIDAD.**

La propiedad del aceite para adherirse a las superficies del cojinete se llama oleosidad, aún cuando no se ha adoptado para ella una escala cuantitativa o unidad de medida. En general, los aceites con gran oleosidad ocasionan poco desgaste de los cojinetes, puesto que el metal es protegido por una capa multimolecular, de moléculas grandes que se adhieren al metal.

#### **2.1.1.5. DETERGENCIA.**

Se le llama detergencia a la habilidad del aceite de motor para suspender en el mismo aceite a los materiales que forman sedimentos y barnices. Un aceite tiene la propiedad de la detergencia, si actúa limpiando de residuos al motor. Una propiedad por separado es la habilidad de dispersión, que permite al aceite transportar pequeñas partículas uniformemente distribuidas, sin aglomeración. En general, el término detergente es usado para implicar tanto las propiedades detergentes, como las de dispersión.

#### **2.1.1.6. ESTABILIDAD.**

La habilidad del aceite para resistir la oxidación que puede ceder ácidos, lacas y cieno, se llama estabilidad. La estabilidad del aceite exige bajas temperaturas (abajo de 93°C) de funcionamiento y la eliminación de todas las áreas calientes que puedan tener contacto con el aceite.

Quando se oxidan los hidrocarburos, se forman ácidos solubles en el aceite y productos parcialmente oxidados. Estos materiales, cuando quedan expuestos a las altas temperaturas, tienden a formar lacas. La laca es un producto duro, seco, insoluble en el aceite, que usualmente se deposita en la falda del émbolo y no se le puede desprender sin la ayuda de un solvente. Los mismos materiales que pueden formar laca, pueden coagularse con el carbón, el aceite, el agua y materias extrañas en el cárter, para formar una mezcla negra, lodosa, llamada cieno. El cieno se puede eliminar por restregado. Es muy posible que los compuestos del cieno sean un paso posterior con respecto a los componentes del barniz, en la cadena de la oxidación.

Los depósitos de cieno provienen de:

- A. la oxidación del lubricante,
- B. la oxidación del combustible o los productos de la combustión que son empujados por el émbolo, y
- C. por la acumulación de agua y polvo que se emulsionan con el aceite.

### **2.1.2. FRICCIÓN.**

Fricción es la resistencia al movimiento que ofrecen dos superficies sólidas cuando se deslizan o giran una sobre otra. La fricción genera calor, provoca desgaste y consume energía, por lo tanto, y para reducirla dentro de un motor, se utiliza aceite, que separa las superficies metálicas en contacto.

Considérense dos superficies sólidas, en contacto una con la otra. Si una de las superficies, un prisma, debe deslizarse con velocidad constante sobre la otra superficie, deberá aplicársele una fuerza tangencial.

La relación de la fuerza tangencial a la fuerza normal que mantiene a las superficies juntas, se le llama el coeficiente dinámico de fricción, (f):

$$\text{coeficiente de fricción } f = \frac{\text{fuerza tangencial}}{\text{fuerza normal}} \quad (2-2)$$

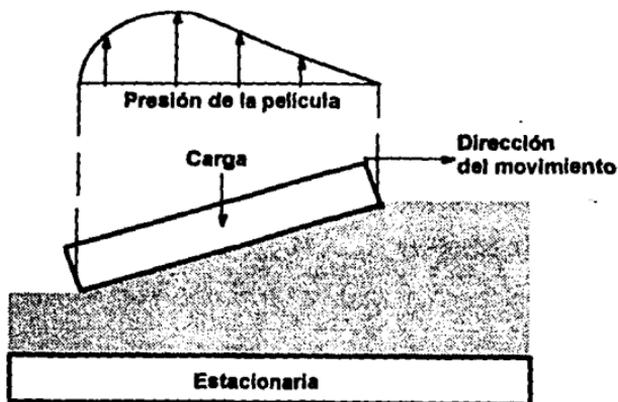
La fuerza tangencial es necesaria para vencer la fricción que existe entre las superficies. Entonces, si las superficies son ásperas, las pequeñas irregularidades coincidirán unas con otras en el área de contacto (interferencia), para proporcionar un freno mecánico o impedimento al movimiento, y si la superficie es extremadamente tersa, los campos de fuerza alrededor de sus moléculas harán que se atraigan unas a otras a través de la interferencia y los prismas resistirán el movimiento, debido a la atracción molecular. La fricción entre las superficies secas, proviene indistintamente de la atracción molecular y de las irregularidades mecánicas.

El coeficiente de fricción entre dos superficies secas, tiende a ser constante e independiente de la carga (fuerza normal), de la velocidad relativa y de las áreas de contacto, pero varía con los materiales y el acabado de las superficies.

La fricción entre las superficies deslizantes puede reducirse por la presencia de un lubricante entre las superficies en contacto. El lubricante se adhiere a cada superficie por la atracción molecular y, sin embargo, él mismo queda sujeto al movimiento molecular. Estas consideraciones dictaminan una sustancia con mas movilidad que la de un sólido y por ello se utilizan lubricantes fluidos o semifluidos. El efecto del lubricante, es el de reemplazar la fricción "sólida" con otra fricción "fluida" ciertamente menor. Se tiene una imagen de la acción, considerando una capa del lubricante adherida a la superficie en movimiento, en

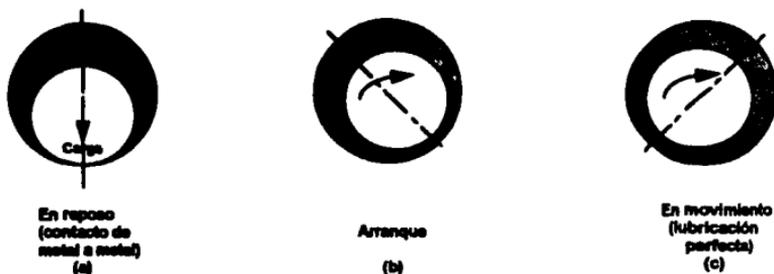
tanto que la siguiente capa del fluido se mueve en la misma dirección pero más lenta hasta que, finalmente, se llega a otra capa sin movimiento, la cual esta adherida a la superficie estacionaria (relativamente). Cada capa del fluido esta sometida a un esfuerzo de corte y la fuerza necesaria para vencer ese esfuerzo, es la fricción fluida. Además, surge la fricción del fluido o interna, debido a la resistencia del lubricante al esfuerzo de corte. La medida de la resistencia al corte viene a ser una propiedad llamada viscosidad o coeficiente de viscosidad.

La viscosidad del lubricante ayuda a arrastrar el fluido hacia el interior del espacio de separación entre las dos superficies, y después retarda la fuga del lubricante motivada por la acción de prensado de las fuerzas normales que tienden a juntar a las superficies. Debido a estos efectos se establece una presión en el lubricante. Esta presión es fomentada y mantenida empleando una acción de cuña de las superficies del cojinete.



*Fig. 2-3 Efecto de cuña de la presión del aceite.*

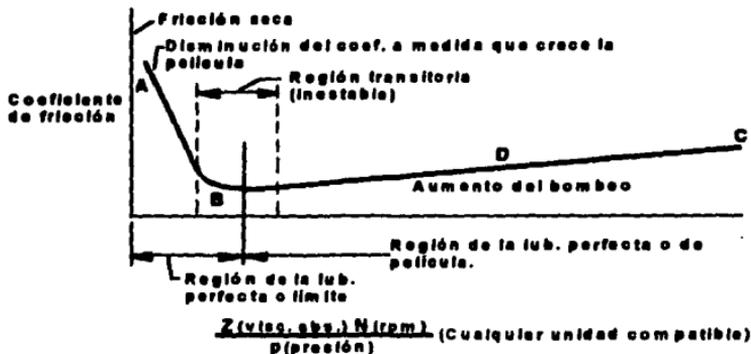
En la Figura 2-3 considérese el prisma inclinado en su paso a través de la película de aceite. El aceite llevado al interior del espacio de separación queda contenido en una sección cada vez menor y, por ello, trata de escapar. Debido a la viscosidad del aceite se obstruye el escape y se crea una presión. La presión tiende a ocasionar el flujo del aceite en todas direcciones desde el punto de vista de presión máxima, pero opuesta a esta acción, el arrastre viscoso entre las partículas de fluido esta ocasionando la entrada de mas aceite en la separación. El resultado neto es el sostenimiento de una presión hidrostática en el cuerpo principal del aceite, que es controlada por las velocidades relativas de las superficies, la viscosidad del lubricante, la fuerza normal o carga, así como por la configuración geométrica. Si una de las superficies apoyadas es una pieza cilíndrica, se le llama muñón. La formación de la película de aceite en el cojinete del muñón se ilustra en la figura 2-4. Cuando la flecha y el cojinete están en reposo (Fig. 2-4a) el peso de la flecha permite el contacto entre metal y metal. Al comenzar a girar la flecha, el ligero movimiento permitido por el ajuste, habilita a la flecha a girar sobre una película de aceite, como en la figura 2- 4b, y la velocidad de rotación empuja al aceite debajo de la flecha y separa a las dos superficies. A medida que la velocidad aumenta, el centro de la flecha se mueve hacia el centro del cojinete, como lo indica la figura 2-4c, contra la resistencia de la carga, como consecuencia del aumento de presión generado en el seno de la película de aceite. Una flecha y su cojinete con las posiciones relativas de la figura 2-4c, se dice que están en la región de la lubricación perfecta, completa o de película. En este caso, no se tiene el contacto de metal a metal y la carga es soportada por la presión creada en el lubricante, por el movimiento relativo de la flecha y el cojinete y por la viscosidad del aceite.



*Fig. 2-4 Acción del aceite en la separación de la flecha y el cojinete.*

Las variaciones en el coeficiente de fricción para un cojinete particular sometido a diferentes condiciones de funcionamiento, se ilustran en la figura 2-5. Sin lubricación, el coeficiente es alto y tiende a ser constante, a menos que aparezca el sobrecalentamiento. Con un lubricante, el coeficiente se reduce drásticamente a medida que el fluido separa las superficies friccionadas (Fig. 2-5, A-B). La resistencia de los enlaces entre las moléculas del lubricante y las moléculas de la superficie, gobiernan el mantenimiento de la capa de lubricante absorbido; por lo cual, la posición del punto B y la pendiente de A-B, dependen de las propiedades químicas del lubricante. Una vez que se haya establecido la película, decae la importancia de las propiedades químicas del lubricante, a medida que el muñón y el cojinete se convierten en una bomba de aceite en miniatura. La fricción es reducida y el claro entre flecha y cojinete se hace pequeño. Por lo tanto, si la velocidad del muñón  $N$  es aumentada, aumenta el trabajo de bombeo (y el claro mínimo) como se ve por la elevación del coeficiente de fricción; el mismo resultado ocasiona un aumento en la viscosidad absoluta  $Z$  (o disminución en la presión unitaria del cojinete  $p$ ).

FALLA DE ORIGEN



*Fig. 2-5. Rendimiento de un cojinete*

En la practica de ingeniería, la lubricación limite se puede obtener:

1. En el instante del arranque de un motor, desde el reposo (tomando en cuenta que el lubricante frío con alta viscosidad ayuda a establecer la lubricación perfecta).
2. En el preciso instante en el cual el motor comienza a pararse (tomando en cuenta que el lubricante caliente tiene baja viscosidad).
3. En los movimientos reciprocantes.
4. Con fluctuaciones rápidas en la velocidad o en la carga.
5. Cuando la viscosidad del lubricante es muy baja o cuando la viscosidad se reduce a un valor bajo por sobrecalentamiento.
6. Cuando el suministro del aceite es inadecuado.

La *lubricación límite* se presenta cuando dos superficies se tocan. Esta lubricación en un motor de combustión ocurre cuando los émbolos y sus anillos están al comienzo y fin de su carrera; entre el perno del émbolo y el casquillo, entre los dientes de engranes y en muchos otros puntos.

### **2.1.3. ACEITES BÁSICOS DE PETRÓLEO.**

Los aceites básicos de petróleo se producen mediante una destilación al vacío. El aceite crudo se clasifica generalmente por las cantidades relativas de cera parafina y residuos de asfalto en él, siendo la clasificación: aceite de base parafínica, de base asfáltica o nafténicos y de base mixta. Los aceites de base parafínica, contienen cantidades relativamente grandes de cera y muy poco o nada de asfalto; los aceites de base asfáltica o nafténicos, tienen las características opuestas. Los crudos de base mixta, contienen tanto cera como asfalto.

En el caso de aceites para motor de combustión interna, los básicos más comúnmente utilizados, son los parafínicos.

### **2.1.4. ADITIVOS.**

Los aditivos son componentes químicos que se agregan a un aceite básico para darle o mejorar ciertas características deseables, o para eliminar o reducir aquellas que puedan ocasionar problemas.

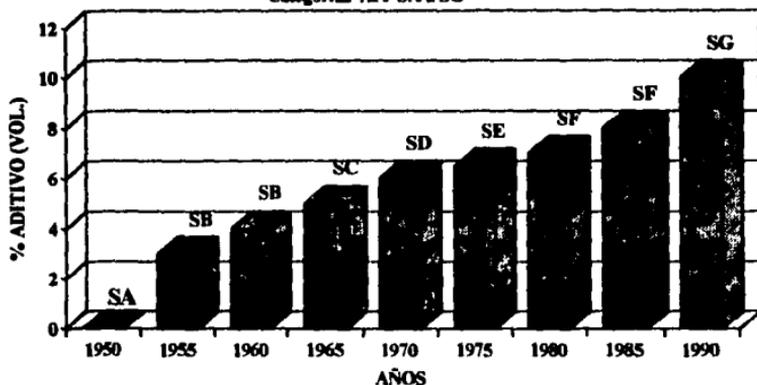
Aun cuando la refinación elimina componentes indeseables del aceite, también reduce fracciones de composición desconocida que son deseables para una lubricación efectiva. Por otra parte, si los procesos de refinación se reducen en número y severidad, el aceite formará el cieno perjudicial o sufrirá un aumento progresivo en la viscosidad. Más aún, las propiedades de un aceite refinado por métodos convencionales, no son lo suficientemente intensas para que sea por completo satisfactorio en un motor de alto rendimiento. Por estas razones, los lubricantes modernos para motores de trabajo pesado son altamente

refinados y luego acondicionados mediante la adición de sustancias químicas que harán que el aceite exhiba las propiedades deseadas. La selección de un aditivo no es un proceso simple, puesto que la acción química y física es opacada por la naturaleza compleja del lubricante. El aditivo podrá reforzar mucho la habilidad del aceite para ciertas aplicaciones, mientras que es notablemente débil para otras. Por esta razón, se selecciona el aditivo al principio, por consideraciones teóricas, y luego, se prueba en diferentes aceites provenientes de diferentes crudos y en distintos motores. Mediante este procedimiento, se producen aceites bien calificados para manejar condiciones de funcionamiento peculiares para cierto tipo de motores.

