

65  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"CAMPUS ARAGÓN"**

**"CARACTERÍSTICAS E INFORMACIÓN  
GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO  
Y REPARACIONES MECANICAS DE UN  
MOTOR DE COMBUSTION INTERNA**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO  
ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :  
LEOBARDO ALEJANDRO MARTINEZ  
JERONIMO**

**DIRECTOR DE TESIS. ING. ADRIAN ISLAS ARGUELLO**

**MÉXICO.**

**1997.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGON  
DIRECCION

LEOBARDO A. MARTINEZ JERONIMO  
PRESENTE.

En contestación a su solicitud de fecha 9 de julio del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. ADRIAN ISLAS ARGUELLO pueda dirigirlle el trabajo de Tesis denominado "CARACTERISTICAS E INFORMACION GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO Y REPARACIONES MECANICAS DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA", con fundamento en el punto 6 del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento, me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, México, a 12 de agosto de 1996.  
EL DIRECTOR

  
M. EN I. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO

c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/vr


## **DEDICADA**

### **A MI MADRE**

#### **EPIFANIA JERONIMO VIUDA DE MARTINEZ**

Por ser la persona que más admiro en este mundo, por esas ganas de seguir siempre adelante, por esa sed de triunfo, por haber contribuido en este logro que soñamos juntos, por ser la persona más linda que conozco

**MIL GRACIAS.**

### **A LA MEMORIA DE MI PADRE**

#### **FLORENCIO MARTINEZ DOMINGUEZ**

Por que desde el cielo me brindaste tu apoyo para la realización de este trabajo

**GRACIAS.**

### **A MIS HERMANAS, HERMANOS Y FAMILIARES**

por su gran apoyo, sacrificio y confianza que me brindaron.

**GRACIAS**

### **A LOURDES Y SANDY**

Que DIOS las bendiga para que sigan triunfando en la vida.

**GRACIAS.**

## AGRADECIMIENTOS

### A MIS SINODALES

Ing. ADRIAN ISLAS ARGUELLO

Ing. TERESA CELIA MORENO BAÑUELOS

Ing. LUIS HERRERA GARCIA

Ing. RODOLFO ZARAGOZA BUCHAIN

Ing. ALEJANDRO RODRIGUEZ LORENZANA

Por sus observaciones y comentarios que me ofrecieron de sus profundos conocimientos para la conclusión de este tesis.

Deseo expresar de manera muy especial mi agradecimiento al director de esta tesis por, su tiempo invertido y paciencia para la realización de esta trabajo, por su amistad desinteresada.

Ing. ADRIAN ISLAS ARGUELLO

A si mismo quiero agradecer profundamente a los ingenieros del laboratorio de térmica cubiculo 8 por su apoyo y amistad durante mi desenvolvimiento académico. De manera muy especialmente al Ing Rodolfo Zaragoza Buchain.

Quiero agradecer también a la U.N.A.M. CAMPUS ARAGON por darme una formación académica que me permitirá desarrollar un papel como profesionista ante la sociedad.

**GRACIAS.**

**CARACTERISTICAS E INFORMACION GENERAL PARA  
EL MANTENIMIENTO Y REPARACIONES MECANICAS  
DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA**

## INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>JUSTIFICACION</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>GENERALIDADES Y ASPECTOS BASICOS</b>	
1.- Generalidades	5
2.- Ciclo de dos tiempos	6
3.- Ciclo de cuatro tiempos	8
3.1.- Admisión	8
3.2.- Compresión	9
3.3.- Combustión y expansión	10
3.4.- Escape	11
4.- Ciclo teórico y real de los motores de combustión interna	11
4.1.- Ciclo Otto teórico	12
4.2.- Diferencias entre el ciclo real y el ciclo teórico	13
5.- Diagrama presión-volumen	14
6.- Diagrama temperatura-entropía	16
7.- Principios de la termodinámica	17
8.- Leyes de la termodinámica	19
9.- Parámetros sobresalientes de un motor	21
9.1.- Eficiencia volumétrica	23
10.- Efectos cuasi-estacionarios	24
10.1.- Composición de la mezcla	24
10.2.- Vaporización del combustible	25
10.3.- Temperatura de los gases residuales	25
10.4.- Pérdidas por fricción	26

10.5.- Grado de admisión	.
10.6.- Sobrealimentación	26
11.- Efectos dinámicos	27
11.1.- Reflujos hacia la admisión	27
11.2.- Sintonzado	27
12.- Combustibles	28
12.1.- Número de octano	29
12.2.- Características de combustibles	30

## **CAPITULO II**

### **ESTUDIO DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA**

1.- Clasificación	32
2.- encendido del combustible	32
3.- Motores encendidos por compresión	33
4.- Motores encendidos por chispa	34
4.1.- Formación de la mezcla aire-combustible	35
4.2.- Autoencendido en los motores encendidos por chispa	36
5.- Combustión en los motores encendidos por chispa	39
5.1.- Factores que influyen en la combustión	39
5.2.- Combustiones anormales	41
5.3.- Detonación	42
6.- Cámara de combustión	43
7.- Ventajas y diferencias en los motores encendidos por chispa y por compresión	45
8.- Contaminantes, emisiones nocivas en los motores	46
8.1.- Formas para reducir la contaminación en los motores	48
9.- Posición y numero de cilindros en motores de cuatro tiempos	49
9.1.- Motores de dos cilindros	50
9.2.- Motores de dos cilindros tipo V	50
9.3.- Motores de cuatro cilindros	51
9.4.- Motores de seis cilindros en línea	53

9.5 - Motores de ocho cilindros tipo V	54
9.6 - Motores verticales de ocho cilindros	55
9.7 - Motores de doce y dieciséis cilindros tipo V	55
9.8 - Motores con cilindros opuestos (3.5 y 7)	56
10 - Motores poco comunes	56
10.1 - Motores radiales con cilindros giratorios	56
10.2 - Motores de barril	57
10.3 - Motores Herman	57

### **CAPITULO III**

## **FABRICACION Y DETALLES DE LAS PARTES DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA**

1.- Bloques	58
1.1.- Limpieza de bloques	58
1.2.- Fresado de los bloques	59
1.3.- Operación del taladro	59
1.4.- Mandrilado de los cilindros	59
1.5.- Acabado de las paredes interiores	60
1.6.- Acabado de asientos y guías de válvulas	60
1.7.- Rectificado y pulido	60
2.- Cilindros	60
2.1.- Diámetro del cilindro	61
2.2.- Posición de las válvulas	62
2.3.- Revestimiento interior de los cilindros	63
2.4.- Culatas de aleación de aluminio	63
2.5.- Culatas de fundición por culatas de aluminio	64
2.6.- Cámara de combustión	65
3.- Pistones y segmentos	66
3.1.- Pistones de aleaciones de aluminio	67
3.2.- Pistones de aluminio de magnesio	67

3.3.- Segmentos o anillos	68
3.4.- Material de segmentos	69
3.5.- Segmentos multiples	70
3.6.- Circlips	70
4.- Bielas	71
4.1.- Pie de la biela	72
4.2.- Cuerpo de la biela	73
4.3.- Cabeza de la biela	73
4.4.- Sistema biela-manivela	73
5.- Cigüeñal y cojinetes	74
5.1.- Cigüeñal para motores de cuatro cilindros	75
5.2.- Cigüeñales fundidos	76
5.3.- Cojinetes	77
5.4.- Agrupamiento de los cojinetes en los cigüeñales	78
5.5.- Cojinetes de rodillo en los cigüeñales	79
6.- Válvulas y levas	79
6.1.- Válvulas	80
6.2.- Levas	82
7.- Cáster	84
8.- Sistema de encendido	84
8.1.- Bateria	85
8.2.- Bobina	86
8.3.- Platinos	86
8.4.- Condensador	87
8.5.- Cambios de platinos y condensador	87
8.6.- Distribuidor	88
8.7.- Bujías	88

## **CAPITULO IV**

### **MANTENIMIENTO Y REPARACIONES DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA (CUATRO CILINDROS)**

1 - Informacion general	90
1 1 - Herramientas y equipo	90
1 2 - seguridad en el mantenimiento y reparaciones	91.
2 - Mantenimiento de rutina	93
2 1 - Lubricacion	93
2 2 - Cambios de aceite	94
2.3.- Revisiones del nivel de aceite	96
2 4 - Bandas y mangueras en mal estado	97
2 5 - Como localizar bandas desgastadas	97
2 6 - Como localizar mangueras en mal estado	98
3.- Procedimientos de servicio y mantenimiento para un automotor	99
3 1 - Desmontaje e instalacion del motor	101
3 2 - Desmontaje e instalacion de la cabeza de cilindros	102
3 3 - Desmontaje e instalacion de los balancines y su eje	106
3 4 - Desmontaje e instalacion del eje de levas y punterias	107
3 5 - Pistones y bielas	108
3 6 - Desmontaje e instalacion del cigueñal y cojinetes principales	111
3 7 - Desmontaje e instalacion del colector de aceite del motor	113
3 8 - Bomba de aceite	114
3 9.- Múltiples	116
4.- Diagnósticos de fallas del motor	117
4.1.- Recomendaciones para obtener un mayor kilometraje por litro de combustible	123

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	126
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	128

## INTRODUCCION

El crecimiento de la industria automotriz en nuestro país a traído con síglo la necesidad de formar ingenieros mecánicos especializados en este ramo. Para esta formación de ingenieros, las instituciones educativas deben incluir trabajos prácticos dentro de los laboratorios para así comprender lo visto en los libros, ya que esto nos va a servir para ir tomando experiencia dentro de nuestra educación profesional. Es por ello que este trabajo tiene como objetivo crear una guía para el mantenimiento de un motor de combustión interna.

En los vehículos los dispositivos que componen el motor constituyen uno de los sistemas más importantes, debido a que la seguridad y la vida de los pasajeros depende en gran medida de su correcto funcionamiento.

El presente trabajo habla precisamente de estos sistemas, que se van a dividir en dos partes independientemente de los capítulos que lo conforman. En la primera parte se tiene un carácter básicamente descriptivo es decir teórico. En la U N A M Campus Aragón los cursos del área de térmicas tienen un papel sumamente importante ya que con ello los estudiantes interesados en esta área van adquiriendo una experiencia importante en cuando a la teoría.

La realización de la segunda parte ha necesitado no solo de la comprensión de la primera parte, si no que ha requerido de una formación práctica ya que se han aplicado los conocimientos de ingeniería mecánica, adquiridos en el transcurso de la carrera.

Los capítulos I y II forman en parte lo que sería la teoría ya que veremos los aspectos básicos de los motores es decir sus ciclos teóricos y reales, diagramas, leyes de la termodinámica, los parámetros sobresalientes del motor, la eficiencia volumétrica, también veremos el estudio de los motores encendidos por chispa y por compresión, enfocándonos en los motores de encendido por chispa, haciendo mención de las mezclas aire-combustible, la combustión y sus factores que la influyen, las ventajas y diferencias entre los motores

encendidos por compresion y los encendidos por chispa, los contaminantes que son nocivos se termina mencionando la posición y número de cilindros en estos motores

En el capitulo III, se verán las partes mas importantes del motor en cuando a su elaboración, como de los materiales con lo que estan fabricados, como la función de cada parte que componen al motor, esto es de las partes fijas y las partes móviles, organos funcionales y accesorios

El capitulo IV, involucra la parte práctica de este trabajo que comprende básicamente el mantenimiento y las reparaciones de un motor de combustión interna, donde se vera desde un mantenimiento sencillo como un cambio de aceite hasta el desmonte e instalacion de cualquier pieza principal del motor, como puede ser la cabeza de cilindros, los balancines y su eje, los pistones y bielas, etc

Los procedimientos para los mantenimientos y reparaciones apropiados son vitales para el funcionamiento seguro y confiable de todos los vehiculos, asi como para la seguridad personal de quien efectúa las reparaciones. En este trabajo se describen procedimientos para dar mantenimiento y reparar vehiculos usando metodos seguros y eficaces.

## JUSTIFICACION

La investigación de los motores de combustión interna como organismo de pruebas en estudios de motores para vehículos surgió con la finalidad de difundir la necesidad de establecer programas de mantenimiento preventivo y correctivo a las unidades automotores, con lo cual se puede detectar si existe algún daño y repararlo, tomando en cuenta que debemos saber que un vehículo en mal estado mecánicamente nos conducirá a un problema o accidente, esto puede ser económico o en caso extremo trágico

El propósito de adentrarnos en este tema es por lo comentado anteriormente y porque el tema tiene muy poca difusión, como en trabajos de tesis en la U N A M Campus Aragón, teniendo en cuenta que son motores que se utilizan en la vida diaria sin saber como están compuestos, cual es el funcionamiento de sus partes o de que manera podemos consumir menos combustibles, contaminando menos y claro con un beneficio económico

En este trabajo se abordan algunos de los principales problemas relacionados con los motores de combustión interna encendidos por chispa, de cuatro tiempos. Con esto se espera contribuir a ayudar a los estudiantes de ingeniería mecánica que les interese este tema ya que les aportarán conocimientos y recomendaciones para un desarrollo exitoso para su educación profesional.

## OBJETIVOS

- Ofrecer a los estudiantes de ingeniería mecánica un estudio fundamental y real del motor de combustión interna y sus componentes, ya que en ingeniería mecánica existirán problemas importantes y significativos que, cuando se formulen en términos teóricos o prácticos requerirán la determinación de una solución lo cual deberá satisfacer el problema.
- Establecer las características e información para el mantenimiento de un motor de combustión interna. Tomando en cuenta que en algún momento el usuario tendrá problemas que no se podrán resolver satisfactoriamente mediante técnicas elementales.
- Determinar lo significativo que podría ser el reparar y mantener en excelentes condiciones un motor de combustión interna, del área mecánica.

# CAPITULO I

## GENERALIDADES Y ASPECTOS BASICOS

### 1 - GENERALIDADES

Las máquinas térmicas son máquinas que tienen la finalidad de transformar en energía mecánica la energía calorífica contenida en los cuerpos combustibles y liberada por la combustión. Esta energía calorífica puede provenir de diferentes fuentes como los combustibles de diferentes orígenes, energía solar, energía nuclear, etc. En el caso de los motores de combustión interna a cuyo estudio está dedicado este trabajo proviene de la combustión de combustibles líquidos o más raramente gaseosos.

Los motores térmicos son de combustión externa cuando la combustión se produce fuera del fluido de trabajo y de combustión interna cuando el combustible se quema en el fluido mismo, de modo que los productos de la combustión entran también a formar parte de este. En otra palabra son de combustión interna los motores en los cuales la combustión se produce en el fluido de trabajo, el cual por tanto está parcialmente constituido por una mezcla de combustibles y comburentes. El oxígeno necesario para la combustión es proporcionado por el comburente, para los motores de combustión interna que deben funcionar dentro de la atmósfera terrestre, por el aire de la atmósfera misma.

Los motores se distinguen esencialmente por el modo según el cual la energía introducida es transformada como ya se dijo en energía mecánica. Es decir pueden ser de tipo alternativo (con pistones dotados de movimiento alternativos) o bien rotatorios (con pistones rotantes). Este trabajo está dedicado a los motores alternativos ya que este está aplicado a los vehículos automotores.

Actualmente la construcción de motores de combustión interna para automóviles, lanchas, aeroplanos, para pequeñas plantas de energía eléctrica constituyen una de las más grandes industrias en el mundo.

Estos motores pueden dividirse en dos tipos según la duración del ciclo de funcionamiento referido a carreras del embolo. Estos son de dos y cuatro tiempos, como en la actualidad todos los motores de automoviles funcionan según el ciclo de cuatro tiempos, conocido como ciclo OTTO nos enfocaremos a este ciclo sin dejar de mencionar el ciclo de dos tiempos

## 2 - CICLO DE DOS TIEMPOS

En los motores de combustión interna de dos tiempos el ciclo se cumple solo con dos carreras del pistón. Esto significa que los motores de dos tiempos cumplen un ciclo cada revolución del cigueñal. Como se dijo, en estos motores de dos tiempos operativos se completa en dos carreras, por lo que la introducción del fluido de trabajo en el cilindro tiene lugar durante una fracción de la carrera de trabajo. Para que esto se produzca es necesario que el fluido se comprima previamente, de modo que pueda entrar en el cilindro mientras la descarga de los gases quemados se efectúan por su propia presión. En el ejemplo de la figura (1) la compresión previa del fluido que entra por la abertura B se produce en la cámara del cigueñal (cárter) por obra del pistón que funciona como bomba por el lado inferior. La figura muestra como la distribución del fluido de trabajo puede hacerse, sin necesidad de válvulas, mediante el mismo pistón que abre y cierra durante sus carreras, unas lumbreras de admisión y de escape. Los dos tiempos de este ciclo son

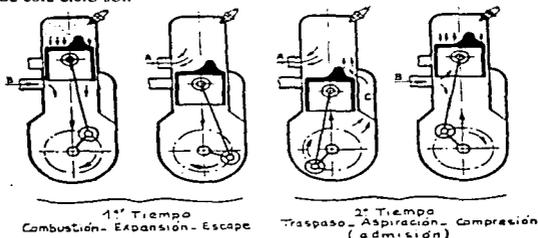


FIG. I - FASES DEL CICLO DE DOS TIEMPOS

a) El primer tiempo corresponde a la carrera de trabajo. Este comienza con el encendido y la combustión y prosigue con la expansión hasta cuando el pistón abre la lumbrera de escape.

Los gases quemados comienzan en este punto a salir por A a una elevada presión, creando en la masa fluida una corriente dirigida hacia la salida. Inmediatamente después se abre también la lumbrera de admisión C y el fluido de trabajo, empujado por la presión que adquirió en la cámara del cigüeñal y además aspirado por la corriente de gases quemados que salen por A, entran en el cilindro. Se inicia así la fase de barrido y admisión que ocupa el resto de la carrera.

b) El segundo tiempo corresponde a la carrera de retorno del pistón al punto muerto superior, durante el primer tramo de la carrera es decir, hasta cuando se cierra el paso C se completa la fase de barrido y admisión, durante el segundo tiempo se realiza la fase de compresión.

Antes de completar la carrera, el borde inferior del pistón deja libre la lumbrera B de entrada del fluido en la cámara del cigüeñal (cáster), el fluido entra en ella a causa de la depresión que se crea por efecto del desplazamiento del pistón y es después comprimido durante la carrera siguiente. El ciclo de dos tiempos ha sido concebido para simplificar el sistema de distribución, puesto que se eliminan las válvulas o se reduce su número.

Como se menciona, se tiene una carrera útil por cada giro del cigüeñal, por lo tanto la frecuencia de las carreras útiles es el doble y en consecuencia la potencia producida resulta teóricamente el doble de la de un motor de cuatro tiempos de igual cilindrada. El aumento de la frecuencia de las carreras útiles presentan sin embargo problemas de carácter térmico derivados de la mayor temperatura media de las piezas del motor. Un ejemplo de este problema es que hay posibilidad de rotura de la película de aceite lubricante causando daños a los pistones y a los cilindros. La velocidad del motor de dos tiempos tiene que ser por esto en general inferior a la que sería necesaria para obtener una potencia doble que la de un motor de cuatro tiempos de igual cilindrada teórica.

Si fuera posible girar un motor de dos tiempos a la misma velocidad máxima que otro de cuatro tiempos desarrollaría evidentemente el doble de potencia que el de cuatro tiempos por unidad de cilindrada. Sin embargo con los tipos más sencillos de motor de dos tiempos, que han sido los más usados es imposible obtener ni aun aproximadamente una potencia media

efectiva como con un motor de cuatro tiempos proyectado para potencia elevada, aunque es posible superar la potencia específica del de cuatro tiempos con uno de dos tiempos no puede doblarse

### 3 - CICLO DE CUATRO TIEMPOS

Los motores de combustión interna, son de cuatro tiempos cuando el ciclo se cumple con cuatro carreras del pistón y completan un ciclo cada dos revoluciones del cigüeñal. Las cuatro fases del ciclo de cuatro tiempos son

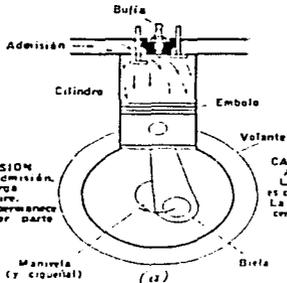
- a) Admisión de la carga al cilindro
- b) Compresión de la carga
- c) Combustión y expansión
- d) Escape de los productos de la combustión

Cada una de estas cuatro fases anteriores duran el tiempo invertido en una carrera del émbolo. Este ciclo fue propuesto originalmente por Beau de Rochas, ingeniero francés que lo describió en un folleto manuscrito publicado en 1862. Sin embargo su primera aplicación práctica se debe al doctor N. A. Otto ingeniero Alemán que patentó en 1876 y mostró en la exposición universal de París del año de 1878 el primer motor del ciclo de cuatro tiempos del tipo general empleado hoy corrientemente.

La mayoría de estos motores utilizan el principio del émbolo recíprocante, según el cual un émbolo se desliza dentro de un cilindro, hacia atrás y hacia adelante y transmite fuerza a la flecha motriz, por lo general mediante un simple mecanismo de biela y manivela.

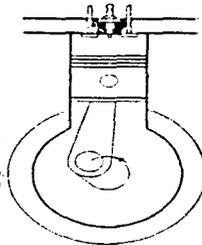
#### 3.1 - ADMISION

La carrera de admisión en el ciclo Otto, el émbolo desciende creando así una aspiración del fluido hacia el cilindro. En la cámara de combustión se abre en el momento oportuno la válvula de aspiración para permitir la entrada del aire o de la mezcla gaseosa combustible. La válvula comienza a abrirse antes del inicio de la carrera y se cierra después que la carrera se ha completado.



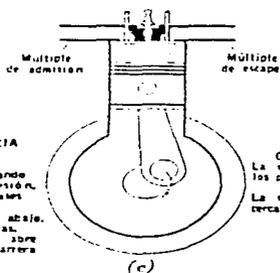
**CARRERA DE ADMISION**  
 Se abre la válvula de admisión, admitiéndose la carga de combustible y aire. La válvula de escape permanece cerrada durante la mayor parte de la carrera.

(a)



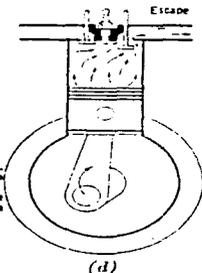
**CARRERA DE COMPRESION**  
 Ambas válvulas cerradas. La mezcla combustible-aire es comprimida al subir el émbolo. La chispa enciende la mezcla cerca del final de la carrera.

(b)



**CARRERA DE POTENCIA O DE TRABAJO**  
 Se quema la mezcla combustible-aire, aumentando la temperatura y la presión, la expansión de los gases de la combustión empujan al émbolo hacia abajo. Ambas válvulas cerradas. La válvula de escape se abre cuando el émbolo está en su punto más alto al final de la carrera.

(c)



**CARRERA DE ESCAPE**  
 La válvula de escape se abre, los productos de la combustión se sacan del cilindro. La válvula de admisión se abre cerca del final de la carrera.

(d)

Cuando el motor gira a poca velocidad y la mariposa del carburador esta completamente abierta, el vacio producido en el cilindro durante la carrera es pequeño, resultando que al final de la fase el cilindro esta practicamente lleno de gases a la presion atmosferica. A grandes velocidades del motor hay una resistencia considerable al flujo del aire a traves del conducto de aspiración de gases del carburador y de la abertura de las valvulas. Entonces el cilindro no se carga completamente en cada ciclo. Por cargar completamente se entiende un volumen de mezcla combustible a presión atmosférica normal igual al desplazamiento del embolo. En el caso de motores de gasolina una carga normal contiene aproximadamente 2% de vapor de gasolina por volumen (7% en peso)

### 3 2 - COMPRESION

Poco despues de terminar la carrera de admisión se cierra la válvula correspondiente y durante el resto de la carrera del émbolo se comprime la carga en la cámara de combustión. Cuando el émbolo ha alcanzado el final de la carrera de retorno, fase de compresión una mezcla de vapor de gasolina y aire se comprimen hasta que su presión y temperatura se elevan considerablemente. Esta mezcla se comprime hasta 1/6 o menos del volumen que ocupaba al comenzar dicha carrera.

El espacio que entonces ocupa la mezcla se denomina cámara de compresion, la razon que hay para comprimir la carga antes del encendido es que dicha operación aumenta la potencia y el rendimiento que puede obtenerse de un motor de una cilindrada determinada.

Durante el encendido, la carga total sube rápidamente la temperatura y la presión se eleva, debido al calor de la combustion. La presión de la mezcla actúa sobre el émbolo y venciendo la resistencia al movimiento de aquel convierte la energía térmica en energía mecánica. Durante la combustion y la expansión siguientes las paredes del cilindro absorben una gran parte del calor de combustion, por lo tanto éste se pierde. La proporción de perdidas es mayor a poco de iniciarse la carrera, cuando la temperatura de los gases de combustion es más elevada. Afortunadamente en éste momento los gases ocupan algo más del espacio de compresión.

Las superficies de las paredes del espacio de compresión, que aumenta con su volumen es uno de los dos factores principales que determinan la proporción de pérdida de calor en las paredes. El otro es la diferencia de temperatura entre las paredes y los gases que encierran

### 3.3 - COMBUSTION Y EXPANSION

Poco antes de terminar la fase de compresión se produce el encendido de la mezcla por medio de una chispa eléctrica o bien el incendio espontaneo del combustible inyectado en la cámara de combustión, con el repentino aumento de temperatura y de presión causado por el calor de la combustión. El valor alcanzado por la presión después del encendido es unas dos a cuatro veces superior al que se tenía inicialmente, por lo que el pistón es empujado hacia el punto muerto inferior.

Si se efectuara el incendio en toda la carga pudiera efectuarse instantáneamente el momento apropiado para producir la chispa sería al final de la carrera. Pero la llama tarda algún tiempo en encender la carga, éste tiempo corresponde a una fracción del invertido en una fase del ciclo rápido, y para obtener mejor resultado, tanto en potencia como en economía, la chispa debe saltar antes del punto muerto, teniendo presente que cuando más se adelante mayor será la rapidez del motor. Durante el encendido, la presión aumenta rápidamente de cuatro a cinco veces y bajo este aumento de presión el embolo lo desciende.

El factor de multiplicación de presión varía con la composición de la carga, con la forma de la cámara de compresión, con la regulación del encendido y con otros factores.

En el motor de un automóvil moderno con una relación de compresión de 6.5 o mayor, que funcione a plena carga y a velocidad moderada, con la chispa ajustada para la potencia máxima, la presión alcanzada en el cilindro en el orden de las 600 Lb/Pig<sup>2</sup> (42 Kg/cm<sup>2</sup>).

Cuando el émbolo empieza la carrera descendente la presión disminuye rápidamente, debido al volumen de la mezcla y a la absorción de calor por las paredes de la cámara de combustión. Cuando la carrera de trabajo está casi concluida, la válvula de escape comienza a abrirse y los gases de la combustión que están a una presión de 50 ó 60 Lb/Pig<sup>2</sup> empieza a escaparse. Si la evacuación de los gases de la cámara de combustión pudiera efectuarse instantáneamente, el momento adecuado para abrir la válvula de escape sería el final de la

carrera puesto que la pérdida de cualquier cantidad de gases de combustión antes de terminar la carrera significa una pérdida de potencia. Pero si la apertura de la válvula de escape se retrasase habría aun mucha presión en el cilindro durante la primera parte del escape. Esta presión actuaría como contra presión sobre el émbolo y daría lugar a mayor pérdida de potencia que la producida por la apertura de la válvula antes de terminar la carrera de trabajo.

### 3 - 4 - ESCAPE

El escape de los gases de la combustión continúa durante la carrera de retorno del émbolo, permaneciendo abierta la válvula de escape hasta el final de dicho tiempo.

Durante la primera parte del periodo de escape los gases salen por su fuerza expansiva, mientras que al final el émbolo los barre prácticamente y los expulsa del cilindro. Sin embargo el émbolo no barre totalmente la cámara de combustión, quedando sin limpiar el espacio de compresión. Este espacio está siempre lleno con los productos de la combustión anterior, y por esta razón se le llama también espacio muerto o espacio de compresión.

Al final del periodo de escape la válvula de escape se cierra y casi al mismo tiempo se abre la válvula de admisión y el ciclo comienza de nuevo.

## 4 - CICLOS TEÓRICO Y REAL DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Durante el paso por el motor el fluido de trabajo está sometido a una serie de transformaciones químicas y físicas (compresión, expansión, combustión, transferencia de calor a través de las paredes, rozamiento en el interior del fluido y con las paredes, etc.) que constituyen el ciclo del motor.

Para los ciclos teóricos, las aproximaciones normalmente empleadas en orden de similitud con las condiciones reales son tres llamados: ciclo ideal, ciclo de aire y ciclo de aire-combustible.

El ciclo real es llamado también ciclo indicado porque los ciclos teóricos han de confrontarse en la práctica con los ciclos teóricos reales, obtenidos experimentalmente mediante aparatos llamados indicadores

En el ciclo ideal el fluido está constituido por aire y que este se comporta como un gas perfecto. En consecuencia los valores de los calores específicos se consideran constantes e iguales a los del aire en las condiciones normales de 15°C de temperatura y 1 atmósfera de presión.

$$C_p = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$$

$$C_v = 0.72 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$$

y por lo tanto

$$k = \frac{C_p}{C_v} = 1.40$$

En el ciclo de aire el fluido de trabajo sigue siendo aire, pero se supone que los valores específicos son variables en la gama de temperatura considerada.

Las condiciones de introducción y extracción del calor son iguales a las del ciclo ideal y no hay pérdidas de calor.

El ciclo aire-combustible es de entre los que generalmente se calculan el más cercano al ciclo real. En los motores encendidos por chispa el fluido está compuesto, durante la fase de admisión por la mezcla y por los gases de combustión.

El ciclo real es como se dijo al principio que está determinado experimentalmente mediante algunos de los numerosos aparatos indicadores capaces de registrar el diagrama de las presiones en función de los volúmenes en el cilindro.

#### 4.1.- CICLO OTTO TEORICO

El ciclo Otto teórico es el ciclo ideal del motor de encendido por chispa y está representado gráficamente como se ilustra en la figura (2) tanto en coordenadas P-V como en coordenadas T-S. Los procesos termodinámicos que tienen lugar durante el ciclo son.

