



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN



EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA ENCENDIDO  
POR CHISPA, FUNCIONAMIENTO, LOCALIZACION  
DE FALLAS, MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS

T E S I S  
Que para obtener el Título de:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
p r e s e n t a

**NICOLAS RODOLFO BALDERAS REYES**

A S E S O R: M. EN I. J. GPE. ALFONSO RAMOS ANASTASIO

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.

1994

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR

DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
"El motor de combustión interna encendido por chispa, funcionamiento, localización de fallas, medidas preventivas y correctivas"

que presenta el pasante: Nicolás Rodolfo Balderas Reyes  
con número de cuenta: 7958558-1 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

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

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlan Izcalli, Edo. de Méx., a 18 de marzo de 1994

PRESIDENTE	<u>Ing. Juan de la Cruz Hernández Zanudio</u>
VOCAL	<u>Ing. J. Gpe. Alfonso Ramos Anastasio</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Juan Contreras Espinosa</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. J. Luis Buenrostro Rodríguez</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Jaime Rodríguez Martínez</u>

D E D I C A T O R I A S

A MI MAMA QUE CON CARINO  
FE Y ESPERANZA ME ALENTABA  
EN MI VIDA Y MIS ESTUDIOS.

A MI PAPA POR GUIAR  
MI CAMINO Y HABERME FORMADO  
COMO HOMBRE, GRACIAS POR LA  
EDUCACION QUE SABES DARNOS,  
Y ESE EJEMPLO QUE TE HEMOS  
COPIADO DE RECTITUD.

A MI HERMANO DAVID QUE DE  
UNA U OTRA FORMA SIN TU AYUDA  
ME HUBIERA SIDO DIFICIL LLEGAR A SER.

## A G R A D E C I M I E N T O S

A LA UNAM POR HABERME  
DADO LA OPORTUNIDAD DE ESTUDIAR.

A MIS PROFESORES QUE MODIFICARON  
MI CONDUCTA PARA LLEGAR A SER PROFESIONISTA.

A MIS AMIGOS Y A MIS COMPAÑEROS  
EN MI VIDA DE ESTUDIANTE.

## P R O L O G O

Este estudio formado por siete capítulos, cuya finalidad es proporcionar un material de apoyo a algunos estudiantes que muestren interés en el área de la ingeniería automotriz. También se pretende ofrecer a los alumnos que cursan, las materias de Máquinas de Desplazamiento Positivo, Termodinámica y aquellas asignaturas que de alguna forma se relacionan con la energía calorífica, tener un recurso auxiliar en el aprendizaje de esta ciencia.

Así mismo, a los usuarios de automóviles que tengan interés de consultar e investigar el funcionamiento, mantenimiento, averías y reparación de el motor de su automóvil, encontrarán en este estudio la mayor causa y posible solución al buen funcionamiento del motor de su automóvil.

También confiamos que, con este material, los estudiantes en esta rama de la física, evalúen y analicen el grado de contaminación atmosférica que estamos provocando en nuestro entorno ecológico, es pues de carácter apremiante que Investigadores, Ingenieros, Técnicos e Instituciones afines contribuyan a presentar un tipo diferente de energía que no provoque una contaminación sin control.

En el capítulo 1 se analizan los principios termodinámicos de los motores de combustión interna, basandose en un análisis matemático, donde la energía calorífica, es el factor básico en estos procesos térmicos ideales.

El capítulo 2 presenta el funcionamiento del motor de cuatro carreras encendido por chispa, así como las voces técnicas empleadas en el argot de la mecánica automotriz; también se presenta la

comparación del ciclo Otto ideal con el ciclo Real de funcionamiento; el trabajo y la potencia desarrollada en el motor.

El capítulo 3 es de especial interés no sólo a los estudiosos en la energía térmica, sino de todos aquellos que se preguntan ¿Cómo se produce la contaminación atmosférica? porque en este capítulo se presenta el origen de los combustibles, composición química del petróleo, combustión, contaminación, datos estadísticos de contaminación en la zona metropolitana de la ciudad de México. Y los daños que causa, la contaminación, tanto a las obras realizadas por el hombre como al mismo ser humano y a la naturaleza.

El capítulo 4 trata sobre la lubricación tan importante en los motores de combustión interna, tipos de lubricantes y sus propiedades, la viscosidad de los mismos, así como el cambio periódico de lubricante en el motor.

En el capítulo 5 se presenta el sistema eléctrico en el funcionamiento del motor, presentando el sistema de encendido convencional y el sistema de encendido electrónico.

El capítulo 6 trata sobre la transferencia de calor de los gases calientes a las paredes del motor, de la energía perdida en forma de calor y de los refrigerantes indispensables en el funcionamiento del motor, anticongelantes y antiebulientes que se agregan al refrigerante para aumentar sus propiedades y evitar la corrosión.

En el capítulo 7 se proporciona las técnicas para dar un mantenimiento preventivo y correctivo a estos tipos de motor, también se mencionan algunos dispositivos herramientas necesarios para dar

mantenimiento y servicio al motor de combustión interna encendido por chispa. Así como las fallas más comunes y la reparación de ellas.

Quiero agradecer al Honorable Jurado por sus correcciones y sugerencias de cuya ayuda provino la terminación de esta tesis.

Muchas gracias al Maestro en Ingeniería José Guadalupe Alfonso Ramos Anastasio por su paciente corrección en esta tesis.

Nicolás Rodolfo Balderas Reyes.



**OBJETIVO:**

Hacer un estudio general del motor de combustión interna encendido por chispa, presentando con claridad los principios termodinámicos de los motores; así como las propiedades de los combustibles y lubricantes, sistemas de enfriamiento, sistemas de encendido. Técnicas de análisis para localizar y reparar fallas.

## INTRODUCCION:

Los motores de combustión interna encendidos por chispa, son sin duda, los dispositivos más empleados en la industria automotriz y en plantas industriales.

Lo que se pretende en este trabajo, es introducir al lector, de una manera clara y dinámica dentro del terreno de la ingeniería y de la mecánica automotriz.

Así como detectar de una forma práctica y sencilla las fallas, la reparación de las mismas, para el buen funcionamiento del motor. Esto es muy importante si se intenta reducir, al mínimo, la contaminación ambiental producida por los gases de escape.

**EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA ENCENDIDO POR  
CHISPA. FUNCIONAMIENTO, LOCALIZACION DE FALLAS,  
MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS.**

## C A P I T U L O S.

1. PRINCIPIOS TERMODINAMICOS DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.
2. CICLOS DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA, TRABAJO Y POTENCIA.
3. COMBUSTIBLES Y COMBUSTION.
4. LUBRICACION.
5. SISTEMA ELECTRICO.
6. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR.
7. LOCALIZACION DE AVERIAS.
8. CONCLUSIONES.
9. BIBLIOGRAFIA.

# CONTENIDO

	Página
PROLOGO .....	i
OBJETIVO .....	iv
INTRODUCCION .....	v
<b>1 PRINCIPIOS TERMODINAMICOS DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA</b>	
1.1 Introducción .....	7
1.2 Calor específico .....	11
1.3 Entalpía .....	12
1.4 Entropía .....	13
1.5 Energía .....	13
1.6 Cambios de energía .....	15
1.7 Cambios en el volumen constante .....	15
1.8 Cambios en la presión constante .....	16
1.9 Cambios isotérmicos .....	17
1.10 Cambios adiabáticos o en la entropía constante .....	19
1.11 Cambio general o politrópico .....	21
1.12 Determinación del valor de $n$ desde una línea de compresión real .....	23
<b>2 CICLOS DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA, TRABAJO Y POTENCIA</b>	
2.1 Conceptos básicos .....	24
2.2 Voces técnicas .....	24
2.3 Ciclo Otto ideal .....	26
2.4 Ciclo real y causa de su desviación del ciclo ideal .....	28
2.5 Trabajo .....	29
2.6 Potencia .....	30

### 3 COMBUSTIBLES Y COMBUSTION

3.1	Origen de los combustibles .....	32
3.2	Composición química del petróleo .....	32
3.3	Combustión .....	33
3.4	Contaminación .....	35
3.5	Pruebas de la gasolina y su importancia .....	40
3.6	Calidad antidetonante .....	40
3.7	Aditivos de gasolina .....	41
3.8	Factores que afectan el número de octanaje requerido ....	42
3.9	Volatilidad .....	43
3.10	Filtros de combustible .....	44
3.11	Filtros de aire .....	44

### 4 LUBRICACION

4.1	Introducción .....	45
4.2	Tipos de lubricantes .....	45
4.3	Propiedades de los lubricantes .....	45
4.4	Viscosidad .....	46
4.5	Clasificación del aceite por su viscosidad .....	48
4.6	Clasificación del aceite por servicio .....	50
4.7	Aditivos de aceite .....	52
4.8	Filtros de aceite .....	53
4.9	Sistemas de lubricación de aceite .....	54

### 5 SISTEMA ELECTRICO

5.1	Batería .....	53
5.2	Funcionamiento del condensador .....	56

5.3	Platinos .....	56
5.4	Bujías .....	57
5.5	Distribuidor .....	58
5.6	Sistema convencional de encendido .....	60
5.7	Sistema de encendido electrónico .....	62
5.8	Motor de arranque .....	63
5.9	Alternador .....	63
<b>6</b>	<b>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR</b>	
6.1	Carga de enfriamiento del motor .....	64
6.2	Transferencia de calor .....	65
6.3	Enfriamiento por aire .....	65
6.4	Función del radiador .....	65
6.5	Control de temperatura .....	66
6.6	Refrigerantes .....	66
6.7	Presión de enfriamiento .....	67
6.8	Anticongelantes y antiébullentes .....	67
6.9	Corrosión .....	68
6.10	Ventiladores .....	69
<b>7</b>	<b>LOCALIZACION DE AVERIAS</b>	
7.1	Introducción .....	70
7.2	Datos generales .....	70
7.3	Guía para localizar y reparar averías .....	77
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>90</b>

9	BIBLIOGRAFIA .....	91
	PERIODICOS Y REVISTAS .....	94



## PRINCIPIOS TERMODINAMICOS DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA

### 1.1 INTRODUCCION.

Algunos conceptos sobre calor y trabajo son necesarios para que la operación del motor de combustión interna pueda ser comprendida; existe muchos problemas en relación con este tipo de motor: el proceso de combustión en los cilindros y el aprovechamiento de la energía producida por la combustión, son solo dos de ellos.

El análisis termodinámico busca determinar con anticipación la cantidad de trabajo que puede esperarse de un motor, y mediante experimentos, evaluar la eficiencia con que trabaja dicha máquina.

Esto es muy importante si se intenta reducir al mínimo la contaminación ambiental producida por los gases de escape.

La intención de este capítulo es solo repasar las relaciones de presión-volumen-temperatura que explican el ciclo del motor de combustión interna o su proceso de trabajo.

La termodinámica es la parte fundamental de la física, que estudia las transformaciones de energía ya sea en forma de calor o trabajo, es decir, de energía térmica en energía mecánica, y viceversa.

La primera ley de la termodinámica:

Todas las formas de la energía son mutuamente convertibles. La energía de un sistema cerrado y aislado se mantiene constante. Esta ley se denomina también principio de equivalencia o principio de conservación de la energía. Y su modelo matemático es:

$$\Delta U = Q - W \text{ ----- (1)}$$

en donde:

$\Delta U$  = Cambio en la energía interna del sistema

$Q$  = Calor que fluye al sistema

$W$  = Trabajo realizado por el sistema

La segunda ley de la termodinámica:

No toda la energía térmica suministrada por una fuente de calor puede transformarse en energía mecánica. Ello equivale a decir que, al transformarse el calor en trabajo, una parte de la energía térmica se perderá, pero no se destruirá, y no será recuperable.

La ley cero de la termodinámica:

Establece que cuando dos cuerpos tienen igualdad de temperatura con un tercero, los tres tienen igualdad de temperaturas entre sí.

Calor. Es una forma de energía que se transmite a través del límite de un sistema que está a una temperatura a otro sistema, o al medio exterior a una temperatura más baja, por virtud de la diferencia de temperatura entre los dos sistemas, y la transmisión de calor ocurre solamente porque hay una diferencia de temperatura entre los dos sistemas.

Sistema. El sistema termodinámico se define como una cantidad de materia de masa fija sobre la cual se enfoca la atención para su estudio. Cualquier cosa externa al sistema es el espacio exterior por los límites del sistema. Estos límites pueden ser móviles o fijos.

Un sistema aislado es uno en el cual no hay influencia, en modo alguno, del exterior. Esto quiere decir que ni calor ni trabajo cruzan los límites del sistema.

Un sistema, también queda definido, cuando se trata de una cantidad fija de masa y se especifica un volumen de control cuando se hace un análisis que involucra flujo de masa.

Estado. Conjunto de variables que caracterizan la población y

propiedades físicas de un sistema de partículas.

Propiedad. Puede definirse como una cantidad que depende del estado del sistema y es independiente de la trayectoria, esto es de sus antecedentes, por lo cual haya llegado a dicho estado.

Ciclo termodinámico. Cuando un sistema en estado inicial dado pasa por varios cambios o procesos y finalmente vuelve a su estado inicial, el sistema ha experimentado un ciclo. Por lo tanto, al concluir el ciclo, todas las propiedades tienen el mismo valor que al principio.

Ciclo mecánico. Una máquina de combustión interna de 4 tiempos experimenta un ciclo cada 2 revoluciones. Sin embargo, el fluido que trabaja no sigue un ciclo termodinámico en la máquina, puesto que el aire y el combustible se queman y cambian a productos de combustión que escapan a la atmósfera.

Ley de los gases perfectos. Gas perfecto es aquel que sigue exactamente las leyes de Boyle y Charles, la ley de Joule y la de Avogadro. En realidad no existe ningún gas perfecto; no obstante, el aire, oxígeno, nitrógeno, helio y otros varios gases se comportan con bastante aproximación como si fueran gases perfectos. En los motores de combustión interna el trabajo es efectuado por los cambios en el volumen del gas.

La ley de Boyle establece:

A temperatura constante, el volumen de un determinado peso de un gas perfecto es inversamente proporcional a la presión absoluta, es decir, en tales circunstancias se verifica,

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \dots = P_n V_n = C \text{ ----- (2)}$$

en donde:

P = presión absoluta, en KPa, Kg/m<sup>2</sup> o unidades equivalentes

V = Volumen del gas, en m<sup>3</sup> o unidades equivalentes  
 C = Una constante

Las leyes de Charles establecen:

1. A presión constante, cuando un peso determinado de un gas perfecto absorbe o cede energía el volumen del gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta, esto es,  $V = CT$

o sea  $V_1/T_1 = V_2/T_2 = \dots = V_n/T_n$  ----- (3)

2. A volumen constante, cuando un peso determinado de un gas perfecto absorbe o cede energía, la presión absoluta es directamente proporcional a su temperatura absoluta, es decir,  $P = CT$

o sea  $P_1/T_1 = P_2/T_2 = \dots = P_n/T_n$  ----- (4)

Ley general de los gases. Las ecuaciones 2, 3 y 4 pueden ser combinadas para dar la ecuación de estado

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2 = \dots = P V / T = C \text{ ----- (5)}$$

o sea  $PV = CT$  ----- (6)

si  $C=R_u$  entonces,  $PV = R_u T$  ----- (7)

donde  $R_u$  = Constante universal de los gases en condiciones normales.

La ley de Avogadro establece que:

22.414 litros de cualquier gas, en condiciones normales, contendrá el mismo número  $6.022 \times 10^{23}$  de moléculas, a esta cantidad se le conoce como mol y es la unidad de cantidad para sustancias químicas.

Se le llama condiciones normales a la presión de una atmósfera y a la temperatura de 273.16 grados Kelvin.

Sustituyendo en la ecuación (7) para la unidad de un mol

$$1 \text{ atm (22.414 lts/mol)} = R_u (273.16 \text{ } ^\circ\text{K})$$

$$R_u = 8.205 \times 10^{-2} \text{ lts atm/mol } ^\circ\text{K}$$

$$R_u = 8.314 \text{ J/mol } ^\circ\text{K}$$

$$R_u = 1.987 \text{ Cal/mol } ^\circ\text{K}$$

y el modelo matemático para n moles es:

$$PV = nR_u T \text{ ----- ( 8)}$$

llamada Ecuación General De Los Gases Ideales, en donde  $n = m/M$ , entonces otra forma de la ecuación general de los gases ideales es:

$$PV = m/M(R_u T) \text{ ----- ( 9)}$$

de la ecuación ( 9), donde se emplean unidades equivalentes,

P = Presión a que esta sometido el gas, en atm.

V = Volumen que ocupa el gas, en lts

m = Masa del gas, en gr

M = Masa molecular del gas, en gr/mol

T = Temperatura absoluta del gas, en °K

$R_u$  = Constante general de los gases, en lts atm/mol°K

## 1.2 CALOR ESPECIFICO.

El calor específico es definido como la cantidad de energía térmica, que se requiere para incrementar en 1° la temperatura de una cantidad unitaria de masa de una sustancia.

