

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MANUAL DE LABORATORIO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA, PARA  
CONTROL Y EMISIÓN DE GASES EN VEHÍCULOS GASOLINA Y DIESEL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HÉCTOR FERNANDO ALONZO DÁVILA  
ASESORADO POR ING. ALVARO ANTONIO ÁVILA PINZÓN  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2001



DL  
08  
T(5313)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson  
VOCAL I: Ing. José Francisco Gómez Rivera  
VOCAL II: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
VOCAL III: Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana  
VOCAL IV: Br. Mónica Gabriela Palma Cajas  
VOCAL V: Br. Sergio Fernando Juárez Pernillo  
SECRETARIO: Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO: Ing. Herbert René Miranda Barrios  
EXAMINADOR: Ing. Julio César Molina Zaldaña  
EXAMINADOR: Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma  
EXAMINADOR: Ing. Erick René Guerrero Silva  
SECRETARIA: Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MANUAL DE LABORATORIO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA, PARA CONTROL Y EMISIÓN DE GASES EN VEHÍCULOS GASOLINA Y DIESEL

Tema que me fuera asignado por la Coordinación de la Carrera de Ingeniería Mecánica con fecha de 27 de abril de 2001.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end.

Héctor Fernando Alonzo Dávila

Guatemala, 19 de septiembre de 2001

Ingeniero  
José Arturo Estrada Martínez  
Director  
Coordinación de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Estrada:

Por medio de la presente informo a usted, que he procedido a revisar el trabajo de graduación elaborado por el estudiante Héctor Fernando Alonzo Dávila  
Con carné 95 16067, de la carrera de Ingeniería Mecánica cuyo título es: **“Manual de laboratorio de motores de combustión interna, para control y emisión de gases en vehículos gasolina y Diesel”**

Considero que el trabajo presentado por el estudiante Alonzo Dávila, ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios y siguiendo las recomendaciones de la asesoría, por lo que doy mi aprobación y solicito el trámite correspondiente.

Sin otro particular me es grato suscribirme de usted, muy respetuosamente.



Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón  
Asesor de tesis  
Colegiado 2262



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 19 de septiembre de 2001

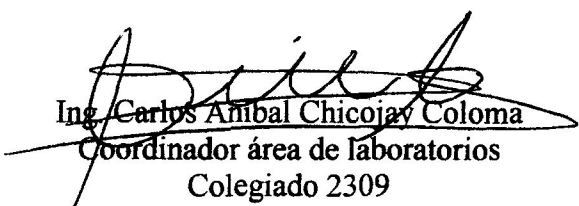
Ingeniero  
José Arturo Estrada Martínez  
Director  
Coordinación de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Estrada:

Por medio de la presente informo a usted, que he procedido a revisar el trabajo de graduación elaborado por el estudiante Héctor Fernando Alonzo Dávila Con carné 95 16067, de la carrera de Ingeniería Mecánica cuyo título es: **“Manual de laboratorio de motores de combustión interna, para control y emisión de gases en vehículos gasolina y Diesel”**

Considero que el trabajo presentado por el estudiante Alonzo Dávila, ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios y realizado los cambios sugeridos, por lo que recomiendo la aprobación del mismo.

Sin otro particular me es grato suscribirme de usted, muy respetuosamente.

  
Ing. Carlos Amibal Chicojay Coloma  
Coordinador área de laboratorios  
Colegiado 2309

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE CALCULO DE  
INGENIERIA  
Ciudad Universitaria, Zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el visto bueno del Coordinador del Área de Laboratorios al trabajo de graduación, Manual de laboratorio de motores de combustión interna, para control y emisión de gases en vehículos gasolina y diesel, del estudiante Héctor Fernando Alonso Dávila, procede a la autorización del mismo

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. José Arturo Estrada Martínez  
COORDINADOR



Guatemala, octubre de 2001

/behgdei.

## AGRADECIMIENTOS

ING. RAÚL ARCHILA

Por todo su valioso apoyo.

TÉCNICA DE SERVICIOS

Por la amistad que nos une y por todo lo aprendido.

PERSONAL DE LA UNIDAD  
DE SUPERVISIÓN Y  
ADMINISTRACIÓN DE  
OBRAS POR CONTRATO

Por su apoyo y amistad.

A MI ASESOR

Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón.

A MI REVISOR

Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

AL DIRECTOR DE ESCUELA

Ing. José Arturo Estrada Martínez

# ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES	III
GLOSARIO	V
RESUMEN	VII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	X
<b>PRIMERA PARTE MOTORES GASOLINA</b>	
1. FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR GASOLINA	1
2. LA MEZCLA	3
2.1 La mezcla aire – combustible	3
2.2 La preparación de la mezcla	5
2.2.1 Preparación de la mezcla mediante carburadores	5
2.2.2 Preparación de la mezcla mediante sistemas de inyección	6
2.2.2.1 Sistema TBI	7
2.2.2.2 Sistema MPI	7
2.3 El proceso de combustión	8
2.4 Disposición de las válvulas en el motor	10
2.4.1 Sistema OHC	10
2.4.2 Sistema DOHC	10
2.4.3 Sistema CVCC	10
2.4.4 Sistema Multivalvular	11
3. EL CONTROL DE EMISIONES	13
3.1 Mantenimiento preventivo	13
3.2 Motor frío	13
3.3 Sistemas de control de emisiones de gases	14
3.3.1 Ventilación positiva del cárter	15



3.3.2	Control de la evaporación prematura del combustible	17
3.3.3	Recirculación de los gases de escape	18
3.3.4	Inyección de aire	21
3.3.5	Control termostático de la admisión de aire	23
3.4	Sensor de oxígeno	24
3.5	Uso del catalizador	26
4.	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE GASES	29
SEGUNDA PARTE MOTORES DIESEL		
1.	FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL	33
1.1	Motor Diesel	33
1.2	Sistema de inyección de combustible Diesel	34
2.	COMBUSTIBLE DIESEL	37
2.1	Encendido del combustible	38
2.2	Eficiencia térmica y económica del combustible	39
2.3	Sistema de arranque	39
2.4	Sistema de apertura y cierre del combustible	40
3.	TRATAMIENTO DE GASES	43
3.1	Sistema E.G.R	43
3.2	Compensador de altura	44
3.3	Limitador de humo	46
3.4	Mediciones de humo	48
3.5	Equipos de medición	48
4.	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE GASES	51
	CONCLUSIONES	55
	RECOMENDACIONES	57
	BIBLIOGRAFÍA	58

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	La mezcla aire – combustible	4
2	El proceso de la combustión	9
3	Sistema de ventilación positiva del cárter	16
4	Control de la evaporación prematura del combustible	18
5	Sistema de recirculación de gases de escape	20
6	Inyección de aire	22
7	Control termostático de la admisión de aire	24
8	Sensor de oxígeno	25
9	Uso del catalizador	27
10	Sistema de inyección Diesel	36
11	Sistema E.G.R.	44
12	Compensador de altura	46
13	Limitador de humo	47

## RESUMEN

El funcionamiento del motor gasolina se realiza por medio del proceso de combustión de la mezcla aire - combustible, que idealmente es de 14.7 kg de aire contra 1 kg de combustible o de 10,000 lts de aire contra 1 lt de combustible en volumen.

Con esta relación de aire y combustible, la preparación de la mezcla que en la década de los setenta se realizaba por medio de carburación y ahora por medio de sistemas de inyección (TBI, MPI), se logra una proporción más exacta de aire y combustible, lo que permite un aumento de la potencia y consumo de combustible, así como disminuir considerablemente las emisiones vehiculares.

Adicionalmente, en los motores gasolina utilizan algunos sistemas para control de emisión de gases, cómo sistema TAC, EFE, PCV, AS-AI, EGR, y algunos actuadores en los que figuran el sensor de oxígeno y el catalizador de tres vías.

Todos estos sensores y actuadores tienen una finalidad específica por lo que al variar o eliminar alguno de ellos se altera el funcionamiento del motor y aumenta el consumo de combustible.

En el sistema Diesel el funcionamiento se basa en la compresión elevada del aire de admisión y la atomización del combustible en el tiempo y proporción correcta. Todo esto es posible por la bomba de inyección sincronizada en este motor.

El motor Diesel es un motor de encendido por compresión, por lo que para el arranque en frío necesita de un sistema de calefacción auxiliar, y también de un sistema de apertura y cierre del combustible para apagar el motor.

El motor Diesel también utiliza sistemas para control de emisión de gases como el sistema EGR, el compensador de altura, el limitador de humo para evitar un alto índice de contaminación debido a la emanación de humo.

Todos los sistemas del motor Diesel tienen como finalidad disminuir la cantidad de humo que es expulsado al ambiente, y evitar los efectos de las emisiones vehiculares sobre el ambiente.

## OBJETIVOS

- **General**

Desarrollar el manual de control y emisión de gases en vehículos gasolina y Diesel, para el laboratorio de motores de combustión interna.

- **Específicos**

1. Conocer y comprender el proceso de combustión dentro de los motores gasolina y Diesel, así como el funcionamiento de los diferentes sistemas que actúan en los vehículos con motor gasolina y Diesel, para controlar la emisión de gases.
2. Describir el procedimiento de emisión de gases en sus diferentes fases y conocer las fallas comunes y soluciones para reducir las emisiones automotrices.
3. Conocer las normas utilizadas para inspección y mantenimiento de vehículos gasolina y Diesel, que se catalogan dependiendo de su año de ingreso al territorio nacional.
4. Comprender que con un mantenimiento regular e inspección de gases, se pueden reducir considerablemente las emisiones nocivas y los efectos al medio.