Los compuestos exactos, usados como aditivos por las diferentes refinerías no son conocidos, excepto en su naturaleza general, ya que dicha información está clasificada como secretos de fabricación. Los aceites "*Regular*", para motores, son simplemente aceites minerales y han sido acondicionados para usarse en los motores de combustión, trabajando en condiciones moderadas. Los aceites "*Premium*", para motores acondicionados para servicio más severo. Los aceites "*Heavy Duty*" para motor, conteniendo aditivos que mejoran la detergencia, igual que inhiben la oxidación y la corrosión, son convenientes para motores, tanto diesel como de gasolina, sometidos a servicio muy pesado y a altas velocidades.

En la gráfica 2-1 se observa el incremento de aditivos agregados al aceite básico a lo largo del tiempo, debido principalmente al avance tecnológico en el desarrollo de los motores automotrices.

**GRAFICA 2-1. Composición de lubricantes automotrices**  
Categorías API SA a SG

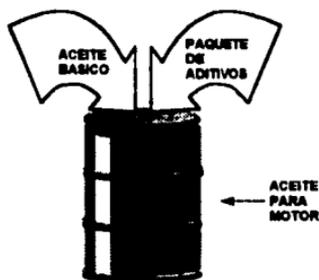


■ ADITIVO TOTAL

Los aditivos para lubricantes pueden clasificarse de acuerdo con tres componentes básicos:

- A) Dispersantes
- B) Detergentes.
- C) Antiagentes.

Además de estos tres tipos de materiales, la mayoría de los aceites de motor también contienen un depresor de temperatura de congelación. Los aceites de motor multigrado hacen uso de las propiedades de sustancias químicas llamadas mejoradores de viscosidad.



### **A) DISPERSANTES.**

Los dispersantes son componentes aditivos que no contienen ningún elemento metálico. Si se queman en el motor no dejan ningún residuo o ceniza. Átomos de nitrógeno u oxígeno o una combinación de ambos, forman la parte funcional de la molécula del dispersante. Estos dispersantes se usan para mantener el hollín y otros contaminantes sólidos finamente dispersos o finamente diluidos. Los dispersantes reducen la formación de sedimento y también la tendencia al bloqueo prematuro del filtro de aceite. Los dispersantes comprenden del 50 al 60% de la mayoría de los aditivos modernos de aceite para motor.

### **B) DETERGENTES.**

Los detergentes son moléculas que contienen átomos metálicos. Estos átomos metálicos pueden ser: calcio, sodio, magnesio o bario. Si los detergentes se queman en el motor pueden producir un residuo o ceniza. Los detergentes ayudan a reducir el nivel de laaca y de otros depósitos en la zona de la correa de los aros del pistón, además de reducir la tendencia al endurecimiento y aferramiento de los aros. Con frecuencia, los detergentes son altamente alcalinos, por lo que pueden neutralizar y reducir los efectos corrosivos de contaminantes ácidos.

### **C) ANTIAGENTES.**

Hay por lo menos seis categorías generales de los llamados "antiagentes" que pueden hallarse en la mayoría de los aditivos para aceites.

- 1) Los **anticorrosivos** son componentes muy importantes de los aditivos de aceites lubricantes. Sirven para minimizar la corrosión que pueda producirse en el motor por la acción del agua sobre las superficies metálicas frías.
- 2) Los agentes **antidesgaste** son extremadamente importantes, pues ayudan a mejorar la lubricación límite, en condiciones rigurosas de carga. Estos compuestos químicos ayudan principalmente a prevenir el desgaste del tren de válvulas.
- 3) Los **antioxidantes** minimizan la oxidación del aceite. Rompen con reacciones en cadena que pueden conducir a una mayor oxidación de los contaminantes reactivos. Estos contaminantes podrían formar lacas y resinas si se les permitiera continuar el proceso de oxidación.
- 4,5) Los **antiespumantes** previenen el arrastre de aire y los **antiemulsificantes** previenen el arrastre de agua en el aceite. Este arrastre puede conducir a la ausencia de una película efectiva de aceite viscoso en condiciones rigurosas de carga.
- 6) En muchos paquetes de aditivos se incorporan materiales **antifricción** que sirven para economizar combustible. Estos materiales antifricción reducen la fricción, el desgaste, previenen rayaduras y protegen a las soldaduras.

### **DEPRESORES DE TEMPERATURA DE CONGELACIÓN.**

Los depresores de la temperatura de congelación son compuestos químicos especiales que aumentan efectivamente la gama de trabajo de los aceites en condiciones de baja temperatura ambiental. Estos compuestos químicos inhiben el crecimiento de cristales de la parafina del aceite, mismos que podrían finalmente formar una red que impidiera el flujo del aceite.

### **MEJORADORES DE VISCOSIDAD.**

Los mejoradores de viscosidad que se usan para preparar los aceites multigrados para motor son polímeros especiales de peso molecular alto (moléculas de tipo semejante, combinadas químicamente para formar moléculas más grandes). Estos polímeros permiten que el aceite tenga la viscosidad adecuada en una amplia gama de temperaturas.

### **2.1.5. ORGANIZACIONES INVOLUCRADAS EN NORMAS DEL PETRÓLEO.**

<b>API</b>	Instituto Americano del Petróleo.
<b>DIN</b>	Norma Industrial Alemana.
<b>ISO</b>	Organización Internacional para Normas.
<b>MIL</b>	Especificaciones Militares Estadounidenses.
<b>NLGI</b>	Instituto Nacional de Grasa y Lubricación.
<b>NMMA</b>	Asociación Nacional de Fabricaciones Marítimas.
<b>SAE</b>	Asociación de Ingenieros Automotrices.

## **2.2. CLASIFICACIÓN S.A.E.**

La S.A.E. (Society of Automotive Engineer) establece la clasificación de los aceites para motor en dos grupos generales, el primero en base a la viscosidad y el segundo conforme a su funcionamiento.

En el primer grupo, la viscosidad se mide tanto a  $-18^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{F}$ ), como a  $98.9^{\circ}\text{C}$  ( $210^{\circ}\text{F}$ ); así, los números de viscosidad SAE 5W, 10W, 15W y 20W, están calculados en relación con  $18^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{F}$ ), en tanto SAE 20, 30, 40 y 50 se miden con respecto a  $98.9^{\circ}\text{C}$  ( $210^{\circ}\text{F}$ ). Los aceites multigrado como SAE 5W-30 y SAE 15W-40, son aquellos cuyas características de viscosidad satisfacen las necesidades de ambas temperaturas.

En el segundo grupo, los aceites para servicio en motores a gasolina se designan con las letras SF y SG, los que se emplean en motores diesel con letras CD y CE, y para motores a gasolina y diesel con las letras SG/CE y CD/SF. El comportamiento de estos aceites se evalúa en motores de prueba tanto de un cilindro como de varios. Entre los factores que se consideran están incluidos los siguientes: polvo, desgaste, formación de depósitos, consumo y grado de espesamiento del aceite.

La clasificación del segundo grupo incluye los aceites de motor que se encuentran dentro de un intervalo de calidad en el funcionamiento que va desde un aceite mineral puro, al que se le han agregado elementos en pequeñas cantidades para mejorar su punto de fluidez o de congelamiento o depresores de espuma, hasta aquellos que se requieren para los vehículos de pasajeros que trabajan en condiciones muy severas y camiones de trabajo pesado que no operan en las carreteras de alta velocidad.

### **2.2.1. CLASIFICACIÓN DE SERVICIO API PARA MOTORES.**

La clasificación de servicio API para motores incluye 13 tipos de servicio, 7 para abastecimiento de gasolina en estaciones de servicio y 6 aplicaciones comerciales diesel. Estas clasificaciones están basadas en ensayos de motores en laboratorios donde el aceite debe cumplir con una limpieza de motor especificado, desgaste, lodo, y requisitos de barniz, bajo las condiciones de cada ensayo de diversos motores.

#### **"S" SERVICIO DE MOTORES.**

- |           |  |
|-----------|--|
| <b>SA</b> | Para utilidad de gasolina y servicio de motores diesel anterior a 1930 - Actualmente obsoleto.                 |
| <b>SB</b> | Para servicio de severidad mínima en motores de gasolina 1930- 1963 - Actualmente obsoleto.                    |
| <b>SC</b> | Para servicio de motores de gasolina (1964) con garantía 1964-1967 - Actualmente obsoleto.                     |
| <b>SD</b> | Para servicio de motores de gasolina (1968) con garantía 1968-1971 - Actualmente obsoleto.                     |
| <b>SE</b> | Para servicio de motores de gasolina (1972) con garantía 1972-1979 - Actualmente utilizados en ciertos países. |
| <b>SF</b> | Para servicio de motores de gasolina (1980) con garantía 1980-1988 - Actualmente utilizados.                   |
| <b>SG</b> | Para servicio de motores de gasolina (1989) con garantía 1989- Actualmente utilizados.                         |

Las clasificaciones SF y SG se refieren a los aceites más destacados por su calidad, que se encuentran actualmente en el mercado. Sus clasificaciones se describen con más detalle a continuación:

#### SF PARA EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MOTORES DE GASOLINA 1980.

Es un servicio típico para motores de gasolina de automóviles y para algunos camiones, comenzando con el modelo 1980 que funciona con los procedimientos de mantenimiento recomendados por los fabricantes de motores. Los aceites creados para este servicio proveen un incremento a la estabilidad de oxidación y un mejor funcionamiento anti-desgaste relacionada con aceites que deben cumplir con los mínimos requisitos para el servicio API, categoría SE. Los aceites también proveen protección contra depósitos que se puedan formar en el motor, herrumbre y corrosión. Los aceites que se encuentran en la clasificación SF de servicios API pueden ser utilizados donde se recomiendan los servicios API para categorías SE, SD o SC.

#### SG SERVICIO DE MANTENIMIENTO PARA MOTORES A GASOLINA 1989.

Es un servicio típico de motores de gasolina de automóviles, camionetas y camiones livianos, comenzando con el modelo del año 1989 que funciona con los procedimientos de mantenimiento recomendados por los fabricantes de motores. Los aceites de calidad SG incluyen las propiedades del servicio API categoría CC (para motores a diesel). Los aceites creados para estos servicios proveen mejor control sobre depósitos encontrados en los motores, oxidación del aceite y el desgaste del motor relacionados con aceites hechos para categorías anteriores. Estos aceites también proveen protección contra herrumbre y corrosión.

### **2.3. ACEITES PARA MOTOR.**

Para que un motor de combustión interna desarrolle un trabajo satisfactorio, es vital disponer de un aceite lubricante adecuado, con lo cual se evita el desgaste excesivo y la acumulación de depósitos, así como también se elimina el calor de las áreas de concentración relativa de altas temperaturas dentro del motor.

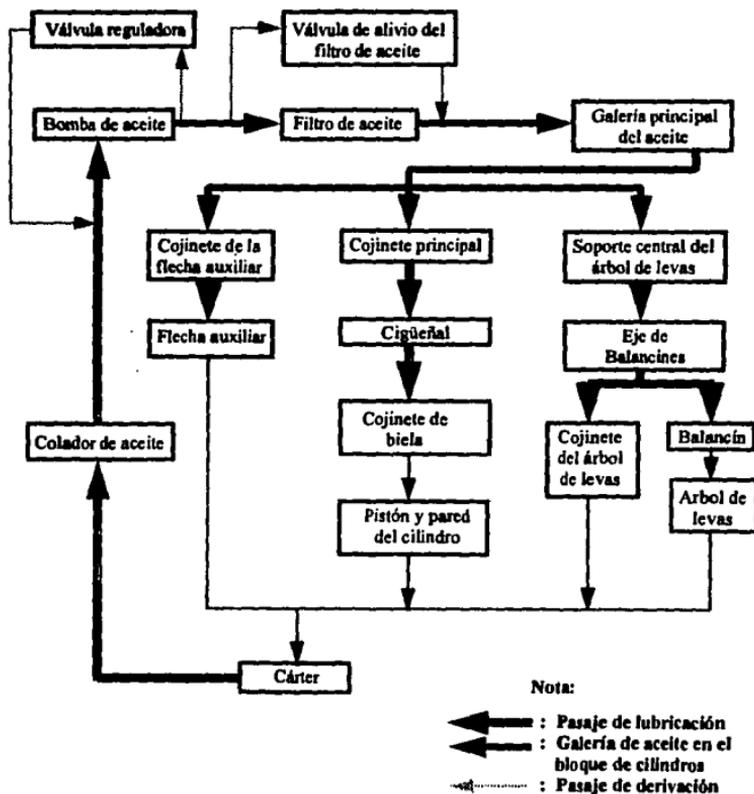
La mayoría de los aceites de motor están compuestos de aceites básicos y aditivos. Los aceites básicos, por lo general, son de origen mineral, aun cuando algunos son sintéticos. Los aditivos químicos se agregan a los aceites para motor según fórmulas que permiten obtener las características adecuadas para el funcionamiento, las cuales no tienen los aceites básicos solos.

