



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO
DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA A
GASOLINA DE ASPIRACION NORMAL E
INYECCION DIRECTA

TRABAJO DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :
FILIBERTO QUIROZ JUAREZ

ASESOR: ING JOSE JUAN CONTRERAS ESPINOSA.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES - CUAUTITLAN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA 14
MEXICO

ASUNTO. VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN Q. Ma del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Motores de
Combustión Interna a Gasolina de Aspiración Normal
e Inyección Directa".

que presenta El pasante: Filiberto Quiroz Juárez
con número de cuenta 8714153-9 para obtener el TITULO de.
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo de Méx., a 30 de Octubre de 1998

PRESIDENTE	<u>Ing. Juan de la Cruz Hernández Zamudio</u>	
VOCAL	<u>Ing. José Juan Contreras Espinosa</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Gloria Villanueva Aguilar</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Jorge de la Cruz Trejo</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Juan González Vega</u>	

AGRADECIMIENTOS

A LA VIDA

Por el ilimitado conjunto de oportunidades que me ha brindado y por la hermosa experiencia que es vivirla

A MI PADRE

Filiberto Quiroz Mendoza. Por todas las enseñanzas, apoyo y cariño que me brindó durante el tiempo que estuvimos juntos. En especial a su amada memoria.

A MI MADRE

Delfina Juárez Martínez. Por todo el apoyo, cariño, consejos y estímulos que siempre me ha proporcionado. En especial a su gran esfuerzo para que yo pudiera lograr éste objetivo

A MIS HERMANAS

Martha Lilia, Sonia y Sandra, quienes a pesar de nuestras discusiones y diferencias siempre han estado a mi lado dispuestas a apoyarme incondicionalmente

A LA UNAM

Por su invaluable contribución para que el sueño que tuve un día de ser profesionista, se convierta hoy en una realidad

A MIS PROFESORES

Mi eterno agradecimiento por todos los conocimientos que en todo nivel de mi educación me transmitieron con el único interés de lograr mi superación

A LA GENERACION 90

A todos mis compañeros con quienes tuve la fortuna de compartir éste increíble viaje por el mundo de la Ingeniería y en especial a esos incondicionales amigos. Efraín Becerril, Alfredo Díaz, Edgar Quintana y Mario Alberto Arellano quienes siempre estuvieron a mi lado motivandome para lograr mis objetivos

A TODOS AQUELLOS

Quienes de manera directa o indirecta participaron respaldandome y motivandome para seguir adelante y concluir mis estudios.

AL ING. JOSE JUAN CONTRERAS ESPINOSA

A quién menciono al último pero no por ésto deja de ser la persona más importante en la realización de éste trabajo, mi infinito agradecimiento por motivarme y asesorarme en la realización de ésta tesis.

OBJETIVOS DE LA TESIS.

- 1.- Describir las diferencias existentes entre el mantenimiento preventivo y el correctivo.
- 2.- Analizar el funcionamiento de un motor de combustión interna.
- 3.- Establecer la función específica de cada uno de los sistemas componentes del motor.
- 4.- Identificar las diferencias entre la aspiración normal y la inyección directa del combustible.
- 5.- Justificar porque es importante establecer un plan sistemático del mantenimiento preventivo.
- 6.- Explicar como debe realizarse el mantenimiento correctivo.
- 7.- Conocer el beneficio económico de la planeación del mantenimiento.
- 8.- Relacionar la técnica de la ingeniería mecánica eléctrica con los motores de combustión interna.
- 9.- Verificar la evolución cronológica en la tecnología utilizada en los motores de combustión interna.
- 10.- Desarrollar un programa de prevención de fallas.

El principal objetivo de este documento es el de proporcionar al lector una guía clara de los beneficios económicos de la planificación del mantenimiento y así también mostrar las diferencias existentes entre la inyección de combustible y la aspiración mediante carburador para los motores de combustión interna.

Tiene la finalidad de servir como un manual de localización de fallas, el cual puede ser usado por industrias, talleres mecánicos y por todo aquel que requiera del uso de un motor de combustión interna ya que su uso más difundido es su aplicación como fuente locomotora en los automóviles.

INDICE DE LA TESIS.

TEMA	Pag.
1.- Objetivos	2
2 - Introducción	5
3.- Breve descripción teórica	5
4.- Ciclo Otto o ciclo ideal de un motor a gasolina	6
5.- Ciclo real de un motor a gasolina	7
6.- Fallas más típicas que se presentan en un motor a gasolina y el mantenimiento a realizar para corregirlas.	8
7.- Evolución cronológica en la tecnología utilizada en los motores de combustión interna.	10
8.- Inyección y carburación-ventajas y desventajas	11
9.- Propiedades del combustible	18
10.- Generación de emisiones contaminantes en los m c i	24
11.- El sistema de lubricación	26
12.- Aceites para motor	27
13.- Clasificación por el sistema SAE	28
14.- Clasificación de servicios de aceite	29
15.- Cambio de aceite del motor	30
16.- Historia de la inyección de combustible	31
17.- Mantenimiento	41

18.- La seguridad en el trabajo de mantenimiento	43
19.- La seguridad en detalle por los encargados de mantenimiento	44
20.- Instrucciones de servicio de mantenimiento para motores a gasolina de inyección	45
21.- Conclusiones	50
22.- Bibliografía	51

INTRODUCCION

Un motor es de combustión interna, cuando el combustible es quemado dentro del motor, es decir, dentro del cilindro donde la expansión de gas impulsa un pistón cuando se produce la chispa de la bujía.

En nuestros días es necesario conocer el funcionamiento de los M.C.I. , ya que no sólo se utilizan en los automóviles, sino también se utilizan en las industrias tanto en generadores, bombas y otros equipos importantes, los combustibles utilizados más ampliamente en la actualidad son: La gasolina, los aceites pesados, el alcohol, el combustóleo, el diesel etc.

El motor de encendido por chispa está basado en los principios teóricos enunciados por Beau de Rochas, según los cuales la combustión se verifica a volumen constante y fue realizado por el alemán Nicholas Otto en 1862. Hoy en día, el motor de encendido por chispa suele llamarse motor de ciclo otto.

Por ciclo operativo entendemos a la sucesión de operaciones que el fluido activo ejecuta en el cilindro y que se repite con ley periódica. La duración del ciclo operativo es medido por el número de carreras efectuadas por el pistón.

La gran mayoría de motores encendidos por chispa son de 4 tiempos ya que son los que se prestan a una mejor compresión.

El ciclo de 4 tiempos comprende las 4 fases siguientes:

- 1.- Tiempo de admisión. La válvula de admisión está abierta y la de escape cerrada. El pistón desciende y aspira la mezcla.
- 2.- Tiempo de compresión. Tanto la válvula de admisión como la de escape están cerradas. Al subir, el pistón comprime la mezcla.
- 3.- Tiempo de expansión. Ambas válvulas permanecen cerradas, el gas comprimido se inflama por la chispa de la bujía. Al expandirse, el gas inflamado empuja al pistón.
- 4.- Tiempo de escape. La válvula de admisión permanece cerrada y se abre la de escape. El pistón sube y empuja los gases quemados; y comienza un nuevo ciclo

BREVE DESCRIPCION TEORICA

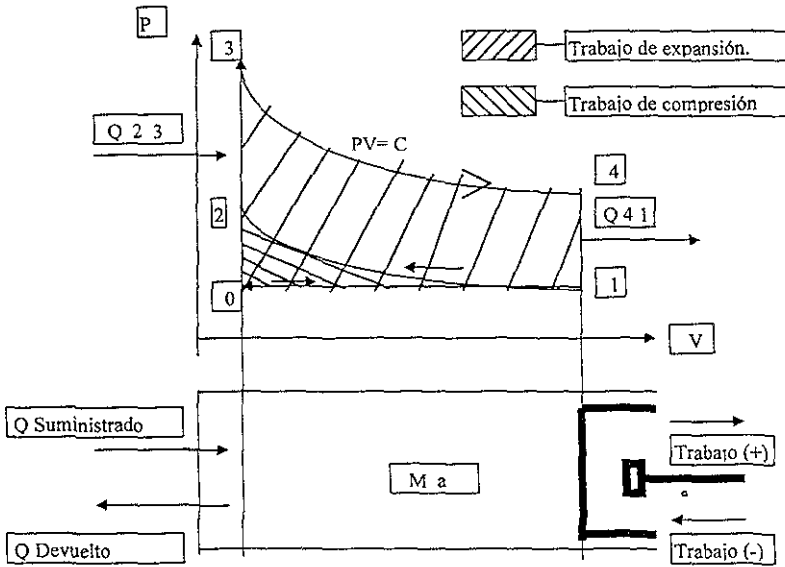
Las condiciones del ciclo Otto, tales como las concibió Beau de Rochas fueron:

- 1.- Volumen máximo de cilindro con mínima superficie expuesta con el fin de reducir la transmisión de calor.
- 2.- Presión máxima posible al comenzar el tiempo de expansión o útil.
- 3.- Velocidad de émbolo máxima para limitar la transmisión de calor.
- 4.- Máxima expansión posible.

En un motor real se realiza únicamente un ciclo mecánico, debido a que los gases son evacuados al exterior. Suponiendo que el ciclo es termodinámico, puede idearse un cilindro cerrado, en el cual el aire se calienta y se enfría por transmisión de energía en vez de hacerlo por combustión y por cambio de aire

En la figura siguiente aparece un ciclo de esta clase.

En dicho ciclo el trabajo realizado se presenta sobre el plano PV.



Suponiendo que en el cilindro siempre hay la misma cantidad de aire (M_a). En este caso los tiempos de aspiración y de expulsión (0 a 1 y 1 a 0) no es preciso considerarlos.

CICLO OTTO O CICLO IDEAL DE UN MOTOR A GASOLINA

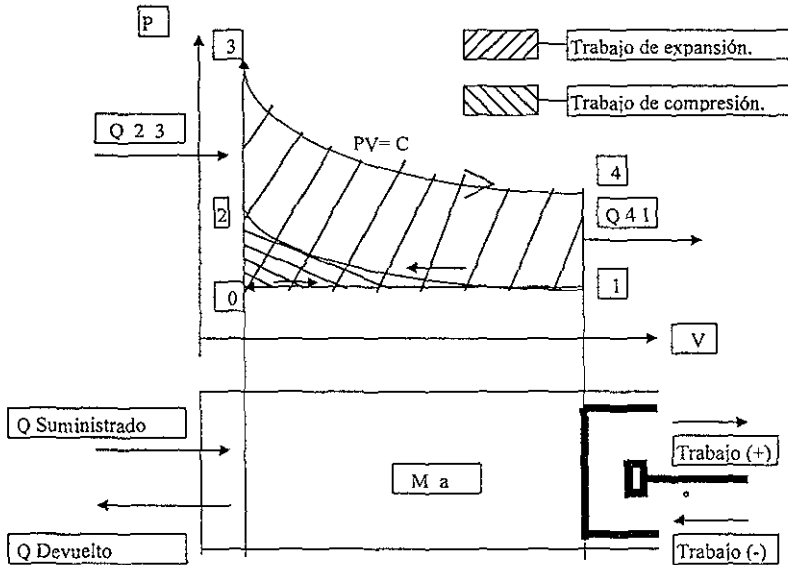
El ciclo otto supone una compresión isentrópica (1 a 2), adición de energía a volumen constante (2 a 3), expansión isentrópica (3 a 4) y evacuación de energía a volumen constante (4 a 1). Todos los procesos son reversibles y el aire actúa como gas perfecto, con calor específico constante.

El rendimiento del ciclo Otto viene dado por:

$$No = \frac{2Q3 - 4Q1}{2Q3}$$

En la figura siguiente aparece un ciclo de esta clase.

En dicho ciclo el trabajo realizado se presenta sobre el plano PV.



Suponiendo que en el cilindro siempre hay la misma cantidad de aire (M_a). En este caso los tiempos de aspiración y de expulsión (0 a 1 y 1 a 0) no es preciso considerarlos.

CICLO OTTO O CICLO IDEAL DE UN MOTOR A GASOLINA

El ciclo otto supone una compresión isentrópica (1 a 2), adición de energía a volumen constante (2 a 3), expansión isentrópica (3 a 4) y evacuación de energía a volumen constante (4 a 1). Todos los procesos son reversibles y el aire actúa como gas perfecto, con calor específico constante.

El rendimiento del ciclo Otto viene dado por:

$$N_o = \frac{2 Q_3 - 4 Q_1}{2 Q_3}$$

Donde:

W Es el trabajo útil por ciclos

$2 Q_3$ Energía suministrada al motor

Por ser los procesos *isoentrópicos* de (1 a 2) y de (3 a 4) se obtiene que:

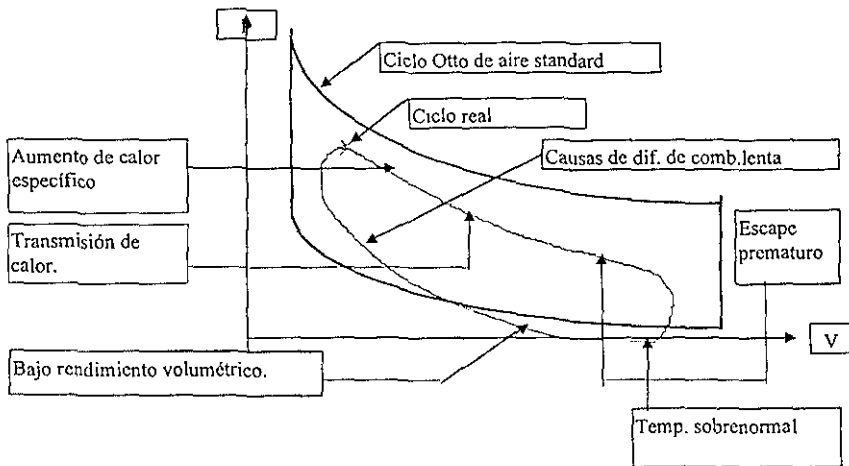
$$No = \frac{W}{2 Q_3} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{1}{R k^{k-1}}$$

Es decir la eficiencia de un motor viene determinada por la relación de compresión. En la práctica la máxima relación viene determinada por la calidad de combustible empleado, por consiguiente el rendimiento viene limitado por la máxima relación de compresión que el combustible puede emplear.

CICLO REAL DE UN MOTOR A GASOLINA

Muchos son los factores que hacen que el trabajo real sea más *pequeño* que el previsto en el ciclo teórico Otto.

En la figura siguiente se ha supuesto un diagrama típico de indicador, señalando al mismo tiempo las causas principales de las diferencias. Toda desviación con respecto al ciclo teórico, por pequeña que sea, no debe ser menospreciada, debido a que durante el funcionamiento se repite en cuatro, seis u ocho cilindros y de dos a tres mil veces por minuto. Por ejemplo, una pequeña desviación en el ajuste a la puesta a tiempo en la ignición, se traduce en una pérdida de rendimiento y potencia que a la primera vista es insignificante.



Un diagrama PV exacto expresa el trabajo generado en un cilindro. Todo aumento en el trabajo producido por el motor aparece como un aumento en la superficie del diagrama PV.

Donde:

W Es el trabajo útil por ciclos

$2 Q_3$ Energía suministrada al motor

Por ser los procesos isoentrópicos de (1 a 2) y de (3 a 4) se obtiene que:

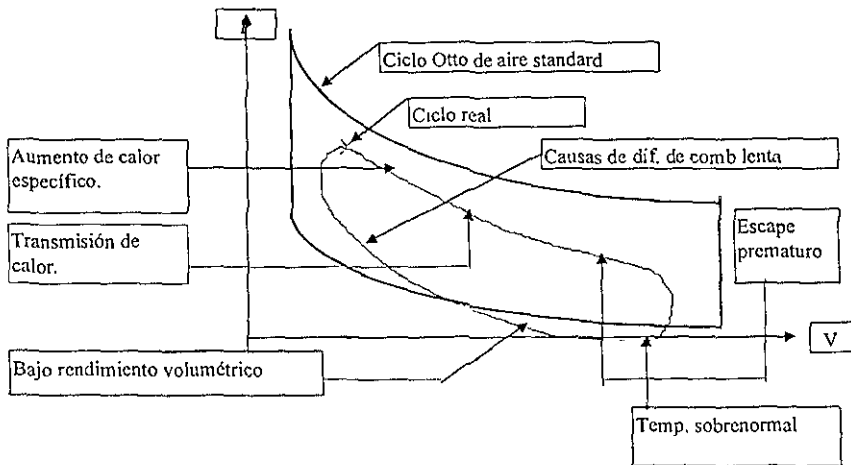
$$\eta_o = \frac{W}{2 Q_3} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{1}{R k^{k-1}}$$

Es decir la eficiencia de un motor viene determinada por la relación de compresión. En la práctica la máxima relación viene determinada por la calidad de combustible empleado, por consiguiente el rendimiento viene limitado por la máxima relación de compresión que el combustible puede emplear.