## **PRIMERA PARTE**

# **MOTORES GASOLINA**

### **1. FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR GASOLINA**

Los motores que funcionan con gasolina transforman la energía química, mediante el proceso de combustión de la mezcla aire – combustible dentro de la cámara de combustión, en energía mecánica. El funcionamiento de un motor a gasolina utiliza este principio para generar movimiento en todos sus componentes, mediante sus cuatro etapas o carreras que son:

1.-Admisión: En esta etapa, la relación aire- combustible que ha sido mezclada previamente en el carburador o en el sistema de inyección, se introduce dentro de la cámara de combustión, mediante el vacío existente en el manifold de admisión, y es aspirado por el pistón en su carrera hacia el punto muerto inferior (PMI), ingresando por la(s) válvula(s) de admisión.

2.- Compresión: En esta etapa, la mezcla aire combustible que se encuentra dentro de la cámara, se comprime (relación de compresión de 12:1 a 15:1), hasta un punto en el cual la mezcla adquiere la temperatura y presión necesaria para poder ser detonada. Ambas válvulas permanecen cerradas.

## 2. LA MEZCLA

### 2.1 La mezcla aire – combustible

La preparación de la mezcla, ya sea para motores carburados o inyectados, pone a disposición del motor una mezcla de aire – combustible, para cada régimen de carga, ya sea arranque en frío, motor en fase de calentamiento, ralentí o altas revoluciones. (fig.1)

Con una buena mezcla aire – combustible se obtiene un buen desempeño del motor, menor consumo de combustible, óptima potencia y una mínima emisión de gases contaminantes.

La mezcla aire – combustible teóricamente ideal sería 14.7 kg de aire y 1 kg de combustible, en peso o en volumen 10,000 lts de aire y 1 lt de combustible. La relación aire – combustible se conoce con el nombre de lambda ( $\lambda$ ).

$\lambda$  = cantidad de aire aspirado/ cantidad de aire necesario.

$\lambda > 1$ , significa exceso de aire, o “mezcla pobre”.

$\lambda < 1$ , significa exceso de combustible, o “mezcla rica”.

En una marcha normal, los motores modernos funcionan con un  $\lambda$  entre 0.95 y 1.15, lo que significa que una mezcla aire – combustible de 0.95 tiene un 5% de exceso de combustible, y una mezcla de 1.15 tiene un 15% de exceso de aire.

Estos valores varían dependiendo del régimen de carga, aceleración, fase de calentamiento, etc.

## **2.2 La preparación de la mezcla**

La industria automotriz pretende que los motores sean cada vez más eficientes para poder disminuir el consumo de combustible, aumentar la potencia y minimizar las emisiones vehiculares. En la década de los años setenta, se realizaba la preparación de la mezcla mediante carburadores, y en la década de los años ochenta mediante sistemas de inyección.

En los sistemas de inyección se utilizan diferentes sensores, los cuales envían señales a una unidad controladora, y que dependen de las condiciones ambientales así como de las condiciones de funcionamiento del motor. Estos sistemas poseen sensores de información, tales como sensor de posición del cigüeñal, sensor de temperatura del motor, sensor de oxígeno, de temperatura de aire; y también actuadores como solenoide de purga del canister, solenoide de paso de aire mínimo, solenoide de inyector de combustible, etc. Todo esto con la finalidad de dosificar de una manera más exacta el combustible necesario, a través de los actuadores.

### **2.2.1 Preparación de la mezcla mediante carburadores**

Los carburadores son elementos mecánicos utilizados para mezclar gasolina y aire en proporciones adecuadas, para que el vapor resultante, al ser comprimido en el cilindro del motor, explote y envíe el pistón hacia su punto muerto inferior.

El carburador debe atomizar o rociar el combustible por medio de sus válvulas de aguja y mezclar completamente éste con el aire. Los carburadores son diseñados para entregar la mezcla al motor en proporciones correctas, cualquiera que sea la condición de operación del motor, desde ralentí, hasta la carga completa.



3.- Unidad de control: En esta unidad se analizan las diferentes señales suministradas por los sensores y a partir de éstas se generan los impulsos de mando para los correspondientes actuadores.

4.- Sistema de alimentación: Este sistema impulsa el combustible desde el depósito a las válvulas de inyección, generando la presión necesaria para la inyección y para mantener constante la presión. Este sistema incluye tanque de alimentación, línea de distribución, filtro de combustible, regulador de presión, riel de inyectores y válvulas de arranque en frío. Los sistemas de inyección se dividen en dos grandes grupos:

#### **2.2.2.1 Sistema TBI**

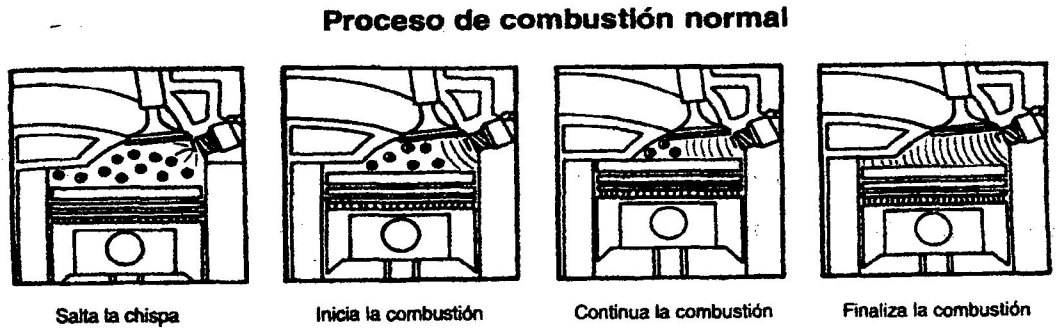
Throttle Body Injection. ( Inyección por el cuerpo de la mariposa). Su función es proveer de gasolina al motor. Una señal eléctrica de la computadora activa el solenoide ocasionando que la válvula se mueva de su posición y permitiendo así a la gasolina fluir de una manera continua. La presión de la gasolina es constante, el flujo es controlado por el tiempo en que el solenoide es energizado.

Los desperfectos mecánicos se reflejan en un motor que no enciende, por poca potencia, aumento de emisiones contaminantes o por ahogamiento del motor. Se debe realizar un servicio de limpieza e inspeccionar cada 40,000 ó 50,000 kms que la gasolina sea inyectada en forma cónica. Este sistema consta, básicamente, de un solo inyector montado sobre la base del carburador, suprimiendo los calibres o surtidores de gasolina.

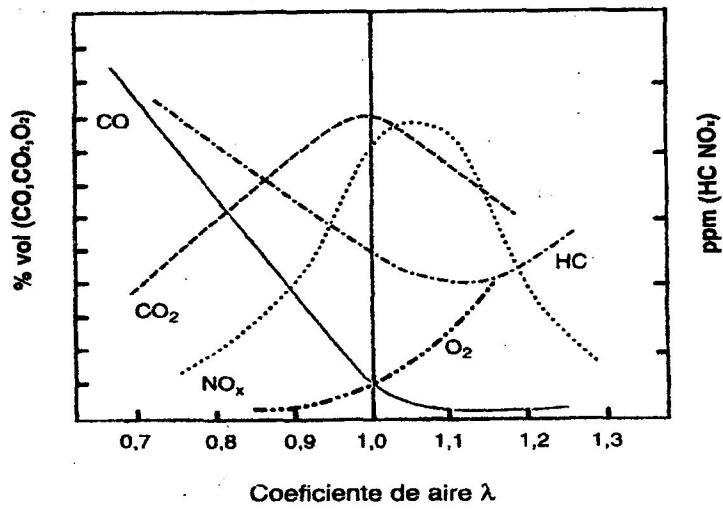
#### **2.2.2.2 Sistema MPI**

Multi Point Injection. ( Inyección Multipunto). Su función también consiste en proveer de gasolina al motor.

Figura 2. El proceso de la combustión



**Comportamiento de los gases contaminantes**



Fuente: Jon Bickel y Ricardo Früh. Control de emisión de gases motores gasolina. Pág 8

La cámara más pequeña, que recibe el nombre de antecámara, está situada al lado de la cámara principal, y cuenta con su propia válvula de admisión y puerto de entrada.

En dicho sistema se utiliza un carburador de tres gargantas, que contiene dos sistemas de carburación separados. Un sistema es como el de un carburador original de dos gargantas, alimenta la cámara de combustión con una mezcla pobre (puede ser una relación de 20:1), y el otro sistema alimenta la precámara con una mezcla bastante rica (puede ser una relación de 5:1), pero esta mezcla se encuentra más cerca de la bujía, de manera que se enciende primero y luego enciende la mezcla pobre.

Este sistema comprende prácticamente dos válvulas de admisión y una de escape, por lo que un motor de cuatro cilindros tiene doce válvulas, el eje de levas a la cabeza opera el tren de válvulas, que cuenta con dos ejes o árboles de balancines. Uno de estos hace funcionar las válvulas de las cámaras de combustión principales. El otro eje de balancines opera las válvulas de admisión más pequeñas para las antecámaras.

#### **2.4.4 Sistema multivalvular**

Este sistema vino a revolucionar el antiguo concepto de las dos válvulas; una de admisión y otra de escape, con lo cual los motores tenían limitaciones en cuanto a potencia y eficiencia. El sistema multivalvular consta de una o más válvulas de escape y dos o más de admisión, dispuestas en diferente orden y dependiendo del tipo de motor.

Actualmente los motores son multivalvulares, pueden poseer cuatro cilindros y doce válvulas, lo que significa una válvula de escape y dos de admisión por cada cilindro; o bien cuatro cilindros y dieciseis válvulas, que significa dos válvulas de admisión y dos de escape por cada cilindro.

### **3. EL CONTROL DE EMISIONES**

#### **3.1 Mantenimiento preventivo**

En el mantenimiento preventivo del vehículo se revisan, periódicamente, el sistema de alimentación del motor, así como los de encendido, refrigeración, dirección y emisión de gases. Además se revisan y/o se reemplazan los filtros de aire, gasolina y de aceite.

