

GAS NATURAL COMPRIMIDO VEHICULAR

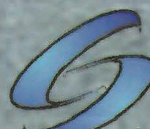
Preconversión de Vehículos

GNCV



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE

EMPRESA COLOMBIANA
DE PETROLEOS



Centro de Desarrollo
Tecnológico del Gas



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE



Centro de Desarrollo
Tecnológico del Gas

Manuel Antonio MONTENEGRO MIER
Pedro Ivan PEREZ GAYÓN
Roberto SIERRA HIGUERA
Salomon HERRERA REMOLINA

Instructores

MECANICA AUTOMOTRIZ Y DIESEL
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. SENA

GAS NATURAL COMPRIMIDO VEHICULAR

GNCV

PRECONVERSIÓN

Coordinación y montaje de textos:
Ing. Manuel Antonio Montenegro Mier
Instructor Centro de Mecánica Automotriz y Transporte
SENA. Regional Bogotá y Cundinamarca

Diseño de portada y dibujos:
Miguel E. Albán.

PRESENTACIÓN

Diversos factores deben ser tenidos en cuenta en el análisis y toma de decisión de convertir un motor de combustión interna que funciona con combustible gasolina a que funcione con Gas Natural Comprimido Vehicular (GNCV); pero entre los más significativos, tanto para el usuario como para los talleres de conversión y las empresas distribuidoras de GNCV, se encuentran los siguientes:

El primer aspecto y el más relevante para el usuario o propietario del vehículo es el factor económico y la respuesta que siempre encontrara por parte de los administradores o técnicos de taller, es que la conversión si se justifica desde el punto de vista económico. Para ello basta con realizar las cuentas de lo que gasta el vehículo en gasolina y si éste es convertido los ahorros en combustible serán alrededor de un 45% a 50%. Lo que significa que se ahorra en combustible pagará la inversión del Kit de conversión de gas.

El otro aspecto que normalmente preocupa al usuario; es el técnico, especialmente por la falta de información y el desconocimiento que se tiene sobre el GNCV. Respecto a este aspecto, es importante manifestar que si el usuario sigue las recomendaciones e instrucciones del fabricante del Kit de conversión y del personal de los talleres; en cuanto, a tipo de lubricante a utilizar, periodos o frecuencia de cambios de filtros y lubricante, periodos de inspección postconversión, pruebas específicas de los componentes del Kit; el comportamiento del vehículo no sufrirá ningún tipo de inconveniente en cuanto a su durabilidad.

Sin embargo, es importante manifestar que el vehículo tendrá pérdidas (alrededor de 12%) de potencia, "estimadas" y se dice estimadas, porque aún no se han realizado a los vehículos pruebas de tipo dinámico, que verdaderamente indiquen con certeza las pérdidas que sufre el motor.

Pero más independientemente de los aspectos económicos o técnicos, es oportuno mencionar que la crisis energética de la década de los años setenta, indujo a los gobiernos del mundo a investigar y desarrollar combustibles alternativos, que se aprovechen más eficientemente y que sean más económicos que los combustibles fósiles tradicionales. Así mismo, la contaminación del medio ambiente producida por las fuentes móviles (automotores), hizo que 160 países del mundo, conocidos como los países del Anexo I, se comprometieran a reducir las emisiones contaminantes, en especial las que son responsables del efecto de invernadero, como es el caso del CO₂, el cual se debe disminuir en un 5,2% para los años 2008 a 2010.

Dentro de las investigaciones realizadas en la búsqueda de nuevos combustibles, el gas natural comprimido vehicular (GNCV), por su abundancia, precio y en especial por ser el combustible fósil más limpio y por lo tanto, el de menor contaminación, es el combustible de mayor potencialidad y viabilidad de éxito, frente a otros combustibles y los tradicionales (gasolina o A.C.P.M.).

Las razones expuestas, son las que obligaron a diseñar y elaborar una serie de cinco manuales de capacitación, como soporte técnico del programa de reconversión de vehículos que utilizan gasolina como combustible del motor a motores que utilicen G.N.C.V. El presente manual titulado Manual de Preconversión de Vehículos a GNCV, contiene todos los aspectos técnicos y tecnológicos con respecto al análisis y diagnóstico de los vehículos que serán objeto de conversión.

Igualmente, el manual es soporte del técnico mecánico de los talleres de automotores, porque los conocimientos redactados en el manual, le servirán de repaso o de profundización, para lograr un alto y eficiente desempeño laboral. Muchos éxitos al usuario lector del presente manual.

Ing. Manuel Antonio Montenegro Mier
Coordinador Proyecto de GNCV
SENA. Regional Bogotá y Cundinamarca

CONTENIDO

	PRESENTACIÓN	
	CONTENIDO	
	FIGURAS	
	RESULTADOS DE APRENDIZAJE	
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	EL VEHÍCULO AUTOMOTOR	3
2.1	CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES	3
2.1.1	Vehículos de turismo	3
2.1.2	Vehículos de carga	4
3.	ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO	5
3.1	LA CARROCERÍA	5
3.2	CHASIS	5
3.2.1	El bastidor	6
3.2.1.1	Bastidor de perfil estampado	6
3.2.1.2	Bastidor tipo plataforma	7
3.3	EL MOTOR	7
3.3.1	Clasificación de los motores	8
3.3.1.1	Motor diesel	8
3.3.1.2	Motor a gasolina	8
3.3.1.3	Motor a gas	8
3.3.1.4	Motores bicomcombustibles	9
3.3.1.5	Motores dual	9
3.4	ESTRUCTURA INTERNA DEL MOTOR	9
3.4.1	Conjunto móvil	9
3.4.2	La culata	10
3.4.3	La distribución mecánica	10
3.4.4	Sistema de enfriamiento del motor	10
3.4.5	Sistema de lubricación del motor	10
3.4.6	Sistema de alimentación de combustible y aire (carburados)	10
3.4.7	Sistema de encendido	11
3.4.8	Controles electrónicos de motores y del del vehículo	11
3.4.8.1	Sistema de inyección electrónica de combustible	12
3.4.8.2	Encendido computarizado (D.I.S)	14
3.5	ORGANOS MECÁNICOS	15
3.5.1	Sistema de transmisión de potencia	15
3.5.2	Sistema de suspensión	15
3.5.3	Sistema de frenos	15
3.5.4	Sistema de dirección	15
4.	FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	16
4.1	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y CINEMÁTICA DEL MOTOR	16
4.1.1	El principio de funcionamiento de un motor de combustión interna	17
4.2	EL CICLO DE FUNCIONAMIENTO TEÓRICO DE CUATRO TIEMPOS	18
4.2.1	Fase de admisión	19
4.2.2	Fase de compresión	19
4.2.3	Fase de combustión ó expansión	20
4.2.4	Fase de escape	21
4.3	FUNCIONAMIENTO REAL DE UN MOTOR DE CUATRO TIEMPOS	22
4.3.1	Admisión	22
4.3.2	Compresión	23
4.3.3	Combustión o expansión	23
4.3.4	Escape	23

5	CONC. TERMODINÁMICOS APLICADOS AL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	25
5.1	INTRODUCCIÓN	25
5.1.1	Calor	25
5.2	TERMINOLOGÍA QUÍMICA FUNDAMENTAL	27
5.2.1	Elemento químico	27
5.2.2	Compuesto	28
5.2.3	Molécula	28
5.2.4	Peso atómico	28
5.2.5	Peso molecular	29
5.2.6	Mol	29
5.3	EL PROCESO DE COMBUSTIÓN	30
5.3.1	Definición	30
5.4	LA COMBUSTIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA QUÍMICO	31
5.4.1	La reacción química	31
5.4.2	El aire	31
5.4.3	Combustibles	33
5.4.4	Tamaño de la molécula de hidrocarburo	34
5.4.5	Energía de activación	35
5.5	ESTEQUIOMETRÍA	35
5.5.1	Principales reacciones químicas	35
5.5.2	Combustión del hidrógeno	35
5.5.3	Combustión del carbono	36
5.5.4	Combustión del azufre	38
5.5.5	Reacción térmica de los combustibles	39
5.5.6	Combustión completa e incompleta	41
5.5.7	Relación aire/combustible (r a/c)	43
5.5.8	Relación estequiométrica	43
5.6	PROCESO DE COMBUSTIÓN EN EL MOTOR	46
5.6.1	La combustión en el motor desde el punto de vista químico	46
5.6.2	El combustible	46
5.6.3	El aire	47
5.6.4	La energía de activación	47
5.6.5	La combustión desde el punto de vista físico	47
5.6.5.1	Mezcla y turbulencia	47
5.6.5.2	Rompimiento	47
5.6.5.3	Búsqueda	48
5.6.5.4	Unión	48
5.7	LOS GASES DE ESCAPE	48
5.7.1	Bióxido o dióxido de Carbono CO ₂	49
5.7.2	Vapor de Agua H ₂ O	49
5.7.3	Oxígeno O ₂	50
5.7.4	Monóxido de carbono CO	50
5.7.5	Hidrocarburos NO quemados (HC)	50
5.7.6	Oxidos de Nitrógeno NO _x	51
5.7.7	Oxidos de Azufre SO _x	51
6	SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES	52
6.1	SISTEMA DE VENTILACIÓN POSITIVA DE CARTER PCV	52
6.2	SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES EVAPORATIVAS	53
6.3	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN PARCIAL DE LOS GASES DE ESCAPE (EGR)	53
6.4	SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE AL TUBO DE ESCAPE	54
6.5	EL CONVERTIDOR CATALÍTICO	55
7	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE DIAGNOSTICO	56
7.1	HERRAMIENTAS DE USO GENERAL	56
7.2	HERRAMIENTAS DE USO ESPECIALIZADO	57
7.2.1	Herramientas eléctricas de comprobación (Tester)	57
7.2.1.1	Multímetro digital auto-rango (uso automotriz)	57

7.2.1.2	Comprobador de baterías / consumo del arranque	60
7.2.1.3	Lámpara de tiempo estroboscópica	60
7.2.1.4	Probador de inyector de combustible	61
7.2.2	Herramientas mecánicas de medida	62
7.2.2.1	Calibradores de espesores	62
7.2.2.2	Calibradores de roscas	62
7.2.2.3	Calibradores de tipo pie de rey	62
7.2.2.4	Micrómetros	63
7.2.2.5	Comparador de carátula	64
7.2.2.6	Medidor del momento de torsión o torque	64
7.2.3	Herramientas neumáticas	65
7.2.3.1	Manómetro para compresión	66
7.2.3.2	Comprobador de estanqueidad de cilindros del motor	66
7.2.3.3	Vacuómetros	67
7.2.3.4	Bomba manual de presión y de depresión	67
7.2.3.5	Herramientas neumáticas de trabajo rápido	67
7.2.4	Herramientas hidráulicas	68
7.2.4.1	Manómetros de presión hidráulica	68
7.2.4.2	Caudalimetro	69
7.3	EQUIPOS DE ANÁLISIS – DIAGNÓSTICO	70
7.3.1	Osciloscopio tipo automotriz	70
7.3.2	Escáner / diagnosticador para sistemas computarizados	70
7.3.3	Analizador de gases de escape	72
8.	DIAGNOSTICO DEL VEHICULO PARA SU CONVERSIÓN DE GASOLINA A GNCV	73
8.1	OBJETIVO	73
8.2	INTRODUCCIÓN	73
8.3	ESTADO ESTRUCTURAL DEL VEHICULO (CARROCERIA-CHASIS)	74
8.4	ESTADO DE CARGA DE LA BATERIA Y MASAS DEL VEHICULO	75
8.4.1	Capacidad de la batería	75
8.4.2	Estado de carga	76
8.4.3	Prueba de capacidad de descarga	76
8.4.4	Prueba de recuperación de la batería	78
8.4.5	Verificación de las masas (tierra) en el vehículo	78
8.5	ESTADO DEL SISTEMA DE ARRANQUE Y CARGA	79
8.5.1	Estado del arranque	79
8.5.2	Estado del sistema de carga	80
8.6	ESTADO DEL SISTEMA DE ENCENDIDO	81
8.6.1	Alimentación	81
8.6.2	Bobina de encendido	82
8.6.3	Distribuidor	82
8.6.4	Sensoy y/o captador de señal de encendido	82
8.6.5	Avances de tiempo	82
8.6.5.1	Avance inicial	83
8.6.5.2	Avance centrífugo	83
8.6.5.3	Avance por vacío	84
8.6.5.4	Bujías de encendido	84
8.7	COMPROBACIONES MECANICAS	84
8.7.1	Calibración de válvulas	84
8.7.2	Distribución mecánica	85
8.7.3	Medición de compresión en los cilindros	85
8.7.4	Prueba de hermeticidad para cilindros (estanqueidad)	86
8.8	PRUEBAS DINÁMICAS DE LOS SISTEMAS DEL MOTOR	87
8.8.1	Marcha mínima del motor (ralentí, idle)	87
8.8.2	Prueba dinámica de avances	89
8.8.3	Prueba dinámica del sistema de carburación	89
8.8.4	Prueba dinámica del vacío, motor en todas las rpm	89
8.8.5	Comprobador del sistema de enfriamiento del motor	90

8.9	ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE	91
9.	PROCESO DE DIAGNÓSTICO PARA SISTEMAS DE INYECCIÓN Y CONTROL COMPUTARIZADO DEL MOTOR	93
9.1	PROCESO	94
9.1.1	Consumo permanente en A	94
9.1.2	Capacidad de la batería	94
9.1.3	Recuperación de la batería a voltaje nominal	95
9.1.4	Estado del sistema de arranque al encender el vehículo	95
9.2	ESTABILIDAD DEL SISTEMA DE CARGA	95
9.2.1	Voltaje en mínima / accesorio en OFF	95
9.2.2	Caída máxima de voltaje en mínima / accesorios en ON	95
9.2.3	Voltaje a velocidad de cruce / accesorios en OFF	95
9.2.4	Voltaje a velocidad de cruce / accesorios en ON	96
9.2.5	Amperaje en mínima / accesorios en OFF	96
9.2.6	Amperaje en mínima / accesorios en ON	96
9.2.7	Amperaje a velocidad de cruce / accesorios en OFF	96
9.2.8	Amperaje a velocidad de cruce / accesorios en ON	96
9.2.9	Caída máxima de voltaje en las masas principales	96
9.3	PRUEBA DE SENSORES PRINCIPALES	97
9.3.1	Sensor de temperatura del refrigerante	97
9.3.2	Sensor de presión absoluta	98
9.3.3	Sensor de masa y flujo de aire	98
9.3.4	Sensor de vórtice Karman	98
9.3.5	Sensor de temperatura de carga de aire	99
9.3.6	Caudalímetro	99
9.3.7	Sensor de posición de la mariposa del acelerador	99
9.3.8	Sensor de oxígeno	100
9.3.9	Verificación del tiempo de encendido	100
9.3.10	Pruebe la alimentación y funcionamiento de los inyectores	101
9.3.11	Pruebe el tiempo de apertura o pulso del inyector	101
9.3.12	Pruebe el ciclo de trabajo del inyector	101
9.3.13	Proceso de verificación de suministro del sistema combustible	101
9.3.14	Pruebe la admisión máxima del sistema	102
9.3.15	Verifique la existencia de fugas	102
9.3.16	Pruebe la presión del funcionamiento del sistema	102
9.3.17	Pruebe el control del regulador sobre la presión	102
9.3.18	Verifique el caudal del sistema	102
9.3.19	Pruebe fugas en el regulador	103
9.3.20	Pruebe de fugas por la bomba, el regulador o los inyectores	103
9.3.21	Pruebe el estado de los inyectores con el pulsador	103
9.3.22	Prueba de fugas por los inyectores	104
9.3.23	Pruebe el taponamiento de los filtros de la bomba y la válvula Cheker	104
9.3.24	Pruebe la estanqueidad del tanque de combustible	104
9.3.25	Verifique el vacío dinámico del motor	105
9.3.26	Verifique el movimiento de la aguja con una aceleración rápida y a fondo	105
9.3.27	Verifique el valor del vacío a velocidad de cruce	106
9.3.28	Lecturas o comportamientos anormales	106
9.3.29	Pruebe la válvula P.C.V.	106
9.3.30	Procedimiento para la verificación de fugas en el múltiple de admisión	107
9.3.31	Procedimiento para el balance de potencia de cilindros	107
9.3.32	Comportamiento e interpretación del compresímetro	107
	BIBLIOGRAFÍA	111