El calor específico elevado significa que una sustancia almacena gran cantidad de calor con un pequeño aumento de temperatura. Las sustancias con gran valor específico son muy apropiadas para el enfriamiento. El agua y el aire se emplean comúnmente para enfriar motores y en muchos procesos industriales.

El calor específico se expresa en  $KJ/Kg^{\circ}K$  o unidades equivalentes cada cuerpo o sustancia posee su calor específico característico; por ejemplo, el calor específico del agua es  $1 Kcal/Kg^{\circ}K$ .

Los calores específicos de los sólidos o los líquidos son casi los mismos a cualquier temperatura dada, cualquiera que sea la presión, pero no así con los gases. Si el recipiente del gas aumenta de

volumen, el gas trabaja y no toda la energía calorífica aparece como efecto de temperatura. Esta situación puede ser representada por la siguiente ecuación, de la primera ley de la termodinámica tenemos:

$$Q = mC_e(T_2 - T_1) = (U_2 - U_1) + W \text{ ----- (10)}$$

donde

Q = Calor ganado o perdido

m = Masa del gas

C<sub>e</sub> = Calor específico

W = Trabajo realizado

de la ecuación (10) se deduce que la cantidad de calor necesario para cambiar la temperatura de un peso dado de gas un grado, puede tener cualquier valor numérico dependiendo de cuanto trabajo efectúa el gas durante la operación. Será suficiente para los propósitos de esta exposición establecer que:

C<sub>v</sub> = Calor específico a volumen constante

C<sub>p</sub> = Calor específico a presión constante

$$K = C_p / C_v$$

### 1.3 ENTALPIA.

Magnitud Termodinámica cuya variación da una medida de la cantidad de energía calorífica suministrada o cedida por un sistema que evoluciona a presión constante. Es una función de estado y su símbolo es H. La variación de entalpía entre los estados 1 y 2 es:

$$H_2 - H_1 = (U_2 + PV_2) - (U_1 + PV_1) \text{ ----- (11)}$$

donde

U = Energía interna

V = Volumen

P = Presión

La entalpia se mide en las mismas unidades que el calor y la energia, Kilocalorias o unidades equivalentes.

#### 1.4 ENTROPIA.

Función termodinámica que caracteriza el grado de desorden de un sistema. Cuando un sistema experimenta una transformación termodinámica y pasa de un estado 1 a un estado 2, la variación de la entropia del sistema viene dada por la ecuación:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \Delta Q/T \text{ ----- (12)}$$

donde

S = Entropia

Q = Calor absorbido por el sistema

T = Temperatura absoluta de la fuente de calor

La entropia se mide en Kcal/°K o en unidades equivalentes.

El funcionamiento de cualquier máquina térmica real, con las inevitables disipaciones de calor y los también inevitables rozamientos, provoca un continuo y progresivo aumento de la entropia del ambiente que la rodea, por lo que la entropia del ambiente constituye un índice de la degradación que las máquinas han provocado en el mismo. Una máquina ideal que funcionase sin generar aumentos de entropia, además de no producir modificaciones definitivas del ambiente, poseería también el máximo rendimiento posible, ya que en ella no deberían existir rozamientos, pérdidas o desequilibrios.

#### 1.5 ENERGIA.

Capacidad de un cuerpo, un sistema de cuerpos o una sustancia para producir trabajo exterior. Dicha capacidad se manifiesta de varias maneras, que corresponde a otras tantas formas de energia, entre estas se citaran las más interesantes de las máquinas de combustión interna.

Energía química. Es la que posee una o más sustancias capaces de transformarse y combinarse, con formación de otras sustancias, con liberación de energía de otro tipo y con capacidad de desarrollar un trabajo exterior. El ejemplo más típico es el constituido por la mezcla de aire y gasolina; la energía química se halla contenida en las moléculas de hidrocarburos, formadas por hidrógeno y carbono, que se combinan con el oxígeno del aire durante la combustión, y producen una considerable cantidad de calor, otra forma de energía, este calor hace aumentar la presión de los gases de la combustión, que pueden desarrollar un trabajo exterior, ejerciendo una fuerza sobre los pistones, que hacen girar al cigüeñal.

Energía cinética. Es la que posee un cuerpo de masa  $m$  que se mueve a la velocidad  $v$ , y cuyo valor es:

$$E_c = mv^2/2 \text{ ----- (13)}$$

La energía cinética se mide en joules o unidades equivalentes.

Cuando un cuerpo se encuentra en movimiento es capaz de realizar un trabajo, el cual será igual al cambio que experimenta en su energía cinética, de donde su modelo matemático es:

$$W = \Delta E_c = E_{c_f} - E_{c_i} \text{ ----- (14)}$$

Energía potencial. Es la que posee todo cuerpo, cuando en función de su posición o estado es capaz de realizar un trabajo. su modelo matemático es:

$$E_p = wh \text{ ----- (15)}$$

donde:

$w$  = Peso del cuerpo

$h$  = Altura

como  $w = mg$  la ecuación (15) se puede expresar en función de la



masa  $m$ , del cuerpo, y la aceleración de la gravedad  $g$ , de donde la energía potencial es igual a:

$$E_p = mgh \text{ ----- (16)}$$

La energía potencial se mide en joules o unidades equivalentes.

#### 1.6 CAMBIOS DE ENERGIA.

Energía interna se define como la suma total de la energía cinética que poseen los átomos o moléculas de un cuerpo, y de la energía potencial debida a las fuerzas intermoleculares. No es una magnitud que se pueda medir en modo absoluto sino que se considera como medida de las variaciones de energía entre dos estados de un sistema.

Ley de Joule 'La energía interna de un gas depende únicamente de su temperatura.'

Partiendo de consideraciones teóricas, es evidente que, las moléculas de un gas perfecto poseen únicamente energía cinética, que es función de la temperatura, los gases perfectos siguen la ley de Joule.

Entonces los cambios de energía y partiendo de la ecuación (10) tendrá la forma:

$$Q = (U_2 - U_1) + W \text{ ----- (17)}$$

#### 1.7 CAMBIOS EN EL VOLUMEN CONSTANTE.

Las transformaciones más importantes en el estudio de los motores de pistón son las que se efectúan sin flujo, esto es, cuando la corriente del fluido se interpone para dar origen a los ciclos térmicos.

En una transformación a volumen constante con introducción de calor, varía la energía interna del fluido activo, la variación esta representada por el área rayada en el diagrama T-S, en la figura 1.2 Aplicando la ecuación de la energía se tiene, calor suministrado

$Q = (U_2 - U_1) + W$ , como puede verse en el diagrama P-V, figura 1.1, el área representativa del trabajo W, es igual a cero, la ecuación de la energía toma la siguiente forma:

$$Q = U_2 - U_1 = C_v(T_2 - T_1) \text{ ----- (18)}$$

Como la transformación se verifica a volumen constante  $V_1=V_2$ , y por tratarse de un gas perfecto,

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2 \text{ de donde resulta } P_1 / T_1 = P_2 / T_2$$

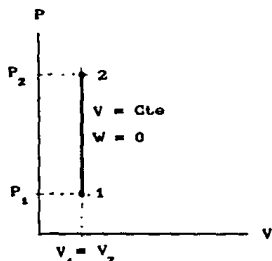


FIGURA 1.1 Diagrama de volumen constante en un plano volumen-presión.

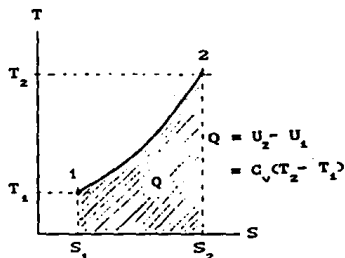


FIGURA 1.2 Curva de volumen constante en un plano entropía-temperatura.

### 1.8 CAMBIOS EN LA PRESION CONSTANTE.

Partiendo de la ecuación de energía,  $Q = U_2 - U_1 + W$ , para un sistema de flujo intermitente, y de la ecuación de trabajo a presión constante,  $W = P_2 V_2 - P_1 V_1$ , figura 1.3, la ecuación de energía se transforma en:

$$Q = (U_2 + P_2 V_2) - (U_1 + P_1 V_1) = H_2 - H_1 = C_p(T_2 - T_1) \text{ ----- (19)}$$

El calentamiento de un volumen a presión constante, figura 1.4, es  $Q = C_p(T_2 - T_1)$ , y el trabajo efectuado es,  $W = P(V_2 - V_1)$ , entonces:

$$C_p(T_2 - T_1) = C_v(T_2 - T_1) + P(V_2 - V_1) \text{ ----- (20)}$$

pero  $P_1 V_1 = RT_1$  y  $P_2 V_2 = RT_2$ , donde R es una constante del gas, sustituyendo en la ecuación (20) y puesto que  $P_1 = P_2$

$$C_p(T_2 - T_1) = C_v(T_2 - T_1) + R(T_2 - T_1) \text{ ----- (21)}$$

$$(C_p - C_v)(T_2 - T_1) = R(T_2 - T_1)$$

entonces  $C_p - C_v = R \text{ ----- (22)}$

Además, como la transformación se lleva a cabo a presión constante, y por tratarse de gas perfecto tenemos:

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2 \text{ como } P_1 = P_2 \text{ resulta } V_1 / T_1 = V_2 / T_2$$

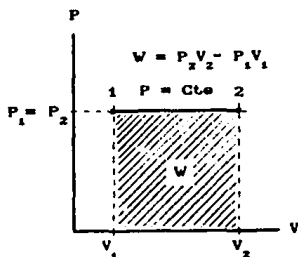


FIGURA 1.3 Diagrama de presión constante en un plano volumen-presión.

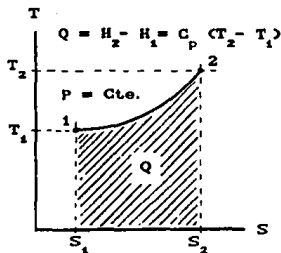


FIGURA 1.4 Curva de presión constante en un plano entropía-temperatura.

### 1.9 CAMBIOS ISOTERMICOS.

Para un gas perfecto la ley de Boyle se aplica;  $PV = C$ , donde C es una constante, y su modelo matemático general es de la forma  $PV^n = \text{Constante}$ , aquí el exponente  $n = 1$ , el proceso está representado en la figura 1.5 y 1.6

El trabajo realizado durante cualquier cambio en el volumen de  $V_1$  a  $V_2$  es:

$$W = \int_1^2 P \, dV \text{ ----- (23)}$$

Dado que P y V son cualquier valor de un punto a lo largo de la curva donde  $PV = C$ , entonces  $P = C/V$ , sustituyendo en la ecuación (23) se tiene:

$$W = \int_1^2 C/V \, dV = C \int_1^2 dV/V = CLN (V_2/V_1) = C \, LN \, V_2/V_1 \quad (24)$$

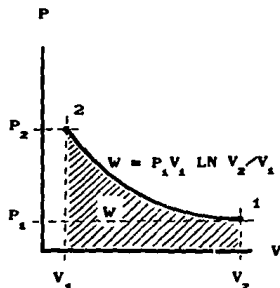


FIGURA 1.5 Diagrama de compresión isotérmica en un plano volumen-presión.

$$W = P_1 V_1 \, LN \, V_2/V_1 \quad (25)$$

Para cualquier masa m de gas diferente de la unidad se puede sustituir

$P_1 V_1 = mRT$  y  $V_2/V_1 = P_1/P_2$  el trabajo es:

$$W = mRT \, LN \, V_2/V_1 = mRT \, LN \, P_1/P_2$$

donde m = Masa del gas, en gr o unidades equivalentes

R = Constante particular del gas, en lts atm/gr °K o unidades equivalentes

Puesto que la relación de compresión o la relación de expansión es igual a  $V_1/V_2$  y es llamada r, se tiene:

$$W = mRT \, LN \, 1/r \quad (26)$$

como  $U_2 - U_1 = 0$ ;  $Q = W$  sustituyendo en la ecuación de energía,

$$Q = mRT \, LN \, V_2/V_1 = mRT \, LN \, 1/r \quad (27)$$

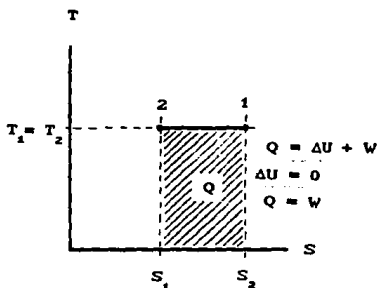


FIGURA 1.6 Diagrama isotérmico en un plano entropía-temperatura.

### 1.10 CAMBIOS ADIABATICOS O EN LA ENTROPIA CONSTANTE.

Cambio adiabático es aquel en el cual el medio de trabajo no absorbe y no cede calor, esto quiere decir sin intercambio de calor con el exterior. Las evoluciones adiabáticas reversibles se denominan evoluciones isentrópicas, esto es, de entropía constante.

En la expansión o en la compresión adiabática, cualquier trabajo efectuado por el gas durante la expansión se hace a expensas de la energía interna y, a la inversa, cualquier trabajo efectuado sobre el gas durante la compresión aumenta la energía interna del gas.

La compresión de un gas dentro de un cilindro se aproxima a la adiabática, cuando el proceso es extremadamente rapido, porque entonces hay muy poco tiempo para que el calor se pierda por conducción y radiación. Las figuras 1.7 y 1.8 representan el proceso.

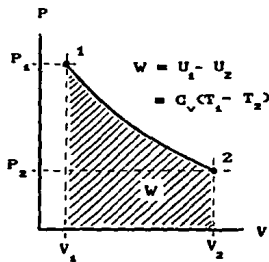


FIGURA 1.7 Diagrama de compresión adiabática en un plano volumen-presión.

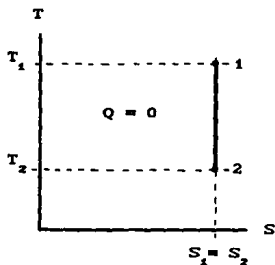


FIGURA 1.8 Diagrama adiabático en un plano entropía-temperatura.

De la ecuación de energía  $Q = U_2 - U_1 + W$   
 para este proceso es ahora  $0 = U_2 - U_1 + W$

y de aquí  $W = U_1 - U_2 = C_V(T_1 - T_2)$  de la ecuación de estado de los gases ideales se tiene,

$$PV = RT \quad \text{donde} \quad T = PV/R$$

$$\text{entonces} \quad W = C_V(P_1V_1/R - P_2V_2/R) = C_V/R (P_1V_1 - P_2V_2) \quad \text{-----} \quad (28)$$

$$\text{puesto que} \quad R = C_p - C_v \quad \text{y} \quad K = C_p/C_v$$

$$\text{luego} \quad W = [C_V/(C_p - C_V)] (P_1V_1 - P_2V_2) = (P_1V_1 - P_2V_2)/K-1 \quad \text{--} \quad (29)$$

Para  $m$  unidades de masa

$$PV = mRT$$

$$\text{se tiene} \quad W = mR(T_1 - T_2)/K-1 \quad \text{-----} \quad (30)$$

la ecuación (30) determina el trabajo durante el cambio adiabático. El resultado positivo será una expansión y el negativo será una compresión en el gas.

Además durante la evolución isoentrópica varía la presión, volumen y temperatura. Partiendo de la ecuación de estado  $PV=RT$  y diferenciando la ecuación se tiene:

$$PdV + VdP = RdT \quad \text{-----} \quad (31)$$

$$\text{donde} \quad dT = (PdV + VdP)/R \quad \text{-----} \quad (32)$$

y el modelo diferencial de energía es

$$dQ = dU + dW \quad \text{-----} \quad (33)$$

por ser adiabática  $dQ = 0$  y puesto que  $dU=C_VdT$  y  $dW=PdV$

entonces sustituyendo estas expresiones diferenciales en la ecuación

$$(33) \quad C_VdT + PdV = 0 \quad \text{-----} \quad (34)$$

sustituyendo la ecuación (32) en la ecuación (34) se tiene:

$$C_V(PdV/R + VdP/R) + PdV = 0$$

$$\text{simplificando} \quad PdV(C_V + R) + C_VVdP = 0$$

$$\text{teniendo en cuenta que} \quad C_V + R = C_p$$

$$\text{entonces} \quad C_pPdV + C_VVdP = 0$$

como

$$K = C_p / C_v$$

separando variables  $KdV/V + dP/P = 0$

resolviendo la ecuación diferencial para dos estados diferentes de gas

$$K \int_1^2 dV/V + \int_1^2 dP/P = 0$$

$$\text{LN } (V_2/V_1)^k + \text{LN } (P_2/P_1) = 0$$

$$\text{LN } [(V_2/V_1)^k (P_2/P_1)] = 0$$

aplicando función exponencial

$$(V_2/V_1)^k (P_2/P_1) = e^0$$
$$P_1 V_1^k = P_2 V_2^k \text{ ----- (35)}$$

La ecuación de no flujo de gas tendrá la forma

$$P_1 V_1^k = C \text{ ----- (36)}$$

de la ecuación (35) se tiene  $P_2/P_1 = (V_1/V_2)^k \text{ ----- (37)}$

o bien  $V_2/V_1 = (P_1/P_2)^{1/k} \text{ ----- (38)}$

combinando la ecuación de los gases ideales con la ecuación (37),  $P_1 V_1/T_1 = P_2 V_2/T_2$ , se tiene

$$T_2/T_1 = P_2 V_2 / P_1 V_1 = (V_1/V_2)^k (V_2/V_1) = (V_1/V_2)^{k-1} \text{ ----- (39)}$$

o bien combinando la ecuación de los gases ideales con la ecuación (38)

$$T_2/T_1 = P_2/P_1 (P_1/P_2)^{1/k} = (P_2/P_1)^{1-1/k} = (P_2/P_1)^{[k-1]/k} \text{ ---- (40)}$$

### 1.11 CAMBIO GENERAL O POLITROPICO.

En los motores de combustión interna, durante las fases de compresión y de expansión se produce un intercambio de calor a través de las paredes, y de trabajo a través del pistón; estas transformaciones son, por tanto, politrópicas.