En resumen, un buen mantenimiento preventivo del vehículo debe constar de:

- Cambio de aceite (según recomendaciones del fabricante).
- Limpieza y/o cambio de bujías (según recomendaciones del fabricante)
- Cambio de filtros según su kilometraje. ( aire, gasolina y aceite)
- Revisión del sistema de dirección, frenos y suspensión ( alineación, llantas, amortiguadores y estado de pastillas y zapatas).

El mantenimiento preventivo del vehículo alarga la vida útil del automóvil, disminuye la emisión de gases contaminantes y evita reparaciones costosas.

#### **3.2 Motor frío**

En la fase de arranque, el motor presenta una combustión incompleta, un bajo rendimiento, mayor contaminación y alto consumo de combustible. Todo esto debido a que no ha alcanzado su temperatura de funcionamiento.

### **3.3.1 Sistema de ventilación positiva del cárter (PCV)**

Este sistema reduce los hidrocarburos (HC), que son un gas no combustionado. Éste al igual que el 70% de los gases que fluyen en el cárter, pueden deteriorar el aceite del motor, formando lodo o creando corrosión y moho en el cárter. Para prevenir esto, los vehículos construidos actualmente están equipados con un tubo de aire desde el cárter a la atmósfera para permitir que los gases escapen. El funcionamiento del sistema PCV está regulado por la depresión existente en el múltiple de admisión, ya que la evacuación de los gases variará según los diferentes estados de carga. El sistema realiza esta extracción a través de una válvula de retención regulada, conocida como válvula PCV. (fig.3)

### **3.3.2 Control de la evaporación prematura del combustible (EVAP)**

Este sistema reduce los hidrocarburos provenientes del tanque del combustible y de la cuba del carburador. (fig.4)

Si el motor es inyectado, reduce, únicamente, los vapores del tanque de gasolina. Utiliza un dispositivo de carbón para absorber la gasolina (HC), que se ha evaporado del tanque de combustible y cámara del flotador del carburador, para prevenir que se escape a la atmósfera.

Los componentes de mayor cuidado dentro de este sistema son: tapón del tanque de combustible, contenedor de carbón (canister), la válvula de control de ventilación externa y el ajuste del flotador del carburador. Si este sistema falla, se produce un incremento tanto en los hidrocarburos como en el monóxido de carbono.

La formación de NOx, aumenta a medida que la temperatura dentro de la cámara de combustión se eleva, debido al incremento de cargas o mayor aceleración, ya que las altas temperaturas propician la combinación de óxido y nitrógeno en el aire. Cuando la mezcla aire – combustible, y los gases de escape se mezclan, la proporción de la mezcla disminuye, y una parte del calor es desechado por medio de los gases de escape. La cantidad de gases de escape que circula es controlada por el modulador de vacío EGR, ya que existe una presión en el múltiple de escape, que varía por muchos mmHg, sobre y por debajo de la presión atmosférica, estas variaciones se denominan pulsaciones.

Esto es necesario, ya que circulará una cantidad de gases de escape mayor a la necesaria cuando exista una mayor presión del múltiple en caso que una pequeña carga sea aplicada al motor, lo que provocará que este funcione incorrectamente.

En cargas pequeñas no es necesario que el sistema EGR funcione, ya que el óxido de nitrógeno sólo se produce con elevadas cargas y temperaturas de operación. La proporción de gas de escape presente en la mezcla aire-combustible se denomina “proporción EGR”.

### 3.3.4 Inyección de aire (AS – AI)

Estos sistemas se utilizan para proporcionar oxígeno a los gases de escape y de esa manera crear postcombustiones, logrando convertirlos en gases no contaminantes como  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . (fig.6) Existen dos métodos para lograr esto:

- Sistema de succión de aire .
- Sistema de inyección de aire.

El sistema de succión de aire utiliza lengüetas para succionar o aspirar aire, aprovechando las pulsaciones del gas de escape, para introducir aire en pequeñas cantidades al múltiple de escape, por lo tanto este sistema puede ser utilizado en motores pequeños. Este sistema se utiliza en vehículos modernos inyectados o carburados.

El sistema de inyección de aire utiliza una bomba que consume potencia del motor, por lo que solamente es utilizada en motores de gran cilindrada. Dicha bomba provee aire al múltiple de escape para la postcombustión de los gases, a la vez se utiliza un dispositivo para prevenir que se suministre aire mientras el motor está frío o desacelerado.

Esto es debido a que durante la desaceleración y cuando la temperatura del motor es baja, la mezcla es muy rica y puede existir la posibilidad de sobrecalentamiento en el catalizador. Debido al desarrollo de el catalizador de tres vías, este sistema no es muy común actualmente.



### **3.3.5 Control termostático de la admisión de aire**

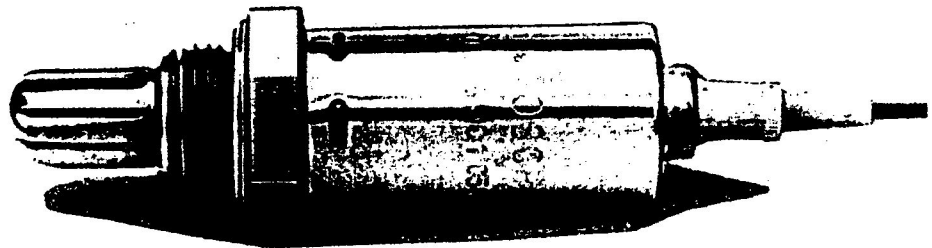
Durante el calentamiento del motor se producen altos niveles de HC, como de CO, esto debido a que la gasolina tiene la tendencia a adherirse a las paredes del múltiple mientras esté a baja temperatura, y el exceso de combustible no se evapora homogéneamente con aire frío entrando al motor. (fig.7)

En el control automático de la admisión de aire, la temperatura del aire de entrada es percibida por la válvula TSVC (válvula de control de vacío sensible a la temperatura), la cual controla el vacío del múltiple de admisión sobre un diafragma, en el que circula aire calentado por el múltiple de escape, hasta alcanzar una temperatura de 30°C aproximadamente, dependiendo del modelo del vehículo y fabricante del mismo. Todo ello con la finalidad de obtener una mezcla homogénea y disminuir la proporción de gases contaminantes.

De esa manera puede medir la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape y compararlo con la cantidad de oxígeno presente en la atmósfera. La tensión producida por la sonda hace desigual la cantidad de oxígeno en ambos lados de la misma, y esta señal es enviada a la unidad de control, pudiendo así determinar la composición de la mezcla. Esta tensión varía de 0 a 1 voltio, según la diferencia de oxígeno comparado.

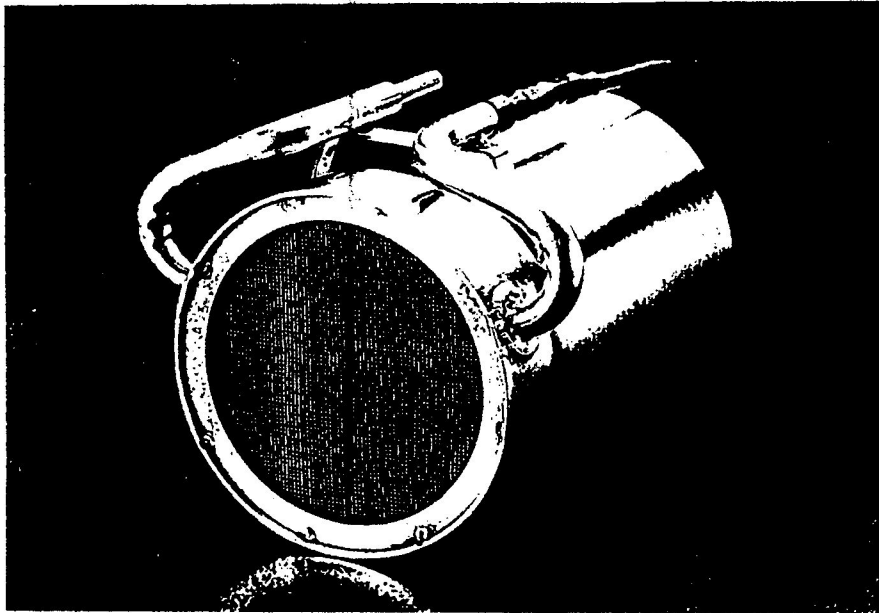
Existen diferentes tipos de sensores con diversas cantidades de cables. Los de un cable se colocan cerca del múltiple de escape para lograr la temperatura de funcionamiento, que es de aproximadamente 250°C, en detrimento de la regulación de la mezcla, y los de más de un cable poseen calefacción a través de uno de ellos, con lo que comienzan funcionar casi de inmediato. La gasolina con plomo deteriora rápidamente la vida útil del sensor.

**Figura 8. Sensor de oxígeno**



Fuente: Jon Bickel y Ricardo Fröh. **Control de emisiones de gases motores gasolina. Pág. 18.**

Figura 9. Uso del catalizador



Fuente: Jon Bickel y Ricardo Früh. **Control de emisión de gases motores gasolina.** Pág. 19.

## 4. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE GASES

Para realizar los trabajos de medición de gases en vehículos gasolina, se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

- Arrancar el motor y permitir que llegue a la temperatura de funcionamiento.
- Verificar el estado del tubo de escape (el valor de  $O_2$ , le da esta información).
- Conectar el equipo de emisión de gases, según manuales de uso.
- Verificar que el aire acondicionado esté apagado, las llantas rectas, la palanca en neutro o en posición N.
- Introduzca la sonda por lo menos 30 cm en el tubo de escape.
- Se realizarán dos pruebas, una a marcha ralentí y la otra entre 2,300 y 2,700 revoluciones; en ambas se tomarán las lecturas de  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$  y  $HC$ , hasta que los valores se estabilicen.
- Compare los valores obtenidos con los límites establecidos por la ley de su país.
- Si sobrepasa los valores, debe realizar un mantenimiento o la reparación de su motor.
- Recuerde que los valores establecidos con el motor a altas revoluciones (2,300 – 2,700), deben ser menores o iguales a los obtenidos en marcha ralentí.