CICLO REAL DE UN MOTOR A GASOLINA

Muchos son los factores que hacen que el trabajo real sea más pequeño que el previsto en el ciclo teórico Otto.

En la figura siguiente se ha supuesto un diagrama típico de indicador, señalando al mismo tiempo las causas principales de las diferencias. Toda desviación con respecto al ciclo teórico, por pequeña que sea, no debe ser menospreciada, debido a que durante el funcionamiento se repite en cuatro, seis u ocho cilindros y de dos a tres mil veces por minuto. Por ejemplo, una pequeña desviación en el ajuste a la puesta a tiempo en la ignición, se traduce en una pérdida de rendimiento y potencia que a la primera vista es insignificante.



Un diagrama PV exacto expresa el trabajo generado en un cilindro. Todo aumento en el trabajo producido por el motor aparece como un aumento en la superficie del diagrama PV.

FALLAS MAS TIPICAS QUE SE PRESENTAN EN LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA Y EL MANTENIMIENTO A REALIZAR PARA CORREGIRLAS.

Es importante saber el momento en que falla el motor, si no las pruebas nos darán resultados equivocados; a continuación enunciamos algunas de las fallas más comunes en los motores de encendido por chispa así como la localización y su reparación.

1.- EL MOTOR NO ARRANCA Y GIRA NORMALMENTE (marcha normal).

En este caso puede existir una averja en el sistema de encendido, para esto verificar los cables de las bujías, si se observa que no salta chispa en los cables de las bujías, verificar la salida de la bobina para detectar si no se encuentran abiertos los circuitos de alta ó baja tensión. Si salta chispa de la bobina, comprobar los cables de alta tensión, la tapa del distribuidor y la escobilla, para detectar posibles roturas, grietas o humedad. Si no sale chispa de la bobina, compruébese las conexiones y los contactos de los platinos. Si se observa que salta chispa en los cables de las bujías retírese el filtro de aire del carburador y verifíquese el estrangulador de aire. Obsérvese al accionar el acelerador si existe suministro de gasolina, si no existe, suéltese la conexión de entrada de combustible al carburador. accione el motor para comprobar si la bomba está alimentando adecuadamente al carburador. Si la gasolina llega al carburador compruébese que éste inyecte adecuadamente gasolina. si no lo hace límpiense los surtidores hasta obtener un suministro adecuado de gasolina.

2.- EL MOTOR DA FALSAS EXPLOSIONES O RETUMBA A TRAVES DEL CARBURADOR.

Esto puede ser ocasionado por no tener el tiempo correcto , en este tendrá que corregirse al mismo. En el caso de que esté correcto y persista la falla, se puede deber a la tapa del distribuidor ó a los cables de alta tensión que estén mojados, para ello se deben secar los cables, comprobando que estos queden conectados según el orden de encendido.

3.- MARCHA RALENTI IRREGULAR

En este caso los tornillos de control de mezcla pueden estar mal ajustados, para esto hay que comprobar las revoluciones adecuadas según las especificaciones del fabricante, y después regular la riqueza de la mezcla. Si no mejora revisar los platinos y comprobar que no estén defectuosos o mal ajustados, en éste caso ajústese o cámbiese el juego de platinos.

Otras de las causas que ocasionan ésta falla pueden ser las bujías sucias ó desgastadas y la entrada de aire en el múltiple, la brida del carburador y el sistema de avance, esto se soluciona comprobando que no exista ninguna entrada de aire al carburador por su base conectora con el múltiple.

4.- EL MOTOR TIENE POCA POTENCIA

Esto se puede deber a la incorrecta puesta a tiempo, defectos en el mecanismo de avance automático, calibración incorrecta de balancines, entrada de aire en el múltiple de admisión, motor con poca compresión; en el caso de encontrar fuera de especificaciones, recomendadas por el fabricante, para cualquiera de los puntos anteriores se debe hacer el ajuste correspondiente.

Esto se puede deber también al suministro insuficiente de combustible, para esto hay que comprobar la entrada de éste al carburador así como los surtidores y la válvula de agua del mismo. También

podrá ser causa de esta falla que las articulaciones del carburador estén mal ajustadas; para esto compruébese si con el pedal se abre completamente la mariposa del carburador.

5.- EL MOTOR SE PARA CUANDO SE SUELTA EL CARBURADOR.

Por el contrario, funciona normalmente mientras se acelera

Esto se puede deber a que el tornillo de marcha ralenti esté desajustado, el surtidor de aire obstruido ó hay entradas de aire al múltiple de admisión.

6.- EL MOTOR CASCABEEA.

Las posibles causas pueden ser, que la gasolina no tenga el octanaje adecuado, que no esté bien ajustado el tiempo, que el motor esté excesivamente caliente (revisar el sistema de refrigeración), bujías excesivamente calientes ó demasiados depósitos de carbonilla en la cámara de combustión.

7.- EL MOTOR FALLA EN ALTA VELOCIDAD.

Las causas más probables pueden ser: Que las bujías estén defectuosas, que el carburador esté sucio, los cuales deberán limpiarse y ajustarse adecuadamente, otras de las causas pueden ser que los balancines estén mal ajustados, o que el filtro de aire esté sucio (sustitúyase éste si es necesario).

Se recomienda limpiar el carburador, el filtro de gasolina así como la mayor parte de la línea. Otra de las causas es el nivel insuficiente de gasolina en el carburador, se recomienda ajustar el nivel del flotador.

El motor puede fallar irregularmente y producir algunas explosiones debido a la falla de la bomba de gasolina produciendo ésta un suministro insuficiente de combustible al carburador.

Estas son algunas de las fallas más comunes en los motores de combustión interna y a demás se tratarán los métodos planificados que existen para prevenir las averías en los motores de combustión interna de aspiración normal así como los de Fuel injection (inyección electrónica de combustible), a lo largo del desarrollo de ésta tesis.

EVOLUCION CRONOLOGICA EN LA TECNOLOGIA UTILIZADA EN LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA

Las prioridades en el diseño del motor de combustión interna sufrieron dos cambios importantes en los últimos 20 años. Antes se resaltaba el caballaje máximo, consecuentemente con los requerimientos básicos de seguridad y larga duración. Luego se publicaron las leyes sobre la limpieza del aire en 1966 y 1970, que dieron absoluta prioridad a las medidas anticontaminantes. Después de 1973, vino la rápida quintuplicación de los precios del petróleo crudo, y las prioridades se volvieron hacia la conservación del combustible, lo cual favorece la eficiencia térmica y mecánica de un motor.

El caballaje, un escape más limpio y bajo consumo de combustible, eso es precisamente lo que deseamos de un motor de combustión interna ya que su uso más difundido es en la industria automotriz. Y podemos obtenerlos, eso dicen, con sólo una cosa: la inyección de combustible.

Muchos ingenieros ahora opinan que la inyección de combustible será un medio vital para progresar más en la eficiencia de operación sin renunciar a las mejoras que ya se han obtenido con el control de emisiones. Otros se rehusan a dar por perdido el carburador y dicen que la inyección de combustible es tan sólo un fenómeno pasajero, una novedad del momento.

Parece irrespetuoso hablar de novedades pasajeras en ingeniería automotriz, pero es verdad que la industria no está inmune a las extravagancias de la moda. Los ejemplos abundan. Ahora la novedad es la tracción en las ruedas delanteras. De pronto, todos en Detroit quieren fabricar autos con tracción delantera, después de resistirse tercamente a la tendencia europea por varias generaciones. Antes de eso, fueron los frenos de disco, las llantas radiales, lo que sigue tal vez sea la inyección de combustible o llamada fuel injection.

La inyección de combustible ha sido ponderada frecuentemente como un principio superior, y existe suficiente evidencia de que los compradores estaban y están descosos de aceptar el precio más elevado. Pero cuando se comparan estrechamente las funciones de un sistema de inyección de combustible con las funciones del carburador, ésta superioridad no está muy clara. Podría cuestionarse o aún ponerse en duda.

A las diferencias les falta contraste. El carburador mezcla combustible con aire para formar una mezcla de combustible, pero eso lo hace también un sistema de inyección de combustible.

¿Existen realmente principios diferentes en el funcionamiento? Si uno profundiza bastante en los detalles si los hay. En el carburador, se succiona el combustible hacia el aire, mientras que en la inyección de combustible se rocía sobre el aire. Hay que elegir entre succión y rociado a presión. La diferencia es muy sutil. Si se tiene un sistema que trabaja con inyección a presión muy baja, ¿quién puede decir que las fuerzas de succión no juegan su parte en sacar el combustible de las toberas?

No todos los sistemas regulan la inyección algunos rocían continuamente los modernos carburadores han alcanzado un estado de perfección muy elevado y no hay razón para esperar que ya llegaron a su etapa final.

INYECCION Y CARBURACION - VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Como se explicó anteriormente, la atracción más importante de la inyección de combustible tiene que encontrarse en las fallas del carburador. Así, el carburador es un punto de partida lógico para examinar exhaustivamente los principios de la inyección de combustible y del hardware, y se hace necesario dar un vistazo detallado a su construcción y sus variadas funciones.

Debido a que el carburador, es en cierto sentido, el guardián de la puerta, que deja entrar o evita que entre el aire, es fácil ver que es el primer eslabón para controlar la respiración del motor.

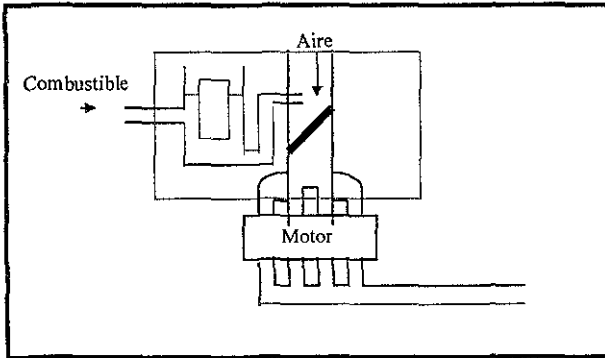
En teoría, durante la carrera de admisión, el pistón debe succionar hacia el interior del cilindro un volumen de mezcla a presión atmosférica, igual al desplazamiento del cilindro. En la práctica, la cantidad de mezcla que realmente entra es siempre menor a la cantidad teórica.

La proporción entre la cantidad teórica y la cantidad real se llama *eficiencia volumétrica*. Su valor común para un motor moderno es de 80% a 85% con todo el abogador. La eficiencia volumétricamente pobre no necesariamente daña la economía de combustible, sino que da por resultado un bajo rendimiento de energía, en relación al tamaño del motor. Las razones principales por las que no se logra el 100% son las siguientes.

- 1.- Restricciones en el carburador y dobleces en el múltiple de admisión y el sistema de puerto, que limita el flujo de gas a los cilindros.
- 2.- Calentamiento de la carga que entra por un puerto caliente de admisión, o por otras partes calientes que estén próximas al múltiple de admisión, ocasionando que la mezcla de aire-combustible se expanda antes de entrar a los cilindros.
- 3.- Gases calientes en el escape, que quedan atrapados en el interior del cilindro después de la carrera de escape.

La idea básica del carburador es tener un pasaje de aire con alimentación automática de combustible que se autorregule para proporcionar flujo masivo de aire en cuanto es medido por un venturi. En principio, un carburador consta de un depósito de combustible o taza del flotador y un surtidor de combustible que conduce al venturi principal o un pasaje de aire, equipado con una válvula de estrangulación. En el depósito se mantiene un nivel constante mediante un flotador que abre o cierra la válvula de combustible mediante un mecanismo articulado sencillo. Se suministra el combustible mediante la acción de la bomba de combustible, que lleva la gasolina cruda desde el tanque.

La siguiente figura ilustra los principios en los cuales se basa el carburador



Principios del carburador: No se mide nada, se busca que la dosificación del combustible mantenga una dosificación casi constante con el flujo del aire, debido a que depende del vacío del múltiple. El dibujo también prueba que la mezcla se prepara al mismo tiempo para todos los cilindros, en la corriente ascendente del múltiple de admisión.

El carburador mezcla la carga de combustible y aire, y distribuye ésta mezcla a los cilindros por medio del múltiple de admisión. La mezcla debe ser bastante rica para asegurar que los cilindros que se encuentran más alejados del carburador tengan combustible suficiente. Los otros, en consecuencia, tienden a enriquecerse de más. Esa es la desventaja más grande tanto para la economía de combustible como para el control de emisiones.

Todos los carburadores tienen una válvula de estrangulación para controlar el volumen de aire que entra. La masa de aire que entra al carburador regula la velocidad del motor y por tanto puede usarse para regular la potencia del motor. La válvula de estrangulación está conectada al acelerador o pedal del mismo. La válvula es de mariposa que consta de un disco montado en un husillo. El disco es casi circular, y tiene el mismo diámetro que el pasaje principal de aire en el carburador. Se localiza en la parte inferior del carburador, entre la tobera del surtidor y el múltiple de admisión. El husillo del regulador se conecta al acelerador de modo que cuando se oprime el pedal, la válvula se abre y cuando se suelta el pedal, se cierra. El surtidor del combustible se conecta desde el depósito y lo lanza al interior de la parte más estrecha del venturí donde la velocidad del aire es mayor. La gasolina no fluye normalmente fuera de la tobera del surtidor, sino que tiene que ser llevada por goteo por el flujo del aire.

Este suministro de combustible por goteo, se logra debido a que hay presión más alta en la taza del carburador que en el múltiple del motor. Por supuesto no es práctico que la taza del carburador esté sometida a presión, sino que se deja a la presión atmosférica puesto que es mucho más sencillo establecer una diferencia de presión creando una caída de presión o vacío parcial en el lado del motor en que está el carburador.

Pero queda el hecho de que el suministro de combustible en un carburador tiende a retrasarse en relación al movimiento de la mariposa, debido principalmente a la tensión superficial y la inercia en el combustible.

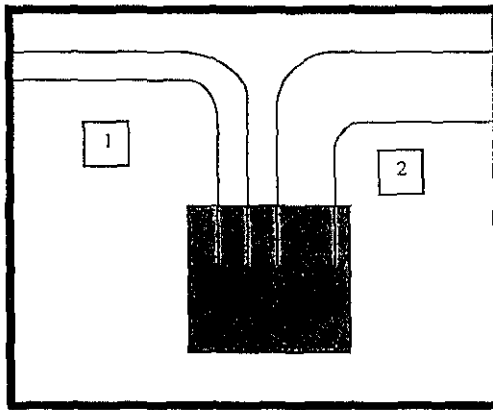
El carburador básico opera cuando la válvula de estrangulación está completamente abierta o completamente cerrada. Pero ningún conductor querrá que el motor se detenga cada vez que deja de pisar el

acelerador. Un auto con un motor así sería muy cansado de conducir cuando el tráfico es muy pesado, con paradas y arranques continuos. En el interior del carburador se agregó un circuito de marcha en vacío para mantener el motor funcionando aún cuando no se necesite la potencia. El surtidor de marcha lenta admite combustible en el lado del motor en que está la válvula de estrangulación. Aire adicional se mezcla con este combustible a través de una purga de aire. El resultado es un circuito enteramente separado del carburador, que opera sólo cuando está cerrada la válvula.

Se asegura el flujo de aire a través del carburador por la acción de bombeo de los pistones. El movimiento descendente del pistón en la carrera de admisión crea un vacío parcial en el cilindro. La mezcla de aire-combustible en el múltiple de admisión, se apresura para llenar el vacío y el flujo de gas ajustado por la caída de presión, lleva aire nuevo al carburador.

Se crea una caída de presión por medio de un dispositivo llamado venturi. El venturi es una constricción en la garganta del carburador. El único modo de lograr que fluya una cantidad constante de gas por un tubo que se estrecha es acelerando. De acuerdo con la ley de Bernoulli un aumento en la velocidad del aire a través del venturi va acompañado por una reducción en la presión. El venturi se coloca de modo que ésta caída de presión sea más elevada en el área cercana a la tóbera del surtidor. El combustible fluye de la taza del flotador al orificio del surtidor porque la presión en la superficie del combustible en la taza del flotador es la atmosférica, mientras la salida del surtidor esté en un área de vacío parcial. El combustible sale del surtidor como rocío fino y es arrastrado por el aire que entra.