- 1-2 Adiabático o isentropico - Compresión del fluido de trabajo, correspondiente al trabajo  $W_1$  realizado por el pistón
- 2-3 A volumen constante - Introducción instantánea del calor aportado por  $Q_1$
- 3-4 Adiabático - Expansión correspondiente al trabajo  $W_2$  realizado por el fluido de trabajo
- 4-1 A volumen constante - Extracción instantánea del calor  $Q_2$

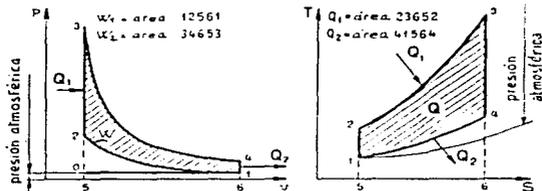


FIG 2 -CICLO OTTO TEORICO EN COORDENADAS P-V Y T-S

#### 4 2 - DIFERENCIAS ENTRE EL CICLO REAL Y EL CICLO TEORICO

Las diferencias de forma del ciclo real con respecto al teórico consiste en un diferente recorrido seguido por las curvas de expansión y de compresión, en la sustitución de los tramos rectilíneos y en la sustitución de los ángulos por curvas de enlace. Las causas de estas diferencias han de buscarse en las siguientes razones:

- a) Pérdidas de calor - En el ciclo teórico son nulas, en el ciclo real son en cambio apreciables, puesto que el cilindro y la culata están refrigerados, una parte del calor es transmitida por el fluido a las paredes
- b) Combustión no instantánea - En el ciclo teórico se supone que la combustión se realiza a volumen constante, es decir que es instantánea, en el ciclo real, en cambio se requiere un cierto espacio de tiempo.
- c) Tiempo de apertura de la válvula de escape - En el ciclo teórico se ha supuesto que también la extracción de calor se lleva a cabo instantáneamente coincidiendo con la posición del

pistón en el punto muerto inferior. En el ciclo real la extracción de calor se produce durante un tiempo relativamente largo, la valvula de escape debe abrirse anticipadamente para dar tiempo a una parte de los gases quemados para salir del cilindro antes que el pistón alcance el punto muerto inferior, de modo que la presión descienda aproximadamente hasta el valor de la presión exterior al comienzo de la carrera de escape. Las causas de las diferencias en las valvulas de las presiones y temperatura máximas son

a) Aumento de los calores específicos del fluido con la temperatura. Como se sabe, tanto el calor específico a presión constante  $C_p$  como el volumen constante  $C_v$  de un gas real aumentan con la temperatura y disminuye el valor de la relación

$$k = \frac{C_p}{C_v}$$

b) Disociación en la combustión. Como la disociación de los productos de la combustión, constituidos esencialmente por  $CO_2$  y  $H_2O$  es una reacción que se realiza con absorción de calor, la temperatura máxima obtenible se reduce y se pierde una cierta cantidad de trabajo.

## 5 - DIAGRAMA PRESION-VOLUMEN (P-V)

En el estudio de los motores de combustión interna es de fundamental interés la determinación del trabajo mecánico producido durante cada ciclo. Para simplificar se consideran las fases de compresión y expansión como procesos reversibles realizados en un cilindro en el cual el pistón se mueve sin rozamiento y el fluido también, carece de todo efecto de rozamiento o viscosidad a causa de su movimiento ver figura (3)

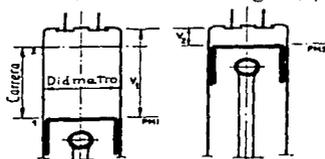


FIG.3

La más conocida de las representaciones de un proceso de este tipo es la que tomando como abscisas los volúmenes y como ordenadas las presiones del fluido

Un proceso genérico entre los estados 1 y 2 están representados en el plano P-V (ver figura 4), por una línea que une el punto 1 al punto 2, llamada línea térmica. en el caso específico del cilindro de un motor de combustión interna, los valores  $V_1$  y  $V_2$  del volumen del gas corresponde a las posiciones extremas del pistón Para un desplazamiento elemental  $dC$  del pistón (elemento infinitesimal de la carrera), el trabajo hecho puede expresarse de la siguiente manera:

$$dW = p \cdot s \cdot dC$$

donde  $p$ =Es la presión específica en el cilindro

$s$ =Es el área del pistón

Como el producto  $s \cdot dC$  representa la variación de volumen  $dv$ , la ecuación del trabajo queda:

$$dW = p \cdot dv$$

De la figura (3) se deduce que si la presión  $p$  es constante, durante la variación del volumen  $dv$  el producto  $p \cdot dv$  representa el área del rectángulo elemental achurado.

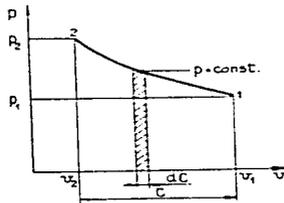


FIG 4

Integrando entre los límites 1 y 2 los cuales se verifica todo el proceso, se tiene:

$$W_{1-2} = \int_1^2 p \cdot ds = \text{area}(v_1, 1, 2, v_2)$$

Si  $p$ =Presión específica absoluta (en bar o  $\text{Kg}/\text{m}^2$ )

$v$ =Volumen específico (en  $\text{m}^3/\text{Kg}$ )

Se obtiene:

$W_{1-2}$  = Trabajo hecho durante la carrera del pistón en KJ ( $Kg_m$ ) por cada Kg de fluido de trabajo

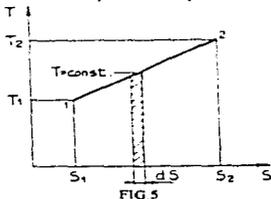
En conclusión, el área bajo una línea térmica en un diagrama P-V es igual al trabajo realizado durante el proceso.

Cuando el proceso transcurre de derecha a izquierda, como en la carrera de compresión, el trabajo es realizado por el fluido de trabajo, es decir por los gases de combustión y se le considera positivo

Es importante notar que la magnitud del trabajo realizado, al corresponder el área comprendida bajo la línea térmica, depende de la forma de esta, es decir de la manera cómo varía el estado del fluido entre la fase inicial y la final

#### 6 - DIAGRAMA TEMPERATURA-ENTROPIA (T-S)

Haciendo referencia a la figura (5), considérese sobre una línea de transformación cualquiera un trazo infinitesimal a lo largo del cual la temperatura T puede considerarse una constante.



El área elemental a está por tanto dada por el producto  $T \cdot ds$  es decir:

$$a = T \cdot ds = T \frac{dQ}{T} = dQ$$

y representa por lo tanto la cantidad de calor infinitesimal que se ha intercambiado en un tramo infinitesimal de la línea térmica. En forma finita, para la transformación 1-2 se tiene:

$$Q = \int_1^2 T \cdot ds = \text{area}(s_1, 1, 2, s_2)$$

Por lo tanto, así como el diagrama P-V el área comprendida entre la línea térmica, las ordenadas extremas y el eje de las abscisas (volumenes) representa el calor intercambiado entre el fluido y el exterior

De la figura (5) se desprende claramente que al igual que el trabajo, también la cantidad de calor depende exclusivamente de la forma de la línea térmica al pasar del estado inicial al final

## 7 - PRINCIPIOS DE LA TERMODINAMICA

Para el completo entendimiento del motor de combustión interna es necesario tener un buen conocimiento de los principios de la termodinámica. En este punto se hace una exposición de ciertos aspectos termodinámicos

**ENERGIA** - Con este término se pretende, en física indicar la capacidad de realizar un trabajo. Se realiza un trabajo cada vez que, aplicando una fuerza se produce un desplazamiento.

Cuando la energía está contenida en un cuerpo o en un sistema y por lo tanto se identifica con la posibilidad de realizar un trabajo, se le llama potencia. Cuando en cambio se exterioriza realizando efectivamente un trabajo, la energía se denomina transitoria.

La energía potencial puede también definirse como energía almacenada y la energía transitoria como energía de transición entre dos o más formas de energía potencial.

Las formas de energía que más interesan en nuestro estudio son la energía mecánica y la energía térmica.

**SISTEMA** - Se define el sistema como la región en la cual deben ser estudiadas las transferencias de la masa y la energía.

Hay dos tipos de sistemas, Los cerrados y los abiertos. Un sistema cerrado contiene una masa constante y solo se permite a la energía cruzar el límite. La energía de un fluido confinado en un cilindro es un sistema cerrado o sin flujo porque no se transfiere masa a través del límite. Un sistema abierto tiene un flujo de masa, ya sea hacia el interior o hacia el exterior o bien ambos flujos y la masa dentro de él puede o no variar en cantidad con el tiempo. El sistema abierto se caracteriza por dichas transferencias de masa a través del límite, no obstante que ocurra una transferencia de energía.

**TRABAJO Y SISTEMA** - El trabajo es energía mecánica de transición, cuando sobre un sistema se ejerce un trabajo. El trabajo es igual al producto de la fuerza por el desplazamiento en la dirección de la fuerza.

El calor es energía térmica en transición a través de las superficies que limitan un sistema. Para que pueda producir una transferencia de calor ha de existir una diferencia de temperatura entre el sistema considerado y los adyacentes.

Cuando se colocan juntos dos cuerpos y uno de ellos está más caliente que el otro, cambiará la temperatura de ambos. Si se define que uno de los cuerpos sea el sistema cerrado es evidente que la energía interna será transferida a través de los límites del sistema. La condición necesaria para esta transferencia de energía es la diferencia de temperatura entre un cuerpo y el otro.

El trabajo, como el calor, es de naturaleza transitoria y no se le puede almacenar en la materia o en un sistema. El trabajo existe o acontece sólo durante una transferencia de energía, entrando o saliendo del sistema y como el calor es evidente por un cambio en los alrededores. Después que el trabajo es cedido, no estará más presente, pero sí sus consecuencias, la energía.

Los símbolos para la transferencia de calor y trabajo serán  $Q$  y  $W$  respectivamente. No obstante que el calor, el trabajo y la energía se miden con las unidades solamente la energía es una propiedad que identifica el estado de un sistema. El calor y el trabajo no son propiedades porque sólo se manifiestan cuando ocurre un cambio de estado y desaparecen cuando se completa el proceso.

La cantidad de calor como ya se dijo la forma la energía en Joule, pero también se emplean a menudo la gran caloría, correspondiente a la cantidad de calor necesaria para calentar 1 litro de agua desde  $14.5^{\circ}\text{C}$  hasta  $15.5^{\circ}\text{C}$ . Por lo tanto, el calor se mide en Newton por metro, siendo el Newton la fuerza necesaria para imprimir a un cuerpo de una masa de 1 Kg la aceleración de  $1\text{m/s}^2$ .

La unidad de medida del trabajo es el Joule. Un Joule es igual al trabajo realizado por la fuerza de 1 Newton cuando su punto de aplicación se desplaza 1 m en la dirección y en el sentido de la fuerza:  $1\text{J}=1\text{Nm}$ .

## 8 - LEYES DE LA TERMODINAMICA

**Primera ley.-** La aplicación de la ley física de la conservación de la energía al campo de la termodinámica ha dado lugar a la primera ley de la termodinámica

La primera ley de la termodinámica es el compendio de diferentes hechos experimentales que llevaron a Mayer a enunciarla en los siguientes términos El calor es transformable en trabajo y viceversa, según una relación constante

En otras palabras las dos formas de energía, térmica y mecánica, no pueden ser ni creadas ni destruidas, si no solamente transformadas una en la otra

Esto significa que cuando mediante calor se produce energía mecánica, se consume una cierta cantidad de calor por cada unidad de trabajo producida y viceversa, cuando se produce calor a expensas de energía mecánica, se genera la misma cantidad de calor por cada unidad de trabajo consumido La energía térmica y la energía mecánica se expresan por lo tanto con la misma unidad de medida el Joule.

De la primera ley de la termodinámica se deduce que, para que en el cilindro de un motor el fluido de trabajo se expanda y empujando el pistón, produzca trabajo mecánico, debe consumirse una cierta cantidad de calor Esta es proporcionada por el combustible quemado y la energía correspondiente se transforma en trabajo mecánico del fluido

La composición del fluido cambia durante su trayecto por el motor. A la entrada el fluido es sólo aire atmosférico, en el cilindro, después de la admisión del combustible y antes de la combustión, está constituido por la mezcla de aire y combustible, después de la combustión, por los gases producidos por la combustión misma Su presión y temperatura varía durante la permanencia en el motor

El fluido de trabajo está por lo tanto formado por compuestos que pasan en el motor a través de diferentes estados.

El estado termodinámico de un fluido o de un sistema cualquiera está definido por sus condiciones de presión, volumen, entalpía, energía interna y entropía, es decir por los valores de las que se denominan coordenadas termodinámicas, variables de estado o valores característicos del fluido.

Más adelante explicaremos el significado de entropía y energía interna. Por ahora nos limitamos a citarlas para decir que, con la presión, la temperatura y el volumen, ellas sirven para definir cada estado del fluido. En total, por tanto son seis las variables que definen el estado de un fluido, pero en general es suficiente con establecer el valor de dos de ellas, escogidas de manera adecuada, para definir un estado, en efecto, escogidos estos dos valores, como consecuencia quedan definidos los valores de las demás.

Para que se produzca un cambio de estado, es decir una *transformación* o proceso, basta que varíe una de las variables de estado. Cada variable de estado está definida en función del estado y depende solamente del estado y no del proceso entre un estado y otro.

Se dice que una transformación o proceso es reversible cuando una vez completada, puede ser exactamente reproducida en sentido inverso de manera que el fluido regrese al estado inicial pasado por una sucesión de estado idéntico. Un proceso reversible es un proceso que tiene un rendimiento igual a la unidad.

Un proceso se llama *irreversible* si la energía proporcionada al fluido cuando el proceso se realiza en un sentido no vuelve a recuperarse completamente cuando el proceso se realiza en sentido inverso.

En la práctica todos los procesos son irreversibles y por lo tanto sus rendimientos son inferiores a 1. Sin embargo, en la teoría de los motores de combustión interna, para simplificar los problemas de análisis termodinámico, los procesos se consideran como reversibles, aunque en la práctica no sean reproducibles.

**Segunda ley.**- La segunda ley niega la posibilidad de convertir alguna vez completamente todo el calor suministrado a un ciclo termodinámico en trabajo, no importa que tan perfectamente sea diseñada, o que tan diestramente sea hecha una máquina. El enunciado de Max Planck de la segunda ley dice lo siguiente:

Es importante construir una máquina que trabaje en un ciclo completo y no produzca otro efecto excepto el de elevar un peso y enfriar un depósito de calor.

En otras palabras, cualquier sistema operado en un ciclo y recibiendo calor mientras realiza trabajo deberá tener un proceso de rechazo de calor como parte del ciclo.

**Tercera ley.**- Esta ley de la termodinámica nos dice: La entropía de una sustancia se hace igual a cero en un estado a la temperatura de cero absoluto.

Esta ley permite calcular la entropía absoluta de una sustancia a partir de la definición de cambio en la entropía

**Entropía:** Desafortunadamente la transferencia de calor solo se evidencia por una característica física, la temperatura. Concedemos que se propone arbitrariamente, medir la transferencia de calor como una función de dos propiedades del sistema

$$dQ_{rev} = T \cdot ds$$

en la que  $s$  es una nueva propiedad, llamada entropía

La propiedad de la entropía se define como el factor extensivo de la energía térmica

**Energía interna:** Es la energía térmica almacenada poseída en virtud de la posición y del movimiento de las moléculas que componen el fluido

Como se sabe en física, a cada variación de la temperatura de un cuerpo corresponde una variación de la velocidad de sus moléculas, es decir, una variación de la energía cinética de las moléculas, mientras a cada variación de volumen, variando la separación entre las moléculas, corresponde una variación de las fuerzas internas de cohesión o de atracción molecular, es decir, una variación de la energía potencial molecular.

La masa de la energía molecular y de la energía cinética constituye la energía interna  $U$  de un cuerpo. En el caso particular de un gas la energía potencial es despreciable, por lo tanto la energía interna no depende de la dilatación y está constituida exclusivamente por la energía cinética molecular de esto se deriva la ley de Joule. La energía interna de un gas depende sólo de su temperatura.

## 9.- PARAMETROS SOBRESALIENTES DE UN MOTOR

El motor es un conjunto de mecanismos destinados a transformar una clase determinada de energía en movimiento mecánico útil. Según la clase de energía absorbida y transformada se clasifica en eólicos, hidráulicos, térmicos y eléctricos.

Para describir cada uno de estos motores se desarrollan ecuaciones capaces de involucrarlos a todos sin importar la marca o el diseño, con el fin de poder compararlos.

La ecuación más importante de estas es la de la potencia efectiva, lo cual nos permite comparar los motores base a parámetros comunes para todos ellos.

### Potencia (P)

$$P = \frac{\eta_f m_a N Q_{comb} (F/A)}{\eta_v} \quad (1)$$

Que introduciendo el concepto de la eficiencia volumétrica para un motor de cuatro tiempos, la ecuación (1) quedaría de la siguiente forma.

$$P = \frac{\eta_f \eta_v N V_d Q_{comb} \rho_{a,i} (F/A)}{2} \quad (2)$$

donde:  $\eta_f$  = eficiencia de conservación del combustible

$\eta_v$  = eficiencia volumétrica

$m_a$  = masa de aire seco

$N$  = velocidad angular del cigüeñal

$Q_{comb}$  = poder calorífico del combustible

$\rho_{a,i}$  = densidad de admisión

$V_d$  = volumen desplazado

$F/A$  = relación combustible-aire

### Torque (T)

$$T = \frac{\eta_f \eta_v V_d Q_{comb} \rho_{a,i} (F/A)}{4\pi} \quad (3)$$

### Presión media efectiva (pme)

$$pme = \eta_f \eta_v Q_{comb} \rho_{a,i} (F/A) \quad (4)$$

Como se puede observar en las ecuaciones anteriores existen variables de importancia, que de alguna manera pueden afectar el funcionamiento de un motor.

Esperando desarrollar una alta potencia, estas variables se pueden modificar de diferentes maneras:

- Aumentando la eficiencia de conservación del combustible.
- Incrementando la eficiencia volumétrica.
- Incrementando la densidad.
- Aumentando la razón combustible-aire.

- Aumentando la velocidad media del pistón.

Se observó que todos estos puntos están estrechamente relacionados de manera que para poder estudiar alguna de estos hay que considerar la forma en que se relacionan mutuamente, para lograr el buen funcionamiento del motor

Se puede concluir que la potencia de un motor depende de la velocidad de giro, el desplazamiento, la densidad de entrada, el poder calorífico y de las eficiencias

## 9.1 - EFICIENCIA VOLUMETRICA

La eficiencia volumétrica ha sido usada como una medida global de la eficiencia del proceso de admisión en motores de cuatro tiempos. Esta definida como la razón de la masa de mezcla que entra al cilindro durante el tiempo de admisión, entre la masa de esta mezcla que llenaría al pistón, a la densidad del aire de admisión, esto es

$$\eta_v = \frac{2m}{\rho_{a,i} V_d N} \quad (5)$$

donde  $\rho_{a,i}$  es la densidad del aire de admisión (puede ser en condiciones atmosféricas)

La eficiencia volumétrica es afectada por los siguientes factores

1. Tipo de combustible, razón combustible-aire, fracción del combustible vaporizado dentro del sistema de admisión y del calor de vaporización
2. Temperatura de la mezcla aire-combustible
3. Razón entre presión de escape y la de admisión
4. Relación de compresión
5. Velocidad de motor.
6. Diseño del múltiple y puerto de admisión y escape
7. Geometría, tamaño, levantamiento y control de la(s) válvula(s) de admisión y escape.
8. Densidad de entrada de la carga de admisión.

El efecto de muchos de los grupos de variables anteriores son cuasi-estacionarios en naturaleza, esto en su impacto puede ser independiente de la velocidad o puede ser descrito en términos de la velocidad media del motor. De cualquier modo muchas de las variables tienen efectos que dependen esencialmente de la naturaleza de un flujo transitorio y el fenómeno de

ondas de presión que acompaña la variación del levantamiento y del diagrama de distribución de las válvulas en el proceso de cambio de gases. Por esta razón se han dividido estos efectos en dos grupos

- Efectos cuasi-estacionarios
- Efectos dinámicos

## 10 - EFECTOS CUASI-ESTACIONARIOS

Para la eficiencia volumétrica en un ciclo real, Haywood propone una expresión en función de las siguientes variables: Presión inicial de la mezcla en la admisión  $P_i$ , temperatura inicial  $T_i$ , relación combustible-aire  $F/A$ , relación de compresión  $r_c$ , presión en el escape  $p_e$ , el peso molecular  $M$  y la relación de calores específicos  $\gamma$  para el fluido de trabajo en el ciclo

$$\eta_v = \left( \frac{M}{m_a} \right) \left( \frac{P_i}{P_{e,a}} \right) \left( \frac{T_{i,a}}{T_i} \right) \frac{1}{1 + F} \left\{ \frac{r_c}{r_c - 1} - \frac{1}{\gamma(r_c - 1)} \left[ \left( \frac{P_e}{P_i} \right) + (\gamma - 1) \right] \right\} \quad (6)$$

La ecuación anterior muestra la importancia de algunos efectos cuasi-estacionarios.

### 10.1 - COMPOSICION DE LA MEZCLA

En los motores encendidos por chispa el fluido que entra a la cámaras de combustión es una mezcla de gas (aire, combustible y usualmente vapor de agua), por lo que la presión de dicha mezcla es la suma de las presiones parciales de cada uno de sus componentes. Al aire le corresponde una presión parcial, menor a la de la mezcla y un volumen igual al de esta, por lo tanto disminuye la densidad del aire de admisión, la cantidad de oxígeno necesario como comburente y así mismo la eficiencia.

Para combustibles líquidos convencionales tales como la gasolina el efecto del vapor del combustible y la relación combustible-aire es pequeña. Para combustibles gaseosos y para vapor de metanol, la eficiencia volumétrica es significativamente reducida por el vapor de combustible en la admisión.

## 10.2.- VAPORIZACION DEL COMBUSTIBLE

Cuando el combustible que se encuentra en la mezcla de gases de admisión se evapora, por el efecto de la transferencia de calor entre este y el aire, la mezcla de gases en general se enfría si el proceso es adiabático y a presión constante. Esta disminución en la temperatura se traduce en un aumento de la densidad inicial del aire lográndose contrarrestar en pequeña medida el efecto de la reducción en la presión parcial del aire. Datos de pruebas de motores indican una dependencia de la raíz cuadrada del rendimiento volumétrico con la relación de temperatura ( $T_2/T_1$ ), esta relación es más cercana al comportamiento real de un motor.

Los motores modernos que cuentan con inyección electrónica de combustible (lo que forma el carburador) han contrarrestado en alguna medida estos dos últimos efectos, gracias a la buena distribución y atomización del combustible, además de que no existen caídas de presión en un carburador y la acumulación de combustibles líquidos a lo largo del sistema de admisión se reduce evitando partes de la transferencia de calor de las paredes del sistema a la mezcla de gases entrantes. Los autos modernos con inyección de combustible han incrementado la eficiencia de su motor en un promedio del 10%.

## 10.3 - TEMPERATURA DE LOS GASES RESIDUALES

La eficiencia volumétrica se reduce por la transferencia de calor entre los gases calientes residuos de la combustión y la mezcla fresca que entra, cuando estos se mezclan durante el proceso de inducción. En procesos idealizados se consideran un mismo calor específico y un mismo peso molecular para ambos gases, así entonces, cuando los dos gases se mezclan a presión constante la contracción de los gases residuales que ocurre mientras esto se enfrían por la mezcla fresca igualada a la expansión de la mezcla fresca mientras esta es calentada por los gases residuales.

Esto no sucede en la realidad y un cambio en valores ocurre en este proceso de mezcla, por lo tanto, hay un flujo de gas al puerto de admisión o de escape según sean las condiciones de operación del motor, habiendo un decremento en la eficiencia volumétrica.

Por último, como la relación de presión (presión de admisión a la presión de escape) y la de compresión son variables, la fracción del volumen del cilindro ocupada por los gases residuales a la presión de admisión varía. Así si este volumen se incrementa entonces la eficiencia volumétrica disminuye.

#### 10.4 - PERDIDAS POR FRICCIÓN

La presión en el cilindro durante la carrera de admisión es significativamente menor (10 a 20 % al acercarse el pistón a su máxima velocidad) que la presión atmosférica debido a las pérdidas que sufre el gas al pasar por cada una de los conductos y elementos de admisión. Al aumentar el régimen de giro el rendimiento volumétrico tiende a disminuir, debido a que las velocidades del fluido aumentan y con ellas las pérdidas de carga por fricción en el proceso.

#### 10.5 - GRADO DE ADMISIÓN

El grado de admisión es el nombre que se le da a la estrangulación que se ejerce sobre la corriente entrante mediante la mariposa del carburador, y por lo tanto solo se tiene en los motores encendidos por chispa. Dicho estrangulamiento produce una caída de presión en los contactos de admisión y con ello una variación en el rendimiento volumétrico respecto a las condiciones de plena carga que resulta directamente proporcional a la variación de presión que produce la mariposa.

#### 10.6 - SOBREALIMENTACIÓN

La adición de turbocargadores o supercargadores en los sistemas de admisión y escape han impactado favorablemente en el rendimiento volumétrico de los motores de combustión interna, aumentando por medio de un compresor la densidad del aire antes de entrar al cilindro.

## 11 - EFECTOS DINAMICOS

Mediante el gas fluye de manera no permanente en los diferentes conductos y componentes de un colector de admisión o escape, los efectos de la caída de presión, fricción y las fuerzas inerciales están presentes. La magnitud de estas fuerzas está en función de la velocidad del gas en el colector (que a su vez es función de la velocidad del motor) y del eficiente diseño de este.

La masa de aire inducida dentro del cilindro y por la eficiencia volumétrica, es casi determinada en su totalidad por el nivel de presión en el colector, en particular en el puerto de admisión durante el corto periodo que precede al cierre total de la válvula.

Cuando la válvula de admisión se está cerrando se incrementa la presión en el motor, entonces se puede aprovechar la inercia del gas en el sistema de admisión y continuar el proceso de llenado del cilindro mientras el pistón se mueve hacia el punto muerto superior y se inicia la carrera de compresión. Este efecto es progresivamente mayor mientras el motor incrementa su velocidad. La válvula de admisión puede ser cerrada unos 40-60 grados después del punto muerto inferior para aprovechar este fenómeno.

### 11.1 - REFLUJOS HACIA LA ADMISION

Cuando escogemos un tiempo muy largo de cerrado de la válvula de admisión para aprovechar los efectos inerciales del gas a altas velocidades estamos perdiendo gas fresco a bajas velocidades, dado que la válvula de admisión se está cerrando después del punto muerto inferior y que la presión se incrementa en el cilindro durante la carrera ascendente del pistón, el gas no tiene otro camino que refluir por la válvula de admisión donde hay una menor presión y el gas no tiene la suficiente inercia para contrarrestar este efecto.

### 11.2- SINTONIZADO

Los gases que fluyen a través de los sistemas de admisión y escape lo hacen de manera pulsante, lo cual provoca que se generen ondas de presión que se propagan a la velocidad local.

del sonido transmitiéndose y reflejándose según van interactuando con los colectores y elementos del sistema, además de interactuar con las uniones y con extremos abiertos y cerrados. Las ondas de presión que se generan se pueden sintonizar para que estas sean reflejadas en los extremos (abiertos o cerrados) o uniones de manera que la onda de presión (positiva) o dilatación (negativa) sea aprovechada para hacer más eficiente el llenado o el vaciado de la cámara de combustión, incrementando en parte la eficiencia volumétrica.

## 12 - COMBUSTIBLES

Casi todos los combustibles para los motores de combustión de hoy en día se derivan del petróleo, el cual es una mezcla compleja de hidrocarburos. Sin embargo, a medida que disminuyen los yacimientos de petróleo, tiene cada vez mayor importancia el carbón, que es el combustible más abundante. Por la misma razón, los combustibles elaborados con productos del campo, algún día serán la fuente de nuestra potencia motriz. Los combustibles para los motores de combustión interna pueden clasificarse en sólidos, gaseosos, líquidos.

Los combustibles sólidos no pueden usarse en su estado natural; las tentativas hechas para introducirlos pulverizados han puesto en evidencia graves inconvenientes funcionales, como el desgaste y la corrosión de los cilindros y el enclavamiento de las válvulas a causa de las cenizas que no pueden ser totalmente eliminadas.

Por esto los combustibles sólidos se transforman en combustibles gaseosos en generadores especiales, llamados gasóleos. Pueden someterse a este tratamiento la leña, el carbón de leña, el coque de turba, el coque de lignito y de carbón fósil o de antracita, así como también sucedáneos formados por leña o residuos de leña pulverizados y comprimidos en bloques tratados en caliente con alquitrán vegetal y posteriormente endurecidos.

Los combustibles gaseosos pueden clasificarse en dos categorías: gases licuados y gases permanentes.

Los gases licuados son mezclas de hidrocarburos parafínicos (propano, butano, etc.) o (propileno, butileno, isobutileno), que a temperatura normal puede licuarse a una presión relativamente baja (8 bar). A presión atmosférica están en estado gaseoso. Para los usos automovilísticos se los contiene en depósitos de acero o de aleación ligera.

Los gases permanentes que encuentran escasas aplicaciones en la autotracción son el metanol natural o artificial, el gas de coque y el gas LP. Estos gases normalmente se comprimen en cilindros de acero especial a una presión de unos 200 bar.

Los combustibles líquidos constituyen la fuerza principal de energía para los motores de combustión interna. Por amplio margen los más empleados son los derivados del petróleo. A veces donde los derivados del petróleo no son disponibles, se recurre a combustión similares obtenidos del carbón mediante procedimientos especiales, pero su costo resulta evidentemente bastante más elevado.

Los principales tipos de combustibles líquidos en el comercio son los hidrocarburos resultantes de la refinación del petróleo, además del venzo y los alcoholes.

Los hidrocarburos se diferencian entre ellos esencialmente por la volatilidad es decir, por la tendencia a evaporarse y por lo tanto a mezclarse homogéneamente con el aire. Los carburantes se emplean principalmente en los motores de encendido por chispa. Entre los carburantes están incluidas las gasolinas.

## 12.1 - NUMERO DE OCTANO

Cuando un motor de encendido por chispa funciona en condiciones especialmente severas, es decir, a mucha carga con avance de encendido excesivo o con razón aire-combustible no adecuada a ese régimen en particular y a temperatura demasiado alta, puede verificarse el fenómeno llamado detonación (golpeteo, picado etc.).

Esta detonación es la consecuencia de una combustión anormal de carácter explosivo que depende de las características del combustible y se produce tanto más fácilmente cuando mayor es la relación de compresión del motor.