#### **PROPIEDADES FÍSICAS.**

El comportamiento de un aceite para motor, se ve afectado por sus propiedades físicas y químicas. La viscosidad es la propiedad física más importante; debe ser bastante baja a bajas temperaturas para permitir que el cigüeñal gire y que el motor arranque; debe ser bastante alta a altas temperaturas para dar una película de aceite adecuada a las superficies de rozamiento. También se requiere una viscosidad suficientemente alta para ayudar a evitar el excesivo consumo del aceite a altas temperaturas. Otra propiedad física que afecta el consumo es la volatilidad; si esta es muy grande, puede presentarse un consumo inusualmente elevado. Tanto la viscosidad como la volatilidad ejercen una gran influencia para la selección de los aceites básicos. También la viscosidad puede modificarse por medio de aditivos.

## 2.4. SISTEMAS DE LUBRICACIÓN EN LOS MOTORES.

La circulación de la lubricación en motores automotrices, se representa en el siguiente diagrama de flujo:



FALLA DE ORIGEN

El aceite lubricante deberá circular frío y filtrado hacia los cojinetes, si se trata de obtener los mejores resultados. En la mayoría de los motores automotrices se encuentra un sistema similar al de la figura 2-6. En este caso, el aceite se suministra a baja presión (0.7 a 4.2 kg/cm<sup>2</sup>) a los cojinetes, mediante una bomba de engranes y con una válvula reguladora de presión. Una parte del aceite ( alrededor de 1/6) se deriva a través de un filtro que tiene controlado el flujo mediante un orificio restringido. En virtud de que parte del aceite será muy raro que pase por el filtro, no se asegura una protección completa del motor respecto a las partículas abrasivas y los contaminantes. El cárter sirve como deposito de almacenamiento y también como enfriador.

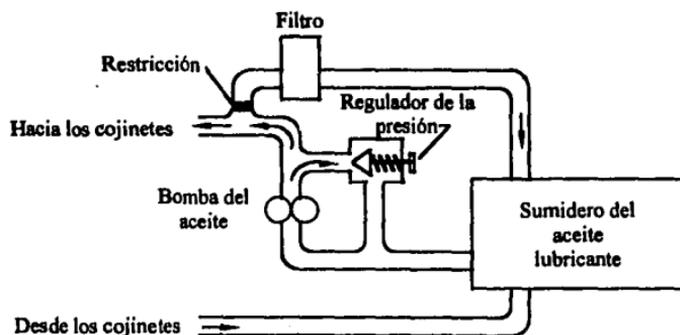


Fig. 2-6. Diagrama esquemático de un sistema filtrador de aceite para motor automotriz.

FALLA DE ORIGEN

El filtro para el aceite puede ser totalmente metálico, malla de alambre o malla metálica y depende de los pequeños espacios, para actuar como laberinto y así, separar y detener las partículas sólidas de los contaminantes. Sin embargo, el filtro usual en los motores para automóviles, contiene algodón, papel, lana mineral o material de celulosa tratado químicamente, el cual detiene los sólidos y parte del cieno líquido. Para sistemas automotrices se utilizan filtros con arcilla, envuelta en material de celulosa. La arcilla puede eliminar no solo a los sólidos, sino también a los contaminantes ácidos y parte de los contaminantes del agua.

El sistema de lubricación dentro del motor puede ser:

- A) A presión total.
- B) Por salpicadura.
- C) Por salpicadura modificada.

La mayoría de los motores automotrices, emplean el sistema de presión total por facilitar el enfriamiento de los cojinetes. Desde el punto de vista de la película de lubricante, no interesa como entre el aceite al cojinete, pero si que se tenga en cantidad suficiente; porque la presión del aceite, generada dentro del cojinete, no tiene relación con la presión de la bomba de aceite. El sistema de presión total suministra, sin embargo, un flujo continuo de aceite, que ayuda a mantener al cojinete a temperatura relativamente baja. Los motores con válvulas en la culata, tienen generalmente una tubería de aceite, descargando en una barra hueca que soporta a los balancines. De ahí puede fluir a través de los balancines hacia las guías de las válvulas y hacia la barra de empuje y las punterías.

## **2.5. ACEITES MONOGRADO VS MULTIGRADO.**

Un aceite multigrado es aquel que tiene la propiedad de cubrir varios grados SAE de viscosidad. Este aceite se hace mezclando un básico ligero con un paquete de aditivos en el que se incluya un mejorador del índice de viscosidad alto, por lo que su viscosidad cambia poco cuando hay cambios en la temperatura.

Todas estas propiedades lo hacen adecuado para ser usado en todo tipo de clima, ya que fluye fácilmente a bajas temperaturas, y tiene una excelente viscosidad a altas temperaturas para proteger las partes críticas del motor.

Los aceites multigrados tienen ya varios años de haberse introducido al mercado (desde 1955), sin embargo su funcionamiento fué limitado. Actualmente gracias a las nuevas tecnologías en aditivos y a los requerimientos cada vez más estrictos de lubricación en motores de combustión interna, los aceites multigrado han tenido gran aceptación y la mayoría de los fabricantes de motores los recomiendan.

### **VENTAJAS DE UN ACEITE MULTIGRADO CONTRA UN MONOGRADO.**

- A) Fluidez a baja temperatura, con lo que se asegura un rápido flujo de aceite a todas las partes del motor durante el arranque del mismo en climas fríos.
- B) Propiedades que reducen considerablemente el desgaste en todas las partes móviles del motor.
- C) Buena limpieza del motor bajo un amplio rango en condiciones de operación.
- D) Excelente protección contra el pulido de las paredes del cilindro y el pegado de los anillos del pistón.
- E) Reduce la formación de depósitos en los anillos del pistón.
- F) Protección del motor a alta temperatura, la cual se produce en operaciones de transporte con factor de carga elevada.

- G) Proporciona una mayor economía de combustible en comparación con los aceites monogrado.
- H) Por sus características ofrece una vida útil mayor que los aceites monogrado, por lo que se reduce el volumen de aceite de desecho (considerado tóxico).
- I) Todo lo anterior reditua en una mayor vida útil del motor.

## **2.6. PRUEBAS PARA ACEITE.**

### **2.6.1. ANÁLISIS FÍSICOS.**

#### **COLOR ASTM.**

El color del aceite lubricante es determinado en el laboratorio con un instrumento llamado colorímetro ASTM. Este instrumento compara el color del aceite contra colores patrones. La escala utilizada es de 1 (inoloro) al 8 (rojo oscuro). Para tonos más oscuros que el No. 8, se utiliza una mezcla del 15% de aceite de prueba y el 85% de kerosene inoloro, entonces al número del código de color debe agregársele la indicación DIL (diluido).

#### **GRAVEDAD ESPECÍFICA.**

Se utiliza para comparar el peso de un determinado volumen de la substancia a un volumen igual de agua destilada a una misma temperatura (15.6°C ó 60°F).

#### **PUNTOS DE CHISPA E INFLAMACIÓN.**

El punto de chispa es la temperatura más baja en que un producto del petróleo produce vapores en cantidades suficientes como para formar una mezcla con el aire que al acercarle una pequeña llama, se inflama y vuelve a apagarse.

**Punto de combustión** es la temperatura a la cual el producto debe ser calentado bajo condiciones específicas, para lograr que queme constantemente (mín. 5 seg.) cuando la mezcla de vapor y aire es encendida por una pequeña llama.

Estos ensayos son útiles como indicadores de dilución, contaminación, temperatura máxima de trabajo, control de la elaboración y la seguridad de almacenaje.

### **CONTENIDO DE CENIZAS.**

Los aceites minerales puros, bien refinados, generalmente contienen rastros de cenizas. Por otra parte, aceites con aditivos muestran un contenido de cenizas más elevado, especialmente cuando estos aditivos son mezclas órgano-metálicas que, al quemarse, dejan residuos inorgánicos.

### **FORMACIÓN DE ESPUMA.**

Un aceite produce espuma superficial por agitación energética con el aire u otro gas, estando dicha espuma constituida por agrupamiento de un elevado número de burbujas de distintos tamaños. Su determinación consiste en agitar aire a través de la muestra de aceite, con condiciones normalizadas. Por la observación de las cantidades de espuma superficial generadas después de la agitación y transcurrido un tiempo de reposo, se deduce el comportamiento del aceite en este campo.

La presencia de espuma resulta siempre perjudicial en la lubricación, ya que puede dar lugar a los siguientes inconvenientes:

- Comportamiento errático en los mandos de los sistemas hidráulicos.
- Cavitación en las bombas.

- Fallos en la lubricación de los cojinetes.
- Aceleración del proceso de oxidación de los aceites.
- Derrames en depósitos, etc.

### **EMULSIBILIDAD.**

Por medio de este ensayo se mide la capacidad de un aceite a separarse del agua, en condiciones normalizadas. Una vez provocado el contacto íntimo agua-aceite, por medio de una fuerte agitación, se observa la forma en que se produce su separación, deduciéndose así la capacidad para eliminar el agua por decantación.

### **AEROEMULSIÓN.**

La aeroemulsión es una emulsión aire-aceite formada por muy pequeñas burbujas de aire, de tamaño bastante inferior a las de la espuma superficial, dispersas en la masa del aceite.

### **PUNTO DE FLUIDEZ.**

Esta característica (explicada en el apartado 2.1.1.3.) es de gran importancia al escoger un aceite para motor cuando se requiere trabajar a muy bajas temperaturas ambientales.

### **PUNTO DE ENTURBAMIENTO.**

El punto de enturbamiento ("cloud point") de un aceite es la temperatura a la cual la parafina, u otro compuesto solidificable presente en el aceite, empieza a cristalizarse o a separarse de la solución cuando el aceite es enfriado bajo condiciones específicas. El aceite, a esa temperatura, adquiere una turbidez que da nombre al ensayo.

## **2.6.2. ANÁLISIS QUÍMICOS.**

### **CONTENIDO DE CENIZAS SULFATADAS.**

Se aplica en aceites nuevos o usados para indicar la concentración de metal en los motores de combustión interna.

La prueba se usa en aceites nuevos para determinar si el aceite contiene la cantidad apropiada de aditivos, la diferencia entre los residuos sulfatados de aceite nuevo y del mismo aceite después de usarlo, indican el agotamiento del aditivo en los motores de combustión interna.

### **NÚMERO DE NEUTRALIZACIÓN.**

El número de neutralización es el peso en miligramos de hidróxido de potasio que se necesita para neutralizar los ácidos en un gramo de aceite. Es una medida de la acidez o alcalinidad en aceites nuevos y un indicador del grado de oxidación en aceites usados.

### **NÚMERO BÁSICO TOTAL (TBN).**

El TBN es la medida de la alcalinidad de un lubricante nuevo, que se obtiene por la presencia de aditivos alcalinos en un aceite para motor. También se conoce al TBN como la reserva de alcalinidad en el lubricante para neutralizar ácidos sulfúricos que se forman por la combustión. Los valores de TBN en aceites usados pueden mostrar la degradación del aceite, producida por la oxidación y la contaminación con ácidos producidos por la combustión.

### **ALAMBRE DE COBRE.**

Es utilizado para verificar la presencia de azufre natural y compuestos de azufre corrosivos dentro del producto.

## **ESTABILIDAD DE OXIDACIÓN.**

Para determinar la estabilidad a la oxidación de un aceite lubricante, se calienta en presencia de oxígeno (aire) y se determina el tiempo en que se produce la degradación por oxidación, del producto.

### **2.6.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO.**

Para conocer el comportamiento de los aceites, se analizan muestras de aceite usado periódicamente. Los resultados de estos análisis van determinando el deterioro de las propiedades del lubricante, así como el grado de contaminación metálica.

En la Fig. 2-7. se muestra un formato de análisis de laboratorio, en el cual encontramos cuatro secciones para datos, que proporcionan :

#### **1) INFORMACIÓN DE LA UNIDAD.**

Esta sección enlista datos para identificación de la unidad. Nombre y dirección de la compañía; marca, modelo, tipo y capacidad de aceite del equipo.

#### **2) INFORMACIÓN DE LA MUESTRA.**

Esta información es el historial dado por el cliente para cada una de las muestras a analizar del mismo equipo. "Fecha de toma", indica la fecha en que la muestra fue extraída del motor. "Fecha del reporte", es la fecha en que la muestra fue recibida y analizada en el laboratorio. "Kms. o Hrs. recorridas", se refiere al kilometraje del odómetro o al tiempo de vida del equipo. "Kms. o Hrs. del aceite", es el recorrido o tiempo de uso del mismo lubricante. "Relleno (Its)", es la cantidad de aceite utilizado para los rellenos desde la última muestra enviada.

### **3) COMENTARIOS.**

El laboratorista pone aquí sus comentarios por cada muestra analizada. Estos comentarios incluyen:

- a. Un diagnóstico de las condiciones del motor basado en el análisis del aceite.
- b. Recomendaciones de mantenimiento correctivo, cuando sea necesario.
- c. Diagnóstico de la vida útil del aceite.

### **4) INFORMACIÓN DEL ANÁLISIS AL ACEITE.**

En la Fig. 2-7. se muestra una tabla en la cual el laboratorista descarga los resultados de las pruebas efectuadas al lubricante de cada una de las muestras enviadas al laboratorio del mismo motor (historial de resultados).

Fig. 2-7. Ejemplo de formato para análisis en laboratorio.