Mientras en una transformación adiabática la presión  $P$  y el volumen  $V$  están ligados por la ecuación  $PV^k = \text{Constante}$ , en la cual

$K = C_p/C_v$  es la relación entre los calores específicos, la politrópica se rige por una ley similar  $PV^n = \text{Constante}$ , donde  $n$  puede ser un número cualquiera. Puesto que el calor siempre es cedido por los gases a las paredes,  $n$  será menor que  $K$  durante la compresión y mayor que  $K$  durante la expansión.

Las transformaciones politrópicas comprenden, como casos particulares, las adiabáticas  $n=K$ ; las isobaras  $n=0$ ; las isotérmicas  $n=1$ ; y las isocaras  $n=\infty$ ; al variar  $n$  se pueden aproximar un gran número de transformaciones termodinámicas reales.

Considerando un cambio politrópico de la condición  $P_1 V_1$  y  $T_1$ , a  $P_2 V_2$  y  $T_2$ ; y que el calor específico sea  $C_v$ , entonces partiendo de la ecuación de energía se tiene:

$$Q = U_2 - U_1 + W$$

$$Q = C_v(T_2 - T_1)$$

para la unidad de masa

$$U_2 - U_1 = C_v(T_2 - T_1)$$

$$W = \int P dV$$

$$y \quad PV^n = P_1 V_1^n; \quad P = P_1 V_1^n / V^n$$

sustituyendo en la ecuación de trabajo

$$W = P_1 V_1^n \int_1^2 dV/V^n = P_1 V_1^n \int_1^2 V^{-n} dV = (P_1 V_1^n / 1-n) (V_2^{1-n} - V_1^{1-n})$$

$$= (P_1 V_1^n V_2^{1-n} - P_1 V_1^n V_1^{1-n}) / 1-n$$

$$\text{sustituyendo } P_1 V_1^n = P_2 V_2^n$$

$$= (P_2 V_2^n V_2^{1-n} - P_1 V_1^n V_1^{1-n}) / 1-n = (P_2 V_2 - P_1 V_1) / 1-n$$

Si  $n = K$ , entonces la ecuación para el trabajo es:



$$W = (P_2 V_2 - P_1 V_1) / (1 - K)$$

La ecuación general para el trabajo politrópico será:

$$W = (P_2 V_2 - P_1 V_1) / (1 - n) \quad \text{-----} \quad (41)$$

como  $P_1 V_1 = R T_1$  y  $P_2 V_2 = R T_2$  otra forma de la ecuación (41) es  $W = R (T_2 - T_1) / (1 - n) \quad \text{-----} \quad (42)$

Si la solución da un valor positivo, el gas ha efectuado un trabajo por expansión. Si se obtiene un resultado negativo, el trabajo ha sido hecho en el gas por compresión.

#### 1.12 DETERMINACION DEL VALOR DE $n$ DESDE UNA LINEA DE COMPRESION REAL

Si dos puntos son escogidos en el plano presión-volumen, y como un proceso politrópico se rige por  $P_1 V_1^n = P_2 V_2^n$ , figura 1.9

entonces:  $(V_1/V_2)^n = P_2/P_1$

$$n \ln (V_1/V_2) = \ln (P_2/P_1)$$

$$n = \ln (P_2/P_1) / \ln (V_1/V_2) \quad \text{-----} \quad (43)$$

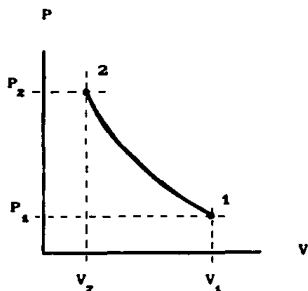


FIGURA 1.9 Curva politrópica.

## CICLOS DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA. TRABAJO Y POTENCIA.

### 2.1 CONCEPTOS BASICOS.

Funcionamiento del motor de cuatro carreras encendido por chispa.

Su principio se basa en un émbolo que se desliza dentro de un cilindro, hacia arriba y hacia abajo y transmite fuerza a la flecha motriz, por lo general mediante un simple mecanismo de biela y manivela, este principio fue propuesto por el francés Beau de Rochas.

El primer motor que utilizó los principios de Beau de Rochas fue construido en 1878 y atribuido al alemán Nikolaus August Otto, del cual fue tomado el nombre de ciclo Otto.

Este ciclo consta de cuatro carreras que efectua el émbolo.

1. Una carrera de admisión para inducir una mezcla combustible hacia el interior del cilindro del motor. Válvula de admisión abierta.
2. Una carrera de compresión, para elevar la presión y temperatura de la mezcla. Válvula de admisión y válvula de escape cerradas.
3. Una carrera de expansión o de potencia, al final de la carrera de compresión, ocurre la chispa y el encendido consecuente de la mezcla homogénea, liberando energía que aumenta la temperatura y presión de los gases; en seguida desciende el émbolo en la carrera de potencia.
4. Una carrera de escape, para barrer los gases quemados dejando el cilindro libre para iniciar un nuevo ciclo. Válvula de escape abierta.

### 2.2 VOCES TECNICAS.

- La distancia que el pistón se desplaza en una dirección se conoce como la carrera del pistón.
- Cuando el pistón se ha movido a una posición tal que en el cilindro queda un volumen mínimo de fluido, se dice que el pistón se halla en

el punto muerto superior (PMS).

- El volumen mínimo se le conoce como espacio muerto.

- Cuando el pistón se ha desplazado la longitud de la carrera de tal modo que el fluido ocupe así el volumen máximo, se dice que el émbolo se halla en posición del punto muerto inferior (PMI)

- El volumen desalojado por el pistón cuando este recorre la distancia de la carrera entre el PMS y el PMI, es el volumen de desplazamiento o volumen desplazado.

- La relación de compresión  $r$  de un dispositivo alternativo se define como el volumen del fluido en el PMI dividido entre el volumen del fluido en el PMS; su modelo matemático es:

$$r = (\text{espacio muerto} + \text{volumen desplazado}) / \text{espacio muerto}$$
$$= V_{PMI} / V_{PMS} = V_1 / V_2$$

La relación de compresión  $r$ , en los motores comerciales es de 8:1 y 9:1.

El rendimiento térmico del ciclo es máximo para valores de la relación de compresión al rededor de 15:1 a 16:1, no obstante, el incremento del rendimiento para compresiones superiores a 10 es muy reducido, aumentando notablemente los riesgos de la detonación y las dificultades geométricas y dimensionales en el diseño de las cámaras de combustión, de manera que no es conveniente crear valores muy elevados.

- En los motores alternativos, la cámara de combustión es el espacio comprendido entre la culata y la cabeza del pistón, cuando éste se halla en el punto muerto superior; en los motores con pistón rotatorio tipo Wankel, es el espacio de forma oblonga, de sección rectangular variable comprendido entre el motor y las tres paredes circundantes

del cuerpo del motor.

- El esfuerzo realizado por el motor para efectuar la aspiración y el escape se llama trabajo de bombeo y está por lo general, comprendido en el trabajo perdido por rozamientos.

- El calibre del pistón es su diámetro.

- Cilindrada unitaria. Es el volumen que barre el pistón durante su desplazamiento (carrera) entre el punto muerto superior y el punto muerto inferior. Es igual al espacio que queda libre en el cilindro cuando el pistón se halla en el PMI, menos el volumen de la cámara de explosión, su modelo matemático es:

$$V = (D^2/4) \pi [ C ]$$

donde V = Cilindrada unitaria en,  $\text{cm}^3$

D = Diámetro del pistón en, cm

C = Carrera del pistón en, cm

- Multiplicando la cilindrada unitaria por el número de cilindros se obtiene la cilindrada total. Generalmente, se mide en centímetros cúbicos, pulgadas cúbicas o litros.

### 2.3 CICLO OTTO IDEAL

Se debe considerar para el ciclo ideal que:

1. El pistón tiene cero fricción dentro del cilindro.
2. Solamente se usa aire dentro del cilindro.
3. No existe transferencia de calor a través de las paredes del motor.
4. El cigüeñal comienza su carrera desde el punto más bajo, bajo las condiciones de  $P_1$ ,  $V_1$  y  $T_1$ .
5. La compresión adiabática ocurre a lo largo de AB y la expansión adiabática a lo largo de CD, figura 2.1.
6. El aumento de calor en el volumen es constante a lo largo de BC y

un volumen constante de escape ocurre a lo largo de DA.

Por consiguiente, el rendimiento térmico ideal ( $\eta_i$ ) para el ciclo Otto es:

$$\eta_i = (Q_{\text{AGREG}} - Q_{\text{EXPUL}}) / Q_{\text{AGREG}} \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$Q_{\text{AGREG}} = m C_v (T_3 - T_2)$$

$$Q_{\text{EXPUL}} = m C_v (T_4 - T_1)$$

$$\eta_i = [m C_v (T_3 - T_2) - m C_v (T_4 - T_1)] / m C_v (T_3 - T_2)$$

$$\eta_i = 1 - m C_v (T_4 - T_1) / m C_v (T_3 - T_2) \quad \text{-----} \quad (2)$$

$$\eta_i = 1 - T_1 (T_4 / T_1 - 1) / T_2 (T_3 / T_2 - 1)$$

para las transformaciones adiabáticas de compresión 1-2 y de expansión 3-4 obtenemos respectivamente:

$$T_2 / T_1 = (V_1 / V_2)^{k-1}$$

$$T_3 / T_4 = (V_4 / V_3)^{k-1}$$

y como es  $V_1 = V_4$  y  $V_2 = V_3$ , podemos escribir  $T_2 / T_1 = T_3 / T_4$  donde  $T_4 / T_1 = T_3 / T_2$

por lo tanto la ecuación (1) es

$$\eta_i = 1 - T_1 / T_2 = 1 - (V_2 / V_1)^{k-1} = 1 - 1 / [(V_1 / V_2)^{k-1}] \quad \text{--} \quad (3)$$

como  $r$  es igual a la relación de compresión

$$\eta_i = 1 - 1 / [r^{k-1}] \quad \text{-----} \quad (4)$$

$$\text{o también } \eta_i = 1 - (P_1 / P_2)^{(k-1)/k} \quad \text{-----} \quad (5)$$

CICLOS DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

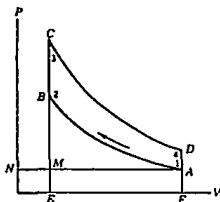


FIGURA 2.1 Diagrama indicador para un motor de cuatro tiempos.

#### 2.4 CICLO REAL Y CAUSA DE SU DESVIACION DEL CICLO IDEAL

El verdadero proceso en un motor da por resultado un funcionamiento o rendimiento considerablemente menor que el indicado en el análisis ideal; este rendimiento es de 25% a 35% . Las causas de tales diferencias se fundan en las siguientes razones:

1. Los anillos que son elementos fundamentales e indispensables en el pistón tienen un rozamiento firme y tenaz con las paredes del cilindro, por lo tanto, hay fricción entre pistón y cilindro.
2. La mezcla aire-gasolina no es un gas perfecto y la combustión no es un proceso instantáneo, ya que se lleva a cabo en pequeñísima fracción de tiempo; por ello es necesario anticipar el encendido de forma que la combustión pueda tener lugar, en su mayor parte, cuando el pistón se encuentra en el PMS. La combustión generalmente no es completa a causa de una mezcla pobre o insuficiente abastecimiento de oxígeno.
3. Existe transferencia de calor a través de las paredes del motor, pues estas son refrigeradas por líquido o gas.
4. Se requiere trabajo para inducir y expeler los gases.

Con un aumento en la velocidad del motor la válvula de admisión debe ser cerrada más tarde y la de escape abierta antes del PMI.

5. La compresión no es adiabática o isentrópica, realmente, es politrópica, con exponente  $n$ , diferente de  $K$ . Como la mezcla aire-gasolina experimenta una pérdida de calor se tiene: para la expansión,  $n > K$ , y para la compresión,  $n < K$ .

6. El aumento de calor en el volumen no es constante; hay pérdida de calor en las paredes del cilindro y las fugas a través de los anillos y válvulas.

El ciclo REAL de un motor se muestra en la figura 2.2

## CICLOS REALES Y CAUSAS DE SU DESVIACION DE LOS IDEALES

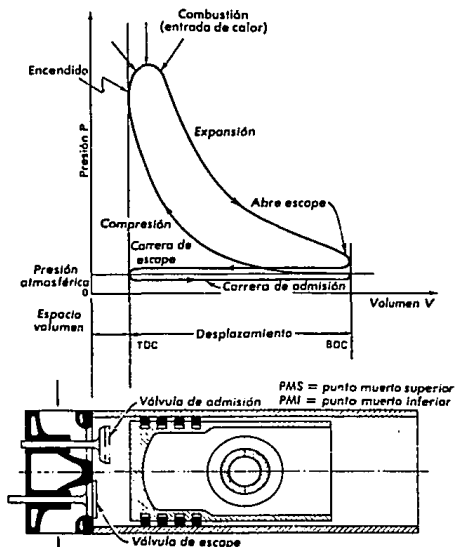


FIGURA 2.2 Diagrama real V-P que muestra la desviación del ciclo ideal y la pérdida debida al bombeo para un motor de cuatro tiempos.

### 2.5 TRABAJO

Se denomina trabajo a la manifestación de la energía que realiza una fuerza cuando se desplaza venciendo otra fuerza que actúa en sentido contrario y que se denomina resistencia. Así el motor de combustión interna se le suministra energía química que en el mismo se convierte primero en energía térmica y sucesivamente en trabajo mecánico, o sea un par aplicado a un árbol giratorio (sigueñal). El par del motor realiza un trabajo venciendo varias resistencias y transformándose en

otras formas de energía; vence los momentos de inercia de los órganos en rotación, como son volante del motor, árboles, poleas, etc., que de ese modo almacenan también energía cinética, y, finalmente vence todas las fuerzas de rozamiento debidas al movimiento transformandose en calor, que ya no está en condiciones de producir trabajo. La unidad de trabajo es el Joule [J] o unidades equivalentes.

El par de fuerzas puede imaginarse como una fuerza especial que hace girar los cuerpos. En realidad, también las fuerzas tradicionales son capaces de hacer que giren los cuerpos siempre que satisfagan dos condiciones: que se apliquen a través de un brazo, a cierta distancia del cuerpo, y que giren conjuntamente con el cuerpo, para poder seguir ejerciendo su empuje. La unidad de medida para los pares es el Kilogramo-metro [Kg-m] o unidades equivalentes.

## 2.6 POTENCIA.

Físicamente, la potencia es el trabajo o la energía desarrollada en la unidad de tiempo. La potencia del motor se obtiene, en cualquier régimen, multiplicando el par motor por la velocidad angular. El par motor, que corresponde a la fuerza desarrollada durante la rotación, alcanza su valor máximo a un determinado régimen (inferior al de la potencia máxima), a partir del cual disminuye al aminorarse el rendimiento volumétrico y mecánico (debido al aumento de las pérdidas por rozamiento en los órganos fundamentales del motor y en los mecanismos auxiliares que éste arrastra). La potencia máxima se alcanza cuando el aumento de revoluciones no compensa ya la disminución del par. Revasando este valor, la potencia decrece. Si el par motor permaneciese constante, la potencia aumentaría indefinidamente al incrementar el número de revoluciones.



La potencia que un motor puede desarrollar depende principalmente de su cilindrada y del número de revoluciones o vueltas por minuto a que gira.

Anteriormente la potencia de los motores se expresaba en CV ( 1 CV = 75 Kg m/s ), mientras que actualmente se prefiere emplear el sistema internacional que adopta el Kw ( 1 Kw = 102 kg m/s).

A continuación se indica la fórmula que da la potencia de los motores, potencia en [ CV ], y, potencia en [ Kw ]

$$P \text{ [CV]} = M\omega / 75$$

$$P \text{ [Kw]} = 9.81 \times 10^{-3} M\omega$$

donde:

P = Potencia en, caballos de vapor, [CV]; o potencia en, Kilowatt, [Kw]

M = Par motor en Kilogramos-metro, [Kg m]

$\omega = 2\pi n/60$  = Velocidad angular en, radianes/segundo, [rad/s]

n = Número de revoluciones por minuto, [rpm]

## COMBUSTIBLES Y COMBUSTION

### 3.1 ORIGEN DE LOS COMBUSTIBLES

Cuando el hombre descubrió el fuego trajo implícito el descubrimiento de los combustibles. Ya que combustible es toda sustancia que al arder libera energía calorífica. Son combustibles naturales la madera, el carbón mineral, el petróleo, etc. Y combustibles artificiales el coque, la bencina, etc.