Cuando un combustible tiene la capacidad de soportar sin detonación compresiones elevadas se dice que tiene alto poder antidetonante. Las cualidades de un carburante dependen esencialmente del poder antidetonante cuya medida está dada por el llamado **número de octano N.O.**- El valor N.O. de un carburante se obtiene comparándolo con combustibles de referencia constituidos por mezclas de iso-octano y heptano o bien de iso-octano y tetraetilplomo.

Al iso-octano  $C_8H_{18}$  de la serie iso-parafínica, que posee óptimas cualidades antidetonantes se le asigna convencionalmente un N O =100, y al heptano  $C_7H_{16}$ , de la serie parafínica, que posee cualidades bastante bajas, un N O =cero. Mezclando los dos combustibles en diferentes proporciones, se obtiene mezcla de todos los N O posibles entre 0 y 100.

La determinación del N O de un carburante se efectúa mediante motores standard según prescripciones de ensayo normalizadas. Esto motores son monocilíndricos especialmente que permite variar la relación de compresión durante el funcionamiento. Los motores y los ensayos han sido normalizados por el Cooperative Fuel Research Committee (comité de cooperación para las investigaciones sobre combustibles). El motor se distingue con la sigla C F R de este comité.

Por lo tanto el número de octano es el porcentaje en volumen de iso-octano contenido en la mezcla heptano-iso-octano que, en el motor standard detona para el mismo valor de la relación de compresión que aquel para el cual detona el carburante ensayado. Al iso-octano y al heptano se les llama también combustibles de referencia primarios. A veces se emplean como combustibles de referencia carburantes más económicos y más estables, llamados secundarios.

Cuando más elevado es el N O de un combustible tanto mayor es su capacidad de resistir a la detonación y tanto mayor puede ser la relación de compresión en el motor. Como la potencia y el consumo específico depende de la relación de compresión, puede decirse que depende también del N O del combustible.

Puesto que un combustible puede comportarse ante la detonación de diferentes maneras en diferentes motores y en diferentes condiciones de funcionamiento, también se efectúan mediciones del poder antidetonante en motores a escala real o directamente en vehículos.

El N O determinado con ensayos en vehículos se llama número de octano en carretera. Los métodos usados para esta determinación son numerosos, pero siempre están basados en comparación con carburantes de referencia.

## 12.2 - CARACTERÍSTICAS DE COMBUSTIBLES

En los combustibles pueden existir impurezas que obstaculizan el funcionamiento del motor o limitan la conservabilidad de los combustibles mismos.

El contenido de azufre y la acidez tienden a formar compuestos corrosivos que pueden atacar algunas partes del motor, dañándolas, estos compuestos corrosivos presentes en los gases de escape, al difundirse en la atmósfera contribuyen a los daños causados por la contaminación atmosférica. Por esto se prescribe que el azufre y la acidez no han de superar ciertos límites.

**gasolina.** La gasolina que se expende en el mercado, es una mezcla de productos obtenidos mediante diferentes procesos, como se muestra en la figura (6). Mediante dichas mezclas, se ajustan las propiedades del combustible para obtener las características de funcionamiento deseadas. Por lo tanto, independientemente de su origen, la gasolina debe tener las propiedades siguientes:

a) *Características de golpeteo* - Actualmente, el patrón de comparación es el número octano. En términos generales, el mejor combustible es el que tiene número octano mayor.

b) *Volubilidad*

1. Características de arranque - La gasolina pondrá en movimiento al motor, rápidamente, siempre que una parte de ella tenga bajo punto de ebullición, como para permitir que se forme la mezcla combustible a la temperatura ambiente.

2. Características de vaporización - El combustible debe tener una baja presión, a las temperaturas existentes en las tuberías, para evitar la vaporización en ellas y en el depósito del flotador, vaporización que impide o limita el flujo del combustible líquido.

3. Comportamiento en la carrera - En general, los combustibles con la temperatura más de destilación, son los mejores.

4. Dilución en el cárter - La dilución del aceite lubricante tiene lugar cuando se condensa el combustible, o cuando deja de vaporizarse en el motor, siendo deseable una temperatura de destilación, baja.

c) *Depósitos gomosos y barniz* - El combustible no deberá depositar en el motor, ni goma ni barniz.

d) *Corrosión* - El combustible y los productos de la combustión no deben ser corrosivos.

e) *Costo* - El combustible deberá ser barato.



## CAPÍTULO II

### ESTUDIO DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA

#### 1.- CLASIFICACION

Los motores de combustión interna funcionan según ciclos diferentes. La evolución de la mezcla del combustible en cuestión no se realiza de la misma manera en todos los motores. Estas diferencias hacen que los motores sean clasificados en dos categorías

a) Según el encendido del combustible, en:

- motores de encendido por chispa
- motores de encendido por compresión

De las dos categorías pueden dividirse clasificaciones secundarias como este trabajo va a estar enfocado a los motores de combustión interna de encendido por chispa y van a trabajar bajo las siguientes condiciones:

- Motores que funcionan con combustible líquido
- Motores enfriados por agua
- Motores encendidos por batería y distribuidor

#### 2.- ENCENDIDO DEL COMBUSTIBLE

Como se dijo en el punto anterior este sistema de encendido se divide en dos grupos los encendidos por chispa y los encendidos por compresión, como nos vamos a enfocar en los de encendido por chispa se va a dar una pequeña introducción de los motores encendidos por compresión para después entrar de lleno al estudio de los motores de combustión interna encendido por chispa, ya que nos va a servir de antesala para adiestrarnos al objetivo principal del tema que es el mantenimiento y reparación en estos motores.

### 3 - MOTORES ENCENDIDOS POR COMPRESION

El primer motor encendido por compresión fue creado por Rudolph Diesel en 1892. Según el ciclo que a tomado el nombre de su creador (ciclo Diesel), la presión se realiza a presión constante.

Los combustibles son Hidrocarburos líquidos de características inferiores a los carburantes usados en los motores de encendido por chispa y son menos volátiles, teniendo una densidad mayor, se les llama combustibles líquidos pesados, el tipo más conocido porque es el más usado para los motores de los autovehículos es el gasoil (gasóleo).

La alimentación del combustible se realiza exclusivamente por inyección. Los motores encendidos por compresión están próximos, por importancia y variedad de aplicaciones, a los motores encendidos por chispa, pertenecen a su amplia gama los motores diesel lentos para instalaciones fijas a navales y los motores diesel rápidos empleados en la locomoción terrestre y en las embarcaciones ligeras.

Los motores encendidos por compresión funcionan tanto a 4 tiempos como a 2 tiempos. Los motores de 2 tiempos no presentan consumo de combustible superior a los de 4 tiempos, porque el barrido en los cilindros se hace con aire puro y no con mezcla combustible; por esta razón no se producen pérdidas de combustible a través del escape.

Para visualizar el motor encendido por compresión, reemplazando las bujías por una válvula inyectora de combustible y aumentando la relación de compresión hasta más o menos 15 a 1. El motor incorpora los siguientes ciclos de sucesos:

1. Una carrera de admisión para inducir dentro del cilindro, solamente aire. (válvula de admisión abierta)
2. Una carrera de compresión para llevar al aire hasta una temperatura superior a la del punto de encendido del combustible. (ambas válvulas cerradas)
3. Inyección del combustible durante la primera parte de la carrera de expansión con una rapidez tal, que la presión se mantenga en un valor constante, siguiendo la expansión, hasta el volumen inicial del cilindro. (ambas válvulas cerradas)
4. Una carrera de escape para purgar del cilindro los gases quemados. (válvula de escape abierta)

## CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES ENCENDIDOS POR COMPRESION

- Los motores encendidos por compresión se alimentan únicamente de aire, el cual se comprime a altas presiones y temperaturas respectivamente
- Utilizan combustible de bajo punto de inflamación en el cilindro y de menor costo
- El diseño de cada motor debe ser específico dependiendo de cada tipo
- Su sistema de inyección es cuidadosamente calibrado, ya que se inyecta únicamente la cantidad necesaria de combustible en el cilindro
- El tiempo disponible para la inyección y la presión de la misma dependen de la velocidad del motor
- El rango de velocidad es bastante limitado con relación a un motor encendido por chispa, pues estos solo requieren de un diseño apropiado en el sistema de lubricación.
- Si la combustión es favorable ofrecen una mayor potencia
- Los rendimientos térmicos reales de los motores diesel son mas elevados que el Otto (de 30 a 35 % en los primeros y de 20 a 27 % en los segundos)
- No requieren de las bujía para hacer arder el combustible

### 4 - MOTORES ENCENDIDO POR CHISPA

Actualmente se acostumbra a llamar al motor encendido por chispa motor de ciclo Otto. A esta clase de motores pertenece la mayor parte de los motores de los automóviles, una gran parte de los motores para vehículos industriales, todos los motores de aviación y una buena parte de los motores para aplicaciones náuticas y agrícolas

El motor encendido por chispa funciona tanto en 4 como en 2 tiempos, como ya se menciono el ciclo de 2 tiempos es poco usado, porque a través del escape se pierde una parte de la mezcla combustible y en consecuencia el consumo resulta elevado.

La gran mayoría de los motores encendidos por chispa funcionan por lo tanto según el ciclo de 4 tiempos.

Los combustibles son la gasolina es decir, hidrocarburos de alto poder calorífico que se evaporan fácilmente. Puede también usarse combustibles gaseosos o así mismo gases licuados, pero su empleo es menos práctico y por lo tanto mucho menos difundidos.

El motor encendido por chispa con gasolina como combustible es principalmente un motor de alta velocidad con cilindros pequeños, debido a la limitaciones del golpeo impuestas por el combustible. Tales motores encuentran su mayor aplicación en el campo de la transportación, en donde el poco peso es esencial.

Los motores encendidos por chispa son alimentados por carburación o bien por inyección. En este caso el fluido es inyectado en el conducto de aspiración, y raramente en la cámara de combustión.

Una gran mayoría de los motores de embolo, de movimiento alternativo, emplean el encendido por chispa para iniciar el proceso de combustión. El control de combustión, una vez iniciada la llama es efectuado por los contornos de la cámara de combustión.

#### 4.1 - FORMACION DE LA MEZCLA AIRE-COMBUSTIBLE

Veamos ahora cómo se realiza la mezcla justo del aire con el combustible y cuáles son las exigencias del motor a este respecto.

En los motores de encendido por chispa la mezcla se produce por carburación o por inyección del combustible en el conducto de entrada del aire, raramente por inyección en la cámara de combustión.

En los motores encendido por chispa el combustible que generalmente es gasolina, es más volátil y la mezcla aire-combustible se forma fácilmente, antes de entrar al cilindro, en la justa proporción, lista para ser encendida por medio de la chispa.

La mezcla se forma al paso del aire por el conducto de aspiración y es regulada por el chorro del carburador o del inyector de modo que la razón de mezcla aire-combustible sea requerida por las condiciones de funcionamiento del motor.

El carburador o el sistema de inyección mezclan la gasolina, en forma de gotitas finísimas y vapor, con el aire.

La razón aire-combustible requerida por un motor varía en una cierta medida, al variar el régimen de funcionamiento

Aun cuando pueden utilizarse en el motor de combustión diferentes relaciones aire-combustible, se ha encontrado que es necesario una relación definida para obtener la máxima potencia y otra relación diferente, para máxima economía. Dirijamos la atención primero a la potencia o par de arranque obtenido en el motor a velocidad constante. En este caso, el motor aspirará una cantidad de aire, limitada directamente por el desplazamiento del émbolo. Si se aumenta el flujo de combustible permitiendo que una mayor cantidad de él sea introducida en la corriente de aire por el carburador o por la bomba de inyección, la potencia en la flecha aumentará por el aumento de combustible y seguirá creciendo hasta que se alcance un punto en el que todo el aire en el cilindro sea efectivamente utilizado para la combustión, esto es, hasta la reacción del combustible y el aire. Puesto que el flujo de combustible se puede aumentar, en tanto que el flujo de aire es fijado por el diseño y desplazamiento del motor, es el aire y no el combustible, el que impone un límite a la potencia obtenida en la flecha. En consecuencia, se obtiene la potencia máxima cuando se consume efectivamente todo el aire contenido en el cilindro, cuando ocurre que el combustible y el aire se mezcla imperfectamente, que el combustible no se vaporiza por completo y que el volumen de compresión se llena con productos de la combustión que diluyen la concentración de la alimentación fresca, se hace evidente que para obtener potencia máxima deberá emplearse un exceso de combustión en relación con la mezcla químicamente correcta.

#### 4.2 - AUTOENCENDIDO EN LOS MOTORES ENCENDIDOS POR CHISPA

Los factores que controlan el autoencendido en un motor son los siguientes:

- Temperatura
- densidad
- Tiempo (demora del encendido)
- Relación aire-combustible
- Material suplementario (gases inertes, catalizadores, etc.)
- Turbulencias (que afectan a la homogeneidad de la mezcla)

En un motor encendido por chispa la llama viaja a través de la cámara de combustión manteniéndose una proporción ordenada y elevándose la presión uniformemente dentro de ella. Además del frente de la llama, la mezcla que no se quema es comprimida por la presión que va en aumento, con la consiguiente elevación en su temperatura y en su densidad. Si la demora del encendido de la mezcla no quemada, se consume antes de conseguir la formación de la llama, ocurre el autoencendido de los extremos de la masa gaseosa. Con este autoencendido, el proceso metódico de combustión se convierte en ingobernable, experimentando una velocidad mayor que la prevista por el diseño y se dice que está presente el golpeteo. Por lo tanto, en los motores encendidos por chispa, el golpeteo se caracteriza por el brusco autoencendido de la alimentación, cerca del final del proceso de combustión.

Las consideraciones sobre los factores fundamentales del autoencendido, muestra inmediatamente que para el golpeteo en el motor encendido por chispa, los extremos de la masa gaseosa, que son esencialmente una mezcla homogénea, deberán tener

- Baja temperatura
- Baja densidad
- Demora de encendido muy dilatada
- Una relación aire-combustible, ya sea pobre o rica

Desafortunadamente, cuando cambian las condiciones del motor, el efecto del cambio se refleja en más de uno de los factores anteriores. Por ejemplo, un aumento en la relación de compresión, producirá aumento tanto de la temperatura como de la densidad de la mezcla no quemada. Despreciando esta sobreposición, las condiciones de funcionamiento han sido enlistadas de modo que afecten más directamente a la variable fundamental (de temperatura, densidad, demora, etc.).

Las reacciones de preflama en la mezcla, podrán comenzar al principio de la carrera de compresión o fallar después del encendido mientras que la llama está barriendo a través de la cámara. Con algunos combustibles, principalmente las parafinas ciertas partes de la mezcla se oxidan, desintegran, deshidrogenan y podrán o no, polimerizarse, después de la carrera de compresión. Es así que una mezcla compleja y siempre variando, espera el arribo de la llama proveniente de la bujía.

**A Factores de temperatura** - Aumentando la temperatura de la mezcla no quemada, mediante cualquiera de los siguientes factores, se aumentan las posibilidades de golpeteo en el motor encendido por chispa

- a) Elevando la relación de compresión
- b) Elevando la temperatura del aire de admisión
- c) Elevando la temperatura del refrigerante
- d) Elevando las temperaturas de las paredes del cilindro y de la cámara de combustión
- e) Avanzando el tiempo de la chispa

Se recuerda que abriendo el estrangulador, no habrá un cambio apreciable en las temperaturas del gas, cuando es constante la relación aire-combustible

**B Factores de densidad** - Aumentando la densidad de la mezcla no quemada, por cualquiera de las razones siguientes, aumentará la posibilidad del golpeteo en el motor encendido por chispa

- a) Apertura del estrangulador (aumento de la carga)
- b) Sobrealimentación del motor
- c) Avance de la regulación de la chispa

**C Factores de tiempo** - Aumentando el tiempo de exposición de la mezcla no quemada a las condiciones de autoencendido, mediante cualquiera de los factores siguientes, se aumentará la posibilidad del golpeteo en el motor encendido por chispa.

- a) Aumentando la distancia a que debe viajar la llama con objeto de atravesar la cámara de combustión
- b) Disminuyendo la turbulencia de la mezcla y, por lo tanto, disminuyendo la velocidad de la llama

**D. Composición** - Las propiedades del combustible y de la mezcla aire-combustible, ejerce una gran influencia sobre el golpeteo. Las probabilidades del golpeteo aumentan por los siguientes factores:

- a) Un periodo corto de demora
- b) Temperatura baja de autoencendido
- c) Mezcla químicamente correcta

Algunas veces se emplea una mezcla rica para suprimir el golpeteo y el alivio se obtiene por menor tendencia al autoencendido y menores temperaturas obtenidas al comprimir y quemar una mezcla húmeda

## 5 - COMBUSTION EN LOS MOTORES ENCENDIDOS POR CHISPA

La combustión en el motor encendido por chispa depende de que la llama formada en la bujía sea hábil para avanzar entre la mezcla que aún no se incendia. A pesar de que no es conocido el mecanismo exacto de la propagación de la llama, ella misma es la evidencia de una reacción química entre el combustible y el oxígeno (aire), reacción que libera energía con la consiguiente elevación de temperatura. Si se estima que la mezcla teóricamente correcta es químicamente más reactiva y no siendo nunca las mezclas reales enteramente homogéneas, una mezcla ligeramente rica en combustible estará mejor dotada para la reacción química.

La combustión en el motor comienza en la bujía cuando las moléculas alrededor de la chispa y en el seno de ella son energizadas hasta un nivel en el que la reacción se mantenga por sí misma. Durante este período, la elevación de presión es baja porque la cantidad de carga quemada es extremadamente pequeña, por lo cual la combustión de cada elemento infinitesimal ocurre a presión constante. En este caso la velocidad de la llama es anormalmente lenta debido a que se establece una zona de reacción de cierta altura y consecuentemente la turbulencia de la mezcla es poco reducida.

Todas las posiciones usuales de las bujías son cercanas a la superficie de la cámara de combustión donde la turbulencia tiende a ser menor que en la posición central de la cámara. Por esta razón el chispazo debe ocurrir antes del final de la carrera de compresión si se han de tener altas presiones próximas al comienzo de la carrera de expansión.

### 5.1 - FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMBUSTION

La velocidad de la llama influye en la manera de aumentar la presión, es decir en el gradiente de presión que es importante a efectos del funcionamiento del motor. La velocidad de

la llama interviene también como factor importante de combustiones anormales, por lo tanto conviene analizar de que parámetros depende

Estos parámetros son numerosos, pero solo mencionaremos los más importantes que son

**Turbulencias** - De experimentos hechos con dispositivos especiales se ha constatado que si la mezcla no está en movimiento la llama se propaga a una velocidad inesperadamente baja, en estas condiciones no sería posible altas velocidades de giro del motor, a 3000 rpm el tiempo disponible para la combustión es solamente de unas dos milésimas de segundo pero en el motor la mezcla está sometida a turbulencias que aumentan la velocidad de combustión

La turbulencia consiste en numerosos vórtices que se forman en el fluido a su paso entre la válvula y el asiento, y del subsiguiente remezclado durante la fase de compresión. La forma de la cámara de combustión influye evidentemente en el grado final de turbulencia

Por efecto de la turbulencia se crea en el frente de la llama un mezclado con las que han de quemarse de modo que la reacción es activada por el aumento de los contactos. Parece que la turbulencia formada por muchísimos pequeños vórtices es más eficiente que una turbulencia debido a vórtices mayores y menos numerosos. Con el aumento de la velocidad del motor aumenta generalmente la turbulencia y por lo tanto también la velocidad de la llama.

**Estratificación** - El vórtice generado por la velocidad con la cual la columna del fluido de trabajo entra en la cámara de combustión en general no es tal que pueda hacer la carga homogénea, y si el movimiento que el fluido asume durante las carreras de admisión y compresión es principalmente rotacional, se forman unos estratos que tienen diferentes razón de mezcla.

**Razón de mezcla** - La velocidad de la llama alcanza el valor más alto cuando la razón aire-combustible es algo más rica que la razón estequiométrica. Si es demasiado rica, la velocidad de combustión disminuye.

Esta también influenciada por otras variables, como la temperatura y la presión de la carga al entrar al cilindro, la humedad la cantidad de gases residuales, el momento del encendido y la relación de compresión, pero su efecto es menos importante.

Temperatura - Existe una razón de mezcla determinada, un estrecho intervalo de temperatura dentro del cual la reacción de oxidación y por lo tanto la combustión es rapidísima. Para temperaturas mayores o menores la velocidad de combustión disminuye notablemente.

Presión - Si mayor es la presión en el instante en que salta la chispa mayor será la dificultad para el comienzo de la combustión, pero mayor será inmediatamente después la velocidad de propagación.

Humedad - La velocidad de la llama disminuye al aumentar la humedad.

Cantidad de gases residuales - La presencia de los gases residuales hace evidentemente disminuir la velocidad de combustión.

## 5.2 - COMBUSTIONES ANORMALES

Como ya hemos dicho la combustión es normal cuando comienza en el punto y en el instante en que salta la chispa y avanza gradualmente desde ese punto hasta alcanzar todas las demás zonas de la cámara. Es anormal cuando, una vez saltada la chispa, no avanza de manera regular como se describió anteriormente, o bien cuando no es provocada directamente por la chispa, sino que obedece a otras causas.

Resulta útil dividir las combustiones anormales en dos categorías principales tomando como base la clasificación del modo de encendido que son:

- Combustiones anormales por encendido superficial
- Combustiones anormales por autoencendido

El encendido superficial se origina en puntos excesivamente calientes o en partículas incandescentes sobre las paredes y puede producirse antes o después de saltar la chispa.

El autoencendido es un fenómeno de encendido espontáneo de toda o de parte de la mezcla, que se verifica como condiciones especiales de presión y de temperatura. En este caso la combustión se desarrolla con rapidez muy superior a la normal, también el autoencendido puede producirse tanto antes como después de saltar la chispa.

El autoencendido de toda la carga es un caso muy raro, es frecuente en cambio el autoencendido de aquella parte que queda sin quemar después de que todo el resto se ha quemado. En este caso el autoencendido se convierte en detonación, esta genera casi siempre

un sonido metálico característico acompañado de esperanza de funcionamiento del motor y de una pérdida de potencia, por su importancia la detonación será tratada en un párrafo aparte

### 5.3 - DETONACION

Como ya se ha dicho, durante el trayecto del frente de llama en la cámara de combustión la parte de carga más alejada de la chispa está sometido a un aumento de presión de temperatura y de densidad hasta que se alcanzan las condiciones críticas para el autoencendido y para la combustión casi instantánea, es decir para detonar.

Con la detonación la producción de energía es sumamente rápida y el gradiente de presión en la cámara de combustión es tal que genera vibraciones en la masa de los gases y por lo tanto en las paredes. Estas vibraciones se detectan acústicamente por el golpeteo del que ya se ha hablado.

La detonación puede producirse después de un encendido superficial como después de un encendido regular por chispa, este último es el caso que sucede más comúnmente.

Evidentemente el funcionamiento continuado en estado de detonación puede también conducir a encendido superficiales. En efecto el estado de detonación puede causar el recalentamiento excesivo de determinados puntos y tener las mismas consecuencias que una refrigeración insuficiente.

En los autovehículos la detonación es fácilmente perceptible y puede ser evitada variando las condiciones de uso del motor, cuando en cambio por la presencia de otros ruidos, como en el caso de motores de aviación, no es posible oír el golpeteo, el peligro de la detonación es mucho más grave.

El fenómeno no es bien conocido, pero sobre la base de los elementos obtenidos de un gran número de estudios experimentales, la detonación puede ser explicada de manera muy sencilla.

La figura (7) representa un frente de llama normal que atraviesa la cámara de combustión desde la bujía hacia el punto  $b$ . En el instante considerado el área  $a a' b$ , representa la parte de mezcla aún por quemar. Si ésta no alcanza la temperatura crítica de autoencendido no se encenderá espontáneamente y el frente de llama  $a a'$  avanzará regularmente hasta el

punto *b* y la combustión será normal. Si en cambio durante el trayecto del frente de llama en la zona *c-c'* la carga no quemada *b* alcanza y queda por encima de la temperatura crítica por un tiempo suficiente para el autoencendido, este se produce en forma de detonación.

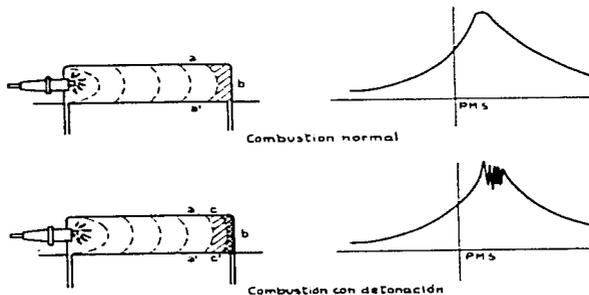


FIG 7

La detonación en el motor encendido por chispa se produce por lo tanto hacia el final de la compresión y puede entonces evitarse fácilmente si el retraso del encendido es lo suficientemente grande.

## 6 - CAMARA DE COMBUSTION

La cámara de combustión es una cámara esférica en la cual desemboca el inyector. Comunica con la parte superior del cilindro por un conducto tangente a la esfera. Cada cilindro posee su cámara de combustión en la cual es comprimido el aire al contacto del cual se inflama el aceite de inyección.

La forma de la cámara de combustión influye en el proceso de combustión y por lo tanto en el rendimiento térmico.

En general puede decirse que las válvulas y las bujías deberían instalarse de modo que al saltar la chispa se queme la mayor parte de la carga y que el volumen reservado a la mezcla que

se quema al final disminuya progresivamente. También la superficie superior del pistón puede conformarse de manera que contribuya a este objetivo.

La forma de la cámara contribuye a crear la turbulencia y por lo tanto a incrementar la velocidad del frente de llama. La cámara de combustión tiene los siguientes atributos:

a) Mantener baja la temperatura de la porción de carga que se quema al final, generalmente la más alejada de la bujía de manera que para esta parte la razón entre la superficie y el volumen sea alta.

b) Abreviar el recorrido de la llama con una posición de la bujía lo más central posible.

La posición de las bujías tiene entonces una notable importancia, porque de ella depende la longitud del recorrido que la llama debe completar como también el área del frente de llama. En definitiva, influye sobre el tiempo necesario para la combustión sobre los valores del gradiente de presión y en último análisis sobre la suavidad del funcionamiento del motor.

Cuando se quiere aumentar el número de revoluciones para conseguir la mayor potencia específica, teniendo presente que la razón entre el área de la superficie de las paredes y el volumen contenido ha de ser lo más baja posible con el fin de limitar la transmisión de calor al líquido de refrigeración.

La cámara es buena si las condiciones de la combustión se oponen a la formación de depósitos de carbón. A este respecto conviene crear una fuerte turbulencia al final de la fase de compresión, un tipo de turbulencia que se consigue exprimiendo, (por decirlo así) el gas en zonas llamadas de laminación entre el pistón y las paredes de la cámara.

Las cámaras con válvulas laterales tienen todas una gran superficie con respecto al volumen y no son adecuadas para altas relaciones de compresión. Ellas han sido usadas durante largo tiempo para motores de automóvil porque permitían motores sencillos, de dimensiones reducidas y bajo costo.

Al diseñar una cámara de combustión se debe también tener en cuenta la dinámica del fluido que entra porque de ésta depende que los electrodos de la bujía se encuentre rodeados, a la descarga de la chispa, de una mezcla pobre o rica. Naturalmente las condiciones cambian según sea la carga, homogénea o estratificada.

Cuando el motor es alimentado por un carburador, la mezcla se forma por pulverización de la gasolina al comienzo del múltiple de admisión y se homogeniza en gran medida durante el

trayecto hacia el cilindro, también por efecto de la evaporación, que por lo demás se completa en el cilindro durante las carreras de admisión y de compresión del pistón

## 7 - VENTAJAS Y DIFERENCIAS ENTRE LOS MOTORES ENCENDIDOS POR CHISPA Y ENCENDIDOS POR COMPRESION

Las ventajas de los motores encendidos por chispa son

- Bajo costo inicial, poco peso específico.
- Requiere solamente de un pequeño esfuerzo para hacer girar el cigueñal y arrancar el motor.
- Puede obtenerse una amplia variación de velocidad y carga.
- El consumo específico del combustible es muy bajo para las relaciones de compresión muy altas.
- Acelerador abierto en su totalidad
- Embolos más frios
- Es más fácil asegurar una buena lubricación.
- No hay pérdidas de combustibles en el escape.
- Menos pérdidas por bombeo
- Menos emisiones de hidrocarburos
- Desplazamiento positivo en los procesos de admisión y escape.
- Regulación de la potencia más fácil de ejecutar.

Las diferencias substanciales desde el punto de vista mecánico entre los dos tipos de motores, esencialmente se diferencian por sus ciclos teóricos, ya que el motor encendido por chispa funciona según el ciclo Otto y el motor encendido por compresión según el ciclo Diesel.

Las diferencias fundamentales son:

a) Introducción del combustible.- En la mayor parte de los motores encendidos por chispa el aire y el combustible son introducidos a la cámara de combustión bajo forma de mezcla gaseosa a través de los conductos y las válvulas de admisión. La regulación de la cantidad introducida en el motor se consigue mediante una válvula de mariposa. Cuando el motor es a inyección la regulación se hace sobre el aire y sobre el combustible separadamente.

En los motores encendidos por compresión el aire es introducido en la cámara de combustión a través de los conductos y las válvulas de admisión, mientras el combustible es inyectado directamente en el cilindro mediante un inyector. El mezclado del aire con el combustible se lleva a efecto en la cámara de combustión, generalmente no hay regulación de la cantidad de aire, sino solamente una regulación de la cantidad de combustible introducido.

b) Encendido - El motor encendido por chispa requiere de un sistema de encendido de la mezcla para iniciar la combustión. El encendido se produce por medio de una chispa generada en la cámara de combustión entre los electrodos de una o más bujías.

En el motor encendido por compresión la alta temperatura obtenida por la compresión del aire en el cilindro es tal que provoca el encendido del combustible apenas éste es inyectado, por lo que no es necesario ningún dispositivo para el encendido.

c) Regulación de compresión - El valor de la relación volumétrica de compresión en los motores encendidos por chispa varía entre seis y diez, salvo excepciones, mientras que en los motores encendidos por compresión varía desde catorce hasta veinte.

En los motores encendidos por chispa el límite superior de la relación de compresión está determinado esencialmente por las características antidetonantes de los combustibles disponibles comercialmente, pero también por la forma y las características térmicas de la cámara de combustión. En los motores encendidos por compresión depende de los parámetros que tiene relación con la forma de la cámara de combustión y con las características de la inyección.

d) Peso - El motor encendido por compresión es generalmente más pesado que un motor encendido por chispa de igual cilindrada, porque funciona a presiones considerablemente mayores.