Tabla - III - Fallas del motor gasolina

Valor CO2	Valor CO	Valor HC	Resultado	Información
Muy elevado	escaso	Muy escaso	Combustión óptima de la mezcla, sistema de escape obstruido	Revisar tuberías de escape, con silenciadores y catalizador
Escaso	Muy escaso	Elevado	Combustión mala, mezcla demasiado pobre	Ajuste la mezcla, múltiple de admisión con entrada de aire
Escaso	Escaso	Escaso	Combustión correcta, escape con fugas	Revisar tubería de escape
Escaso	Escaso	Muy elevado	Mezcla rica	Ajustar mezcla, revisar filtro de aire
Escaso	Elevado	Elevado	Combustión mala, mezcla demasiado rica	Ajuste la mezcla, revise filtro de aire
Escaso	Elevado	Muy elevado	Combustión mala, mezcla demasiado rica	Ajustar mezcla, revisar sistema de admisión y filtros.

## Segunda parte

# MOTORES DIESEL

## 1. FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL

### 1.1 Motor Diesel

El motor Diesel nos brinda las cantidades ideales de aire y combustible a ser consumidos por el motor. Estas cantidades son determinadas por el fabricante y resultarán en un buen rendimiento con poco consumo de combustible y bajas emisiones nocivas. El aire se calienta durante la carrera de compresión. El gasóleo inyectado se inflama al entrar en contacto con el aire a elevada temperatura.

Durante la carrera de compresión, el aire aspirado por el motor Diesel de autoencendido por compresión, alcanza temperaturas tan elevadas ( $500^{\circ}\text{C}$  -  $700^{\circ}\text{C}$ ), que el combustible se inflama espontáneamente. El combustible lo dosifica la bomba de inyección y es introducido a alta presión en el interior de la cámara de combustión por los inyectores. La inyección del combustible tiene lugar:

- Con un caudal exactamente dosificado de acuerdo con la carga y el régimen del motor.
- En el momento preciso según la posición del cigüeñal.
- De la forma más apropiada para el correspondiente procedimiento de combustión.

Posibilita la medición eléctrica, el proceso electrónico de datos flexible y los circuitos reguladores con actuadores eléctricos, ofreciendo por ello unas funciones de regulación nuevas y mejoradas en comparación con los reguladores mecánicos convencionales.

Tienen influencia además sobre el comportamiento del servicio y la combustión en el motor Diesel:

- El caudal de inyección del combustible
- El comienzo de la inyección
- El caudal de retroalimentación de gases de escape
- La presión de carga.

Para la optimización de un motor Diesel, estas magnitudes deben ajustarse óptimamente a cada estado de servicio.

Los componentes principales son:

- Sensores (detector de movimientos de aguja, sondas térmicas, transductor de velocidad de presión atmosférica etc.)
- Unidad de control (microprocesador)
- Elementos actuadores (bomba de inyección, convertidor con válvula de retroalimentación de gases de escape, unidad de control de incandescencia).

## 2. COMBUSTIBLE DIESEL

A diferencia de los motores gasolina, los motores Diesel usan un combustible menos inflamable, que se conoce como aceite combustible o combustible Diesel, donde la calidad de encendido está indicada por su número de cetano. La mayor parte de los combustibles Diesel tienen números de cetano de 40 a 50.

El combustible Diesel se diferencia de la gasolina en varios aspectos. Por ejemplo, el Diesel es más pesado que la gasolina no se evapora con tanta facilidad y tiene un olor fuerte, como el azufre. El combustible Diesel también se siente relativamente aceitoso y posee cierta cualidad lubricante, que la gasolina no posee. Las bombas de las gasolineras surten combustible Diesel del mismo modo que la gasolina. El combustible Diesel se puede obtener en todas partes y cuesta menos por litro que la gasolina.

Las características lubricantes del combustible Diesel tienden a prolongar más la duración de los motores Diesel que los motores convencionales a gasolina. De hecho, pueden funcionar hasta 500,000 kilómetros sin necesidad de una reparación mayor. Además algunas piezas, tales como las boquillas de los inyectores de combustible y las bombas de inyección de combustible, no se desgastan tanto, porque el combustible lubrica a sus superficies metálicas.



## **2.2 Eficiencia térmica y económica del Diesel**

Además de las bajas emisiones de HC y CO, los motores Diesel poseen una eficiencia térmica mucho mayor que los motores ordinarios a gasolina. La eficiencia térmica se mide como un porcentaje, indica que tan bien un motor utiliza el combustible que recibe. Todos los motores de combustión interna tienen eficiencias térmicas bajas, porque el encendido del combustible produce una gran cantidad de calor junto con la potencia. El sistema de enfriamiento disipa aquel calor que no realiza trabajo útil en el motor.

La eficiencia térmica de un motor a gasolina varía del 19% al 27% aproximadamente. En otras palabras, sólo alrededor de una cuarta parte del combustible que se envía al motor se usa para producir la fuerza que sale de él. El resto se emplea para vencer la fricción interna y producir el calor que el sistema de enfriamiento debe eliminar. Los motores Diesel poseen una eficiencia térmica del 40%, más o menos. Es decir, casi la mitad del combustible produce potencia; y ligeramente más de la mitad produce calor y vence la fricción.

Los motores Diesel son más sencillos porque no tienen carburador ni sistema de encendido. Esto significa que no necesitan platinos, ni bujías, cables o distribuidores. Sin embargo, el sistema es más complejo por su distribución de combustible y por el sistema de inyección sincronizada.

## **2.3 Sistema de arranque**

Los motores Diesel necesitan calor para encender el combustible dentro de la cámara de combustión, por tal razón no pueden arrancar en frío sin un sistema de calefacción auxiliar.

### 3. TRATAMIENTO DE GASES

#### 3.1 Sistema E.G.R.

Este es el sistema de recirculación de gases de escape, y es utilizado para reducir la cantidad de NOx de los gases de escape en motores Diesel de automóviles y camiones pequeños. En unos motores la válvula principal del sistema E.G.R está gobernada por un modulador que trabaja según la depresión generada por una bomba de vacío y por presión de los gases de escape. Existen también sistemas gobernados por solenoides y por presión hidráulica del sistema de lubricación. (fig.11)

La producción de NOx aumenta a medida que la temperatura de la cámara de combustión se incrementa, debido a cargas pesadas en el motor, por lo que la mejor manera de disminuir la producción de NOx es mantener la temperatura en la cámara de combustión. Los gases de escape consisten principalmente de dióxido de carbono y vapor de agua, los cuales no reaccionan con el oxígeno, por lo que el sistema EGR los recircula a través del múltiple de admisión para reducir la temperatura a la que ocurre la combustión (500°C - 700°C).

### 3.2 Compensador de altura

Este sistema se utiliza para controlar la emanación de humo negro en los vehículos Diesel. Los aumentos en la altura y temperatura reducen la potencia porque se disminuye la densidad del aire. Cuando el aire se vuelve más enrarecido, entra menor masa de aire al cilindro, aunque el volumen del aire siga siendo el mismo. (fig.12)

Con alturas y temperaturas elevadas esta reducción en la densidad del aire lo hace insuficiente para quemar por completo la carga de combustibles y produce humo negro.

La densidad del aire disminuye a razón de alrededor de 3% cada 300 metros de aumento en la altura y alrededor de 1% por cada 5.6°C de aumento en la temperatura del aire. Es por ello que este sistema funciona dependiendo de la presión barométrica del aire. A más altura disminuye la cantidad de Diesel inyectado compensando así la falta de oxígeno. Por esta razón los motores Diesel de aspiración natural deben reducir la entrega de Diesel al motor para compensar así la falta de oxígeno.

### **3.4 Mediciones de humo**

En los motores Diesel, para determinar un funcionamiento adecuado, se mide la emanación de humo. Generalmente no se mide el CO y HC por su bajo contenido en los gases y por comportarse diferente bajo carga.

Existen tres métodos para medir humo:

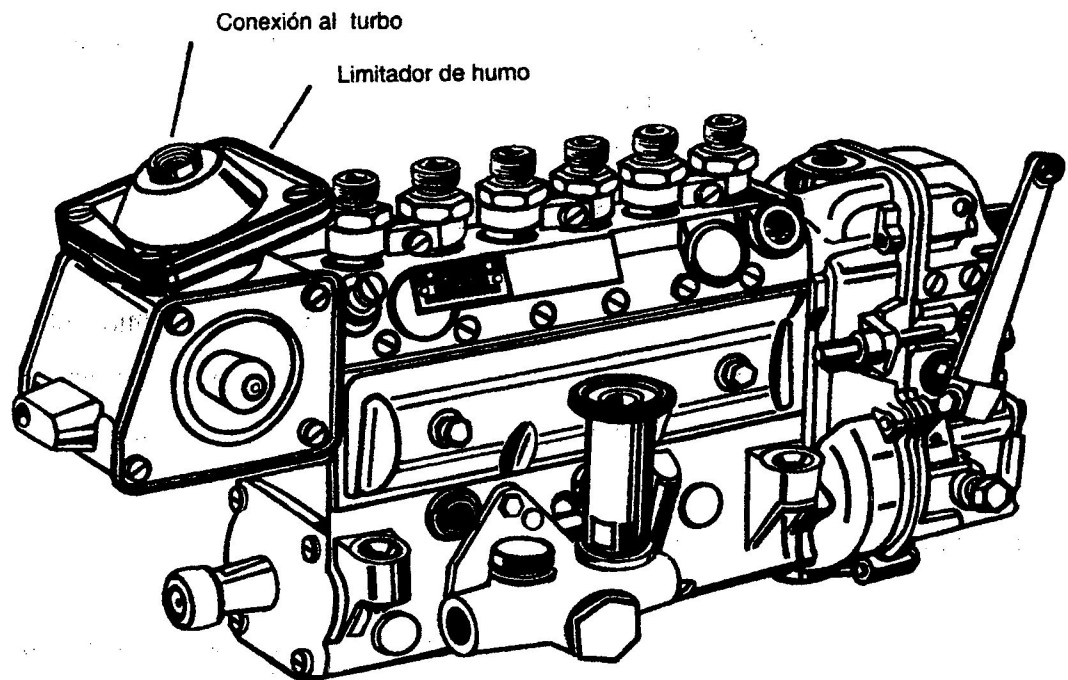
1. Equipo de opacidad de flujo parcial, el cual registra la absorción de luz medida a través de un tubo con lectura directa en porcentajes de opacidad.
2. Equipo de opacidad de flujo total.
3. Con el método del filtro de papel, el cual mide el grado de "ennegrecimiento", y que luego se compara con una escala de referencia con valores de 1 a 10 unidades Bacharach (UB).