El petróleo es la fuente de energía más importante del siglo XX, con él se mueve casi todo el mundo mecanizado del que hoy depende gran parte de la humanidad y su utilización ha sido el origen de la contaminación ambiental que está destruyendo la naturaleza.

### 3.2 COMPOSICION QUIMICA DEL PETROLEO.

La composición elemental del petróleo es muy variable, pero normalmente puede considerarse.

ELEMENTO	PORCENTAJE
Carbono	83.0 - 87.0
Hidrógeno	11.4 - 11.8
Azufre	0.05 - 8.0
Oxígeno	0.05 - 3.0
Nitrógeno	0.02 - 1.3

Existen también trazas de metales, como níquel y vanadio.

En el petróleo existen, aproximadamente, un millar de hidrocarburos diferentes, que van desde el metano, el más ligero, hasta los naftenos, los más pesados.

La composición que oscila dentro de amplios límites es debido al origen, la edad y a la temperatura a que se ha formado.

### 3.3 COMBUSTION.

La combustión es la relación mediante la cual el carbono (C) y el hidrógeno (H), que constituyen la molécula de los hidrocarburos reaccionan completamente con el comburente, es decir con el oxígeno ( $O_2$ ) contenido en el aire, para formar dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y vapor de agua ( $H_2O$ ).

La combustión tiene dos aspectos principales el físico y el químico

El aspecto físico se refiere a la potencia inmediata del motor, que esta en función de la temperatura, presión y turbulencia.

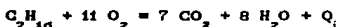
La turbulencia del combustible (aire-gasolina) dentro de la cámara de combustión es muy importante ya que de esta depende en gran parte la velocidad de propagación de la llama. La principal fuente de turbulencia en el cilindro del motor proviene, de la estructura misma del chorro (con elevados gradientes de velocidad) de la garganta entrante durante la admisión. La intensidad de la llama es mayor al aumentar el número de revoluciones del motor y el coeficiente de llenado, ya que un incremento de ellas produce una turbulencia más intensa durante la admisión.

La temperatura de la llama debe superar ampliamente los 1000 °C. En las zonas inmediatamente proximas a las paredes de la cámara de combustión, siempre refrigeradas con agua o con aire, y en un espesor de varias décimas de milímetro, la temperatura es mucho más baja y queda por debajo de los valores que permiten a todas las moléculas del hidrocarburo liberar en cantidad suficiente los radicales que originan y sostienen la combustión, por lo que algunos de ellos pasan directamente a los gases de escape.

El motor debe de estar en buen estado de funcionamiento para que

tenga una relación de compresión óptima, por lo tanto, los anillos del pistón deben de sellar en las paredes del cilindro, evitando así fugas de gas comprimido de la cámara de combustión, ya que ésta debilita la propagación de la llama, aumentando los hidrocarburos (CH) en los gases de escape; y en el sistema de ventilación del carter (deposito de aceite) se presentan gases que se vierten a la atmósfera como es el monóxido de carbono e hidrocarburos.

El aspecto químico trata principalmente la disociación de los hidrocarburos al reaccionar completamente con el comburente, es decir, con el oxígeno (O<sub>2</sub>) contenido en el aire para formar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O). Se trata de una reacción claramente exotérmica, es decir acompañada de producción de calor. Así para una molécula de n-heptano se tiene:



donde:  $Q_i$  = Potencia calorífica, es de 10500 Kcal/Kg

Para esta reacción de disociar el combustible dentro del motor, la propagación de velocidad de la llama es un factor muy importante, dentro de la cámara de combustión, ya que el tiempo que tiene para quemar el gas (aire-gasolina) es del orden del milisegundo.

Si la llama nace mal, sea por una turbulencia demasiado baja cuando salta la chispa o por una defectuosa relación aire-combustible, tendrá una duración escasa, con una velocidad muy baja (velocidad de propagación de la llama en la cámara de combustión); mientras que si las condiciones químicas favorables (combustible, relación aire - gasolina) y las físicas (temperatura, presión y turbulencia) facilitan la formación del primer núcleo de combustión (cuando salta la chispa de la bujía), el frente de la llama se propagará rápidamente

por toda la cámara.

El periodo inicial de propagación de la llama, caracterizado por velocidades muy bajas (RALENTI) y por la combustión de alrededor de 10% de la mezcla, dura aproximadamente  $10^{\circ}$  de rotación del cigüeñal y, contra lo que pudiera imaginarse, es más importante, ya que condiciona de forma unívoca la subsiguiente y completa propagación de la llama.

La combustión casi nunca es químicamente completa (formación exclusiva de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ ) y cuando se aproxima a serlo existen otros productos que acompañan a los principales, así surge el problema de la contaminación atmosférica.

#### 3.4 CONTAMINACION.

Los contaminantes afectan a todo, a personas, animales, vegetales y hasta las obras realizadas con la mano del hombre.

El periódico ovaciones en su edición matutina del domingo 11 de abril de 1993; señala que los datos estadísticos en la zona metropolitana de la ciudad de Méxco es de, cuatro millones 356 mil toneladas al año de emisiones contaminantes, y que el 76.7% la generan los automóviles (transporte), el 23% ,las industrias. Por lo tanto, debemos estar pendientes del índice metropolitano de la calidad del aire (imeca).

Los principales compuestos contaminantes son:

Compuestos oxigenados del carbono (CO)

Oxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ )

Anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ )

Partículas sólidas (Pb)

Hidrocarburos (HC)

Productos de la industria química.

## Formación de gases contaminantes en los motores de combustión interna:

La explicación de este mecanismo es muy sencilla: una mezcla rica significa que en la cámara de combustión se halla presente menos aire, y por tanto menos oxígeno del que se necesitaría para oxidar el carbono presente en la gasolina. En estas condiciones es natural que algunos átomos de carbono, en lugar de unirse a 2 átomos de oxígeno para formar  $\text{CO}_2$ , se junte a un solo átomo de oxígeno, formando el CO. La formación de hidrocarburos aumenta también al incrementar la riqueza de la mezcla, pero en este caso el mecanismo es más complejo, ya que mezclas demasiado pobres provocan un aumento de dichos hidrocarburos.

El monóxido de carbono está presente en los gases de escape de 3.5-10%, cuando el motor está en ralentí (velocidad mínima en rpm recomendado por el fabricante de motores, para que el motor no produzca vibraciones cuando está sin carga).

El CO es una sustancia perjudicial para el organismo, produce un aumento de la tasa de carboxihemoglobina, a causa de la cual queda reducido el transporte de oxígeno a la sangre.

Los hidrocarburos pueden conducir a la formación de otras sustancias y dan lugar, en condiciones climatológicas especiales al "smog fotoquímico", que irrita las vías respiratorias y las mucosas.

Los óxidos de nitrógeno son compuestos que se indican convencionalmente con la expresión  $\text{NO}_x$ . Estos son: óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ), monóxido de nitrógeno o óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), trióxido de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}_3$ ). Algunos de ellos, como el NO y el  $\text{NO}_2$ , son productos de la combustión de los hidrocarburos y

afectan el problema de la contaminación de la atmósfera.

El monóxido de nitrógeno se forma a las temperaturas más altas (1600-2000°C) del ciclo de funcionamiento del motor de combustión interna, mientras que el dióxido se forma en el exterior del motor; en efecto, el oxígeno no fijado por el carbono y por el hidrógeno se combinan con el nitrógeno del aire dando lugar al NO, que posteriormente se transforma en NO<sub>2</sub> en el sistema de escape y en la atmósfera. De esto se desprende que, para reducir las emisiones de monóxido de nitrógeno, es preciso reducir la temperatura máxima del ciclo. Esto puede realizarse retardando el encendido, pero dicha medida influye negativamente en las emisiones de monóxido de carbono y de hidrocarburos sin quemar y en la potencia del motor.

El periódico Ovociones edición matutina del miércoles 31 de marzo de 1993, cita que: un estudio hecho por investigadores de la Universidad Autónoma Metropolitana indicaron que; en la pasada reformulación de las gasolinas (MagnaSin), se logró reducir el nivel de plomo (Pb) pero provocó un compuesto orgánico con mayor potencial de reactividad (no cita el nombre del compuesto) y, la producción de un porcentaje adicional de óxidos de nitrógeno y ozono. Así ha llevado a que la problemática de la contaminación atmosférica fotoquímica, en la zona metropolitana de la ciudad de México, se encuentre actualmente fuera de control.

El azufre, insoluble en agua, se combina directamente con los metales y con los halógenos, especialmente en caliente. El ataque del azufre es semejante al del oxígeno en la corrosión, Del azufre se derivan diversos ácidos especialmente agresivos. Constituye excepción la batería donde el ácido sulfúrico desempeña un papel esencial.

El contenido de azufre en los productos petrolíferos varía en función de su origen y su elaboración, entendiéndose como origen la fuente inicial (gas natural o petróleo bruto) y como elaboración el conjunto de procesos de refinación.

A continuación se indican los promedios de los niveles de concentración de azufre que se encuentran en los productos petrolíferos de aplicación en los motores de combustión interna:

Metano-----	5	-	50 mg/m <sup>3</sup>
Gases licuados-----	50	-	200 mg/m <sup>3</sup>
Gasolina normal-----	400	-	700 mg/Lt
Gasolina super-----	200	-	700 mg/Lt
Gasoil-----	4000	-	7000 mg/Lt

Durante la combustión, los compuestos de azufre presentes en la gasolina originan los anhídridos sulfuroso y sulfúrico, que además de corroer las partes metálicas con las que se ponen en contacto, pueden contaminar la atmósfera en grado variable.

El plomo es un elemento metálico de color gris oscuro que está caracterizado por un peso específico de 11.34 Kg/dm<sup>3</sup> y por una temperatura de fusión baja de 327 °C

El plomo que se añade a las gasolinas para aumentar su número de octano se vierte a los gases de escape en forma de cloruros, bromuros, óxidos y otros compuestos de plomo finalmente pulverizados y, por tanto, peligrosos. Los óxidos de plomo han tenido especial interés, por su aplicación como antidetonantes, los derivados tetraetilplomo (plomo-tetraetilo) y el tetrametilplomo (plomo-tetrametilo). El tetraetilplomo es un líquido incoloro que hierve entorno a 200 °C y resulta muy tóxico; se añade a las gasolinas, en una proporción de



0.4-0.6 g/Lt para aumentar su número de octano, aprovechando su buena solubilidad en la gasolina.

El tetrametilplomo es un compuesto antidetonante similar al anterior. El empleo comercial de este producto en las gasolinas se remonta a principio de los años sesenta y ha sustituido en gran parte al tetraetilplomo; posee características físicas y propiedades antidetonantes analogas; su principal diferencia consiste en la volatilidad, posee una temperatura de ebullición de 110 °C. Esta diferencia en su volatilidad es muy importante al menos cuando el producto se añade a ciertos tipos de gasolinas, ya que los componentes más volátiles, si están dotados de un número de octano más elevado, pueden reducir el fenómeno de detonación en las aceleraciones.

El plomo y los estragos que causa. El doctor Richard Wedeen, autor de *Poison in the Post: The Legacy Lead* (veneno en la olla: el legado del plomo), cree que el plomo podría contaminar prácticamente todas las funciones bioquímicas del cuerpo humano.

Hace una década, las autoridades sanitarias de Australia, Dinamarca, Alemania, México, Escocia y Estados Unidos, alarmadas por la prueba cada vez mayor de que la intoxicación por plomo se había convertido en una enfermedad muy extendida, iniciaron estudios para determinar la peligrosidad para los seres humanos, especialmente los niños, incluso de niveles muy reducidos de plomo. "El plomo esta relacionado con la elevación de presión sanguínea, las apoplejías y los ataques al corazón, así como las enfermedades renales".

Descubrieron que, el organismo confunde el plomo con calcio, por lo que no hace ningún esfuerzo por librarse de él, de modo que vaga libremente por la corriente sanguínea y causa estragos por donde

quiera que pasa. En la sangre, inhibe la producción de hemoglobina, y así daña su capacidad de portar oxígeno. En el cerebro y el sistema nervioso, se adhiere a las proteínas clave, llamadas enzimas, y las inutiliza. Los huesos recogen plomo y lo almacenan, y a veces lo liberan posteriormente, con lo que causan más daño.

Concluyen señalando dos características de la intoxicación por plomo que la hacen especialmente peligrosa. En primer lugar puede ser una enfermedad sutil y progresiva, difícil de detectar. En segundo lugar el plomo se halla en cualquier lugar de nuestro entorno, principalmente como consecuencia de la revolución industrial.

### 3.5 PRUEBAS DE LA GASOLINA Y SU IMPORTANCIA.

La mayoría de las pruebas efectuadas a la gasolina son las especificadas por la American society for Testing Materials (ASME), Society of Automotive Engineers (SAE) y American Petroleum Institute (API).

Un combustible es probado para juzgar:

- 1) Su volatilidad
- 2) Sus características de combustión
- 3) Su carencia de exceso de impurezas
- 4) Su estabilidad en almacenamiento

Estas son unas de sus propiedades más importantes determinadas al someter a prueba la gasolina comercial.

### 3.6 CALIDAD ANTIDETONANTE.

La calidad de un carburante depende esencialmente del valor de su poder antidetonante, cuya medida está dada por el llamado número de octano. El valor de número de octano de un carburante se obtiene comparándolo con combustibles de referencia constituidos por mezclas

de isoctano y heptano o bien isoctano y tetraetilo de plomo.

Al isoctano  $C_8H_{18}$  de la serie isoparafínica, que tiene óptima cualidad antidetonante, se le asigna convencionalmente el número de octano 100, y al heptano  $C_7H_{16}$  de la serie parafínica que posee cualidades antidetonantes muy bajas, el número de octano cero. Mezclando los dos combustibles en diversas proporciones, se obtienen mezclas con todos los números de octano posibles entre cero y 100.

El tanto por ciento de isoctano en esta mezcla representa el número de octano del combustible. Así, por ejemplo, un combustible que posee la misma intensidad de detonación que una mezcla compuesta de 80% en volumen de isoctano y 20% de heptano, tiene un número de octano de 80.

Cuando más elevado es el número de octano de un combustible, tanto mayor es su capacidad de resistir a la detonación y más alta puede ser la relación de compresión del motor.

Como la potencia y el consumo específico dependen de la relación de compresión, puede afirmarse que esta importante característica del motor depende también del número de octano del combustible.

### 3.7 ADITIVOS DE GASOLINA.

Los aditivos de gasolina se añaden en una relación de 0.005-0.08%, en peso, mejoran una o varias de sus propiedades naturales o añaden nuevas características físicas, químicas o de aplicación.

Sus características principales son:

**Antidetonantes:** Aumentan la resistencia a la explosión de las gasolinas, aumentando el número de octano, las sustancias más empleadas son:

Plomo tetraetilo (TEL)..... $Pb(C_2H_5)_4$ , designado también  $PbEt_4$

Plomo tetrametilo (TML)..... $Pb(CH_3)_4$

**Antioxidantes:** evitan las alteraciones del carburante en los depósitos de las refinerías anulando las reacciones de oxidación, que afectan principalmente a los hidrocarburos no saturados, que pueden favorecer la formación de depósitos gomosos.

**Inactivadores de los metales:** anulan los efectos de algunos metales que, contenidos en mínimas cantidades en las gasolinas, podrían favorecer la oxidación actuando como catalizadores.

**Inhibidores de la corrosión:** protegen el depósito y el circuito del carburante de los efectos corrosivos, anulando determinadas sustancias ácidas eventuales y formando una capa protectora sobre las superficies metálicas.

**Antihielo:** impiden la formación de hielo en el carburador como consecuencia del notable enfriamiento del aire rico en humedad, provocado por la evaporación de la gasolina al mezclarse con el aire en el mismo carburador.

**Modificadores de los residuos:** mantienen limpia la cámara de combustión del motor, impidiendo la formación de depósitos que se derivan de los aditivos antidetonantes o de las cenizas de los aceites, o bien, eliminando los ya existentes. De este modo reducen el peligro de preencendido, o falta de encendido de la carga por falta de funcionamiento de las bujías.

**Detergentes:** mantienen limpio el carburador, garantizando su buen funcionamiento.

### 3.8 FACTORES QUE AFECTAN EL NUMERO DE OCTANAJE REQUERIDO.

La temperatura del motor o su enfriamiento afectan gravemente las características de la detonación de un motor; en pruebas a los motores comerciales se ha observado que un aumento de temperatura en la cámara

de combustión, aumenta el número de octano requerido.

Disminuyendo la presión de compresión el número de octano requerido disminuye.