UNIDAD No. Compañía Locación Componente Marca y Modelo. Capacidad de aceite Tipo de aceite		ANÁLISIS DE LABORATORIO																				
		INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	COMENTARIOS																			
MUESTRA No 1-- Fecha de toma Fecha del reporte Kms o hrs recorridas Kms o hrs del aceite Relleno (lit)																						
MUESTRA No 2-- Fecha de toma Fecha del reporte Kms o hrs recorridas Kms o hrs del aceite Relleno (lit)																						
MUESTRA No 3-- Fecha de toma Fecha del reporte Kms o hrs recorridas Kms o hrs del aceite Relleno (lit)																						
MUESTRA No 4-- Fecha de toma Fecha del reporte Kms o hrs recorridas Kms o hrs del aceite Relleno (lit)																						
MUESTRA No 5-- Fecha de toma Fecha del reporte Kms o hrs recorridas Kms o hrs del aceite Relleno (lit)																						
MUESTRA No 6-- Fecha de toma Fecha del reporte Kms o hrs recorridas Kms o hrs del aceite Relleno (lit)																						
PROPIEDADES FÍSICAS				CONCENTRACIONES EN PARTES POR MILLON (PPM) DEL PEO																		
MUESTRA	VIS	VIV	AQUA	COMB	OSID	COND	TBN	SIL	FER	CR	MB	NI	AL	SN	CP	AN	BA	MB	CA	PA	ZN	
100°C	40°C	%	%	%	%	%																
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						

## **2.7. LÍMITES DE CONTAMINANTES EN UN ACEITE USADO.**

A medida que un motor es usado se desgasta y el aceite se contamina. Los metales siguientes ingresan al aceite usado debido al desgaste de algunas piezas del motor; aluminio, plomo, cromo, plata, cobre, estaño y hierro. El aluminio y el silicio pueden ingresar al aceite del motor debido a la entrada de suciedad transportada por el aire, como arena, polvo, etc. Si se producen fugas en el sistema de enfriamiento del motor, los siguientes elementos pueden ingresar al aceite porque pueden estar contenidos en el sistema inhibidor de corrosión del refrigerante: boro, cromo, sodio, y potasio.

El análisis espectrográfico del aceite de motor usado, es una herramienta muy útil para medir cuantitativamente la cantidad de metales contaminantes de desgaste en el aceite. Actualmente, el método más aceptado para estos análisis es el ICP (Inductively Coupled Plasma) o Plasma Acoplado Inductivamente. La precisión de estos análisis es aproximadamente del  $\pm 10\%$ .

La siguiente tabla es una pauta recomendada de los "límites de utilidad" de los aceites de motor usados, en base al análisis espectrográfico de metales de desgaste (según cifras promedio recomendadas por los principales fabricantes de vehículos):

<b>LÍMITES DE UTILIDAD SUGERIDOS PARA ACEITES LUBRICANTES USADOS BASADOS EN LAS CANTIDADES DE PPM DE METALES DE DESGASTE</b>												
	Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Sb	Mn	Si	B	Na
<b>Motores a Gasolina</b> <i>(Gasolina con Plomo)</i>	600	50	999	75	40	75	15	50	500	60	75	100
<b>Motores a Gasolina</b> <i>(Gasolina sin Plomo)</i>	600	50	100	75	40	75	—	—	—	60	75	100
<b>Motoreas Diesel</b>	100	25	40	50	25	30	10	5	5	20	20	75

## 2.8. CONTAMINANTES EN EL ACEITE USADO.

La siguiente tabla define cada uno de los elementos de desgaste en el motor, y de donde provienen comúnmente:

<b>METAL</b>	<b>ELEMENTOS DE DESGASTE EN UN MOTOR</b>
Aluminio	pistones, soportes, arandelas de empuje, algunos bloques, cárteres, embragues.
Cromo	anillos, placas de muñeca, vástagos, engranes, cilindros, ejes.
Cobre	cojinetes, arandelas de empuje, bujes, pistones, embragues.
Estaño	cojinetes de la biela, cojinetes principales del cigüeñal.
Hierro	cilindros, cigüeñales, válvulas maestras, pistones, anillos, engranes, cojinetes, calzas, bloques, árbol de levas, bomba de aceite, cilindro, varillas.
Plomo	cojinetes.
Magnesio	cárter.
Níquel	engranes, válvulas, guías de las válvulas, superficie entre estrías de los anillos, ejes, cojinetes antifricción.
Plata	cojinetes antifricción, soldadura de plata, baleros.

La siguiente tabla define el metal de desgaste contenido en los aditivos del aceite:

<b>METAL</b>	<b>ADITIVOS PARA ACEITE</b>
Boro	dispersante, anticongelante.
Calcio	detergente primario para motor, reserva alcalina.
Magnesio	detergente, reserva alcalina.
Molibdeno	antidesgaste, estabilizador térmico.
Fósforo	antidesgaste.
Potasio	anticongelante.
Silicio	sellador de juntas, antiespumante/material de revestimiento, anticongelante. Polvo.
Sodio	reserva alcalina, anticongelante.
Zinc	extrema presión.

## CAPITULO 3

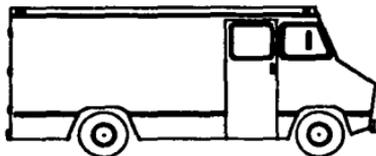
### VIDA ÚTIL DE UN ACEITE PARA MOTOR.

#### 3.1. PROPIEDADES DE LOS ACEITES A PROBAR.

	Aceite W	Aceite X	Aceite Y	Aceite Z
<b>Clasificación SAE</b>	40	15W-40	15W-40	15W-40
<b>TIPO</b>	Monogrado	Multigrado	Multigrado	Multigrado
<b>Clasificación API</b>	SG	SG	SG	SG
<b>Gravedad, °API</b>	27.0	27.5		28.3
<b>Temperatura de inflamación, °C (°F)</b>	225 (437)	230 (445)	215 (419)	210 (410)
<b>Temperatura mínima de fluidez, °C (°F)</b>	-15 (5)	-32 (-25)	-23 (-9.4)	-25 (-13)
<b>Viscosidad, cSt a 40°C</b>		106	97	100
<b>,cSt a 100°C</b>	14.5	14	13.7	14.5
<b>,cP a -18°C</b>		8300		
<b>,SSU a 100°F</b>	875	541		
<b>,SSU a 210°F</b>	80	75.6		
<b>Índice de viscosidad</b>	90	135	130	145
<b>Cenizas Sulfatadas, % max.</b>		1.2	1.5	
<b>TBN mgKOH/g</b>	8	10	10	10

### 3.2. EVALUACIÓN DE COMPORTAMIENTOS POR DINAMÓMETRO.

#### FICHA TÉCNICA DE MOTORES EN VEHÍCULOS DE PRUEBA:



<b>Tipo</b>	<b>V8</b>	<b>Tipo</b>	<b>J-16</b>
<b>No. y disposición de los cilindros</b>	<b>8, en V</b>	<b>No. y disposición de los cilindros</b>	<b>4, en línea</b>
<b>Cilindrada (Cm<sup>3</sup>)</b>	<b>5700</b>	<b>Cilindrada (Cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1600</b>
<b>bhp / rpm</b>	<b>185 / 4000</b>	<b>bhp / rpm</b>	<b>80 / 4400</b>
<b>Par motor max. (Kg-m/rpm)</b>	<b>38.0 / 2200</b>	<b>Par motor max. (Kg-m/rpm)</b>	<b>13.2 / 2400</b>
<b>Diám. cil. x Carrera (mm)</b>	<b>101.6 x 88.4</b>	<b>Diám. cil. x Carrera (mm)</b>	<b>76.0 x 88.0</b>
<b>No. de anillos de compresión</b>	<b>4</b>	<b>No. de anillos de compresión</b>	<b>2</b>
<b>No. de anillos de aceite</b>	<b>1</b>	<b>No. de anillos de aceite</b>	<b>1</b>
<b>No. de cojinetes principales</b>	<b>5</b>	<b>No. de cojinetes principales</b>	<b>5</b>
<b>Relación de compresión</b>	<b>8.3:1</b>	<b>Relación de compresión</b>	<b>8.4:1</b>
<b>Ángulo de biela a &gt; presión</b>	<b>6°</b>	<b>Ángulo de biela a &gt; presión</b>	<b>8°</b>
<b>Presión de compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>8.436</b>	<b>Presión de compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>12.5</b>
<b>Diámetro del orificio del perno (mm)</b>	<b>23.55</b>	<b>Diámetro del orificio del perno (mm)</b>	<b>19.00</b>
<b>Distancia central de biela (mm)</b>	<b>142.2</b>	<b>Distancia central de biela (mm)</b>	<b>137.5</b>

Como se mencionó en las condiciones preliminares del presente trabajo, al no contar físicamente con dinamómetros y en referencia a las fórmulas 1-2, 1-3, 1-4 y 1-5a dadas en el capítulo 1 del presente trabajo, se establece que el rendimiento mecánico ( $\eta_m$ ) es producto de la relación  $bhp/ihp$ , y la potencia de fricción es la diferencia de las cantidades anteriormente mencionadas. Además, tomando en cuenta lo anterior y que:

$$\eta_m = \frac{bhp}{ihp} = \frac{bmep}{imep} \quad (3-1)$$

en donde:

$bmep$  = presión media efectiva al freno

$imep$  = presión media efectiva indicada = presión de compresión

y que para un ciclo de cuatro carreras:

$$bmep = \frac{bhp \times 900,000}{DN} \quad (3-2)$$

en donde:

$D$  = desplazamiento total del émbolo en  $cm^3$

$N$  = rpm

por la ec. 3-1:

$$imep = \frac{bmep}{\eta_m} \quad (3-3)$$

Por lo anterior y como un comparativo de los aceites lubricantes propuestos, a partir de mediciones directas en el motor de presión media efectiva indicada ( $imep$ ), se obtuvieron los siguientes datos:

Para el vehículo tipo V8.-

LUBRICANTE	imep (kg/cm <sup>2</sup> )	bmep (kg/cm <sup>2</sup> )	bhp	ihp	fhp
W	7.2	6.12	155.02	182.38	27.36
X	8.2	6.97	176.55	207.71	31.16
Y	7.9	6.72	170.09	200.11	30.02
Z	8.44	7.17	181.72	213.79	32.07

Obteniendo con el aceite "Z" un 17 % más de potencia (bhp) que con el aceite "X" (ver gráfica 3-1).

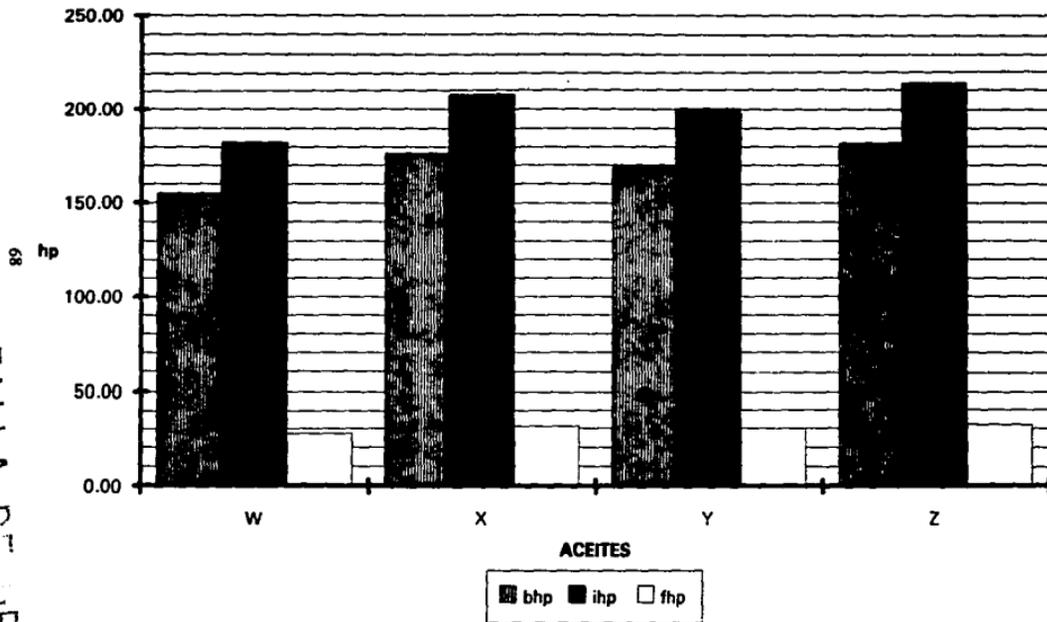
Para el vehículo tipo 4L.-

LUBRICANTE	imep (kg/cm <sup>2</sup> )	bmep (kg/cm <sup>2</sup> )	bhp	ihp	fhp
W	11.2	9.52	74.33	87.44	13.12
X	12.1	10.29	80.30	94.47	14.17
Y	11.7	9.95	77.65	91.35	13.70
Z	12.5	10.63	82.96	97.59	14.64

Obteniendo con el aceite "Z" un 11.6 % más de potencia (bhp) que con el aceite "X" (ver gráfica 3-2).

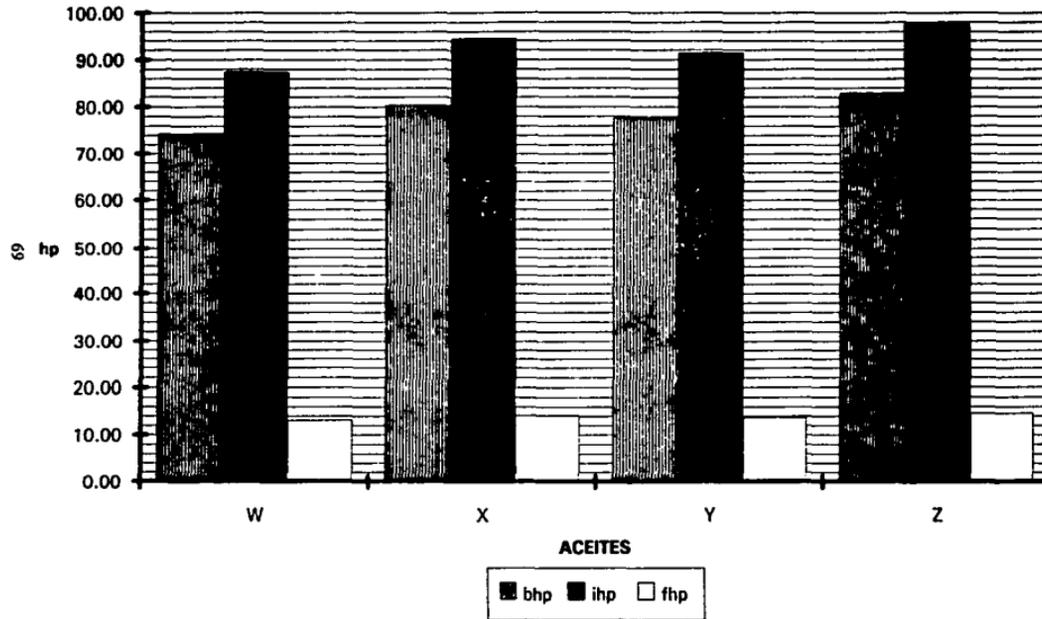
FALLA DE ORIGEN

Comportamiento del motor V8  
con distintos tipos de aceites



Gráfica 3-1

**Comportamiento del motor 4L  
con distintos tipos de aceite**



Gráfica 3-2.