Para obtener una alimentación proporcional y automática de combustible a la corriente de aire, el carburador tiene que mantener la velocidad apropiada de aire cuando pasa el combustible por la tóbera del surtidor bajo cargas ligeras o pesadas.



Proporción de aire-combustible. El proceso de combustión necesita el oxígeno del aire para quemar el combustible. La proporción ideal teórica para que haya combustión total de una parte de gasolina es de 14.7 partes de aire. Esto se llama *proporción estequiométrica*. Si hay más combustible, éste no se utiliza del todo y en el sistema de escape se aumenta la cantidad de hidrocarburos no quemados. Cuando hay menos combustible en comparación con el aire, la potencia disminuye y el proceso de combustión se vuelve más lento, lo que ocasiona que se incremente la temperatura del motor.

La eficiencia del venturi depende de la proporción de la longitud con su diámetro. La cantidad de combustible que se arrastra al interior del motor depende de la magnitud de la caída de presión. Cuanto más pequeñas sean las partículas de combustible que salen del carburador, con mayor facilidad y totalidad se mezclarán con el aire y se evaporarán en su paso por el múltiple de admisión hacia el interior del cilindro. las

dimensiones del ducto de suministro de aire y el surtidor se calculan cuidadosamente para dar la proporción correcta de aire-combustible. El problema es que ésta proporción no es constante y el carburador no puede ajustarla exactamente a las necesidades cambiantes.

En cualquier caso, para un encendido adecuado y una combustión completa y sin desperdicio, la mezcla tiene que ser un vapor homogéneo sin que contenga combustible líquido. Eso es con condicionante en la mezcla total y es factor que debe tomarse en cuenta para los sistemas de inyección de combustible.

Con los carburadores, la totalidad del proceso de la mezcla se determina principalmente por la distancia de la brida del carburador al puerto de la válvula de entrada, y la velocidad del flujo de gas.

La velocidad de flujo de combustible en la tóbera aumenta más rápidamente que la caída de presión en el venturi. Eso quiere decir que el motor sería más y más rico a medida que sube la velocidad, a menos que el carburador pudiera corregir la proporción de aire-combustible. Se logra la corrección de aire introduciéndolo en el suministro de combustible antes de que salga de la tóbera. Esto se hace por lo general con una toma de aire.

El tipo más común de *purgador de aire* es un tubo de emulsión, con agujeros a través de él. Está colocado en un recipiente de combustible dentro del carburador. A medida que aumenta la caída de presión, el combustible fluye con mayor rapidez. Esto baja el nivel en el pozo del combustible y destapa más orificios en el tubo de emulsión. De ello resulta que se purga más aire al interior de la mezcla, y se evita que se forme una mezcla más rica.

El grado de atomización varía enormemente con los cambios en la velocidad y la carga de motor (medida desde la abertura de la válvula de estrangulación). Un venturi de diámetro más grande sería lo mejor para una operación a toda potencia. Un venturi de diámetro pequeño sería lo mejor para que funcionara la válvula parcialmente. Un venturi de diámetro pequeño ofrece también ventajas en la economía de combustible, pero mientras se tiende a proporcionar el potencial adecuado de aceleración, inevitablemente lleva consigo una ligera pérdida a alta velocidad.

Muchos fabricantes aumentaron el tamaño del venturi para proporcionar el flujo de aire total que necesitan sus motores para lograr lo máximo de potencia. Empero, encontraron que había un límite práctico en cuanto a las dimensiones máximas del venturi para que el motor tuviera un funcionamiento aceptable a baja velocidad. Esta limitación condujo a las industrias a diseñar carburadores de dos y cuatro gargantas.

Hay un venturi en cada garganta. Un carburador de dos gargantas tiene un venturi primario para el funcionamiento de carga parcial y un venturi secundario para el funcionamiento con carga total. El carburador de cuatro gargantas tiene dos venturis primarios y dos secundarios. Sólo se usan los primarios en condiciones de carga parcial. Las válvulas de estrangulación en las gargantas primarias están unidas a las válvulas de las gargantas secundarias. Cuando las primarias están semi abiertas, por ejemplo, las secundarias están totalmente abiertas. Esto asegura cierta economía operando con carga ligera, así como un flujo máximo de gas y una correcta mezcla de aire-combustible para una operación a toda potencia.

Teóricamente, la proporción de aire-combustible es de 14.7 partes de aire por una de combustible. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que esto sólo es verdad únicamente en funcionamiento constante, como a velocidad de crucero en una autopista, con variaciones mínimas en el ángulo de la válvula de estrangulamiento y de las revoluciones del motor por minuto.

Para un funcionamiento con admisión parcial y carga ligera, resultará adecuada una proporción de 16.0 a 16.5. Esta proporción deberá enriquecerse para aumentar la velocidad, acercándose a 12:1 para una aceleración con admisión completa. La proporción de 10 ó de 11:1 será mejor para un motor caliente en vacío. Pero para el arranque en frío, la proporción de aire-combustible debe ser de 3 ó 4:1.

Aire y combustible no se mezclan muy bien en tiempo frío. Solamente las proporciones más ligeras de gasolina ayudan a formar una mezcla de combustible. Por esa razón, la mezcla debe ser más rica cuando el motor está frío y la temperatura ambiente es baja.

Se logra el enriquecimiento de la mezcla por medio de un mecanismo estrangulador. Es una válvula especial que se coloca en la boca del carburador de modo que *parcialmente boquee* la entrada de aire. Al reducir severamente el suministro de aire, se aumenta de manera drástica el vacío en el vénturi, haciendo que aumente la velocidad del flujo de combustible. Esto da como resultado una mezcla más rica. El motor arranca pero, ¿se mantendrá funcionando? El bloqueo de la admisión de aire tiende a parar el motor ¿no es cierto? Sí. Cuando el motor está frío y con la válvula cerrada, el volumen total de la mezcla que entra es tan pequeña que el motor tiende a pararse. Por ello había que inventar algo para mantenerlo funcionando.

Este invento tan necesario es una cosa simple que se llama *leva de marcha rápida en vacío*. Es una parte del mecanismo del ahogador enganchando al varillaje de la garganta para dar una marcha rápida en vacío tan pronto como el ahogador entra en funcionamiento.

Los ahogadores *automáticos* dependen del calor del motor para funcionar. La válvula es activada por un termostato que se controla con el calor del escape. Con el motor frío, la válvula del ahogador se cierra para arrancar. Cuando se calienta, el calor del escape abre gradualmente la válvula del ahogador.

El *termostato* consta de un resorte sensible al calor. El tipo más común consta de un resorte bimetalico, muy parecido a una cuerda de reloj. Este resorte se fija por su centro unido a la válvula del ahogador con un varillaje en su extremo circunferencial. El resorte está dentro de una caja, un tubo conecta la caja al múltiple de escape. Cuando el motor está frío, el resorte se contrae y cierra la válvula del ahogador. Tan pronto como el motor comienza a calentarse, el calor que proviene del múltiple, hace que el resorte se desenrolle y la válvula del ahogador se abre gradualmente.

El *múltiple de admisión* incorpora un pasaje especial para el gas del escape con el fin de calentar la mezcla de aire-combustible entrante y mejora la atomización en los arranques en frío. Una vez que el motor se ha calentado, éste calentamiento es indeseable, ya que ocasionaría que la mezcla fresca se expandiera antes de entrar al cilindro, lo cual reduciría la *eficiencia volumétrica* del motor. Por tanto, se proporciona una válvula elevadora de calor para dirigir el flujo de gas del escape de acuerdo con la temperatura del motor.

La *válvula elevadora de calor* está en el múltiple de escape. Regula la cantidad de gas que se deja pasar por el múltiple de admisión. Un resorte bimetalico adherido al eje de la válvula de control restringe gradualmente la cantidad de flujo de gas de escape hacia el múltiple de admisión, cerrando lentamente la válvula. Cuando alcanza la temperatura apropiada de funcionamiento, los gases se dirigen al mofle y sale por el tubo de escape.

Antes del advenimiento de los controles de emisión, el abastecimiento de combustible se consideraba bastante exacto si las variaciones de la escala completa de la masa de flujo de aire y la velocidad se mantenía dentro de 5% de ajuste nominal.

En 1969 no se toleraba nada por arriba de una variación de 3%, y en 1972 el margen se redujo a 1.0 y 1.5%. Esta precisión es tan difícil de obtener en los carburadores que se producen en masa.

Las compilaciones para hacer que el carburador se adapte a los requerimientos del motor no acaban ahí. Todos los autos con transmisión automática tienen un amortiguador que evita que el motor se pare cuando se suelta súbitamente el acelerador.

El *amortiguador* es activado por un brazo de la palanca de la válvula de estrangulación, cuando está cerrada. Amortigua el cierre de la válvula, permitiendo que la medición de combustible se reduzca gradualmente en vez de cerrarse de pronto.

Resultaría muy caro incluir una compensación automática de altitud en un carburador. Debido al enrarecimiento de aire que hay a grandes altitudes, con un ajuste normal, con un ajuste normal se lograría una mezcla muy rica. Estadísticamente hablando, pocos autos van y vienen entre dos ambientes de alta y baja altitud, por lo que la industria se concentró en entregar autos con diferentes ajustes de carburador, de acuerdo con su destino final.

El carburador, a pesar de sus complicaciones, purgas de aire, surtidores de corrección, bombas de aceleración, tubos de emulsión y mecanismos ahogadores sigue siendo un compromiso. Los costos adicionales para mejorar los diseños de carburadores están haciendo que la industria adopte la *inyección de combustible*.

El otro argumento, y algunos expertos afirman que es la verdadera ventaja de la inyección de combustible, se apoya en la libertad de diseño del múltiple de admisión. Con los carburadores, los múltiples deben diseñarse de modo que favorezcan la atomización del combustible y desalentar las acumulaciones de gotitas de combustible crudo en las superficies de los canales. Por ello, debe proporcionarse el calentamiento del múltiple.

Para motores con carburador, el múltiple de admisión tiene dos funciones principales:

- 1.- Debe suministrar cantidades iguales de mezcla de combustible y aire a todos los cilindros.
- 2.- Debe asegurar que la mezcla posea las mismas características físicas y químicas en todos los cilindros.

Los gases son elásticos y viscosos. Cuando se hace pasar gas a alta velocidad por pasajes imperfectos, sus componentes se disgregan y el flujo deja de ser uniforme y se vuelve turbulento. Sólo las partículas individuales conservarán una velocidad teórica.

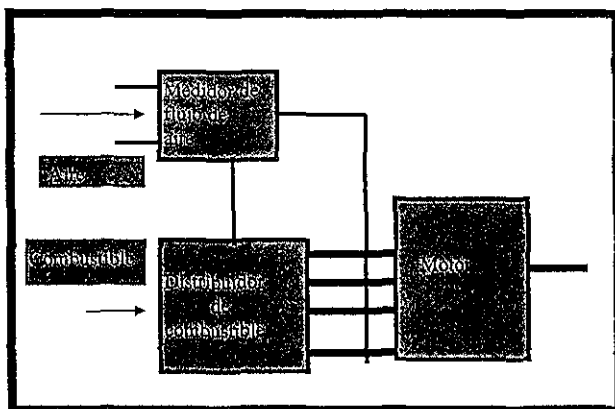
Cuando el área del corte transversal del múltiple es demasiado grande, la velocidad del gas cae por debajo de un punto crítico, en el cual las gotas de combustible crudo comienzan a depositarse en las paredes del múltiple. Esto cambia la proporción de aire-combustible que mide el carburador.

En general, la sección transversal del múltiple es tan grande como sea posible, para obtener las condiciones ideales de potencia, sin llegar al punto crítico. Las paredes interiores del múltiple se hacen

tan lisas como sea posible, porque la aspereza de la superficie puede ocasionar la separación del flujo de gas. Por otra parte, esto tiende a ocasionar que se depositen las gotitas de combustible. Las esquinas agudas en un múltiple a veces se incorporan en forma deliberada. Pueden ocasionar que una película de combustible se desprenda de la pared y vuelva a entrar a la corriente de aire, pero debido a que esto ocurre al azar, también puede haber un cambio momentáneo en la proporción aire-combustible.

Dependiendo de la exacta ubicación de las tóberas del inyector, las condiciones del control de mezcla no se aplican a los múltiples para motores de inyección de combustible. Con la inyección de combustible, el ingeniero tiene libertad para explotar al máximo los efectos de la presión dinámica.

La presión dinámica es un efecto de impulsión del aire. Una vez que se haya iniciado y acelerado el flujo de gas, éste adquirirá inercia cuando su flujo es frenado de pronto por una válvula cerrada. Esta inercia puede utilizarse para fijar los pulsos en los canales del múltiple que forzarán a que pase más gas por la válvula de estrangulación que si se utilizase la succión únicamente. La longitud del tubo de admisión determina el efecto de presión dinámica. Hay una longitud ideal para cada cilindro, para cada velocidad del motor, y todos los múltiples son un compromiso entre la alta velocidad y óptima y las mejores características de flujo de gas a baja velocidad.



Principios de la inyección de combustible. La diferencia básica entre un sistema popular y moderno de inyección Bosh, y el carburador típico es que el aire y el combustible se miden por separado. La dosificación de combustible toma en cuenta la masa del flujo de aire, velocidad del motor, posición de la válvula de estrangulación y temperatura del motor como parámetros esenciales de control. En algunos sistemas, se consideran otros parámetros. Se abastece combustible en forma individual a cada cilindro, en cantidades uniformes para cualesquiera condiciones. Eso ahorra combustible y produce más potencia.

PROPIEDADES DEL COMBUSTIBLE

Cuando aquí se presenta la inyección de combustible comparándola con los carburadores, se habla de un mismo combustible: *Gasolina*. En todos los motores diesel se usa inyección de combustible, pero los motores diesel funcionan bajo principios diferentes, su equipo de inyección y las propiedades de combustible no se explican en ésta tesis.

La inyección de combustible totalmente compatible con el gasohol (mezcla de gasolina y alcohol etílico) y otros combustibles futuros, pero los sistemas existentes no están diseñados para ello. La explicación siguiente se restringe a la gasolina tal como se adquiere en las gasolineras.

El primer hecho que hay que afrontar acerca de éste combustible es que la gasolina cruda no se quema. Debe cambiarse primero de líquido a vapor y suministrarse con un adecuado volumen de aire para asegurar que haya suficiente oxígeno que ayude a la combustión en el motor. La gasolina es un hidrocarburo, compuesta de 15% de hidrógeno y 85% de carbono. Tiene dos ingredientes que se presentarán después en detalle, pero ahora basta con saber lo anterior para entender el funcionamiento y su uso como combustible de motor. El aire es una mezcla de 21% de oxígeno, 75% de nitrógeno y 4% de otros gases. Pero solamente el oxígeno se mezcla con la gasolina.

Antes que la gasolina se mezcle completamente con el aire en las proporciones adecuadas, debe separarse, o atomizarse, en partículas muy finas. El motor no funcionará adecuadamente si recibe una mezcla de aire-combustible siempre con las mismas proporciones. La mezcla debe ajustarse a la velocidad, condiciones de carga y temperatura. El volumen total, así como la proporción de aire-combustible, debe ajustarse continuamente a éstas condiciones.

La gasolina se obtiene refinando el petróleo crudo. El petróleo crudo, como sale del subsuelo es una mezcla de miles de sustancias químicas diferentes, que van desde gases extremadamente ligeros hasta materiales semisólidos que contienen carbón, con el asfalto o la parafina. Los gases se disuelven en los otros componentes del petróleo crudo debido a la presión extrema a que está almacenado en el subsuelo.

El agua pesa 8.33 libras por galón. Como líquido, el petróleo crudo puede ser tan espeso y negro como el alquitrán fundido o tan delgado e incoloro como el agua. Sus características dependen del campo petrolero particular donde se extraiga. Los petróleos crudos contienen compuestos de azufre en cantidades variables. El azufre es indeseable en el combustible para motor porque aumenta los malos olores, corroe los motores, es nocivo para algunos catalizadores y puede reducir la eficiencia de algunos antidetonantes. Cuando el petróleo pasa por la refinería pierde una gran cantidad de azufre.