A una altitud de 1000 metros disminuye 9 números el octanaje requerido

El aumento de la relación de compresión tiene el efecto contrario. Un aumento en la relación de compresión de 6:1 a 8:1 aumenta el número de octano requerido aproximadamente 12 números.

Los depósitos de combustión, carbón en su mayoría, causan una reducción en la proporción de transferencia de calor y también aumentan ligeramente la relación de compresión; como consecuencia aumenta el número de octanaje requerido.

De investigaciones resumidas muestran que 16 000 Km de uso provocan que el número de octano requerido de un motor de automóvil aumente 9 números, también indican que los depósitos de carbón llegan a ser relativamente estables a los 16000 Km de uso.

La configuración y tamaño de la cámara de combustión afectan marcadamente el número de octano requerido. Ya que entre más pequeña sea la cámara de combustión más bajo será el número de octanaje requerido.

### 3.9 VOLATILIDAD.

La volatilidad es una característica de suma importancia en el combustible para motores. Las gasolinas que se vaporizan muy pronto pueden hervir en las líneas de combustibles o en los carburadores y causan una disminución en el flujo de gasolina al motor, resultando de ello una marcha difícil del motor o su detención. Y es peligrosa debido a la formación de posibles mezclas explosivas en el

compartimiento del motor.

La volatilidad es también un factor positivo en relación con su mezcla con el aire y con la velocidad de combustión.

### 3.10 FILTROS DE COMBUSTIBLE.

En los depósitos de almacenamiento como en los tanques de gasolina se acumulan polvos y partículas extrañas. Los cambios de temperatura ayudan a que la humedad del medio ambiente se deposite en ellos.

Siendo necesaria una filtración continua de combustible, para retener las impurezas por el papel con que esta construido este filtro. Manteniendo de esta manera la línea de alimentación limpia, y en consecuencia, evitando averías en el carburador o los inyectores de combustible.

El fabricante de estos filtros recomienda reemplazarlos cada 8000 Km en automóviles o cada 350 hrs de trabajo en máquinas estacionarias.

### 3.11 FILTROS DE AIRE.

Para que un motor funcione es necesario el oxígeno del aire. El aire tan indispensable en el funcionamiento de cualquier motor, requiere un filtro para ser purificado. A simple vista el aire esta limpio, sin embargo, se encuentra cargado de partículas abrasivas que es indispensable eliminar antes de que entre a las cámaras de combustión, de lo contrario el motor sufre un desgaste prematuro.

El fabricante de estos filtros recomienda cambiarlos cada 10 000 Kms en automóviles o 400 hrs de trabajo. El cambio debe ser oportuno, de lo contrario el filtro se tapara con las partículas de desecho suspendidas en el aire y, ocasionara un aumento en el consumo de combustible y disminución en la potencia del motor, ya que por cada litro de gasolina consumida en el motor se necesitan 8500 Lts de aire.

## LUBRICACION

### 4.1 INTRODUCCION.

El objetivo primordial de la lubricación es reducir la fricción y el desgaste resultante entre las superficies en contacto. Con la lubricación se cumple este objetivo interponiendo una película de aceite entre las superficies deslizantes.

### 4.2 TIPOS DE LUBRICANTES.

En la práctica, el lubricante idóneo para una determinada aplicación se elige a base de las condiciones de funcionamiento y las misiones que deba cumplir. Los tipos más importantes son: grasas, aceites y gases.

### 4.3 PROPIEDADES DE LOS LUBRICANTES.

Las propiedades de los aceites lubricantes empleados en los motores de combustión interna son:

- No ser demasiado espeso en frío y no ser demasiado fluido en caliente, esto se refiere a una ligera variación de la viscosidad con la temperatura.
- No perder su composición química (estabilidad).
- No formar residuos carbonosos ni barrosos.
- No dar lugar a consumo excesivo.
- No ser corrosivos.
- Conducir bien el calor.

Para lograr el conjunto de estas propiedades es necesario añadir a los aceites lubricantes, naturales o sintéticos, una serie de sustancias o aditivos que corrigen o añaden las características adecuadas.

#### 4.4 VISCOSIDAD.

La viscosidad es una propiedad de los lubricantes y es una medida de la resistencia del fluido a moverse.

Para su estudio se tienen dos tipos de viscosidad, viscosidad dinámica o absoluta y viscosidad cinemática.

La viscosidad dinámica o absoluta es la resistencia de cualquier fluido para deslizarse por su propio peso por efecto de la gravedad.

Para crear la unidad de viscosidad en el Sistema Internacional (SI) se ha valido de un experimento ipotético que mide cuanta fuerza se requiere para deslizar una capa de fluido sobre otra. El experimento consta de dos placas paralelas separadas una distancia  $L$ , la región entre las placas ésta llena de un fluido cuya viscosidad se designa por  $\eta$  (eta griega) para mover la placa superior con una velocidad  $v$  respecto a la placa inferior que es fija, se necesita una fuerza  $F$ . Esta fuerza sera grande si es grande la viscosidad del fluido y su modelo matematico es:

$$\eta = FL/Av$$

donde  $A$  es el área de la placa superior, figura 5.1. Sus unidades en el SI es el  $N \cdot s/m^2 = Pa \cdot s = Kg/ms$ .

Sus unidades en el sistema CGS son el poise (P), centipoise (cP), comunmente usadas, no deben seguir utilizandose.

Unidades no coherentes de la viscosidad que se emplean mucho en la práctica, son unidades empiricas de la viscosidad, que no se expresan en funcion de las unidades fundamentales. La principal es la nomenclatura S A E que a popularizado el auto americano; los grados Engler ( $^{\circ}E$ ), los segundos Redwood y Saybolt, utilizando estos un viscosimetro de prueba con medidas normalizadas, la viscosidad se



determina como la relación entre el tiempo de paso de cierto volumen de aceite a temperatura de prueba T y el tiempo de paso de un volumen igual de agua a 20 °C. Debe tenerse presente que es posible calcular las viscosidades expresadas en los diferentes sistemas mediante el empleo de tablas de conversión, tabla 4.1, en las que siempre se toma como referencia la viscosidad cinemática en cSt, ya que esta unidad es la que se puede determinar con mayor precisión.

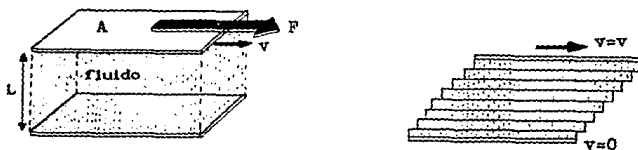


FIGURA 4.1 Cuando se mueve la placa superior, una capa de fluido se desliza sobre la otra

Viscosidad SAE	CORRESPONDENCIA ENTRE LOS GRADOS DE VISCOSIDAD DE LOS ACEITES							
	Viscosidad Saybolt, "s"				Viscosidad Engler, "°E"			
	0°F		210°F		0°F		210°F	
	mín.	más.	mín.	más.	mín.	más.	mín.	más.
5 W	-	4 000	-	-	-	115	-	-
10 W	8 000	12 000	-	-	172	344	-	-
20 W	12 000	48 000	-	-	344	1 367	-	-
20	-	-	45	48	-	-	1.48	1.80
30	-	-	58	70	-	-	1.80	2.12
40	-	-	70	85	-	-	2.12	2.52
50	-	-	85	110	-	-	2.52	3.19

TABLA 4.1 Conversión de viscosidad de los aceites

Viscosidad cinemática en la práctica analítica se emplea generalmente la viscosidad cinemática su modelo matemático es:

$$V = \eta / \rho$$

donde

V = viscosidad cinemática

$\eta$  = viscosidad dinámica

$\rho$  = densidad absoluta del fluido a la temperatura de prueba (20°C).

Su unidad es [m<sup>2</sup>/s] en el sistema internacional.

En la práctica se utiliza mucho más el Stoke St = 1 cm<sup>2</sup>/s = 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s, también se utiliza el centistoke 1cSt = 10<sup>-2</sup>St. El St y el cSt son múltiplos de la unidad coherente de SI y puede seguir empleándose.

La viscosidad cinemática se determina midiendo el tiempo necesario para que cierto volumen de aceite fluya por un tubo capilar bajo la única acción de su peso.

#### 4.5 CLASIFICACION DEL ACEITE POR SU VISCOSIDAD.

Las consideraciones que se han de tener en cuenta para la selección de un aceite para motor son dos esencialmente: viscosidad y calidad.

Atendiendo a estas dos consideraciones se tiene:

1. Viscosidad: el índice de viscosidad SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices), empleado comunmente al clasificar los aceites para motores, es un número que indica la capacidad del aceite para fluir en un intervalo de temperaturas, tabla 4.1, la cual constituye una

# La clasificación por viscosidad, fue originalmente introducida en 1911 para reemplazar los términos vagos e indefinidos "ligero, mediano y pesado.

clasificación basada unicamente en el valor de viscosidad. cada grado SAE que define el cuerpo del aceite queda definido por unos limites de viscosidad referidos arbitrariamente a 99°C para los aceites más viscosos y a -18°C para los más fluidos. Estos últimos llevan la letra W de winter (Invierno).

En el mercado se encuentran aceites de viscosidad única y de viscosidad múltiple o multigrado.

El aceite de viscosidad única tienen mayor facilidad de cambiar su viscosidad con la temperatura, siendo muy espeso en invierno dificultando el arranque del motor y muy delgado a mayor temperatura. Normalmente aquí en la ciudad de México se emplea un aceite lubricante SAE 30 para motores en buenas condiciones y SAE 40 cuando el motor presenta cierto grado de consumo de aceite, evitando así el escurrimiento de aceite hacia las cámaras de combustión, entonces, se reducirá la formación de hidrocarburos ya que estos tienen un límite máximo tolerable para las normas de contaminación atmosférica.

El aceite de grado múltiple tiene la ventaja de tener un rango más elevado a los cambios de viscosidad con la temperatura evitando así hacer cambios de aceites a baja viscosidad en invierno y alta viscosidad para verano. Su presentación de viscosidad esta impresa en el empaque como SAE 15W-40, SAE 20W-50, etc.

2. Calidad: La norma API (Instituto Americano del Petróleo) ha establecido un sistema de clasificación de tipos de aceite de acuerdo con los símbolos siguientes SA, SB, SC SD, SE y SF para usarlos en

\* Cubre las condiciones operativas en un abanico desde suaves (SA) hasta severas (SF), que es cuando se requiere la mayor protección del motor. Boletín Lubricantes Veedol, octubre 1993.

motores de gasolina.

El aceite SF, que es el de más alta calidad y precio más elevado contienen detergentes y aditivos que proporcionan una protección máxima contra los ácidos, la oxidación y la corrosión, especialmente en motores que muestran una tendencia a llenarse de materias contaminantes, debido a los sistemas de emisión de control de escape que llevan. Cuenta con la resistencia a altas temperaturas que se requieren en los motores de autos recientes.

Los motores que se encuentran en buenas condiciones sean del año que sean, se benefician del uso de aceite SF de alta calidad.

Los aceites de tipo SA y SB contienen una cantidad menor de detergentes y aditivos que muestran una resistencia menor a las altas temperaturas, clasificandolos como de menor calidad que el tipo SF.

Un aceite de mayor calidad no formara residuos gomosos ni barrosos en el motor y arrastrara la carbonilla desprendida por la combustión en su drene periódico recomendado por el fabricante.

#### 4.6 CLASIFICACION DEL ACEITE POR SERVICIO

Se designan como aceites diversas sustancias líquidas y viscosas de origen mineral, vegetal o animal que generalmente se emplean en la industria como lubricantes.

Seguidamente se indican las más importantes clasificaciones por servicio deseado.

**Aceites adhesivos:** Aceites lubricantes con ligeros porcentajes de caucho u otros adhesivos sintéticos que les confieren propiedades adherentes. se utilizan para garantizar la lubricación de elementos de máquinas (bancadas, ejes, etc), ya que por su poder adhesivo no se desprenden de los mismos.

**Aceites aislantes:** Aceites minerales puros con características dieléctricas, que no deben contener impurezas, aditivos ni agua para garantizar precisamente su capacidad aisladora. Se utilizan esencialmente en la industria eléctrica (transformadores, cables, etc).

**Aceites combustibles:** Aceites empleados para la combustión en los motores, solos o mezclados con otros. Se obtienen como productos finales de la destilación del petróleo.

**Aceites de frenos:** Aceites especiales para el funcionamiento de los circuitos hidráulicos de frenos en los vehículos, cuyas características principales son su viscosidad prácticamente constante, con relación a la temperatura, y su neutralidad química para no atacar los retenes y juntas de goma empleados en los dispositivos del circuito.

**Aceites de resino:** Las propiedades más importantes de este aceite consisten en una ligera variación con la temperatura, gran capacidad adhesiva, una buena resistencia a la temperatura y un bajo punto de congelación; por ello mezclado con aceites minerales, da siempre buenos resultados. En cambio se óxida fácilmente y origina depósitos gomosos en el interior del motor, habiendo quedando prácticamente en desuso en la actualidad.

**Aceites detergentes o limpiadores:** Son aceites caracterizados por que, además de engrasar los diversos órganos del motor, los mantiene limpios al llevarse las impurezas en suspensión coloidal, sobre todo, las partículas carbonosas procedentes de la combustión, depositandolas en el filtro de aceite, este aceite hara su función si el lubricante junto con el filtro se cambian periodicamente cada 3000 Kms.

**Aceites lubricantes:** Líquidos de gran viscosidad utilizados para lubricación de una máquina o motor. puede ser de origen mineral o vegetal, hoy día prácticamente solo se utiliza el mineral. Los lubricantes minerales están formados por mezclas de hidrocarburos (parafinas, ciclanos, hidrocarburos aromáticos, olefinas, etc).

**Aceites para amortiguadores:** Aceites minerales fluidos con aditivos especiales para garantizar su estabilidad, en el sentido más amplio, que se utilizan para el funcionamiento de los amortiguadores hidráulicos.

**Aceites para cambios y diferenciales:** Debido a la fuerte carga y velocidad a la que se encuentran sometidos entre los dientes de los engranajes, estos aceites están formados por mezclas con diferentes aditivos que garantizan un adecuado factor de seguridad.

#### 4.7 ADITIVOS DE ACEITE.

Los aditivos para los productos petrolíferos son sustancias que, añadidas a los lubricantes, desde pequeños porcentajes hasta un 15-20% en peso, mejoran una o varias de sus propiedades o añaden nuevas características físicas, químicas o de aplicación.

Pueden agruparse en las siguientes clases.

**Mejoran el índice de viscosidad:** Están constituidos por sustancias que al variar el grado de sulfatación con la temperatura, aumentan la viscosidad en caliente del aceite. Ya que la viscosidad de los lubricantes disminuyen al aumentar la temperatura con la consiguiente disminución de la presión y escasa consistencia de la película de aceite en los cojinetes.

**Rebajan el punto de escurrimiento:** Son sustancias que interfieren en la cristalización de las parafinas normales que contienen los

aceites, reduciendo su aumento de volumen e impidiendo la consiguiente gelatinización de la masa de aceite aumentando el fácil arranque de los motores en frío.

**Detergentes, dispersantes:** Mantiene limpias las superficies del motor, especialmente los pistones y los segmentos elásticos, e impide la formación de depósitos parafínicos en las paredes del motor. Son sustancias con funciones polares especiales.

**Antioxidantes:** Evitan la oxidación del lubricante, impidiendo la formación de pinturas y lacas en las partes del motor, reducen la pesadez del aceite y la corrosión de los cojinetes debida a la acidificación.

**Antidesgaste y antirrozamiento:** Reducen el desgaste y rozamiento entre las superficies metálicas y forma entre las mismas dos capas adherentes con bajo coeficiente de rozamiento, disminuyendo como consecuencia los desgastes.

**Extremas presiones:** Evitan el agarrotamiento entre las superficies metálicas; se emplean preferentemente entre los lubricantes para cambios y diferenciales normalmente se emplean jabones de plomo disueltos en aceites o bien productos a base de azufre o cloro.

#### 4.8 FILTROS DE ACEITE.

Los motores modernos de combustión interna de nuestra época están sujetos a altas temperaturas y a un desgaste excesivo durante su funcionamiento.

Un lubricante limpio significa: Lubricación efectiva y larga vida del motor.

Para que haya un lubricante limpio debe de pasar por un filtrado eficiente de aceite, por lo tanto, un filtro de aceite debe llenar los

requisitos siguientes:

1. Retención de partículas abrasivas
2. Paso libre de lubricante sin causar pérdida
3. No alteración de las características físicas o químicas del aceite con los materiales usados en su fabricación.

Hoy en día los filtros de aceite de buena calidad se fabrican con papel plegado por lo que se denomina filtros de superficie. El papel filtrante está especialmente tratado para retener partículas hasta de 8 micras (1 micra= milésima parte del milímetro).

Se debe cambiar el filtro de aceite cada 3000 Kms en automóviles o su equivalente en horas de trabajo para motores estacionarios.