### **3.3 PRUEBA DE CAMPO EN FLOTILLA MEXICANA.**

Una empresa mexicana, que maneja alrededor de 10,000 vehículos para reparto, se dio a la tarea de realizar pruebas de campo a diferentes tipos de aceite para motor siguiendo los siguientes objetivos:

- A. Comprobar los beneficios que trae el uso de aceite multigrado para motor de combustión interna sobre el aceite monogrado.
- B. Determinar marca y tipo de aceite que ofrezca mayor vida útil para su tipo de operación.
- C. Ampliar los ciclos de mantenimiento preventivo.
- D. Disminuir la problemática de dilución del aceite por combustible.

El perfil de operación de los vehículos en esta empresa se basa en paradas y arranques continuos para recorridos cortos. Por este tipo de operación se presentan los siguientes problemas:

- Dificilmente el motor alcanza su temperatura óptima de funcionamiento.
- Dilución del aceite por combustible. Esta condición se da principalmente por el tipo de operación de arranques y paros continuos. En el arranque, debido a que el aceite no se encuentra presente para sellar la separación existente entre el cilindro y pistón. En el paro, debido al combustible no quemado dentro de la cámara de combustión que llega a escurrirse hasta el depósito de aceite.

**La prueba se basó en la siguiente estructura:**

- Cuatro marcas de aceite a probar; uno monogrado (SAE 40) y tres multigrado (SAE 15W-40), los cuatro con clasificación API SG.
- Treinta y dos vehículos a prueba (ocho por marca de aceite).
- Seguimiento al desempeño del lubricante tomando muestras cada 1,000 kilómetros de recorrido.
- Para la viscosidad a 100°C se tomaron los límites máximo y mínimo dados para un aceite SAE 40.
- Para la viscosidad a 40°C , los límites máximo y mínimo de la especificación original del aceite nuevo son de  $\pm 20\%$  (por recomendación del fabricante de motores).
- Para el índice de viscosidad no hay límites, ya que normalmente permanece constante a lo largo de la vida del aceite. El criterio a seguir para evaluar esta propiedad es que entre más alto sea el índice de viscosidad mejor será el desempeño del aceite ante los cambios de temperatura.
- Las propiedades de los aceites considerados para la evaluación fueron:
  - a) Viscosidad a 100°C (cSt).
  - b) Viscosidad a 40°C (cSt).
  - c) Índice de viscosidad.
  - d) Dilución por combustible (%).
  - e) Contaminantes metálicos en p.p.m. (partes por millón) de Hierro, Cromo, Plomo, Cobre, Estaño, Aluminio, Níquel y Silicio.
- Ponderación para calificación de cada una de las propiedades del aceite usado.
- 13,000 kilómetros de recorrido total para prueba con una duración de un año.

## **RESULTADOS DE PRUEBA.**

Los resultados de las pruebas efectuadas, referentes a la viscosidad del aceite, se presentan adelante en tres gráficas;

A.- Prueba de viscosidad a 100°C.

B.- Prueba de viscosidad a 40°C.

C.- Índice de viscosidad.

La interpretación de estas gráficas se da a continuación:

### **A.- PRUEBA DE VISCOSIDAD A 100°C.**

Esta gráfica es la que mejor representa el desempeño y vida del aceite, ya que 100°C es la temperatura promedio de trabajo para el aceite en el motor.

- El aceite monogrado "W" pierde especificación SAE 40 a los 1,000 kilómetros de recorrido.
- El multigrado "X" se muestra inconsistente a lo largo de la prueba pasando de un SAE 40 a un SAE 30 a lo largo del límite inferior.
- El multigrado "Y" pierde su especificación SAE 40 aún antes de los 1,000 kilómetros.
- El multigrado "Z" se encuentra bajo especificación SAE 40 a lo largo de los 13,000 kilómetros de recorrido.

### **B.- PRUEBA DE VISCOSIDAD A 40°C.**

Esta prueba es más representativa para temperaturas de trabajo en motores estacionarios, pero es necesario conocerla para determinar el índice de viscosidad. En este caso los

límites son puestos por los fabricantes de motores y se dan en un 20% abajo y 20% arriba de la especificación del aceite nuevo.

- El aceite "W" y el "Y" rebasan el límite inferior antes de los 4,000 kilómetros de recorrido.
- El aceite "X" y el "Z" permanecen dentro de especificaciones a lo largo de 13,000 kilómetros de recorrido.

### **C.- ÍNDICE DE VISCOSIDAD.**

El índice de viscosidad nos muestra en cierta forma la calidad del lubricante y su estabilidad a los cambios de temperatura.

- El aceite "W" muestra un bajo índice de viscosidad debido a que es un aceite monogrado.
- Los aceites "X", "Y", y "Z" muestran un alto índice de viscosidad debido a que son multigrados.

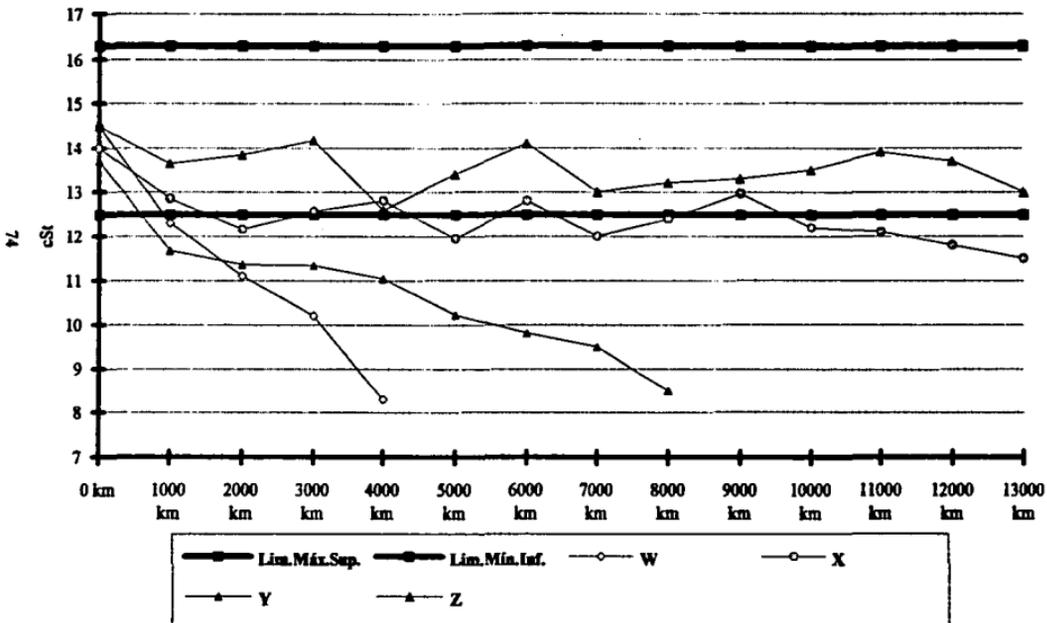
### **CONCLUSIÓN DE PRUEBA.**

Por los resultados obtenidos en estas pruebas se determinó que el aceite multigrado ofrece una mayor vida útil (mejor protección al motor), que el aceite monogrado. El aceite "Z" es el indicado para el tipo de operación de una flotilla repartidora.

Como el cambio de aceite es la operación base en los ciclos de mantenimiento preventivo para vehículos con motores de combustión interna, se adaptaron las operaciones a periodos de 10,000 kilómetros contra los periodos de 4,000 kilómetros que se tenían debido a la corta vida del aceite monogrado, disminuyendo de esta manera el sobre mantenimiento que implica costos muy elevados.

### PRUEBA DE VISCOSIDAD A 100°C

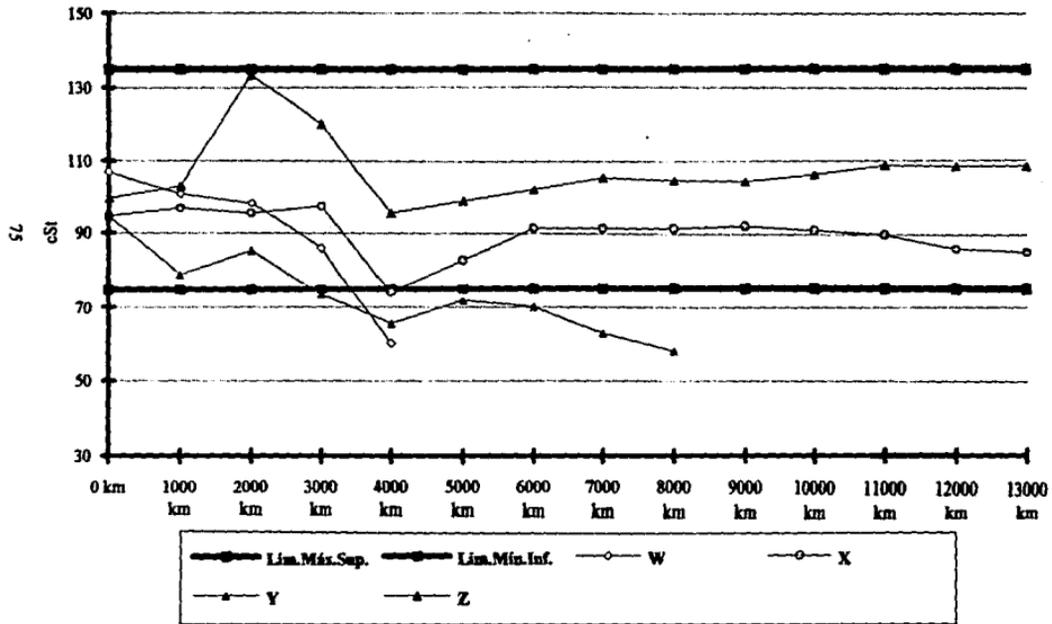
Para motores a gasolina



FALLA DE ORIGEN

# PRUEBA DE VISCOSIDAD A 40°C

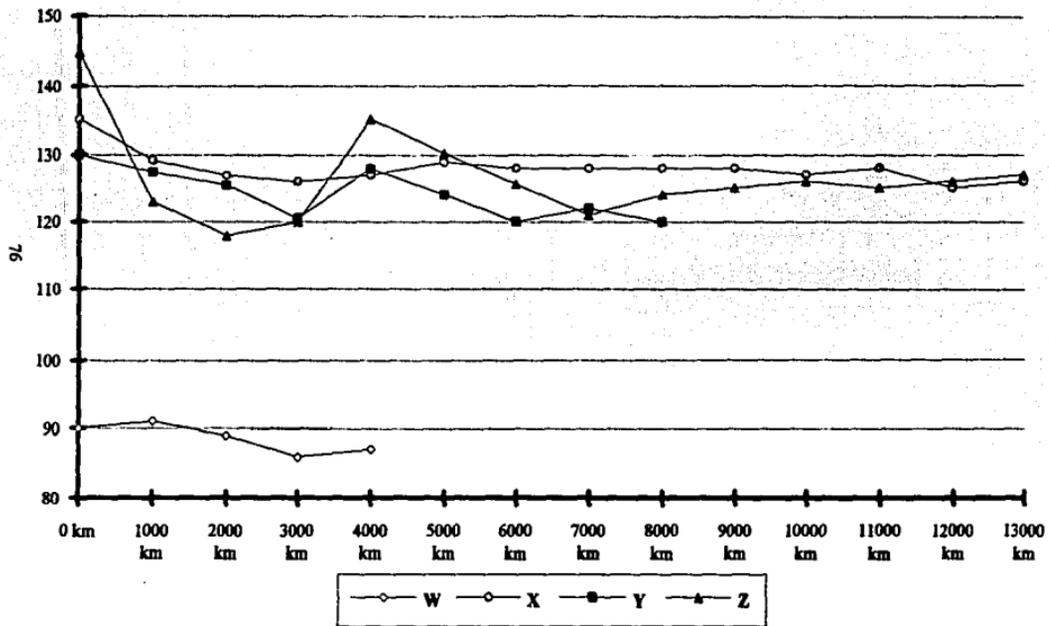
Para motores a gasolina



FALLA DE ORIGEN

# INDICE DE VISCOSIDAD

Para motores a gasolina

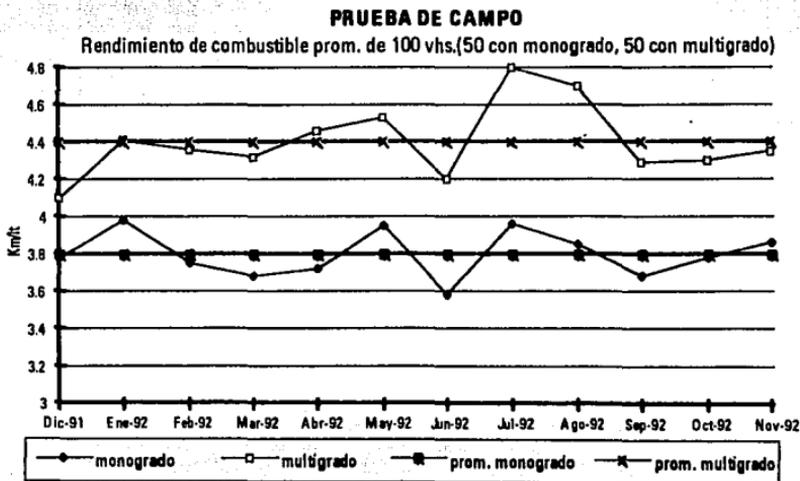


FALLA DE ORIGEN

### 3.4. INCREMENTO EN RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE.

La viscosidad de los lubricantes, dicta muchas de las características de los mismos. Un aceite de alta viscosidad incrementa el consumo de combustible y limita el paso de la compresión hacia el cárter. De igual manera, un aceite con muy baja viscosidad, permite el paso de combustible al cárter, así como parte de la fuerza de impulsión mecánica en la carrera de potencia del pistón. La correcta viscosidad del aceite para un motor, se determina mejor mediante la experiencia.