FIGURAS

2.1	Vehículo automotor	3
2.2	Vehículo de turismo	4
2.3	Vehículo de carga	4
3.1	La carrocería y el chasis de un vehículo	5
3.2	Bastidor	6
3.3	Bastidor de perfil estampado	6
3.4	Bastidor tipo plataforma, auto portante o mono casco	7
3.5	Motor de combustión interna	7
3.6	Conjunto móvil	9
3.7	Sistema convencional de alimentación gasolina-aire (con carburador)	11
3.8	Sistema de encendido	12
3.9	Automóvil controlado electrónicamente	13
3.10	Dispositivos electrónicos para el control de la inyección de combustible	13
3.11	Encendido computarizado (D.I.S)	14
3.12	Sistema de dirección	15
4.1	Motor de combustión interna	16
4.2	Conjunto móvil	17
4.3	Sistema de válvulas	18
4.4	Fases de funcionamiento del motor	18
4.5	Fase de admisión	19
4.6	Fase de compresión	20
4.7	Fase de combustión – expansión	21
4.8	Fase de escape	22
4.9	Diagrama de distribución del funcionamiento real de un motor de combustión (adelanto y cierre de válvulas).	24
5.1	La reacción química	46
5.2	Etapas de la combustión	48
5.3	Los gases de escape	49
6.1	Fuentes de contaminación en un vehículo	52
6.2	Sistema de ventilación positiva del cárter	53
6.3	Sistema de control de emisiones evaporativas	54
6.4	Sistema de recirculación de los gases de escape	55
6.5	Sistema de inyección de aire	55
6.6	El convertidor catalítico	56
7.1	Herramientas de uso general	57
7.2	Multímetro	58
7.3	Voltímetro conectado en paralelo	59

7.4	Amperímetros	59
7.5	Ohmímetro	60
7.6	Comprobador de baterías / consumo del arranque	61
7.7	Lámparas de tiempo	61
7.8	Probador de inyector de combustible	61
7.9	Calibradores de espesores y roscas	62
7.10	Escalas del calibrador pie de rey (nonio y regilla)	62
7.11	Calibrador pie de rey	63
7.12	Micrómetros	63
7.13	Comparador de carátula	64
7.14	Llaves de torque	65
7.15	Manómetro para compresión	66
7.16	Comprobador de estanqueidad	66
7.17	Vacuómetro o bomba de vacío	67
7.18	Llave de impacto y lubricador	68
7.19	Manómetro de presión hidráulica (aceite / combustible)	69
7.20	Probeta graduada	69
7.21	Onda del osciloscopio	71
7.22	Escaner	71
7.23	Analizador de gases de escape	72
8.1	Chequeo de la estructura chasis – suspensión	75
8.2	Ubicación de los cilindros en el vehículo	75
8.3	Control de nivel e indicador estado de carga	77
8.4	Prueba de la capacidad de descarga (normal) su capacidad nominal	77
8.5	Verificación de las conexiones a masa	78
8.6	Flujo de la corriente	79
8.7	Medición de consumos de corriente (amperaje)	80
8.8	Elementos de un encendido electrónico	81
8.9	Ejemplos de curvas de avances	83
8.10	Reglaje de dos valvulas	84
8.11	Motor con correa dentada	85
8.12	Medición de la compresión de un motor	85
8.13	Análisis de gases de escape (relación aire – gasolina)	88
8.14	Tensión de cebado y chispa de bujía	88
8.15	Prueba dinámica de avances	89
8.16	Sistema de enfriamiento de un motor	90
9.1	Diagnosticado para sistemas de inyección y control computarizado	93
9.2	Avance de encendido cartográfico en función rpm, de presión y carga de motor	93
9.3	Sistema de control logico	97

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- ✓ Clasificar los vehículos automotores.
- ✓ Identificar las partes y sistemas componentes de un vehículo.
- ✓ Describir las características y función de los componentes y sistemas de un vehículo.
- ✓ Clasificar los motores de combustión interna de acuerdo con el tipo de combustible utilizado.
- ✓ Describir el funcionamiento de un motor de combustión interna de cuatro tiempos.
- ✓ Realizar las pruebas de funcionamiento a los diferentes sistemas del vehículo.
- ✓ Diagnosticar las condiciones iniciales de funcionamiento de las partes y sistemas de un vehículo.
- ✓ Evaluar, de acuerdo al diagnóstico, la factibilidad de una conversión exitosa a G.N.C.V.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de las políticas gubernamentales económicas y ecológicas, está la de utilizar más racionalmente los recursos naturales, es así como se han destinado muchos recursos financieros al programa de sustitución de los combustibles tradicionales líquidos (gasolina y Diesel) por combustibles gaseosos (gas natural), los cuales son de menor incidencia en el medio ambiente en lo que se refiere a productos contaminantes.

El Gas Natural Comprimido Vehicular (GNCV), es el combustible de mayor perspectiva para el futuro; ya que, su menor precio, su abundancia, y en especial su menor incidencia en la contaminación ambiental por productos de la combustión, hacen del gas natural el combustible más competitivo para ser utilizado en el subsector de los automotores y como sustituto de importación de gasolina.

Pero para llevar a cabo el programa de sustitución de combustibles, es necesario crear una infraestructura que garantice el desarrollo exitoso del mismo. Una de las acciones más importantes para lograr lo anterior es la creación de la infraestructura de los talleres y personal capacitado para realizar la conversión de vehículos que funcionan con motor a gasolina por motor que funcione con GNCV.

Con respecto a los talleres de conversión, en el país se han desarrollado normas que garantizan las condiciones que deben cumplir dichos talleres. En cuanto a la capacitación de personal, este manual es una de las acciones para contribuir al desarrollo del programa del GNCV.

Cuando se toma la determinación de convertir un vehículo de motor con gasolina a motor que funcione con GNCV, se deben realizar varias etapas dentro del proceso de conversión. La primera etapa y quizá la más importante es el diagnóstico inicial de cada uno de los componentes del vehículo en especial el estado y comportamiento en cuanto al rendimiento del motor; esta etapa del proceso se denomina Preconversión.

En la preconversión el técnico mecánico debe realizar un proceso sistemático de diagnóstico y evaluación del vehículo, apoyado en su experiencia y en la utilización y aplicación de herramientas y equipos de diagnóstico de automotores, y con base en las mediciones y pruebas realizadas, evaluará el estado del vehículo y con criterios éticos y técnicos recomendará la viabilidad de conversión del vehículo a GNCV.

En este manual el usuario encontrara los conocimientos termodinámicos de fundamentación de los motores de combustión interna, y además el proceso de desarrollo de pruebas que debe realizar para poder diagnosticar y evaluar el estado real de los motores. El manual está dirigido fundamentalmente a todos aquellos usuarios que deseen complementar o adquirir los conocimientos necesarios para realizar el proceso de preconversión de vehículos a GNCV. Igualmente, este manual servira a todas las personas que estudien o que les guste la mecánica de automotores.

2. EL VEHICULO AUTOMOTOR

La Federación Internacional del Automóvil define así el vehículo automotor: “Vehículo terrestre movido por sus propios medios, que se desliza mínimo sobre cuatro ruedas dispuestas en más de una alineación y que están siempre en contacto con el suelo, y de las cuales por lo menos dos son directrices y dos de propulsión” (ver figura 2.1).



Figura 2.1 Vehículo automotor

La anterior definición no establece distinción entre los diferentes tipos de vehículos automotores; sin embargo y en todos los casos sabemos que se trata de varios miles de piezas, cada una de las cuales cumple una función específica. Muchas de ellas se deben mover en forma sincronizada.

En su proceso de manufactura se emplean al menos 100 materiales diferentes, y en su diseño y fabricación se hace uso de las más modernas técnicas y tecnologías, las cuales permiten entregar al usuario final un vehículo con un alto grado de calidad, seguridad y confort.

2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES

De acuerdo con la utilidad para la cual está diseñado el vehículo automotor, existen dos grandes clasificaciones: Los vehículos de turismo (transporte de personas) y los vehículos de carga.

2.1.1 Vehículos de turismo

Son vehículos (ver figura 2.2) cuya carrocería y órganos mecánicos y de seguridad están diseñados y construidos exclusivamente para el transporte de personas. De acuerdo con el

tamaño podemos clasificarlos como automóviles, en cuyo espacio se alojan cómodamente hasta seis personas, busetas (Colombia) y autobuses, en los cuales se pueden movilizar un número mayor de personas.

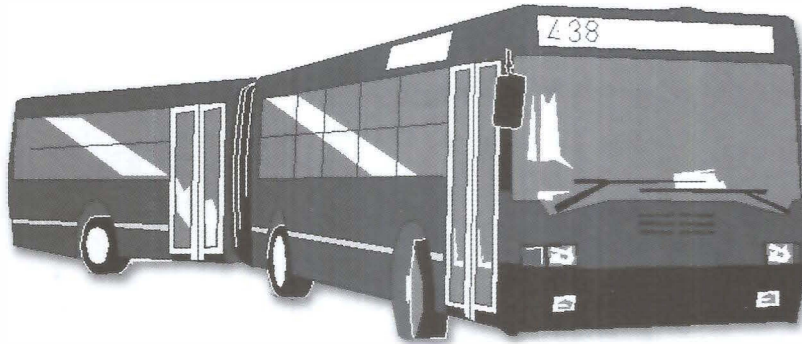


Figura 2.2 Vehículo de turismo

2.1.2 Vehículos de Carga

También conocidos como utilitarios, son vehículos (ver figura 2.3) destinados básicamente al transporte de bienes materiales o animales, aunque en algunos casos también se utilizan para el transporte de personas.

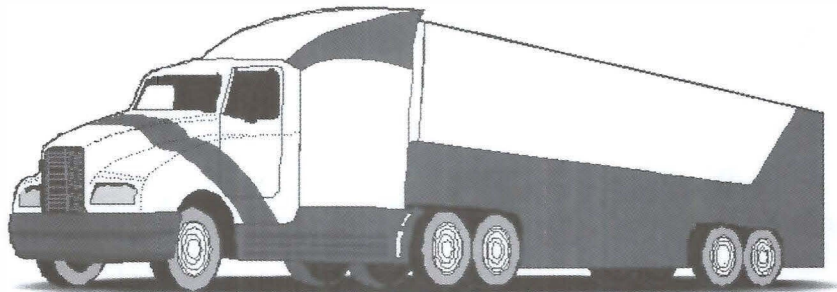


Figura 2.3 Vehículo de carga

De acuerdo al tamaño y prestaciones del vehículo, estos pueden ser del tipo liviano, entre los que cuentan los camperos y las camionetas, los cuales vienen dotados mecánicamente en la mayoría de los casos de los accesorios suficientes para un desempeño óptimo en terrenos difíciles o fuera de carretera (doble tracción), o del tipo pesado (camiones y tractocamiones), los cuales de acuerdo a la utilidad específica pueden ser: Camión cisterna, de estaca, de cama baja, grúa, etc.

3. ESTRUCTURA DEL VEHICULO

Todo vehículo automotor está compuesto por dos grandes conjuntos de piezas, la carrocería y el chasis (ver figura 3.1).

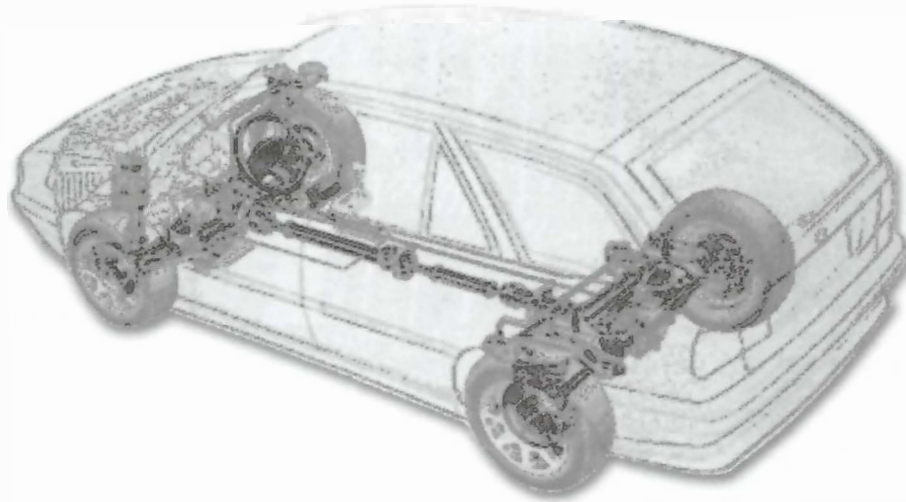


Figura 3.1 La carrocería y el chasis de un vehículo

3.1 LA CARROCERÍA

Está definida por el destino específico para el cual ha sido diseñado y construido el vehículo (carga ó pasajeros). En cada caso debe ofrecer el espacio, la seguridad y el confort suficiente para ser utilizado dentro de las regulaciones y normas establecidas en cada país o región. Sin embargo, aunque tengan la misma destinación específica, el fabricante suele ofrecer variantes en el diseño y construcción de la carrocería, por lo cual un mismo modelo pueden presentar rasgos muy diferentes; por ejemplo, en el caso de los automóviles estos pueden ser coupé, sedan, convertibles, station wagon, etc.

3.2 CHASIS

El chasis esta conformado por el bastidor, el motor y demás órganos mecánicos, eléctricos y electrónicos, convirtiéndose así en la base estructural del vehículo. En algunas regiones se le conoce como la araña del vehículo.

3.2.1 El Bastidor

Es la pieza principal (columna vertebral) en la estructura del vehículo. Puede tener diferentes formas, siendo las más comunes la de perfil estampado y la del tipo plataforma (autoportante). Sobre él se soportan todos los órganos mecánicos del vehículo (ver figura 3.2).

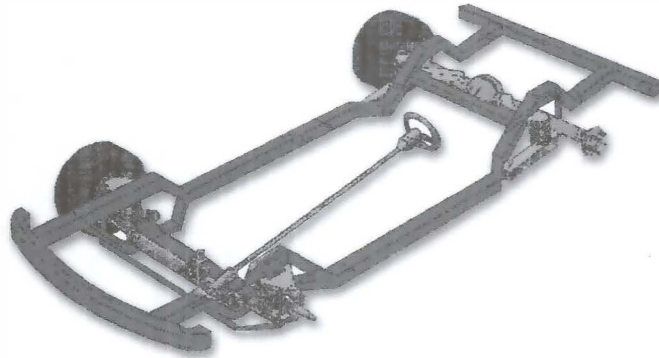


Figura 3.2 Bastidor

3.2.1.1 Bastidor de perfil estampado

Está formado por dos largueros o vigas unidos entre sí por varios travesaños, piezas todas ellas construidas de acero estampado, generalmente con secciones en U, tubular o rectangular, y diversas formas de armado, las cuales pueden ser en forma de recta, curvas o en X (ver figura 3.3).

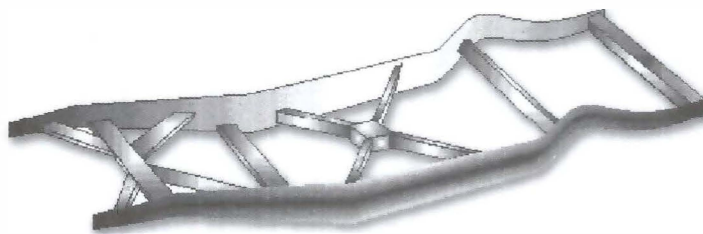


Figura 3.3 Bastidor de perfil estampado

Los largueros generalmente suelen ir curvados hacia arriba en sus extremos anterior y posterior, con el fin de permitir un mayor espacio para el montaje y funcionamiento de los mecanismos de suspensión y transmisión de potencia del vehículo. Este tipo de bastidor es propio de los vehículos todo terreno y del tipo pesado.