## **8. CONTAMINACION, EMISIONES NOCIVAS EN LAS MOTORES**

El fluido de trabajo está constituido, cuando entra en los cilindros, por una mezcla de aire-combustible en los motores encendidos por chispa y sólo por aire en los motores encendidos por compresión. Después de la combustión el fluido es expulsado en forma de gases.

de escape, es decir, de una mezcla de gases entre los cuales algunas siendo nocivas, son causa de la contaminación de la atmósfera circundante

La combustión de cualquier materia combustible produce contaminación de la atmósfera, es por esto que hoy en día nosotros los ciudadanos nos ocupamos de causar esta contaminación, es decir, por los hidrocarburos que se queman al conducir nuestros automóviles. Por ahora vamos a hacer notar que como consecuencia del hecho que los hidrocarburos no son puros y que la combustión no se produce de una manera completa, los gases producidos por la combustión no son solamente agua ( $H_2O$ ) y anhídrido carbónico ( $CO_2$ ) inocuos, sino que contienen además los siguientes compuestos nocivos

- Monóxido de carbono ( $CO$ )
- Hidrocarburos varios sin quemar ( $HC$ )
- Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ )
- Anhídrido sulfuroso ( $SO_2$ )
- Sales de plomo y carbono en forma de polvo
- Oxidantes.

Mientras el  $H_2O$  y el  $CO$  se disuelven naturalmente en los suelos y por absorción por los vegetales, las otras emisiones quedan en el aire. El  $CO$  es venenoso, cuando alcanza en el aire un porcentaje elevado produce daños fisiológicos.

El  $CO$  es muy tóxico por su gran afinidad con la hemoglobina de la sangre (300 veces mayor que la del oxígeno), si la concentración de la carboxihemoglobina en la sangre alcanza el 50%, la asimilación del oxígeno se interrumpe y se produce la asfixia interna.

Los hidrocarburos ( $HC$ ) en porcentaje elevado produce efectos fisiológicos, daños a la vegetación, reducción de la visibilidad, sin embargo los  $HC$  no presentan por sí mismo efectos tóxicos pero cuando se encuentran en un porcentaje elevado y en determinadas condiciones atmosféricas pueden dar lugar a reacciones químicas secundarias, con producción de peróxidos y aldehídos de olor desagradable, irritantes y nocivos para las plantas.

Los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) puede causar tras complejas reacciones químicas, en las que participan también los  $HC$  y por efecto de la luz solar, smog fotoquímico de efecto nocivos para los ojos y el sistema respiratorio.

El anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ) que se produce cuando los combustibles contienen azufre (el gasoil contiene un porcentaje que no supera el 1.25% en peso) tiene efectos fisiológicos, daña la vegetación y causa corrosión

La cantidad de  $\text{SO}_2$  procedente de los motores de los vehículos es despreciable, importante en cambio es la emitida por las chimeneas industriales

La reducción de las emisiones es uno de los problemas más importantes y difíciles para el constructor de vehículos

## 8.1 - FORMAS PARA REDUCIR LA CONTAMINACION EN LOS MOTORES

Con el fin de reducir la contaminación atmosférica se han establecido normas para contener dentro de determinados límites las emisiones nocivas de los vehículos. A continuación se presenta el siguiente cuadro con los niveles máximos permisibles de emisión que deben tener los vehículos en la ciudad de México y área metropolitana, denominado programa de verificación vehicular obligatorio para el año 1996

Las emisiones de los respiradores son debidas a la filtración entre cilindros y pistones de una pequeña parte de mezcla aire-combustible de gases quemados y de vapores de aceite. Mientras las concentraciones de CO son despreciables, las de HC son muy altas hasta de 11000 ppm (partes por millón) Como promedio se emite el 25% del total de los HC contra el 60% proveniente del escape

Las emisiones por evaporación provienen del depósito y de la cuba del carburador y están constituidas evidentemente, por los HC que componen las partes más volátiles de la gasolina. Estas representan como promedio el 10% del total de HC emitidas por el vehículo.

Se ha dicho que el porcentaje de CO depende exclusivamente de la razón aire-combustible de la mezcla. Por lo tanto es necesario, para limitar las emisiones, adoptar medidas especiales adecuadas para permitir el uso de mezclas pobres, es decir, máxima homogeneidad posible, óptima distribución entre los cilindros, mínimo empleo del estrangulador, reducción del tiempo de calentamiento del motor hasta alcanzar la temperatura de régimen. El uso de mezcla pobre, como hemos visto, actúa en el sentido de reducir el contenido de CO, pero tiende a

Año Modelo del vehículo	Hidrocarburos (HC) ppm	Monóxido de Carbono (CO) % Vol	Oxígeno Máximo (O <sub>2</sub> ) % Vol	Dilución	
				Min (CO + CO <sub>2</sub> ) % Vol	Máx
Gasolina hasta 2 727 Kgs P B V					
79 y Anteriores	450	4 0	6 0	7 0	18 0
1980-1986	350	3 5	6 0	7 0	18 0
1987-1993	300	2 5	6 0	7 0	18 0
1994 y Post	100	1 0	15 0	7 0	18 0
Gasolina de mas de 2 727 kgs P B V					
79 y Anteriores	600	5 0	6 0	7 0	18 0
1980-1985	500	4 0	6 0	7 0	18 0
1986-1991	400	3 5	6 0	7 0	18 0
1992-1993	350	3 0	6 0	7 0	18 0
1994 y Post	200	2 0	15 0	7 0	18 0
Gas LP, Gas natural u otros combustibles					
86 y Anteriores	200	2 0	6 0	7 0	18 0
1987-1993	150	1 0	6 0	7 0	18 0
1994 y Post	100	0 75	6 0	7 0	18 0

TABLA I

incrementar los No, por esto en caso de que se usen mezclas muy pobres es necesario recurrir a compromisos

Para reducir los HC conviene una baja razón superficie el volumen de la cámara de combustión. Están favorecidas las cilindradas unitarias altas, con cámaras de combustión compactas. Por otra parte son útiles todas las disposiciones destinadas a limitar la dilución de la carga por los gases residuales y en consecuencia conviene que las válvulas de admisión y de escape queden abiertas contemporáneamente el menor tiempo posible, que sean moderados los valores máximos de la depresión en el múltiple de admisión y por lo tanto especialmente en la deceleraciones y en ralenti y que sea reducido el avance del encendido. Las emisiones de óxidos de nitrógeno se reduce limitando la temperatura máxima de combustión.

Hasta ahora nos hemos dedicado a mencionar en este capítulo la clasificación de los motores de combustión interna enfocándonos en los motores encendidos por chispa, abarcando lo más importante de la clasificación, para concluir este capítulo hablaremos de la posición y número de cilindros en un motor de cuatro tiempos.

#### 9 - POSICIÓN Y NUMERO DE CILINDROS EN MOTORES DE CUATRO TIEMPOS

Los métodos de equilibrio dinámico depende en gran parte del número y disposición de los cilindros de un motor.

Los motores de automóvil, empleando el término en el sentido más amplio se han construido de 1 a 16 cilindros. El motor de pocos cilindros tiene la ventaja de sencillez y escaso costo de producción y se emplea mucho donde sólo se necesitan pocos caballos de fuerza, para grandes potencias y especialmente cuando la exigencia de funcionamiento fuese importante tiene desventajas. En nuestro país los desplazamientos de los émbolos de los motores de automóviles son generalmente mucho más pequeños la mayor parte de estos tienen cuatro o seis cilindros muy raramente de ocho cilindros.

Comparados con un motor que tenga sólo uno o dos cilindros el motor multicilíndrico tiene las siguientes ventajas, funciona al ralenti más lentamente, tiene un equilibrio dinámico más completo, puede ser más ligero porque la cantidad de energía librada por una sola

TABLE II. Disposiciones de las manchas y orden de los nucleófilos en moléculas de tipo  $sp^2$  y  $sp^3$ .

Disposición de las manchas	Orden de los nucleófilos	n.º de enlaces	Disposición	Orden de los nucleófilos	Ángulo
		3	en línea	1 2 3	180°
		4	en línea	1 2 3 4	180°
		4	en línea horizontales contrpuestos	1 2 3 4	180°
		5	en línea	1 2 3 4 5	180°
		6	en línea	1 2 3 4 5 6	180°
		6	en V de 90°	1 2 3 4 5 6	180°
		8	en línea	1 2 3 4 5 6 7 8	90°
		8	en V de 90°	1 2 3 4 5 6 7 8	90°
		12	en V de 90°	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	90°
		16	en V de 45°	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	45°
		16	en V de 90°	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	45°

explosion es más pequeña, no necesita un volante tan pesado, lo que permita responder mejor a la aceleración

## 9 1.- MOTORES DE DOS CILINDROS

El único tipo de motores de dos cilindros que se ha empleado con alguna extensión en los automóviles es aquel cuyos cilindros están colocados horizontalmente en los lados opuestos del cigüeñal de doble codo. Aunque tales motores se han construido con dos cilindros exactamente en línea en general están un poco descentrados lateralmente.

Puesto que los dos émbolos avanzan simultáneamente donde el extremo exterior de la carrera sus velocidades son siempre las mismas y como los dos juegos de partes alternativas son de igual peso sus efectos de inercia se neutralizará si no fuera por el ligero decentramiento lateral de los cilindros. De esta manera las dos fuerzas alternativas oscilan en un plano horizontal, proporcional a la distancia entre los ejes de los cilindros. Las partes móviles de dicho motor están casi equilibradas y como la amplitud, de la reacción al par motor para un motor de una potencia determinada es mucho más pequeña que en el motor monocilíndrico, un motor de dos cilindros con émbolos opuestos gira relativamente excepto de vibración.

## 9 2.- MOTORES DE DOS CILINDROS TIPO V

Los motores del tipo de dos cilindros montados en un ángulo de  $90^\circ$  se han empleado mucho en motocicletas. Se conoce como motores tipo V y tienen un equilibrio relativamente bueno, considerando su pequeño número de cilindros.

En dicho motor hay dos juegos de partes alternativas que se mueven en un ángulo recto a fin de que si uno se desplaza verticalmente de arriba a abajo el otro se mueve horizontalmente de atrás a adelante. Las fuerzas de inercia primarias de los dos juegos de masas alternativas, cada una de las cuales están representadas por una curva seno, se combinan para formar una fuerza giratoria, radial y constante que puede equilibrarse por medio de contrapesos adecuados colocados en los brazos de la manivela opuestos al botón de la misma. Por lo tanto en el motor

de dos cilindros dan  $V$  en ángulo recto se elimina la fuerza de inercia secundaria con doble frecuencia que la de rotación del cigüeñal

### 9.3 - MOTORES DE CUATRO CILINDROS

En un motor de cuatro cilindros los dos émbolos interiores trabajan sobre manivelas en el mismo plano y los dos exteriores sobre otras puestas directamente a las primeras. Los dos émbolos interiores suben y bajan siempre juntos y los exteriores se mueven a la vez en direcciones opuestas a la de los émbolos interiores. Sin embargo aunque los dos juegos de masa alternativas son de igual peso y se mueven siempre en direcciones opuestas las fuerzas de inercia no se neutralizan completamente porque los émbolos corren más de prisa durante la mitad superior de la carrera que durante la mitad inferior de la misma.

Si se representa la fuerza de inercia instantánea debida a las masas alternativas de un cilindro por

$$C = \left( \frac{\cos \theta + 1}{2n \cdot \cos 2\theta} \right)$$

donde:

$$C = \frac{WIM^2}{70480}$$

entonces, la fuerza debida a cada uno de los cilindros cuyas masas alternativas están en fase es decir, los dos émbolos exteriores es dos veces  $C$ .

$$2C \left( \frac{\cos \theta + 1}{2n \cdot \cos 2\theta} \right)$$

La fuerza de inercia debida a las masas alternativas de los émbolos interiores es:

$$2C = \left[ \frac{\cos(\theta + 180^\circ) + 1}{2n \cdot \cos(\theta + 180^\circ)} \right]$$

$$2C = \left( \frac{-\cos \theta + 1}{2n \cdot \cos 2\theta} \right)$$

cuando estas dos fuerzas actúan a lo largo de una mismas línea se les puede sumar, lo que da:

$$Fd = \frac{2C}{n \cdot \cos 2\theta}$$

El ángulo de desfase entre los cilindros de trabajo es,

$$\nu = \frac{180^\circ \cdot 4}{4} = 180^\circ$$

Equilibrando

1. Fuerzas centrífugas - El momento estático de las manivelas 1 y 4 equilibra el de las manivelas 2 y 3 por lo que las fuerzas centrífugas están perfectamente equilibradas:  $\sum F_c = 0$
2. Fuerzas alternativas de primer orden - Están equilibrados porque lo están las fuerzas centrífugas:  $\sum F^1 a = 0$
3. Momentos debidos a las fuerzas centrífugas - Las manivelas están dispuestas simétricamente con respecto al plano de traza xx, por lo tanto la cupla debida a las fuerzas centrífugas de los cilindros 1 y 2 equilibra la de los cilindros 3 y 4  $\sum Mc = 0$
4. Momentos debidos a las fuerzas alternativas de primer orden - Están equilibrados porque lo están los momentos debidos a las fuerzas centrífugas  $\sum M^1 a = 0$
5. Fuerzas alternativas de segundo orden - Para una posición  $\nu$  cualquiera de la manivela 1 se tiene.

Cil.1.  $\alpha = \nu$

$$F^1 a_1 = m_1 \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \lambda \cdot \cos \nu$$

$$\cos 2\alpha = \cos 2\nu$$

Cil.2.  $\alpha = 180^\circ + \nu$

$$F^1 a_2 = m_2 \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \lambda \cdot \cos 2\nu$$

$$\cos 2\alpha = \cos 2(180^\circ + \nu) = \cos(360^\circ + 2\nu)$$

Cil.3.  $\alpha = 180^\circ - \nu$

$$F^1 a_3 = m_3 \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \lambda \cdot \cos 2\nu$$

$$\cos 2\alpha = \cos 2(180^\circ - \nu) = \cos(360^\circ - 2\nu)$$

Cil.4.  $\alpha = 360^\circ + \nu$

$$F^1 a_4 = m_4 \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \lambda \cdot \cos 2\nu$$

$$\cos 2\alpha = \cos 2(360^\circ + \nu) = \cos 2\nu$$

La resultante vale por lo tanto:

$$\sum F^1 a = 4 \cdot m_1 \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \lambda \cdot \cos 2\nu$$

Esto significa que en cualquier posición la fuerza alternativa resultante de segundo orden es igual a cuatro veces la de un cilindro  $\sum F'' = 4F''_1$ , en particular en los puntos muertos la fuerza vale  $4 \cdot m_p \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \lambda$

6. Momentos debido a las fuerzas alternativas de segundo orden - las cuatro fuerzas están todas dirigidas en el mismo sentido y por lo tanto no producen momento

#### 9.4 MOTORES DE SEIS CILINDROS EN LINEA

En el motor de seis cilindros en línea los émbolos actúan sobre la manivela que están montados en tres parejas espaciadas  $120^\circ$

$$v = \frac{180^\circ \cdot 4}{6} = 120^\circ$$

Los émbolos 1 y 6 se acoplan a las manivelas en el mismo radial, de la misma manera lo hacen los émbolos 2 y 5 y los números 3 y 4. Un motor de seis cilindros con esta disposición de manivela está pues en equilibrio completo respecto a las fuerzas de inercia primaria y secundaria

La variación en el momento de giro del cigüeñal y por tanto en la reacción del par motor es mucho más pequeña que en cualquier otro motor con un número menor de cilindros, siendo el valor máximo del momento de giro en el de seis cilindros 1/62 veces momento de giro medio de cuatro cilindros que es 5 veces. Por consiguiente a un motor de seis cilindros se le puede hacer girar muy suavemente. Desde luego para asegurar este excelente equilibrio es necesario que todas las partes alternativas se hagan de peso uniforme, es decir, que cada uno de los émbolos debe pesar igual que cualquier otro y lo mismo debe ocurrir con las bielas. Una de las razones de que se reduzca tanto las fluctuaciones del par motor, cuando el número de cilindros aumenta de cuatro a seis, es que mientras en un motor de cuatro cilindros, todos los émbolos arrancan a la vez desde el punto muerto, y en uno de seis solo arrancan dos.

## 9 5 - MOTORES DE OCHO CILINDROS TIPO V

Un motor de ocho cilindros en V consta prácticamente de dos motores de cuatro cilindros colocados en ángulo recto. Cuando todos los émbolos se acoplan a un cigueñal de cuatro codos de éstos motores desarrolla una fuerza alternativa periódica desequilibrada en el plano central de sus cilindros.

La expresión para la fuerza desequilibrada en un motor de cuatro cilindros es

$$\frac{2C}{n} = \cos 2\theta$$

En un motor de ocho cilindros dos de dichas fuerzas actúan en ángulo recto. Considerando un motor que gira a la derecha mirando desde adelante, si se emplea la expresión anterior para designar la fuerza desequilibrada debido a las partes alternativas en los cilindros de la izquierda, la fuerza desequilibrada de los de la derecha es

$$\begin{aligned} \frac{2C}{n} \cos 2(\theta + 90^\circ \theta) \\ \frac{2C}{n} \cos(2\theta + 180^\circ) = - \frac{2C}{n} \cos 2\theta \end{aligned}$$

Ahora bien, puesto que éstas dos fuerzas no actúan a lo largo de la misma línea no se puede sumar directamente. Actúan a la largo de dos líneas que se cortan formando cada una de ellas un ángulo de  $45^\circ$  con la vertical. Pero los componentes verticales de cada fuerza actúan a lo largo de una misma línea, lo mismo las horizontales que las verticales de cada una de éstas fuerzas y luego sumarlas. Las fuerzas hacia la derecha y hacia arriba se denominan positivas y hacia la izquierda y hacia abajo negativas. La fuerza desequilibrada de un motor de ocho cilindros con cigueñal de plano único de cuatro codos está en un plano horizontal y su valor máximo es igual a 1.44 veces la de un motor de cuatro cilindros de la misma dimensión.

Se puede dar el caso de un motor de ocho cilindros que tenga un cigueñal en dos planos. Durante casi 20 años después de construidos los primeros motores de cilindros en V, los cigueñales fueron todos del tipo de codo en un plano, es decir, el mismo que se emplea en los motores verticales de cuatro cilindros.

Archibald Sharpe demostró en su libro *The balancing of engine*, publicado en 1907 que uno de dichos motores se construye con un cigueñal de codo múltiple en ángulo recto, es posible obtener idéntico copiado de explosiones y eliminar completamente todas las fuerzas y pares desequilibrados. Lo que produjo indudablemente este cambio de opinión con respecto a la importancia de las fuerzas secundarias que nunca habían sido tomadas en cuenta fue la aparición del motor de ocho cilindros en línea. En éste motor con el que tenía que competir el motor en V las fuerzas de inercia primaria y secundaria están completamente equilibradas

#### **9 6 -MOTORES VERTICALES DE OCHO CILINDROS**

En los motores verticales de ocho cilindros se emplea un cigueñal de ocho codos que consta en realidad de dos cigueñales de cuatro codos colocados en ángulo recto. Los ocho cilindros en línea constan prácticamente de dos motores de cuatro cilindros y la fuerza secundaria desequilibrada resulta de cada uno de éstos motores actuando a lo largo de un eje vertical. Estos dos ejes verticales coinciden en el eje vertical de todo el motor puesto que el cigueñal de uno de los motores esta colocado a  $90^\circ$  con respecto del otro la fuerza de inercia está a  $180^\circ$  y se nulifica

#### **9 7 - MOTORES DE DOCE Y DIECISEIS CILINDROS TIPO V**

El motor en V de doce cilindros consta prácticamente de dos motores de seis cilindros colocados en un ángulo pequeño. Hay que hacer constar la desventaja de una serie irregular de explosiones. Los émbolos de los cilindros colocados en sentido opuesto actúan en el mismo botón de la manivela y el cigueñal es el mismo que el de un motor de seis cilindros. De la misma manera, un motor en V de dieciséis cilindros consta de dos motores en línea de ocho cilindros colocados en un ángulo de  $45^\circ$  poco más o menos. Cada grupo esta completamente equilibrado por si mismo por lo que no tiene ninguna dificultad en su funcionamiento.

## 98 - MOTORES CON CILINDROS OPUESTOS (3, 5 Y 7)

Algunos motores son contruidos con tres, cinco o siete cilindros verticales. Con tal que las distintas manivelas estén espaciadas en ángulos iguales entre ellas y la suma algebraica de las fuerzas de inercia de todos los cilindros es igual a cero en cualquier eje. Del mismo modo dan también explosiones igualmente espaciadas, sin embargo en todos estos motores hay pares oscilantes primarios y secundarios, en el plano central. La magnitud de estos pares dependen del orden del encendido.

## 10 - MOTORES POCO COMUNES

En estos motores se va a tratar de plantear a los motores que tienen importancia pero no son muy usados. Como es el caso de los motores KNICHT con válvulas de doble manguito.

En el tiempo en que se desarrolla el motor Knicht, los motores corrientes de automóvil hacían mucho ruido al funcionar, originado por las válvulas de vástago. Para eliminar está ruido, Knicht sustituyó las funciones de las válvulas por medio de dos manguitos concéntricos con lumbreras, intercaladas entre los cilindros y el émbolo que se alternara por medio de pequeñas manivelas montadas en un árbol de media velocidad.

Con estas modificaciones surgieron algunas ventajas y desventajas como es, menos ruido de las válvulas al funcionar, elimina las perturbaciones de válvulas y la necesidad de rectificar la válvula nueva pero circunstancialmente los manguitos se pegaban debido a defectos de lubricación y destruían el motor con frecuencia. Los principales problemas de éste tipo son por lubricación.

## 10.1.- MOTORES RADIALES CON CILINDROS GIRATORIOS

Un tipo de motor en el que los cilindros giran y el cigüeñal permanece fijo se ha empleado poco para automóviles, pero bastante en aviación. En la actualidad está prácticamente abolido. Fue creado en 1898 por F. O. Farwell cuando se aplicó a coches de

turismo. El motor Adams-Farwell se monto lateralmente, y con cigueñal vertical, debajo del asiento trasero de la parte posterior del coche

#### 10 2 - MOTORES DE BARRIL

Un motor tipo barril consta de un número de cilindros montados en un círculo alrededor y paralelos al árbol propulsor. Dicho montaje es de un volumen muy reducido y especialmente ventajoso, en el caso de motores de avión, pues para motores de igual cilindrada el área frontal se puede hacer menor que la mitad de la del motor radial corriente. Los motores de barril puede funcionar en el ciclo Otto o Diesel, de hecho, el proceso de combustión en el tipo de barril se diferencia de los otros, principalmente en la manera de transmitir la potencia al árbol propulsor.

#### 10 3 - MOTOR HERMAN

Los distintos motores se diferencian principalmente en el mecanismo empleado para transmitir el movimiento de los émbolos al eje propulsor, Herman emplea un mecanismo de leva. La leva tiene tal forma que cuatro carreras de émbolos lo hacen dar una vuelta alrededor del eje del árbol propulsor.

Además los émbolos tienen un verdadero movimiento armónico. De esta manera el mecanismo sirve no solo para convertir el movimiento alternativo en giratorio sino también para reducir la velocidad del eje propulsor a una revolución por ciclo de cuatro tiempos. Esto hace innecesario un engrane de reducción especial para motor de avión y también el engranaje del árbol pues las válvulas pueden ser accionadas directamente desde el árbol propulsor.

## CAPITULO III

### FABRICACION Y DETALLES DE LAS PARTES DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

Para el desarrollo de este capítulo veremos las partes más importantes del motor y tomaremos una pequeña definición, de lo cual a continuación se expondrá la forma de fabricación.

#### 1 - BLOQUE PARA MOTORES

Para la elaboración de un bloque de un motor se deben tomar todas las precauciones, según el número de cilindros, la colocación de estos como ya ha sido expuesto en el capítulo anterior. Por lo cual nos vamos a concentrar a dar un proceso de fabricación.

La elaboración de un modelo de cilindros constituye un arte y conviene no encomendar una tarea de ésta clase a cualquier persona, si no a alguien con experiencia en estos trabajos.

Los cilindros se deben moldear siempre con la culata hacia abajo porque es muy probable que las sopladuras manchas porosas, etc se produzca cerca de la parte de la pieza fundida y la culata del cilindro que es el extremo que trabaja, debe ser necesariamente de metal. Para que el metal pueda llegar libremente a todos los lugares del molde, este debe estar completamente vacío y provisto de un bebedero a fin de que el metal fundido que se encuentra en el molde este sometido a la presión debida a una altura piezométrica considerablemente y de que todos los gases salgan por los respiraderos. Los gases aspirados son los que producen poros y otros defectos.

#### 1.1 - LIMPIEZA DE BLOQUE

Por lo general, la arena se empleaba como un medio abrasivo y era impulsada por un chorro de aire que salía a presión de una tobera dirigida hacia las partes que había que limpiar. Entonces se conocía este procedimiento con el nombre de arena al soplete. Más tarde la arena

fue sustituida por pequeñas partículas de hierro o acero templado, debido a sus mejores propiedades abrasivas, estos abrasivos se conocen con el nombre de perdigones y arenillas

En el sistema de perdigones a chorro, se conoce por rotoblast, las partículas abrasivas en vez de ser impulsadas por un chorro de aire se lanza por fuerza centrífuga, por medio de éste método es posible lanzar 20,000 Lb aproximadamente de acero abrasivo en una hora con un consumo de fuerza de 15 Hp

## 1.2 - FRESADO DE LOS BLOQUES

La primera fase de la mecanización de un bloque consiste por lo general en el fresado plano de las superficies superiores e inferiores. Generalmente se hacen dos cortes del orden  $1/12$  y  $1/11$  pulgada. Es posible mantener los límites de longitud dentro de unas 0.002 pulgadas entre sí. En la actualidad hay máquinas fresadoras que pueden trabajar con varios bloques a la vez tal es el caso de la fresadora continua Ingresos que tiene cavidad para seis bloques trabajando continuamente con cinco mientras en otro sector se desmonta un bloque acabado y se coloca otro para empezar a maquinarlo.

## 1.3 - OPERACION DEL TALADRO

A continuación se realiza un cierto número de operaciones de taladro en las cuales se emplean prensas para taladrar de broca múltiple. Esta operación se taladran escarían o alisan 57 barrenos en la parte superior.

## 1.4 - MANDRILADO DE CILINDROS

El mandrilado es otra operación importante que se hace en los motores verticales o en línea y esto generalmente se realiza con mandriladoras verticales que tienen tantas brocas como cilindros tiene el bloque.

## 1.5 - ACABADO DE LAS PAREDES INTERIORES

Primitivamente en la industria de motores de gas se acababan completamente los cilindros mediante el mandrilado. Sin embargo esto no dio nunca resultado completamente satisfactorias, porque debido a las variaciones en la dureza del hierro fundido y en el espeso de la pared está y la herramienta cedían más o menos, actualmente se acaban mediante una operación de rectificado.

## 1.6 - ACABADO DE ASIENTOS Y GUIAS DE VALVULAS

Para éste procedimiento se usan taladros de husillos multiples, para taladrar las guías de vástagos y de válvulas, o los barrenos para las mismas y para mandrilar los pases de válvulas y refrentar sus asientos.

## 1.7 - RECTIFICADO Y PULIDO

Una rectificadora consiste en un dispositivo mecánico que sostiene tres o cuatro muelas abrasivas las cuales presionan contra la pared del cilindro mediante muelles. Al rectificar se le debe de dar simultáneamente un movimiento giratorio y un alternativo.

Una rueda de pulir es una herramienta semejante a una rectificadora en la cual las muelas abrasivas se han reemplazado por sectores metálicos que se cubren con un compuesto abrasivo.

## 2 - CILINDROS

Los cilindros de los primeros motores de automóvil se fabricaban de fundición gris, pero la experiencia demostró que este material sufría un desgaste excesivo. Diversos constructores alearon entonces este material con componentes como níquel y cromo; esto mejoro notablemente la resistencia al desgaste.

Los regimenes actuales de los motores de todas clases provocan en los bloques de los cilindros considerables esfuerzos de fátiga que se traducen en un desgaste rapido, lo cual es una causa inmediata de mal funcionamiento. Las marcas de calidad han recurrido al empleo de camisas de acero de nitruración, tambien al de la fundición al cromo-niquel, que asegura mayor recorrido sin desgaste apreciable.

En los motores con válvulas laterales sometidos a un trabajo muy intenso se produce un alabeo de los asientos de las mismas si la fundición no reúne las características necesarias de calidad. Las investigaciones han demostrado que la causa de ello radica esencialmente en la alteración del metal debida al intenso recorrido a que se encuentran sometidos los asientos postizos de las válvulas sobre todo en los cilindros de camion, cuyo trabajo es más intenso que en los automoviles.

Los cilindros estan casi siempre constituido por dos piezas, el bloque y la culata. Esta constitución se ha generalizado, lo que ha permitido simplificar la colada y el trabajo.

La unión de la culata y el bloque se asegura por medio de espigas fijas a este último y la hermeticidad se consigue con la junta metaloplástica de la culata, colocada al nivel de las válvulas.

En la actualidad todos los constructores han adoptado la solución del bloque motor, en la cual el bloque de los cilindros y la mitad superior del cárter constituyen una sola pieza. Cuando el bloque de cilindros es de aluminio es necesario el encamisado de los mismos, en este caso se emplean aleaciones ligeras para el bloque de cilindros en razón de sus facilidades de colada y de sus excelentes cualidades mecánicas.

## 2 1 - DIAMETRO DEL CILINDRO

El cilindro de un motor presenta la forma de un cilindro recto, de base circular cerrado por su parte superior y perfectamente rectificado. Como característica de un motor figura el diámetro del cilindro y la carrera del émbolo que por regla general se expresa en milímetros.

El camino recorrido por el émbolo se denomina carrera, la altura de la parte mandrinada del cilindro es por tanto igual a la carrera del émbolo aumentada en la longitud de este último.