### **3.5 Equipos para medir humo**

El equipo recomendado es el opacímetro de flujo parcial, pues éstos funcionan con todo tipo de vehículos, no importando el diámetro del tubo de escape. A continuación se presentan algunas ventajas y desventajas de los equipos para realizar mediciones en vehículos Diesel:

Limita la entrega de Diesel, mientras no exista presión del turbo para evitar humo durante la aceleración. La presión del turbo actúa sobre un diafragma mientras la presión del turbo sube. Es recomendable no alterar los ajustes hechos por el laboratorio, además de controlar que no existan fugas en el tubo o manguera entre el manifold y compensador de altura.

Figura 13. Limitador de humo



Fuente: Jon Bickel y Ricardo Fröh. **Control de emisión de gases en motores Diesel.** Pág.18

Tabla IV - Equipos para medir humo

<b>Equipo</b>	<b>Bomba con papel filtro</b>	<b>Medidor de opacidad de flujo parcial</b>	<b>Medidor de opacidad de flujo total</b>
<b>Unidades que mide</b>	Bacharach o Bosch % de ennegrecimiento	% de opacidad	% de opacidad
<b>Ventaja</b>	Operación sencilla, bajo costo	Operación sencilla, mediciones estables	Operación sencilla, costo bajo
<b>Desventaja</b>	No toma en cuenta humo blanco	Alto precio	Diámetro de escape grande, medición no muy estable.

**Normas usadas frecuentemente para inspección y mantenimiento de vehículos con motor Diesel. (según acuerdo gubernativo 14-97 del 23 de enero 1997 y publicado el 4 de febrero de 1997).**

Para vehículos ingresados al país antes del uno de enero del año 2000  
(valores máximos de opacidad)

Tabla - V Normas para vehículos Diesel ingresados antes del uno de enero de 2000

<b>Peso bruto</b>	<b>Aspiración normal</b>	<b>Turboalimentados</b>
Menor de 3.5 ton métricas	70% de opacidad	80 % de opacidad
Mayor o igual a 3.5 ton métricas	80% de opacidad	70% de opacidad

Para vehículos ingresados al país a partir del uno de enero del año 2000  
(valores máximos de opacidad)

Tabla - VI Normas para vehículos Diesel ingresados a partir del uno de enero de 2000

<b>Peso bruto</b>	<b>Aspiración normal</b>	<b>Turboalimentados</b>
Menor de 3.5 ton métricas	60% de opacidad	70% de opacidad
Mayor o igual a 3.5 ton métricas	70% de opacidad	70% de opacidad

Tabla VII – Fallas en motores Diesel

<b>Color de humo</b>	<b>Anomalia</b>	<b>Causas Probables</b>
Negro	Combustión incompleta	<p><b>Filtro de aire</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpieza de filtro</li> <li>▪ Verificar el funcionamiento del indicador de obstrucción</li> </ul> <p><b>Turboalimentador</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar funcionamiento</li> <li>▪ Pérdida de presión en manifold de admisión</li> </ul> <p><b>Escape</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diámetro no original</li> <li>▪ Obstrucción</li> <li>▪ Fugas</li> </ul> <p><b>Freno de motor</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar el funcionamiento</li> </ul> <p><b>Válvulas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ajuste de juegos</li> <li>▪ Revisar guía</li> </ul> <p><b>Inyectores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Calibración,</li> <li>▪ Atomización</li> <li>▪ Apriete porta inyectores</li> </ul> <p><b>Bomba inyectora</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar los valores conforme tablas ó manuales</li> <li>▪ Controlar conexiones con compensador de altura</li> </ul> <p><b>Sincronización de la inyección</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar punto de la inyección</li> </ul> <p><b>Compresiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar la presión mínima</li> </ul>
Azul	Exceso de aceite en la cámara de combustión	<p><b>Nivel de aceite</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar nivel correcto</li> </ul> <p><b>Cilindros de motor/anillos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar estado de anillos</li> </ul> <p><b>Compresión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizar prueba de compresiones mínimas</li> </ul>



Blanco	Combustible no quemado, agua en la cámara	<p><b>Temperatura baja del motor</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar funcionamiento de válvula termostática</li> <li>▪ Electroventilador en conexión directa al switch de encendido.</li> <li>▪ Mala regulación de revoluciones máximas en la bomba de inyección.</li> <li>▪ Bajas compresiones del cilindro.</li> </ul> <p><b>Entrada de agua a los cilindros</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar estado de empaques.</li> </ul> <p><b>Combustible contaminado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Drenar tanque de combustible.</li> <li>▪ Reemplazo de filtro de combustible</li> </ul> <p><b>Sincronización punto de inyección</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar punto de inyección.</li> </ul> <p><b>Compresión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizar prueba de compresiones mínimas.</li> </ul>
--------	---	---

## CONCLUSIONES

1. El proceso de combustión de los motores gasolina se realiza por medio de la compresión de la mezcla aire - combustible, y encendido por el arco eléctrico producido por la bujía; y en el motor Diesel se realiza por medio de la compresión de una masa de aire que adquiere una presión y temperatura elevadas, para que la explosión se lleve a cabo por la inyección del combustible en la misma. Todo esto es regulado por la información que los sensores transmiten a la computadora o central de procesamiento para ser transferida la señal a los actuadores, y lograr una mejor relación aire - combustible, mayor potencia y disminución de emisiones nocivas en un motor gasolina, y una mejor dosificación del Diesel, así como la regulación de gases nocivos en un motor Diesel.
2. El procedimiento de emisión de gases difiere en los motores gasolina y Diesel, ya que en el primero se necesita información y conocimientos más complejos acerca de tablas y gráficas que son necesarias para comprender las informaciones que nos brinda la máquina de emisión de gases. En los vehículos Diesel el procedimiento es más sencillo y no necesita de tablas, solamente se necesita de las normas necesarias para la inspección.

3. Las normas utilizadas fueron aprobadas en 1997 y son las vigentes hasta el momento en el territorio nacional, se basan en el año de ingreso de los vehículos al territorio nacional, sin importar el modelo del mismo, para vehículos gasolina y en el peso del vehículo y su tipo de motor ( aspiración natural o turboalimentado), para vehículos Diesel.
  
4. Con un mantenimiento regular en los vehículos se logra aumentar la vida útil del motor, prevenir reparaciones costosas, lograr una mejor productividad en las personas y sobretodo ayudar a la protección y conservación de nuestro medio ambiente, lo que incidiría en una menor productividad agrícola, como resultado de la degradación de la capa de ozono o de la lluvia ácida, y el aumento de la temperatura global.

## **RECOMENDACIONES**

1. Llevar el vehículo a una inspección y mantenimiento regularmente, para disminuir las emisiones de gases, consumo de combustible y prevenir reparaciones costosas.
2. Utilizar gasolina sin plomo y Diesel con bajo contenido de azufre para no dañar los vehículos y disminuir los efectos negativos en la salud y la economía.
3. Implementar el programa de control de emisión de gases en el territorio nacional, para evitar la contaminación ambiental generada por las emisiones vehiculares.
4. Readecuar las normas usadas frecuentemente para control de emisión de gases, en vehículos gasolina y Diesel, dependiendo del modelo del mismo.