Posteriormente de la prueba de campo efectuada, se tomó una muestra de 100 vehículos, 50 utilizando aceite monogrado y 50 con aceite multigrado. De esta muestra, y siguiendo el rendimiento de combustible, se obtuvieron los resultados que aparecen en la siguiente gráfica:



Gráfica 2-1. Resultados de rendimiento promedio en prueba de campo.

FALLA DE ORIGEN

**El incremento en el rendimiento de combustible fue de:**

$$(4.4/3.8) - 1 = 0.15789 = \underline{\underline{15.8\%}}$$

### **3.5. VARIACIONES EN CANTIDAD DE EMISIONES.**

Tomando como base la prueba de campo en la cual se determinó un consumo anual de 40,789,474 litros anuales de gasolina utilizando aceite monogrado, contra 35,227,273 litros utilizando multigrado, tenemos entonces que se dejan de utilizar para el mismo tipo de operación 5,562,201 litros anuales.

Tomando lo anterior como base, sin tomar en cuenta la contaminación producida por el aceite quemado en la cámara de combustión al tener este una viscosidad muy baja, tenemos que:

- con el rendimiento de 4.4 km/lt utilizando aceites multigrado, actualmente recorreríamos con los litros ahorrados de un año;

$$5,562,201 / 4.4 = 1,264,137 \text{ km}$$

tomando en cuenta que un motor común a gasolina produce la siguiente cantidad de contaminantes (cifras dadas por el I.M.P.);

NOX (Óxido de nitrógeno)	8.51 gr/km
HC (Hidrocarburos)	7.22 gr/km
CO (Monóxido de carbono)	42.3 gr/km

con recorridos de 1,264,137 km se emitirían la siguiente cantidad de gases a la atmósfera, que es la reducción más tangible de contaminantes por el cambio a multigrado;

$$\text{NOX } (8.51)(1264137) = 10757806 \text{ gr} = \mathbf{10,758 \text{ kilogramos}}$$

$$\text{HC } (7.22)(1264137) = 9127069 \text{ gr} = \mathbf{9,127 \text{ kilogramos}}$$

$$\text{CO } (42.3)(1264137) = 53472995 \text{ gr} = \mathbf{53,473 \text{ kilogramos}}$$

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

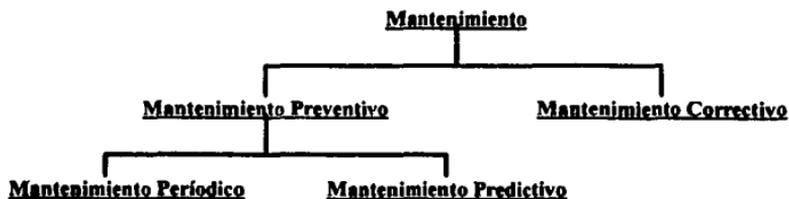
## **CAPITULO 4**

### **MANTENIMIENTO.**

El mantenimiento se define como el conjunto de operaciones que se deben llevar a cabo para salvaguardar el funcionamiento normal de un sistema ( llámese equipo, maquinaria, vehículo, fábrica, etc. ) a través del tiempo.

Existen básicamente dos tipos de mantenimiento; el *correctivo* y el *preventivo*. Del preventivo se derivan varios tipos más.

Para efecto de este estudio analizaremos únicamente los siguientes tipos de mantenimiento:



#### **4.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.**

Es el mantenimiento que se hace cuando uno o más de los elementos del sistema o equipo falla, y trae como consecuencia, los siguientes problemas:

- **Frena la producción.**
- **Se generan auxilios en ruta.**
- **Su reparación tiene que ser urgente.**
- **Implica costos elevados.**
- **Pérdida de tiempo en el proceso.**
- **Su atención requiere normalmente de especialista(s).**
- **Se pone en peligro la seguridad del operario.**

#### **4.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

Es el mantenimiento que se realiza periódicamente a los elementos integrantes de un sistema o equipo para asegurar su desempeño normal a través del tiempo. Un buen mantenimiento preventivo evita ( idealmente ) el mantenimiento correctivo.

Los beneficios potenciales generados por el mantenimiento preventivo son:

- **Menos auxilios en ruta.**
- **Mayor disponibilidad de los equipos.**
- **Menos reparaciones mayores y menos reparaciones repetitivas.**
- **Costos de reparación más bajos.**
- **Reducción de costos en la instalación de equipos de repuesto.**
- **Cambio de un mantenimiento de paros a un mantenimiento planeado.**
- **Mejor control en partes de repuesto.**
- **Mayor seguridad para los operarios.**
- **Historial más efectivo de los equipos.**
- **Mejoramiento en la disponibilidad de los equipos.**

## **DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

La actividad de mantenimiento preventivo (MP), comprende cuatro aspectos principales:

1. Creación de programas de MP.
2. Programación del trabajo de MP.
3. Ejecución del trabajo de MP.
4. Esfuerzos de Ingeniería de Mantenimiento relacionados con MP.

La meta de la actividad completa de MP puede describirse como la disponibilidad máxima del equipo en condiciones satisfactorias a un costo mínimo, costo que debe incluir los siguientes puntos:

- A. Trabajo de MP.
- B. Trabajo de mantenimiento correctivo.
- C. Costos por tiempo de paros, originados por MP o por mantenimiento correctivo.

Los tipos de trabajo que deben incluirse en un programa de MP, son los siguientes:

- A. Limpieza.
- B. Engrases (lubricación).
- C. Ajustes.
- D. Reparaciones.
- E. Reposición de partes.
- F. Reparaciones completas.
- G. Pintura y acabados.
- H. Inspecciones.
- I. Menor trabajo de mantenimiento generado por las inspecciones.

Deben excluirse del MP, los siguientes tipos de trabajo de mantenimiento:

- A. Trabajo desarrollado como consecuencia de fallas del equipo.
- B. Trabajo desarrollado antes de que suceda la falla, debido a observación del mismo, o a que empezó a tener indicaciones de falla.
- C. Trabajos mayores originados por inspecciones del equipo, por MP u otros.
- D. Cambios o modificaciones del equipo para mejorar los rendimientos, apariencia o facilidad de mantenimiento.

Resumiendo, todo aquel trabajo de mantenimiento que no está incluido en un programa oficial de MP, debe de excluirse de la definición de MP. Estos trabajos pueden clasificarse como mantenimiento correctivo, cambios, modificaciones, o nuevas construcciones.

### **CREACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

El proceso actual de la aplicación de los programas de MP, consiste en decidir que clase de trabajo de mantenimiento debe llevarse a cabo en determinada instalación y con que frecuencia.

Debe hacerse una selección específica de las inspecciones adecuadas, de los engrases, de los ajustes, de los servicios, de las reparaciones, de las reposiciones de partes, de las reparaciones completas, etc. Debe definirse con que frecuencia deben ejecutarse estas tareas.

El elaborar un programa de mantenimiento preventivo consiste básicamente en tomar tales decisiones.

Hay varias fuentes de información con respecto a lo que un trabajo de mantenimiento debe incluir en un programa de MP :

**A. LOS MANUALES DE SERVICIO DEL FABRICANTE:** Estos manuales son guías valiosas para conocer como deben instalarse las diferentes partes del equipo, operarse y darles mantenimiento. Proveen datos específicos con respecto a MP, tales como: inspecciones, servicios que necesitan, ajustes, engrases, lubricación, partes de repuesto y reparaciones completas.

**B. LOS REGISTROS DE MANTENIMIENTO:** Los registros de mantenimiento llevado a cabo en los equipos, proporcionan datos significativos en relación a la elaboración de los programas de MP. Modelos de trabajos repetitivos basados en fallas de los equipos, pueden sugerir servicios de rutina, ajustes o cambios de partes: Otros requerimientos de mantenimiento más incidentales y al azar pueden sugerir inspecciones programadas.

**C. EL PERSONAL DE OPERACIÓN:** Las personas responsables de la operación o del uso del equipo, con frecuencia proporcionan información sobre problemas de mantenimiento locales, desapercibidos para el mismo fabricante y que no aparecen claros en los historiales del mantenimiento llevado a cabo.

**D. EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO:** El personal directamente involucrado en la ejecución del trabajo de mantenimiento proporciona información valiosa para los programas de MP.

La decisión sobre la frecuencia con que cada tarea incluida en un programa de MP, es de una importancia económicamente crítica. Se refiere directamente al costo total de mantenimiento. Demasiada frecuencia en las diferentes tareas puede traer un excesivo gasto de materiales, que puede ser muy superior al costo de paros y mantenimiento correctivo. Por el contrario, cuando la frecuencia de las tareas es muy baja, puede originar muchas fallas, tiempo perdido por auxilios en ruta, costos de reparaciones altos y en suma, costos de mantenimiento exorbitantes.

Las bases para establecer realísticamente la frecuencia de las tareas de mantenimiento incluidas en un programa de MP, son el análisis de los siguientes factores del equipo:

**EDAD, CONDICIÓN Y VALOR:** Equipo viejo o mantenimiento inadecuado, requerirán una atención de mantenimiento más frecuente. Probablemente se requiera una reparación completa antes de que pueda establecerse la frecuencia adecuada. En ocasiones lo más recomendable será la reposición de las instalaciones o unidades.

**REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD:** En el caso de los equipos, cuyas condiciones puedan amenazar la seguridad del operario, la frecuencia de mantenimiento debe ser tal, que minimice esos riesgos lo más posible.

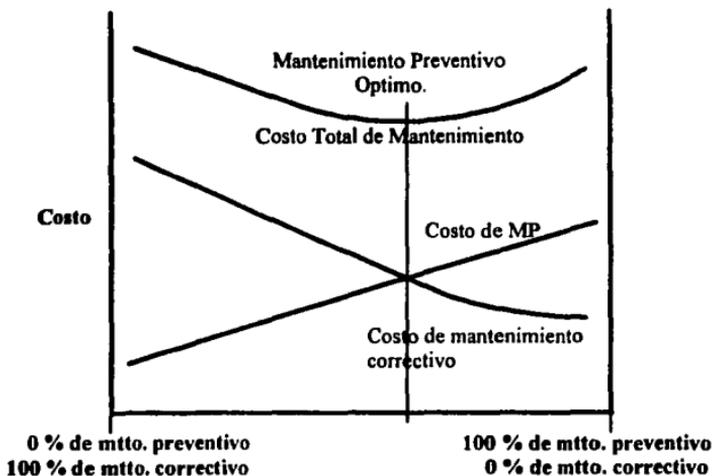
Las mismas fuentes de información mencionados anteriormente para definir que tareas deben incluirse en los programas de MP, servirán para definir la frecuencia con que deben hacerse las mismas.

A. Muchos fabricantes, además de especificar el tipo de mantenimiento requerido, también sugieren las frecuencias mismo. Estas frecuencias se basan en uso "normal", que deberán modificarse de acuerdo a las condiciones reales.

- B. Registros adecuados de mantenimiento, indicarán la frecuencia del mantenimiento correctivo, y esta información podrá utilizarse para establecer las frecuencias de servicio para evitar al máximo las fallas.**
  
- C. El personal de operación frecuentemente sabe que trabajos específicos deben llevarse a cabo, para minimizar la probabilidad de fallas.**
  
- D. El personal de mantenimiento que hace el trabajo de reparaciones, es una fuente valiosa de información en lo que se refiere a la frecuencia del mantenimiento para evitar los paros al máximo.**

Un método efectivo de asegurarse si la frecuencia de ejecución de las tareas de **MANTENIMIENTO PREVENTIVO** son las adecuadas, es la revisión individual del historial de los equipos o unidades. Si hay muy poco o nada de **MANTENIMIENTO CORRECTIVO** registrado, lo más probable es que la frecuencia del MP sea demasiada. Si la frecuencia con que se realizan los trabajos correctivos, es 20 % o más de todos los trabajos de mantenimiento ejecutados, entonces se deben de reducir los intervalos de los ciclos de mantenimiento.

*Fig. 4-1 Medición y apreciación de un programa de MP.*



#### **DETERMINACIÓN DE LOS CICLOS DE TIEMPO.**

Hay muchos factores que determinan o influyen en la duración de los ciclos de tiempo de MP. Algunos de los factores a considerar para determinar los ciclos de inspección o actividades para las partes de los equipos, pueden ser los siguientes:

- Edad y consideraciones del equipo.
- Costo inicial de mantenimiento y reparación.
- Índice de MP. Índice de inspecciones y complejidad de reparaciones, necesidad de mano de obra y herramienta especializada, etc.
- Problemas de servicio, índice de desgaste, corrosión, etc.
- Horas de operación diaria, semanal, mensual, etc.

- **Naturaleza de la operación.**
- **Requerimientos de seguridad.**

Ciclos inadecuados pueden aumentar el costo de MP, hacer inefectivo el sistema o llevarlo al total fracaso. El éxito de un sistema de MP depende más de la eficacia de los ciclos de tiempo establecidos, que de ninguna otra cosa.