El émbolo tiene casi siempre mas altura que diametro. En el cilindro la longitud de la parte calibrada interiormente será pues por lo menos igual a la suma del diametro y de la carrera

Se llama cilindrada al volumen engendrado por el embolo cuando recorre completamente su carrera o sea

$$V' = \frac{\pi d^2 c}{4}$$

donde: d=diámetro

c=carrera del émbolo

v=volumen

Si expresamos d y c en milímetros tenemos:

$$v = 0.000000785 d^2 c \text{ litros} = 0.000785 d^2 c \text{ cm}^3$$

Cuando el émbolo se halla en la parte superior de su carrera, no llega a tocar la culata del cilindro. Designemos por v el volumen comprendido entre el émbolo (en su posición superior) y la culata del cilindro, volumen que en una bomba se llama espacio perjudicial

## 2.2 - POSICION DE LAS VALVULAS

La forma interior de los cilindros depende, por una parte de la posición de las válvulas y de su accesibilidad y por otra parte, de su rendimiento térmico. La culata debe poseer una forma lo más sencilla posible y tener una superficie de refrigeración reducida al mínimo estrictamente necesario.

Las formas cilíndricas y hemisféricas tienen desde el punto de vista térmico, ventajas indiscutibles. En este caso las válvulas van necesariamente colocadas en la culata y los motores han obtenido rendimientos notables, así como consumos muy reducidos de combustible. Debido a estas ventajas la disposición lateral de las válvulas se emplean raramente en la actualidad, no obstante por su precio poco elevado y por la gran facilidad de su construcción resulta muy adecuada en la fabricación de motores auxiliares en pequeñas series.

### 2 3 - REVESTIMIENTO INTERIOR DE LOS CILINDROS

El problema de mejorar la superficie de trabajo de los cilindros ha recibido varias soluciones, pero la que cada día tiene mas aceptación consiste en sustituir la pared natural del cilindro por otra postiza de fundición aleada centrifugada, llamada camisa. También se utiliza a veces la camisa de fundición o de acero nitrurados. Estos revestimientos presentan, frente a la función ordinaria mejores muy sensibles.

El coeficiente de rozamiento de la fundición nitrurada es muy pequeño, pues el grafito finamente dividido favorece la adherencia de una película de aceite, de donde resulta una excelente lubricación. SE empleo hace años un procedimiento consistente en la fabricación de camisas de plancha arrollada, abiertas por una generatriz. El montaje del cilindro se hacia con un apriete determinado, de manera que los bordes se apoyaban el uno contra el otro sin que se notase la menor solución de continuidad. La parte superior de la camisa se doblaba en forma de reborde y se alojaba en un rebajo previsto en el cilindro a la altura del plano de junta.

Los cilindros así revestidos presentaban después de una operación de rectificado, un calibrado perfecto, como ya hemos dicho, la junta de la camisa resulta rigurosamente invisible una vez terminada la operación. Además de la elevada resistencia al desgaste los cilindros así tratados tienen la ventaja de ofrecer una superficie perfectamente pulida al deslizamiento de los émbolos y de sus segmentos. No obstante en los motores actuales de alta compresión este procedimiento no ofrece garantías y ha sido prácticamente abandonado, especialmente a causa de los progresos en la mecanización automática de camisas en serie.

### 2 4 - CULATAS DE ALEACIONES DE ALUMINIO

La experiencia ha demostrado que el empleo de las culatas de aluminio ofrece grandes ventajas y en particular la posibilidad de utilizar elevadas compresiones que incrementan favorablemente el rendimiento y la economía de los motores. Se han podido conseguir grados de compresión elevados superiores a 8°.

Desgraciadamente este camino tiene un límite; el fenómeno de la detonación, que origina el golpeteo y no permite el aumento del grado de compresión más allá de cierto valor.

Sin embargo, parece que el factor que justifica el empleo de aleaciones de aluminio en las culatas es más la difusibilidad que la conductividad térmica

En efecto una culata de acero con paredes de espesor muy reducido para conseguir buena conductividad da no obstante malos resultados y no permite un aumento del grado de compresión. Los constructores muestran actualmente preferencia sobre diferentes tipos de aleaciones ligeras, tienen gran aceptación las aleaciones ligeras con un contenido que oscila entre 6 y 9% de silicio y hasta 2 o 3% de cobre, susceptibles de ser tratados térmicamente. Para la fabricación en serie se recomienda adoptar la colada en coquilla automatizada y por inyección, siempre que el diseño lo permita

## 2.5 - CULATAS DE FUNDICIÓN POR CULATAS DE ALUMINIO

*Presión.*- El aumento del grado de compresión tiene por efecto aumentar la presión al final de la compresión y la presión de explosión. Cuando se pasa, por ejemplo del grado 6 al 7 la presión al final de la compresión sube de 10.4 a 12.5 (valor teórico en Kg/cm<sup>2</sup>) y la presión teórica de explosión de 45.4 a 54.5 Kg/cm<sup>2</sup>.

*Dilatación.*- Las aleaciones de aluminio tienen un coeficiente de dilatación comprendido entre 21 y 24X10<sup>-6</sup> para temperaturas de 20 a 100°C. Para estas mismas temperaturas el de la fundición gris es de 12X10<sup>-6</sup>. Como en la mayoría de casos los bloques de los cilindros son de fundición, resultando (admitiendo que el bloque y la culata experimenten en régimen el mismo aumento de temperatura) una dilatación relativa de la culata con relación al bloque con un coeficiente mínimo de 9X10<sup>-6</sup>.

Si se supone que por una razón cualquiera se impide esta dilatación relativa se provocará en la culata de aluminio una tensión igual al producto del módulo de elasticidad por el coeficiente de dilatación relativa y por la diferencia la temperatura de régimen de las piezas y la que tenían en el momento de su colocación. Esta tensión alcanzará un valor de:

$$7000(9 \times 10^{-6}) = 0.063 \text{ Kg/mm}^2$$

por grado centígrado de aumento.

Una elevación de temperatura de 100° supone, pues una tensión de 6.3 Kg/mm<sup>2</sup>, que es evidentemente alta. Por estas razones no se impide la dilatación si no que se procura dejar

huelgo suficiente entre las clavijas y los taladros de fijación de las culatas, a fin de que resulten fatigas admisibles para las aleaciones de aluminio. Este huelgo depende naturalmente de la longitud de la culata, pero por lo general tiene un valor próximo a 1 mm.

Ciertos constructores realizan los agujeros con forma ensanchada (colisos) en el sentido de la dilatación, de modo que la fijación goce de cierto grado de liberación en la dilatación. Los taladros correspondientes al centro de la culata irán ajustados en las espigas a fin de que la dilatación se reporta por igual en ambos lados y la culata quede bien fija al bloque de los cilindros. La fuerte dilatación de aluminio no es obstáculo para la realización de las culatas en los motores de cierta longitud. La experiencia demuestra que observando las precauciones indispensables, estas culatas resisten muy bien.

## 2.6.- CAMARA DE COMBUSTION

La sociedad Bohn Aluminium and Bronze Corporation publicó después de minuciosas investigaciones, las formas más favorables para las culatas. Pero se limitó a los tipos con válvulas laterales, de los cuales indico las formas capaces de trabajar con el máximo rendimiento a base de compresiones del orden de 7.5 a 8 y de un carburador con número de octano igual a 100. Actualmente casi todos los constructores usan derivados de la culata Speed ver la figura (8) las dos versiones modernas de la misma sobre motor Buich y Oldsmobile. Este modelo de cámara de combustión sirve aún actualmente de base para el diseño de numerosas marcas de motores.

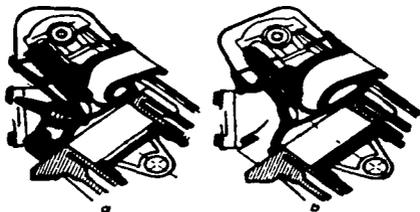


FIG. 8

### 3 - PISTONES Y SEGMENTOS

El pistón de un motor de combustión tiene una triple función. Forma la pared móvil de la cámara de combustión, permitiendo que el volumen de esta aumente o disminuya; recibe la presión de la expansión de los gases, transmite esta presión a la biela y forma una cruceta por la cual se transmite el empuje lateral debido a la oblicuidad de la biela a la pared del cilindro.

Los pistones son los órganos que se mueve dentro de los cilindros, reciben el esfuerzo de la explosión y lo transmite al cigüeñal por medio de la biela. Siendo su movimiento alternativo su inercia por tanto su peso, debe ser lo más reducido posible, por lo que generalmente son de aleaciones de aluminio (los pistones de fundición, empleados en los primeros motores de régimen muy lento han desaparecido). Su forma es cilíndrica y alargada para evitar su atascamiento en el cilindro, ya que reciben directamente la reacción de la biela, su fondo es plano, abombado o cóncavo. Sobre la periferia se han vaciado unos canales en los cuales se colocan los segmentos para asegurar la estanquidad.

Los segmentos son aros de fundición, son algunas veces de acero con fuerte contenido en carbono, otras veces cromados y están seccionados para permitir su encaje en las gargantas de los pistones y darles cierta elasticidad. A fin de evitar las fugas, se disponen unas ranuras en los que se alteran los cortes de los segmentos por encima del eje del pistón. En la parte inferior de los pistones hay también unas ranuras que permiten espaciar el aceite de engrase en toda la superficie del cilindro, unos nervios interiores aumentan la resistencia del fondo y sirven para la refrigeración; también hay pistones de fondo macizo, los resaltes interiores del pistón están destinados a recibir al perno o eje del pie de biela.

En los motores de régimen elevado se coloca en la parte inferior de los pistones un segmento llamado rascador, cuya misión es evitar las subidas de aceite a la cámara de compresión y disminuir así la formación de calamina y el engrase de las bujías. El perno del pie de biela es un eje de acero cementado y templado sobre el cual oscila el pie de biela; se mantiene en posición fija mediante arandelas o anillos elásticos de retención y su longitud es ligeramente inferior al diámetro del pistón a fin de que jamás entre en contacto con la pared del cilindro.

### 3.1 - PISTONES DE ALEACIONES DE ALUMINIO

Gracias a su pequeño peso específico, estas aleaciones permiten fabricar pistones muy ligeros. Por poseer mayor conductividad térmica que la fundición, la refrigeración del pistón se efectúa en mejores condiciones. Siendo el coeficiente de dilatación del aluminio sensiblemente más elevado que el de la fundición, resulta obligado dejar entre el pistón y el cilindro un juego bastante grande. Este inconveniente ha desaparecido al adoptar aleaciones ligeras de composición especial, susceptibles de tratamientos térmicos de solubilización y envejecimiento, con el cual adquiere una gran resistencia (con solo un peso específico de 2.6) y un coeficiente de dilatación bastante más reducido. La experiencia ha demostrado que el pistón debe tener un fondo de gran sección maciza, para conducir el calor hacia las paredes del cilindro. Una importante operación aplicable a los pistones de aluminio, consiste en endurecer la superficie de los mismos por el procedimiento de la oxidación anódica.

El efecto de este tratamiento consiste en hacer crecer de manera notable la película de alúmina que recubre toda la superficie de aluminio expuesta al aire. Esta película con un espesor máximo de 0.05 mm, posee una dureza superior a la del cromo y en razón de su porosidad retiene el aceite, lo cual mejora las condiciones de rozamiento del pistón contra el cilindro, este tratamiento es actualmente aplicado de manera casi universal por todos los fabricantes de automóviles.

### 3.2 - PISTONES DE ALUMINIO DE MAGNESIO

A través de sucesivas evoluciones tendientes a eliminar el calor desarrollado en la cámara de combustión, se ha llegado al empleo actual y generalizado de los pistones contruidos con aleaciones ligeras al silicio o al magnesio. Las aleaciones de magnesio han permitido avanzar un paso más hacia la disminución de las fuerzas de inercia del mecanismo biela-pistón. El magnesio tiene mejor conductividad térmica que el aluminio y además representa una disminución de peso del 16.5% con relación a éste.

Los inconvenientes de las aleaciones de magnesio son:

- a) Su coeficiente de dilatación, es bastante elevado ( $25 \times 10^{-6}$ ).

b) El descenso rápido de sus características mecánicas a elevadas temperaturas

El primer punto se remedia con las disposiciones mecánicas hoy en día generalizadas (juego compensado con segmentos de elasticidad especial) que varía según el tipo y tamaño del motor. El segundo inconveniente ha dejado de ser, actualmente un problema, gracias a la adición de determinados porcentajes de cerio, cobalto y otros elementos que comunican a estas aleaciones una dureza comparable a la de las mejores aleaciones de aluminio

### 3.3. - SEGMENTOS O ANILLOS

El ajuste o cierre que debe existir entre el pistón y el cilindro se logra por medio de aros elásticos cilíndricos de fundición que, dispuestos en ranuras que a tal efecto presenta el pistón tienden a ensancharse, ejerciendo presión contra la pared del cilindro. La forma de corte de los segmentos tiene poca importancia, puesto que la hermeticidad es función del huelgo entre las puntas, sin embargo es necesario un huelgo mínimo a causa de la dilatación del segmento más rápido y más considerable que la del cilindro que está mejor refrigerado

Los segmentos puestos en las ranuras practicados en la superficie externa del pistón, tiene la función de asegurar la hermeticidad ante el paso de los gases manteniendo su presión y de impedir que el aceite lubricante pase de la cámara del cigüeñal a la de combustión manteniendo no obstante sobre la superficie de la camisa la pequeña cantidad necesaria para la lubricación. Los segmentos se dividen por lo tanto en tres tipos principales: segmento de compresión, segmento de engrase o rascadores de aceite y segmentos recogedores de aceite, ver figura (9)

Los primeros tienen sección rectangular o trapezoidal y se aplican en la parte más cercana a la cámara de combustión, en número de 1 ó 2, los segundos generalmente forma de uña y se aplican debajo de los segmentos de compresión con el fin de recoger el exceso de aceite de la superficie de las camisas, los terceros se aplican en ranuras del pistón que tienen unos agujeros radiales que sirven para llevar al interior del pistón y por lo tanto a la bancada y después al cárter, el aceite recogido.

Los segmentos deben tener las siguientes características:

- Ser lo suficientemente elásticos para permitir el montaje y mantener la necesaria precisión sobre la pared del cilindro
- Ofrecer una presión tan uniforme como sea posible sobre toda la circunferencia
- No ser demasiado duro, de manera de no raspar indebidamente la superficie del cilindro, pero ser lo suficientemente como para resistir el desgaste.

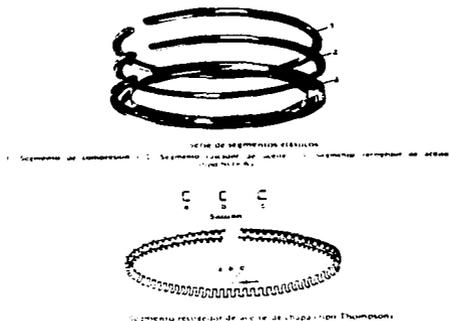


FIG 9

### 3.4.- MATERIAL DEL SEGMENTO

Como se dijo en el punto anterior que los segmentos deben tener un límite elástico que debe ejercer una presión uniforme. Además debe tener la resistencia suficiente al desgaste para que estos puedan tener duración satisfactoria, se ha observado que el hierro fundido es el que mejor llena éstos requisitos. Normalmente se les fabrica de fundición gris de grano fino, a veces sin embargo se les fabrica también de fundición centrifugada. Cuando están muy solicitados se les fabrica también de fundición nodular o de acero o bien de aleaciones especiales sinterizadas,

como polvo de acero con níquel y molibdeno Recubriendo con un cromo especial o con molibdeno los segmentos presentan una mayor durabilidad y un menor desgaste de las camisas

### 3 5 - SEGMENTOS MULTIPLES

La experiencia demuestra que el consumo exagerado de aceite de engrase es un signo de deformación del cilindro Se ha tratado pues de encontrar una solución que permita limitar el consumo de aceite y retardar todo lo posible la rectificación del motor Esta solución provisional parece haberse hallado con los segmentos especiales para pistones con juego en el cilindro En principio, se compone de segmentos independientes de pequeño espesor (aproximadamente 0 8 mm), alojados en la misma ranura con cierto juego y con corte al sesgo Numerosos talleres de reparaciones han adoptado este procedimiento que permite conseguir la compresión en motores

En determinados casos, estos segmentos son de forma propensas a una fácil e inmediata adaptación a las paredes deformadas de los cilindros, generalmente, constan de elementos múltiples muy delgados, con ello se consigue un rascado mas efectivo durante cierto tiempo y se realiza una limpieza automática y continua del aceite que pasa entre los elementos al resbalar unos sobre otros

### 3 6 - CIRCLIPS

Esta constituido por un anillo plano de metal especial, abierto y de pequeño espesor. Por su forma original actúa como un resorte de igual resistencia. Aunque muy estrecho (para reducir en lo posible el espacio ocupado en anchura), presenta no obstante superficie frontal para imprimir todo movimiento longitudinal del eje. Por su construcción especial los circlips quedan siempre redondos y no se ovalizan nunca, cualesquiera que sean los esfuerzos a que se sometan en su colocación. Su gran elasticidad permite a los circlips dilatarse uniformemente en toda la periferia dentro de su alojamiento y mantenerse allí de manera segura. Para el montaje, los cipclips van perforados en sus extremidades, lo que permite colocarlos cómodamente valiéndose de unas pinzas redondas.

#### 4 - BIELAS

Las bielas transmiten el movimiento del pistón al cigüeñal, tienen en el pistón un movimiento de oscilación sobre el eje del pie de biela. Esta formada por la cabeza que abraza el codo del cigüeñal, por el pie que abraza el bulón y por el cuerpo que une el conjunto ver figura (10).

Cuando el bulón está libre para girar en el pie, este está provisto de un cojinete de bronce metido a presión, su lubricación se consigue por medio del aceite proyectado por el sistema biela-manivela, a través de un agujero o de un corte practicado en el pie de la biela o bien por medio de aceite bajo presión proveniente del cigüeñal a través del cojinete de la cabeza y de un tubito o bien de un agujero a lo largo del cuerpo de la biela.

Las bielas se obtienen en general por forjado (estampado) y la superficie del cuerpo se deja en bruto. El material usado normalmente es el acero al carbono ( $c=0.355\%$ ) para las construcciones económicas y el acero al cromo-níquel o al cromo-molibdeno-vanadio en los casos en los que se tienen fuertes sollicitaciones o para motores de gran potencia. El acero  $0.35\%$  de carbono tiene una resistencia a la tracción de unas  $95,000 \text{ Lb/Pulg}^2$ .

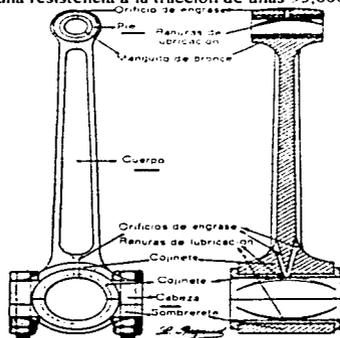


FIG 10. BIELA

#### 4.1.- PIE DE LA BIELA

El pie de la biela está constituida por un abultamiento del cuerpo de la misma, en el cual hay un orificio cilíndrico, en dicho orificio entra a presión un manguito de bronce fosfórico (en algunos casos es de acero templado)

El eje del pistón atraviesa dicho manguito y gira en su interior con ligero rozamiento, entre las dos caras que limitan el manguito del pie de la biela y los dos salientes que interiormente presenta el pistón, queda un juego lateral bastante regular (2 ó 3 mm) que se deja para que la biela automáticamente guarde la normalidad sobre el codo del cigüeñal al que va unida

Para la realización del engrase se utiliza el sistema más primitivo, el pistón proporciona el lubricante al pie de la biela, el aceite que está proyectado en la pared interior del pistón que cae gota a gota, en una especie de pequeña cavidad que existe encima del orificio de engrase del pie de la biela. Este procedimiento de engrase es desde luego bastante deficiente pues el aceite llega al eje del pistón en muy pequeña cantidad y a elevada temperatura, por lo cual se altera muy rápidamente, las superficies que rozan entre sí (pie de la biela y eje del pistón) corren entonces el peligro de pegarse entre sí

El movimiento de oscilación del pie de la biela es bastante reducido, siendo su amplitud solamente de algunos grados, en algunos motores sin embargo el aceite llega a presión al pie de la biela mediante un tubo fijo al cuerpo de la misma

Cuando el eje el cual oscila el pie de la biela es hueco el aceite que siempre abunda en las paredes del cilindro penetra por el orificio central de aquél y llega al manguito de bronce a través de unos agujeros que se han colocado en el eje del pistón, según directrices del mismo.

En algunos motores el eje del pistón va fijo al pie de la biela siendo entonces dicho eje el que gira, en tal caso el pie de la biela presenta una hendidura y la unión con el eje se obtiene por medio de un tornillo o perno.

#### 4.2 - CUERPO DE LA BIELA

El cuerpo de la biela tiene una longitud igual a tres o cuatro veces el radio del cigüeñal, cuando mayor es dicha longitud menores son las presiones laterales del pistón sobre el cilindro, por lo tanto disminuyen las pérdidas por rozamientos, se mejora el rendimiento y el desgaste es menor. Sin embargo la longitud de la biela no puede exceder de ciertos límites porque ello implicaría un motor de altura exagerada, lo cual no es conveniente.

#### 4.3 - CABEZA DE LA BIELA

La cabeza de la biela desempeña respecto al codo del cigüeñal, el mismo papel que el pie de aquella con respecto al eje del pistón. La cabeza tiene la misma forma que el pie, por lo menos en los motores de un cilindro.

El rozamiento del codo del cigüeñal con el cojinete es mayor que el del pistón con el pie de la biela, por esto el diámetro del codo del cigüeñal al que va articulada la cabeza de la biela es mayor que el eje del pistón. En los motores de cuatro cilindros los ejes de las cabezas de las bielas constituyen el cigüeñal de una sola pieza y éste es el motivo por el cual las cabezas de las bielas están divididas en dos partes.

El cojinete está constituido por dos piezas de metal antifricción, laminado conjuntamente con chapa de acero que se acopla a las partes de la biela.

El semicojinete superior forma el cuerpo con la biela, el inferior se ajusta a la misma mediante tornillos y arandelas se aseguran con auxilio de pasadores o frenos de tuerca, si las tuercas se aflojaran podría ocurrir serios inconvenientes pues el semicojinete inferior no estando bien afianzado, golpearía continuamente contra el codo del cigüeñal y con el tiempo acabar por romper los pernos de sujeción.

#### 4.4 - SISTEMA BIELA-MANIVELA

Para motores con cilindros dispuestos en V en varias filas o radiales, surge el problema de unir a una misma manivela dos o más bielas, estos esquemas derivados pueden apreciarse en las figuras (11 y 12).

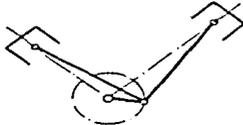


FIG. 11

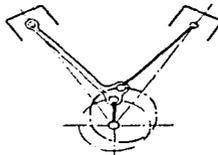


FIG. 12

La figura (11) muestra la sección más lógica y correcta en la que las bielas están montadas sobre el mismo codo del cigueñal (perno de manivela), en el caso de un motor en V, pero cuando los cilindros que forman la V son coplanares no es posible realizar esta disposición. Se recurre entonces a otra solución llamada sistema de biela madre y bieletas, es decir se unen con articulaciones una o más bielas secundarias (bieletas) con pernos excéntricos que forman parte de la cabeza de una biela principal cinemáticamente normal (biela madre), para los motores en estrella o con varias filas de cilindros se usa sólo el tipo biela madre y bieletas.

Para este tipo de sistema biela-manivela sin entrar en el tratamiento matemático que es bastante complicado, ni tampoco en el tratamiento gráfico que es más sencillo, nos limitamos a hacer notar que las trayectorias de los pernos excéntricos, en los cuales están articuladas las bieletas, son inevitablemente diferentes de los pernos de manivela, por lo tanto los movimientos, las carreras y en consecuencia también las relaciones de compresión de los diferentes cilindros resultan ligeramente diferentes entre sí. Esto queda en evidencia en la figura (12) que representa el esquema de un motor en V en el mismo plano.

## 5.- CIGUEÑAL Y COJINETES.

El cigueñal es una de las partes más importantes del motor, sometido a un trabajo severo, requiere de una adecuada elección del material y de una precisa mecanización. Está compuesto de apoyos, de codos, de brazos correspondientes forma una manivela, entre dos

apoyos puede haber uno o dos incluso tres manivelas, solo en raras ocasiones cuatro

Normalmente el cigüeñal está forjado o fundido en una sola pieza, pero en caso especiales está compuesto de partes diferentes unidas entre si (motores de grandes dimensiones, motores monocilíndricos o bicilíndricos para motocicletas, motores de aviación en estrella entre otras) Las dimensiones del cigüeñal a la altura de los codos y apoyos se calcula en función de las cargas que los cojinetes deben soportar, de la velocidad de régimen y de la rigidez que es necesario conseguir para impedir que se produzcan deformaciones por flexión y vibraciones Cuando un cigüeñal satisface estas condiciones, generalmente resulta más que suficiente para transmitir la potencia útil

En algunas consideraciones prácticas podemos decir que el factor que limita la capacidad de carga de un cojinete en su aptitud para resistir el calor generado por el rozamiento, esta aptitud es aproximadamente proporcional al área proyectada, es decir, al producto de la longitud por el diámetro Y como el calor desarrollado es proporcional al área proyectada, es decir, al producto de la longitud por el diámetro Y como el calor desarrollado es proporcional a la velocidad de deslizamiento, es decir a la velocidad periférica  $v$  del pasador (lodo) y, dentro de ciertos límites, a la presión específica media  $P'$ , calculada como la razón entre la carga y el área proyectada del cojinete, en definitiva la capacidad de carga de un cojinete está expresada por el producto  $p v$  ( $N/mm^2$   $m/s$ )

### 5.1 - CIGUEÑALES PARA MOTORES DE CUATRO CILINDROS

Para el motor de cuatro cilindros, el más comercial de los cigüeñales empleado es el representado a continuación.



FIG. 13

Los dos codos extremos y los dos codos medios están respectivamente en prolongacion uno del otro Busquemos los ordenes posibles de funcionamiento de los cilindros, para lo cual les asignaremos los números correlativos 1, 2, 3 y 4 de izquierda a derecha Supongamos que el cilindro 1 esta en el periodo de aspiración Los pistones 2 y 3 subiran y el 4 descenderá De aqui se deduce las dos soluciones

1	ASPIRACION	COMPRESION	TRABAJO	ESCAPE
2	COMPRESION	TRABAJO	ESCAPE	ASPIRACION
3	ESCAPE	ASPIRACION	COMPRESION	TRABAJO
4	TRABAJO	ESCAPE	ASPIRACION	COMPRESION

o bien

1	ASPIRACION	COMPRESION	TRABAJO	ESCAPE
2	ESCAPE	ASPIRACION	COMPRESION	TRABAJO
3	COMPRESION	TRABAJO	ESCAPE	ASPIRACION
4	TRABAJO	ESCAPE	ASPIRACION	COMPRESION

En la primera tabla el orden de trabajo es 4, 2, 1, 3 en la segunda, 4, 3, 1, 2 Desde el punto de vista mecánico ambos son iguales Modo de averiguar el orden de trabajo en los cilindros? Un conductor debe conocer necesariamente el orden de trabajo de los cilindros del motor, ya que si por una causa cualquiera tiene que desmontar los cables de las bujias es indispensable que sepa en que orden deberán ser colocadas de nuevo Es relativamente fácil averiguar el orden en que se efectúa el encendido en los cilindros, para ello basta fijarse en el orden en que se levantan las válvulas que tienen la misma función mientras un ayudante hace girar lentamente el cigüeñal.

## 5.2.- CIGUEÑALES FUNDIDOS.

La aparición de los primeros cigueñales a base de aleaciones coladas despertó, igual que otras novedades un interés bastante mediocre. Hoy sin embargo, la experiencia, aliada con

cierta técnica de la cuestión ha permitido producir en serie cigueñales con cualidades notables y de absoluta confianza

FORD equipa sus motores de serie con cigueñales fundidos

KRUPP instala una fundición especial para colar los cigueñales en serie múltiples, en una misma caja. Estos cigueñales poseen las cualidades amortiguadoras de vibraciones en mucha mayor escala que el mejor cigueñal de acero y la economía de su construcción es además considerable

Es desgaste de los gorriones del cigueñal es muy débil (apenas 0.005 mm por cada 20 000 Km). Las características mecánicas de esta fundición son relativamente elevadas

Resistencia a la tracción - 88 Kg/mm<sup>2</sup>

Límite de elasticidad - 56 Kg/mm<sup>2</sup>

Alargamiento - 8.7%

Los mejores resultados se han obtenido con una aleación de 1.4% de carbono, 2.5 a 2.7% de cobre, 2% de silicio y una débil adición de cromo y manganeso.

### 5.3 - COJINETES

Los cojinetes de bancada y de biela están generalmente divididos en dos mitades llamadas medios cojinetes (Fig. 14), obtenida de un tubo delgado de acero o de bronce o de una chapa, y revestida en la superficie interior por el metal antifricción. Están provistos de ranuras que sirven para asegurar el reparto del aceite por toda la superficie y en el caso de los cojinetes de bancada, para guiar el aceite proveniente de los conductos de la bancada a las perforaciones practicadas en el cigueñal para distribuirlo a los codos o pasadores de biela.

La superficie exterior de los dos medios cojinetes de biela y de bancada, debe conformarse exactamente al interior de la cabeza de biela y al asiento de la bancada, respectivamente, para que así no sufran, dada su delgadez, deformaciones que podrían ser perjudiciales para el antifricción y evitar el buen contacto con el cigueñal.

En los motores para automóviles es necesario que el metal antifricción, comúnmente llamado metal blanco, posea los siguientes requisitos:

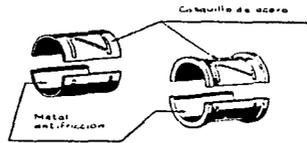


FIG 14 -COJINETES

- Que no bloquee el cigüeñal en caso de falta de aceite
- Que su resistencia no disminuya excesivamente con el aumento de la temperatura y que no se verifiquen desplazamientos de material, deformaciones o roturas prematuras por fatiga.
- Que permita que las partículas solidas eventualmente arrastradas por el aceite penetren en el y permanezcan absorbidas
- Que no permitan corrosiones por la eventual presencia de ácidos organicos en el aceite
- Que sea de fácil aplicación a los medios cojinetes y se adhiera fuertemente a ellos, ya sea aplicado directamente o previo el estañado de los medios cojinetes.