3.2.1.2 Bastidor tipo plataforma

También conocido como autoportante o monocasco, forma una sola pieza con el armazón metálico de la carrocería, dando como resultado una verdadera viga armada a lo ancho y alto de la estructura vehicular. En algunos casos para aumentar su rigidez y fortaleza los fabricantes aplican refuerzos a manera de venas o nervaduras. Generalmente se le construye en chapa de acero, y su utilización práctica se da en automóviles y vehículos pequeños (ver figura 3.4).

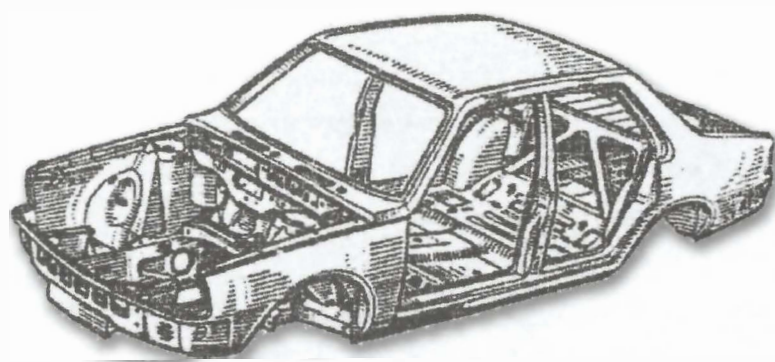


Figura 3.4 Bastidor tipo plataforma, auto portante o mono casco.

3.3 EL MOTOR

El motor de combustión interna (ver figura 3.5), transforma la energía calórica del combustible en energía cinética mediante un proceso de combustión. La energía cinética es la que nos permite dar una utilización practica al vehículo imprimiéndole movimiento propio.

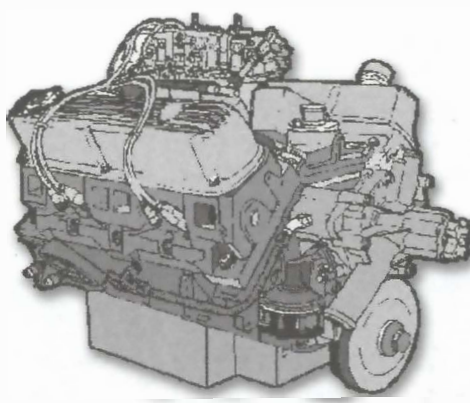


Figura 3.5 Motor de combustión interna

3.3.1 Clasificación de los Motores

Los motores de combustión interna soportan diversas clasificaciones (por su forma de encendido, por su ciclo de funcionamiento, por la posición de los cilindros, por su sistema de enfriamiento, etc.), pero la que más nos interesa para el propósito de este manual es según el combustible utilizado.

3.3.1.1 Motor diesel

Llamado así en honor a su inventor (Rodolfo Diesel, ingeniero alemán, 1858-1913), es un motor que emplea como combustible un aceite (gasoil) generalmente obtenido del petróleo que se conoce con el nombre de combustible diesel. Puede utilizar también otros aceites pesados como el fuel-oil o petróleo crudo.

En este tipo de motor el combustible es inyectado en el seno del aire ya comprimido, y la combustión se inicia por encendido espontáneo del diesel (autoencendido por condiciones de alta temperatura y presión del aire dentro de la cámara de combustión)

3.3.1.2 Motor a gasolina

Conocido también como motor de encendido por chispa, utiliza como combustible gasolina, cuyo volatilidad permite que sea fácilmente vaporizada y mezclada con el aire para comprimir la dentro de los cilindros del motor. La mezcla comprimida es encendida mediante un arco eléctrico proporcionado por la bujía, al saltar por ésta una corriente eléctrica de alto voltaje, el cual es producido por el sistema de encendido.

3.3.1.3 Motor a gas

Aunque en su estructura interna y principio de funcionamiento no difieren mucho del motor a gasolina, existen motores dotados de algunos accesorios especiales que les permite funcionar utilizando combustibles gaseosos.

Los gases más utilizados son el GLP (Gas Licuado del Petróleo) cuyo componente básico es el gas propano, y el GNCV (Gas Natural Comprimido Vehicular), el cual tiene como componente básico el gas metano.

3.3.1.4 Motor bicombustible

Son motores de alta compresión, los cuales utilizan como combustible una mezcla de diesel con GNCV, en una proporción mínima de 10% diesel por 90% de GNCV. La combustión en este tipo de motores se inicia por el encendido espontaneo del diesel, el cual propaga la combustión sobre la mezcla gas-aire comprimida dentro del motor.

3.3.1.5 Motor dual

Son motores que presentan alternativa de funcionamiento ya sea a gasolina o a gas. En este caso cuentan con sistemas de alimentación de combustible conmutable y con los accesorios mínimos para realizar el cambio de un combustible de uno a otro aún en marcha, sin tener necesidad de apagar el motor ni afectar el rendimiento del vehículo.

3.4 ESTRUCTURA INTERNA DEL MOTOR

Todo motor de combustión interna debe contar, a fin de lograr un óptimo estado de funcionamiento, y poder tener alguna utilización práctica como propulsor de un vehículo automotor, al menos con los siguientes sistemas:

3.4.1 Conjunto móvil

Es el encargado de convertir el movimiento rectilíneo y alternativo del pistón en giratorio o circular en el cigüeñal (ver figura 3.6).



Figura 3.6 Conjunto móvil

3.4.2 La culata

Sirve de tapa al motor, y junto con el sistema valvular es la encargada de controlar la entrada y salida de los gases del motor.

3.4.3 La distribución mecánica

Trasmite y sincroniza el movimiento entre el conjunto móvil y el sistema valvular.

3.4.4 Sistema de enfriamiento del motor

Se encarga de controlar y mantener una adecuada temperatura de operación del motor.

3.4.5 Sistema de lubricación

Reduce la fricción de las piezas en movimiento, ayuda a evacuar el calor y mantener limpio el motor.

3.4.6 Sistema de alimentación de combustible y aire (carburados)

Provee, mezcla y dosifica aire y gasolina para responder a las diferentes condiciones y exigencias de funcionamiento impuestas al motor.

Para los motores a gasolina, en este sistema el combustible almacenado en el tanque es impulsado al sistema de dosificación (carburador o inyectores) mediante una bomba (mecánica o eléctrica) a través de los ductos y pasado por los filtros, en donde es depurado de suciedad y elementos extraños.

Posteriormente la gasolina es dosificada por medio de chicleros (en los motores con carburador) o en los inyectores (en los motores con inyección), y mezclada con el aire, que también ha sido previamente filtrado. Ya en forma de vapor la mezcla pasa del múltiple de admisión al interior del motor, donde es comprimida y se genera la combustión para producir el movimiento del motor (ver figura 3.7).

3.4.7 Sistema de encendido

El sistema de encendido es el encargado de proveer, elevar y distribuir un arco eléctrico en forma de chispa para iniciar la combustión de la mezcla de aire-combustible previamente comprimida dentro de la cámara de combustión.

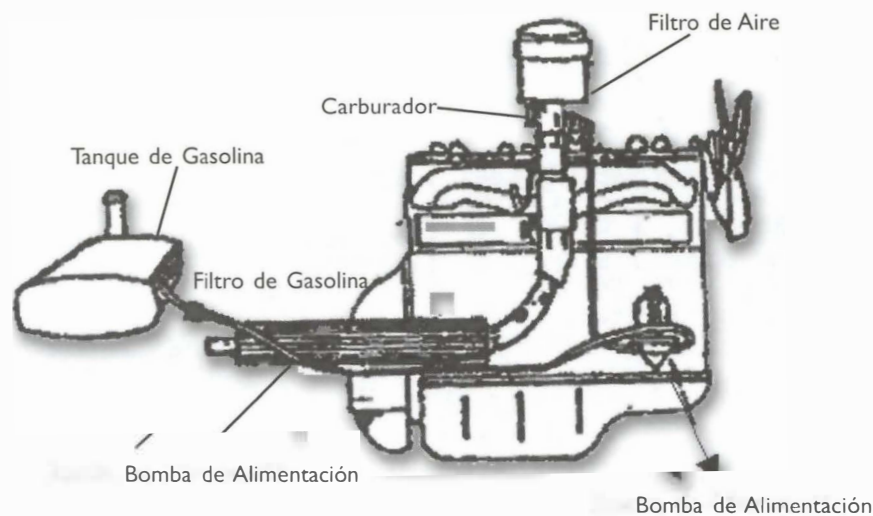


Figura 3.7 Sistema convencional de alimentación gasolina-aire (con carburador)

Al cerrar el contacto en el interruptor de encendido, se permite el flujo de corriente eléctrica desde la batería hasta el circuito primario de la bobina, convirtiendo el núcleo de esta en un electroimán que atrae electrones del circuito secundario hasta saturarlo. Cuando se alcanza dicho tiempo de saturación (DWELL), se abre abruptamente el circuito primario (por efecto de la señal dada por la bobina captadora al modulo de control, o por el efecto mecánico de la leva sobre los platinos en el encendido convencional), induciendo una corriente de alta energía en el secundario. Dicha corriente pasa al distribuidor, y de allí es enviada a una determinada bujía (de acuerdo con la distribución del encendido), donde al saltar entre sus electrodos forma un arco eléctrico o chispa (ver figura 3.8).

3.4.8 Controles electrónicos de motores y del vehículo

Este sistema revolucionó los conceptos mecánicos tradicionales del automóvil en lo que a comando del motor se refiere. Basándose en los principios de los ordenadores electrónicos,

hoy en uso en todas las áreas del que hacer humano, comanda el funcionamiento de los controles del motor en forma lógica, rápida y segura.

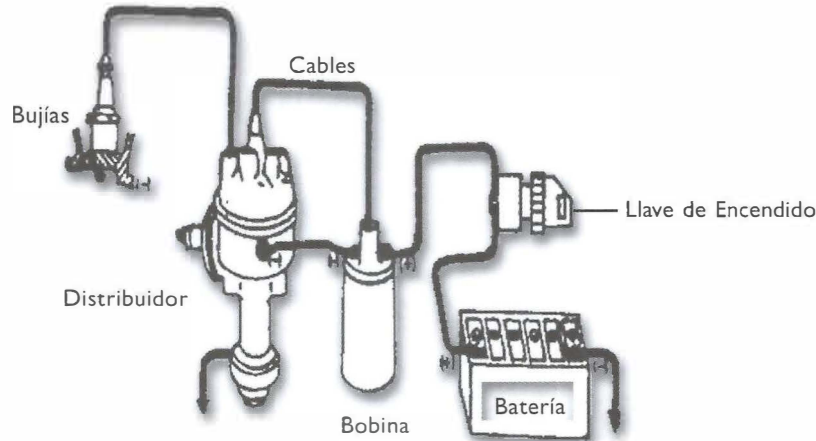


Figura 3.8 Sistema de encendido

Consiste en un conjunto de mecanismos, circuitos y componentes electrónicos, ubicados en varias partes del vehículo (motor, transmisión, carrocería, tablero de instrumentos) que actúan armónicamente bajo la dirección de un computador, a fin de lograr el óptimo funcionamiento del motor, proporcionando en todo momento y bajo todas las condiciones de marcha el máximo rendimiento del vehículo, al mismo tiempo que reduce el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes (ver figura 3.9).

3.4.8.1 Sistema de inyección de combustible con control electrónico

Este sistema, suministra combustible a presión y en cantidad adecuada, para establecer con exactitud la proporción de mezcla necesaria, según las condiciones atmosféricas y características de funcionamiento del motor.

La pulverización se logra con el control mecánico de la presión del combustible, en tanto que la cantidad o dosificación es establecida por el microprocesador con base en la información recibida de los sensores y señales de información, dando como respuesta el tiempo durante el cual los inyectores deben permanecer abiertos.

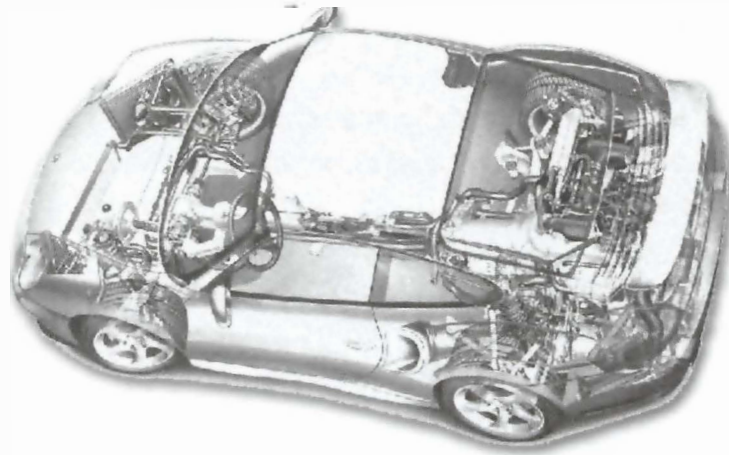


Figura 3.9 Automóvil controlado electrónicamente

Al colocar el interruptor del vehículo en posición de encendido, la bomba de combustible es alimentada con corriente eléctrica a través de su respectivo relé, y entonces genera flujo de combustible con una presión regulada por el sistema. Luego de atravesar los respectivos filtros el combustible llega al riel de inyectores o cuerpo de aceleración (según el caso), y desde allí es repartido a los inyectores, los cuales se abren y cierran en secuencias y tiempos sincronizados de manera que se entregue la cantidad precisa de combustible, el cual es pulverizado al salir por las pequeñas boquillas existentes en la punta del inyector. La presión es controlada por el regulador, que se encuentra ubicado al final del riel de inyección, manteniendo una presión diferencial constante y enviando el exceso de combustible al tanque a través del retorno (ver figura 3.10).

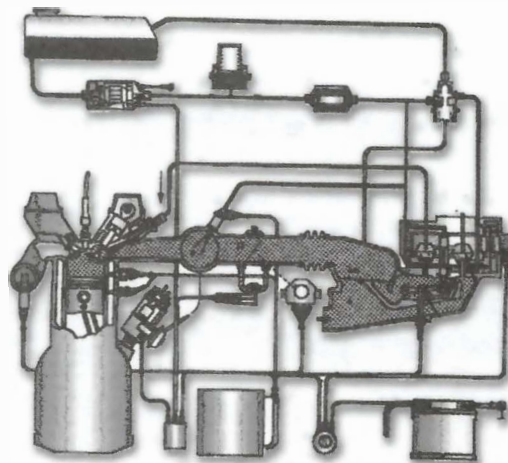


Figura 3.10 Dispositivos electrónicos para el control de la inyección de combustible

3.4.8.2 Encendido computarizado (D.I.S)

Este sistema utiliza un paquete de bobinas múltiples, las cuales actúan sobre un determinado grupo de bujías, y es el computador el encargado de establecer el orden de encendido, el tiempo de saturación y los respectivos avances.

Los sensores de rpm y posición del cigüeñal generan una señal eléctrica, la cual es enviada al módulo de encendido y al computador. Estas señales son utilizadas como señal de referencia (sincronía) y posición del pistón No. 1 respectivamente.

Entonces el computador complementando esta información con la de otros sensores, determina el tiempo de saturación y grados de avance; luego, y mediante el control sobre el negativo, abre el circuito primario de cada bobina para que se induzca sobre el respectivo secundario un pulso de alto voltaje, el cual, es enviado a 2 bujías diferentes, una de las cuales se encuentra con el cilindro en tiempo de compresión, iniciando entonces la combustión de la mezcla. La segunda, se encuentra con el cilindro en tiempo de escape; allí, aunque el arco eléctrico no es productivo permite completar el circuito eléctrico para que pueda circular la corriente (ver figura 3.11).