### **EL EMPLEO DE CICLOS DE TIEMPO APROPIADOS EN MANTENIMIENTO.**

El elaborar los ciclos de tiempo tiene grandes ventajas, además de prevenir rupturas de equipos o motores desviados. Un análisis completo del diseño del equipo y de su rendimiento ayuda a resolver la problemática de muchos aspectos de la operación de mantenimiento. Algunos de los más importantes se enumeran a continuación:

1. Selección de nuevos equipos o unidades.
2. Estandarización de los equipos o unidades.
3. Estandarización de los procedimientos y métodos de mantenimiento.
4. Estandarización de las partes de repuesto.
5. Calidad de las inspecciones.
6. Mejoramiento en el rendimiento de los equipos o unidades.

#### **4.2.1. MANTENIMIENTO PERIÓDICO.**

El mantenimiento periódico es el mantenimiento preventivo que determina el fabricante del equipo y que se basa en la operación "normal" del mismo.

En el caso de vehículos, este se da en frecuencia o ciclos de operaciones, con base en el kilometraje o en el tiempo de uso del vehículo.

#### **4.2.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

El mantenimiento predictivo es el mantenimiento preventivo que se basa en los indicadores de operación y se determina para ampliar o disminuir el ciclo recomendado por el fabricante. Esto quiere decir, que son ciclos de mantenimiento preventivo hechos a la medida de la operación.

En principio, el ciclo de mantenimiento ideal para flotillas de este estudio, se basa en un mantenimiento preventivo predictivo, tomando como base el ciclo de vida del aceite para motor.

### 4.3. CUADRO COMPARATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CAMIONES LIGEROS

ACTIVIDAD		CICLO (x 1000 KM)				
NO.	DESCRIPCION	SISTEMA	NISSAN	G.M.	FORD	KM. PROM.
1	BUSCAR INDICIOS DE FUGA	GENERAL	5			5
2	BUSCAR INDICIOS DE FUGA DE ACEITE	LUBRICACION	5			5
3	REVISAR LLANTA POR DESGASTE ANORMAL	GENERAL			5	5
7	REV. SUSP. DELANTERA	SUSP. Y DIR.		5		5
8	REVISAR NIVEL DE AGUA RADIADOR	ENFMTO.	5			5
9	VACIAR ACEITE CARTER Y CAMBIO DE FILTRO	LUBRICACION	5	5	5	5
10	PONER A NIVEL ACEITE DE MOTOR	MOTOR	5	5	5	5
11	AJUSTAR FRENOS	FRENOS	5			5
12	REVISAR JUEGO LIBRE DEL PEDAL Y AJUSTAR SI SE REQUIERE	FRENOS			5	5
13	PURGAR SIST. FRENOS Y PONER A NIVEL LIQ.	FRENOS	5	5	5	5
14	REVISAR ACEITE DIFERENCIAL	TRANSMISION	5	5	5	5
15	REVISAR FLECHAS HOMOCINETICAS	TRANSMISION		5		5
16	REVISAR ACEITE TRANSMISION	TRANSMISION	5	5	5	5
17	COMPRUEBE Y CORRIJA NIVELES Y VERIFIQUE FUGAS EN EMBRAGUE	TRANSMISION	5			5
18	HACER PRUEBA Y MTTD. AL ACUMULADOR	ELECTRICO	5		5	5
19	REVISAR NIVEL ELECTROLITO Y DENSIDAD	ELECTRICO	5		5	5
20	REVISAR PUERTAS	HOJALATERIA			5	5
21	REVISAR NIVEL DE AGUA LIMPIAPARABRISAS	GENERAL	5			5
22	LUB. TOPES DE LOS BRAZOS DE LA DIRECCION	LUBRICACION			5	5
23	LUB. VARILLAS DEL EMBRAGUE	LUBRICACION			5	5
24	ENGRASAR ASIENTOS DE MUELLES	LUBRICACION			5	5
25	LUB. ARTICULACIONES ESFERICAS DE LA DIRECCION	LUBRICACION			5	5
26	REVISAR TERMINALES DIRECCION	SUSP. Y DIR.		5		5
27	LIMPIAR FILTRO DE AIRE	AFINACION	5		5	5

#### 4.3. CUADRO COMPARATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CAMIONES LIGEROS

ACTIVIDAD		CICLO (x 1000 KM)				
NO.	DESCRIPCION	SISTEMA	NISSAN	G.M.	FORD	KM. PROM.
28	LUBRICACION GENERAL	LUBRICACION	10	5	5	7
29	REVISAR Y CALIBRAR BUJIAS	AFINACION	5	5	10	7
30	APRETAR TUERCAS DE RUEDAS Y FLECHAS	TRANSMISION		5	10	8
31	AJUSTAR Y LUB. FRENO DE ESTACIONAMIENTO	FRENOS	10		5	8
32	LUB. ARTICULACIONES DE FLECHA CARDAN	LUBRICACION	10		5	8
33	REVISAR PLATINOS	AFINACION	5		10	8
34	PONER A TIEMPO MOTOR CON LAMPARA	AFINACION	5	10	10	8
35	REVISAR BANDAS	GENERAL	10	5	10	8
36	BUSCAR INDICIOS DE FUGA DE COMBUSTIBLE	GENERAL	10			10
37	LIMPIAR ELEMENTO FILTRANTE DEL SIST. DE VENT. DEL CARTER	GENERAL			10	10
38	DESMONTAR RUEDAS	CHASIS			10	10
39	EXTRAER VIDRIOS Y CLAVOS DE LLANTAS	CHASIS	10			10
40	ROTACION DE RUEDAS	GENERAL		10		10
41	REPARAR FALLAS DE SUSPENSION	SUSP. Y DIR.	10			10
42	REVISAR ROTULAS Y JUNTAS DE FLECHAS DE VEL CTE.	TRANSMISION	10			10
43	REVISAR JUEGO LIBRE DE CHICOTE DE EMBRAGUE	TRANSMISION	10			10
44	APRETAR SOPORTES DE MOTOR	MOTOR	10			10
45	CALIBRAR PUNTERIAS	MOTOR	10			10
46	REVISAR Y/O REPARAR CARBURADOR	AFINACION	10		10	10
47	CAMBIAR FILTRO DE AIRE	AFINACION	10	10		10
48	REVISAR ALTERNADOR Y MARCHA	ELECTRICO	10			10
49	REVISAR SOPORTES DE CARROCERIA	CHASIS	10			10
50	REAPRIETE TUERCAS DE SUJECION AL MULTIPLE DE ESCAPE	HOJALATERIA	10			10
51	LUBRICAR ASIENTOS	LUBRICACION	10			10

### 4.3. CUADRO COMPARATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CAMIONES LIGEROS

ACTIVIDAD		CICLO (x 1000 KM)				
NO.	DESCRIPCION	SISTEMA	NISSAN	G.M.	FORD	KM. PROM.
52	REVISAR LUCES EN GENERAL	ELECTRICO	10	15	5	10
53	REVISAR LIMPIADORES	ELECTRICO	10		10	10
54	REVISAR REGULADOR DE VOLTAJE	ELECTRICO	10			10
55	LUBRICAR ROTULAS DE SUSPENSION	LUBRICACION	10			10
56	LUB. ROTULAS DE DIRECCION	LUBRICACION	10			10
57	REVISAR PERNOS	SUSP. Y DIR.	10			10
58	REVISAR BARRA ESTABILIZADORA	SUSP. Y DIR.	10			10
59	REVISAR AMORTIGUADORES	SUSP. Y DIR.	10			10
60	REVISAR MUELLES	SUSP. Y DIR.	10			10
61	REVISAR PERCHAS	SUSP. Y DIR.	10			10
62	REVISAR BUJES DE MUELLES	SUSP. Y DIR.	10			10
63	REVISAR ABRAZADERAS	SUSP. Y DIR.	10			10
64	REVISAR TAPA DE DISTRIBUIDOR	ELECTRICO	10			10
65	REVISAR Y/O CAMBIAR Y CALIBRAR BUJIAS	AFINACION	10	10	10	10
66	CAMBIAR PLATINOS	AFINACION	10		10	10
67	REVISAR BALATAS	FRENOS	10			10
68	VERIFICAR ALINEACION	SUSP. Y DIR.	10	15	10	12
69	BALANCEAR RUEDAS	SUSP. Y DIR.	10	15	10	12
70	REV. MANGUERAS Y ABRAZADERAS	ENFMTO.	5		20	13
71	REVISAR INSTRUMENTOS DE TABLERO	ELECTRICO	10	15		13
72	REVISAR VEL. Y ODOMETRO	ELECTRICO	10	15		13
73	REVISAR CLAXON	ELECTRICO	10	15		13
74	REV. INSTAL. Y APRETAR CONEXIONES	ELECTRICO	10	15		13
75	CAMBIAR FILTROS DE COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE	10	20	10	13

### 4.3. CUADRO COMPARATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CAMIONES LIGEROS

ACTIVIDAD		CICLO (x 1000 KM)				
NO.	DESCRIPCION	SISTEMA	NISSAN	G.M.	FORD	KM. PROM.
76	PROBAR FUNC. MOTOR CON APARATOS	AFINACION	10	20	10	13
77	REVISAR CABLES	ELECTRICO	10	20	10	13
78	MONTAR BALATAS	FRENOS	10		20	15
79	CAMBIAR LIQUIDO DE FRENOS	FRENOS	15			15
80	CORREGIR FUNCIONAMIENTO SIST.EMBRAGUE	TRANSMISION	10		20	15
81	REVISAR TUBO DE ESCAPE Y SILENC.	HOJALATERIA	10	15	20	15
82	LIMPIAR Y APRETAR TIERRAS EN CIRCUITO	ELECTRICO		15		15
83	MONTAR Y AJUSTAR MASAS	CHASIS	10	20	20	17
84	REV. VALVULA DE VENT. POSITIVA	AFINACION	20	10	20	17
85	REV. TUBERIAS Y MANGUERAS DE FRENOS	FRENOS	10	25	20	18
86	REVISAR TAMBORES Y DISCOS	FRENOS	10	25	20	18
87	LAVAR Y SOPLETEAR EL RADIADOR	ENFMTO.	20			20
88	CAMBIAR ELEMENTO FILTRANTE DEL SIST. DE VENT. DEL CARTER	GENERAL			20	20
89	APRETAR CABEZAS DE MOTOR Y MULTIPLES	MOTOR			20	20
90	REV. CINTURONES DE SEG.,HEBILLAS,RETRACTORES Y ANCLAJES,ETC.	GENERAL	20			20
91	AJUSTE Y/O ENGRASE COJINETES DE RUEDAS	LUBRICACION		20	20	20
92	DESARMAR CONJUNTO DE FRENOS	FRENOS		25	20	23
93	DESARMAR CILINDRO DE FRENOS	FRENOS		25	20	23
94	CAMBIAR ACEITE DIFERENCIAL	TRANSMISION	25			25
95	CAMBIAR ACEITE DE TRANSMISION	TRANSMISION	25			25
96	LUB. CHASIS	LUBRICACION		25		25
97	LUB. BIRLO HORQUILLA DEL EMBRAGUE	LUBRICACION		25		25
98	TRATAR QUIMICAMENTE EL AGUA	ENFMTO.	20	40		30
99	REPARAR HIDRO-VAC O REFORZADOR	FRENOS	40			40

**4.3. CUADRO COMPARATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CAMIONES LIGEROS**

ACTIVIDAD		CICLO (x 1000 KM)				
NO.	DESCRIPCION	SISTEMA	NISSAN	G.M.	FORD	KM. PROM.
100	SERVICIO A SIST. DE ENFRIAMIENTO	ENFMTO.		40		40
101	REVISAR TANQUE DE COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE		40		40
102	REVISAR LINEAS DE GASOLINA, TAPON Y MANGUERAS	COMBUSTIBLE		40		40
103	SERV. A TRANSEJE DE TRANSM. MANUAL	TRANSMISION		50		50

#### **4.4. CICLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO IDEAL PARA FLOTILLAS.**

A partir de los cálculos y experiencias expuestas en este estudio, la base del ciclo de mantenimiento preventivo ideal para flotillas, basado en la vida útil del aceite para motor, que normalmente es la menor del conjunto de operaciones o tareas, será de 10,000 kms.