En los motores para autovehículos se usan cojinetes de casquillo delgado revestido de una delgadísima capa de metal antifricción que puede ser al estaño o bien al plomo o de aleación de cobre - plomo. También existen cojinetes de casquillo delgado con revestimiento de aleación de aluminio que dan óptimos resultados. El espesor total del cojinete es inferior a los 2 mm, lo que permite métodos de fabricación de la cinta con los cuales se pueden obtener una gran uniformidad en las dimensiones. También son notables las ventajas de carácter funcional, como la excelente dispersión del calor debida a la exactitud del acoplamiento entre el cojinete y su asiento y la uniformidad y continuidad de la lubricación debida a la constancia de los juego en cada cojinete, incluso en caso de sustitución.

#### 5.4 - AGRUPAMIENTO DE LOS COJINETES EN LOS CIGÜEÑALES.

Las vibraciones críticas engendradas por la rotación de los cigüeñales deben ser estudiadas y eliminadas con cuidado. Para los motores de regimen elevado conviene evitar sobre toda la influencia de los esfuerzos dinámicos de las masas y de las vibraciones de torsión.

El cigüeñal es aquel que posee un cojinete entre cada cilindro y lleva cada pistón equilibrado por un contrapeso separado. Esta construcción, demasiado cara, no se emplea más que para motores especiales. En la construcción corriente se procura reducir al mínimo el número de cojinetes.

Los motores de cuatro cilindros van frecuentemente equipados con tres cojinetes y algunos incluso con dos.

#### 5 5 - COJINETES DE RODILLOS EN LOS CIGÜEÑALES

En los motores actuales de gran velocidad existe el problema de evitar el desgaste excesivo de las cabezas de las bielas y de los cojinetes del cigüeñal. Los constructores de motores han comprendido hace tiempo que el montaje sobre cojinetes de rodillo podrían constituir una solución racional del problema, pero la aplicación de estos tipos de cojinetes requiere modificaciones importantes de los modelos existentes.

Al principio no se trató más que del montaje del cigüeñal sobre cojinetes de rodillos, pero posteriormente se construyeron también cojinetes de esta clase para las cabezas y los pies de las bielas, estudiados para resistir cargas muy elevadas. Las ventajas de estos cojinetes son:

- Con cojinetes de rodillos se suprime totalmente el peligro de calentamiento y la seguridad de marcha es casi absoluta.
- Los cojinetes de rodillos no necesitan vigilancia y sólo exigen un enfrentamiento mínimo a intervalos muy largos.
- El coeficiente de rozamiento es muy bajo y no varía prácticamente con la temperatura; así resulta fácil el arranque en tiempo frío.
- El pequeño consumo de lubricante representa una importante economía, que permite amortizar en menos de un año el exceso de costo de los cojinetes.

#### 6 - VALVULAS Y LEVAS.

VALVULAS.- Cada cilindro lleva dos válvulas que se abren de fuera a dentro. Una de ellas da paso, durante el primer tiempo del ciclo al gas procedente del carburador. Puede pues abrirse

por la sola depresión producida en el cilindro al descender el pistón. En este caso se llama válvula libre o automática

El empleo de la válvula automática está actualmente abandonado, por lo menos en los motor de automóvil, habiéndose preferido el de la válvula accionada

La apertura de ésta se logra por medio de un vástago metálico llamado impulsor, el cual, debido a la acción de una leva, empuja la espiga de la válvula.

La válvula de escape va siempre accionada. No puede ser de otra manera, puesto que cuando debe abrirse, la presión del gas que tiende a mantenerlo en su asiento es muy superior a la presión atmosférica. Los tres elementos esenciales de una distribución son:

- Las válvulas con un resorte hace volver sobre su asiento cuando cesa la acción de las levas
- Las levas, que al entrar en acción abren las válvulas en el instante requerido
- Los impulsores, órganos intermedios que transmiten la acción de las levas a las válvulas.

## 6.1 - VALVULAS

Las válvulas tiene por misión establecer o interrumpir la comunicación del interior del cilindro con el carburador, o bien con el aire libre. Son de acero al níquel, metal muy resistente, poco sensible al temple y a la oxidación. Se componen de dos partes, cabeza y vástago o cola (Ver figura 15).

La cabeza está mecanizada de forma troncocónica como el asiento sobre el cual se apoya; el vástago tiene un orificio en su parte inferior llamado mortaja, en el cual encaja una chaveta destinada a soportar a una arandela que retiene al muelle de la válvula. En muchos casos la cola de la válvula tiene una garganta circular destinada a recibir a dos chavetas en forma de media luna. La arandela queda montada sobre un pequeño resalte de la chaveta y la mantiene en su lugar.

Las válvulas tienen movimiento dentro de las guías de las válvulas atornilladas en la parte inferior del cabezal de válvula; sobre estos órganos se apoyan los muelles de las válvulas.

Como se dijo al principio de este punto que cada cilindro lleva dos válvulas éstas son una de escape y la otra de admisión teniendo la primera las siguientes características.

Para la construcción de la válvula de escape se usó durante un cierto tiempo el acero al tungsteno del tipo de que se usa para herramientas, que tienen excelentes cualidades de resistencia mecánica en caliente, pero que tiene tendencia a agrietarse a altas temperaturas, actualmente se usa acero al silicio adecuadamente tratado. El material considerado como el mejor desde el punto de vista de la resistencia al calor es un acero austenítico de alto contenido de níquel-cromo, por lo tanto no magnético e insensible a los tratamientos térmicos; es usado especialmente para las válvulas de aviación. En los motores de alta potencia específica se recubre el asiento cónico con stellite.

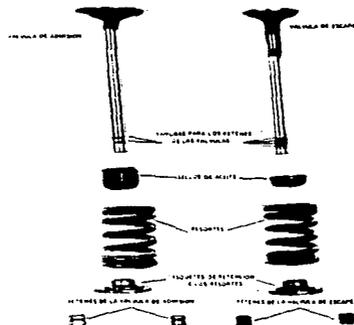


FIG. 15.-VALVULAS

Para mejorar la transmisión del calor desde la cabeza al vástago, a menudo las válvulas de escape se hacen huecas y parcialmente rellenas de sodio metálico de sales de litio y de potasio, que se licúan a temperaturas de funcionamiento.

Las válvulas de admisión están generalmente fabricadas con acero menos caro (con bajo contenido de níquel-cromo). Para los resortes los aceros más usados llamados comercialmente

OTEWA son el silicio-manganeso o el silicio-manganeso-cromo. Para aumentar la resistencia a la fatiga se les somete a asentamientos, granallado, revestimiento superficiales

Las válvulas tienen que montarse de modo que resulten fácilmente revisables y que permitan llevar a cabo el esmerilado o rectificado de los asientos para recuperar, cuando sea necesario, una buena hermeticidad

## 6.2. LEVAS.

Como se indicó anteriormente, las levas van montadas en un eje llamado árbol de levas que es accionado por el motor y que gira a mitad de revoluciones que el eje del cigüeñal.

El perfil de dichas levas ha de satisfacer a las condiciones previstas por el constructor con arreglo al tiempo que han de estar levantadas las válvulas.

Las levas pueden hallarse situadas exactamente debajo del impulsor o bien estar descentradas con respecto a él. En este último caso la acción es más directa y el esfuerzo oblicuo sobre el impulsor es menor.

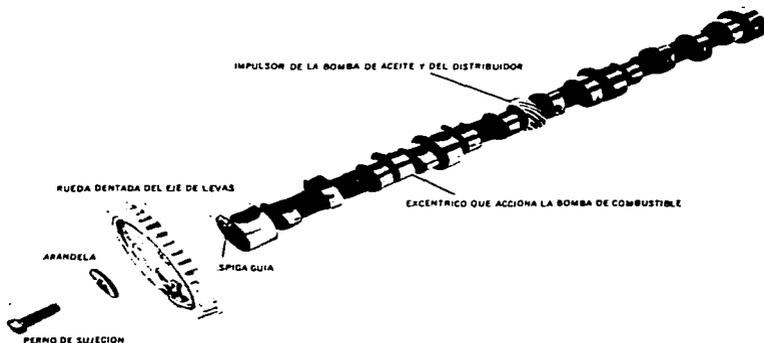


FIG.16.-LEVAS Y RUEDA DENTADA

El perfil de las levas es algo complicado en los motores cuya regulación se lleva a cabo variando el levantamiento de las válvulas. Las levas tienen entonces un trazado helicoidal, y el eje de las mismas puede moverse en sentido longitudinal.

En el árbol de levas generalmente se usan acero con bajo contenido de carbono, forjado y cementado por carburación a la altura de las levas, o bien fundición especial moldeada en coquilla a la altura de las levas, o templada después del calentamiento de las levas con chorros de gas.

### 6.3.- IMPULSORES Y BALANCINES.

Los impulsores son simples varillas de acero, terminadas ordinariamente en un platillo o en un rodillo que frota sobre la leva. Pueden descansar sobre ésta directamente, o por intermedio de otra pieza.

Algunos motores llevan las válvulas dispuestas en la culata, con la espiga que abre vertical o con cierta inclinación. El accionamiento se efectúa en este caso con auxilio de balancines unidos a los impulsores mediante un juego de varillas y placas que permite volver a la primitiva posición tan pronto como ha dejado de actuar la leva; así es posible dar una forma

más sencilla a la cámara de compresión que tiene la ventaja de presentar, para un volumen dado, el mínimo de superficie. De este modo se favorece notablemente el rendimiento térmico del motor.

Es necesario dejar juego entre los impulsores y las espigas de las válvulas. Las válvulas se dilatan al cabo de cierto tiempo de funcionamiento del motor. Si la espiga descansase sobre el impulsor cuando el motor está frío, la válvula se cerraría por completo una vez que el motor se hubiese calentado.

El motivo más importante para dejar este juego es el siguiente: cuando la válvula de escape, por ejemplo tiene que abrirse, está retenida en su asiento por la tensión del resorte y por la presión del gas que obra sobre la cabeza de la misma. Este esfuerzo será menor si el órgano que actúa sobre ella obra por choque, con lo cual se obtiene un despegue inmediato y la compresión desaparece más fácilmente.

## 7.- CARTER.

El cárter es una caja, generalmente de aluminio, en la cual se fija el bloque del motor. En la parte delantera se encuentran los piñones de distribución. En las paredes se hallan montados los cojinetes lisos de bronce antifricción en los cuales giran el cigüeñal y el eje de levas. Algunas veces soportan rodamientos a bolas que reemplazan a los cojinetes lisos. Algunos constructores suspenden los cojinetes en la semicaja superior del cárter, esta disposición permite el acceso a los diversos órganos interiores, desmontando la parte inferior. Con frecuencia debajo del cárter, se encuentra un falso cárter y el falso cárter se dispone un filtro de tela metálica muy fina. Los carters pueden estar provistos de pestañas de sujeción, éstas son postizas o son solidarias de una chapa colocada entre el grupo y la tapa de la caja de distribución.

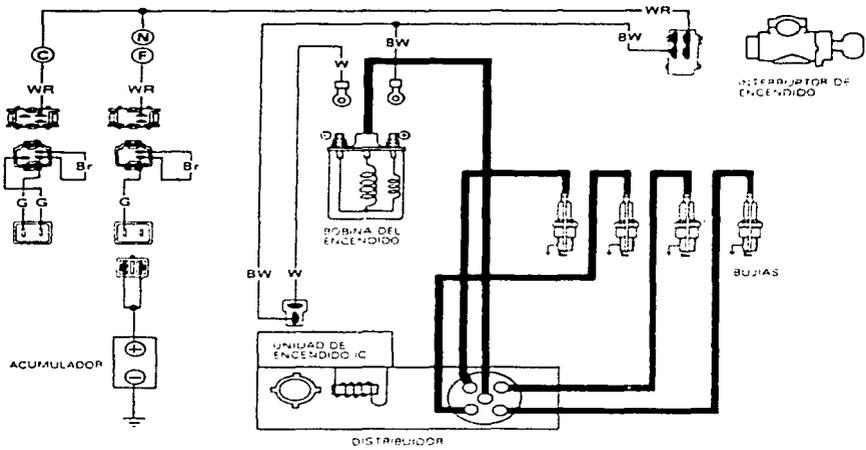
## 8. - SISTEMA DE ENCENDIDO

Tras los primeros intentos de encendido de la mezcla con medio puramente térmicos como llamas pilotos de gas, mallas de platino o tubitos de porcelana incandescentes, complicados y poco eficientes y que se emplean en algunos antiguos motores de gas, se descubrió la conveniencia de conseguir el encendido por medio de una chispa eléctrica.

El sistema de encendido a baja tensión, por medio de la cual la chispa soltaba al abrirse un circuito inductivo alimentado por una corriente lo suficientemente intensa como para provocar el arco, se abandonó completamente sobre todo por la enorme dificultad de instalar, y hacer funcionar sin problemas, el interruptor en la cámara de combustión. Actualmente se usan sistemas de encendido a alta tensión, es decir con una diferencia de potencial, entre los electrodos de la bujía.

El encendido de alta tensión puede conseguirse con dos tipos de generador, de corriente: el magneto y la batería.

El magneto se usó en los autovehículos cuando el arranque se hacía con manivela. Pero cuando se introdujo el arranque eléctrico, que requiere de la presencia de una batería, se



**Sistema de encendido**

impuso el sistema de encendido a batería que hoy es de uso universal por su sencillez y facilidad de aplicación.

Los componentes del sistema usual de encendido constan de una batería (acumulador), la bobina, los platinos, el condensador, el distribuidor y las bujías

### 8 1- BATERIA.

Las baterías de acumuladores son aparatos que transforman la energía eléctrica en energía química para restituir esta última en energía eléctrica

Las baterías de acumuladores empleados en autovehículos son alimentados por un generador de corriente (alternador) puesto en paralelo y proporcionan la energía necesaria para el arranque, la iluminación y los servicios accesorios, además del encendido (Ver figura 17).

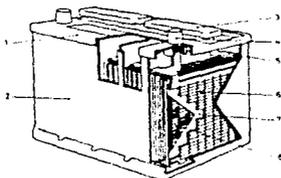


FIG. 17.-BATERIA PARA AUTOVEHICULO

1.-Tapa 2.-Monobloque 3.-Tapón del respiradero 4.-Polo o borde terminal 5.-Conexión entre los elementos 6.-Placas negativas 7.-Separadores 8.-placas positivas

Las baterías tienen que responder a especiales exigencias de ligereza, tamaño reducido, insensibilidad a las acciones dinámicas, durabilidad, facilidad de carga. Los acumuladores actualmente usados para el sistema de encendido y para el arranque son de plomo.

Un elemento de acumulador para autovehículo está constituido por los siguientes componentes:

- Dos grupos de placas positivas y negativas: cada placa tiene un espesor entre 2.1 y 2.5 mm, consiste en una rejilla de plomo antimoniado sobre la cual se ha esparcido una pasta. Para las positivas la pasta es de minio ( $Pb_2O_4$ ) y para las negativas de litargirio ( $PbO$ ).

- Una serie de separadores, normalmente de madera de cedro o de ebonita, policloruro de vinilo, materiales sintéticos microporosos, que se intercalan entre las placas para impedir corto circuitos.
- El electrolítico: en el cual están sumergidas las placas y los separadores. Consiste en una solución de ácido sulfúrico de densidad 1.28 a temperatura ordinaria cuando el elemento está perfectamente cargado.
- Un contenedor.
- Una tapa provista de tapón con respiradero, que permite la libre evacuación de los gases durante la recarga, pero no la salida del electrolítico.

### 8.2. - BOBINA.

La bobina consiste en una cubierta impermeable, conteniendo un devanado primario con aproximadamente 200 vueltas de alambre de cobre No. 20, montada sobre un núcleo de hierro. Sobre el primario se monta un devanado secundario con aproximadamente 18,000 vueltas de alambre de cobre No. 38, siendo aislada cada capa de la anterior mediante una tira de papel encerado para evitar los arcos eléctricos que debiera haber, solamente son visibles tres por emplearse una unión común para las terminales que van a tierra.

Al cerrarse los platinos fluye una corriente por el devanado primario, creando un campo magnético en torno a la bobina, al crecer este campo magnético en torno de la bobina, al crecer este campo magnético, corta el devanado primario e induce en él una fuerza contraelectromotriz que se opone a la corriente del acumulador y en conservancia, él mismo demora el proceso de crecimiento del campo. También se induce un voltaje en el devanado secundario, pero el potencial es usualmente muy vano para producir un arco en la bujía, debido al movimiento relativamente lento del flujo magnético.

### 8.3. - PLATINOS.

Los platinos son accionados a la velocidad del árbol de levas y en conservancia, se separan e inducirán un arco, tantas veces durante dos revoluciones del cigüeñal como lóbulos

tenga la leva. Nótese que la intensidad del flujo del campo, depende del tiempo en que permanezca cerrados los platinos así como del voltaje del acumulador. Como el acumulador tiene un voltaje constante, el tiempo para establecer el flujo del campo disminuye directamente con la velocidad. Por lo tanto si la variación del flujo, corresponde a una velocidad de 2,000 rpm, se dispondrá de una intensidad de campo solamente para una velocidad de 4,000 rpm. Por esta razón, es impráctico tener más de ocho lóbulos en la leva. La intensidad de campo se aumenta notablemente, mediante el empleo de pequeñas separaciones de los platinos, y por ello los platinos permanecen en contacto durante un periodo de tiempo grande.

#### 8.4 CONDENSADOR.

La finalidad del condensador es absorber la extracorrente de ruptura. Se conecta en derivación con el circuito primario y está constituido por una serie de láminas de estaño muy delgadas y aisladas entre sí por una lámina de mica.

Sirve para obtener una rápida variación de corriente en el primario al abrirse los contactos y por lo tanto una alta tensión en el secundario necesaria para producir una chispa de potencia adecuada entre los contactos, éstos quedarían deteriorados si dicha chispa persistiera; además establecería una unión eléctrica entre ellos y permitiría de esta manera el paso de corriente que, desde luego no sería interrumpido.

El condensador que se carga por la corriente de ruptura del primario, se descarga en éste cuando se tocan los platinos.

#### 8.5 - CAMBIO DE PLATINOS Y CONDENSADOR.

- Quite del centro de la tapa del distribuidor el cable de alta tensión. Quite la tapa del distribuidor, quite el rotor (escobilla) de la flecha del distribuidor tirado del mismo.
- Quite el condensador, quite los tornillos de sucesión del conjunto de platinos y saque después los platinos. Le será muy útil en esta operación un desarmador magnético o uno de retención, para evitar que algún tornillo caiga al distribuidor y tenga que sacar éste para recuperar los tornillos.

- Deslice el nuevo conjunto de platinos sobre la placa porta platinos e instale los tornillos que sujetan el conjunto a la placa. No los apriete al máximo, pues tendría que aflojarlos para ajustar la abertura de los platinos.
- Instale el condensador y conecte su cable a los platinos.

#### 8 6 - DISTRIBUIDOR.

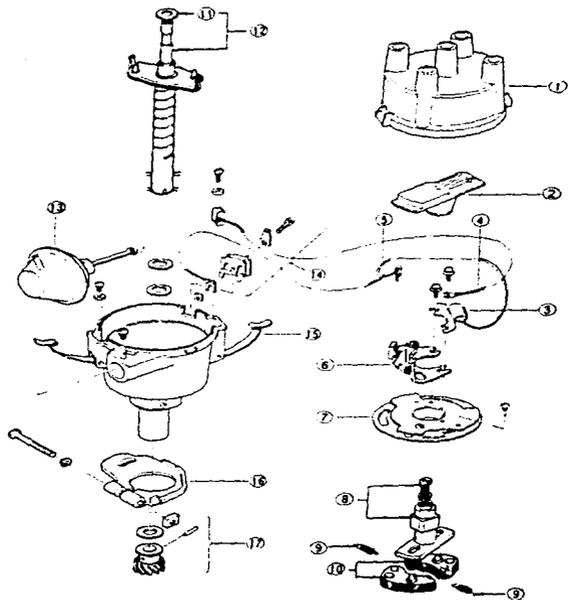
El distribuidor está constituido por una parte fija y una móvil. La primera es un bloque de material aislante que lleva unos sectores metálicos unidos cada uno con una bujía por medio de un cable. La segunda rotante (rotor), está constituida por un bloque de material aislante que lleva una escobilla la cual, deslizando sobre la carcasa fija, distribuye a los sectores la corriente. El movimiento de la escobilla se consigue con un par de engranajes cuya relación de transmisión depende del número de bujías y del número de las expansiones polares del imán permanente.

La escobilla rotante puede ser sustituida por una especie de lanceta que no está en contacto con la carcasa fija, en este caso la corriente pasa de esta lanceta a los sectores metálicos a través de un salto de chispa y no por contacto directo.

#### 8 7.- BUJIAS

La bujía tiene la función de conducir la corriente de alta tensión al interior del cilindro y producir la chispa.

Una bujía consiste de un cuerpo de metal que rodea a un aislador de cerámica. Un electrodo de metal se extiende a través del centro del aislador y sobresale un poco. A un lado de la bujía y conectado al costado del cuerpo exterior de metal está el electrodo exterior. Este electrodo lateral está doblado a un ángulo de 90° de modo que su extremo está al ras y paralelo con el extremo del electrodo central. La distancia entre estos dos electrodos, medida en milésimas de pulgadas, se conoce como claro o abertura de la bujía. Este claro o abertura no produce la chispa pero proporciona el espacio a través del cual la corriente debe formar un arco o chispa. La bobina produce de 20,000 a 40,000 voltios que viajan al distribuidor y es



1. Distributor housing  
 2. Distributor cap  
 3. Distributor rotor  
 4. Distributor rotor arm  
 5. Distributor rotor arm pin  
 6. Distributor rotor arm pin bush  
 7. Distributor rotor arm bush  
 8. Distributor rotor arm bush  
 9. Distributor rotor arm bush  
 10. Distributor rotor arm bush  
 11. Distributor rotor arm bush  
 12. Distributor rotor arm bush  
 13. Distributor rotor arm bush  
 14. Distributor rotor arm bush  
 15. Distributor rotor arm bush  
 16. Distributor rotor arm bush  
 17. Distributor rotor arm bush  
 18. Distributor rotor arm bush  
 19. Distributor rotor arm bush

1. Distributor housing  
 2. Distributor cap  
 3. Distributor rotor  
 4. Distributor rotor arm  
 5. Distributor rotor arm pin  
 6. Distributor rotor arm pin bush  
 7. Distributor rotor arm bush  
 8. Distributor rotor arm bush  
 9. Distributor rotor arm bush  
 10. Distributor rotor arm bush  
 11. Distributor rotor arm bush  
 12. Distributor rotor arm bush  
 13. Distributor rotor arm bush  
 14. Distributor rotor arm bush  
 15. Distributor rotor arm bush  
 16. Distributor rotor arm bush  
 17. Distributor rotor arm bush  
 18. Distributor rotor arm bush  
 19. Distributor rotor arm bush

1. Distributor housing  
 2. Distributor cap  
 3. Distributor rotor  
 4. Distributor rotor arm  
 5. Distributor rotor arm pin  
 6. Distributor rotor arm pin bush  
 7. Distributor rotor arm bush  
 8. Distributor rotor arm bush  
 9. Distributor rotor arm bush  
 10. Distributor rotor arm bush  
 11. Distributor rotor arm bush  
 12. Distributor rotor arm bush  
 13. Distributor rotor arm bush  
 14. Distributor rotor arm bush  
 15. Distributor rotor arm bush  
 16. Distributor rotor arm bush  
 17. Distributor rotor arm bush  
 18. Distributor rotor arm bush  
 19. Distributor rotor arm bush

Componentes de distribuidor

distribuido a la bujia por medio de los cables de las mismas. La corriente pasa por el electrodo central y salta al espacio que hay al electrodo lateral y al hacerlo enciende la mezcla de gasolina/aire en la cámara de combustión.

La vida y eficiencia de las bujias depende de las condiciones del motor y del calor a que están sometidas. Las temperaturas de las cámaras de combustión se ven afectadas por muchos factores como la relación de la compresión del motor, mezclas de combustible, equipo de control de emisiones del escape y tipo de manejo del conductor del vehículo. Las bujias están diseñadas y clasificadas por número de acuerdo con el rango de calor en el cual funcionarían con mayor eficiencia.

Para muchas personas el rango de calor de las bujias siempre ha parecido ser un tema místico, pero en realidad todo el tema es muy sencillo. Se refiere básicamente a lo siguiente: la cantidad de calor que absorbe una bujia se determina por el largo del aislador inferior de la misma. Mientras más largo sea este aislador, o mientras más penetre dentro del motor la bujia operará con más calor, mientras más corto sea este aislador, la bujia funcionará más fría. Una bujia que absorbe poco calor y que permanece fría acumulará rápidamente depósito de aceite y de carbón pues no llegará a alcanzar el calor suficiente para quemarlos. Esto ocasiona que las bujias se ensucien y que fallen o enciendan en falso. Una bujia que absorbe demasiado calor no tendrá depósitos pero, debido al calor excesivo, los electrodos se ponen tan calientes que encienden la mezcla gasolina/aire antes de que se produzca la verdadera chispa. Este pre-encendido ocasionará el golpeteo durante los recorridos a baja velocidad y con elevadas cargas para el auto. En casos muy serios, el calor puede ser lo suficientemente elevado para iniciar el encendido de la mezcla de combustible en toda la cámara de combustión en lugar de hacerlo enfrente de las bujias, como debe suceder en la operación normal. En este momento el pistón sube por el cilindro es comprimida y resulta en una explosión, que fuerza al pistón a regresarse en el cilindro al mismo tiempo que está tratando de subir. Es obvio que algo tiene que ceder y así sucede y en muchas ocasiones los pistones resultan averiados.

La regla más comúnmente aceptada para escoger el rango correcto de calor cuando se trate de seleccionar sus bujias es: si por lo general usted recorre grandes distancias (en carretera) o utiliza gasolina pobre en octano debe usar bujias frías; para circular en la ciudad o para una gasolina rica en octanos debe usar bujias calientes.

# CAPITULO IV

## MANTENIMIENTO Y REPARACIONES DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA (4 CILINDROS)

### 1.- INFORMACION GENERAL

Este trabajo consta de cuatro capitulos fáciles de estudiar, utilizando la menor cantidad de terminología mecánica que ha sido posible y enfatizando los procedimientos importantes con ilustraciones. Se ha tratado exclusivamente el motor lo que son sus partes fijas y la móviles ya descritas en el capitulo anterior.

Antes de iniciar alguna reparación se debe tener la seguridad de que cuenta con el tiempo, herramienta y refacciones necesarias. Lo anterior le evitara muchos problemas como por ejemplo el tener que salir temprano al otro dia en busca de un transporte para poder llegar al trabajo, debido a que olvido comprar alguna refacción cuando habia empezado a reparar su auto el domingo.

Cuando las reparaciones requieren un elevado nivel de conocimientos técnicos se indica que es mejor quitar la pieza y cambiarla por una nueva o reconstruida. Así puede ahorrar dinero en el costo de mano de obra. La mayoría de los tornillos, tuercas y birlos se sacan girándolos a la izquierda y se aprieta girándolos a la derecha.

#### 1.1.- HERRAMIENTA Y EQUIPO

La siguiente lista contiene la herramienta básica que se requiere para ejecutar la mayoría de las reparaciones esenciales que se van a describir en este trabajo de tesis. La mayoría de los autos (4 cilindros orientales) están construidos con tornillos y birlos métricos, por lo tanto necesita un juego de llaves métricas. Las llaves estándar no ajustan en la tornillería métrica.

- Se necesita una llave para bujías de 13/16", de preferencia de tipo dado, para poder tener un buen equipo de herramientas pueda conseguir o comprar varias extensiones de diversos

tamaños para los dados y de manerales, no importa si los compro en medidas de pulgadas ya que sirven también para la entrada de los dados métricos que necesita.

- Un juego de llaves de combinación métricas con un extremo de astrias y otro abierto.
- Un calibrador de alambre para bujías.
- Un calibrador de laines para platinos y el ajuste de la tolerancia de las válvulas del motor.
- Desarmadores de cabeza plana y cabeza de cruz.
- Un tacómetro y medidor de ángulo de leva de platinos.
- Un par de pinzas de presión. Siempre son necesarias.
- Dos fuertes gatos fijos ya que no ofrecen seguridad alguna los bloques, los ladrillos ni otros apoyos improvisados.
- Una llave especial para aflojar filtros de aceite.

Aparte de esta herramienta básica existen otras varias herramientas y medidores o calibradores que son indispensables para un mantenimiento o una reparación estas son:

- Un medidor de compresión.
- Un medidor de vacío del múltiple.
- Un lámpara de prueba.
- Un medidor de inducción, que se usa para determinar si hay o no hay corriente en un cable.

## 1.2.- SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO Y REPARACIONES.

Es virtualmente imposible anticipar todos los peligros implícitos en el mantenimiento y reparación automotriz, pero el cuidado y sentido común pueden evitar la mayoría de los accidentes.

Las reglas de seguridad en la mecánica van desde no meterse debajo de un auto que esté sostenido sólo por un gato de piso, no fumar cerca de la gasolina hasta emplear la herramienta adecuada para el trabajo. La solución para evitar lesiones es crear hábitos de trabajo adecuados y tomar todas las precauciones posibles.

### “SE DEBE HACER”

- Tener en un lugar visible un extinguidor de incendios y un botiquín de primeros auxilios.

- Proteja sus ojos cada vez que trabaje cerca de un acumulador. Los acumuladores contienen ácido sulfúrico y en caso de contacto con los ojos o la piel, debe lavarse el área inmediatamente con agua o con una mezcla de agua y bicarbonato de sodio y recurrir inmediatamente a la atención médica.
- Utilice gafas de seguridad para cualquier trabajo debajo del auto. Estas gafas son para tener la seguridad de que el vehículo permanece elevado hasta que usted quiera bajarlo.
- Cada vez que alce un auto bloquee las ruedas que permanezcan en contacto con el piso y aplique el freno de estacionamiento.
- Utilice ventilación adecuada cuando trabaje con materiales químicos o peligrosos.
- Cuando trabaje en el sistema eléctrico desconecte el cable negativo del acumulador.
- Conserve la herramienta en orden y en buen estado. Puede causar accidentes debido a cabezas de múltiples flojas, puntas y cinceles mellados, dados rajado, manerales desgastados, etc.
- Use herramientas del tamaño y medida adecuados, para el trabajo a realizar.
- Cerciórese de que las llaves ajustables estén bien apretadas contra la tuerca o tornillo de que se trata y colocado en forma tal que se haga presión sobre la parte fija de la llave.
- Aplique siempre el freno de estacionamiento y bloquee las ruedas de tracción si el trabajo exige que el motor esté en marcha.