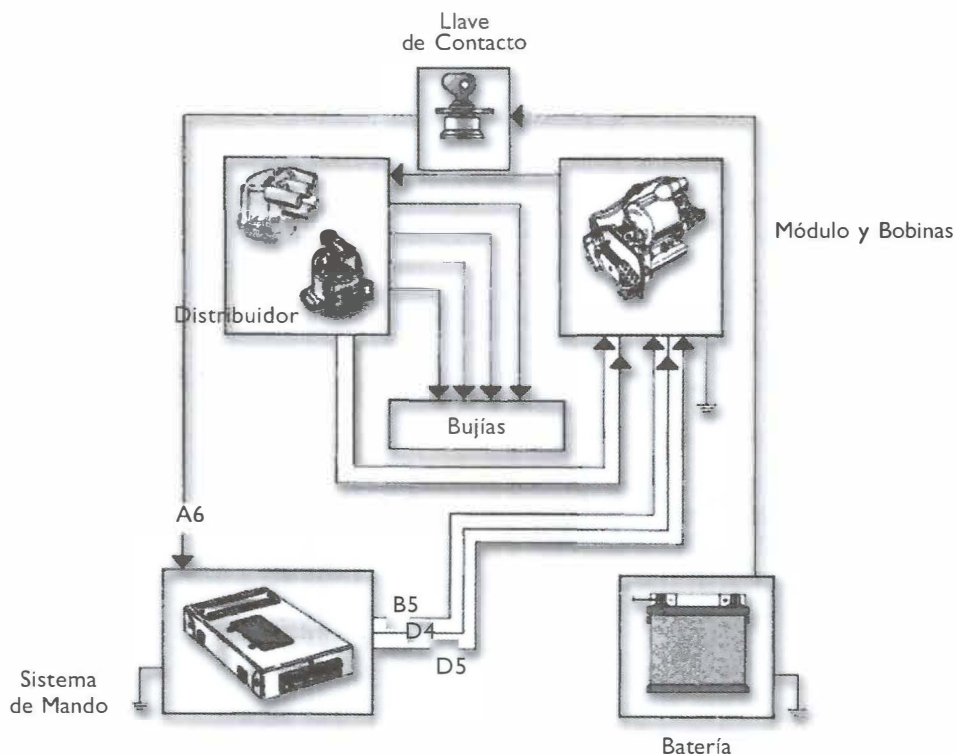


Figura 3.11 Encendido computarizado (D.I.S)

3.5 ORGANOS MECÁNICOS

3.5.1 Sistema de transmisión de potencia

Está compuesto por el embrague, la transmisión (caja de cambios), el diferencial y los ejes de mando. Transmite a las ruedas la fuerza motriz desarrollada por el motor, y permite además variar la velocidad del vehículo en beneficio de una mejor tracción.

3.5.2 Sistema de suspensión

Este sistema absorbe las trepidaciones producidas por las irregularidades del camino; además, cuando el vehículo se halla en movimiento soporta el peso del vehículo de manera que se logre una marcha más confortable y segura.

3.5.3 Sistema de frenos

Tiene como finalidad el permitir al conductor detener total o parcialmente la marcha del vehículo, mediante la transformación de la energía mecánica producida por la inercia en energía calorífica por el rozamiento de zapatas ó pastillas de freno sobre campanas o discos.

3.5.4 Sistema de dirección

Permite guiar el desplazamiento del vehículo a voluntad del conductor junto con el sistema de suspensión y el sistema de frenos, son considerados los principales sistemas de seguridad activos del vehículo (ver figura 3.12).



Figura 3.12 sistema de dirección

4. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

4.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y CINEMATICA DEL MOTOR

Un motor de combustión interna basa su funcionamiento, como su nombre lo indica, en el quemado de una mezcla comprimida de aire y combustible dentro de una cámara cerrada o cilindro, con el fin de incrementar la presión y generar con suficiente potencia el movimiento lineal alternativo del pistón (ver figura 4.1).

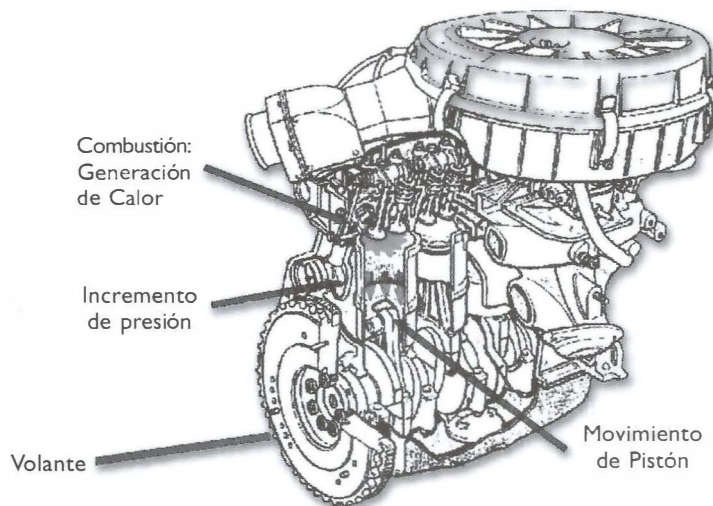


Figura 4.1 El motor de combustión interna

Este movimiento es transmitido por medio de la biela al eje principal del motor o cigüeñal, donde se convierte en movimiento rotativo, el cual se transmite a los mecanismos de transmisión de potencia (caja de velocidades, ejes, diferencial, etc.) y finalmente a las ruedas, con la potencia necesaria para desplazar el vehículo a la velocidad deseada y con la carga que se necesite transportar.

Mediante el proceso de la combustión desarrollado en el cilindro, la energía química contenida en el combustible es transformada primero en energía calorífica, parte de la cual se transforma en energía cinética (movimiento), la que a su vez se convierte en trabajo útil aplicable a las ruedas propulsoras; la otra parte se disipa en el sistema de refrigeración y el sistema de escape, en el accionamiento de accesorios y en pérdidas por fricción.

En este tipo de motor es preciso preparar la mezcla de aire y combustible convenientemente dosificada, lo cual se realizaba antes en el carburador y en la actualidad con los inyectores en

los sistemas con control electrónico. Después de introducir la mezcla en el cilindro, es necesario provocar la combustión en la cámara de del cilindro por medio de una chispa de alta tensión que la proporciona el sistema de encendido.

4.1.1 El principio de funcionamiento de un motor de combustión interna

En un motor el pistón se encuentra ubicado dentro del cilindro, cuyas paredes le restringen el movimiento lateral, permitiendo solamente un desplazamiento lineal alternativo entre el punto muerto superior (PMS) y el punto muerto inferior (PMI); a dicho desplazamiento se le denomina **carrera** (ver figura 4.2).

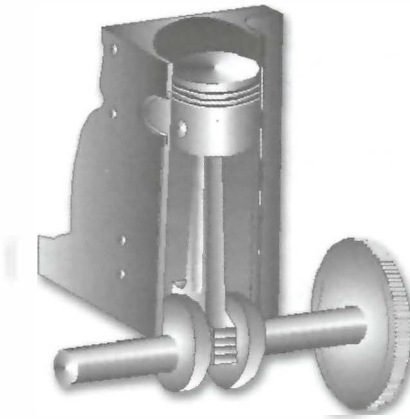


Figura 4.2 El conjunto móvil.

Tanto el movimiento del pistón como la presión ejercida por la energía liberada en el proceso de combustión son transmitidos por la biela al cigüeñal (ver figura 4.2). Este último es un eje asegurado por los apoyos de bancada al bloque del motor, y con unos descentramientos en cuales se apoyan las bielas, que son los que permiten que el movimiento lineal del pistón transmitido por la biela se transforme en un movimiento circular del cigüeñal.

Este movimiento circular debe estar sincronizado principalmente con el sistema de encendido y con el sistema valvular, compuesto principalmente por el conjunto de válvulas de admisión y de escape, cuya función es la de servir de compuerta para permitir la entrada de mezcla y la salida de gases de escape (ver figura 4.3).

Normalmente las válvulas de escape son aleadas con cromo con pequeñas adiciones de níquel, manganeso y nitrógeno, para incrementar la resistencia a la oxidación debido a las altas temperaturas a las que trabajan y al contacto corrosivo de los gases de escape.

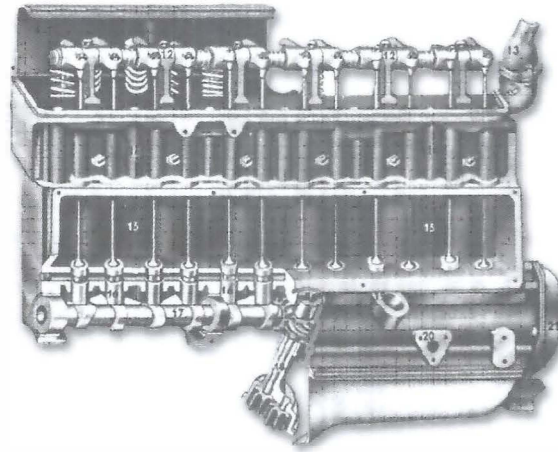


Figura 4.3 Sistema de válvulas

4.2 EL CICLO DE FUNCIONAMIENTO TEÓRICO DE CUATRO TIEMPOS

La mayoría de los motores de combustión interna trabajan con base en un ciclo de cuatro tiempos, cuyo principio es el ciclo termodinámico de Otto (con combustible gasolina o gas) y el ciclo termodinámico de Diesel (con combustible A.C.P.M.). Por lo tanto, su eficiencia está basada en la variación de la temperatura tanto en el proceso de compresión isentrópico¹, como en el calentamiento a volumen (Otto) o presión constante (Diesel).

El ciclo consiste en dos carreras ascendentes y dos carreras descendentes del pistón. Cada carrera coincide con una fase del ciclo de trabajo (ver figura 4.4), y recibe el nombre de la acción que se realiza en el momento, así:

Admisión
Compresión
Combustión – Expansión
Escape

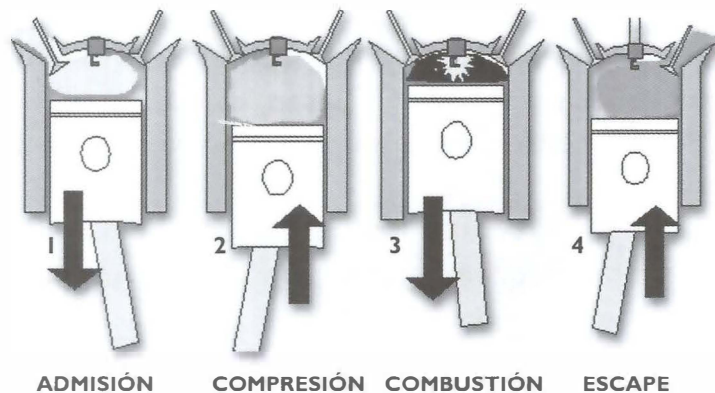


Figura 4.4 Fases de funcionamiento del motor

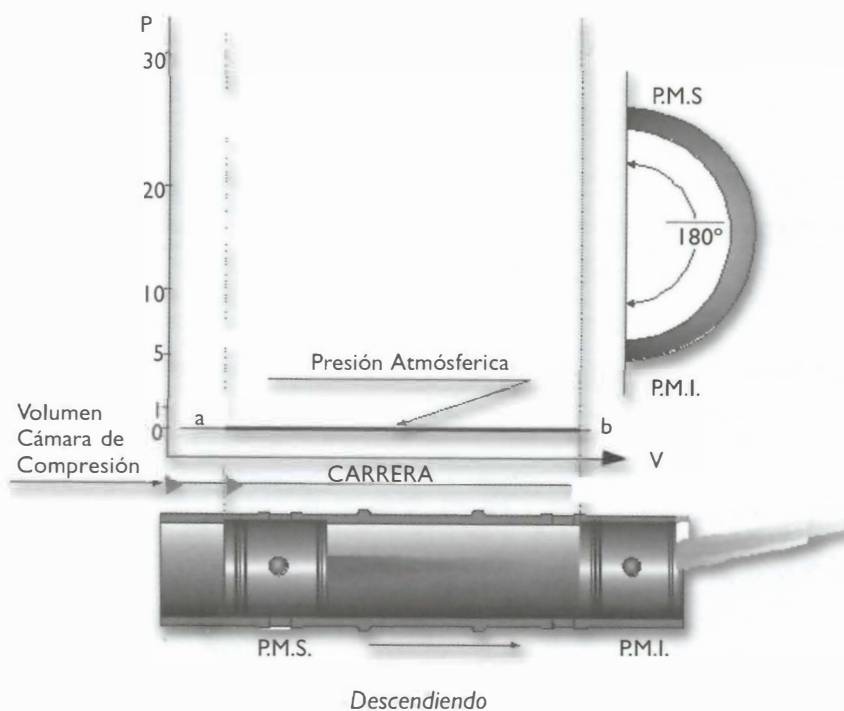
¹ En el proceso isentrópico no existe transferencia de calor a través de la frontera del sistema

4.2.1 Fase de admisión

El ciclo de trabajo empieza con la fase de admisión. Al comienzo de esta fase el pistón se encuentra en el PMS y la válvula de admisión abierta (ver figura 4.5). En esta fase el pistón se desplaza del PMS al PMI, y durante el descenso del pistón hasta el PMI se genera una depresión en el interior del cilindro debido a la hermeticidad creada por los anillos.

En este instante, la presión externa (presión atmosférica) es mayor que la presión generada internamente en el cilindro, lo que hace que la presión atmosférica empuje y provoque la entrada de una mezcla de aire y combustible dosificada en el carburador o por el sistema de control electrónico. La mezcla gasificada va llenando el espacio vacío que deja el pistón al bajar.

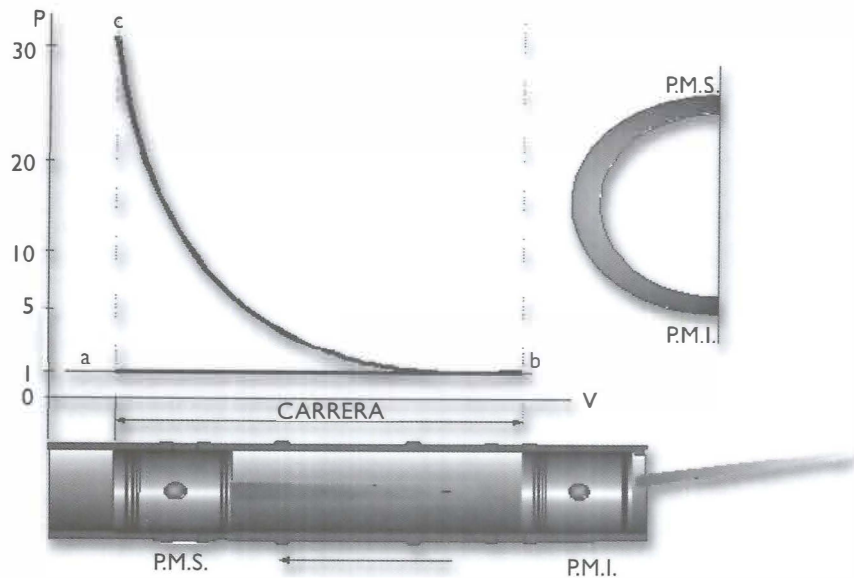
Cuando ha llegado el pistón al PMI, se cierra la válvula de admisión, quedando la mezcla encerrada en el interior del cilindro. Durante este recorrido del pistón, el cigüeñal ha girado media vuelta o 180° .



Descendiendo
Figura 4.5 Fase de admisión

4.2.2 Fase de compresión

Estando el pistón en el PMI y las válvulas de admisión y escape cerradas, haciendo que el cilindro sea estanco en este momento, comienza la carrera ascendente (ver figura 4.6).