#### 4.9 SISTEMAS DE LUBRICACION DE ACEITE.

Los motores de combustión interna encendidos por chispa están equipados por un sistema interno presurizado de lubricación. Una bomba toma el aceite del depósito y la envía a el filtro y posteriormente a un ducto didistribuidor, el cual se conencta con los cojinetes principales. El cigüeñal está taladrado para proveer un pasaje de aceite a la biela, la cual a su vez está perforada para proveer de un pasaje de aceite al perno del pistón. Una válvula reguladora de presión, controla la presión del aceite al nivel deseado esta presión también llega al árbol de levas por medio de unos ductos internos en el monoblock lubricando también las punterias y válvulas de la culata.



## SISTEMA ELECTRICO

## 5.1 BATERIA.

Todas las baterías producen electricidad mediante reacciones químicas. Una batería se compone de una o más pilas productoras de voltaje.

Los tipos de pilas son: pilas primarias y pilas secundarias.

Las pilas primarias emplean reacciones químicas irreversibles, de ahí que no sea posible recargarlas. Como la fabricación de las pilas primarias puede ser muy barata, se usan en casi todas las baterías de linternas eléctricas y radio receptores.

Las pilas secundarias utilizan reacciones químicas reversibles que cambian la dirección de la corriente, esto es, hacen que la corriente circule a través de la pila desde la terminal positiva hasta la terminal negativa. Las pilas secundarias se encuentran en todas las baterías recargables.

El voltaje de una batería se determina a partir de las reacciones químicas en sus pilas y, por la forma en que éstas se conectan entre sí, en serie para aumentar la tensión suministrada por cada una de ellas, o bien en paralelo para aumentar la intensidad total de la corriente.

Se ha generalizado el uso de baterías de 12 [V] para casi todos los motores de combustión interna de producción actual.

Las características principales de una batería son:

La tensión máxima que puede suministrar, igual al valor de 2.2 [V] multiplicado por el número de elementos que la componen

La capacidad en amperios-hora (A h), que equivale a decir la intensidad de la corriente eléctrica que es capaz de suministrar con

suficiente regularidad, durante un periodo de tiempo determinado.

## 5.2 FUNCIONAMIENTO DEL CONDESADOR.

Un condensador está formado generalmente por dos superficies conductoras (armaduras) separadas por un aislante (dielectrico). La cantidad de cargas eléctricas acumulables es proporcional a la superficie de las armaduras e inversamente proporcional a la distancia o separación entre ellas. La capacidad de un condensador se mide en faradios (F). Los sumultiplos más empleados son el picofaradio (pF) y el microfaradio ( $\mu$ F).

El condensador se monta en el interior o exterior del distribuidor, y trabaja en paralelo con los contactos del ruptor. Su función consiste en reducir la duración de las variaciones de tensión en el circuito primario de las bobinas, en el momento de la apertura de los contactos (platinos), absorbiendo la sobrecorriente de apertura. Esta función aumenta ulteriormente la capacidad de la bobina para elevar la tensión y evitar el chisporroteo en los contactos de los platinos.

En los sistemas de encendido electrónico su función del condensador es la de evitar, las interferencias (ruidos) en el sistema de audio, debido a los impulsos magneticos generados en el distribuidor y las descargas de alto voltaje en la bobina de encendido.

## 5.3 PLATINOS.

Los platinos o contactos. Antiguamente se empleó platino en la fabricación de los contactos, de ahí que se les conosca como platinos, actualmente son de tungsteno por haberse comprobado que este metal ofrece mejores resultados. El tungsteno es extremadamente duro. Su punto de fusión es de  $3410^{\circ}\text{C}$  y reduce las transferencias de metal de un contacto a otro.

La función de los platinos es interrumpir el flujo de la corriente del circuito primario para la creación y desvanecimiento del campo magnético dentro de la bobina a fin de que pueda introducirse el voltaje de alta tensión.

Debe vigilarse cuidadosamente la separación de los platinos, no demasiado abiertos, no demasiado cerrados. Los platinos demasiado abiertos provocan adelanto de la chispa y los platinos demasiado cerrados retrasan el momento de encendido.

La separación de los contactos nuevos puede ser comprobada con un calibrador de hojas; pero en los contactos usados o gastados se debe utilizar un medidor de ángulo de leva. La superficie de los contactos gastados es áspera y no puede ser medida con precisión con el calibrador de hojas. El ángulo de leva aumenta a medida que los contactos están más cerrados y disminuye a medida que están más abiertos.

#### 5.4 BUJIAS.

La bujía es un producto de la más avanzada ingeniería que combina las especialidades de cerámica, metalurgia y técnicas de manufactura de elevada precisión.

Expuesta a pruebas de resistencia más severas, una bujía debe aislar una corriente eléctrica de varios miles de voltios que entran a la cámara de combustión.

Aunque su terminal esté fría como el hielo, el extremo opuesto del aislador a muy poca distancia está expuesto a temperaturas muy elevadas. La bujía debe proporcionar un sellado eficiente a los súbitos incrementos de presión de la combustión. Expuestos a una atmósfera altamente corrosiva, los electrodos también deben resistir la erosión ocasionada por millones de chispas.

Una bujía debe mantener un flujo de calor uniforme desde su punta de encendido para evitar convertirse en fuente de preencendido.

El fenómeno de preencendido ocurre cuando algún punto dentro de la cámara de combustión alcanza temperaturas que sean capaces de inflamar la mezcla aire combustible, antes que lo haga la chispa eléctrica de la bujía.

Los motores requieren bujías de un rango térmico relativamente frío durante su operación en máximo rendimiento.

El término rango térmico se refiere a las características térmicas de las bujías; particularmente a su habilidad para disipar el calor de la combustión desde su extremo de encendido hasta la cabeza del motor y medio de enfriamiento de éste.

Los fabricantes de motores han usado diferentes alcances. Como diferente tolerancia de luz entre los electrodos.

El alcance es la longitud medida desde el asiento del casquillo, sin contar la arandela, hasta el límite de cuerpo roscado. Es muy importante tomar en cuenta el alcance al reemplazar bujías así como la calibración entre electrodos recomendada por el fabricante de motores.

El fabricante de bujías recomienda cambiarlas en intervalos regulares de 10000 Kms en automóviles (transporte) o su equivalente en horas de trabajo.

## 5.5 DISTRIBUIDOR.

El distribuidor tiene dos funciones:

1. Abrir y cerrar los platinos del circuito primario, sistema de encendido convencional (SEC), a fin de que se produzca la corriente de alta tensión en el circuito secundario. Esta función es reemplazada en el sistema de encendido electrónico (SEE), por la señal magnética

formada por el reluctor y la bobina captadora que manda la señal a una unidad electrónica de impulso magnético.

2. Distribuir la corriente de alta tensión a cada bujía, en el instante preciso, a través del rotor y la tapa del distribuidor.

Las partes principales del distribuidor son: La base o caja de la flecha, la leva, un mecanismo de avance de encendido, una placa portaplatinos (SEC) o placa porta bobina captadora (SEE), los platinos o bobina captadora, un condensador, un rotor, una tapa. La flecha y la leva (reluctor en el SEE) giran generalmente accionadas por el árbol de levas a la mitad de la velocidad del motor, dos revoluciones del motor corresponden a una revolución del distribuidor.

La tapa del distribuidor está hecha de un material altamente aislante. Cubre la parte superior del distribuidor y se sujeta a la base por seguros de muelle o tornillos. En la tapa están las terminales del cable de alta tensión que se conecta a la bobina, así como las terminales de los cables de bujías. El contacto con el rotor se hace a través de un carbón y un resorte.

El rotor al igual que la tapa del distribuidor, está hecho de un material altamente aislante, moldeado. Gira sobre la leva del distribuidor, o sobre el reluctor del distribuidor (SEE). Al girar el dedo del rotor (escobilla), va quedando en línea recta con cada terminal de los cables de las bujías y así, la corriente de alta tensión se distribuye a cada bujía. Tanto la tapa del distribuidor como el rotor deben revisarse constantemente por roturas o grietas.

Desechese la práctica de limar el dedo del rotor ya que así se aumenta el puente de aire o separación entre el extremo del rotor y las terminales de los cables de las bujías, provocando una resistencia

mayor al paso de corriente.

#### 5.6 SISTEMA CONVENCIONAL DE ENCENDIDO.\*

En un sistema convencional de encendido (SCE), el voltaje necesario para efectuar la chispa en la bujía se forma al momento de abrirse los platinos en el distribuidor, interrumpiendo el flujo de corriente primaria que pasa por una bobina de inducción.

El sistema debe ser capaz de suministrar el voltaje necesario para crear una chispa entre los electrodos del extremo de encendido de la bujía. Es necesario tener una cierta "reserva de voltaje para encendido", para prevenir el desgaste normal tanto de las bujías como de las piezas componentes del sistema de encendido.

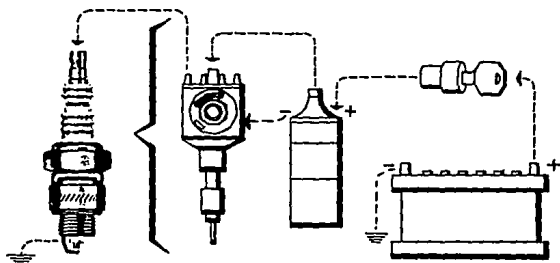
Expresado en una forma sencilla, la "reserva de voltaje" es la diferencia en KV (Kilo Voltio) entre cuanto puede producir el sistema de encendido (voltaje disponible) y cuánto voltaje tiene que enviar la bobina para producir la chispa entre los electrodos de la bujía (voltaje requerido).

Existen varios factores que pueden disminuir la "reserva de voltaje", los cuales se indican en la tabla adjunta.

Los osciloscopios modernos son un medio preciso y rápido para medir los niveles de voltaje durante la operación del motor. Las figuras 5.1 y 5.2 ilustran tanto los trazos de voltaje disponible, como voltaje requerido, tal como aparecen en la pantalla de un osciloscopio. Este método de prueba es muy útil para determinar la condición del sistema de encendido y las bujías.

\* Esta información como las figuras y tabla, se tomo del Manual de Servicio Automotriz CHAMPION, México 1987, páginas 8, 9.

## SISTEMA DE ENCENDIDO CONVENCIONAL



MUCHOS FACTORES PUEDEN DISMINUIR EL FACTOR DE RESERVA Y CAUSAR PERDIDA DE FUNCIONALIDAD CON AUMENTO DE EMISIONES CONTAMINANTES. A CONTINUACION CITAMOS ALGUNOS DE LOS MAS IMPORTANTES:

	DISMINUYE VOLTAJE DISPONIBLE	AUMENTA VOLTAJE REQUERIDO
FACTORES DE AFINACION	Platinos desgastados Platinos descalibrados Bobina en corto circuito Tapa de distribuidor rajada Condensador con fugas Batería débil	Electrodo desgastados Espaciamento muy amplio Polaridad de bobina invertida Tiempo de encendido atrasado Mezclas aire-combustible pobres Cables de bujías interrumpidos
CONDICIONES OPERACIONALES	Alta velocidad del motor Arranques en frío Alimentación de accesorios	Brusca aceleración Arranque en frío Demanda de potencia

TABLA 5.1 Tabla adjunta de condiciones operacionales.



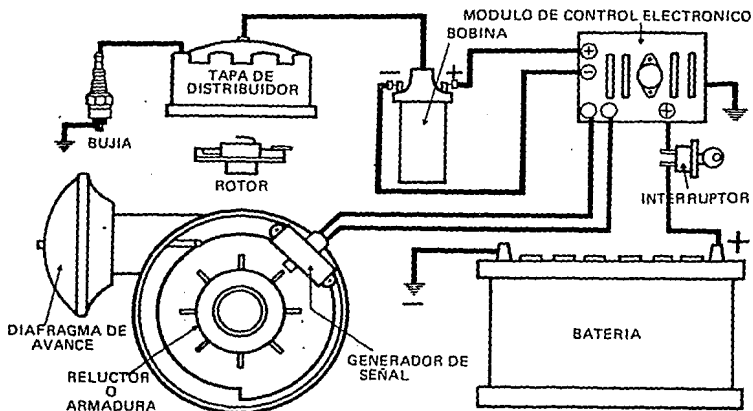
FIGURA 5.1

Los osciloscopios modernos



FIGURA 5.2

## SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRONICO (SEE)



### 5.7 SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRONICO.\*

La función del sistema de encendido electrónico (SEE) es la misma que la del sistema convencional; producir una chispa de alto voltaje y distribuirla en el tiempo apropiado a cada bujía. Los sofisticados sistemas computarizados deben cumplir esta misma tarea.

No obstante que el distribuidor del S.E.E. y algunos otros componentes son similares a los del sistema convencional, existen áreas muy diferentes entre ambos. Ya no existen platinos que solían quemarse y picarse, ni el seguidor de levas que solía desgastarse,

\* Información tomada del Manual de Servicio Automotriz CHAMPION, México 1987, pág. 9.



ocasionando cambios en el tiempo de encendido. Han sido reemplazados por un sistema de impulso magnético y electrónica avanzada que requiere de muy poco mantenimiento.

El mantenimiento regular del sistema de encendido, se ha reducido a la inspección de cables y conexiones, tapa de distribuidor, rotor y bobina. Subsiste la necesidad de servicio al sistema de encendido, lo que ha cambiado es el grado de inspección y corrección. Sin embargo, la función y el medio de funcionamiento de la bujía no ha cambiado.

Las descargas de alto voltaje, el ataque químico y las temperaturas de la combustión seguirán obligando a cambios de bujías en intervalos regulares para mantener el máximo de economía y funcionamiento.

#### 5.8 MOTOR DE ARRANQUE.

El motor de arranque consiste, en un motor de corriente directa que está acoplado a un engrane del motor, llamado comúnmente volante o cremallera. Cuando la fuerza eléctrica es conectada al motor de corriente directa, el solenoide es activado simultáneamente, lo que hace engranar al piñón deslizante con la cremallera del motor de combustión. El resorte en el piñón desengrana a éste cuando la energía al solenoide se corta.

#### 5.9 ALTERNADOR.

El alternador es un dispositivo generador de corriente alterna con un rectificador interconstruido que produce corriente directa, se acopla generalmente al motor por una banda en V, su polea es menor que la del motor, tal que gire al doble de las rpm (revoluciones por minuto) del motor de combustión; su función es la de alimentar de corriente directa a todos los dispositivos del motor que requieran de ella, así como mantener la batería en buen estado de carga eléctrica por medio de un regulador electrónico.

## SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR

### 6.1 CARGA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR.

La distribución del calor en un motor de combustión interna varía de acuerdo con la eficiencia, diseño, velocidad, carga y tamaño.

El calor rechazado al agua de un motor básico se muestra en la figura 6.1.

Nótese que a 2000 rpm y a carga completa el motor de combustión interna encendido por chispa rechaza aproximadamente 0.75 Kw. por cada Kilowatt de salida .

En la tabla 6.1 podemos ver el porcentaje de pérdidas de calor y el calor aprovechado en trabajo efectivo.

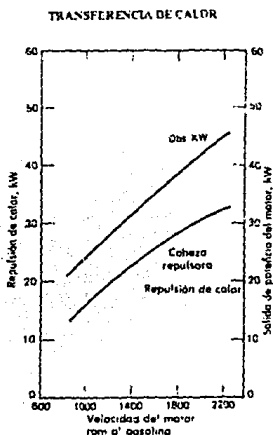


FIGURA 6.1 Calor rechazado al refrigerante

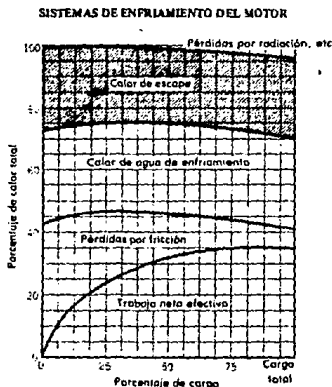


TABLA 6.1 Balance de calor de un motor de combustión interna

## 6.2 TRANSFERENCIA DE CALOR.

El calor es transferido de los gases calientes a las paredes del cilindro por radiación, conducción y convección.

El porcentaje de calor transferido se ve afectado por el material de la pared del cilindro tabla 6.1. El Aluminio se usa generalmente para cabezas y camisas en los motores enfriados por aire, donde se requieren altos porcentajes de transferencia de calor y ligereza. El hierro fundido y el acero son los materiales que predominan para las paredes del cilindro, enfriados por agua, a causa de su resistencia al desgaste, dureza y fuerza y no por sus porcentajes de transferencia de calor.

## 6.3 ENFRIAMIENTO POR AIRE.

El enfriado por aire tiene la ventaja de eliminar camisas de enfriamiento, bombas, radiador y conexiones de agua, pero se requiere un ventilador para mover el aire.

Ventiladores especiales y desviadores son usados para dirigir el aire alrededor del motor y evitar áreas muy calientes. Los puntos más calientes son el cilindro, la válvula de escape, la bujía, la cabeza o culata del motor y debe dársele atención especial para su enfriamiento ya sea por aire o líquido.

El cuerpo de motor como la(s) culata(s) del mismo tienen, unos pasajes de aire donde la circulación del gas refrigerante debe ser eficiente; ya que es menor el valor del coeficiente de transferencia de calor el metal y el aire.