El proceso de refinación comienza con la destilación del petróleo crudo. Sigue un proceso de fraccionado al vacío, donde se separan los aceites ligeros de los pesados, el gasóleo y el betumen.

El proceso de fraccionamiento también es importante. Las moléculas de hidrocarburo con punto de ebullición más elevado pueden romperse o fraccionarse, en otras que hierven a temperatura más baja, someténdolas a temperaturas extremas.

El fraccionamiento térmico fue el modo natural y sencillo de hacer esto. Sin embargo, el método original ya ha sido sustituido completamente por *el fraccionamiento catalítico* que da mayor libertad de producción para la refinería.

El fraccionamiento es una destilación fraccionaria combinada con otras operaciones. Después de una etapa inicial de purificación física, el petróleo se somete a la destilación fraccionaria a presión atmosférica en columnas de unos treinta metros de alto. Estas columnas se calientan por su base y las temperaturas oscilan entre 30 y 70 grados centígrados. La mayor parte de los productos volátiles van a la parte superior. De la parte superior a la inferior está la gasolina, kerosina, gasóleo, combustibles y lubricantes.

El fraccionamiento catalítico es un proceso reformador que transforma las bencinas pesadas de la primera destilación en ligeras con octano más elevado. En la reforma catalítica hay rearrreglos moleculares así como división molecular. El rendimiento de la gasolina se determina preferentemente por su volatilidad (tendencia a hervir y evaporarse) su calidad antidetonante, su limpieza y estabilidad. Estas características son determinadas por la selección y el proceso del refinador, más los aditivos e inhibidores que le agrega.

La gasolina debe formar vapores a baja temperatura, para asegurar un arranque fácil. Debe vaporizarse rápidamente a medida que sube la temperatura del carburador y del múltiple para asegurar un calentamiento suave y rápido, una aceleración inmediata y una distribución uniforme en los cilindros.

Las características de evaporación deben mantenerse de acuerdo con el clima y la altitud donde se va a usar la gasolina, para evitar bolsas de vapor y hervor del combustible en el interior de los carburadores, bombas y líneas.

La gasolina debe contener muy pocos hidrocarburos con muy elevado punto de ebullición, para asegurar una buena distribución de combustible y que no haya depósitos y diluciones en el cárter. Se necesita una alta calidad antidetonante (número de octanos) en toda su escala de ebullición para asegurar que no haya detonación a todas las velocidades y cargas del motor. Su contenido de gomas debe ser bajo, para evitar que las válvulas se peguen, los problemas ocasionados por los depósitos en el carburador, en el interior del motor y en el múltiple de admisión. La gasolina debe tener buena estabilidad contra la oxidación para evitar el deterioro y formación de gomas durante su almacenaje.

La propiedad antidetonante de la gasolina se indica con un número de octano. Se creó la escala del octano asignando el número cero al heptano (C_7H_{16}) y el número cien al isoocetano (C_8H_{18}). Los números entre cero y cien indican la proporción de cada uno cuando se mezclan dos. El número de octano de la gasolina se determina en una prueba de comparación con una mezcla de heptano e isoocetano. Si la gasolina muestra la misma tendencia a la detonación que la mezcla que contenga 6% de heptano y 94% de isoocetano, su número de octano es noventa y cuatro.

Hay dos formas de determinar el número de octano de un combustible. En el *Método de investigación* se hace funcionar el motor de prueba bajo condiciones sumamente controladas de velocidad, admisión de aire, temperatura y tiempo de encendido. La diferencia entre las especificaciones del *Método de investigación* y *Método de motor* para un mismo combustible se llama *sensibilidad*.

Resulta imposible obtener un isoocetano con un porcentaje mayor de 100 en una mezcla de combustible que se usa como punto de referencia, pero algunos combustibles tienen especificaciones por

arriba de 100 octano. Entonces el combustible de referencia se convierte en un isoctano más una cierta cantidad de tetraetilo de plomo. El valor de detonación en estos combustibles puede definirse como mililitros tetraetilo de plomo por galón de isoctano.

El especialista en inyección de combustible debe tomar muy en cuenta el requerimiento de octano de un motor. El requerimiento de octano de un motor puede definirse como el número de octano que produce cierto nivel de resistencia a la detonación durante la aceleración con una abertura del ahogador que se conoce como *Detonación Máxima*.

El requerimiento de octano depende de muchas variables. Vehículos idénticos que salen de la línea de ensamblado pueden tener diferencias hasta de 10 números de octano. Las condiciones que determinan el requerimiento de octano son: presión atmosférica, humedad relativa, temperatura del aire, características del combustible, proporción aire-combustible, variación en la proporción aire-combustible entre cada uno de los cilindros del motor, temperatura del múltiple de admisión, características del aceite, temperatura de la camisa de agua, sincronización de la chispa, curva de avance del distribuidor, condición del anticongelante del enfriador, tipo de transmisión y la presencia de puntos calientes en la cámara de combustión.

Los compuestos antidetonantes tienen en general una base de plomo. Puesto que el plomo es un veneno, la *Environmental Protection Agency* (en EE.UU.) ha impuesto limitaciones estrictas al contenido de plomo en la gasolina. Algunos países europeos no tienen restricciones en cuanto al plomo. Suecia y Alemania han impuesto límites al contenido de plomo, pero éstos son menos severos que los de Estados Unidos y Japón.

En lugares donde todavía se producen combustibles con plomo, se agregan eliminadores, para eliminar las pequeñas cantidades de compuestos de plomo que puedan quedar en el motor después de la combustión. Estos eliminadores incluyen *el bromo y cloro*. Convierten los compuestos de plomo, bromuro y cloruro de plomo. Estos compuestos, a las temperaturas que privan en el interior del motor, se encuentran en estado gaseoso. Los eliminadores sacan prácticamente todo el plomo y lo eliminan por los humos del escape. Cuando se encuentra plomo en los depósitos de la cámara de combustión, se debe principalmente a los residuos orgánicos del aceite o combustible quemado que han actuado como inhibidores de ellos.

Se agregan sustancias químicas antioxidantes a la gasolina como protección contra la formación de gomas y peróxidos. Numerosas sustancias químicas se han utilizado como antioxidantes. Hasta hace poco, la diamina de fenileno, aminofenoles y creosol dibutilico han sido las más comunes. En la actualidad el antioxidante más usado y más efectivo es una familia de *fenoles orto-alquinados*.

Es frecuente que se usen desactivadores de metal junto con antioxidantes, en general una amina, que evitan que algunas cantidades de cobre (provenientes de la tubería o del sistema de combustible del motor) actúen como catalizadores para la formación de materiales indeseables en la gasolina. Otros aditivos incluyen anticongelantes (alcohol) para evitar que se enfríe el carburador y se congele la línea de combustible, y agentes anti-herrumbre. Hay detergentes para mantener limpias las partes del carburador y aditivos y aditivos fosforosos para combatir el encendido en la superficie y el hollín de las bujías. Se agregan tintes para identificar la gasolina con plomo.

La gasolina se lleva en el tanque que por lo general se lleva en la parte trasera del vehículo, abajo o adelante del piso de la cajuela. El nivel del combustible en el tanque se detecta por medio de un flotador, acoplado a una unidad emisora, que está a un indicador en el tablero de instrumentos.

Se necesita filtrar el combustible para evitar que el agua y la suciedad entren al motor. El agua es el problema principal; la humedad del aire que está en el interior del tanque se condensa y se va al fondo del mismo. Algunos autos tienen un filtro dentro del tanque, en la línea principal, precisamente donde sale de aquél. Algunos autos tienen filtros en la boca de llenado.

En general, *el filtro principal de combustible*, está integrado a la bomba de combustible. El combustible pasa por un filtro de malla metálica antes de salir.

La suciedad y el agua que quedan atrapadas en la malla metálica caen al fondo de donde ya pueden retirarse.

Otro tipo de filtro se hace con una serie de *discos laminados* que se colocan en un tazón grande para sedimentos. Este tazón actúa como cámara de sedimentación para el combustible y contiene los discos o el colador. El combustible entra al filtro por la parte superior, fluye hacia abajo por entre los discos y luego sube por un pasaje central a la conexión de salida de la parte superior. La suciedad y el agua no pueden pasar entre los discos porque la separación es mínima. A menudo, el carburador lleva un filtro separado para limpiar el combustible antes de que entre a la taza del flotador.

Hay dos tipos comunes de *bombas de combustibles: mecánica y eléctrica*. La bomba mecánica ha sido la más utilizada en los autos estadounidenses desde 1926, pero se ha ido sustituyendo gradualmente con bombas eléctricas, las cuales han sido populares en Europa durante muchos años.

La bomba mecánica es activada por un diafragma con resorte que se encuentra en el interior de su alojamiento. Una válvula de admisión deja entrar el combustible y bloquea su regreso. El diafragma ejerce presión sobre el combustible en el interior; y lo sube hacia la válvula de salida, la cual evita que el combustible regrese a la bomba. La impulsión se toma de una excéntrica del árbol de levas, la cual produce un movimiento de balanceo en el brazo de bombeo.

La acción del brazo jala hacia abajo el centro del diafragma de bombeo. Esto crea un vacío parcial que permite a la presión atmosférica, que actúa en la superficie del combustible en el tanque, empujarlo a lo largo de la línea y llenar el alojamiento de la bomba. El brazo o palanca de la bomba se divide en dos partes en su pivote. La articulación está colocada de tal modo que la parte activada por el motor mueve la otra parte sólo cuando se mueve en el sentido de las manecillas del reloj. La otra parte está conectada al diafragma.

La parte derecha de la palanca es activada por un resorte contra la excéntrica. Seguirá girando en el sentido de las manecillas del reloj y dejará la parte izquierda cuando la excéntrica siga girando. El movimiento subsecuente del diafragma dependerá de si el carburador está lleno o no de combustible. Si lo está, la válvula de aguja evitará que entre más combustible a la cámara del flotador. El diafragma se mantendrá en el punto muerto inferior de la carrera, la parte derecha de la palanca continuará oscilando sin ningún efecto.

Si la taza del flotador no está llena, el resorte del diafragma lo empujará hacia arriba y hará que el combustible entre al carburador. La parte izquierda de la palanca se empareja con la derecha. En el siguiente giro de la excéntrica, el diafragma es empujado nuevamente hacia abajo y se prepara para la siguiente fase de carga.

La bomba eléctrica está montada por lo general fuera del motor. La ubicación común es en el cofre o en el tanque, pero hay algunas aplicaciones en el interior del mismo. El diafragma se activa

electromagnéticamente. Una armadura de hierro adherida al diafragma es impulsada hacia un electroimán cuando éste último es energizado.

Un resorte tiende a mantener el diafragma en posición de "bomba vacía". Cuando llega a ésta posición, una barra de extensión que está unida a la armadura, cierra dos contactos y permite que una corriente eléctrica fluya por la bobina del imán, y la retracción del diafragma lleva el combustible a la bomba.

Quando la armadura llega al extremo izquierdo de su desplazamiento, la barra de extensión acciona un mecanismo de dos vías que separa los contactos para que la armadura y el diafragma puedan volver a la derecha. El diafragma y la armadura, accionados por la presión del resorte, se mueven a la derecha dependiendo de la cantidad de combustible que el carburador pueda aceptar. No se requiere ningún dispositivo de cebado a mano. La bomba empieza a funcionar tan pronto como se conecta el encendido.

La ventaja principal de la bomba eléctrica es su inmunidad a la *bolsa de vapor*. Eso es un fenómeno causado por la evaporación en la línea de combustible o en la bomba. Quiere decir que se está bombeando un gas en vez de combustible, y de ello resulta que el motor se para. Con la bomba eléctrica se empuja todo el combustible sin importar la temperatura que exista debajo del cofre.

Desde 1970, en California, y de 1971 en todo EE.UU., a los autos con carburador ha sido necesario equiparlos con sistemas de control de evaporación. Se encontró que la evaporación proveniente de las tazas del flotador en el carburador y en el tanque de combustible podían causar hasta 20% del rendimiento total de producción de hidrocarburos de un auto.

Esos sistemas funcionaban atrapando los vapores en un filtro de carbón, instalado debajo del cofre y luego vaciando el filtro en el carburador cuando el motor se volvía a arrancar. Los tanque de combustible están provistos de taponos sellados para evitar fugas de vapor. Las normas relativas al control de evaporación dieron a la industria mayor ímpetu para investigar la inyección de combustible.

El valor calorífico de la gasolina puede convertirse directamente en energía útil o trabajo. Cada BTU (Unidad térmica británica) de energía calorífica se puede considerar como equivalente a 778 ft-lb (pies por libra) de trabajo. Un galón de gasolina puede desarrollar aproximadamente 89 000 000 ft-lb de trabajo, lo cual equivale a 2700 hp en un minuto o 45 hp en una hora. Entre más energía calorífica se convierte en movimiento útil, mayor será la eficiencia térmica de un motor.

Una cantidad grande de combustible se desperdicia debido al proceso complejo de hacer que un auto funcione. Primero, la energía química se convierte en energía calorífica y presiones de gas. Los pistones y levas cambian éstos elementos en rotación mecánica, y la maquinaria adicional usa ésta rotación para producir movimiento mecánico.

Los actuales motores de gasolina alcanzaban una eficiencia térmica de aproximadamente 27%. Esto quiere decir que 27% del valor calorífico del combustible se convierte en energía útil. El agua de enfriamiento arrastra un 30% del valor calorífico y los gases del escape un 30%. El funcionamiento del ventilador de enfriamiento y la bomba de agua consumen aproximadamente 3 %.

Las pérdidas por fricción son por lo general una función de la velocidad de la máquina. La mayor parte de las pérdidas por fricción varían con los cambios en la carga. Un aumento en el impulso del pistón aumenta la fricción del cilindro mientras que cargas mayores debidas primordialmente a la distorsión,

aumentan la fricción del árbol. En promedio las pérdidas por fricción representan un 3% de la energía calorífica.

En promedio, *las pérdidas en el bombeo* llegan a un 4% de la energía calorífica. Contrario a lo que se podría esperar, las pérdidas en el bombeo no son proporcionales a la velocidad del motor. La carrera de escape, por ejemplo, es un trabajo negativo pues hay una carga en la corona del pistón. La carrera de admisión representa el volumen de las pérdidas en el bombeo. Estas pérdidas están al máximo con la apertura mínima del ahogador, y disminuyen cuando se abre.

GENERACION DE EMISIONES CONTAMINANTES EN LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

En los motores de combustión interna, la energía química contenida en los combustibles se transforma en movimiento y como subproducto se genera calor y gases de combustión.

En condiciones ideales, la quema de estos energéticos generaría únicamente bióxido de carbono y vapor de agua, que son gases inertes que no dañan la salud humana. Sin embargo, en la actualidad, ningún proceso de combustión es completo, por lo que además de estos compuestos se generan contaminantes atmosféricos.

El bióxido de carbono es un gas inerte, que se encuentra presente en forma natural en la atmósfera. Sin embargo, la quema de hidrocarburos genera un incremento excesivo en las emisiones de ésta sustancia, la cual es uno de los llamados "gases de invernadero" que puede influir en el calentamiento global de la atmósfera. Para reducir su generación es necesario disminuir el consumo de combustibles. Para evitar el incremento de su concentración en la atmósfera es preciso detener la destrucción de los bosques a nivel mundial y avanzar en las acciones masivas de reforestación.

Los principales contaminantes generados por el proceso de combustión interna en los motores a gasolina son:

- Monóxido de carbono, que se forma en cualquier proceso de combustión incompleta.
- Oxidos de nitrógeno, que se generan en todo proceso de combustión como resultado de la combinación del oxígeno del aire con el nitrógeno del aire o el contenido en el combustible. Esta reacción es favorecida en la medida que se incremente la temperatura del proceso.
- Hidrocarburos liberados a la atmósfera, como resultado de la quema incompleta de combustible.

En el valle de México, ubicado a una altura de 2240 metros sobre el nivel del mar, la quema de combustible en motores de combustión interna es todavía menos eficiente debido a la baja presión atmosférica y a la consecuente deficiencia en la concentración de oxígeno en el aire. Debido a ello, los vehículos automotores que circulan en el Valle de México tienden a ser más contaminantes.

Las emisiones vehiculares dependen de la eficiencia de combustión y ésta a su vez, de la relación aire-combustible adecuada para cada tipo de energético que alimenta al sistema. Asimismo, dependen altamente del estado mecánico general de la máquina. En la combustión los hidrocarburos reaccionan con el oxígeno contenido en el aire liberando energía que se transforma en movimiento en la máquina de combustión interna.