Ascendiendo
Figura 4.6 Fase de compresión

La mezcla encerrada en el interior del cilindro va ocupando un espacio cada vez más reducido a medida que el pistón se acerca al PMS. Alcanzado este nivel, queda encerrada en el espacio formado por la cámara de combustión, sometida a una presión aproximada de 10 bares (aproximadamente 145 Psi) y con una temperatura de alrededor de 280 °C, con lo que se logra una mejor vaporización del combustible y una mezcla más homogénea. Durante esta nueva carrera del pistón, el cigüeñal ha girado otra media vuelta, o sea otros 180°.

En un momento determinado, antes del PMS, salta la chispa producida por el sistema de encendido, entre los electrodos de la bujía y se enciende la mezcla comenzando la combustión.

4.2.3 Fase de combustión o expansión

El proceso de combustión comienza en la última parte del recorrido ascendente del pistón en la fase de compresión (más o menos 10 grados antes de PMS, dependiendo de las rpm), y termina aproximadamente a 10 grados de giro del cigüeñal después del PMS. Al liberarse el calor en este proceso, se incrementa la temperatura dentro del cilindro y dado que este proceso teóricamente

es isentrópico, el calor incrementa la presión y está incide en la única frontera móvil del sistema, el pistón generando el movimiento de éste hasta el PMI. (ver figura 4.7).

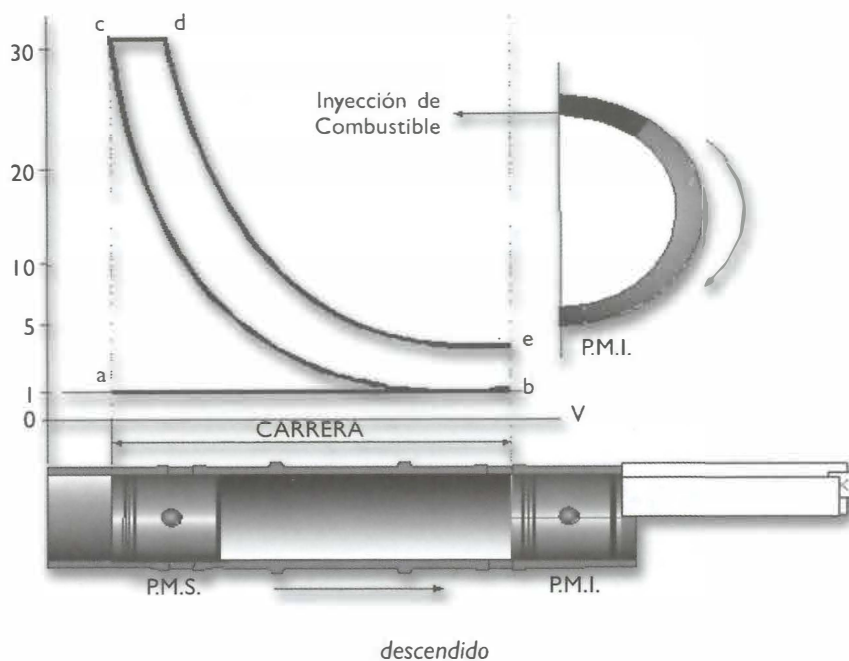


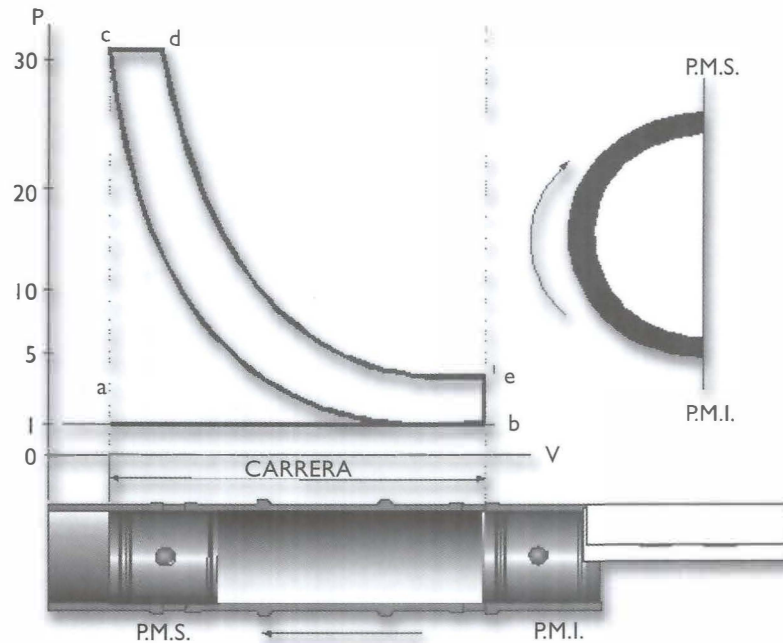
Figura 4.7 Fase de combustión - expansión

A medida que el pistón se acerca al PMI, la presión en el interior del cilindro va descendiendo, por ocupar los gases un mayor espacio. En esta nueva fase el pistón ha recibido un fuerte impulso que trasmite al cigüeñal por intermedio de la biela, haciéndolo girar otra media vuelta o 180° , el cual seguirá girando debido a su inercia (acumulada en el volante), hasta recibir un nuevo impulso. A esta fase se le llama motriz, por ser la única del ciclo en la cual se produce trabajo.

4.2.4 Fase de escape

Cuando el pistón llega al PMI se abre la válvula de escape (ver figura 4.8), y por ella salen rápidamente al exterior los gases quemados. El pistón sube hasta el PMS en esta nueva carrera, expulsando los restos de gases residuales del interior del cilindro, y finalmente se cierra la válvula de escape. Durante esta fase de escape, el cigüeñal ha girado la última media vuelta o 180° .

De esta forma se completa el ciclo de cuatro tiempos, con un giro del cigüeñal de dos vueltas o 720° .



ascendiendo
Figura 4.8 Fase de escape

4.3 FUNCIONAMIENTO REAL DE UN MOTOR DE CUATRO TIEMPOS

En el numeral 4.2 se analizó el funcionamiento de un motor de combustión interna desde el punto de vista teórico, pero los fabricantes de los motores no los diseñan para que funcionen abriendo y cerrando las válvulas en los puntos muertos o de cambio de velocidad del pistón. En la práctica las válvulas se abren antes y se cierran después de los puntos muertos. A continuación se describirá el ciclo de funcionamiento **real** de un motor de combustión interna de cuatro tiempos, (ver figura 4.4).

4.3.1 Admisión

Para simplificar el análisis del funcionamiento práctico del motor, comenzamos al final de un ciclo; es decir, cuando el pistón se encuentra en la carrera de ascenso finalizando la fase de escape.

Un poco antes que el pistón alcance el PMS, se abre la válvula de admisión y entra mezcla fresca de aire-combustible procedente del sistema de alimentación. El punto donde se abre la válvula de admisión se conoce como **Adelanto en la Apertura de la Admisión (AAA)**; el

ángulo de adelanto oscila entre 3° y 15° de giro del cigüeñal, según las rpm a las que se encuentra girando el motor y/o diseño del fabricante.

Cuando el pistón pasa por el PMS y comienza el descenso, se produce un vacío, y la mezcla entra rápidamente y llena el cilindro. Un poco después de que el pistón ha pasado por el PMI se cierra la válvula de admisión; este punto se conoce como **Retardo Cierre de Admisión** (RCA) y el ángulo de retardo oscila entre 30° y 45° .

4.3.2 Compresión

Una vez el pistón ha superado el PMI y se ha cerrado la válvula de admisión, el pistón sube y en su carrera de ascenso comprime la mezcla; en esta fase las dos válvulas permanecen cerradas. En los motores modernos la mezcla aire-combustible se comprime de nueve a diez veces de su volumen original, y dependiendo de esto, se dice que los motores (gasolina) tienen una relación de 9 a 1 (9/1) o 10 a 1 (10/1) y en los motores de última generación pueden alcanzar relaciones de 11 a 1 (11/1).

4.3.3 Combustión o expansión

Antes que el pistón llegue al PMS, a través de la bujía se produce una chispa eléctrica proporcionada por el sistema de encendido. El espacio entre el salto de la chispa y el PMS se denomina **Adelanto del Encendido o de chispa**, y oscila entre 7° y 45° .

Al encontrar la mezcla de aire-combustible comprimida, la chispa ocasiona una explosión, y la presión y temperatura dentro del cilindro se elevan rápidamente. La presión de los gases dentro del cilindro empujan el pistón hacia abajo; el movimiento descendente del pistón se denomina **carrera de expansión, motriz o de potencia**. En esta fase las válvulas de admisión y escape permanecen cerradas.

El gran esfuerzo aplicado sobre el pistón se transmite a través de la biela al muñón, que convierte este movimiento lineal descendente del pistón en movimiento de rotación en el cigüeñal, el cual se transmite, mediante los mecanismos de transmisión de potencia a las ruedas del vehículo para que éste se mueva.

4.3.4 Escape

Antes de que el pistón alcance el PMI en su fase de potencia, se abre la válvula de escape. El punto donde se abre la válvula de escape se denomina **Adelanto en la Apertura del Escape** (AAE), el ángulo de adelanto de escape oscila entre 25° y 45° de giro del cigüeñal, según sea el diseño del motor.

Cuando el pistón vuelve hacia arriba expulsa los gases de la combustión; a este movimiento ascendente se lo denomina fase de escape. Finalmente, cuando el pistón ha superado el PMS, se cierra la válvula de escape, este punto se denomina **Retardo en el Cierre de Escape (RCE)** y su valor oscila entre 5° a 12° ; el pistón comienza a descender para empezar con un nuevo ciclo el cual se repite indefinidamente mientras el motor este funcionando y disponga de combustible.

NOTA. Cabe anotar que, cuando el pistón está subiendo en la fase de escape y antes de llegar al PMS, se abre la válvula de admisión mientras la válvula de escape aún no ha cerrado; ya que ésta, se cierra un poco después de que el pistón ha superado el PMS. Lo anterior indica que hay un instante en el ciclo (final de escape y comienzo de admisión), en el cual tanto la válvula de admisión como la de escape permanecen abiertas, a este momento se le denomina **translapo, solapo o cruce valvular**, y es muy importante para el mecánico de motores.

Los ángulos de adelanto de apertura y retardo de cierre de válvulas (ver figura 4.9), dependen de las aplicaciones específicas del vehículo y de las condiciones de diseño del fabricante, ideadas para lograr más eficiencia y rendimiento del motor al permitir un mayor llenado de mezcla fresca en el cilindro y una mejor evacuación de los gases de escape. Los adelantos y retardos de las aberturas y cierres de válvulas se consiguen mediante el diseño del eje de levas.

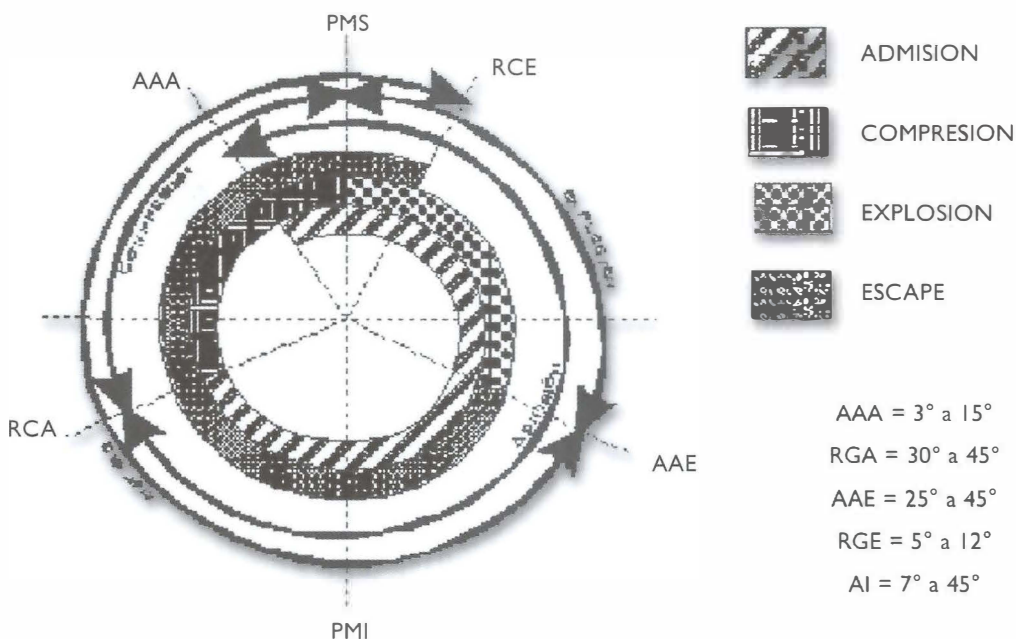


Figura 4.9 Diagrama de distribución del funcionamiento real de un motor de combustión (adelanto y cierre de válvulas).

5. CONCEPTOS TERMODINAMICOS APLICADOS AL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

5.1 INTRODUCCIÓN

El estudio del calor y el proceso de combustión es muy importante para el técnico, dado que en la mayoría de los ciclos de los motores térmicos, y específicamente para nuestro caso, en los de combustión interna, el calor liberado en el proceso de combustión constituye la fuente de energía de la que dispone el motor para su posterior transformación en energía cinética o trabajo mecánico útil.

En este capítulo se expondrá de una manera simple los conceptos de calor y de combustión, y las reacciones químicas más importantes que tienen lugar cuando se quema un combustible para producir calor. Para ello, se examinará los principios básicos y elementales que rigen estos fenómenos.

Además, se expondrán algunas nociones de química, encaminadas a facilitar la comprensión de los cambios de naturaleza química que tienen lugar cuando se queman combustibles.

5.1.1 Calor

Se define el calor como energía en estado de transferencia o transición (movimiento) desde un cuerpo a otro, a consecuencia de la diferencia de temperaturas entre los cuerpos. Es decir, el cuerpo que se encuentra a mayor temperatura cederá energía al cuerpo de menor temperatura; ya sea, por contacto directo o a través de un medio de transferencia.

La energía que constituye el calor procede de los movimientos de pequeñísimas partículas llamadas moléculas, de las que están compuestos los cuerpos. Estas partículas en cualquier cuerpo incluso en trozos de metales solidificados se mueven erráticamente de forma continua, describiendo trayectorias muy cortas; tan cortas que no son visibles ni siquiera con microscopios de gran aumento.

Cuando se transfiere o cede calor a un cuerpo, lo que ocurre es que las moléculas del cuerpo adquieren más energía y comienzan a moverse más deprisa y con trayectorias más largas. Si el cuerpo es un sólido, como es el caso de un cilindro de un motor, éste se calienta, porque sus moléculas se mueven muy rápidamente; y si utilizamos un termómetro para medir la temperatura en el interior del cilindro, se encontrará que ella se ha elevado. En otras palabras, mayor temperatura en un cuerpo significa mayor velocidad de las moléculas.

Los cuerpos sólidos tienen formas invariables, pero un gas (como el aire) se expande libremente y llena todo el recipiente que lo contiene, cualquiera sea su tamaño. Las moléculas de un gas se encuentran entonces chocando continuamente con las paredes del recipiente, produciendo como resultado una fuerza que es posible medir a través de lo que llamamos presión del gas.

Cuando se suministra calor a un gas sus moléculas se mueven más deprisa y con trayectorias más largas y se calienta. Si el gas está encerrado en un espacio fijo, los golpes más fuertes con que las moléculas chocan contra las paredes se manifiestan por un aumento de presión.

Todo esto es precisamente lo que ocurre cuando el combustible se quema en el interior de los cilindros de un motor. Al quemarse, el combustible comunica calor a los gases encerrados en la cámara de combustión y aumenta la presión con que los gases actúan sobre las superficies que forman el recinto.