## 6.4 FUNCION DEL RADIADOR.

La función del radiador es disipar el calor del agua en el aire; para lograrlo el aire debe entrar en contacto con las superficies

calientes del radiador.

El radiador elegido debe tener un área frontal que permita tamaños de ventiladores y velocidades proporcionales a la potencia disponible para mover el ventilador, la cual puede ser hasta de un 5% de la potencia de salida del motor.

En algunos motores enfriados por aire, el radiador es llenado por aceite lubricante que circula por el motor de combustión y su función de refrigerante es la misma que en los motores enfriados por agua. Se usan ventiladores más eficientes siendo estos centrífugos o axiales de más palas.

#### 6.5 CONTROL DE TEMPERATURA

La temperatura a la cual opera un motor afecta a la economía del combustible y al desgaste, en pruebas realizadas por el fabricante, se ha determinado que a temperaturas bajas aproximadamente  $38^{\circ}\text{C}$  de temperatura en el refrigerante (agua) hay un aumento en el consumo específico del combustible. Se considera una temperatura normal en el refrigerante entre  $80^{\circ}\text{C}$  a  $95^{\circ}\text{C}$ .

En los motores de fabricación reciente la temperatura excede ligeramente estos límites, siendo necesario añadir al agua del radiador refrigerantes especiales; la cantidad en porcentaje determina la temperatura de ebullición (normalmente arriba de los  $100^{\circ}\text{C}$ ), y de congelamiento (normalmente por abajo de  $0^{\circ}\text{C}$ ).

#### 6.6 REFRIGERANTES.

El agua y el aire es lo más comúnmente usado como medio refrigerante.

El agua es el refrigerante más utilizado en los motores de combustión interna, a causa de sus propiedades relativamente altas de

transferencia de calor.

Las principales desventajas son que tiene un alto punto de congelación y que puede causar acción corrosiva en el radiador y en el motor.

#### 6.7 PRESION DE ENFRIAMIENTO.

La presión es una magnitud física de extraordinaria importancia, que desarrolla un papel decisivo en gran número de fenómenos físicos y que condiciona otras magnitudes.

La práctica de operar sistemas de enfriamiento bajo presión ha llegado a ser común debido a la reducción de pérdidas por evaporación, al incremento en las temperaturas de operación de un motor sin pérdidas por derrame a causa de la ebullición y debido también al deseo de incrementar la capacidad de enfriamiento del radiador. En promedio el punto de ebullición disminuirá aproximadamente  $1.4^{\circ}\text{C}$  por cada 500 metros arriba del nivel del mar.

#### 6.8 ANTICONGELANTES Y ANTIEBULLENTES.

Con esta denominación se designa cualquier sustancia que agregada al agua rebaja su punto de congelación y eleva su punto de ebullición.

Un anticongelante debe tener las siguientes características:

- a) Evitar la congelación a las temperaturas más bajas de operación.
- b) No atacar los materiales del sistema de enfriamiento.
- c) Ser químicamente estable bajo condiciones de operación del motor.
- d) Tener un alto calor específico y conductividad de calor.
- e) Tener un bajo coeficiente de expansión para reducir las pérdidas por derrame.
- f) No ser tóxico ni flamable.

Los anticongelantes para uso automotriz han sido soluciones de

alcoholes (metilo, etilo e isopropilo) y de glicoles (etileno y propileno).

Los anticongelantes y antiébullentes para la industria automotriz que se encuentran en el mercado, hoy en día. Pueden usarse en radiadores y/o sistemas de enfriamiento. Al agregarse al agua reduce el punto de congelamiento y eleva el punto de ebullición. Impide la oxidación y corrosión, protege las partes de hule y lubrica la bomba del agua. No hace espuma ni se evapora.

Tráen impresa está leyenda:

"Instrucciones: Vaciar el agua del radiador y volver a llenar. De acuerdo a las proporciones usadas se obtendrán los resultados siguientes:

ANTICONGELANTE	+	AGUA	PUNTO CONGELACION	PUNTO EBULLICION
15%	+	85% =	- 5°C	+ 101°C
25%	+	75% =	- 10°C	+ 104°C
40%	+	60% =	- 20°C	+ 106°C
50%	+	50% =	- 32°C	+ 108°C
70%	+	30% =	- 50°C	+ 111°C

No es aconsejable usarlo en mayor proporción.

Se recomienda renovar la mezcla cada seis meses"\*

#### 6.9 CORROSION.

Los contaminantes más comunes del agua que causan corrosión en los sistemas de enfriamiento son el oxígeno atmosférico, los minerales disueltos en el agua y los ácidos de las fugas de escape. La corrosión aumenta al aumentar la temperatura.

\* El punto de congelación y ebullición así como la renovación de la mezcla, tiene sus variantes según la marca del producto anticongelante

El porcentaje de corrosión del hierro por aguas no-tratadas es mucho más elevado que el de otros metales, siendo ésta la razón de que la oxidación del hierro sea el principal problema en la pérdida de transferencia de calor y en la obstrucción de radiadores y camisas de agua.

Se recomienda Anticongelante y Antiebulente para uso automotriz, ya que reduce la oxidación y la corrosión evitando con esto calentamientos excesivos en el funcionamiento que van a causar daños prematuros al motor.

#### 6.10 VENTILADORES.

Los ventiladores se usan para activar la circulación del aire de refrigeración tanto en los radiadores como en los motores enfriados por aire.

El diseño y selección de un ventilador es muy importante, puesto que el aire que pasa a través del radiador es el principal medio de remover el calor del líquido. El volumen de aire requerido para cualquier instalación dada es determinada por pruebas.

La potencia requerida por un ventilador. Se cree generalmente que varía como el cubo de la velocidad, pero en las pruebas Boelter se encontró que varía al 2,56 de la velocidad.

La descarga del ventilador varía directamente con la velocidad hasta el punto en el cual ocurre la interferencia de hoja; la interferencia de hoja evita el aire que entre en los espacios tan rápidamente como es removido por las hojas.

Basándose en estos datos se puede observar que el ventilador debe ser tan grande como sea posible y debe girar lo más lento, que pueda ser, para obtener la máxima eficiencia.

## LOCALIZACION DE AVERIAS

### 7.1 INTRODUCCION.

En la campaña sobre economía y emisiones contaminantes que se esta llevando a cabo en las ciudades más importantes del país, es tarea de todos saber que hacer para no contaminar, es pues de suma importancia que todos los usuarios de automóvil deben saber, o al menos tener idea, de como evitar una reducción de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) que tanto daño estan haciendo a nuestra atmósfera.

La reducción significativa de emisiones contaminantes la lograremos solo teniendo en buen estado nuestros motores y, afinando nuestros automóviles (todo el transporte que se mueve con motores de combustión interna) cada 10000 Kms o cada 6 meses, en motores de gasolina.

### 7.2 DATOS GENERALES.<sup>#</sup>

Datos generales que se deben saber para el buen funcionamiento de los motores de combustión interna.

Los datos reunidos en esta información técnica son los más básicos que se presentan en el funcionamiento de estas máquinas.

1. En velocidad baja o RALENTI (rpm) debe ser más alta en los motores cuyo automóvil está equipado con aire acondicionado; generalmente se deben dar de 50 a 100 rpm arriba de las recomendadas por el fabricante.

Algunos motores requieren menos rpm para que su velocidad baja sea más uniforme, en estos casos conviene ajustar la velocidad lenta a criterio de 25 a 50 rpm en los motores con sistema positivo de ventilación del cárter.

# Manual De Datos Técnicos Automotrices TF VICTOR. 8<sup>a</sup> Edición, Méx., 1988, págs: 12, 13, 14.



2. Es conveniente ver las especificaciones para localizar la marca para verificar el tiempo de la ignición aunque estas marcas generalmente se encuentran en la polea del cigüeñal, en su vibrador o bien en el volante motriz.
3. Debe limpiar y calibrar las bujías cada 5000 Kms., y cambiarlas por nuevas cada 10000 Kms.
4. Puntos de contacto (PLATINOS). Cada vez que se calibran los platinos, debe comprobarse el tiempo de encendido.
5. Asegure un ajuste exacto del tiempo de la ignición, desconecte siempre la línea de avance por vacío en el distribuidor y obtúrese el conducto, antes de hacer el ajuste.
6. Variaciones del Ángulo de Contacto: Cuando se aumenta la velocidad de un motor a 1500 rpm aproximadamente (con la línea de vacío desconectada), el ángulo de contacto no deberá variar más de  $3^{\circ}$ . En ciertos distribuidores en motores Chrysler y Ford, el ángulo de contacto puede disminuir tanto como  $6^{\circ}$  ó  $7^{\circ}$  cuando la línea de vacío se desconecta. Sin embargo, esta disminución no debe exceder de  $9^{\circ}$  a  $10^{\circ}$ . Con estas excepciones, si el ángulo disminuye más de  $3^{\circ}$  cuando se desconecta la línea de vacío, el distribuidor debe revisarse por si tuviera partes desgastadas o sueltas.
7. Para obtener resultados satisfactorios de una afinación, no solamente es necesario contar con las herramientas manuales, ordinarias, se requiere también otras herramientas e instrumentos especialmente en los motores de reciente fabricación.  
Si dispone del laboratorio completo para afinaciones sugerimos las siguientes herramientas e instrumentos: compresómetro, vacuómetro, tacómetro, medidor de ángulo de contacto, lámpara de tiempo 6/12

[volts], voltmetro de baja escala de corriente directa, llave de bujías, de preferencia llave de caja con maneral y matraca, osciloscopio portátil, limpiador y probador de bujías, calibrador de hojas para bujías y platinos.

Siga ordenadamente los siguientes pasos para efectuar una buena afinación:

1.- Inspección preliminar:

Asegúrese que los siguientes elementos estén trabajando satisfactoriamente:

- a) Acumulador: Nivel de electrólito. Si el nivel es bajo pruébese el acumulador antes de agregarle agua.
- b) Alambres cables, y conexiones, tanto del circuito primario como del secundario.
- c) Banda o correa del ventilador.
- d) Válvula o sus mecanismos del control térmico del carburador.
- e) Filtros de aire, gasolina y aceite, conductos de respiración tanto de llenado de aceite como del monoblock.
- f) Válvula en el sistema de ventilación positiva del cárter (si la hay).

2.- Prueba del acumulador.

- a) Efectúe la prueba del hidrómetro para comprobar la concentración del electrólito, si está baja, recárguese el acumulador.
- b) Prueba de voltaje: Compruebe el voltaje de cada una de las celdas así como el voltaje total del acumulador; lectura baja en una celda indica acumulador defectuoso, lo cual nos dice que debe reemplazarse. Lectura baja en todas las celdas indica necesidad de recargar o reemplazar el acumulador.

Se recomienda el uso del voltímetro especial para estas mediciones. Si se usa un voltímetro ordinario, mida el voltaje a través de las terminales del acumulador; al arrancar el voltaje no debe caer abajo de 9 volts en acumuladores de 12 volts o de 4.5 en acumuladores de 6 volts. Si la lectura es inferior, cámbiese el acumulador. Deben mantenerse los cables limpios y en buen estado.

### 3.- Prueba de bujías. Sin osciloscopio.

- a) Quitense todas las bujías anotando su colocación.
- b) Vea si los electrodos se encuentran gastados o llenos de carbón.
- c) Las bujías deben limpiarse y calibrarse cada 5000 Kms. Y cambiarse a los 10000 Kms. Cuando cambie las bujías hagalo consultando las especificaciones del fabricante de las mismas.

Con El Osciloscopio.

- a) Deben seguirse las instrucciones del manejo del aparato.
- b) Debe verificarse la polaridad de la bobina (líneas cortas indican polaridad invertida). Vea si las bujías están gastadas (líneas altas). Bujías con exceso de depósito (líneas muy bajas). Cables rotos o con alta resistencia (líneas altas).
- c) Prueba de aceleración: Si cualquiera de las líneas sobrepasa la línea roja de referencia en el osciloscopio, indica que las bujías deben ser cambiadas debe dárseles servicio.
- d) Prueba de voltaje disponible. Si la línea está baja, el sistema de ignición debe chequearse.

### 4.- Verificación del sistema convencional.

- a) Mida la caída de voltaje de la batería a la bobina con un voltímetro de baja escala. Los contactos del distribuidor deberán estar cerrados así como el switch de ignición para establecer el

circuito. Si el sistema primario tiene incorporada una resistencia de balata o cable de resistencia, chequese en el lado de la resistencia que corresponde a la batería. Si la caída de voltaje excede de  $1/10$  de volt, se requiere una verificación a fondo del primario, sobre todo en lo referente a los cables o falsos contactos.

b) Vea si la polaridad de la bobina es la adecuada. El cable negativo conecta al distribuidor con el polo negativo a tierra de la batería.

c) Inspeccione visualmente los contactos (PLATINOS) para encontrar: Desalineamiento, poste suelto, superficies de contacto sucias o picadas, cables haciendo corto a la ceja del distribuidor o la placa-porta-platinos.

d) Cuando se instalan nuevos platinos, es aconsejable lubricar perfectamente el bloque de fricción o leva con el lubricante recomendado por el fabricante, así como instalar al mismo tiempo un nuevo condensador, evitar tocar o engrasar accidentalmente los contactos de tungsteno, (PLATINOS).

e) Vea si la bobina no tiene exceso de corrosión, así como las torres de la tapa del distribuidor, grietas en la tapa e inspeccione los puntos de contacto en el interior para ver si no tiene desgaste excesivo. El rotor puede estar gastado o dañado.

f) Inspección interna del distribuidor. Verifique que la flecha del distribuidor no tenga desgaste excesivo, así como la leva del mismo. Haga girar la flecha en sentido opuesto al usual, gírese aproximadamente  $1/8$  de vuelta para sentir si los contrapesos de avance centrífugo están libres y despegados. (Esto no se realiza

cuando el avance es por vacío exclusivamente).

g) Vea la unidad de avance por vacío y desconecte la línea de vacío. Presione la placa porta-platinos contra el brazo del diafragma y ponga un dedo humedecido presionando fuertemente el agujero de la unidad de vacío, soltando al mismo tiempo la placa. Si esta vuelve a su posición normal, existe la posibilidad de que el diafragma de la unidad de vacío esté rota, debiendo cambiar dicha unidad.

h) La unidad de vacío puede probarse también en la siguiente forma: Accionando la marcha con la placa de choke cerrada al acelerador abierto y cuidando que la línea de vacío esté bien conectada; obsérvese la placa porta-platinos, si dicha placa se mueve quiere decir que la unidad y el diafragma están en buen estado.

#### 5.- Calibración de los platinos.

a) Póngase a tierra el cable de alta tensión de la bobina.

b) Conecte el medidor de ángulo de contacto o ponga la abertura adecuada a los contactos con un calibrador de hoja.

c) Mientras se acciona la marcha, abra y cierre los platinos hasta que el medidor de ángulo, indique el ángulo especificado.

d) Coloque de nuevo el rotor, la tapa del distribuidor y el cable de alta tensión de la bobina.

#### 6.- Puesta a tiempo del motor.

a) Siempre debe desconectarse la línea de avance por vacío del distribuidor y taparse la abertura donde está la línea conectada.

b) Ponga a tiempo a las especificaciones, estando el motor funcionando a velocidad estacionaria o como lo especifique el fabricante.

c) Conéctese de nuevo la línea de vacío.

d) Auméntese la velocidad del motor lentamente y obsérvese la marca de avance. Si dicha marca se mueve continuamente, verifique si hay demasiado juego en la flecha del distribuidor y haya que cambiar ya sea ésta o los bujes de la misma.

#### 7.- Combustible y carburador.

a) Mida la capacidad de la bomba de gasolina (PRECAUSION: Use manguera de extensión para evitar que la gasolina entre en contacto con el múltiple de escape).

A velocidad estacionaria, deberá llenar una medida de medio litro en un tiempo de 20 a 30 segundos.

b) Inspeccione visualmente lo siguiente en el carburador.

Conexiones gastadas, operaciones del ahogador; acción de la bomba de aceleración; hágala accionar y vea si inyecta combustible. Fugas de combustible: Vea si hay fugas en los empaques y uniones. Pasos de aire: Entre la base del carburador y el múltiple de admisión.

c) Conéctese el tacómetro y ajuste la espere de baja velocidad (Ralenti). El motor deberá estar operando a temperatura normal de trabajo. Gire el tornillo hacia adentro hasta que el motor cabecee o trabaje con brusquedad. Gire entonces el tornillo hacia el otro lado hasta alcanzar las más altas revoluciones. Repítase este procedimiento en los carburadores de 2 o más gargantas.

d) Ajuste la velocidad estacionaria a lo recomendado.

#### 8.- Ventilación positiva del carter.

Este sistema debe ser inspeccionado, limpiado y ajustado de acuerdo a las especificaciones de cada fabricante de vehículos.