De acuerdo a la reacción química de la combustión, el suministro de oxígeno a la máquina debe ser tal que complete la oxidación del carbono e hidrógenos presentes en los hidrocarburos.

Para alcanzar la combustión completa de un litro de gasolina, se requiere entre 14.6 y 14.9 kilogramos de aire. La mezcla de combustible y aire creada con esta relación se conoce como *estequiométrica*.

En el rango estequiométrico se logra la menor generación posible de los tres contaminantes.

Para una mezcla aire-combustible rica (con una menor cantidad de oxígeno que el requerido teóricamente), se generan altas cantidades de monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados.

Para una mezcla pobre (con más oxígeno que el requerido teóricamente), se generan bajas emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburo, pero a altos niveles de óxidos de nitrógeno, además de pérdidas de potencia en el motor.

El convertidor catalítico es un dispositivo anticontaminante que se instala en el escape de los vehículos con motor de combustión interna. Se emplea con el propósito de controlar las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados y óxidos de nitrógeno.

Para ejercer su función, los gases contaminantes provenientes del motor pasan por el escape y circulan a través del convertidor. En el interior de éste ocurren transformaciones químicas que convierten gran parte de los gases contaminantes (monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados y óxidos de nitrógeno) en gases inertes que no afectan la salud (bióxido de carbono, vapor de agua y nitrógeno atmosférico).

Los convertidores catalíticos constan de un material inerte recubierto de materiales con propiedades catalíticas, alojado en el interior de una cubierta especialmente diseñada que conduce los gases del escape a través del catalizador. Los metales preciosos empleados comúnmente como materiales activos son platino, paladio y rodio. Para que su acción sea efectiva se requiere de una gran área de contacto superficial con los gases contaminantes. Asimismo, los convertidores catalíticos emplean un material de soporte que pueden ser gránulos esféricos de cerámica o una estructura monolítica porosa en forma de panal de abeja. Estos últimos son los de mayor uso en México.

El platino y el paladio actúan en la conversión del monóxido de carbono y los hidrocarburos no quemados convirtiéndolos en bióxido de carbono y vapor de agua. El rodio transforma químicamente los óxidos de nitrógeno en nitrógeno atmosférico.

EL SISTEMA DE LUBRICACION.

LUBRICACIÓN.

Hay en el automóvil infinidad de partes que giran o resbalan una contra otra. Esta acción crea *fricción*. La fricción puede ser descrita como resistencia al movimiento causada por el contacto de las superficies de los cuerpos, y existe en diferentes grados en todas las partes móviles. La velocidad, el peso, el tipo de material y el acabado son los factores principales que afectan a la fricción. Aún las superficies sumamente pulidas tienen pequeñas proyecciones o irregularidades que crean una fuerza de resistencia (fricción) que se convierte en calor. El calor puede causar una expansión anormal de las partes y, finalmente, una fusión y la fractura de dichas partes.

La lubricación ayuda a disminuir la fricción poniendo una pequeña película de aceite o grasa entre las superficies móviles. Las moléculas de un lubricante son muy pequeñas, flexibles y resbalosas; sin embargo, se adhieren a la mayoría de las superficies. La película lubricante actúa como una capa de pelotitas que impide el contacto real entre las dos superficies metálicas.

Un buen lubricante debe poseer propiedades adhesivas y cohesivas. *La adherencia* es la propiedad que permite al lubricante permanecer entre las superficies que se deben lubricar. *La coherencia* se refiere a la fuerza de atracción entre las moléculas del lubricante y recibe el nombre de *viscosidad o cuerpo*. Los aceites lubricantes deben poseer fluidez; ésta es una propiedad que permite al aceite fluir por los conductos del aceite y después “regarse” sobre las superficies de los cojinetes.

En los automóviles se usan lubricantes por cinco razones principales:

- 1.- Forman una película entre las partes móviles reduciendo, de esta manera, la fricción que causa la pérdida de potencia.
- 2.- El lubricante ayuda a “acarrear” y alejar el calor de algunas partes como los pistones y válvulas al igual que lo hace el agua contra las superficies calientes.
- 3.- El aceite lubricante ayuda a sellar el espacio entre los pistones y los anillos, impidiendo pérdida de compresión.
- 4.- Actúa como un cojín protector
- 5.- Actúa como agente de limpieza.

ACEITES PARA MOTOR.

Un aceite para motor debe ser capaz de resistir sin desintegrarse, permitiendo el contacto entre metal y metal, temperaturas de 250 grados Fahrenheit como las que hay en la caja del cigüeñal. No debe espesarse a bajas temperaturas, pues no circularía a través de los conductos del aceite de un motor frío y no proporcionaría la lubricación necesaria; no debe contener moléculas ligeras y volátiles, pues se evaporaría con la temperatura normal de la caja del cigüeñal y, finalmente, la tendencia a carbonizarse a una temperatura normal de trabajo debe ser reducida al mínimo.

Los sólidos disueltos durante el proceso de refinamiento y algunas sustancias como ácidos, brea y parafina, pueden producir corrosión y depósitos, por lo que deben ser separados cuidadosamente.

Se han desarrollado varias pruebas para determinar y clasificar las propiedades de los lubricantes. Algunas de aquellas serán tratadas en éste capítulo.

Viscosidad. El término viscosidad se refiere a la tendencia de un líquido como el aceite a resistirse a fluir. Se puede medir determinando la velocidad a la que una cantidad determinada de aceite fluirá por un agujero determinado a una temperatura determinada. Cuando el aceite está caliente, tiene menos viscosidad y fluirá más rápido que cuando está frío. Un aceite con alta viscosidad puede ser calificado como aceite grueso o pesado; un aceite de baja viscosidad como aceite ligero o delgado.

Prueba de frío. Esta prueba se usa para determinar la temperatura a la que se congela el aceite y deja de fluir. El *punto de nublado* de un aceite es la temperatura a la que los sólidos de un aceite empiezan a cristalizarse o separarse de la solución.

Prueba de punto de destello. Se usa para determinar la temperatura a la cual el lubricante ha vaporizado lo suficiente como para que, cuando se pasa una flama por su superficie, se produzca un pequeño destello de duración corta.

Prueba de carbón residual. Esta prueba sirve para determinar la cantidad de carbón que queda cuando una cantidad determinada de aceite se ha evaporado.

Prueba de volatilidad. Esta prueba sirve para determinar la temperatura a la que se evaporará el lubricante.

CLASIFICACION POR EL SISTEMA SAE.

Para tener un método conveniente y de fácil comprensión para clasificar aceites según su viscosidad, la *Sociedad de Ingenieros Automotrices* adoptó el sistema llamado *SAE, Prácticas Recomendadas para Numerar la Viscosidad de los Lubricantes*. Con este sistema, mientras más bajo es el número, más baja es la viscosidad del aceite. La numeración no indica aumento proporcional de la viscosidad de acuerdo con el crecimiento del número; por ejemplo, un aceite SAE 20 no es, necesariamente, el doble de pesado, a una temperatura determinada, que un aceite SAE 10. La clasificación SAE no indica, de ningún modo, la calidad de un aceite para motor.

La industria del petróleo ha desarrollado aceites que tienen baja viscosidad para permitir el arranque de los motores durante las temperaturas bajas del invierno. Estos aceites son modificaciones de los con grado SAE 10 y 20 que tienen condiciones para invierno. Se conocen como 10W y 20W (la W indica Winter, invierno), porque cubren ambas especificaciones, la viscosidad de invierno y la de la clasificación SAE.

Los refinadores han aumentado una clasificación más, a saber, SAE 10W-30; este aceite tiene una viscosidad, estando frío, igual a la del aceite SAE 10, y estando caliente, una viscosidad igual a la del aceite sae 30. En otras palabras, cuando la temperatura aumenta, el aceite no se vuelve tan delgado como es normalmente un aceite 10, sino que conserva una viscosidad comparable a la de un aceite 30.

El aceite engruesa en tiempo frío. Los aceites gruesos dificultan el arranque del motor porque no fluyen convenientemente entre los pequeños espacios existentes entre las partes móviles. Si el aceite es demasiado grueso, el motor pierde gran parte de su potencia al trabajar y varias de las partes no serán lubricadas debidamente. Si el aceite es demasiado delgado, será comprimido rápidamente entre las superficies de las partes móviles causando aumento de fricción y desgaste. Por lo tanto, se deberá usar aceite con el grado de viscosidad correcto, de acuerdo con las temperaturas y la estación del año.

Los aceites SAE y sus usos.

SAE 40: Se utiliza en los motores pesados en climas muy calientes.

SAE 30: Se utiliza en casi todos los automóviles durante los meses de verano.

SAE 20. Se utiliza durante la primavera o el otoño con temperaturas de congelación, o bien para rodar motores nuevos durante el verano.

SAE 10: Se utiliza durante los meses de invierno con temperaturas bajo cero.

Durante el trabajo normal del motor, en las partes móviles se forman depósitos de carbón y otras impurezas dañinas. La eficiencia del motor disminuye por esta causa. Para ayudar a controlar este problema se han desarrollado aceites para trabajo pesado, los cuales contienen *aditivos detergentes*. Los detergentes mantienen en suspensión las impurezas impidiendo la formación de depósitos.

CLASIFICACION DE SERVICIOS DE ACEITE.

Además del sistema de clasificación de aceite SAE que es el que determina el grado del aceite, se usa otro método de clasificación. Este se llama *Sistema de Clasificación de Servicio* y determina al aceite según las condiciones de manejo para las que está hecho. Con este sistema el aceite se divide en cinco grupos: MS, MM, y ML para los motores de gasolina, y DG y DS para los motores diesel.

El aceite MS está hecho para un servicio severo como arrancar y parar en el manejo de la ciudad; altas velocidades prolongadas, en carretera; para trabajos de carga pesada como en camiones y transportes.

El grado MM está diseñado para servicio medio, como distancias cortas a velocidades elevadas; largas distancias a velocidades moderadas; en clima templado.

El grado ML es hecho para servicio ligero, viajes de apenas millas, a velocidades medias y condiciones climatológicas medias.

El grado DS es para motores diesel trabajando en condiciones medias.

El grado DG Es para motores diesel trabajando en condiciones ligeras

Para obtener los mejores resultados de un aceite lubricante, se debe considerar el trabajo del motor en relación con los sistemas SAE y de servicio. Se escoge, pues, el lubricante adecuado para las condiciones de trabajo a que se someterá el vehículo.

CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR.

Hasta hace poco la mayoría de los constructores recomendaba el cambio de aceites lubricantes cada 1000 millas en verano y cada 500 millas en invierno. Ahora los constructores sugieren periodos más largos entre los cambios de aceite; estos periodos varían desde 1000 millas para vehículos que trabajan únicamente arrancando y parando en ciudad, hasta 6000 millas para vehículos usados únicamente en carreteras.

Cuando el aceite se agrega al motor, está claro y limpio. Cuando se vacía, generalmente está negro y sucio. El aceite se ensucia durante el trabajo del motor cuando las partículas de impurezas como el carbón, gasolina, agua y metal se mezclan con el aceite.

Al quemarse la gasolina en los cilindros se forma carbón. La mayor parte es llevada hacia afuera por el sistema de escape, pero algo queda en las paredes de los cilindros. El movimiento de los pistones y de los anillos raspa el carbón de las paredes del cilindro y lo mezcla con el aceite, haciéndolo negro y rasposo.

Cuando se arranca un motor, especialmente en clima frío, es necesario usar el choke (ahogador). El ahogador impide el paso del aire por el carburador, haciendo que la mezcla sea muy rica en gasolina. Si se usa el ahogador por un tiempo largo, no toda la gasolina podrá ser quemada; una parte pasa por los pistones y anillos y se mezcla con el aceite, diluyéndolo. Este aceite diluido no lubrica convenientemente y se rayarán y dañarán los pistones.

Siempre hay diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del depósito de aceite; esta diferencia es aún mayor en invierno y provoca condensación de vapor de agua en las paredes interiores del depósito. Una condensación similar a la que ocurre en las ventanas de las casas, durante el invierno. Esta agua cae al fondo del depósito, donde se congela, impidiendo que el aceite fluya por la bomba. La condensación de agua en el depósito de aceite es mayor en los motores que trabajan corto tiempo y se dejan enfriar después.

Como las partes móviles se desgastan constantemente, pequeñas partículas metálicas se desprenden de ellas y se mezclan con el aceite haciéndolo rasposo.

Por las razones explicadas anteriormente, se puede comprender por qué el aceite se contamina haciendo indispensable su cambio.

HISTORIA DE LA INYECCION DE COMBUSTIBLE.

La inyección de combustible ha recorrido un largo camino durante los últimos veinte años, pero su historia se remonta a los primeros días del carburador. Así como las razones más convincentes para utilizar la inyección de combustible tienen que encontrarse en las desventajas del carburador moderno, la falta de refinamiento y la versatilidad de los antiguos carburadores prepararon el camino para hacer los primeros experimentos con la inyección de combustible. Los orígenes de la inyección de combustible no pueden desligarse de la historia del carburador y la evolución de los combustibles para motor.

La ciencia de la carburación comenzó en 1795 cuando Robert Street logró la evaporación de la trementina y el aceite de alquitrán de hulla en un motor tipo atmosférico (un motor que trabaja sin compresión de la carga). Pero no fue sino hasta 1824 cuando el inventor norteamericano Samuel Morey y el abogado de patentes inglés, Erskine Hazard crearon el primer carburador (también para un motor tipo atmosférico). Su método de funcionamiento incluía un precalentado para favorecer la evaporación.

En 1825 se dio un paso importante en el camino hacia la destilación del petróleo ligero y se obtuvo una sustancia que llamamos *gasolina*. En ese tiempo, el físico y químico inglés Michael Faraday experimentaba la evaporación de combustibles líquidos de hidrocarburos. Al destilar el petróleo, descubrió el bencol, al que llamó bicarbonato de hidrógeno.

En 1833, el profesor de química alemán, Eilhard Mitscherlich, en la universidad de Berlín, dio el segundo paso, que fue el último, cuando logró la separación de los ácidos benzoicos por calor. Después de ese proceso surgió un producto nuevo, un combustible ligero que Mitscherlich llamó bencina (en terminología americana: gasolina, y para los británicos nafta).

El mundo se encontraba todavía muy lejos de darle un uso práctico a la gasolina como energía para mover un motor, pero se acercaba a la meta en 1838, cuando se otorgó a William Barnett, un mecánico inglés, una patente por un dispositivo para evaporar la gasolina. Con éste invento, Barnett intentaba utilizar la gasolina en el motor de compresión con el cual estaba experimentando.

En 1841 avanzó más el principio de la evaporación, debido al científico italiano Luigi Cristoforis, quien construyó el motor tipo atmosférico sin pistones, equipado con un carburador en la superficie, en el cual una corriente de aire se dirigía sobre el tanque de combustible para recoger los vapores del mismo.

De 1848 a 1850, el estadounidense, doctor Alfred Drake, experimentó con los motores de combustión, tratando de usar gasolina en vez de gas. En el proceso, hizo varios tipos de carburadores.

En 1860 el inventor del motor Deutz de gas, de cuatro tiempos, Nikolaus August Otto, comenzó a experimentar con un motor de combustión que tenía un dispositivo para evaporar combustibles líquidos de hidrocarburos. Otto ensayó el motor con una bencina mineral, pero como no tuvo éxito se concentró en desarrollar y producir motores a gas, durante cierto tiempo.

En 1865 Siegfried Marcus, de Viena, Austria, solicitó una patente para un carburador, su solicitud subrayó la sencillez de su dispositivo, comparado con los generadores de vapor costosos y complicados que entonces existían.

En 1867 tanto como N. A. Otto como J. J. E. Lenoir, exhibieron los motores a gas en la Feria Mundial en París, Lenoir también exhibió un motor de petróleo, con carburador, que aparentemente pasó desapercibido en ese tiempo.

Marcus presentó en 1870 un motor de petróleo que trabajaba con los mismos principios que el motor Deutz de la fábrica de motores de gas de Otto, la Gasmotorenfabrik.

En 1873 se descubrió un nuevo principio básico cuando Julius Hock, quien trabajaba en Viena, construyó un motor tipo atmosférico que quemaba petróleo, equipado con una forma primitiva de carburador se rocío. Sin embargo, la superioridad del carburador de rocío sobre el carburador de superficie no fue inmediatamente aparente. Sin embargo, George Bayley Brayton comenzó a producir motores en Boston, en 1874, y los equipó con carburadores de superficie de su propio diseño.