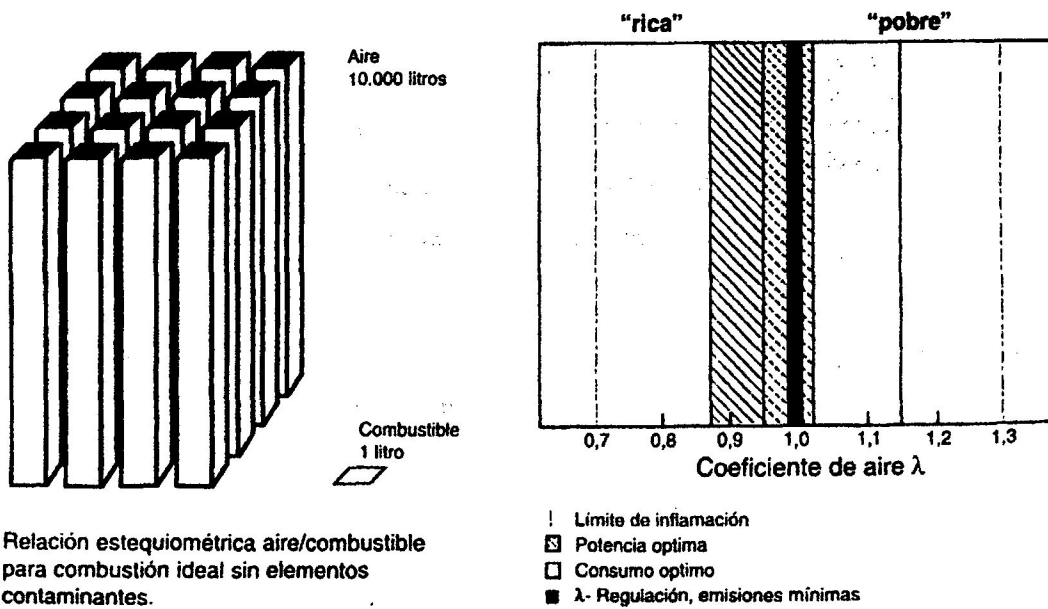
## BIBLIOGRAFÍA

1. Bickel, Jon y Ricardo Früh. **Control de emisión de gases motores Diesel.** 2da. ed. El Salvador: ECOLO, 1997. 25 pp.
2. Bickel, Jon y Ricardo Früh. **Control de emisión de gases motores gasolina.** 2da. ed. El Salvador: ECOLO, 1997. 25 pp.
3. Delgado, L.A. **Curso de mecánica automotriz.** México: Sistema Universales 1993. 36 pp.
4. Larrazábal, Néstor. "Conozca su auto" **Revista Mundo Motor (Guatemala)** (14): 8. 1998.
5. Intecap. **Manual curso de emisión de gases motores Diesel.** Guatemala, s.e s.a. 150 pp.
6. Intecap. **Manual curso de emisión de gases motores gasolina.** Guatemala, s.e s.a. 105 pp.
7. Intecap. **Manual de diagnóstico motores gasolina.** Guatemala, s.e. s.a. 43 pp.
8. Instituto Emiliani. **Temario "Mecánica Automotriz".** III promoción. 1994 Guatemala, s.e. 501 pp.

3.- Potencia (trabajo): En esta etapa, la mezcla comprimida es detonada por medio del arco eléctrico producido por la bujía, enviando el pistón hacia su punto muerto inferior, a través de la repentina expansión de los gases calientes, impulsando el émbolo hacia abajo con la rapidez y fuerza necesarias para hacer girar el cigüeñal. Ambas válvulas permanecen cerradas.

4.- Escape: En esta etapa, los residuos de la combustión son liberados o expulsados del cilindro a través de la válvula de escape, por el movimiento ascendente del mecanismo biela manivela que comprende el conjunto.

Figura 1. La mezcla aire - combustible



Relación estequiométrica aire/combustible para combustión ideal sin elementos contaminantes.

Fuente: Jon Bickel y Ricardo Fröh. Control de emisión de gases motores gasolina Pág 6.

Su funcionamiento se basa en aspiración de aire a través de la succión del cilindro, el aire fluye por el depurador de aire, pasando por un filtro de aire, encargado de retener basuras y/o partículas extrañas que puedan taponear las agujas del carburador. Luego, el aire continúa su recorrido a través del interior del carburador donde un tubo Venturi acrecienta la velocidad y presión del aire para que luego una serie de agujas atomicen la cantidad de combustible necesario, ya sea para alta o baja revolución, formando una densa niebla. El combustible es suministrado al carburador por medio de una bomba, y es depositado en una cámara que utiliza un flotador, con la finalidad de proporcionar un abastecimiento constante de combustible, utilizando una válvula de aguja, la cual se abre a medida que el combustible se consume, y se cierra al estar lleno el depósito.

### **2.2.2 Preparación de la mezcla mediante sistemas de inyección**

Los sistemas de inyección fueron diseñados para mejorar la combustión, minimizar el consumo de combustible, aumentar la eficiencia, brindar mayor potencia al motor y disminuir los gases contaminantes. Los sistemas de inyección constan de los siguientes bloques funcionales:

1.- Sistema de aspiración: Éste hace llegar al motor el caudal de aire necesario para una mezcla de proporciones correctas.

2.- Sensores y actuadores: Los sensores registran las magnitudes de las diferentes características de funcionamiento del motor, para cada régimen de funcionamiento. A través de los actuadores, la unidad de control puede dosificar de una manera más exacta la mezcla aire – combustible.



Este trabajo lo realiza por medio de señales eléctricas a cada uno de los inyectores de combustible, que están dispuestos en los cilindros del motor. Este sistema determina la cantidad óptima de combustible de acuerdo a la cantidad y temperatura de aire, velocidad y temperatura del motor, condensación de oxígeno dentro del escape y otras importantes condiciones. Los desperfectos mecánicos de este sistema se expresan en un mayor consumo de combustible, mal arranque en frío, aumento de emisión de gases contaminantes y baja potencia del motor. Este sistema es el mas eficiente, pues cada cilindro tiene un inyector propio y ésta es la base de los sistemas de inyección multipunto conocidos. Su mantenimiento se debe realizar cada 40,000 kms, consiste en el mismo una limpieza de inyectores y revisión de sensores y actuadores.

## **2.2 El proceso de la combustión**

El proceso de combustión está determinado principalmente por la composición de la mezcla, diseño de la cámara de combustión, tiempo de encendido, duración de la chispa, kilovoltios del secundario y temperatura de funcionamiento del motor. Este proceso puede ser verificado con la ayuda de un osciloscopio y un analizador de cuatro gases, lo que permite verificar el funcionamiento de algunos sistemas y/o componentes del motor. (fig.2)

## **2.4 Disposición de las válvulas en el motor**

### **2.4.1 Sistema OHC**

Over Head Camshaft (Eje de levas en la culata). En este sistema, el eje de levas está situado a la cabeza del motor y consta únicamente de un eje.

Vino a sustituir al antiguo sistema de eje de levas al costado del motor, el cual utilizaba taqués y extensores para ejercer el movimiento sobre los balancines de las válvulas. Con este sistema existían más pérdidas por fricción y por ende menos eficiencia en el motor.

### **2.4.2 Sistema DOHC**

Double Over Head Camshaft (Doble eje de levas en la culata). Este sistema emplea dos ejes dentro de la culata, uno de ellos abre y cierra las válvulas de admisión y el otro las válvulas de escape. Con ello se logra una mayor exactitud en el tiempo de apertura y cierre de las válvulas, con lo que se logra un mejor aprovechamiento del combustible, se incrementa la eficiencia y potencia del motor.

### **2.4.3 Sistema CVCC**

La mayor diferencia entre este sistema y un sistema convencional, radica en la cámara de combustión, el sistema de válvulas y el carburador. Este sistema posee dos cámaras de combustión, separadas pero conectadas por un pasaje estrecho. La cámara más grande se denomina cámara de combustión principal, la cual posee una válvula de admisión y una de escape.

También existe el caso de cuatro cilindros y veinte válvulas lo que sería tres de admisión y dos de escape. Todos estos casos también existen para motores de mayor cilindraje y potencia donde el número de válvulas aumenta conforme el número de cilindros.

Para lograr la misma debe conducirse a marcha lenta, con lo que se obtendrá un calentamiento más rápido del motor y de la transmisión. Con esto se garantiza una vida útil más prolongada del motor, de la transmisión y el catalizador, así como la disminución de gases contaminantes.

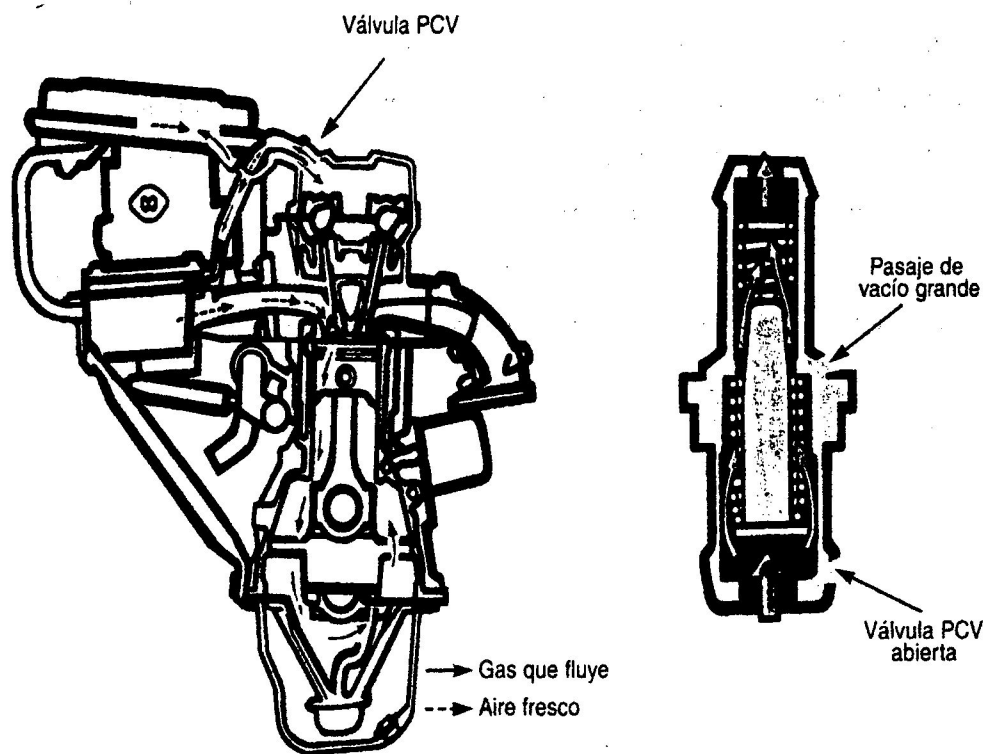
También es importante tomar en cuenta que el sistema de refrigeración es una parte primordial para los vehículos, pues al alcanzar su temperatura de operación no se debe sobrepasar la misma, puesto que algunos sistemas de emisión de gases funcionan en base a este sistema. Los puntos más importantes a revisar son:

- Fajas del ventilador (revisión y ajuste).
- Tuberías y mangueras.
- Funcionamiento correcto del tapón del radiador.
- Determinar que el radiador no presente fugas ni obstrucciones.
- Comprobar el buen estado del termostato (no debe eliminarse pues provoca hollín en la cabeza del pistón y aumenta el consumo del combustible).
- Verificar el buen funcionamiento de la bomba de agua.