7.3 GUIA PARA LOCALIZAR Y REPARAR AVERIAS.<sup>4</sup>

## GUIA PARA LOCALIZAR Y REPARAR AVERIAS

## PROBLEMAS DE ARRANQUE DEL MOTOR

SINTOMA	CAUSA	SOLUCION
El motor de arranque no gira el motor y las luces están fuertes.	Batería con poca carga, generalmente por defecto en alternador o generador	Cargar batería y revisar el sistema de carga, alternador o generador y regulador de voltaje.
	Batería defectuosa	Poner una nueva.
	Cables de la batería en malas condiciones o corroídos.	Limpiar bornes de la batería y los cables, o cambiar los cables. Apretar los terminales.
	Motor de arranque trabado.	Reparar motor de arranque.
El motor de arranque no gira el motor y las luces están débiles.	Inducido del motor de arranque en mal estado	Cambiese el motor.
	El motor de arranque suena "clac clac", el solenoide está quemado	Cambiar solenoide.
	Si es automático y no arranca en neutro y parqueo, el interruptor de la llave debe estar malo	Cambiar cerradura del motor.

# Esta información se tomó del Manual De Datos Técnicos

Automotrices TF VICTOR, 8<sup>a</sup> Edición, Méx., 1988, págs: 21,22,23,24,25.

El motor gira lentamente y no arranca	Bateria con poca carga	Cargar bateria y revisar el sistema de carga, alternador o generador y regulador de voltaje
	Bateria en mal estado	Poner nueva.
	Cables de la bateria en malas condiciones o cables corroidos.	Limpiar bordes de la batg ria y los cables. Apretar los terminales.
	Falso contacto	Apretar terminales.
	Motor de arranque en mal estado.	Repararlo o cambiarlo.
El motor gira normal, pero no Arranca.	No llega gasolina al carburador	Revise la bomba de gasolina, compruebe si el flotador en el carburador está trabajando revise el filtro de gasolina.
	No llega la electricidad a las bujias.	Compruebe la bobina. Si sale chispa de la misma compruebe los cables de alta tensión, la tapa del distribuidor el rotor y los platinos. Si no sale electricidad de la bobina revise las conexiones.
	Problemas en el combustible	Revise el estrangulador del aire para ver si el mismo trabaja. Quite el



filtro de aire del carburador y compruebe si llega gasolina al mismo. Trate de arrancar para ver si la bomba de gasolina trabaja y si llega la gasolina al carburador.

Llega electricidad a las bujías

Revise los cables de las bujías, revise la abertura de los platinos y su estado, compruebe la bobina.

El motor gira normal, pero no arranca

Bomba de gasolina

Si la bomba de gasolina es eléctrica limpie el contacto con el cable eléctrico y revise éste también. revise los contactos de la misma; si están quemados, sustituya la bomba; si solamente están sucios, límpielos con una lima de platinos. Limpie el filtro. Si la bomba de gasolina es mecánica, desmontela y revise su diafragma, si está malo, reemplace la bomba, limpie

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

		<p>el filtro interior y colóque de nuevo la tapa. Revise los tubos y conexiones en busca de entradas de aire.</p>
<p>El motor hace explosiones ruidosas que salen por el carburador.</p>	<p>Motor fuera de tiempo</p>	<p>Poner a tiempo el motor con una lámpara de tiempo</p>
	<p>Cables o tapa del distribuidor mojados.</p>	<p>Seque bien los cables y la tapa del distribuidor. Ponga los cables en orden que deben ir.</p>
<p>El motor funciona, pero tiene poca potencia.</p>	<p>Motor fuera de tiempo.</p>	<p>Poner a tiempo el motor con una lámpara de tiempo</p>
	<p>Avance defectuoso del distribuidor</p>	<p>Revise el sistema de vacío, y si todas las conexiones están en su lugar y si hay tubos agrietados o rotos cámbielos.</p>
	<p>Entrada de aire al carburador.</p>	<p>Apríete todos los tornillos que fijan el carburador.</p>
	<p>Punterías.</p>	<p>Regule las punterías de acuerdo a las especificaciones del fabricante.</p>
	<p>Pérdida de compresión.</p>	<p>Tome una lectura de la compresión de cada cilindro; puede que necesite</p>

		anillos en los pistones.
	Varillas del acelerador mal ajustadas.	Ajuste las varillas adecuadamente.
	Poca entrada de combustible al carburador.	Compruebe los surtidos y sus válvulas, el filtro de combustible y la bomba de gasolina.
El motor falla, no tiene compresión y suelta agua por el tubo de escape estando caliente el motor.	Junta de la cabeza quemada o rota.	Cambiar la junta de la cabeza. Revise la cabeza y mándela a rectificar.
	Cabeza dañada o alabeada	Si está rajada, ponga una nueva. Si solamente está alabeada mándela a rectificar a un taller.
	Bloque del motor rajado.	Cambie el bloque del motor, o el motor completo ya que será más económico si compra uno de uso y lo cambia.
El motor aparentemente no llega a su nivel normal de temperatura.	Termostato defectuoso.	Cambiar el termostato.
	Indicador de temperatura defectuoso.	Cambiar el indicador defectuoso.
El motor falla y sigue andando y algunas veces se para si está en baja	Defectos en el sistema de encendido.	Revise las bujías, límpielas o reemplácelas si están malas. Compruebe los platinos, límpielos y re-

		<p>güelos de nuevo a las especificaciones del fabricante. Revise los cables de alta y baja tensión. Revise todo el sistema de encendido.</p>
	Cables de las bujías o bobina dañados.	Cambiar los cables dañados.
	Agua en el combustible.	Vaciar el tanque del combustible y limpiar las líneas. Llenar el tanque de combustible con gasolina fresca.
	Entrada de aire al carburador.	Apretar todos los tornillos de fijación del carburador.
	Carburador mal ajustado	Regular debidamente los tornillos de ajuste de combustible y aire, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
	Mezcla muy rica en gasolina.	Ajustar el carburador debidamente. Limpie el filtro de aire.
El motor falla, haciendo pequeñas explosiones o	Suciedad en el carburador, en las líneas o en el filtro.	Limpie el carburador y las líneas. Ajuste el nivel del flotador en el

grandes explosiones, de manera irregular		carburador. Revise la bomba de gasolina. Si es mecánica limpie sus filtros, revise su diafragma, reparela o cámbiela. Si es eléctrica: Limpie todos sus contactos y filtros. Compruebe que le llega electricidad constante. Si no funciona, cámbiela.
	Nivel bajo de combustible en el carburador	Ajuste el flotador o reemplácelo si no funciona correctamente.
El motor se para en baja R.P.M. estando caliente.	Estrangulador desajustado.	Ajustar estrangulador o cambiarlo.
	Poca entrada de aire o estrangulador funcionando incorrectamente	Limpia filtro de aire del carburador o cambíalo. Revise el estrangulador.
	Tornillo de baja muy cerrado	Ajuste el tornillo de baja en el carburador.
	Mal regulación del carburador.	Regule los tornillos de entrada de gasolina y de aire en el carburador.
	Mariposa del estrangulador trancada.	Revise el funcionamiento del estrangulador, cámbi-

		elo si está defectuoso o engráselo.
	Platinos desgastados, sucios o mal calibrados	Limpie los platinos, sustitúyalos y calibrelos de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
	Flotador atorado.	Revise el flotador del carburador, limpie la válvula de aguja o reemplacela.
El motor trabaja de manera irregular	Carburador mal ajustado	Regúlese el carburador de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
	Platinos sucios, en mal estado o mal regulados.	Límpielos, ajústelos o cámbielos si están en mal estado.
	Bujías sucias o en mal estado.	Limpie las bujías o sustitúyalas si no sirven. Calibre las de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
	Entrada de aire en el carburador.	revise todas las líneas y apriete todas las conexiones y tornillos que aguantan el carburador.  Revise la línea de succión.

El motor se detiene cuando se para el vehículo, pero cuando se está en movimiento trabaja normalmente	Tornillo de baja mal ajustado.	Regule los tornillos del carburador.
	Filtro sucio.	Limpie el filtro o cámbielo.
	Entradas de aire por la base del carburador	Apriete todos los tornillos que fijan el carburador.
Cuando se acelera el motor se detiene	Carburador inundado de gasolina.	Revisar y limpiar las agujas inyectoras de combustible en el carburador. Revisar el flotador
	No llega suficiente gasolina al carburador.	Limpia la aguja de combustible en el carburador. Revisar flotador.
	Filtro de aire sucio.	Limpia el filtro o cambiarlo.
El motor funciona, no se para, pero mantiene una aceleración deficiente. Motor sin fuerza.	Entrada de aire por la base del carburador.	Apriete los tornillos que fijan el carburador, revise las juntas y cambie las que estén en mal estado.
	La gasolina llega indbidamente al carburador	Revisar y limpiar la aguja de combustible. Revisarse la bomba de gasolina.
	Poca compresión en el motor.	Puede necesitar anillos en los pistones, asentar válvulas o cambiar jun-

		tas del motor.
	Punterías descalibradas.	Calibre las punterías de acuerdo a las especificaciones del fabricante
	Motor fuera de tiempo.	Ponga a tiempo el motor con una lámpara de tiempo
Motor sobrecalentado.	Falta de líquido refrigerante.	Compruebe antes de rellenar, por dónde se le sale el líquido al sistema. rellene cuando repare la fuga con un refrigerante comercial que son mejores que el agua.
	Bandas del sistema flojas o rotas	Apriete las bandas y cambie las defectuosas, rotas o agrietadas.
	Mangueras defectuosas o rotas.	Cambie las mangueras que tengan fuga o que estén demasiado suaves y que se puedan apiastar.
	Tapón del radiador defectuoso	Cambielo por uno nuevo que sea el adecuado para su automóvil.
	Suciedad en el sistema.	Drene el sistema, límpielo con alguno de los productos que hay en el mercado y llénelo nueva-



		mente con refrigerante.
	Termostato defectuoso	Cambie el termostato.
	Bomba de agua defectuosa.	Cambie la bomba de agua.
	Paneles del radiador sucios.	Limpie los paneles del radiador con una manguera para que el aire pueda circular a través de ellos ayudando al enfriamiento del líquido refrigerante.
	Ventilador defectuoso.	Cambie el ventilador o repare el embrague del mismo si ese es el caso.
	Motor fuera de tiempo.	Ponga a tiempo el motor de acuerdo a las especificaciones del fabricante
	Avance automático del distribuidor defectuoso	Revise el avance automático y busque entradas de aire al sistema.
	Junta de la cabeza defectuosa.	Cambie la junta.
El radiador siempre pierde agua y hay que llenarlo	Fuga en la bomba de agua.	Cambiar el sello de la bomba o poner una nueva si no puede arreglarse.
	Fugas por mangueras o radiador.	Cambiar las mangueras defectuosas. si sale por el

		radiador podrá ver las manchas por donde sale.
	Escape de agua dentro del motor.	Cambiar la junta de la cabeza, revisar la cabeza y mandarla a rectificar. Revisar el bloque del motor en busca de rajadura.
Ruidos extraños al arrancar en frío o al acelerar de golpe algunas veces	La banda patina por estar trabada la bomba de agua.	Arreglar bomba de agua.
	Bandas flojas.	Apriete las bandas y cambie las defectuosas.
	Falta de engrase en la bomba de la dirección hidráulica.	Lubricar los baleros o cambiarlos si no se resuelve engrasándolos.
	Baleros del alternador o generador defectuosos o sin lubricar.	Lubricar el alternador o generador o reemplazar baleros es mejor solución
La luz piloto de presión del aceite se enciende intermitentemente	Conexión defectuosa.	Revise las conexiones y y el bombillo.
	Interruptor defectuoso	Cambie el interruptor.
	Bajo de aceite el cárter	Llene de aceite el motor hasta su límite permitido y revise si tiene alguna fuga.
La luz de presión de aceite solamente	Presión insuficiente de aceite.	Si el aceite que tiene en el motor es de la viscosi

<p>Le se apaga cuando acelera con fuerza</p>		<p>dad adecuada, debe cambiar la bomba de aceite.</p> <p>También puede que el motor en ralenti esté demasiado bajo de RPM regule el carburador a las especificaciones del fabricante.</p>
<p>La luz piloto del alternador se mantiene encendida siempre (en los casos que tenga aguja, está en la posición de descarga).</p>	<p>Banda del ventilador rota.</p>	<p>Cambie la banda rota.</p>
	<p>Regulador de voltaje defectuoso.</p>	<p>Instale un regulador nuevo.</p>
	<p>Alternador o generador no producen electricidad</p>	<p>Compruebe las conexiones. Si es un regulador revise las escobillas o carbones reemplazándolas si están muy pequeñas. Si es un alternador compruebe su continuidad y repárelo o cambie de acuerdo a su costo.</p>

**CONCLUSIONES:**

El trabajo realizado es un compendio de estudio y experiencias que se han venido desarrollando al paso del tiempo, y que ha alcanzado niveles muy importantes, de interés en el ámbito de la industria automóvil y sobre todo en los usuarios, que es donde se dirige este trabajo y, desde luego en algunos estudiantes que muestren interés en esta área.

Es importante resaltar la existencia de conceptos fundamentales de termodinámica, mecánica, química, que se establecen en este trabajo, sin embargo, de acuerdo a la sencillez que se plantea en este estudio, es de fácil comprensión entenderlo y aplicarlo a sus propias necesidades que se le presenten.

## BIBLIOGRAFIA

OBERT F. EDWARD

MOTORES DE COMBUSTION INTERNA ANALISIS Y APLICACIONES

ED. CONTINENTAL, S.A.

MEXICO, 1986.

DANTE GIACOSA

MOTORES ENDOTERMICOS

ED. DOSSAT, S.A.

ESPAÑA, 1980.

MARTER H. DONAL

TERMODINAMICA Y MOTORES TERMICOS

ED. UTEHA

ESPAÑA, 1965.

LILJEDAHL B. JOHN; TURNQUIST K. PAUL; CARLETON M. WALTER; SMITH W.

DAVID

TRACTORES Y SUS UNIDADES DE POTENCIA

ED. LIMUSA

MEXICO, 1984.

SALVAT, S.A. DE EDICIONES PAMPLONA

ENCICLOPEDIA SALVAT DEL AUTOMOVIL

ESPAÑA, 1974.

SEVERNS H. W.; DEGLER E. H.; MILES C. J.  
ENERGIA MEDIANTE VAPOR, AIRE O GAS  
ED. REVERTE S.A.  
MEXICO 1976.

WARK KENNETH  
TERMODINAMICA 5<sup>a</sup> EDICION  
ED. Mc GRAW-HILL  
MEXICO, 1990.

BUECHE F.  
FUNDAMENTOS DE FISICA 4<sup>a</sup> EDICION  
ED. Mc GRAW-HILL  
MEXICO, 1989.

ZEBROWSKI ERNEST JR  
FISICA UN ENFOQUE PARA TECNICOS  
ED. Mc GRAW-HILL  
MEXICO, 1984.

GRUPO EDITORIAL OCEANO  
MANUAL GASOLINA DE REPARACION Y MANTENIMIENTO  
EDICIONES CENTRUM TECNICAS Y CIENTIFICAS  
MEXICO, 1988.

**DEPARTAMENTO TECNICO DE T.F. VICTOR, S.A. DE C.V.**

**MANUAL DE DATOS TECNICOS AUTOMOTRICES, T.F VICTOR 6<sup>a</sup> EDICION  
MEXICO 1988.**

**DEPARTAMENTO TECNICO DE BUJIAS CHAMPION DE MEXICO, S.A. DE C.V.**

**MANUAL DE SERVICIO AUTOMOTRIZ CHAMPION  
MEXICO, 1987.**

**NGK SPARK PLUG CO., LTD.**

**20 PREGUNTAS Y RESPUESTAS SOBRE BUJIAS  
MEXICO, 1993.**

**VEEDOL LUBRICANTS**

**INTRODUCCION A LA LUBRICACION DE MOTORES  
MEXICO, 1993**

## PERIODICOS Y REVISTAS

### OVACIONES

EDITADO POR PUBLICACIONES E IMPRESIONES MEXICANAS, S.A. DE C.V.  
LAGO ZIRAHUEN No 279 COL. ANAHUAC C.P. 11320, MEXICO, D.F.  
MEXICO, 1993.

### LA PRENSA

EDITORIAL LA PRENSA S.A. DE C.V.  
BASILIO VADILLO 40, APARTADO POSTAL 947, MEXICO, D.F.  
MEXICO, 1993.

### MECANICA POPULAR

EDITORIAL TELEVISION S.A. DE C.V. LUCIO BLANCO 435.  
AZCAPOTZALCO, C.P. 02400, MEXICO D.F.  
MEXICO, 1993.

### { DESPERTAD }

EDITADA POR GRUPO EDITORIAL ULTRAMAR, S.A. DE C.V.  
CARPIO 205, COL. STA. MARIA LA RIVERA, MEXICO D.F.  
MEXICO, 1993.

### MUY INTERESANTE

EDITADA POR PROVENEMEX, S.A. DE C.V. LUCIO BLANCO 435.  
AZCAPOTZALCO, C.P. 02400, MEXICO, D.F.  
MEXICO, 1993.