Como una de dichas superficies, la cara de fuego del pistón, es movable, consecuentemente el incremento de presión produce el movimiento descendente del pistón durante la fase de combustión o explosión. Al tiempo que el pistón desciende, aumenta el espacio ocupado por los gases, por lo cual el volumen de los gases se hace mayor; y se dice que éstos se expanden o dilatan.

El calor, como la energía mecánica, es algo intangible, y una unidad de calor no es una cosa que pueda conservarse en un laboratorio de medidas. La cantidad de calor que interviene en un proceso se mide por algún cambio que acompaña, y una unidad de calor se define como el calor necesario para producir alguna transformación de tipo convenido.

En el sistema métrico, la unidad del calor es la caloría (cal), definida como la cantidad de calor necesaria para elevar o disminuir en un grado centígrado ($^{\circ}\text{C}$), la temperatura de un gramo de masa de agua. En muchos trabajos de ingeniería, por ser la caloría una unidad pequeña, se utiliza la Kilocaloría (1000 calorías); que es la cantidad de calor necesaria para elevar o disminuir en un $^{\circ}\text{C}$, la temperatura de un kilogramo de masa de agua.

En el sistema inglés de unidades, el calor se mide con la unidad térmica británica (British Thermal Unit o BTU), que se define como la cantidad de calor necesaria para elevar o disminuir en un grado Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), la temperatura de una libra masa de agua.

Como el calor es una forma de energía que se puede transformar en trabajo mecánico, en el sistema internacional de unidades el calor se mide en Julios (J). La relación que existe entre las unidades anteriores, es la siguiente:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Kcal} &= 4,185 \text{ J;} \\ 1 \text{ Kcal} &= 3,95 \text{ BTU;} \\ 1 \text{ BTU} &= 1.060,5 \text{ J} \end{aligned}$$

Además, como el calor se transforma en trabajo, hay una relación que se denomina el **equivalente mecánico del calor**, cuyas relaciones son:

$$\begin{aligned} 1 \text{ BTU} &= 778 \text{ pie-lb.} \\ 1 \text{ Kcal} &= 427 \text{ m-Kg.} \end{aligned}$$

Esto significa que 427 m-Kg de energía mecánica, cuando se convierten en calor, subirán o disminuirán la temperatura de 1Kg de agua en 1 °C. Igualmente significa que 778 pie-lb de energía mecánica, cuando se convierten en calor, elevarán o disminuirán la temperatura de 1 lb masa de agua en 1 °F.

5.2 TERMINOLOGÍA QUÍMICA FUNDAMENTAL

Antes de definir la combustión debemos considerar algunas definiciones y hechos fundamentales relacionados con la química. Química es la parte de las ciencias naturales que trata de la composición de las sustancias y de las transformaciones de la composición que sufren las sustancias. Estas transformaciones se llaman reacciones químicas. Las reacciones químicas son exotérmicas, cuando el calor sale o se desprende del sistema, o endotérmicas, cuando absorben calor del medio que rodea al sistema.

Para comprender mejor la idea de las reacciones químicas seguimos con algunos conceptos de química elemental.

5.2.1 Elemento químico

Es toda sustancia básica, aquella que no puede dividirse para dar otras sustancias. Elementos químicos característicos que se encuentran al estudiar motores son, por ejemplo, oxígeno, carbono, hierro, azufre, etc.

La porción más pequeña que puede encontrarse de un elemento es un átomo. Si un átomo se divide, el elemento desaparece y no queda sino las partículas que tienen en común todas las sustancias materiales, como son protones, neutrones y electrones, que combinados de distintas maneras forman los átomos de los elementos. Los elementos que existen en la naturaleza están descritos en la Tabla Periódica de los Elementos.

5.2.2 Compuesto

Los átomos de un mismo elemento son todos idénticos. Por el contrario, un compuesto contiene átomos de dos o más elementos. Por ejemplo, cuando los elementos carbono y oxígeno se unen químicamente durante la combustión, se produce **anhídrido carbónico**, y éste es un compuesto de oxígeno y carbono.

5.2.3 Molécula

Una molécula es la reunión de dos o más átomos del mismo o de diferentes elementos, la cual actúa como unidad, estando sus átomos ligados por atracciones mutuas. Dicho de otra forma, una molécula de un elemento o de un compuesto es la partícula más pequeña de materia que puede mantener su identidad separada.

Las moléculas de los elementos habitualmente gaseosos que se encuentran al estudiar motores, es decir oxígeno e hidrógeno, se componen en ambos casos de dos átomos.

A efectos de brevedad, en la descripción de las sustancias químicas o de sus reacciones, cada elemento se representa por un símbolo, o cada compuesto se representa mediante una combinación de dichos símbolos. Por ejemplo, el carbono es C y una molécula de oxígeno es O_2 , lo que significa que una molécula de oxígeno contiene dos átomos. Cuando una molécula de carbono se une a una molécula de oxígeno, el producto es el compuesto llamado **anhídrido carbónico**, que se representa CO_2 . (el anhídrido carbónico puede llamarse también dióxido o bióxido de carbono y dióxido o bióxido significa dos átomos de oxígeno).

5.2.4 Peso atómico

Todos los átomos de un mismo elemento tienen la misma masa (dejando de lado tecnicismos acerca de los **isótopos**, de los que tratan la física y la ingeniería nuclear, pero para el objetivo de este manual no interesa). Sin embargo, la masa de un átomo de oxígeno es mucho mayor que la del átomo de hidrógeno; en realidad, es 16 veces mayor.

Como el hidrógeno es el más ligero de los elementos, se toma su masa como unidad de referencia, y se dice que el peso atómico (p.a) de un elemento es la masa de su átomo dividida por la masa del átomo de hidrógeno; es decir, el peso atómico es un número relativo que indica cuantas veces un elemento pesa más que el más liviano de los elementos.

5.2.5 Peso molecular

Tomando como base al más liviano de los elementos, el hidrógeno (H), a él se le asignó un peso atómico de 1². Pero el hidrógeno en la naturaleza abunda más en su forma molecular de H₂. Así es que el peso molecular de H₂ es 2. Similarmente, el oxígeno (O), tiene un peso atómico de 16, pero como abunda en la naturaleza en forma de O₂, su peso molecular es 32, indicando que pesa 32 veces más que el hidrógeno, H. La forma más abundante en la naturaleza del carbono es C y tiene un peso atómico de 12, que indica que pesa 12 veces más que el hidrógeno, H.

5.2.6 Mol

Una mol (abreviatura de **molécula gramo**) es la cantidad de una sustancia cuyo peso es su peso molecular expresado en gramos o kilogramos o libras. Por ejemplo, una mol de hidrógeno H₂, pesa 2 gramos. Una mol de nitrógeno, N₂, pesa 28 gramos; una mol de oxígeno, O₂, pesa 32 gramos, etc. Se puede hablar también de Kilogramo-mol (que son 1.000 moles y se abrevia Kmol), y similarmente de libra-mol (= 453,6 moles) en el sistema inglés.

En la tabla 5.1 se presentan los pesos atómicos de los elementos que intervienen o reaccionan en la combustión que tiene lugar en los motores, incluyendo sus símbolos y pesos moleculares.

Tabla 5.1 Elementos que entran en reacción en el proceso de combustión

Nombre	Símbolo	Peso Atómico	Molécula	Peso Molecular
Oxígeno	O	16	O ₂	32
Hidrógeno	H	1	H ₂	2
Carbono	C	12	C	12
Nitrógeno	N	14	N ₂	28
Azufre	S	32	S	32
Aire ^(*)				29

(*) El aire está compuesto en volumen aproximadamente por 21% de oxígeno (O₂) y 79% de nitrógeno (N₂), así que su peso molecular será: $0.21 \times 32 + 0.79 \times 28 = 29$

² Estrictamente hablando el elemento que se tomó como base fue el oxígeno, O, con un peso atómico de 16, lo que quiere decir que el oxígeno, O, pesa 16 veces más que el hidrógeno. El oxígeno abunda en la naturaleza como O₂, con un peso molecular de 32. Por simplicidad y para mayor entendimiento, en este manual se tomó como base el hidrógeno H con peso atómico de 1, la diferencia de las dos bases es muy pequeña, y despreciable para cálculos prácticos de combustión.

5.3 EL PROCESO DE COMBUSTION INTERNA

5.3.1 Definición.

La combustión es un tipo de reacción química que sucede acompañada de la liberación de una cantidad considerable de luz y calor.

Para el caso de los motores de combustión interna, la combustión se define como una reacción química en la cual el combustible reacciona con el oxígeno del aire, en presencia de un punto de ignición (energía de activación), por ejemplo una chispa eléctrica proveniente de una bujía, para liberar la energía químicamente almacenada en el combustible.

El combustible y el aire mezclados reaccionan entre sí generando una gran cantidad de calor, el cual aumenta la presión de los gases dentro de la cámara de combustión o cilindro. La presión es la manifestación de la energía que hará posible el trabajo sobre el pistón, transformándose en movimiento lineal. Este proceso tiene lugar dentro de la cámara con una duración aproximada de 3 ms (milisegundos).

Además, en el proceso de combustión los elementos o compuestos (o bien ambos) contenidos en elevada proporción en la sustancia llamada combustible, se combinan con el oxígeno del aire suministrado al proceso formando óxidos. Estos óxidos forman, junto con el nitrógeno del aire suministrado, los productos de la combustión o gases de escape.

Puesto que la mayoría de los combustibles contienen altos porcentajes de carbono (o de compuestos de carbono) e hidrógeno, los productos de la combustión están formados generalmente por los óxidos de carbono y humedad, ya que ésta última es óxido de hidrógeno. Esta es la razón para decir que la combustión es, desde el punto de vista químico, un proceso de oxidación.

En conclusión, un combustible arde o se quema cuando se combina químicamente con el oxígeno del aire, liberando con ello calor. En los motores, el calor liberado aumenta la temperatura y presión de los gases contenidos en los cilindros.

En otras palabras, la combustión es el quemado del combustible con el aire, el cual libera una gran cantidad de energía en forma de calor: Por ejemplo, al quemarse una libra de gasolina comercial se libera alrededor de 20.000 BTUs.

Las principales leyes de la naturaleza que rigen la combustión en motores de combustión interna son la ley de la conservación de la masa y la primera y segunda leyes de la termodinámica.

Por la ley de la conservación de la masa lo que entra al motor en forma de combustible y aire sale en forma de gases por el exhosto del vehículo. La primera ley de la termodinámica dice que la energía ni se crea ni se destruye, simplemente se transforma en otras formas de energía. La segunda ley dice que aunque todo el trabajo, por ejemplo mecánico o eléctrico, se puede transformar en calor, no todo el calor se puede transformar en trabajo útil.

Esta última ley es la que limita la eficiencia de conversión en trabajo útil de la energía química almacenada en el combustible. La experiencia muestra que las máximas eficiencias posibles podrían llegar a niveles de 45%; sin embargo, en los vehículos de combustión interna las eficiencias reales de conversión del calor en trabajo son menores, y oscilan entre el 20% y el 30%. El resto es energía perdida disipada en forma de calor hacia el medio ambiente.

5.4 LA COMBUSTIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA QUÍMICO

5.4.1 La reacción química

La combustión desde el punto de vista químico es la reacción entre el combustible y el oxígeno (comburente) presente en el aire, la cual genera calor y produce unos gases residuales denominados gases de escape. Cabe anotar que para que se inicie la reacción se necesita de una energía inicial, a la cual se le conoce con el nombre de energía de activación.

Esta reacción se puede describir sencillamente de la siguiente manera:



5.4.2 El aire

El aire, que suministra el oxígeno que interviene en la combustión, no es, como ya se dijo, un compuesto químico, sino una mezcla de gases que no están combinados químicamente entre sí. El oxígeno es sólo una quinta parte del total y el resto está constituido principalmente por nitrógeno y una pequeña fracción de gases raros. Como el nitrógeno y los gases raros no toman parte en las reacciones de la combustión, decimos que son inertes, y aparecen agrupados en la tabla 5.2, donde se indican las proporciones en masa o volumen.

Tabla 5.2 Elementos constituyentes del aire

Elemento	Porcentaje en Peso	Porcentaje en Volumen
Oxígeno	23,1	20,9
Nitrógeno, argón, etc.	76,9	79,1
TOTAL	100	100

La anterior constitución hace necesario introducir una gran cantidad de aire en el motor para quemar completamente una determinada cantidad de combustible.

En la práctica y para efectos de cálculo, es común tomar el 21% de oxígeno y el 79% de nitrógeno. Así que en 100 moles de aire hay 21 moles de O_2 y 79 moles de N_2 , o sea:

$$79 / 21 = 3,76 \quad (\text{moles } N_2 / \text{moles } O_2);$$

o expresado en volumen (metros cúbicos),

$$3,76 \quad (m^3 \text{ de } N_2 / m^3 \text{ de } O_2)$$

Hay dos factores que intervienen y tienen efecto sobre la cantidad de oxígeno en volumen que se introduce al motor, que son:

- 1) La altura sobre el nivel del mar: A mayor altura menor cantidad de oxígeno por efecto de la menor presión atmosférica.

El aire que se encuentra a nivel del mar es más denso, es decir, tiene mayor cantidad de oxígeno por unidad de volumen. A medida que aumenta la altura o altitud sobre el nivel del mar, disminuye la densidad y por lo tanto la cantidad de oxígeno por unidad volumétrica o molar. Por ejemplo en Bogotá, a 2.630 metros sobre el nivel del mar, un m^3 de aire tiene 27 % menos de oxígeno que a nivel del mar.

- 2) La temperatura: A mayor temperatura, menor cantidad de oxígeno en volumen.

La temperatura del aire también afecta la densidad, pero no en la misma proporción que la altura sobre el nivel del mar. Un incremento en la temperatura expande el aire, alejando sus moléculas constitutivas entre sí y disminuyendo su densidad.

5.4.3 Combustibles

- Un combustible es cualquier sustancia rica en materia inflamable, y puede ser sólido, líquido o gaseoso. La mayor parte de los combustibles son hidrocarburos provenientes del petróleo, del gas o del carbón.
- Los combustibles para motores de combustión interna son fundamentalmente una mezcla de hidrocarburos en forma de líquidos o gases. Estos hidrocarburos son compuestos químicos formados por hidrógeno y carbono, y a veces pequeñas cantidades de otras sustancias, como por ejemplo, el azufre.
- Hay muchas clases de hidrocarburos, pero por lo que respecta a este manual, químicamente difieren sólo en las proporciones relativas de hidrógeno y carbono. Por ejemplo, el hidrocarburo que se conoce como etano (C_2H_6) tiene una molécula de dos átomos de carbono combinada con seis átomos de hidrógeno, mientras que una molécula de octano (C_8H_{18}) contiene ocho átomos de carbono combinados con dieciocho átomos de hidrógeno.
- Así pues, los elementos de los combustibles que se emplean en los motores de combustión interna son principalmente carbono e hidrógeno. Otro elemento también combustible, pero indeseable, es el azufre, que afortunadamente sólo aparece en pequeñas proporciones.
- Comercialmente los combustibles más comunes para los automotores son: **la gasolina, el diesel (ACPM) y el gas natural.**
- La gasolina es un combustible líquido producto de la refinación del petróleo, constituido por una mezcla compleja de moléculas de hidrocarburos, compuesto aproximadamente por 86% de carbono y 14% de hidrógeno. Junto con estos elementos hay pequeñas cantidades de azufre.
- Los aceites ligeros o gasóleos, que incluyen las parafinas, isoparafinas, naftenos y algunos aromáticos, son utilizados en los motores de encendido por compresión o motores diesel.
- Otros combustibles líquidos, como los alcoholes, pueden ser empleados como combustibles o como aditivos en ciertas gasolinas.
- Los combustibles gaseosos son los más limpios de todos los que se usan. Su combustión se regula fácilmente y se consigue un quemado casi completo con poco exceso de aire.