### **3.3 Sistemas de control de emisión de gases**

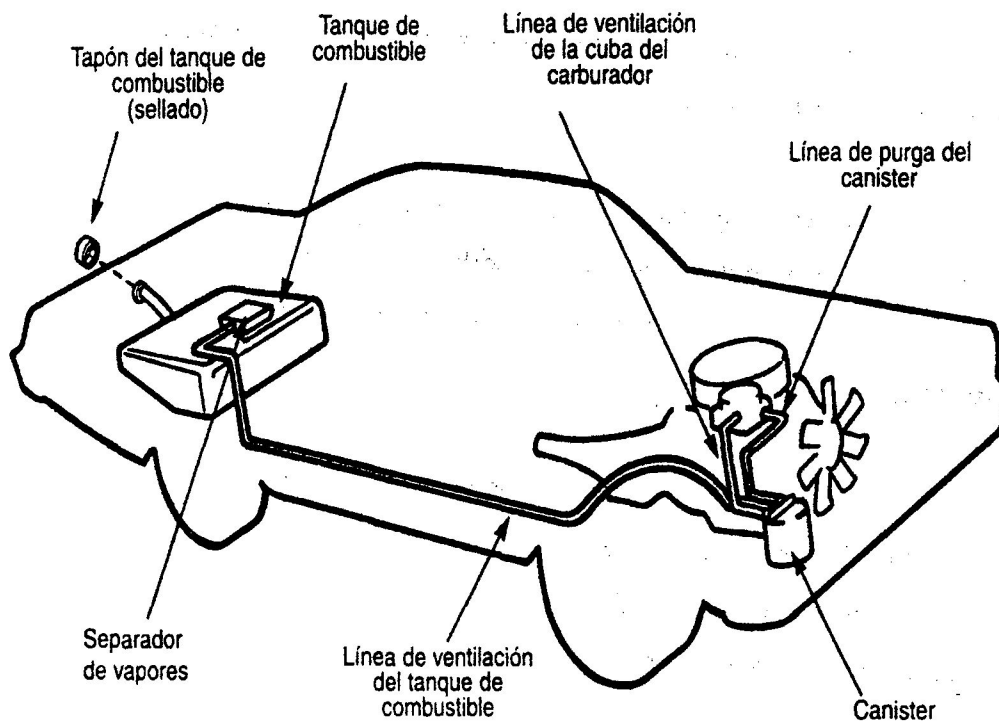
El sistema de control de emisión de gases está formado por una o varias válvulas, que tienen por finalidad reducir la emisión de gases en base a la señal proveniente de la computadora, la cual gobierna este sistema parcial o totalmente. En algunos casos, los sistemas son regulados por la depresión en el múltiple de admisión, temperatura del aire de entrada, etcétera, sin necesidad de una central computarizada. Los sistemas de control de emisiones más importantes son:

Figura 3. Sistema de ventilación positiva del cárter



Fuente: Jon Bickel y Ricardo Früh. **Control de emisiones de gases motores gasolina.** Pág 12.

**Figura 4. Control de la evaporación prematura del combustible**

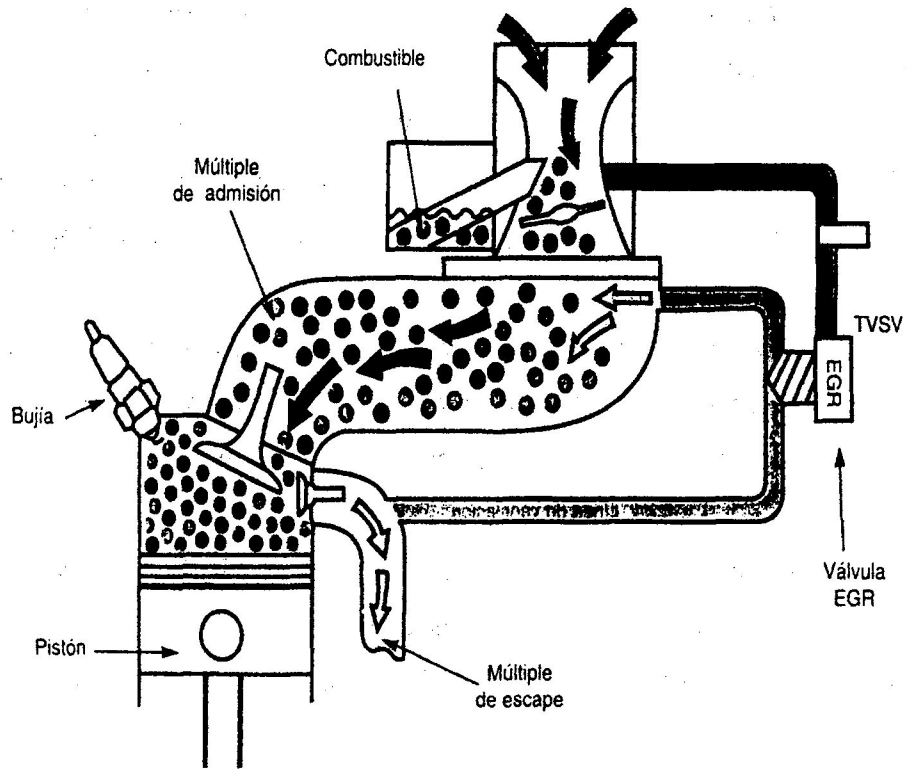


Fuente: Jon Bickel y Ricardo Fröh. **Control de emisiones de gases motores gasolina.** Pág. 13

### **3.3.3 Sistema de recirculación de gases de escape (EGR)**

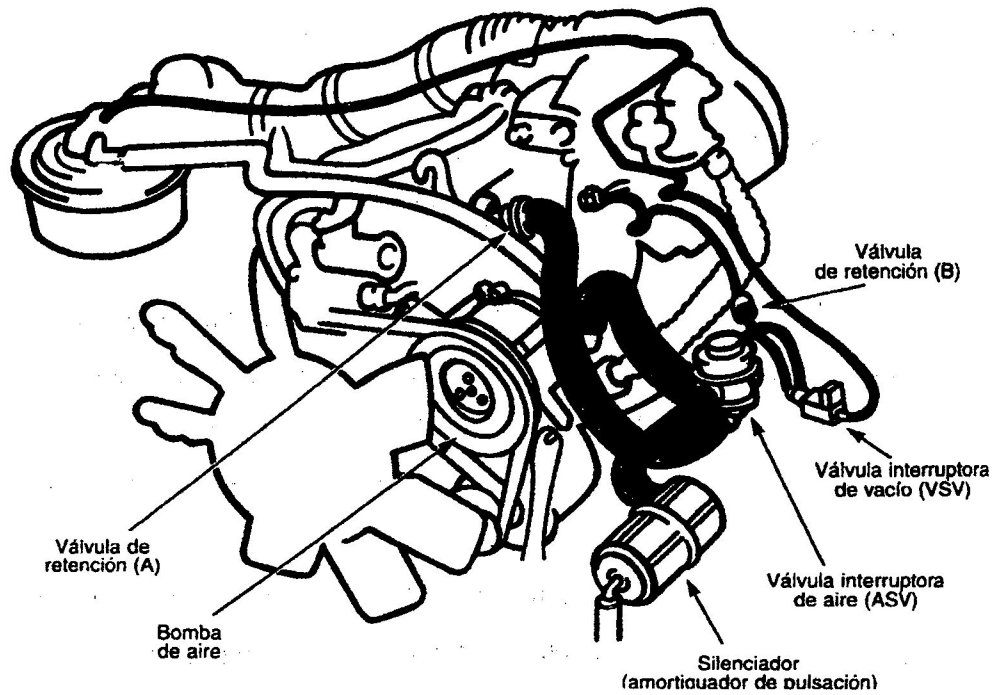
Su función primordial es reducir la formación de óxido de nitrógeno (NOx), permitiendo que cierta cantidad de gases de escape entre a la cámara de combustión, aproximadamente en un 7% de su volumen, permitiendo con esto reducir la temperatura de quemado de gases de escape a 260°C. (fig.5)

Figura 5. Sistema de recirculación de gases de escape



Fuente: Jon Bickel y Ricardo Fröh. **Control de emisiones de gases motores gasolina.** Pág. 14.

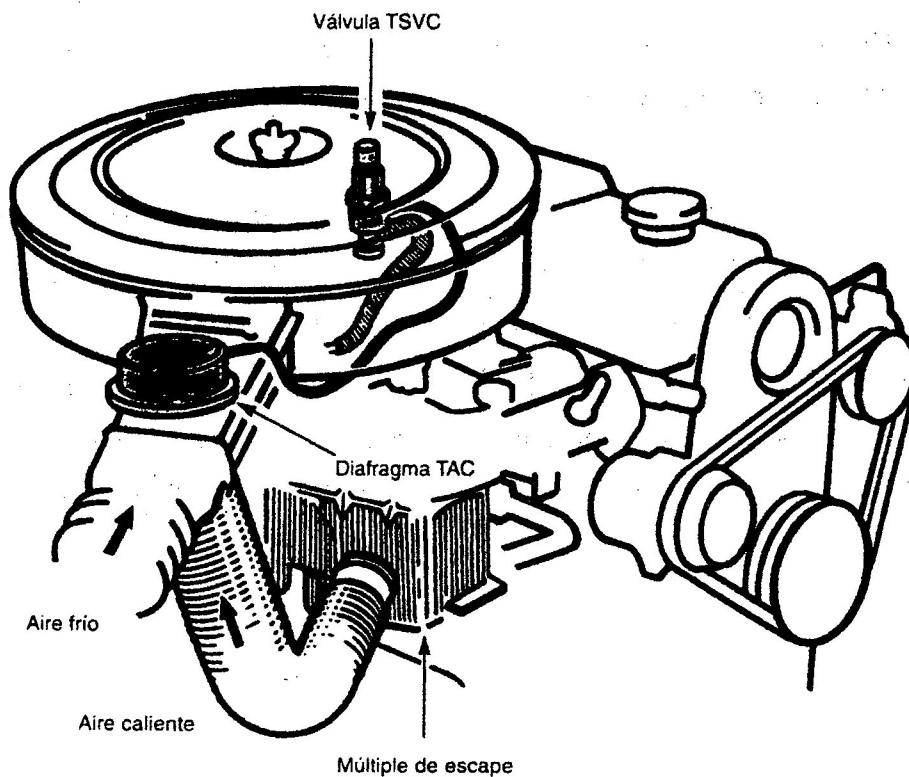
Figura 6. Inyección de aire



Fuente: Jon Bickel y Ricardo Früh. **Control de emisiones de gases motores gasolina.** Pág. 15



Figura 7. Control termostático de la admisión de aire



Fuente: Jon Bickel y Ricardo Früh. **Control de emisiones de gases motores gasolina.** Pág. 16.