En 1875, Wilhelm Maybach de la Deutz, fábrica de motores a gas, fue el primero en convertir un motor a gas para que funcionara con gasolina. Se encontraba un día en el taller cuando de pronto le vino la idea de cerrar el gas para ver que sucedía si mantenía un trapo mojado con gasolina a la entrada del múltiple. El motor funcionó hasta que el trapo casi se secó.

Eso le llevó a inventar el carburador de mecha. Cuando más tarde lo popularizaron Frederick William Lancherter y otros, era del tipo estático en que la mecha absorbía el combustible en la parte que estaba sumergida y llevaba el combustible al aire en la parte expuesta. Su primera aplicación en un automóvil fue en un carruaje con motor que condujeron en 1883-1884 Edouard Delamare-Devoutteville y Leon Malandin, de Fontaine-le-Bourg, Francia.

Fernand Forest, un prolífico mecánico e inventor, ideó y construyó un carburador que incluía una cámara de flotador y una boquilla con rociador de combustible. Esto lo adaptó a un nuevo motor que construyó en 1884.

En 1885, Otto logró finalmente los resultados que buscaba y que no había podido conseguir en 1860, con una variedad de combustibles líquidos de hidrocarburos, incluyendo gasolina y bencina mineral, utilizando un carburador de superficie mejorado.

En otoño de 1886, Carl Benz mejoró el carburador de superficie al agregarle una válvula de flotador para asegurar un nivel constante de combustible.

En 1886, Maybach había inventado y probado su propio tipo de carburador con cámara de flotador. Finalmente en 1892, planeó el carburador con rociador, que se convirtió en la base de todos los carburadores subsiguientes.

Maybach nunca dejó de investigar cuáles serían las mejores formas de mezclar el combustible con el aire. En 1894, solicitó una patente para un nuevo carburador de rocío, en el que el combustible se suministraba en forma de boquilla de regadera con cabezal rociador, que se abastecía de una taza de flotador que mantenía un nivel constante.

El primer carburador de dos gargantas apareció en 1901, y fue invento de un estadounidense llamado Krastin, quien declaraba que formaba consistentemente buenas mezclas, sin importar el flujo masivo de aire.

En 1902, Arthur Krebs, director técnico de Panhard & Levassor en París, inventó un carburador de tres partes, con desviación automática para el aire, a fin de reducir al mínimo las desviaciones de la proporción ideal de aire-combustible, aumentando la velocidad de flujo de gas. Krebs utilizó el vacío del múltiple para abrir una válvula y admitir aire adicional.

Allá por 1905, el carburador había alcanzado su madurez básica. En ese año George Skinner patentó en Inglaterra el carburador de vacío constante (válvula de aire). El SU (Skinner Union) se hizo popular y tuvo muchos imitadores. El principio todavía lo utilizan Zenith-Stromberg, así como el SU (que adquirió Lord Nuffield en 1927 y que ahora es parte del Grupo Rover).

En 1905, existía también un grupo de la tecnología anterior en el área de la inyección de combustible. Su primera contribución fue la patente de un dispositivo para medir el aire comprimido que se otorgó a un francés llamado Eteve, en 1881. Este dispositivo no se acercaba mucho a un sistema completo de inyección de combustible, pero sí constituyó un elemento vital.

En 1883 apareció otro elemento, cuando se otorgó una patente alemana a J. Spell por un método para inyectar combustible nuevo a una cámara llena, con flama, articulada a los cilindros.

También allá por 1885, Edward Butler de Erith en Kent, Inglaterra, realizó un motor con un sistema de inyección que forzaba el combustible bajo presión por una válvula de admisión con vástago hueco. Sin embargo, Butler nunca desarrolló su invento hacia una etapa práctica.

El primer empleo práctico de la inyección de combustible no se llevó a cabo en un automóvil, sino en un motor estacionario. El estadounidense Franz Burger, un ingeniero que trabajaba para la Charter Gas Engine Company, de Sterling, Illinois, desarrolló un sistema de inyección de combustible que empezó a producirse en 1887. En este sistema, se alimentaba el combustible por gravedad, desde el tanque y entraba al cuerpo inyector a través de una válvula de estrangulación. Un émbolo era accionado por un mecanismo de balancín y barra de empuje desde una leva montada en un árbol corto, impulsado por un engrane desde el cigüeñal. La boquilla del inyector sobresalía en forma horizontal, entrando al tubo vertical de admisión (contracorriente).

En Europa, la primera aplicación exitosa se hizo también en un motor estacionario, hecho y ajustado para operar a velocidad constante bajo carga constante. Entre 1898 y 1901, La Deutz Gasmotorenfabrik construyó 300 motores estacionarios de cuatro tiempos, de un cilindro, con inyección de combustible a baja presión en el puerto de admisión. El combustible era kerosena, y el equipo de inyección comprendía una bomba de émbolo con válvulas de admisión y válvulas de presión separadas.

La utilización de la inyección de combustible en aviones también se inició en Estados Unidos. El motor de cuatro tiempos, 4 cilindros de 28 hp, construido por Willbur y Orville Wright para su Flyer de 1903, estaba equipado con un sistema de inyección de combustible. Este arreglo utilizaba una bomba relativa de engranajes que proporcionaba combustible bajo presión a los puertos de admisión.

Mientras Willbur Wright vivió (murió en 1912) todos los motores Flier estaban equipados con este tipo de inyección de combustible. Otros pioneros de la aviación captaron de inmediato las razones por las que Wright se alejó de los carburadores. Esto se debe no sólo a que los aviones necesitaban mayor libertad para maniobrar más de la que podía dar el arreglo normal del flotador, sino también al riesgo de que se congelara o se prendiera el carburador, lo cual había causado muchos accidentes con máquinas voladoras.

El motor Antoinette que impulsaba al biplano Voisin de Alberto Santos-Dumont, quien hizo el primer vuelo en Europa en 1906, estaba equipado con inyección de combustible. El brillante ingeniero del Antoinette, León Levavasseur introdujo no sólo la bomba de émbolo a alta presión, sino también el principio de *inyectores calibrados*. Su bomba de inyección fue la primera en tener una carrera variable del émbolo como un medio de aumentar o reducir la cantidad de combustible a inyectar.

En 1905, Hans Grade, un fabricante de motores en Magdeburgo, Alemania, inició experimentos de inyección de combustible en motores de dos tiempos. La presión de la inyección no se proporcionaba por medios mecánicos, sino por una precompresión de la carga de aire en el cárter.

En 1909, un monoplano Grade dotado de un motor como el anterior, voló 13 Km, el primer vuelo controlado sobre territorio alemán.

Los pioneros fabricaron su propio equipo de inyección de combustible porque todavía no había ninguna industria que pudiera producirlo. Sin embargo, un fabricante importante, de equipo eléctrico, en Stuttgart, reconoció la necesidad creciente.

En 1912, Bosch convirtió un motor fuera de borda, de dos tiempos, a inyección de gasolina, utilizando una bomba reconstruida de presión de aceite lubricante para inyectar el combustible. Antes de emprender un seguimiento organizado, este experimento quedó en el olvido, cuando Bosch tuvo que reorganizar sus prioridades por las exigencias del ejército y la marina del Kaiser.

En 1914, Fritz Egersdörfer, un ingeniero que trabajaba en la Pallas Carburator Company de Berlín, inició una serie de experimentos con la inyección de combustible; pero también tuvo que hacer a un lado estos estudios para satisfacer las necesidades más urgentes de la guerra.

En la década de los veinte, la industria del carburador había desarrollado tipos satisfactorios de aviones, y las investigaciones de la inyección de combustible entraron en un largo periodo de hibernación. Sus oportunidades disminuyeron todavía más alrededor de 1925, cuando Stroberg inició un trabajo de desarrollo que le condujo al carburador sin flotador y con inyector para motores de avión.

Durante el resurgimiento político y militar de Alemania que precedió a los años del dominio nazi, se formó en Adlesdorf, cerca de Berlín, la DVL (Deutsche Versuchsanstalt Für Luftfahrt = Institución de prueba para la aviación alemana), que actuando bajo las órdenes del Ministerio de Transporte en Berlín, indicó a Bosch que investigara la inyección de gasolina. Así como la era del sistema de inyección de gasolina a alta presión, con boquillas que rocían directamente la cámara de combustión.

En 1930, el doctor Sachse del Ministerio de Transporte (después con BMW) envió al DVL una orden para que desarrollara un sistema de inyección de combustible tipo avión, utilizando un cilindro de prueba BMW. Este trabajo se llevó a cabo bajo la dirección del doctor Kurt Schnauffer.

Utilizando una bomba ordinaria de inyección de combustible que tenía un eje excéntrico, émbolos y lumbreras de rebose, DVL creó un motor de prueba en tiempo récord. También comenzó a investigar los detalles del diseño del inyector de boquilla y el sistema de control, poniendo a disposición de la industria sus valiosas conclusiones.

El primero de septiembre de 1931, se publicó un informe provisional que abarcaba las pruebas tanto con el motor BMW de un cilindro y el motor DKW (Auto Union) de dos tiempos. La inyección de combustible dio un promedio de 7% de potencia por arriba de la carburación en el mismo cilindro BMW de cuatro tiempos, con una caída concomitante de 3% en el consumo específico de combustible. Los experimentos con los motores de dos tiempos eran desalentadores.

El siguiente contrato de DVL incluía la conversión y prueba de un motor BMW de seis cilindros tipo V de avión. Mostraba ganancias de potencia entre 10% y 17% en el dinamómetro a nivel de tierra. El doctor Schnauffer también informó que se estaban haciendo pruebas con la inyección directa durante la carrera de compresión, pero que podía obtener más potencia y menos consumo de combustible, mediante la inyección durante la carrera de admisión.

Después de esto Mercedes-Benz, como fabricante líder de motores de aviación, se vio forzado a investigar la inyección de combustible. En otoño de 1934 Mercedes-Benz inició pruebas de una unidad de un sólo cilindro con la inyección directa y una bomba Bosch tipo Diesel. Inicialmente, se utilizó un filtro estándar de aceite diesel como filtro de combustible, sin retén para la fuga de aceite. Más tarde se desarrollaron filtros especiales y se agregó un retén para la fuga de aceite. También se cambiaron las boquillas, de un tipo de aguja que rociaba combustible en la corona del pistón en un ángulo, por un diseño de múltiples barrenos.

Luego, el único cilindro se incorporó a un monoblock V-12, designado como el DV601, con un desplazamiento de 33.8 por litro. Este motor se produjo en 1937 con una potencia de arranque de 1200 hp. A partir de ese punto, la inyección de combustible conquistó al mundo de la aviación.

Durante el periodo de 1936-1939, Mercedes-Benz ensayó los cilindros únicos de sus motores Grand Prix de autos de carreras que fueron convertidos a fuel injection, con o sin supercargado. En ese tiempo no se informó haber logrado pruebas concluyentes.

Al terminar la segunda guerra mundial fue evidente que para la gente de Mercedes-Benz y Bosch, que poseían los elementos clave de una nueva tecnología. También era evidente que no había una aplicación inmediata posible. Pero no esperaban iniciar los preparativos.

Por el lado de los aliados, SU Carburettor Company de Birmingham, Inglaterra, desarrolló un sistema de inyección de combustible directa que se utilizó en los motores de avión Rolls-Royce Merlin, a fines de la segunda guerra mundial.

Simmonds Aerocessories negoció un contrato con SU por los derechos en Estados Unidos para este sistema que luego utilizó Continental para el motor del tanque Patton, enfriado por aire, de 1790 pulgadas cúbicas V-12 clasificado *gross modo* en 810 hp. El tanque Patton se produjo demasiado tarde para entrar en acción en la Segunda Guerra Mundial, pero después lo utilizaron ampliamente en la guerra de Corea de 1950 a 1953.

En la década de los cincuenta, se aceptó finalmente la inyección tipo lumbrera o puerto. En 1934 ya se había concedido patente para la inyección de nafta tipo lumbrera para el sistema de afinación de motor Ed Winfield pero pasó inadvertido muchos años. Otro sistema, que en 1935 patentó Ottavio Fuscaldo, diseñador de la OM (officine Meccaniche), ganador en 1927 del primer premio Mile Miglia (mil millas), fue utilizado por Alfa Romeo en una de sus participaciones en las mil millas en 1940.

Camponi Aircraft Company desarrolló y produjo el sistema fuscaldo que consistía en una bomba rotativa de engranajes que alimentaba combustible bajo presión por líneas individuales a cada lumbrera o puerto de admisión. Las boquillas del inyector tenían válvulas de precisión que abrían con electroimanes para rociar el combustible de acuerdo con las necesidades del motor.

En el mundo inmediato a la posguerra, las patentes Winfield y Fuscaldo parecían condenadas al olvido. Pero en 1949, apareció en Indianapolis un auto con el motor Offenhauser, de inyección de combustible. Stuart Halborn ayudado por Bill Travers, inventó y desarrolló el sistema de inyección. Era la inyección *indirecta* un diseño sencillo, no complicado a diferencia del Winfield. Un solo cuerpo de mariposa a cada lumbrera o puerto de admisión alimentaba el combustible en forma continua, a baja presión, a las boquillas de rociado, dentro de las áreas de las lumbreras. Esto se conocía como *inyección de flujo constante*.

De 1952 a 1961, todos los autos de carreras tipo Indianapolis impulsados por motor tipo Offenhauser, utilizaban la inyección de combustible Stuart Halborn, y Connaught adoptó el sistema para su auto Grand Prix de 1953, con gran éxito. Viendo eso, los constructores de autos de carreras europeos comenzaron a buscar compañías proveedoras que desarrollaran sistemas competitivos.

Lucas produjo un sistema exitoso para el Jaguar 1956 tipo D, que ganó en Le Mans. Esto dio paso a la versión en serie, pero resultó tan cara que sólo hubo un comprador: Maserati, para el 3500 Gti, a principios de 1961. Holley compró los derechos en Estados Unidos para la inyección de combustible Lucas, en 1956, pero no encontró mercado.

El Lucas era un sistema de inyección por lumbrera con suministro regulado. El combustible se bombeaba a un distribuidor a 100 psi por medio de una bomba eléctrica. El distribuidor medía el combustible de acuerdo con el flujo masivo de aire, como lo medía el vacío del múltiple, y cuidaba el tiempo con un rotor impulsado mecánicamente, con lumbreras de salida dispuestas para alimentar combustible a cada boquilla cuando la válvula se abría. La admisión de aire se controlaba con una válvula de estrangulamiento, deslizable unida al acelerador.

Luego, la unidad distribuidora de combustible de rotor gemelo incorporaba un dispositivo mecánico para controlar la mezcla que respondía al vacío en headers. La cantidad de combustible suministrada por la bomba excedía siempre la demanda, el excedente se drenaba y volvía al tanque.

Los rotores del distribuidor-medidor eran impulsados a media velocidad del cigüeñal desde un árbol auxiliar. Contenían lumbreras o puertos que coincidían con lumbreras de una camisa exterior, así como una lanzadera hueca de distribución, que se mueve de un lado a otro en el interior de los rotores. El movimiento de la lanzadera se efectuaba por medio de la presión de la línea de combustible desde la bomba. La alineación de lumbrera fue diseñada para conectar el barreno de la lanzadera con la línea de suministro y el tubo de aprovisionamiento a cada boquilla inyectora en la secuencia apropiada

Limitaron el movimiento de la lanzadera con dos retenes; uno fijo en el extremo interior y otro ajustable en el extremo exterior. El retén ajustable se conectó al dispositivo para controlar la mezcla, que constaba de un cilindro secundario con un pistón de resorte que se movía hacia el punto muerto superior en condiciones de vacío elevado. Una biela que partía del pistón activaba una cuña de control que alineaba contra dos levantadores recíprocos con las lanzaderas de distribución.

La carrera de la lanzadera fue limitada por la posición de la cuña de control; era más corta cuando el pistón estaba en el punto muerto inferior, y más grande cuando el pistón estaba en el punto muerto superior. Con este método, la mezcla se enriquecía durante las condiciones de alta carga.

Lucas seguía desarrollando el sistema y para la feria de BRM (British Racing Motors) de autos de carrera de fórmula uno, de 1961, ya tenía lista una versión modificada. Las versiones subsiguientes del mismo sistema básico de inyección se utilizaron generalmente en los motores de fórmula uno, rivalizando principalmente con Kugelfischer de 1966 a 1983, cuando Porsche entró a la inyección electrónica de Bosch para TAG (Techniques D'Avant Garde-Técnicas de Vanguardia) en su motor V-6, adaptado para autos del equipo McLaren.