#### "NO DEBE HACER"

- No haga funcionar el motor en un garaje o sitio cerrado y sin la ventilación adecuada. Esto es porque el monóxido de carbono es venenoso, el organismo humano requiere mucho tiempo para eliminarlo y usted puede almacenar una cantidad considerable del mismo, respirando un poco todos los días, sin darse cuenta de que se está envenenando paulatinamente.
- No trabaje cerca de partes en movimiento usando corbata o cualquier roja floja. Las mangas cortas son más seguras que las largas; los zapatos de punta dura con suela de neopreno protegen los dedos de los pies y proporcionan un mejor agarre sobre superficies resbalosas.
- No use los bolsillos como cajas de herramientas. Una caída o un tropezón puede ~~clavarse~~ o ~~arañarse~~ con un desarmador. No lleve trapos para limpieza colgado de sus bolsillos de atrás, pues puede enredarse en una fecha o en el ventilador en movimiento.

- Cuando trabaje no fume cerca de gasolina, un solvente para limpieza o cualquier otro líquido inflamable. Tampoco fume cuando trabaje cerca del acumulador esto es porque cuando un acumulador está en carga produce gas hidrógeno que es explosivo.
- No use gasolina para lavarse las manos; hay jabones especiales para quitar la grasa. La gasolina contiene plomo y el plomo puede penetrar en su cuerpo a través de una pequeña cortada, acumulándose en su organismo hasta que se enferme. La gasolina también elimina las grasas naturales de la piel de modo que las manos reseca absorberán el aceite y la grasa.
- No dé servicio al sistema de aire acondicionado a no se que cuente con el equipo y los conocimientos necesarios. El refrigerante R-12 se vuelve extremadamente frío cuando es comprimido y al ser desplazado en el aire congelará al instante todo lo que toque, incluyendo sus ojos.

## 2 - MANTENIMIENTO DE RUTINA

Estos mantenimientos son los más sencillos que le podemos hacer a nuestro automóvil esto es porque no necesitamos ser unos expertos o tener una gran variedad de herramientas y así evitaremos pagarle a un mecánico una cantidad de dinero que en ocasiones no tenemos y sin embargo lo tenemos que conseguir para que el automóvil funcione adecuadamente, y tenga una mayor vida de funcionamiento.

### 2.1 - LUBRICACION.

Su automóvil esta diseñado para poder funcionar con gasolina regular de bajo contenido de plomo o sin plomo. En México la gasolina tiene un octanaje demasiado bajo, que puede mezclar un poco de gasolina de primera para elevar el nivel de octanaje. No recibirá beneficio alguno cargando gasolina de octanaje mucho más elevado que el que se recomienda.

El aceite para el motor se debe seleccionar de acuerdo a las temperaturas anticipadas durante el periodo anterior al próximo cambio de aceite. Use la tabla respectiva para seleccionar el grado de viscosidad del aceite para la temperatura más baja que espera encontrar y gozará de arranque más fáciles en frío y de suficiente protección para su motor. La siguiente

tabla emitida por el Instituto Americano del Petróleo (API) nos orientará mejor para saber que tipo de aceite vamos a utilizar según nuestro modelo de automóvil. Por ejemplo las siglas SE nos señalan que es la designación mas alta para el uso de autos de pasajero. "La S significa vehículo de pasajeros y la segunda letra, una aplicación más específica"

## 2.2 - CAMBIOS DE ACEITE.

Se recomienda cambiar el aceite y filtro cada 6 meses o 10,000 Km , tomando en cuenta un manejo normal. Si usa su autor en caminos polvosos, o en caminos en mal estado, debe cambiar el aceite y el filtro con mayor frecuencia que la especificada. Lo mismo se aplica a los autos que se manejan en tránsito intenso.

Siempre drene el aceite después de que el motor ha estado en marcha el tiempo suficiente para alcanzar su temperatura normal de operación.

El aceite fluirá con mayor facilidad y arrastrará consigo una menor parte de contaminantes, que si lo drenara en frío. Necesitara un recipiente grande y también necesitara recipientes para poner el aceite usado, que pueden ser los mismos que contienen el aceite nuevo. Una solución ecológica es vaciar este aceite quemado en el deposito de una gasolineria, conservándolo para utilizarlo como protector para postes de madera, durmientes de madera, etc.

### CAMBIO DE ACEITE EN SU MOTOR

Se recomienda los siguientes pasos a seguir para poder cambiar el aceite y el filtro de su motor.

1. Como ya se menciona hay que tener una temperatura normal de operación en el motor.
2. Levante la parte del cofre de su auto y apóyela con gatos fijos en caso necesario, para tener acceso al filtro.
3. Deslice debajo del cárter un recipiente con capacidad de por lo menos seis litros.
4. Afloje el tapón de drenaje del cárter. Después de aflojarlo dele vueltas manualmente. Si lo mantiene presionado con la mano al desenroscarlo, el aceite no saldrá y podrá quitarlo sin sufrir quemaduras a causa del aceite caliente.

5. Usando una llave de banda para filtros saque el filtro de aceite. Recuerde que el filtro esta caliente.
6. Vacíe el filtro usado en el recipiente recolector y tirelo.
7. Deje que el aceite salga y escurra después de que quite el filtro y vuelva a colocar el tapón de drenado. No lo apriete demasiado para no trascarlo y verse obligado a comprar un nuevo tapón de seguridad para la rosca dañada o algo peor comprar el cárter.
8. Use un trapo limpio y limpie y seque el adaptador del filtro en el bloque del motor. Compruebe que el trapo no deje pelusa ni pedazos del mismo que pudieran obstruir los conductos de aceite.
9. Cubra la junta del nuevo filtro con aceite limpio. Atornillelo a mano y cuando la junta toque la superficie del adaptador debe darle  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  de vuelta mas.
10. Llène el motor con la cantidad corriente de aceite nuevo.
11. Si la presión de aceite es correcta y no hay fuga a concluido con su cambio de aceite y filtro de su motor.

#### TRANSMISION MANUAL

En la transmisión manual se debe cambiar el lubricante cada 50,000 Km., como sigue:

1. Estacione el auto sobre una superficie plana y aplique el freno de estacionamiento, levante el auto y apóyelo sobre gatos fijos. Quite el tapón de llenado.
2. Coloque un recipiente debajo del tapón de drenado en la tapa inferior de la caja de transmisión.
3. Lentamente saque el tapón de drenado, manteniendo presionado hasta que pueda sacarlo rápidamente
4. Coloque un recipiente debajo del tapón de drenado en la tapa inferior de la caja de transmisión.
5. Lentamente saque el tapón de drenado, manteniéndolo presionado, hasta que pueda sacarlo rápidamente.
6. Deje que todo el lubricante sucio salga y después llene la transmisión con lubricante para engranes SAE 90. Para este trabajo es muy conveniente tener una pistola manual para succionar aceite o una perilla, que también puede utilizarse para el eje trasero.
7. Ponga el tapón de llenado y baje el auto.

## TRANSMISION AUTOMATICA

El aceite de la transmisión automática se debe cambiar cada 30,000 Km de recorrido normal o cada 20,000 Km de manejo en condiciones difíciles. El aceite debe ser drenado inmediatamente después de que el vehículo estuvo en marcha o sea que este caliente. Siga el procedimiento que se da a continuación.

1. Vacíe el aceite de la transmisión automática en un recipiente quitando el fondo de la caja de transmisión, sus tornillos, su charola y su empaque de junta.
2. Limpie perfectamente la charola inferior y coloque una nueva junta sobre las superficies de contacto de la charola. Use grasa para sellar la junta. Instale la charola inferior y los tornillos de retención apretándolos.
3. Vierta por el tubo de llenado la misma cantidad de aceite de transmisión automática que lo que fue drenado de la charola.
4. Ponga en marcha el motor pero no lo acelere y deje que el motor funcione en velocidad baja al vacío durante varios minutos.
5. Coloque el selector de velocidad en parte y aplique el freno de estacionamiento. Con el aceite de transmisión a su temperatura normal revise su nivel; agregue el aceite que sea necesario para llevar el nivel a la marca full en la varilla medidora.

### 2.3. - REVISIONES DEL NIVEL DE ACEITE

Aceite del motor.- El momento más apropiado para revisar el nivel del aceite del motor es antes de ponerlo en marcha. Para revisar el nivel de aceite vea que el vehículo esté sobre una superficie plana y nivelada saque la varilla medidora de aceite, límpiela y vuelva a meterla para obtener una medición correcta. Esta varilla tiene dos marcas que indican el nivel bajo y alto de aceite. Si el aceite está a nivel de L (bajo) o debajo de esta marca debe agregarle el aceite que sea necesario. El nivel del aceite debe ser conservado dentro de este margen de seguridad, ni arriba de la marca H (alto) ni debajo de la marca L (bajo).

Transmisión manual.- Cada 5,000 Km. debe revisarse el nivel del aceite de la transmisión. Este nivel debe estar al ras con la inferior del agujero de llenado de la caja de transmisión. En caso contrario, agregue aceite para engranes SAE 90 que sea necesario.

**Transmisión automática** - Revise el nivel del aceite de la transmisión automática cada 5,000 Km. En la parte trasera derecha del motor hay una varilla medidora de este aceite. Tiene una escala y cada lado uno para frío y otro para caliente. Saque la varilla medidora, límpiela y vuelva a meterla. Vuelva a sacar la varilla y revise el nivel del aceite sobre la escala que le corresponda. El nivel de marca lleno o sea "H" si el nivel está por debajo de esto marca agregue el aceite necesario para transmisión tipo A ó Dexron, no deje que rebase la marca K, pues podría hacer que la transmisión funcionara mal y sufriera algún daño.

#### **2.4 - BANDAS Y MANGUERAS EN MAL ESTADO**

Por lo menos cada 10,000 Km se deben revisar las bandas y mangueras que están conectadas e impulsar al ventilador, la bomba de aceite, el compresor de aire y al alternador para comprobar que no estén rajados, deshilachados, desgastados o estén flojas.

**Bandas.** - Se recomienda que las bandas se reemplacen cada 36,000 km, la deflexión de una banda en el punto medio de su parte más larga entre las poleas no debe ser superior a unos 7/16 con una presión de 22 lbs, aplicado a la banda.

Para ajustar la tensión de todos los componentes, salvo el compresor del aire acondicionado, la banda de la dirección hidráulica y la bomba de aire de algunos modelos recientes, afloje los tornillos de pivoteo y de sujeción de los componentes impulsados por la banda y usando una palanca de madera empuje al componente hacia afuera del motor hasta obtener la tensión deseada.

Una banda demasiado apretada desgastará el rodamiento de la polea en los diversos componentes. Apriete bien los tornillos de montaje, si se instala una banda nueva debe revisarse su tensión después de 1,500 Km. de recorrido.

#### **2.5.- COMO LOCALIZAR BANDAS DESGASTADAS.**

Las bandas en V son vitales para un eficiente funcionamiento del motor, dan impulso al ventilador a la bomba de agua y a otros accesorios. Necesitan muy poco mantenimiento pero no son eternas. Si la banda en V patina, causará sobrecalentamiento.

Si la banda de su auto tiene las siguientes características que a continuación se describen, cámbielas.

- **Rajándose o abriéndose** - Esta banda tiene rajaduras profundas que hacen que se doblen. Demasiados dobles llevan al recalentamiento y falla prematura. Estas rajaduras pueden haber sido causadas por haber empleado la banda demasiado pequeña. Para las poleas muy pequeñas hay bandas ranuradas.
- **Suavizándose** - El aceite y la grasa en una banda puede hacer que el hule de la banda se suavice y se separe de las cuerdas de refuerzo que forman la banda. Esta banda primero comenzará a resbalar o patinar y después fallará por completo.
- **Forro desgastado** - El forro de esta banda está desgastado y comienza a arrancarse. Las cuerdas de refuerzo comenzarán a desgastarse y la banda se romperá fácilmente. Cuando el recubrimiento de una banda se desgaste o tenga una apariencia rugosa, revise las ranuras de las poleas para comprobar si tiene esperanzas.
- **Pulidas** - Lo lustroso en una banda ocasiona que esta resbale o patine, una banda que resbale o patine puede provocar una disminución de la carga en el acumulador, fallas en la dirección hidráulica, recalentamiento o mal funcionamiento de otros accesorios. Mientras más se resbala o patina una banda, más se abrillantarán su superficie y mientras más brillante esté la superficie, más resbalará. Si el abrillantamiento es ligero, apriete la banda.
- **Separación del interior** - Esta banda está por romperse y le creará problemas. Las capas de la banda se están separando y las cuerdas de refuerzo han quedado expuestas, en muy poco tiempo se romperá por completo.

## 2.6 - COMO LOCALIZAR MANGUERAS EN MAL ESTADO.

Las dos mangueras del radiador, tanto la superior como la interior, realizarán un trabajo difícil. Están sujetas a casi 18 psi (16/pulg<sup>2</sup>) a temperaturas debajo del cofre del automóvil que en muchas ocasiones pasan de los 135 °C y deben soportar la circulación de casi 29,000 litros de refrigerante por hora. A continuación algunas razones para tener siempre mangueras en perfectas condiciones.

La mejor manera de saber el estado de una manguera es tocarla, y para saber si tiene partes suaves o desgastadas. Con frecuencia estos defectos aparecen en partes dilatadas de la manguera. La causa más probable es suavizamiento por aceite. Esta manguera podría reventarse en cualquier momento, cuanto este caliente a baja presión.

Las rajaduras en las mangueras son fácilmente visibles, pero es conveniente tocarlas para cerciorarse de que no se han endurecido, causa principal de las rajaduras. Las cuerdas de reforzamiento se han dañado y la manguera puede romperse empezando por cualquiera de las rajaduras.

Las abrazaderas flojas frecuentemente son la causa de que fallen la manguera y el sistema de enfriamiento. La conexión entre el conducto y la manguera se ha deteriorado bastante, lo que ocasiona una fuga de líquido refrigerante cuando el motor está caliente.

Residuos, óxido y capa de óxido en el sistema de enfriamiento pueden dar lugar a que el interior de la manguera se desgaste. Usualmente esta puede tocarse en el exterior de la manguera como áreas suaves o adelgazadas.

Para cambiar una manguera que presenta deterioro primero quite el tapón del radiador y en el caso de volver a usar el refrigerante, drene el agua del radiador en un recipiente limpio. Quite las abrazaderas de las mangueras y quite la manguera torciéndola esto es para destruir su sello con el radiador y la entrada del refrigerante en el motor. Cuando instale la manguera nueva no apriete demasiado las abrazaderas, para no correr el riesgo de cortarla. Vuelva a llenar el radiador con líquido refrigerante y agua, haga funcionar el motor y después vuelva a revisar el nivel del radiado para ver si no hay fugas.

### **3.- PROCEDIMIENTO DE SERVICIO Y MANTENIMIENTO PARA EL MOTOR Y ESPECIFICACIONES (CONJUNTO DEL MOTOR)**

El motor es del tipo de cuatro cilindros en línea y válvula a la cabeza.

La cabeza de cilindros es de hierro fundido con aleaciones de cromo y cuenta con cámara de combustión en forma de cuña, además de tener integradas las guías de las válvulas.

En la cabeza del motor van instaladas las válvulas del tipo de vástago con resorte único en cada uno. Las válvulas son accionadas por balancines troquelados en conjunto con varillas de empuje y punterías, éstas últimas accionadas por el eje de levas.

Los balancines están colocados sobre el eje de levas hecho de una sola pieza. El bloque de cilindros y el cárter tienen perforaciones para alojar los cojinetes principales del cigüeñal y los cojinetes del eje de levas. El bloque está provisto de perforaciones para alojar las sólidas punterías cilíndricas.

El cigüeñal, balanceado con contrapisos, gira en cuatro cojinetes principales. El extremo delantero del cigüeñal lleva un amortiguador de vibraciones, una rueda dentada para la regulación de las válvulas y una polea para la banda que acciona al ventilador y al alternador.

El eje de levas cuenta con un engrane integral para la bomba de aceite y para el distribuidor. El eje de levas y la rueda dentada del cigüeñal están acoplados con una cadena sin fin.

Los pistones pulidos son una aleación de aluminio enchapada con estaño y con refuerzo de acero, cada uno cuenta con dos segmentos (anillos) de compresión y uno para el control de aceite.

Los lomos de los pistones están provistos de bujes para los pasadores que son montados a presión.

Los pasadores están desalineados hacia el lado derecho del motor.

Los cojinetes del extremo mayor son del tipo de casquillos de metal babbit con reverso de acero.

La bomba de aceite, del tipo de rotor excéntrico, va montada en el exterior de la parte inferior del lado derecho del bloque de cilindros.

La bomba capta aceite a través de una coladera que hay en el colector y lo entrega, vía el elemento reemplazable de filtración y de flujo continuo, al conducto del aceite, de donde a su vez es distribuido a los cojinetes principales del cigüeñal, a los cojinetes del eje de levas, y al mecanismo de válvulas y balancines que va a la cabeza del motor. La bomba tiene incorporada una válvula de descompresión.

Los múltiples de admisión y escape, se encuentran ambos en el lado izquierdo del motor. Van atornillados juntos a una conexión central, permitiendo que el calor del

escape, controlado por una válvula termostática de control de temperatura, sea dirigido a la cámara de calefacción dentro del múltiple de admisión, por debajo del carburador. El control termostático del ahogador se encuentra en una cavidad que tiene el múltiple de escape.

El aire es filtrado y expulsado con las emanaciones del cárter a través de la válvula de ventilación que esta sobre la cubierta de los balancines y de allí por una manguera a una conexión que está sobre el múltiple de admisión. Esto proporciona una ventilación positiva del cárter.

### 3.1. - DESMONTAJE E INSTALACION DEL MOTOR.

1. Marque el contorno de las bisagras en el cofre del motor, para facilitar su reinstalación y desmóntelo.
2. Vacíe el sistema de enfriamiento por la llave que hay en la parte inferior del radiador y por el tapón que tiene el bloque de cilindros en un lado.
3. Desconecte los cables conductores del acumulador y desmantelo del vehículo.
4. Quite el radiador y la tolva del radiador después de desconectar los tubos de enfriamiento del liquido de la transmisión automática.
5. Quite el filtro del aire.
6. Quite el ventilador y la polea.
7. Desconecte.
  - Cable del medidor de temperatura del agua.
  - Cable de la cápsula de presión de aceite.
  - Cable primario del distribuidor de encendido.
  - Conexión del motor de arranque.
  - Manguera de la gasolina.
  - Cables del alternador.
  - Mangueras del calefactor.
  - Conexión del acelerador y del ahogador.
  - Cable de tierra del motor.

**Nota** - Una recomendación para cuando se desconecta el complicado cableado de los motores es poner un trozo de cinta masking tape al cable y a la conexión de la cual se desconecta el cable, marcándolo con un número. Así cuando tenga que volver a conectar el cableado simplemente conecte los elementos que tienen el mismo número marcado.

En modelos de aire acondicionado es necesario quitar el compresor y el condensador. No trate de desconectar ninguna de las mangueras del aire acondicionado recuerde lo que vimos en puntos anteriores.

8. Desconecte la manguera del reforzador del freno del motor.
9. Quite el cilindro de operación y el resorte de retorno del embrague.
10. Desconecte de la transmisión el cable del velocímetro interruptor de la luz reversa y cualquier otra conexión que vaya a la transmisión.
11. Desconecte el varillaje de los cambios de velocidad en la columna de la dirección.
12. Desconecte del múltiple del escape al tubo de escape.
13. Marque la posición relativa de las pestañas de la flecha de transmisión y quite la flecha.
14. Coloque un gato debajo de la caja de transmisión y quite el travesaño.
15. Utilizando un equipo elevador adecuado, levante el motor y desmonte el aditamento especial que soporta del motor.
16. Quite los pernos delanteros del montaje del motor y levántelo a un ángulo en el cual la parte delantera del mismo quede más alta que la posterior y maniobre de manera que el motor salga por la abertura del cofre.

Proceda a la inversa para instalar, poniendo especial atención a lo siguiente.

Los pernos delanteros de montaje deberán apretarse a una torsión de 85 Lb/ft, después que el peso total del motor y de la transmisión esté apoyado sobre los montajes.

### 3.2.- DESMONTAJE E INSTALACION DE LA CABEZA DE CILINDROS.

1. Vacíe el sistema de enfriamiento por la llave que hay en el tanque inferior del radiador y por el tapón que tiene el bloque de cilindros en uno de sus lados.
2. Desmonte el filtro de aire, desconecte el cable de control del ahogador y la varilla de aceleración del carburador.

3. Desconecte los tubos de combustible del carburador y de la bomba de combustible.
4. Desconecte los alambres de alta tensión del distribuidor y de la bobina y quite las bujías
5. Desconecte el cable conductor de la unidad emisora de la temperatura del agua
6. Desconecte, del múltiple de escape, el tubo de escape, quite las tuercas que sujetan al múltiple a la cabeza de cilindros y desmonte el múltiple y el carburador como un solo conjunto.
7. De la cubierta de los balancines, desmonte la manguera de la válvula de ventilación del cárter y desmonte la cubierta de los balancines  
Para desmontar la cubierta de los balancines en vehículo que tengan instalado aire acondicionado proceda de la siguiente manera.
  - a) De la palanca del pedal del freno desconecte la varilla de empuje del cilindro del freno.
  - b) Desmonte los tornillos de sujeción del cilindro del freno y baje el cilindro sin desconectar los tubos del freno.
  - c) Maniobrando por debajo de los tubos del aparato acondicionador de aire, saque la cubierta de los balancines.
8. Desmonte las varillas de empuje del motor y manténgalos en su orden correcto para volverlos a montar.
9. Suelte con cuidado los pernos de sujeción de la cabeza de cilindros, en el orden contrario de apretado y levante del motor la cabeza de cilindros, teniendo cuidado de no dañar los tubos del aparato acondicionador de aire (en caso de tenerlo).

Para instalar la cabeza de cilindros, proceda a la inversa teniendo especial cuidado en los siguientes puntos.

Limpie todas las superficies de contacto del empaque en la cabeza de cilindros y en el bloque de cilindros, y verifique dicha superficies de contacto con una regla o algo similar para ver que estén perfectamente planas.

Utilice empaques nuevos por todo el motor y aplique un sellador adecuado sobre el empaque de la cabeza.

Apriete los pernos de la cabeza de cilindros a una torsión de 65 l.b/ft en el orden que se indica.

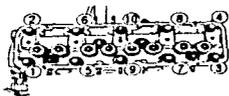


FIG 18 SECUENCIA PARA AFLOJAR



FIG 19 -SECUENCIA PARA APRETAR

Ponga en marcha el motor y una vez que haya alcanzado su temperatura normal de funcionamiento ajuste la tolerancia entre los balancines y los vástagos de las válvulas según especificaciones.

#### PARA DESARMAR

1. Con la cabeza de cilindro desmontada, comprima los resortes de las válvulas.
2. Desmonte los retenes de las válvulas, los retenes de los resortes de las válvulas, los sellos de los vástagos de las válvulas y los resortes de las mismas
3. Quite cualquier rebaba que pudiese haber en las guías que tienen los vástagos para los retenes, para evitar daños a las guías de las válvulas al desmontar dichas válvulas.

#### PARA INSPECCIONAR

4. Limpie perfectamente las válvulas y deseche aquellas que estén quemadas, torcidas o agrietadas.
5. Mida el desgaste de los vástagos de las válvulas. Si el desgaste excede las 0.002 plg reemplace la válvula.
6. Limpie el carbón y cualquier sedimento que pudiera haber en los diámetros interiores de las guías de los vástagos de las válvulas.
7. Si fuese necesario, rectifique los diamantes interiores de las guías e instale válvulas con vástagos de medida mayor.

Se pueden obtener válvulas de repuesto con medidas mayores de + 0 005 plg + 0 030 plg. Se disponen también de rectificadores con la medida adecuada para los vástagos con medida mayor.

#### PARA RECTIFICAR LAS VALVULAS Y SUS ASIENTOS.

1. Verifique los ángulos de los asientos y de las caras de las válvulas de admisión. El ángulo de los asientos es de 45°. La cara de la válvula de admisión es de 45° y la cara de la válvula de escape es de 47°.
2. Luego de haber rectificado las válvulas, deberá haber un margen mínimo de 0 047 plg sobre el filo de la cara de la válvula. Las válvulas que tengan menos de este mínimo deberán desecharse.
3. Al rectificar los asientos de las válvulas asegúrese que se utilice el correcto piloto guía de la válvula, para la piedra de rectificación de los asientos. Deberá obtenerse una superficie perfecta y completa.
4. El sobresaliente total no deberá exceder de 0 003 plg tratándose de las válvulas de admisión y entre 0 047 plg y 0 062 tratándose de las de escape.

#### PARA VERIFICAR LOS RESORTES DE LAS VALVULAS

1. Coloque el resorte sobre una superficie plana, junto a una escuadra. Mida la altura del resorte y dele vuelta contra el borde de la escuadra para medir cualquier distorsión. Si la altura del resorte varía por comparación por más de 0 062 plg o si la distorsión se excede de 0.062 plg debe cambiar el resorte.
2. Aparte de evaluar los resortes en la forma anterior se debe comprobar la presión del resorte en sus posiciones de instalado y comprimido, utilizando un probador de resortes de válvula. Los resortes usados en motores de poco desplazamiento (menos de 3 litros) deben estar +- a 1 lb de los otros resorte en cualquier posición relativa. En motores más grandes se admiten tolerancias de +- 5lbs.

#### PARA VOLVER A ARMAR

Para armar proceda a la inversa, poniendo atención a lo siguiente.

Los resortes de las válvulas deberán instalarse con los extremos cerrados de la espiral hacia el bloque de cilindros. Instale los sellos a los vástagos de las válvulas y sobre las guías de

las mismas, e instale los resortes y los retenes. El sello largo deberá ser instalado en la válvula de admisión y el sello corte en la de escape.

#### PARA AJUSTAR LA TOLERANCIA DE LAS VALVULAS

1. Haga funcionar el motor a una velocidad ligeramente superior a la de régimen rápido, por lo menos durante 15 minutos para que éste alcance su temperatura normal de funcionamiento.
2. Desmunte el filtro del aire y la cubierta de los balancines.
3. Haga que el cilindro No. 1 llegue al punto muerto superior en su carrera de compresión y ajuste ambos balancines de cilindro (No. 1) a la tolerancia especificada.
4. Utilizando el mismo procedimiento para los tres cilindros restantes ajuste los otros 6 balancines.
5. Instale la cubierta de los balancines y el filtro de aire.

#### 3.3.- DESMONTAJE E INSTALACION DE LOS BALANCINES Y SU EJE

1. Desmunte el tubo de la válvula de ventilación del cárter que van en la cubierta de los balancines. Vea desmontaje e instalación de la cabeza de cilindros párrafo (7), para proceder adecuadamente en caso de que haya un aparato acondicionador de aire.
2. Desmunte la cubierta de los balancines y su empaque.
3. Desmunte los pernos del eje de los balancines y los retenes de acero troquelados sujetos a las ménsulas que van en la cabeza de cilindros.
4. Desmunte el conjunto de balancines y su eje

Proceda a la inversa para instalar, poniendo cuidado a lo siguiente.

- Al instalar la parte plana en el extremo del eje de los balancines debe estar en la parte superior y al frente del motor, para asegurar una lubricación adecuada a los conjuntos de los balancines.
- Antes de apretar los pernos del eje de los balancines verifique que los retenes estén sobre el eje y no sobre los bujes prolongados de los balancines.
- Apriete los pernos del eje de los balancines a una torsión de 30 Lb/ft.
- Ajuste las punterías a la tolerancia recomendada, estando a temperatura normal de funcionamiento.



FIG 20 -COMPONENTES DE LOS BALANCINES Y DE SUS EJES

### 3.4.- DESMONTAJE E INSTALACION DEL EJE DE LEVAS Y PUNTERIAS

1. Estando el motor desmontado del vehiculo, desmonte el colector del aceite, la bomba de aceite y la bomba de combustible.
2. Desmonte la cubierta de regulaci3n, lo mismo que la cadena de regulaci3n y la rueda dentada del eje de levas.
3. Desmonte el conjunto de los balancines el distribuidor y las bujias.
4. Desmonte las varillas de empuje y las punterias, sin alterar su orden para volverlas a armar con igual colocaci3n.
5. Retire, del bloque de cilindros, el eje de levas, teniendo cuidado de no dañar sus cojinetes con los filos de las levas.

Proceda a la inversa para instalar, poniendo atenci3n a los puntos siguientes:

- Lubrique los l3bulos de las levas y los cojinetes del eje de levas con aceite para motor, antes del armado.
- Ponga en marcha el motor y espere a que alcance su temperatura normal de funcionamiento, para calibrar las v3lvulas.
- Todas las caras de las punterias deben tener una corona definida o una cara convexa y se deber3n verificar con un filo recto (una regla) y reemplazarse en caso necesario.

#### PARA REEMPLAZAR LOS COJINETES DEL EJE DE LEVAS

1. Saque con un botador el tap3n de expansi3n que est3 por detr3s del cojinete posterior, en el bloque.

2. Utilice la herramienta especial para desmontar y montar, para sacar todos los casquillos de los cojinetes por el frente del bloque
3. Guíe a su lugar los nuevos casquillos de cojinetes con la misma herramienta especial y el adaptador correcto.
4. El orificio para el aceite que tiene cada cojinete, deberá estar exactamente alineado al conducto perforado proveniente del cojinete principal. El cojinete No. 1 deberá estar a 0 093 plg hacia atrás de la cara delantera del bloque de cilindros.
5. Utilice un sellador adecuado e instale un nuevo tapón de expansión en la parte posterior del eje de levas.

### 3.5.- PISTONES Y BIELAS

#### PARA DESMONTAR Y DESARMAR

1. Estando el motor desmontado del vehículo, desmonte la cabeza de cilindros lo mismo que el colector del aceite.
2. Si los casquetes del cojinete del extremo mayor de las bielas no están numerados, marque los casquetes en relación a las bielas y a los conjuntos de biela y pistón en relación al cilindro del cual fueron desmontados.
3. Afloje y desmonte las tuercas y retire el casquete del cojinete del extremo mayor, lo mismo que el medio casquillo.
4. Saque el conjunto de biela y pistón empujándolo por la parte superior del cilindro, teniendo cuidado de no mellar los muñones del cigüeñal ni rayar las paredes de los cilindros.
5. Vuelva a colocar el casquillo del cojinete y el casquete en cada conjunto respectivo, tal como se va desmontando del motor.
6. Saque el pasador presionándolo con la herramienta especial disponible para este propósito. El pasador hueco va a presión en la biela.
7. Si se van a reemplazar los anillos de los pistones, desmóntelos por la parte superior del pistón y deséchelos.