### 3.4 Sensor de oxígeno

El sensor de oxígeno suministra a la unidad de control la información pertinente a la composición de la mezcla. Está situado en el tubo del escape y diseñado de tal manera que una parte del mismo esté en contacto con los gases de escape y la otra parte con el ambiente. (fig.8)

### 3.5 Uso del catalizador

El catalizador es un componente que está montado en la tubería de escape, y tiene forma achatada. Su función primordial es convertir los gases contaminantes del motor (CO, HC, NO<sub>x</sub>), en gases no contaminantes como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O Y N<sub>2</sub>. (fig.9)

Este procedimiento se realiza por medio de oxireducción. Los catalizadores modernos son llamados de tres vías, pues degradan simultáneamente los tres elementos contaminantes. Todo esto lo realizan gracias a los metales nobles de los que están hechos: rodio, paladio y platino.

El catalizador funciona a una temperatura entre 300 y 900°C. En la actualidad existen catalizadores con precalentamiento por resistencia para lograr más rápidamente la temperatura de funcionamiento. A temperaturas menores el catalizador no funciona y a temperaturas mayores se destruye paulatinamente, al igual que con el uso de gasolinas con plomo.

La eficiencia de los catalizadores es afectada por los sensores de oxígeno, pues en un vehículo sin éste, el rendimiento sería de un 40 – 50%, mientras que en uno con sensor de oxígeno el rendimiento sería de un 95%.

**Normas usadas frecuentemente para inspección y mantenimiento en vehículos con motor gasolina. (según acuerdo gubernativo 14-97 del 23 de enero de 1997 y publicado el 4 de febrero de 1997)**

Para vehículos ingresados antes del uno de enero de 1995 (Valores máximos)

Tabla - I Valores máximos para emisión de gases en vehículos gasolina antes del uno de enero de 1995

<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
Menos de 4.5% vol	Menos de 600ppm	Más de 10.5%vol

Para vehículos ingresados a partir del uno de enero de 1995 (valores máximos)

Tabla - II Valores máximos para emisión de gases en vehículos gasolina a partir del uno de enero de 1995

<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
Menos de 0.5%vol	Menos de 125 ppm	Más de 12.5% vol

El funcionamiento del motor Diesel de cuatro tiempos es como sigue:

1era carrera: Aspiración de aire, precomprimido o no. El aire es precomprimido por el turboalimentador para luego ser ingresado a la cámara de combustión con una mayor masa de aire.

2da carrera: Compresión del aire. Existe una relación de compresión de 1:20 aproximadamente y 1:18 con sobrealimentador aproximadamente. La temperatura es de 500 a 750°C aproximadamente.

3ra carrera: Combustión (trabajo). Al entrar en contacto con el aire caliente, el combustible se inyecta en este aire comprimido, se inflama y produce la combustión.

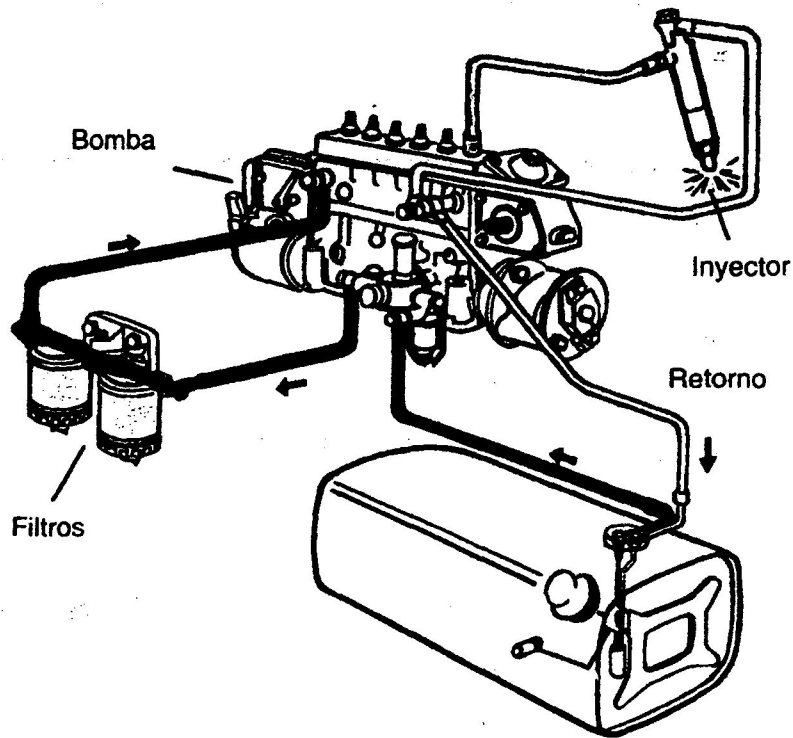
4ta carrera: El combustible o gas quemado es a continuación descargado a través de la válvula de escape de la misma manera que el motor a gasolina.

## 1.2 Sistema de inyección Diesel

Los sistemas de inyección Diesel nos brindan las cantidades ideales de combustible y de aire a ser consumidos por el motor, lo que se traducirá en un bajo consumo de combustible y pocas emisiones nocivas. Un motor Diesel con pocas emisiones nocivas requiere de exceso de aire, dosificación exacta del combustible, inyección del Diesel a tiempo preciso, y una buena compresión para lograr la temperatura de encendido ideal. (fig.10)

Actualmente, para cumplir con las exigencias de una regulación sensible y precisa, bajas tolerancias y buena exactitud incluso a largo plazo, se ha desarrollado la regulación electrónica que ha venido a sustituir a la mecánica y cumple con todas estas exigencias.

**Figura 10. Sistema de inyección Diesel**



Fuente: Jon Bickel y Ricardo Früh. **Control de emisión de gases motores**

**Diesel. Pág. 7**

## 2.1 Encendido del combustible

Los combustibles Diesel provienen de una fracción del crudo llamada destilado. Las moléculas de los combustibles Diesel son más grandes que los de gasolina. El destilado se usa también para combustibles de calefacción y combustible para turbinas; la parte del petróleo de la cual se hacen los destilados es la misma que se usa para gasolinas de alto octano. El costo más bajo del combustible debido a una mayor economía de combustible es la única ventaja del combustible que es fácil de demostrar.

La economía del motor Diesel resulta de dos factores: primero el motor Diesel tiene una relación de compresión más alta (20:1), que produce mayor presión sobre el pistón, que el motor gasolina. Segunda el combustible tiene mayor cantidad de calor por cada litro que la gasolina. En la operación del motor Diesel, la principal propiedad requerida del combustible es la calidad de encendido, que afecta el arranque en frío del motor, la aspereza de la combustión, la formación de depósitos y el humo de escape.

La calidad de encendido del combustible Diesel afecta la longitud del período de retraso de encendido, el cual se inicia en el instante en el que principia la inyección hasta que el combustible se inflama. Esto se lleva de 1.2 a 1.8 milisegundos.

Además el período de retraso de encendido se acorta por la rápida vaporización de combustible usando un rociado muy fino del inyector de combustible, por el aumento de la temperatura de la carga de aire, aumento de la presión de compresión y aumento de la turbulencia de la cámara de compresión.

Para tal efecto, los motores Diesel poseen un sistema de bujía de incandescencia que en lugar de producir una chispa, estas bujías de incandescencia cuentan con pequeños filamentos metálicos que se ponen al rojo vivo y proporcionan el calor necesario para prender el combustible en el motor frío. Las bujías de incandescencia funcionan mediante la corriente eléctrica del acumulador. Normalmente necesitan calentarse durante 5 a 30 segundos, aproximadamente antes de poder encender el combustible.

Una vez que se calienta el motor se desconectan las bujías de incandescencia. Estas bujías a diferencia de las bujías de encendido, rara vez necesitan reemplazo.

En la mayoría de motores Diesel, el interruptor de encendido activa las bujías de incandescencia. Algunos motores cuentan con un interruptor termostático que activa las bujías siempre que la temperatura del motor baja de un punto determinado.

Además algunos sistemas poseen una luz indicadora en el tablero de instrumentos que señala al conductor cuando la precámara se ha calentado lo suficiente para poner en marcha el motor.

#### **2.4 Sistema de apertura y cierre del combustible**

El funcionamiento de este sistema se basa en el principio de encendido del motor Diesel, ya que el mismo no necesita de chispa eléctrica para su encendido. Por lo que el motor no se puede apagar simplemente interrumpiendo el paso de corriente eléctrica, entonces es necesario que exista un sistema para abrir y cerrar el paso de combustible. En algunos modelos antiguos este sistema era accionado por medio de un mecanismo que estaba montado sobre el tablero de instrumentos. El conductor empuja el mecanismo hacia adentro para cerrar el paso de combustible, y extrae el mismo para abrir el sistema de combustible.