Los combustibles gaseosos que se emplean en los motores, ya sean estos dedicados (diseñados desde fábrica para quemar gas), bicomcombustibles o mixtos (pueden quemar combustibles tanto líquidos como gaseosos) o duales (pueden quemar gasolina o gas), están también constituidos por hidrocarburos. Algunos combustibles gaseosos pueden contener también monóxido de carbono (CO).

Tanto los motores mixtos (bicomcombustibles) como los de encendido por chispa (duales) funcionan provechosamente con muchos tipos de combustibles gaseosos, pero el más utilizado es el gas natural.

El gas natural puede encontrarse en cantidades comerciales en numerosos países, y se distribuye a través de extensas redes de gasoductos.

El origen del gas natural no es conocido, pero es frecuente encontrarlo asociado al petróleo, creyéndose que ambos combustibles tienen un origen común. El gas natural, que carece de color y olor, tiene una composición variable según su procedencia, pero el metano (CH_4) aparece siempre como componente más importante, con un 75 a 98%.

En la mayoría de los casos el gas natural tiene algo de etano (C_2H_6) y pequeñas cantidades de propano (C_3H_8) y otros gases no combustibles como el nitrógeno y el CO_2 . El gas procedente de ciertas zonas contiene azufre, habitualmente en forma de sulfuro de hidrógeno (H_2S), que es un compuesto supremamente corrosivo, de un gas de este tipo se dice que es un gas **azufrado** y también un gas **agrio**.

5.4.4 Tamaño de la molécula de hidrocarburo

Los hidrocarburos pueden tener varias formas, tamaños y conformaciones. Estas características definen su comportamiento en el proceso de combustión. El tamaño de una molécula de hidrocarburo está dado por la cantidad de carbono que lo constituye.

El comportamiento del hidrocarburo debido a su tamaño es: A medida que su tamaño aumenta, mayor dificultad para romper la molécula. A mayor tamaño de la molécula, se requiere mayor cantidad de oxígeno para que la combustión se efectúe en forma completa.

Debido a estas características se necesita de una energía externa de gran capacidad para romper las moléculas de hidrocarburo. Esta energía se denomina energía de activación.

5.4.5 Energía de activación

- Al encontrarse la mezcla de aire y gasolina debidamente comprimida, es necesario proporcionar una energía de activación en forma de chispa para iniciar su combustión. La chispa es un arco eléctrico que salta entre los electrodos de una bujía al circular por ella una corriente eléctrica de alto voltaje proporcionada por el sistema de encendido.

5.5 ESTEQUIOMETRIA

5.5.1 Principales reacciones químicas

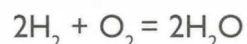
- La estequiometría de las reacciones químicas permite determinar las relaciones molares (proporciones) existente entre los reactivos y los productos de las reacciones y sus respectivas relaciones másicas, mediante la utilización de los pesos moleculares de cada componente.

- Cuando un combustible se quema con aire, es importante suministrar suficiente aire para garantizar una combustión completa. Teóricamente el aire que se requerirá es el que corresponde al oxígeno que se consume en una reacción química balanceada en una combustión. A este aire se le llama **aire estequiométrico**.

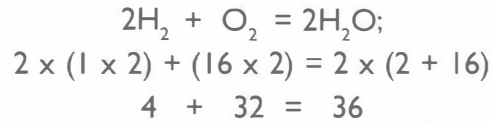
- Observemos separadamente la combustión de los elementos componentes de los combustibles, en un motor de combustión interna, calculando el aire estequiométrico. Pero primero, pasemos a tratar las reacciones químicas que gobiernan la combustión de los elementos que constituyen los combustibles cuando se unen con el oxígeno del aire en los cilindros de un motor.

5.5.2 Combustión del hidrógeno

- Cuando el hidrógeno se combina con el oxígeno, se produce agua según la ecuación:



- De forma sencilla esta ecuación se lee: “Dos moléculas de hidrógeno (una molécula de hidrógeno contiene dos átomos) con una molécula de oxígeno forman dos moléculas de agua”. Ahora pongamos esta ecuación en proporciones másicas utilizando los pesos atómicos de la tabla 5.1.



Dividiendo por 4 ambos términos de la ecuación y dando las unidades, se tiene:

$$1\text{Kg} + 8\text{Kg} = 9\text{Kg} \quad (1)$$

Lo anterior se expresa así:

$$1 \text{ parte de } \text{H}_2 + 8 \text{ partes de } \text{O}_2 = \text{ producen } 9 \text{ partes de } \text{H}_2\text{O} \text{ (agua)}$$

Resulta, pues, que se necesitan 8Kg de oxígeno para quemar 1Kg de hidrógeno, y que se producen 9Kg de agua. Obsérvese el balance de átomos entre ambos miembros de la ecuación y también el de masas.

Ejemplo 1. Hallar la masa de hidrógeno que se combinará con 24Kg de oxígeno, y la masa de agua producida.

De las ecuaciones anteriores tenemos:

$$1\text{Kg de hidrógeno} + 8\text{Kg de oxígeno} = 9\text{Kg de agua} \quad (1)$$

En este problema intervienen 24Kg de oxígeno, mientras que en la ecuación aparecen 8Kg. Por tanto:

$$24 / 8 = 3$$

Multiplicando, pues, por 3 ambos miembros de la igualdad (1) resulta:

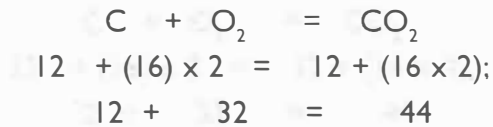
$$3\text{Kg de hidrógeno} + 24\text{Kg de oxígeno} = 27\text{Kg de agua,}$$

Así que necesitamos 3Kg de hidrógeno para obtener 27Kg de agua.

5.5.3 Combustión del carbono

El hidrógeno se combina con el oxígeno según una única proporción, tal como acabamos de ver; sin embargo, el carbono puede reaccionar de dos maneras, lo que depende de sí la combustión

es completa o no. Cuando hay abundancia de oxígeno (como suele ser el caso en los motores Diesel), tiene lugar una combustión completa de acuerdo con la ecuación siguiente y las correspondientes proporciones másicas utilizando los pesos atómicos de la tabla 5.1:



Dividiendo por 12 ambos términos de la igualdad, y dando las unidades, se tiene:

$$\begin{aligned} 12 / 12 + 32 / 12 &= 44 / 12 \\ 12 / 12 + 8 / 3 &= 11 / 3 \\ 1\text{Kg} + 2,67\text{Kg} &= 3,67\text{Kg} \end{aligned}$$

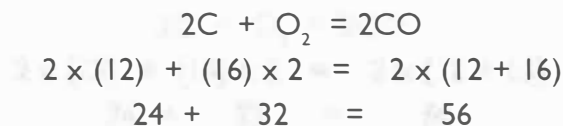
Lo anterior se expresa así:



Como ya se dijo, el CO_2 es un compuesto llamado bióxido de carbono, dióxido de carbono o simplemente anhídrido carbónico.

Resulta, pues, que se necesitan 2,67Kg de oxígeno para quemar 1Kg de Carbono y que se producen 3,67Kg de anhídrido o bióxido de carbono.

Cuando el oxígeno presente es insuficiente (lo que ocurre si se inyecta en los cilindros, combustible en exceso o no se llena con el suficiente aire el cilindro, tal es el caso de los motores a gasolina), puede tener lugar una combustión incompleta del carbono de acuerdo con la siguiente ecuación:



Dividiendo por 24 ambos miembros de la última igualdad, y dando las unidades, se tiene:

$$\begin{aligned} 24/24 + 32 / 24 &= 56 / 24 \\ 24 / 24 + 4 / 3 &= 7 / 3 \\ 1\text{Kg} + 1,33\text{Kg} &= 2,33\text{Kg} \end{aligned}$$

Lo anterior se expresa así:

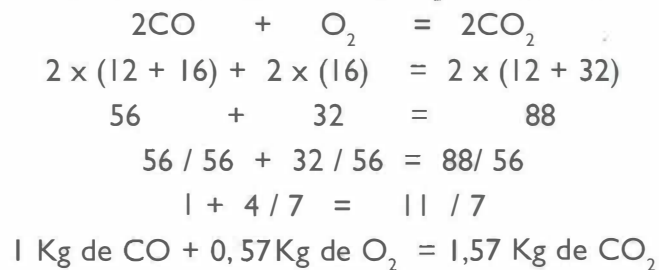


CO es un compuesto llamado, como ya se dijo, monóxido de carbono.

Resulta, pues, que se necesitan 1,33Kg de oxígeno para quemar 1Kg de Carbono y que se producen 2,33Kg de monóxido de carbono.

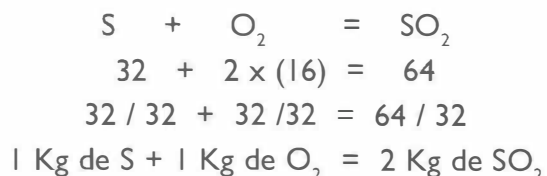
El compuesto llamado monóxido de carbono (CO), es un gas venenoso que se encuentra siempre presente en los gases de escape de los motores de gasolina, ya que estos motores funcionan con una mezcla de gasolina y aire que no contiene aire suficiente para que el carbono pueda quemarse por completo. Como veremos después, cuando el carbono reacciona para transformarse en monóxido de carbono, el calor producido sólo es el 30% del que se produce cuando se transforma en **anhídrido carbónico**; esto se conoce con el nombre de insuficiencia térmica.

El monóxido de carbono (CO), que es un componente de muchos gases, se combina fácilmente con el oxígeno para producir anhídrido carbónico (CO₂) de acuerdo con la siguiente ecuación:



5.5.4 Combustión del azufre

El azufre (S) se quema en presencia de oxígeno formando anhídrido sulfuroso (SO₂) de acuerdo con la siguiente ecuación:



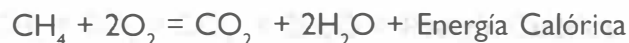
- El anhídrido sulfuroso es un gas muy corrosivo en presencia del agua, y es el responsable de la corrosión que se desarrolla en las partes metálicas del motor, especialmente en el interior de los cilindros y de los ductos de escape.

5.5.5 Reacción térmica de los combustibles

- Como ya se sabe, los combustibles que se queman en los motores de combustión interna son mezclas formadas casi por completo por compuestos llamados hidrocarburos, por estar constituidos por hidrógeno y carbono. Todos los combustibles contienen un gran número de cadenas de hidrocarburos, compuestas por hidrógeno y carbono en proporciones variables.

- Afortunadamente, no es necesario conocer la cantidad de cada hidrocarburo concreto contenida en un combustible dado para estudiar la combustión del hidrocarburo en conjunto; lo único que se necesita es conocer en qué proporciones se encuentra todo el hidrógeno y todo el carbono contenidos en el combustible, ya que durante la combustión las moléculas del combustible se dividen en sus elementos químicos constituyentes, y cada uno de éstos se combina con el oxígeno por separado. Conociendo las proporciones totales de hidrógeno y carbono, se emplean las ecuaciones elementales de la combustión para cada elemento.

- Ejemplo 2.** Observemos la combustión del gas natural, CH_4 , en un motor de combustión interna. Calculemos el aire estequiométrico.



- En Kmoles:

- 1 Kmol de CH_4 + 2 Kmoles de O_2 = 1 Kmol de CO_2 + 2 Kmoles de H_2O + Energía Calórica;

- En pesos moleculares:

- 16 Kg de CH_4 + 64 Kg de O_2 = 44 Kg de CO_2 + 36 Kg de H_2O + Energía Calórica

- Lo anterior quiere decir que una Kmol de gas natural, CH_4 , se combina con dos Kmoles de oxígeno, O_2 , para formar una Kmol de bióxido de carbono, CO_2 , y dos Kmoles de agua H_2O . o lo que es lo mismo, 16 kilogramos de metano requieren 64 kilogramos de oxígeno para

formar 44 kilogramos de CO_2 y 36 kilogramos de agua. Obsérvese el balance químico entre los reactantes y los productos de la combustión.

El oxígeno estequiométrico es:

$$\begin{aligned} 2 \text{ Kmoles de } \text{O}_2 / \text{Kmol de combustible} &= \\ 64 \text{ kg. de } \text{O}_2 / 16 \text{ kg. de combustible} &= \\ 4 \text{ Kg } \text{O}_2 / \text{Kg de combustible} & \end{aligned}$$

El aire estequiométrico es:

$$\begin{aligned} 2 / 0,21 \text{ (21\% de } \text{O}_2 \text{ en el aire)} &= \\ 9.5238 \text{ Kmoles de aire} / 1 \text{ Kmol de combustible} &= \\ (9.5238 \times 29) / 16 & \\ \text{(29 es el Peso Molecular del aire)} & \\ \text{(16 es el peso molecular del } \text{O}_2) &= \end{aligned}$$

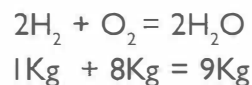
17,26 kg. de aire / 1 kg. de combustible

Ejemplo 3. Determinado combustible contiene 14% de hidrógeno y 86% de carbono. Si se queman 120 Kg de este combustible. ¿Qué cantidad de oxígeno se combina con el combustible y cuanto pesan los productos de la Combustión?

Los 120Kg de combustible contiene:

$$\begin{aligned} 120 \times 0,14 \% &= 16,8 \text{ Kg de hidrógeno} \\ 120 \times 0,86 \% &= 103,2 \text{ Kg de carbono} \end{aligned}$$

Reacción del hidrógeno:

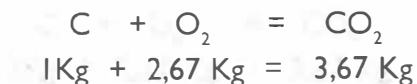


Multiplicando por 16,8 (Kg de hidrógeno contenido en el combustible).

$$(1 \times 16,8) \text{ Kg} + (8 \times 16,8) \text{ Kg} = (9 \times 16,8) \text{ Kg}$$

$$16,8 \text{ Kg H}_2 + 134,4 \text{ Kg O}_2 = 151,2 \text{ Kg H}_2\text{O}$$

Reacción del carbono:



Multiplicando por 103,2 (Kg de carbono contenido en el combustible).

$$(1 \times 103,2) \text{ Kg} + (2,67 \times 103,2) \text{ Kg} = (3,67 \times 103,2) \text{ Kg}$$

$$103,2 \text{ Kg C} + 275,5 \text{ Kg O}_2 = 378,7 \text{ Kg CO}_2$$

Por lo tanto:

La masa total de O_2 que se combina con el combustible es:

$$= 134,4 + 275,5 = 409,9 \text{ Kg de O}_2$$

Productos de la Combustión:

$$\text{H}_2\text{O} = 151,2 \text{ Kg}$$

$$\text{CO}_2 = 378,7 \text{ Kg}$$

Total productos:

$$= 151,2 + 378,7 = 529,9 \text{ Kg}$$

Total de Masa (Combustible + Oxígeno):

$$= 120 + 409,9 = 529,9 \text{ Kg}$$

5.5.6 Combustión completa e incompleta

Cuando se quema un combustible, el proceso de combustión puede ser teóricamente completo o incompleto. El hidrógeno es un combustible que, en combinación con el oxígeno, forma agua (vapor o líquido); puede hacerse reaccionar una mezcla correcta de hidrógeno y oxígeno quemándose todo el hidrógeno.

El carbono es un combustible que al ser quemado puede formar monóxido de carbono y anhídrido carbónico. Es imposible lograr la completa combustión de todo el carbono de un combustible haciéndolo pasar a anhídrido carbónico.

Los términos combustión completa y combustión incompleta se usan con mucha frecuencia en todos los trabajos relacionados con los procesos de combustión. Mencionaremos un nuevo concepto que es el de “*combustión teóricamente correcta*”, usándose también, el término “*combustión teóricamente completa*”.

Estos términos, a menudo confunden, ya que a veces se aplican equivocadamente. En este manual se usaran de acuerdo con las siguientes definiciones:

a) Combustión teóricamente correcta. Si en el proceso de combustión se emplea exactamente la cantidad teórica de oxígeno necesaria para que toda la materia combustible se combine y forme óxidos, diremos que el proceso ha sido teóricamente correcto. Esto significa que no queda oxígeno ni materia combustible en los productos de la combustión.