**Limpie los sedimentos de carbón que hayan en el fondo de las ranuras donde se alojan los anillos. Tenga cuidado de no rayar el fondo y los lados de dichas ranuras.**

#### **PARA INSPECCIONAR LOS DIÁMETROS INTERIORES DE LOS CILINDROS**

1. Deberá verificarse la ovalidad y la conicidad de los diámetros interiores de los cilindros. Los diámetros interiores de los cilindros que tengan excesiva ovalidad o conicidad, o los que muestren rasguños o rayaduras deberán rectificarse y pulirse y ser provistos de pistones y anillos nuevos.
2. Los cilindros que aun estén en buenas condiciones que se les puedan poner los mismos pistones pero que requieran anillos nuevos, deberán pulirse para hacer desaparecer lo vidriado.
3. Para quitar lo vidriado de las paredes de los cilindros se puede utilizar un esmeril rectificador. Inspeccione las paredes de los cilindros después de cada 20 carreras. Utilice aceite para esmerilar y no aceite para motor o para transmisión.
4. El esmerilado deberá efectuarse moviendo el esmeril hacia arriba y hacia abajo, lo suficientemente rápido como para lograr un diseño en forma de trama. Cuando las marcas del esmeril se interceptan a 55 grados, el diseño es lo más satisfactorio para el correcto asiento de los anillos.
5. Después de esmerilar hay que limpiar el bloque para que no queden residuos abrasivos.
6. No deberán permanecer partículas de abrasivos en las piezas del motor después de haber esmerilado. Deberá utilizarse una solución de agua y jabón y cepillar todas las piezas y secarse perfectamente. Lubrique los cilindros después de la limpieza para evitar que se oxiden.

#### **PARA MONTAR ANILLOS NUEVOS A LOS PISTONES**

1. Coloque cada anillo en la porción relativamente sin desgaste del diámetro interior del cilindro al cual se va a montar y alinéelo a escuadra con la pared del cilindro. Esto se puede lograr insertando un pistón invertido desde la parte superior del cilindro y empujando el anillo hacia abajo hasta aproximadamente 2 plg de distancia del fondo del cilindro.
2. Retire el pistón y mida la abertura del anillo con un calibrador de hojillas. De ser necesario, ajuste dicha abertura limando hasta lograr las medidas especificadas.

#### PARA VOLVER A ARMAR E INSTALAR

1. Coloque la biela en el pistón de manera que el orificio del chorro de aceite que hay en la mitad superior del cojinete del extremo mayor esté hacia la izquierda del pistón. La parte delantera del pistón está indicada por una muesca sobre la cabeza del mismo.
2. Introduzca a presión el pasador, desde la cara delantera del pistón y dentro del diámetro interior del extremo menor de la biela.
3. Verifique la tolerancia entre el anillos y la ranura del pistón y utilizando una herramienta expansora, monte los anillos a los pistones de la manera siguiente.
4. Utilizando un ensamblador de anillos, instale en expansor y luego en anillo de control del aceite en la ranura inferior. La abertura del anillo deberá estar opuesta a la abertura del expansor.
5. Instale el segundo anillo de compresión en la ranura central con el lado marcado con TOP viendo hacia arriba y el anillo superior de compresión acatando la misma marca.
6. Coloque los anillos con la abertura de la siguiente manera.
  - Las aberturas de los anillos de compresión hacia el lado izquierdo del pistón y espaciados a una distancia de 60 grados.
  - Las aberturas de los anillos de control del aceite no se deberán alinear con las aberturas de los anillos de compresión.
  - El expansor del anillo de control del aceite deberá terminar hacia el lado derecho del pistón.
7. Utilizando un compresor de anillos, ensamble el conjunto de pistón y biela en el cilindro, de manera que el orificio del chorro de aceite que hay en el cojinete del extremo mayor este viendo hacia el lado izquierdo del motor.
8. Empuje hacia abajo el conjunto del pistón por el diámetro interior del cilindro y alinee la biela con el muñón del cigüeñal.
9. Instale el casquete del cojinete del extremo mayor y la mitad inferior del cojinete, coloque las tuercas de sujeción y apriéte las a una torsión de 45 Lb/r.
10. Instale los demás conjuntos de pistón y biela utilizando el mismo procedimiento.
11. Todos los componente deberán ser lubricados con aceite limpio para motor antes de su instalación.

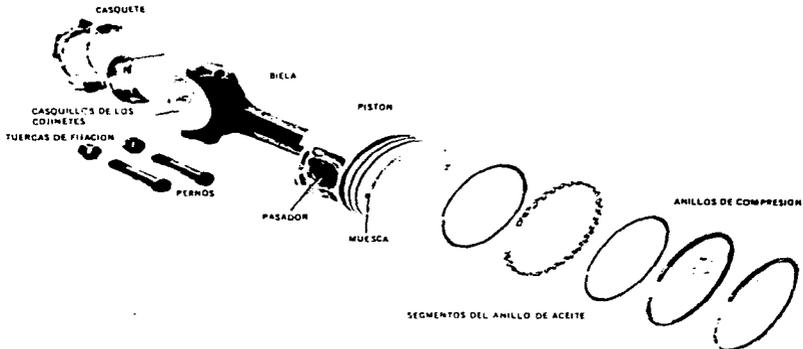


FIG. 21.-COMPONENTES DEL PISTON Y DE LA BIELA

### 3.6.- DESMONTAJE E INSTALACION DEL CIGUEÑAL Y COJINETES PRINCIPALES

1. Estando el motor desmontado del vehiculo, desmonte la cadena de regulación y la rueda dentada del eje de levas.
2. Saque el difusor de aceite deslizando y utilice un extractor para retirar la rueda dentada del cigueñal.
3. Desmonte el volante y también las tuercas de fijación del cojinete del extremo mayor y quite los casquetes de los cojinetes.
4. Con las bujias desmontadas, empuje cada conjunto de biela y pistón hacia arriba, por los diámetros interiores de los cilindros, sin pasarse de los límites superiores de la carrera del pistón.
5. Verifique la holgura lateral del cigueñal, ya sea con un calibrador de hojillas en el cojinete principal No. 3 o montando un indicador de carátula a la parte posterior del bloque de cilindros con su émbolo buzo sobre la brida del cigueñal.

6. Marque los casquetes de los cojinetes principales de manera que pueda volverse a armar en sus posiciones originales, saque los pernos de sujeción y desmonte los casquetes de los cojinetes, lo mismo que los medios cojinetes inferiores
7. Desmonte el retén del sello del aceite que tiene el cojinete principal posterior, con todo y la mitad inferior del sello del aceite.
8. Del cárter, levante el cigüeñal, teniendo cuidado de no desalojar ni dañar las mitades superiores de los cojinetes principales
9. Si se van a reemplazar los casquillos de los cojinetes principales, desmonte del bloque de cilindros las mitades superiores de los cojinetes

Proceda exactamente a la inversa para la instalación, teniendo especial cuidado con los puntos siguientes

- Deberá verificarse el desgaste excesivo, la conicidad y las rayaduras de los muñones del cigüeñal, lo mismo que de los casquillos de los cojinetes
- Los muñones que no se encuentren en condiciones de ser utilizados de nuevo, deberán rectificarse y se les deberán montar los casquillos de cojinetes de la medida menor apropiada.
- Estando uno de los muñones dañados, ocasionará que todos se rectifiquen y la consecuente colocación de nuevos casquillos de cojinetes de la medida menor adecuada, o el montaje de un cigüeñal reacondicionado con cojinetes de medida menor, a la colocación de un cigüeñal nuevo con cojinetes de medida estándar.

#### PARA REEMPLAZAR LOS COJINETES PRINCIPALES CON EL CIGÜEÑAL INSTALADO

Los cojinetes principales estándar se pueden reemplazar por ensamble selectivo.

Se pueden utilizar un casquillo de cojinete con una medida menor de 0.001 plg con un casquillo de cojinete estándar a uno con 0.002 plg de medida menor con otro de 0.001 plg de medida menor. El casquillo de cojinete con menor diámetro deberá utilizarse como la mitad superior. No utilice cojinetes usados y nuevos como pares ni unos que difieran mas de 0.001 plg entre ellos de la siguiente manera.

1. Desmonte el colector de aceite del motor y la bomba de aceite.

2. Verifique que los casquetes de los cojinetes estén marcados o numerados y anote éstos en relación con las marcas similares o números sobre el cárter, adyacente al cojinete
3. Saque los pernos de los casquetes y desmonte el casquete del cojinete y el medio casquillo del cojinete que se va a reemplazar
4. Desmonte el casquete del cojinete y mida cuidadosamente el espesor del alambre de plomo con un micrómetro. Esta será la verdadera tolerancia entre el cojinete y el muñón
5. Con la herramienta para desmontar el cojinete en la perforación del muñón del cigüeñal y haga girar al cigüeñal en el sentido de las manecillas del reloj hasta que la cabeza de la herramienta haga contacto con el filo plano del casquillo del cojinete superior
6. Continúe girando el cigüeñal para sacar del alma del cárter la mitad superior del casquillo del cojinete y desmóntelo por debajo
  - La herramienta para desmontar cojinetes es pequeña y tiene la forma de un remache, cuyo mango entra perfectamente en la perforación para el aceite.
7. Seleccione un par de medios casquillos que proporcionen la tolerancia requerida de funcionamiento del cojinete.
8. Tome el medio casquillo seleccionado, úntelo con bastante aceite de motor e introdúzcalo en el cigüeñal, comenzando por el filo plano. Haga girar al cigüeñal, de manera que la herramienta haga contacto con el filo de la lengüeta de colocación del cojinete, llevándolo a su lugar en el alma del cárter, por encima del muñón del cojinete principal.
9. Utilice el mismo método al reemplazar otros cojinetes principales según sea necesario.

### 3.7.- DESMONTAJE E INSTALACION DEL COLECTOR DE ACEITE DEL MOTOR.

1. Desconecte el cable conductor de tierra del acumulador, vacíe el sistema de enfriamiento y desmonte las manguera superior e inferior del radiador.
2. Desconecte del carburador, la varilla de la válvula de aceleración y desconecte, del múltiple, el tubo de escape.
3. Desconecte o afloje todos los demás cables conductores, mangueras o tubos que obstruyan el paso al motor para levantarlo de su parte delantera.
4. Quite los pernos que sujetan los dos montajes delanteros del motor al travesaño.

5. Interponiendo un bloque de madera entre el colector del aceite y el gato hidráulico levante la parte delantera del motor
6. Coloque entre cada soporte del motor y el travesaño un bloque de madera, bajo el motor y retire el gato
7. Desmonte las cubiertas inferior y delantera del embrague (en vehículos con transmisión manual) o la placa cubierta del convertidor (en vehículos con transmisión automática).
8. Vacíe el aceite y quite los pernos y tornillos de sujeción del colector del aceite.
9. Desmonte el colector maniobrando hacia abajo y hacia adelante y bajando el extremo posterior.

Para instalar proceda a la inversa teniendo cuidado con lo siguiente.

1. Limpie perfectamente, con un solvente, la malla para filtrar el aceite que hay en el colector, lo mismo que el tubo y séquelo con un paño
2. Quite todo vestigio de empaque usado que pudiese haber quedado en las superficies de contacto del cárter y del colector de aceite.
3. Utilice empaques nuevos, instale el colector del aceite y apriete los pernos a una torsión de 18 Lb/ft
4. Apriete las tuercas de los pernos que van del montaje del motor al travesaño a una torsión de 85 Lb/ft.
5. Llene con aceite de motor de la graduación correcta.

### 3.8. - BOMBA DE ACEITE

#### PARA DESMONTAR Y DESARMAR

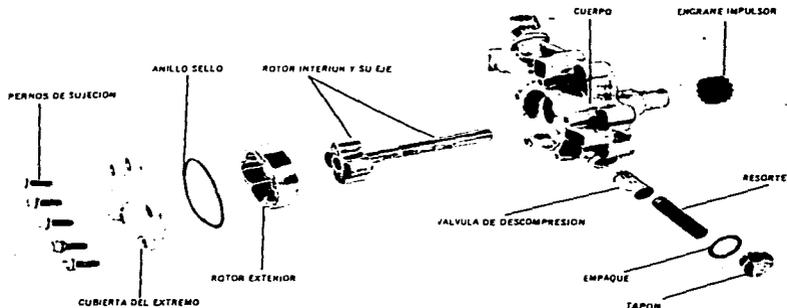
1. Estando el motor y el conjunto de la transmisión desmontado del vehículo, quite los pernos de sujeción de la bomba, desmóntela y quite el empaque.
2. Desmonte la cubierta del filtro de aceite y el elemento.
3. Desmonte los tornillos y quite la cubierta de la bomba y el anillo sellador.
4. Saque a presión de su eje el engrane impulsor no recargue ningún peso sobre el cuerpo de aluminio de la bomba.

5. Desmonte el rotor interior con su eje y el anillo rotor exterior.
6. Desmonte el tapón de la válvula de descompresión y su empaque y retire el resorte y la válvula de descompresión.

#### PARA ARMAR E INSTALAR

El armado y la instalación deberán llevarse a cabo invirtiendo los procedimientos de desarmado y desmontaje, teniendo cuidado con lo siguiente.

1. Utilice un anillo de sellado nuevo entre la cubierta y el cuerpo de la bomba.
2. Apriete los pernos de la cubierta a una torsión de 11 Lb/ft.
3. Apriete los pernos de sujeción que van de la bomba al motor a una torsión de 18 Lb/ft.
4. Limpie la base del filtro, lubrique el sello e instale el filtro nuevo sobre la base hasta que el empaque haga contacto con la base.
5. Para obtener un buen sellado, apriete el filtro a mano el número adicional de vueltas indicado en el filtro de repuesto.



VISTA ESQUEMATICA DE LOS COMPONENTES DE LA BOMBA DE ACEITE

### 3.9. - MULTIPLES

#### PARA DESMONTAR Y DESARMAR

1. Desmonte el filtro de aire y desconecte el alambre de control del ahogador y el varillaje de aceleración del carburador.
2. Desconecte del carburador y del distribuidor el tubo de control de vacío.
3. Desconecte del múltiple de escape, el tubo de escape.
4. Desmonte las tuercas y las arandelas cónicas que sujetan el conjunto de múltiples de admisión y de escape a la cabeza de cilindros
5. Desmonte los pernos que sujetan unidos a los dos múltiples y sepárelos. Deseche el empaque.

#### PARA VERIFICAR LOS MULTIPLES

1. Limpie los múltiples con solvente y séquelos.
2. Verifique las superficies de contacto con una regla y examine los múltiples para ver si tienen grietas y deformaciones
3. Verifique si la válvula de control del calor gira libremente sobre su eje. Si está rígida en el múltiple sumérjala en un solvente y muevala hasta obtener un funcionamiento libre.

#### PARA VOLVER A ARMAR E INSTALAR

1. Utilice un empaque nuevo y monte el múltiple de admisión sobre el múltiple de escape, pero no apriete los pernos.
2. Utilizando también un empaque nuevo entre el conjunto de múltiples y la cabeza de cilindros, coloque el conjunto e instale las arandelas de latón y las tuercas especiales sobre los pernos prisioneros del extremo superior de los múltiples.
3. Instale las arandelas y las tuercas únicamente cuando el motor y el sistema de escape estén fríos.
4. Instale las otras arandelas cónicas con su lado ahuecado contra el múltiple.
5. Apriete las tuercas de los pernos prisioneros que van del múltiple a la cabeza de cilindros a una torsión de 10 Lb/ft.
6. Apriete los pernos que sujetan juntos a los múltiples a una torsión de 15 Lb/ft.

7. Instale el carburador y conecte el alambre de control del ahogador, el varillaje del acelerador, el tubo de control de vacío, el conductor de combustible e instale el filtro de aire.

#### **4. - DIAGNOSTICO DE FALLAS DEL MOTOR**

##### **EL MOTOR NO SE PONE EN MARCHA POR PROCEDIMIENTO NORMAL.**

###### **PROBABLES CAUSAS**

- Platinos sucios o corroidos.
- El carburador se ahoga.
- Humedad en los alambres de alta tensión y/o en el interior del casquete.
- Basura o agua en el carburador y en el sistema del combustible.
- Bujías mal calibradas.
- Bobina o condensador en mal estado
- Bomba de combustible defectuosa

###### **CORRECCIONES**

- Limpie o reemplace y ajuste los platinos.
- Verifique la válvula de aguja y el flotador, limpie el sistema del combustible.
- Seque los alambres de alta tensión y el casquete.
- Limpie el carburador y el sistema del combustible.
- Calibre las bujías según sus especificaciones.
- Pruebe y reemplace el componente defectuoso.
- Pruebe y reacondicione la bomba de combustible.

##### **EL MOTOR PIERDE VELOCIDAD**

###### **PROBABLES CAUSAS**

- Velocidad de régimen mínima demasiado lenta.
- El carburador se ahoga o el nivel del flotador está incorrecto.
- Defecto en la bobina o en el condensador.

- Válvulas mal calibradas
- Fuga de aire por el múltiple de admisión o por la brida del carburador.

#### CORRECCIONES

- Vuelva a ajustar el tornillo del tope de la velocidad de régimen mínimo
- Verifique la válvula de aguja o vuelva a ajustar el nivel del flotador.
- Pruebe y reemplace el componente defectuoso
- Calibre las válvulas.
- Apriete los pernos de sujeción o reemplace los empaques

### EL MOTOR FALLA A VELOCIDAD DE REGIMEN MINIMO.

#### PROBABLES CAUSAS

- Bujías sucias defectuosas o mal calibradas
- Platinos quemados o picados
- Alambres de bajo o alta tensión del sistema de encendido flojos o rotos.
- La mezcla de régimen mínimo del carburador está mal ajustada.
- Rotor del distribuidor quemado o agrietado.
- Acumulador débil o defectuoso y/o terminales corroídas.
- El carburador se ahoga o el nivel del flotador está incorrecto.
- Válvulas quemadas, torcidas o picadas.
- Desgaste excesivo en el eje del distribuidor y en los bujes, o en la leva interruptora de los platinos.

#### CORRECCIONES

- Limpie o reemplace y calibre las bujías.
- Limpie o reemplace y calibre los platinos.
- Apriete o reemplace los componentes defectuosos.
- Ajuste el tornillo de la mezcla de régimen mínimo.
- Reemplace el componente defectuoso.
- Vuelva a cargar o reemplace el acumulador y limpie las terminales.
- Verifique la válvula de aguja o vuelva a ajustar.

- Lleve a cabo un reacondicionamiento general del motor.
- Desgaste los componentes que muestran desgaste

#### EL MOTOR FALLA AL ACELERAR PROBABLES CAUSAS

- Platinos sucios o mal calibrados.
- Bujía (s) o su (s) abertura (s) demasiado abierta (s).
- Basura o agua en el carburador.
- Bobina o condensador en mal estado.
- Regulación incorrecta del encendido.
- Válvulas quemadas torcidas o picadas.

#### CORRECCIONES

- Limpie y calibre los platinos.
- Limpie y reemplace la (s) bujía (s) defectuosa (s).
- Limpie y soplete el carburador y el filtro de la bomba de combustible.
- Reemplace el componente defectuoso.
- Verifique y corrija la regulación.
- Lleve a cabo un reacondicionamiento general del motor.

#### EL MOTOR FALLA EN ALTA VELOCIDAD. PROBABLES CAUSAS

- Platinos mal calibrados.
- Bujía (s) o su (s) abertura (s) demasiado abierta (s).
- Basura en el carburador.
- Rotor del distribuidor quemado o agrietado.
- Bobina o condensador en mal estado.
- Basura en el surtidor de potencia del carburador.
- Regulación incorrecta del encendido.

- Excesivo desgaste en el eje del distribuidor o en la leva.

#### CORRECCIONES

- Calibre los platinos.
- Limpie y reemplace la (s) bujía (s) defectuosa (s).
- Limpie y sopletee el carburador y el filtro de la bomba de combustible.
- Reemplace el componente defectuoso.
- Reemplace el componente defectuoso.
- Limpie y sopletee el carburador.
- Verifique y corrija la regulación.
- Reemplace los componentes defectuosos.

#### LE FALTA POTENCIA AL MOTOR.

#### PROBABLES CAUSAS

- Bujías sucias o mal calibradas.
- Basura o agua en el carburador y en el sistema de combustible.
- Regulación incorrecta del encendido.
- Nivel incorrecto del flotador del carburador.
- Bomba de combustible defectuosa.
- Válvulas mal calibradas.
- El avance automático del distribuidor está defectuoso.
- Silenciador o tubo del escape obstruido.
- Bobina o condensador defectuoso.
- Rotor del distribuidor roto o agrietado.
- Excesivo desgaste en el eje del distribuidor o en la leva.
- Regulación incorrecta de las válvulas.
- Válvulas quemadas, torcidas o picadas.
- El empaque de la cabeza de cilindros está quemado.
- Pérdida de compresión.

## CORRECCIONES

- Limpie y calibre según especificaciones
- Vacíe y limpie el sistema del combustible y el carburador.
- Verifique y corrija la regulación.
- Verifique y corrija el nivel del flotador.
- Verifique y reacondicione la bomba de combustible.
- Verifique y calibre las válvulas.
- Verifique y corrija.
- Verifique y limpie lo necesario.
- Reemplace el componente defectuoso.
- Reemplace el componente defectuoso.
- Reemplace los componentes defectuosos.
- Verifique y corrija lo necesario.
- Lleve a cabo un reacondicionamiento general del motor.
- Reemplace el empaque.
- Lleve a cabo la prueba de la compresión y corrija.

## FUNCIONAMIENTO RUIDOSO DE LAS VÁLVULAS.

### PROBABLES CAUSAS

- Calibración incorrecta.
- Resortes de las válvulas débiles o rotos.
- Desgaste de las guías de las válvulas.
- Punterías desgastadas.

### CORRECCIONES

- Verifique y calibre según especificaciones.
- Verifique y reemplace los componentes defectuosos.
- Rectifique e instale punterías de medida mayor.
- Reemplace las punterías o instale unas de medida mayor.

**RUIDO APARENTE DEL COJINETE PRINCIPAL.  
PROBABLES CAUSAS**

- Volante flojo.
- Polea del cigueñal floja.
- Baja presión de aceite.
- Excesiva holgura lateral del cigueñal.
- Los muñones principales del cigueñal están ovalados y hay excesiva tolerancia entre los cojinetes y los muñones principales.
- Suministro insuficiente de aceite.

**CORRECCIONES**

- Apriete los pernos de sujeción a la torsión especificada.
- Reemplace o apriete la polea.
- Verifique la tolerancia entre los cojinetes y los muñones principales, verifique en que condiciones se encuentra la bomba de aceite y la válvula de descompresión. Reacondicione lo que sea necesario.
- Reemplace las arandelas de empuje del cojinete principal.
- Rectifique los muñones principales e instale cojinetes de medida menor.
- Rellene de aceite el colector al nivel correcto.

**EXCESIVO CONSUMO DE ACEITE.**

**PROBABLES CAUSAS**

- Fugas de aceite.
- Desgaste o daños en los sellos de aceite que tienen los vástagos de las válvulas.
- Excesiva tolerancia entre vástago y guías de las válvulas.
- Desgaste o ruptura de los anillos.
- Anillos demasiado apretados o atorados en sus ranuras.
- Excesivo desgaste en los cilindros, pistones y anillos.
- Anillos de compresión mal instalados, anillos pegados o rotos.

**CORRECCIONES**

- Verifique y reemplace los empaques que sean necesarios.

- Reemplace los componentes que tengan desgaste o daños.
- Rectifique e instale válvulas de medida mayor
- Reemplace los anillos
- Reemplace los anillos y limpie las ranuras
- Reacondicione los anillos y reemplace pistones y anillos
- Reemplace los anillos.

#### CAIDA DE LA PRESIÓN DEL ACEITE.

##### PROBABLES CAUSAS

- Demasiado bajo el nivel del aceite en el colector.
- Aceite delgado o diluido.
- La válvula de descompresión del aceite de la bomba está atorado o su resorte roto.
- Excesiva tolerancia en los cojinetes.
- Excesivo desgaste de los componente de la bomba de aceite
- Fuga de aire en el sistema de aceite.

##### CORRECCIONES

- Verifique y rellene hasta la marca de lleno.
- Cambie el aceite por uno de graduación correcta y corrija la fuente de dilución.
- Desatore la válvula o reemplace el resorte roto
- Reemplace los casquillos de los cojinetes o reacondicione los muñones, lo que sea necesario.
- Reemplace o reacondicione la bomba de aceite.
- Corrija lo que sea necesario.

#### 4.1 - RECOMENDACIONES PARA OBTENER UN MAYOR KILOMETRAJE POR LITRO DE COMBUSTIBLE.

Actualmente se ha demostrado que cerca de ¼ partes de todos los vehículos que hay en México necesitan una atención de mantenimiento en áreas que influyen directamente en la

economía del combustible. Al efectuar las afinaciones y los servicios de mantenimiento regulares se puede aumentar la economía del combustible hasta un 10%.

- Reemplace regularmente sus bujías (las bujías nuevas, por sí mismas pueden incrementar en un 3% su economía de combustible).
- Cerciórese de que sus bujías son del tipo correcto y que tienen la abertura correcta.
- Reemplace regularmente el filtro de aire (Un filtro de aire sucio enriquece la mezcla del combustible y puede aumentar su consumo de gasolina hasta en un 10%).
- Reemplace el filtro de combustible por lo menos cada 10,000 Km o cada 6 meses.
- Cerciórese que la velocidad baja y la mezcla de combustible en el carburador estén ajustadas.
- Cambie el aceite y su filtro cada 6 meses ó 10,000 km lo que suceda primero (El aceite sucio se espesa y provoca fricción extra entre las partes en movimiento, reduciendo la eficiencia y aumenta el desgaste).
- Ajuste el tiempo del encendido de acuerdo con las especificaciones.
- Si su vehículo no tiene encendido electrónico, revise los platinos, el rotor y la tapa del distribuidor.
- Revise su ahogador automático. (Un ahogador que se atora o que funciona mal desperdicia la gasolina).
- Dele servicio al sistema de enfriamiento.
- Asegúrese de que el termostato funcione bien (Un termostato atorado demora el calentamiento del motor y una máquina fría usa el doble de combustible que una caliente).
- Vea que sus neumáticos estén inflados a las presiones adecuadas. (Los neumáticos con baja presión pueden costarle casi un kilómetro por litro).
- Vea que las bandas impulsadoras del auto. Especialmente la del ventilador, estén en buenas condiciones y bien ajustadas.
- Use aceite de la viscosidad adecuada recomendada para reducir la fricción.
- Conserve las ruedas balanceadas y bien alineadas (Unas ruedas delanteras desalineadas significan que las ruedas van en direcciones diferentes, creando un arrastre adicional).
- Vea que sus frenos estén bien ajustados y no se arrastren.

- ◆ **Revise los cables de las bujías para que no estén rajados, quemados o que el aislamiento este roto. (Los cables defectuosos reducen la eficiencia del combustible al no proporcionar el voltaje adecuado para el encendido de las bujías)**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La importancia de elaborar un trabajo experimental, es con la finalidad de vincular la teoría a la práctica; por lo tanto se ha tratado de combinar una exposición fundamentada y exacta, por ello se pone especial atención en aquellos métodos que se aplican de manera más general y que también pueden extenderse a problemas más allá de los que aborda este trabajo.

Es importante observar que los procedimientos, técnicas y herramientas para dar mantenimiento a los motores pueden variar mucho, lo mismo que la habilidad y experiencia de quien efectúe el trabajo. No es posible prever al trabajador todas las condiciones bajo las cuales dará servicio a los motores, ni presentar avisos y advertencias para evitar peligros que pudieran presentarse.

La información contenida en este trabajo está basada en una fuente industrial y existe la posibilidad de que al momento de ser expuesta públicamente, el fabricante haya efectuado cambios posteriores que no pudieran incluirse en el presente trabajo.

El enfoque objetivo y sencillo empleado en este trabajo no solo puede servir a los estudiantes de ingeniería mecánica interesados en este tema, sino que también como trabajo de consulta a los ensambladores reparadores y técnicos en general, donde pueden encontrar la solución a los problemas que les plantea la práctica diaria

Se recomienda tomar las precauciones pertinentes de equipo y seguridad cuando se manejan líquidos tóxicos e inflamables, o se realizan cortes u otros procedimientos que puedan ocasionar desprendimientos de materiales, para lo cual deben de emplearse lentes de seguridad, caretas, guantes o cualquier otro equipo de protección necesarios.

Debe señalarse que algunos procedimientos requieren herramientas de diseño especial para un propósito específico, por ello se recomienda al trabajador, antes de sustituir una

herramienta o procedimiento debe cuidar su seguridad personal y que el funcionamiento del vehículo no esté en peligro

Para finalizar se debe mencionar que este trabajo aborda una parte del vehículo, es decir el motor en su conjunto, por ello es dedicado a quien desee dominar o conocer todas sus partes, se incluyen figuras, diagramas y problemas con sus respectivas soluciones que se puedan presentar en la práctica, facilitándoles su estudio y comprensión.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Maleev, V. L.; *Internal Combustion Engines*  
Edit. Mc Graw Hill
- 2.- Van Wylen, Gordon, J.; *Fundamentos de Termodinámica*  
Edit. Limusa
- 3.- Harris, J. W., Smith H. J.; *Termodinámica para ingenieros*  
Ediciones URMO                      Bilbao (España)
- 4.- Obert, F. Edward; *Motores de Combustión Interna*  
Edit. C.E.C.S.A.                      México 1986
- 5.- Heldt, P. M.; *Motores Rápidos de Combustión*  
Edit. Aguilar                      Madrid (España)
- 6.- Marter, D. H.; *Termodinámica y Motores Térmicos*  
Edit. UTEHA                      México 1970
- 7.- Giacosa Dante.; *Motores Endotermicos*  
Ediciones barcelona              España 1988
- 8.- Petit, E.; *Motores de Explosión*  
Ediciones. Barcelona
- 9.- Arreola Quijada Luis, Rosello Coria Francisco.; *Energía y Máquinas Térmicas*  
Edit. Limusa                      México 1983

10 - Leeming, D J y Howarth, M ; El Motor del Automóvil, Conocimientos Básicos  
Publicaciones Marcombo, S.A

11.- Chilton Booy Company ; Chilton's Repair and Tune  
Edit. Limusa New York 1991

12.- Scientific Publications PTY. LTD ; Workshop Manual  
C.E.C.S.A.

13.- Razaud, L. Erpelding, N.L. ; Nuevo Manual del Automovilista  
Editores Boixareu Barcelona 1992