Otros proveedores de combustible desarrollaron también los sistemas de fuel injection. EN 1954 Ben Parson, ingeniero estadounidense quien se había asociado con el desafortunado negocio de Tucker, propuso un sistema de *inyección continua de combustible*. Parson acopló al tanque de combustible una bomba centrífuga de combustible de velocidad variable, accionada eléctricamente. El motor eléctrico estaba conectado a un generador impulsado por el motor con salida variable, por tanto, "sabía" a cuantas r.p.m. estaba funcionando el motor. Podía hacer coincidir perfectamente la cantidad de combustible en el requerimiento normal, pero carecía de dispositivos de corrección para la temperatura del aire, del refrigerante y la altitud. Las boquillas de inyección montadas en las lumbreras de admisión estaban equipadas para percibir la presión en el múltiple y ajustar la *distribución de combustible* de acuerdo con la carga. Parsons, sin embargo, no tubo buena acogida en Detroit y su sistema nunca se utilizó como equipo original en un modelo de producción en serie.

Cuando Chevrolet estaba desarrollando su Corvette V-8, el especialista en alto rendimiento, Zora Arcus-Duntov, comenzó a investigar como utilizar en ese modelo la inyección de combustible. Los *ingenieros de la Chevrolet* desarrollaron finalmente un sistema que Rochester Products Division produjo en serie. Fue un sistema de tipo lumbrera o puerto, basado abiertamente en el diseño de Stuart Hilborn, con ingeniosas modificaciones y controles para lograr la flexibilidad necesaria para producir autos deportivos en serie. Chevrolet lo hizo opcional para el Corvette 1957.

Debido a los problemas de producción, durante 1957 en los autos Chevrolet y Corvette se instalaron no más de 2750 motores con inyección de combustible. Edward N. Cole, entonces gerente general de la Chevrolet, dijo que en 1958 se ofrecería la inyección de combustible, pero resultó demasiado costosa y complicada para su uso general.

Otras dos divisiones de GM (General Motors) Oldsmobile y Pontiac, ensayaron también el sistema de Rochester. Los ingenieros de la división Oldsmobile, la rechazaron, pero los de Pontiac hicieron algunas modificaciones y la utilizaron como estándar para el Bonneville de 1957. Los problemas de servicio en el campo hicieron que tanto Pontiac como Chevrolet se desilusionaran con la inyección de combustible, y el sistema Rochester se dejó de utilizar cuando aparecieron los modelos 1959.

Cuando Chevrolet apenas había anunciado el sistema Rochester de inyección en 1957, la Borg Warner Corporation iniciaba el trabajo experimental de un sistema similar. Se asignó este proyecto a la

División Marvel-Schebler y dio por resultado el desarrollo de una bomba de inyección de émbolo sencillo. Se arregló la distribución de la bomba, mediante la rotación del émbolo para coincidir con las lumbreras de descarga a cada línea de inyector en turno. La bomba proporcionaba una inyección regujada a las toberas instaladas en las lumbreras de la válvula de entrada. Las boquillas o toberas eran del tipo de aguja accionada por resorte, que trabajaba a una presión aproximada de 200 psi. La bomba tenía un ensamble de control cuya entrada principal era la presión absoluta del múltiple.

Este sistema se desarrolló ampliamente de 1960 a 1966, pero Borg-Warner no pudo venderlo en Detroit. Cuando empezaron a aparecer los sistemas de inyección electrónica de combustible, Borg-Warner se retiró del mercado.

American Bosch (originalmente representante de Robert Bosch de Stuttgart, que fue absorbida por la tecnología de Estados Unidos) propuso en 1957 un sistema ligeramente semejante. La Ford mostró interés pero lo abandonó cuando GM y Chrysler dejaron de ofrecer la inyección de combustible para sus autos en serie.

Al igual que el sistema Borg-Warner, el de Bosch estadounidense utilizaba una bomba de émbolo sencillo, impulsado por el árbol de levas del motor. Las levas de cara del émbolo de resorte coincidían con una camisa de dosificación en un ajuste corredizo alrededor del émbolo, que tenía una carrera de un largo determinado. El número de levas correspondía al número de cilindros del motor, y la posición de la camisa de dosificación determinaba el punto de rebose, regulando así la cantidad de combustible que se inyectaba.

Las levas de cara funcionaban en rodillos fijos en la caja de transmisión, produciendo un movimiento de vaivén en el émbolo. Este tenía una lumbrera o puerto sencillo de descarga; con la rotación del émbolo, esta lumbrera se alineaba en consecuencia con las salidas de las boquillas de inyección, y ésta se regulaba automáticamente por la rotación del émbolo. La medición del combustible se lograba por medio de una unidad de control, que estaba montada en la bomba con un acoplamiento al cuerpo de la mariposa, y así respondía a la presión del múltiple. Los comandos de esta unidad se transmitían a la camisa de dosificación, la cual se movía en sentido axial (eje) a lo largo del émbolo para cerrar las lumbreras de rebose según se necesitaba.

Entre 1959 y 1962 TRW (Thompson Ramo-Woolridge) estaba desarrollando un sistema de inyección en las lumbreras con una bomba de dosificación de émbolo regulado, pero nunca lo lanzó al público.

Friedrich Deckel de Munich, por mucho tiempo establecido como fabricante de equipo de inyección diesel para tractores agrícolas y motores industriales, desarrolló en 1960 un sistema de inyección de gasolina para automóviles, conocido como Kugelfischer, porque la compañía Deckel había pasado a ser propiedad de George Schäfler en 1955 y se había combinado con sus talleres de cojinetes de bolas Fischer.

El sistema de inyección Kugelfischer de tipo de lumbrera tenía dosificación regulada. La bomba tenía un émbolo activado por una leva para cada inyector, y la dosificación de combustible se lograba con un intrincado arreglo de regulador-leva. La admisión de aire se controlaba con una sencilla válvula de mariposa.

Se hicieron pruebas con motores para autos de carrera Porsche en los que se interesó Peugeot. Después de pruebas minuciosas, Peugeot estandarizó la inyección Kugelfischer en 404 modelos deportivos en 1962, y Lancia la adoptó en algunos tipos Flavia en 1965. Las versiones posteriores o modelos que le sucedieron estaban equipadas con los sistemas de inyección que se producían en serie más populares.

En 1974 Bosch adoptó la inyección de combustible de Kugelfischer, en una producción en serie pequeña pero selecta y un equipo de servicio que abastecía a BMW Motorsport de motores para Fórmula Uno de 1980 a 1985, y el equipo Grand Prix de Renault-Elf de 1977 a 1984.

En la pista de carreras de Indianápolis, el sistema de inyección Stuart Hilton no tuvo rival hasta fines de los sesentas. Entonces Bendix de presentó en los pits y garajes con sistemas de inyección mecánica tipo lumbrera desarrollado originalmente para motores de avión de pistón. Bendix llamó a este sistema RS-II y lo adaptó al turbo cargado Hawk que Mario Andretti llevó a la victoria en 1969. Al año siguiente, el gapador Indy, el Al Unser's Ford, tenía también inyección de combustible RS-II Bendix.

Este sistema se montó en la corriente del turbo cargador y consistía en cuatro componentes principales: el medidor masivo de flujo de aire, el regulador, el control de combustible y estrangulador y las toberas o boquillas.

El regulador de flujo de aire consistía en un cuerpo de mariposa con una combinación de venturi principal y auxiliar que daba una señal de aire proporcional al flujo de aire. El regulador posicionaba una válvula para controlar el combustible de acuerdo con la cantidad de aire que admitía, por medio de un diafragma de aire que comparaba la señal de flujo masivo de aire con la fuerza contraria de un diafragma de combustible, que se ventilaba hacia el diferencial de presión del combustible a través del sistema de surtidores. Este sistema consistía en una válvula intermedia que proporcionaba combustible para el funcionamiento en vacío y carga parcial, y un surtidor principal para el flujo de combustible en toda la escala de potencia. Las boquillas tipo purga de aire se insertaron en los headers de admisión y se desfogaron a la presión de salida del turbocargador.

En 1971, 32 de 33 autos que calificaron para arrancar en la pista de carreras de Indianápolis. habían adoptado el sistema RS-II de Bendix que mantuvo su popularidad durante 10 años más.

En el Honker, impulsado por el Ford de Mario Andretti, se utilizó un sistema diferente de inyección con el pomposo nombre de Tecalemit-Jackson, que prepararon John Holman y Ralph Moody para la temporada de carreras de 1967. La característica principal del sistema Tecalemit-Jackson, fue la inyección continua, que apareció en su forma original en 1964. Lo probaron Ford, Vauxhall, Lotus, Jaguar y Aston Martin, pero en ese tiempo no se aprobó su uso para autos que se producirían en serie.

Inventado por el señor Jackson y patrocinado por Tecalemit (lubricantes) el sistema era electromecánico, con boquillas montadas en los puertos o lumbreras e interruptores electrónicos. Se construyó alrededor de un conductor en anillo en el que el combustible circulaba a presiones que llegaban a 90 psi y variaba de acuerdo con la velocidad y la carga.

Los tubos de derivación que salían del conductor en anillos llevaban combustible hasta las toberas del inyector y el combustible excedente se drenaba y regresaba al tanque. El múltiple de entrada estaba equipado con dos válvulas de estrangulamiento, una conectada al empujante del acelerador, y la otra, que se utilizaba como válvula de aire, en la corriente para mantener un vacío constante en el espacio que había entre ellas. La segunda válvula estaba unida también a la válvula que regula el combustible mediante un arreglo de la leva, y un interruptor de vacío fijaba la duración de la apertura para los inyectores.

Una bomba eléctrica alimentaba combustible a una bomba de diafragma impulsada por el motor, que aumentaba la presión y suministraba combustible a la unidad de control. En la unidad de control,

una válvula reguladora y una camisa regulaban la cantidad de combustible, con base en la velocidad del motor, presión del múltiple, densidad del aire y varios parámetros menores.

En 1967, se formó una compañía subsidiaria, la Petrol Injection, en Plymton, en Devon, Inglaterra para fabricar el sistema Tecalemit-Jackson. Broodspeed y otros lo utilizaron en los autos de carreras con motores Hilman y Ford, siendo opcional para el Lotus Cortina en 1967.

Para fines de 1974, la industria de los motores todavía estaba evaluando el sistema Tecalemit-Jackson. Pero para entonces ya había en el mercado unos sistemas de eficiencia comprobada que costaban menos, desplazando las patentes de Jackson.

El modelo Alfa-Romeo 1750, de 1969, para el mercado Estadounidense utilizaba un sistema de inyección desarrollado por Spica de Livorno, Italia, una subsidiaria de Finmeccanica. El sistema Spica consistía en una inyección de lumbrera regulada por una bomba de tipo émbolo que básicamente era similar a los de Bosch y Kugelfischer. Los émbolos tenían una carrera constante y un arreglo normal de compuerta de rebose que dirigía el combustible excedente de regreso al recipiente de la bomba. La regulación del combustible dependía del vacío del múltiple, la posición de la válvula de estrangulamiento, presión barométrica, ajuste en vacío y temperatura del enfriador. Los sensores trabajaban en arreglos mecánicos para afectar la posición de un cono regulador con una leva que podía moverse axial o rotacionalmente, conectados a la cremallera reguladora para la bomba de inyección.

La inyección de combustible Spica se adaptó más tarde al Montreal 2000 de 2.5 litros V-8, al Alfetta y el Alfa Seis. El equipo trabajaba muy bien pero como carecía de clientes con alto volumen de compras, Spica no podía competir en costos. La producción de los sistemas de inyección de combustible Spica terminó en 1986.

Junto con otros proveedores marginales de sistemas de inyección de combustible, Spica no pudo hacer frente al juego en las mesas en las que se hacían las grandes apuestas. Los líderes de la tecnología, que contaban con recursos financieros más firmes, tomaron el rol dominante en el mercado de la inyección de combustible. La evolución de la inyección de combustible se retardo debido a ciertos efectos contrarios a esta tendencia, tales como la decisión de algunos gigantes de la industria automotriz por producir sus propios sistemas y el que algunas compañías importantes de carburadores se dieran cuenta de que ya no tendrían futuro, a menos de que ampliaran sus líneas de productos una variedad de sistemas para preparar la mezcla de combustible con o sin control electrónico.

MANTENIMIENTO.

El mantenimiento o conservación adecuada de un motor de combustión interna, es esencial para que halla continuidad en la producción. Ya que éstos se encargan de mover diversos equipos, ya sea para fines de producción o transporte de materia prima o productos terminados, al igual que el transporte de personal de servicio o uso personal de un individuo.

Un resultado satisfactorio en la operación de un motor de combustión interna depende no sólo de contar con los talleres de mantenimiento, equipo, maquinaria, herramientas portátiles, dispositivos de seguridad, etc., en buen estado, sino también de que estén conservados de modo que se pueda depender de ellos para no demorar la operación del motor de combustión interna o se haga necesario detener su funcionamiento para ejecutar reparaciones muy largas.

Una buena administración no busca solamente el mantener las cosas en condiciones de que puedan servir, sino que prevé su deterioro y establece un *sistema de inspección* que pueda corregir sus deficiencias lo más pronto posible. Esto requiere de una íntima integración del departamento de mantenimiento y la inspección del departamento de producción o del usuario.

Una conservación de carácter *preventivo* significa el reparar piezas usadas antes de que fallen, y cuidar de implantar un programa fijo para lograrlo.

La forma más barata de operar cualquier máquina, es mantenerla en un estado como si fuese nueva, hasta que la caducidad justifique su reposición.

Una política de mantenimiento preventivo sistemáticamente observada, tiene suma importancia en cuanto a prevención de accidentes. Varias son las razones. Por principio de cuentas, cualquier tipo de interrupción tiende a causar daños al usuario en forma indirecta debido a la confusión que se presenta, al rompimiento de la secuencia en la operación del motor y a los cambios precipitados que hay que hacer.

La presión repentina a la que se ven sometidos los departamentos de mantenimiento por una descomposturas de equipo clave, como lo es un motor de combustión interna, suele significar que sus componentes tienen que llevar a efecto maniobras contra reloj.

Una administración que obliiga al pleno cumplimiento de todos sus procedimientos de seguridad en tales emergencias, demuestra un sano criterio de seguridad.

En caso de equipo cuya falla puede ser grave, es necesario observar un alto tipo de mantenimiento. Algunas empresas mantienen amplios registros de inspección y renovación del equipo. Otras solamente llevan esos registros en lo que respecta a equipo del llamado *crítico*, a saber:

- 1.- Grúas y elevadores eléctricos.
- 2.- Ganchos, cadenas, pernos, cabestillos y cables.

3.- Recipientes de presión y válvulas de desahogo.

4.- Vasijas cocedoras y piezas semejantes.

5.- Dispositivos de control de la temperatura.

6.- Descubridores de incendios y equipo contra incendio, extintores portátiles, hidrantes, etcétera.

7.- Ascensores.

El *mantenimiento correctivo* es la reparación del equipo una vez que ha fallado, cuando esto sucede es por una mala planificación del sistema de técnicas preventivas.

Un mantenimiento perfecto de los dispositivos y equipo de los cuales depende la seguridad del operador es una necesidad imperiosa.

Cualquier administración u operador que se vea tentado a descuidar esto, necesita recordar que el equipo de seguridad constituye:

La última línea de defensa entre la persona o personas involucradas y el riesgo de que se trate.

LA SEGURIDAD EN EL TRABAJO DE MANTENIMIENTO.

No es de dudar que los encargados del mantenimiento deben ser experimentados Técnicos o ingenieros mecánicos y electricistas.

El espíritu de seguridad posee un papel de vital importancia en el renglón del mantenimiento. Aun cuando los trabajos de mantenimiento son de rutina en gran parte (por ejemplo, el cambio de aceite, el de un engrane o el de un motor pesado), las nuevas situaciones son frecuentes, los riesgos numerosos y variados y en cualquier instante pueden surgir emergencias.

Esto quiere decir que los conocimientos en seguridad para los encargados de las tareas de mantenimiento debe ser amplio.

Como gran parte a veces la mayor, del trabajo de mantenimiento y reparación no tiene un carácter reiterativo, es importante poner énfasis en impartir un detallado conocimiento de los tipos de riesgos y de exposición inherentes a las varias tareas o tipos de trabajo involucrados, y cómo evitarlos o suministrar una protección adecuada contra los mismos.