A continuación se enlistan las operaciones del programa de mantenimiento preventivo adecuadas al ciclo de 10,000 kms, recomendado como ideal para flotillas:

**CICLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO IDEAL PARA FLOTILLAS.**

ACTIVIDAD		CICLO	
NO.	DESCRIPCION	SISTEMA	x 1000 KM.
1	BUSCAR INDICIOS DE FUGA	GENERAL	10
2	BUSCAR INDICIOS DE FUGA DE ACEITE	LUBRICACION	10
3	REVISAR LLANTA POR DESGASTE ANORMAL	GENERAL	10
7	REV. SUSP. DELANTERA	SUSP. Y DIR.	10
8	REVISAR NIVEL DE AGUA RADIADOR	ENFMTO.	10
9	VACIAR ACEITE CARTER Y CAMBIO DE FILTRO	LUBRICACION	10
10	PONER A NIVEL ACEITE DE MOTOR	MOTOR	10
11	AJUSTAR FRENOS	FRENOS	10
12	REVISAR JUEGO LIBRE DEL PEDAL Y AJUSTAR SI SE REQUIERE	FRENOS	10
13	PURGAR SIST. FRENOS Y PONER A NIVEL LIQ.	FRENOS	10
14	REVISAR ACEITE DIFERENCIAL	TRANSMISION	10
15	REVISAR FLECHAS HOMOCINETICAS	TRANSMISION	10
16	REVISAR ACEITE TRANSMISION	TRANSMISION	10
17	COMPRUEBE Y CORRIJA NIVELES Y VERIFIQUE FUGAS EN EMBRAGUE	TRANSMISION	10
18	HACER PRUEBA Y MITO. AL ACUMULADOR	ELECTRICO	10
19	REVISAR NIVEL ELECTROLITO Y DENSIDAD	ELECTRICO	10
20	REVISAR PUERTAS	HOJALATERIA	10
21	REVISAR NIVEL DE AGUA LIMPIAPARABRISAS	GENERAL	10
22	LUB.TOPES DE LOS BRAZOS DE LA DIRECCION	LUBRICACION	10
23	LUB. VARILLAS DEL EMBRAGUE	LUBRICACION	10
24	ENGRASAR ASIENOS DE MUELLES	LUBRICACION	10
25	LUB. ARTICULACIONES ESFERICAS DE LA DIRECCION	LUBRICACION	10
26	REVISAR TERMINALES DIRECCION	SUSP. Y DIR.	10
27	LIMPIAR FILTRO DE AIRE	AFINACION	10

**CICLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO IDEAL PARA FLOTILLAS.**

ACTIVIDAD		CICLO	
NO.	DESCRIPCION	SISTEMA	x 1000 KM.
28	LUBRICACION GENERAL	LUBRICACION	10
29	REVISAR Y CALIBRAR BUJIAS	AFINACION	10
30	APRETAR TUERCAS DE RUEDAS Y FLECHAS	TRANSMISION	10
31	AJUSTAR Y LUB. FRENO DE ESTACIONAMIENTO	FRENOS	10
32	LUB. ARTICULACIONES DE FLECHA CARDAN	LUBRICACION	10
33	REVISAR PLATINOS	AFINACION	10
34	PONER A TIEMPO MOTOR CON LAMPARA	AFINACION	10
35	REVISAR BANDAS	GENERAL	10
36	BUSCAR INDICIOS DE FUGA DE COMBUSTIBLE	GENERAL	10
37	LIMPIAR ELEMENTO FILTRANTE DEL SIST. DE VENT. DEL CARTER	GENERAL	10
38	DESMONTAR RUEDAS	CHASIS	10
39	EXTRAER VIDRIOS Y CLAVOS DE LLANTAS	CHASIS	10
40	ROTACION DE RUEDAS	GENERAL	10
41	REPARAR FALLAS DE SUSPENSION	SUSP. Y DIR.	10
42	REVISAR ROTULAS Y JUNTAS DE FLECHAS DE VEL CTE.	TRANSMISION	10
43	REVISAR JUEGO LIBRE DE CHICOTE DE EMBRAGUE	TRANSMISION	10
44	APRETAR SOPORTES DE MOTOR	MOTOR	10
45	CALIBRAR PUNTERIAS	MOTOR	10
46	REVISAR Y/O REPARAR CARBURADOR	AFINACION	10
47	CAMBIAR FILTRO DE AIRE	AFINACION	10
48	REVISAR ALTERNADOR Y MARCHA	ELECTRICO	10
49	REVISAR SOPORTES DE CARROCERIA	CHASIS	10
50	REAPRIETE TUERCAS DE SUJECION AL MULTIPLE DE ESCAPE	HOJALATERIA	10
51	LUBRICAR ASIENTOS	LUBRICACION	10

**CICLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO IDEAL PARA FLOTILLAS.**

ACTIVIDAD		CICLO	
NO.	DESCRIPCION	SISTEMA	x 1000 KM.
52	REVISAR LUCES EN GENERAL	ELECTRICO	10
53	REVISAR LIMPIADORES	ELECTRICO	10
54	REVISAR REGULADOR DE VOLTAJE	ELECTRICO	10
55	LUBRICAR ROTULAS DE SUSPENSION	LUBRICACION	10
56	LUB. ROTULAS DE DIRECCION	LUBRICACION	10
57	REVISAR PERNOS	SUSP. Y DIR.	10
58	REVISAR BARRA ESTABILIZADORA	SUSP. Y DIR.	10
59	REVISAR AMORTIGUADORES	SUSP. Y DIR.	10
60	REVISAR MUELLES	SUSP. Y DIR.	10
61	REVISAR PERCHAS	SUSP. Y DIR.	10
62	REVISAR BUJES DE MUELLES	SUSP. Y DIR.	10
63	REVISAR ABRAZADERAS	SUSP. Y DIR.	10
64	REVISAR TAPA DE DISTRIBUIDOR	ELECTRICO	10
65	REVISAR Y/O CAMBIAR Y CALIBRAR BUJIAS	AFINACION	10
66	CAMBIAR PLATINOS	AFINACION	10
67	REVISAR BALATAS	FRENOS	10
68	VERIFICAR ALINEACION	SUSP. Y DIR.	10
69	BALANCEAR RUEDAS	SUSP. Y DIR.	10
70	REV. MANGUERAS Y ABRAZADERAS	ENFMTO.	10
71	REVISAR INSTRUMENTOS DE TABLERO	ELECTRICO	10
72	REVISAR VEL. Y ODOMETRO	ELECTRICO	10
73	REVISAR CLAXON	ELECTRICO	10
74	REV. INSTAL. Y APRETAR CONEXIONES	ELECTRICO	10
75	CAMBIAR FILTROS DE COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE	10

**CICLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO IDEAL PARA FLOTILLAS.**

ACTIVIDAD		CICLO	
NO.	DESCRIPCION	SISTEMA	x 1000 KM.
76	PROBAR FUNC. MOTOR CON APARATOS	AFINACION	10
77	REVISAR CABLES	ELECTRICO	10
78	MONTAR BALATAS	FRENOS	10
79	CAMBIAR LIQUIDO DE FRENOS	FRENOS	10
80	CORREGIR FUNCIONAMIENTO SIST.EMBRAGUE	TRANSMISION	10
81	REVISAR TUBO DE ESCAPE Y SILENC.	HOJALATERIA	10
82	LIMPIAR Y APRETAR TIERRAS EN CIRCUITO	ELECTRICO	10
83	MONTAR Y AJUSTAR MASAS	CHASIS	10
84	REV. VALVULA DE VENT. POSITIVA	AFINACION	20
85	REV. TUBERIAS Y MANGUERAS DE FRENOS	FRENOS	20
86	REVISAR TAMBORES Y DISCOS	FRENOS	20
87	LAVAR Y SOPLETEAR EL RADIADOR	ENFMTO.	20
88	CAMBIAR ELEMENTO FILTRANTE DEL SIST. DE VENT. DEL CARTER	GENERAL	20
89	APRETAR CABEZAS DE MOTOR Y MULTIPLES	MOTOR	20
90	REV. CINTURONES DE SEG.,HEBILLAS,RETRACTORES Y ANCLAJES,ETC.	GENERAL	20
91	AJUSTE Y/O ENGRASE COJINETES DE RUEDAS	LUBRICACION	20
92	DESARMAR CONJUNTO DE FRENOS	FRENOS	20
93	DESARMAR CILINDRO DE FRENOS	FRENOS	20
94	CAMBIAR ACEITE DIFERENCIAL	TRANSMISION	30
95	CAMBIAR ACEITE DE TRANSMISION	TRANSMISION	30
96	LUB. CHASIS	LUBRICACION	30
97	LUB. BIRLO HORQUILLA DEL EMBRAGUE	LUBRICACION	30
98	TRATAR QUIMICAMENTE EL AGUA	ENFMTO.	30
99	REPARAR HIDRO-VAC O REFORZADOR	FRENOS	40

**CICLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO IDEAL PARA FLOTILLAS.**

<b>ACTIVIDAD</b>		<b>CICLO</b>	
<b>NO.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>SISTEMA</b>	<b>x 1000 KM.</b>
100	SERVICIO A SIST. DE ENFRIAMIENTO	ENFMTO.	40
101	REVISAR TANQUE DE COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE	40
102	REVISAR LINEAS DE GASOLINA, TAPON Y MANGUERAS	COMBUSTIBLE	40
103	SERV. A TRANSEJE DE TRANSM. MANUAL	TRANSMISION	50

## CAPITULO 5

### **BENEFICIOS ECONÓMICOS.**

Los beneficios económicos se darán tomando como base los siguientes puntos:

- a) Flotilla = 10,000 vehículos con motores de combustión interna a gasolina.
- b) Capacidad promedio de aceite por vehículo = 5,5 lts.
- c) Recorrido diario promedio por vehículo = 50 kms.
- d) Días de trabajo al año = 310
- e) Rendimiento promedio de combustible utilizando aceite monogrado = 3.8 km/lt.
- f) Rendimiento promedio de combustible utilizando aceite multigrado = 4.4 km/lt.
- g) Costo del aceite monogrado = X
- h) Costo del aceite multigrado = 1.52X
- i) Costo por litro de gasolina = N\$ 1.22 (Nov. 1993)
- j) Incremento en ciclo para cambio de aceite de 4,000 a 10,000 kms = 2.5 veces.

### AHORRO POR DISMINUCIÓN EN CONSUMO DE ACEITE.-

- consumo anual de aceite monogrado con el ciclo a 4,000 kms;

$$\frac{a \times b \times c \times d}{4,000 \text{ km}} = 213,125 \text{ lts. anuales}$$

- consumo anual de aceite multigrado con el ciclo a 10,000 kms;

$$\frac{213,125}{j} = 85,250 \text{ lts. anuales}$$

- beneficio ecológico;

Se dejan de consumir 127,875 lts. anuales, por lo tanto se evita el manejo de este lubricante usado, que es considerado como residuo peligroso.

- ahorro anual;

$$213,125 (X) - 85,250 (1.52X) = 83,545 X$$

- ahorro porcentual;

$$\frac{83,545 X}{213,125 X} (100) = 39.2 \%$$

dando un valor promedio actual (en 1993) del costo "X" del aceite monogrado a N\$3.00 / lt, tenemos;

- ahorro anual por cambio de aceite monogrado a multigrado;

$$83,545 (3) = \underline{\text{N\$ 250,635.00}}$$

#### AHORRO POR INCREMENTO EN RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE.-

- incremento en rendimiento =  $\frac{f}{c} - 1 = 0.158 = \underline{15.8 \%}$

- consumo de gasolina anual antes del cambio a multigrado;

$$\frac{a \times c \times d}{e} = 40,789,473.68 \text{ lts. anuales}$$

- consumo de gasolina anual después del cambio a multigrado;

$$\frac{a \times c \times d}{f} = 35,227,272.73 \text{ lts. anuales}$$

- ahorro de 5,562,201 lts. anuales.

- por lo tanto el ahorro anual, tomando el costo de la gasolina a N\$ 1.22 /lt, será;

$$5,562,201.00 (1.22) = \underline{\text{N\$ 6,785,885.22}}$$

**AHORRO ANUAL POR CONCEPTO DE ACEITE Y COMBUSTIBLE.-**

**NS 250,635.00 + NS 6,785,885.22 = NS 7,036,520.22**

## **CONCLUSIONES.**

**A lo largo del presente trabajo, se han dado las bases suficientes para afirmar que la mejor opción en lubricación de motores a gasolina en flotillas, es el aceite multigrado. A continuación se mencionan las principales ventajas que representa el cambio de uso de aceite monogrado a multigrado:**

- El ciclo de mantenimiento preventivo para flotillas de vehículos con motores a gasolina se puede incrementar de 2 a 3 veces, cambiando el uso de aceite monogrado por multigrado.
- Se incrementa la productividad de los vehículos al disminuir los paros de los mismos para darles mantenimiento preventivo.
- Disminución en cuadros básicos de personal de taller, en el caso de flotilleros que cuentan con talleres propios para dar mantenimiento a sus vehículos.
- Se da un incremento mínimo en el rendimiento de combustible del 2.5 % (especificación que debe cumplir un lubricante SAE 15W-40), hasta un 15.8 % (visto en prueba de campo).
- Debido a un mejor desempeño del motor y a una reducción de uso de combustible por kilómetro recorrido, existe una evidente disminución en la cantidad de gases contaminantes emitidos a la atmósfera.
- Con un mejor desempeño del lubricante se reduce el desgaste de piezas móviles en el motor y por lo tanto se incrementa la vida del mismo.

- Disminuye considerablemente la dilución del aceite por combustible, debido a que el aceite multigrado tiene una viscosidad más baja (a temperatura ambiente) que el monogrado, por lo que le permite llegar más rápido a las venas de lubricación del motor, formando un sello en el pistón e impidiendo el paso del combustible entre el pistón y el cilindro.
- Al incrementar 2.5 veces el ciclo para el cambio de aceite, se reduce de igual forma el consumo del mismo, generando de esta manera menos desecho de aceite usado, considerado como residuo peligroso.

**UTILIZAR ACEITE MULTIGRADO PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN  
INTERNA EN FLOTILLAS, O VEHÍCULOS PARTICULARES, ES  
ACTUALMENTE LA MEJOR OPCIÓN.**

## BIBLIOGRAFÍA.

**González, Angel Sanz**

**TECNOLOGÍA DE LA AUTOMOCIÓN (TOMO I Y 2)**

**Editorial BRUÑO**

**España, 1979**

**Obert, Edward F.**

**MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA (Análisis y Aplicaciones)**

**Editorial CECSA**

**México, 1991**

**Nash, Frederick C.**

**FUNDAMENTOS DE MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**Editorial DIANA**

**México, 1970**

**Baumeister, Theodore / Avallone, Eugene**

**MARKS -MANUAL DEL INGENIERO MECÁNICO, VOLUMEN II**

**Editorial Mc. Graw-Hill**

**México, 1984**

**Bosh, Robert**

**AUTOMOTIVE HANDBOOK 2nd Edition (BOSH)**

**Editorial S.A.E.**

**USA, 1986**

**Toboldt, William K.**

**MANUAL DE REPARACIONES AUTOMOTRICES -AUTOMOTRIX-**

**Casa Editorial Lineal / Cleworth Books, Inc.**

**USA, 1977**

**Valencia Andrade, Guillermo**

**MANUAL DE LUBRICACIÓN, TOMO I y II**

**Biblioteca Industrial "EDICOL" (Pruebas de Laboratorio)**

**México, 1974**

**ENGINES, FUELS, LUBRICANTS, EMISSIONS, AND NOISE.**

**SAE Handbook, Vol. 3,**

**USA, 1993**