Lamentablemente muchos de los accidentes que tienen lugar en el curso de un trabajo de mantenimiento, son pasados por alto debido a que no tienen como consecuencia un daño para el técnico. Tenemos como ejemplo algunos de esos accidentes:

- 1.- Al trasladar máquinas puede romperse el cable de la grúa, cayendo la carga al suelo. En este caso, puede ocurrir daño al equipo, más no a la persona.
- 2.- Cargas pesadas transportadas en vehículos de carga del departamento de mantenimiento o taller , pueden caerse.
- 3.- Una escalera colocada sin asegurar, resbala y cae
- 4.- La carga suspendida de una grúa no es alzada lo necesario, pega contra otra cosa
- 5.- El grifo de desagüe en un tanque se rompe y el aceite u otro líquido se derrama en el piso.
- 6.- Material, herramienta o partes de maquinaria caen
- 7.- Un colector de polvo se incendia.
- 8.- Un cortocircuito en la instalación eléctrica
- 9.- Un cable de grúa sobrecargado se rompe.

- 10.- Caer de un andamio sin sufrir daño.
- 11.- Náusea o mareo pasajero por inhalación de emanaciones o gas.
- 12.- Soldadores que inflaman bolsas de gas sin sufrir daño.

4

LA SEGURIDAD EN DETALLE PARA LOS ENCARGADOS DE MANTENIMIENTO.

Incluir aquí los detalles de la seguridad en la labor de mantenimiento no resulta práctico, porque difiere según la tarea, la fábrica, el taller y la rama industrial de que se trate. Sin embargo, es útil y práctico que cada fábrica o empresa establezca reglamentos de seguridad que abarque cuando menos los aspectos de mayor importancia. Un buen número de fábricas han procedido así imprimiendo dichos reglamentos en forma de libros o manuales dedicados exclusivamente a los encargados de mantenimiento.

10.- Caer de un andamio sin sufrir daño.

11.- Náusea o mareo pasajero por inhalación de emanaciones o gas.

12.- Soldadores que inflaman bolsas de gas sin sufrir daño.

t

LA SEGURIDAD EN DETALLE PARA LOS ENCARGADOS DE MANTENIMIENTO.

Incluir aquí los detalles de la seguridad en la labor de mantenimiento no resulta práctico, porque difiere según la tarea, la fábrica, el taller y la rama industrial de que se trate. Sin embargo, es útil y práctico que cada fábrica o empresa establezca reglamentos de seguridad que abarque cuando menos los aspectos de mayor importancia. Un buen número de fábricas han procedido así imprimiendo dichos reglamentos en forma de libros o manuales dedicados exclusivamente a los encargados de mantenimiento.

INSTRUCCIONES DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO
PARA MOTORES A GASOLINA DE INYECCION DE COMBUSTIBLE.

Motores de gasolina.

Motores con catalizador.

Motores de 66, 85, y 128 kW
gasolina normal, sin plomo
ROZ 1) no inferior a 91 octanos.

La utilización de gasolina normal sin plomo de 91 ROZ 1), como mínimo, conlleva una pequeña pérdida de potencia.

1) Research-Oktan-Zahl: Medida del poder antidetonante de la gasolina.

Los vehículos con catalizador sólo deberán funcionar con gasolina sin plomo.

El uso de gasolina con plomo perjudica considerablemente la instalación depuradora de gases de escape, ya que el plomo se deposita en el catalizador.

Bastaría llenar una sola vez el depósito con gasolina con plomo para que ya quedase disminuida la eficiencia del catalizador.

Incluso si a continuación se vuelve a cargar gasolina sin plomo, ya no se restablecerá nunca más la eficiencia primitiva del catalizador.

En los motores que llevan sonda lambda queda perjudicada, además, la preparación de la mezcla.

Aditivos a la gasolina.

El comportamiento, la potencia y la vida del motor dependen de manera decisiva de la calidad del combustible, desempeñando un papel muy importante los aditivos que lleve el mismo. Por ello se recomienda utilizar gasolina de calidad con aditivos.

Si no se dispone de esa clase de gasolina, o bien en caso de tener el motor algún fallo, tales como, por ejemplo, dificultades de arranque, paro del motor al arrancar en ralentí, sacudidas y pérdida de potencia, habrá que añadir los aditivos recomendados a la gasolina a la hora de rellenar. Estos aditivos protegen contra la corrosión, limpian el sistema de combustible y evitan las sedimentaciones en el motor.

Conservación del motor.

Una conservación periódica y experta contribuye al mantenimiento del valor del motor. Además, puede ser una premisa para hacer valer el derecho a garantía en caso de defectos de fabricación.

Puesto que la moderna tecnología del motor requiere apenas mantenimiento, sólo se necesitan unas pocas operaciones de mantenimiento regular, a fin de conservar la seguridad uso así como su rentabilidad.

Reposición del nivel de aceite del motor.

¡Atención! Al reponer aceite, cuidar de que no caiga nada sobre las piezas calientes del motor-peligro de incendio.

Cambio del aceite.

Las propiedades del aceite del motor no sólo empeoran por el uso sino también por envejecimiento. Debido a ello, los intervalos del cambio de aceite dependen tanto del kilometraje como del tiempo.

Motores de gasolina.

Cambiar el aceite del motor cada 15000 Km. o cada 12 meses (según lo que se cumpla primero).

¡Atención! El aceite usado tiene que guardarse fuera del alcance de los niños, hasta que se efectúe su desecho tal como está prescrito.

En ningún caso deberá penetrar aceite en el alcantarillado ni en la tierra.

Debido al problema de la eliminación del aceite usado y al hecho de precisarse de herramientas y conocimientos especiales, el cambio de aceite de motor y del filtro se realizará preferentemente en un taller autorizado.

Aditivos al aceite del motor.

Al aceite del motor no deberá añadirse ninguna clase de aditivo.

Sistema de refrigeración.

Bajo condiciones normales de servicio apenas hay que someter a mantenimiento el sistema de refrigeración

De fábrica sale ya provisto de una carga permanente que no hay que cambiar. Se compone de agua y de una proporción del 40% de aditivo (anticongelante a base de glicol y aditivos anticorrosivos). Esta mezcla no sólo brinda la protección necesaria hasta -25 grados C, sino que protege también contra la corrosión sobre todo los elementos de aleación ligera del sistema de refrigeración. A parte de ello, impide la sedimentación calcárea y eleva notablemente el punto de ebullición del líquido refrigerante.

Por ello, no deberá reducirse, añadiendo agua, la concentración del líquido refrigerante durante la época estival o en los países calurosos. La proporción del aditivo anticongelante tiene que ser del 40% como mínimo.

Si por razones climáticas se necesitase una mayor protección, pero sólo hasta un 60% (protección anticongelante hasta unos -40 grados C), puesto que, de lo contrario, descendería la protección y, además, empeoraría la refrigeración.

Los modelos destinados a países de clima frío llevan ya de fábrica, en general, una protección anticongelante de hasta -35 grados C aproximadamente.

Otros aditivos podrían perjudicar sobre todo la acción anticorrosiva.

La corrosión que se produciría podría ser la causa de una pérdida de líquido refrigerante y, así, de graves daños posteriores del motor.

¡Atención! No abrir el tapón del depósito de compensación cuando el motor esté muy caliente, pues existe peligro de quemaduras. El sistema se halla bajo presión.

El aditivo y el líquido refrigerante son nocivos para la salud. Por esa razón, hay que guardar el anticongelante dentro de su envase, fuera del alcance de los niños.

Ventilador del radiador.

El accionamiento del ventilador es eléctrico y su mando se efectúa, por medio de un termoconmutador, a través de la temperatura del líquido refrigerante (en algunos modelos a través de la temperatura del compartimiento del motor).

Por tanto, es posible que una vez parado el motor, el ventilador siga funcionando durante un rato (hasta 10 minutos), incluso con el encendido desconectado. También es posible que, transcurrido un tiempo, se ponga en marcha de repente, siempre que

-ascienda la temperatura del refrigerante a causa de calor acumulado.

-se recaliente adicionalmente el compartimiento del motor, estando éste caliente, debido a una intensa radiación solar.

Por ello, hay que tener mucho cuidado cuando se realicen trabajos en el compartimiento del motor.

- Si no funcionase el ventilador, aunque fuese muy alta la temperatura del líquido refrigerante, habría que comprobar el fusible y, en caso necesario, sustituirlo.
- El número de revoluciones del ventilador es independiente de las del motor. Por ello, no puede aumentarse la potencia de refrigeración cambiando a una marcha inferior. Mientras el motor gire uniformemente o supere una pendiente sin gran pérdida de velocidad, no es necesario, pues, pasar a una marcha inferior.

Servicio en invierno.

Para asegurarse de que la protección anticongelante es suficiente, antes de comenzar la época fría del año debiera comprobarse la concentración del líquido refrigerante, corrigiéndola en caso de ser necesario.

Batería.

Al manipular la batería o efectuar trabajos en el sistema eléctrico, se tendrán en cuenta las siguientes instrucciones generales:

- El electrolito de la batería es cáustico, por lo que hay que evitar todo contacto con los ojos, la piel o la ropa. Las salpicaduras de electrolito hay que limpiarlas minuciosamente con agua sola. En caso necesario, acudir al médico.
- No cortocircuitar jamás la batería (por ejemplo, con alguna herramienta): en caso de cortocircuito, la batería se calienta fuertemente y puede reventar.
- Para evitar con toda seguridad cortocircuitos, hay que desembornar el cable negativo de la batería antes de efectuar cualquier trabajo en la instalación eléctrica. Al cambiar una bombilla bastará desconectarla.
- Al separar la batería de la red del motor, deberá desembornarse primero el cable negativo y luego el positivo. Con el motor en marcha no deberá desembornarse la batería, ya que se dañaría el sistema eléctrico (componentes electrónicos).
- Al volver a conectar de nuevo la batería, habrá que enbarnar primero el cable positivo y luego el negativo. En ningún caso se confundirán los cables-peligro de que se quemen.

Verificación del nivel del electrolito.

La batería, en condiciones normales de servicio, está casi libre de mantenimiento. A altas temperaturas exteriores, sin embargo, habrá que verificar de vez en cuando el nivel del electrolito.

Servicio de invierno.

Particularmente en invierno pierde capacidad la batería; además, a bajas temperaturas sólo rinde una fracción de la potencia de arranque de la que dispone a temperaturas normales. Por ello, recomendamos hacerla comprobar, y en caso necesario, recargar antes de la época fría del año, limpiando los bornes y engrasándolos con grasa protectora de polos si ello fuese necesario. El resultado no es sólo un arranque seguro del motor; una batería siempre bien cargada tiene también una mayor duración.

Si no se va a utilizar el motor durante varias semanas bajo fuertes heladas, debería desmontarse la batería y guardarse en un recinto donde no se pueda helar, a fin de que no se congele y, consiguientemente, se deteriore.

Carga de la batería.

Al cargarla con corriente de baja intensidad (por ejemplo, con un cargador de baterías pequeño), no es necesario, por regla general, desconectar los cables de conexión a la red del vehículo. No obstante, se seguirán las instrucciones del fabricante del cargador.

Antes de llevar a cabo una carga rápida, es decir, una carga con alta intensidad, habrá que desembornar los dos cables de conexión. Habrá que tener en cuenta los siguientes puntos:

- No abrir los tapones al cargar la batería.
- Una batería descargada puede ya congelarse a -10 grados C. Si la batería se hubiese helado, habrá que deshelarla imprescindiblemente antes de proceder a su carga rápida, ya que de lo contrario podría explotar.
- El cable de alimentación del cargador deberá conectarse sólo después de que las pinzas del cargador se hallan embornado correctamente a los polos de la batería.
rojo = positivo
negro = negativo

Después de cargar la batería, se volverán a conectar correctamente.

El gas detonante que se forma durante la carga es fácilmente inflamable. Por lo tanto no acercar a la batería agentes de ignición (llama desprotegida, cigarrillos encendidos, etc.)

Cambio de la batería.

Si hubiera que cambiar la batería, se hará por otra de igual capacidad, tensión (12 voltios), potencia y construcción que disponga de tapones estanqueizados. Las concesionarias disponen de las baterías apropiadas.

A causa del problema de la eliminación de las baterías usadas, lo mejor sería hacer sustituir la batería por un taller autorizado. Las baterías contienen, entre otras sustancias, ácido sulfúrico y plomo, y en ningún caso deben arrojarse a las basuras domésticas.

Para finalizar cabe aclarar que dependiendo de la tecnología con la que cada motor es construido se debe contar con el manual de reparaciones correspondiente, ya que los motores actuales cuentan con dispositivos electrónicos; los cuales son gobernados por una computadora central, y por lo tanto cada fabricante pone a disposición del ingeniero o técnico especializado un diagrama de conexiones, además de un manual de servicio de mantenimiento exclusivo para cada modelo de motor que éste fabrica.

CONCLUSIONES.

Los grandes progresos alcanzados en los últimos doce o quince años han sido tan enormes que hemos llegado a una plataforma donde se dispone ya de tecnologías avanzadas, pero sus posibles nexos con los sistemas de combustible existen sólo en la bruma de una sociedad tecnológica. Necesitamos contar con metas más definidas que las actuales, antes que obtengamos una lectura confiable de la brújula hacia la dirección en la que podamos y queramos lograr ventajas tangibles.

Nuestra visión del futuro se limita a un estudio de las ideas que todavía encuentran opositores en los laboratorios, esperando que llegue su momento, lo que podría conducirnos a conclusiones tentativas con respecto a las tendencias técnicas.

Las tendencias de manufactura y mercadotecnia están sujetas completamente a leyes diferentes. Dependen más de los sucesos económicos y políticos, que de un descubrimiento importante en materiales de construcción, química del combustible, electrónica, robótica o física pura.

Por ejemplo, el precio que el dueño de un auto está dispuesto a pagar por un sistema de combustible más eficiente, dependerá del suministro del combustible (lo cual dicta la política de precios del petróleo crudo) y el costo de combustibles alternativos, lo cual puede requerir grandes diferencias en la metodología y equipo para preparar la mezcla.

Además, la legislación es y seguirá siendo una importante influencia en cualquier cosa que se incluya en nuestros futuros motores de combustión interna. Los cambios que resulten pueden llegar a ser radicales.

BIBLIOGRAFIA.

1.- MARKS MANUAL DEL INGENIERO MECANICO
VOL. III

Theodore Baumeister
Eugene A. Avallone
Theodore Baumeister III
Editorial Mc-Graw- Hill 1989

2.- TERMODINAMICA

Virgil Moring Faires
Clifford Max Simmang
Editorial UTHEA 1986

3.- FISICO QUIMICA

Gilbert W. Castellan
Editorial SITESA 1987

4.- HIDROCARBUROS Y SOCIO-ECONOMIA

Programa Universitario de Energía
UNAM 1993

5.- AMBIENTE ENERGIA Y SOCIEDAD

Howard T. Odum
Editorial BLUME 1980

6.- ECOLOGIA

Eugene P. Odum
Editorial INTERAMERICANA 1982

7 - ENERGIA MEDIANTE VAPOR AIRE O GAS

W H Severns
Editorial REVERTE S A.

8.- MOTORES ENDOTERMICOS

J. H. Price
Editorial CECSA.

9.- MOTORES DE COMBUSTION INTERNA ANALISIS Y APLICACIONES

Edward F. Obert
Editorial CECSA.

10.- MOTORES ENDOTERMICOS

Dante Giacosa
Editorial DOSSAT S.A.

11.- MANUAL DEL AUTOMOVIL
SELECCIONES READ DIGEST.

12.- MECANICA DE LOS PEQUEÑOS MOTORES

William H. Crouse.
BOIXAREU EDITORES. Barcelona, España.

13.- MANUAL DE MECANICA AUTOMOTRIZ

Hebert E. Ellinger
Editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA S.A.

14.- MANUAL PARA AJUSTE DE MOTORES Y CONTROL DE EMISIONES

Hebert E. Ellinger
Editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA S.A.

15.- MANUAL DE TURBOCARGADORES

Hugh McInnes
Editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA S.A.

16 - MANUAL DE SISTEMAS FUEL INJECTION

Jan P. Norbye
Editorial

17.- MANUAL UNIVERSAL DE LA TECNICA MECANICA
Ernk Oberg. Franklin D. Jones
Editorial LABOR S.A.