El aire suministrado en el proceso de la combustión teóricamente correcta, se denomina **aire estequiométrico**; algunos autores le denominan **aire ideal**. Una reacción estequiométrica comprende justo la cantidad exacta de cada uno de los reactivos para que todos los que intervienen reaccionen.

En el lenguaje de los motores se dice que el aire ideal es “aire 100%”, indicándose un exceso o una diferencia por otro número de porcentaje.

Por combustión teórica o reacción teórica se entenderá una reacción como queda definida por una simple ecuación química equilibrada para cualquiera de las condiciones especificadas. Las sustancias de una mezcla antes de la reacción se denominan reactivos; las de la mezcla después de la reacción se denominan productos.

b) Combustión completa. Si en un proceso de combustión se oxida toda la materia combustible sin quedar ninguna traza de ella en los productos de la combustión, diremos que ésta es completa. En este caso debe suministrarse un exceso de oxígeno del requerido para la oxidación de la materia combustible; parte del oxígeno queda en los productos de la combustión.

Es evidente que (a) es un caso de (b), pero (b) no es un caso de (a).

- c) **Combustión incompleta.** Si en un proceso de combustión queda materia combustible en los productos de la combustión, independientemente de la cantidad de oxígeno suministrado en el proceso, la combustión es incompleta.
- Puede suponerse que si se suministra un exceso de oxígeno, la combustión debe ser completa; esto no es cierto ya que el proceso de combustión no solo depende del proceso químico, sino, de otras variables, de las condiciones mecánicas del motor.

5.5.7 Relación aire/combustible ($r_{a/c}$)

- En los cálculos de los ejemplos que sean realizado, solo ha aparecido oxígeno en lugar de aire; pero los motores se alimentan de aire. Por lo tanto, para pasar de una masa de oxígeno a la equivalente de aire que contenga la misma masa de oxígeno, basta recordar que el aire contiene 23,1 % de oxígeno en masa (tabla 4.2).

- **Ejemplo 4.** Hallar la masa de aire necesaria para quemar los 120 Kg de combustible del ejemplo 3.

- La masa de oxígeno encontrada en el ejemplo 3 fue de 409,9 Kg. Como 1 Kg de aire contiene 0,231 Kg de oxígeno, la masa de aire que contiene 409,9 Kg de oxígeno será:

$$\text{masa de aire} = \frac{409,9}{0,231} = 1774 \text{ Kg de aire;}$$

- Relación aire / combustible:

$$\frac{1774 \text{ Kg aire}}{120 \text{ Kg combustible}} = 14,8 \text{ Kg de aire / 1 Kg de combustible}$$

5.5.8 Relación estequiométrica

- En el ejemplo anterior se muestra cuántos kilogramos de aire se necesitan teóricamente para quemar un kilogramo de combustible. Así pues, para el combustible con la composición dada en el ejemplo 3 (14% de H y 86% de C) la cifra 14,8 kg de aire por 1 Kg de combustible se la conoce como: Relación aire / combustible teórica ($r_{a/c t}$).

Por consiguiente, a la relación teórica que existe entre el aire y la cantidad de combustible se conoce como la **relación estequiométrica**; es decir, cuando el contenido de aire es apenas lo suficiente para que todo el combustible reaccione y formar CO_2 .

Los combustibles comerciales no están compuestos exclusivamente de hidrógeno y carbono, como en el ejemplo precedente, sino que contienen pequeños porcentajes de otros elementos, como azufre, nitrógeno y oxígeno; esto reduce ligeramente la cantidad de aire necesaria para combinarse con el combustible, por lo que la r a/c t para los combustibles comercialmente se encuentra alrededor de 14,5 y 14,7 Kg de aire por 1 Kg de combustible.

Los fabricantes de los equipos de análisis de gases para motores que utilizan gasolina han adoptado el valor de 14,7 para la r a/c t (relación estequiométrica). Esto significa que por cada parte de combustible que se introduce dentro de la cámara, deben suministrarse 14,7 partes de aire.

La cifra 14,7 ha sido denominada como **rata de quemado**, y está referenciada en los equipos. Este valor se ha adoptado de acuerdo con ciertas características de composición del combustible, y con un motor trabajando en condiciones de temperatura y presión atmosférica a nivel del mar.

Igualmente, los fabricantes de equipos de análisis de gases de motores han tomado la relación estequiométrica (r a/c t) de 14,7 y le han asignado el símbolo de λ (Lambda), con un valor de 1 o 100%.

Por lo tanto, La relación aire/combustible teórica (r a/c t) o estequiométrica nos informa la cantidad mínima de aire que debe suministrarse a un motor para que se queme una cantidad de combustible dada.

Ahora bien, no es posible que un motor funcione satisfactoriamente con la cantidad de aire teórica, puesto que si se alimenta exactamente con la cantidad teórica de aire, muchas moléculas de oxígeno no podrán intervenir en el proceso de combustión.

Si se tienen en cuenta los órdenes de las magnitudes que intervienen en el proceso de combustión, se comprenderá fácilmente lo difícil que es conseguir que todo el combustible se mezcle homogéneamente con todo el aire. En efecto, si la combustión ha de ser completa, una gota de combustible que penetre en el cilindro debe mezclarse uniformemente con un volumen de aire que es aproximadamente 900 veces el suyo y en un tiempo extraordinariamente corto, sólo de unas milésimas de segundo.

- Por tanto, si sólo estuviera presente la cantidad de aire teórica, no sería posible que cada molécula de combustible encontrara su correspondiente molécula de oxígeno, particularmente por el hecho que el oxígeno se diluye aún más entre los productos de la combustión una vez comenzada ésta. De esta manera, queda carbono libre y se forma el monóxido de carbono.
- Por consiguiente, para asegurar que la combustión sea completa y evitar las pérdidas de calor que con lleva la formación de monóxido de carbono, es necesario suministrarse aire en exceso a los cilindros. El cociente entre la cantidad de aire real suministrado y la cantidad de combustible entregado en cada fase motriz es la relación aire / combustible real.
- En el caso de los motores Diesel, cuando funcionan con poca carga (y por lo tanto, en cada ciclo de trabajo se inyecta una cantidad reducida de combustible en una cantidad normal de aire), la relación aire/combustible es varias veces mayor que el valor teórico. A medida que aumenta la carga, disminuye la relación aire/combustible; pero aunque el motor funcione con sobrecarga, la relación aire/combustible debe ser por lo menos del 25 al 30 %, respecto a la relación teórica. Para que la combustión sea completa, debe estar presente toda esta cantidad de aire en exceso sobre la mínima teórica, y si se inyectara suficiente combustible para reducir la relación aire/combustible, al valor estequiométricamente requerido, el motor desarrollaría menos potencia.
- En el caso de los motores de gasolina o gas, no se utiliza la expresión exceso de aire, como en el caso de los motores Diesel. Para los motores de gasolina o gas la relación aire/combustible se corresponde con la idea de **mezcla rica o mezcla pobre**.
- En el caso de los motores de gasolina que utilizan carburador, la relación aire/combustible está determinada por el reglaje del carburador, en donde se forma la mezcla aire y combustible antes de que ésta penetre en los cilindros.
- En los motores de gasolina la relación aire/combustible no varía con la carga. Además, con el fin de conseguir la máxima potencia, el carburador suele ajustarse para que la relación aire/combustible sea ligeramente inferior a la teórica, y esta mezcla se clasifica como *mezcla rica*, porque contiene una cantidad de combustible superior a la teórica o ideal, o bien la cantidad de aire es menor que la que existe en la requerida para una combustión completa.
- Por el contrario, si al objeto de evitar el desperdicio de combustible se ajusta el carburador para que se mezcle más aire con una cantidad de combustible dada, la mezcla resultante recibe el nombre de *mezcla pobre*; es decir, cuando la cantidad de combustible es menor que la ideal, o bien cuando la cantidad de aire es mayor que la existe en la requerida para la combustión completa.

5.6 PROCESO DE COMBUSTION EN EL MOTOR

La combustión es el proceso en el cual el combustible y el aire se unen, quemándose y generando una enorme cantidad de calor que aumentará la presión en la cámara de combustión. La presión es la manifestación de la energía que hará posible el trabajo sobre el pistón, transformándose en movimiento lineal. Este proceso tiene lugar dentro de la cámara de combustión con una duración aproximada de 3 milisegundos (ms).

5.6.1. La Combustión en el motor desde el punto de vista químico

Es la reacción que existe entre el combustible y el oxígeno presente en el aire, para generar calor y producir unos gases resultantes denominados gases de escape. Esta reacción se puede describir en forma sencilla de la siguiente manera (ver figura 5.1):

Combustible + Aire + Energía de Activación = Calor + Gases de Escape

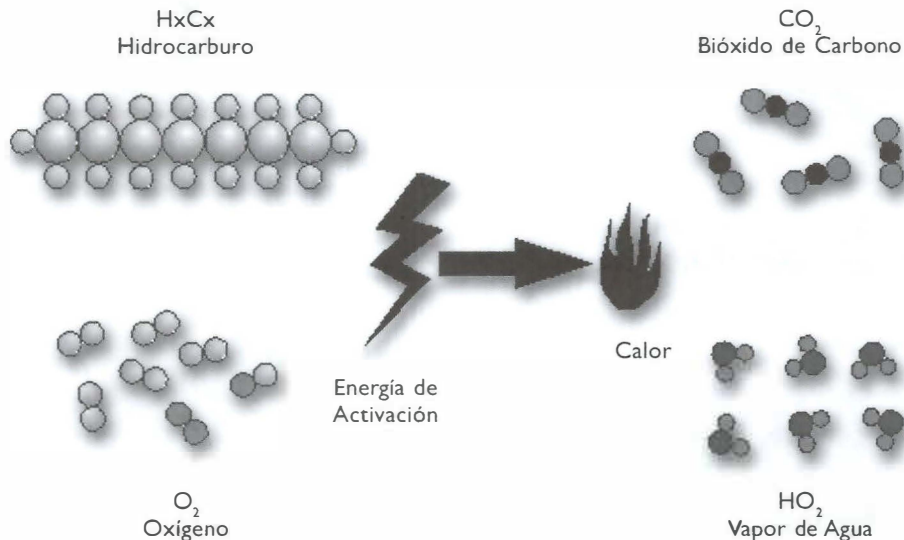


Figura 5.1 La reacción química

5.6.2 El combustible

La gasolina es un líquido derivado del petróleo, constituido por moléculas denominadas hidrocarburos, que están compuestas por átomos de hidrógeno y carbono. Los hidrocarburos pueden tener varias formas y conformaciones, características estas que modifican su comportamiento en el proceso de combustión.

5.6.3 El aire

Es una mezcla gaseosa constituida principalmente por nitrógeno (78%), oxígeno (21%) y otros gases como el hidrógeno, gases nobles y contaminantes. De estos elementos sólo es necesario el oxígeno como componente del proceso de combustión en la generación de calor; sin la existencia del oxígeno no es posible la combustión, ya que, desde el punto de vista químico, la combustión es un proceso de oxidación.

5.6.4. La energía de activación

Al encontrarse la mezcla de gasolina y aire debidamente comprimida, es necesario proporcionar una energía de activación en forma de chispa para iniciar su combustión. La chispa es un arco eléctrico que salta entre los electrodos de la bujía al circular por ella corriente eléctrica de alto voltaje proporcionada por el sistema de encendido.

5.6.5 La combustión desde el punto de vista físico

La combustión no es un proceso instantáneo, sino un proceso gradual y expansivo, lo que significa que comienza en un sector determinado cerca de los electrodos de la bujía y se va extendiendo a las moléculas vecinas en una reacción en cadena, finalizando en la periferia de la cámara de combustión. Desde el punto de vista físico la combustión se encuentra dividida en las siguientes etapas (ver figura 5.2):

5.6.5.1 Mezcla y turbulencia

En esta primera fase las moléculas del hidrocarburo deben estar rodeadas de moléculas de oxígeno. El ideal es una molécula de oxígeno por cada átomo de carbono. La turbulencia es generada por el diseño de la cámara de combustión para un mejor mezclado.

5.6.5.2 Rompimiento

Cuando a la mezcla se le agrega una alta energía de activación al saltar la chispa eléctrica entre los electrodos de la bujía, las moléculas se aceleran, chocan y se rompen, liberando el carbono y el hidrógeno.

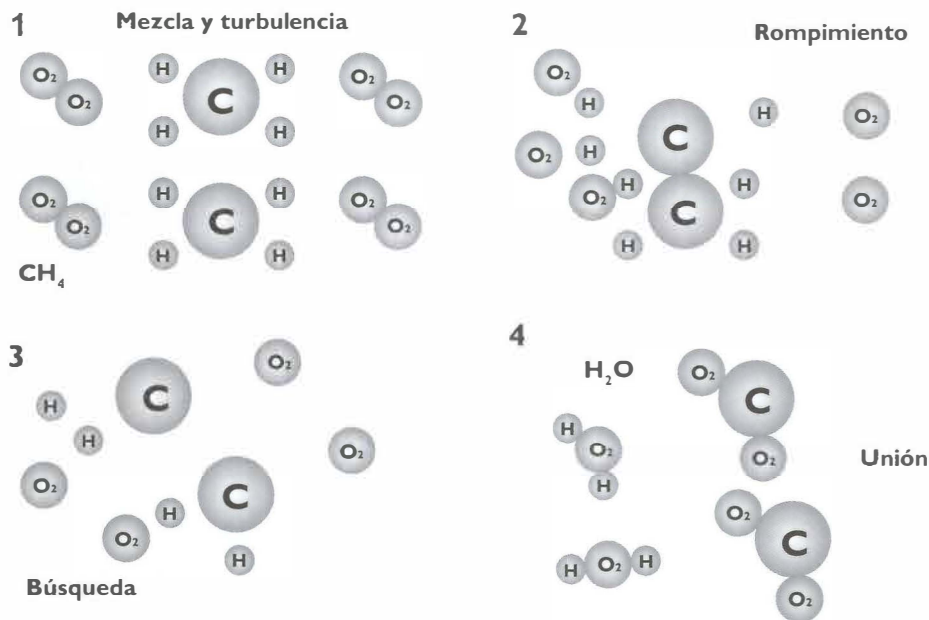


Figura 5.2 Etapas de la combustión

5.6.5.3 Búsqueda

La tercera etapa se denomina búsqueda, puesto que los átomos de carbono e hidrógeno libres, debido a su aceleración buscan el oxígeno. Esta etapa finaliza cuando dichos átomos se encuentran.

5.6.5.4 Unión

Cuando los átomos se encuentran se unen, generando una gran cantidad de calor, principalmente en la formación del CO_2 . Puede decirse que el calor resultante del proceso es el producto de la chispa eléctrica, el rompimiento del hidrocarburo y la formación del CO_2 .

5.7 LOS GASES DE ESCAPE

Son los compuestos gaseosos formados en el proceso de combustión (ver figura 5.3), producto de la unión de los átomos de oxígeno con los átomos que conforman las moléculas de los hidrocarburos.

5.7.1 Bióxido o dióxido de carbono CO_2

Es un gas inerte, que aparentemente no afecta la salud, pero es uno de los principales responsables del efecto invernadero, ya que al no reaccionar con otros compuestos, permanece en la atmósfera y evita que el calor generado en la tierra salga al espacio. Este efecto invernadero es el que ha aumentado la temperatura del planeta en las últimas décadas.

Es el producto principal de la combustión, ya que en su formación se genera la mayor cantidad de calor en el proceso. Su presencia en los gases de escape en el porcentaje adecuado es un índice de una combustión eficiente. Dependiendo de las características del motor, el porcentaje de CO_2 emitido debe estar entre el 12% y el 17% del total de gases que salen por el tubo de escape.

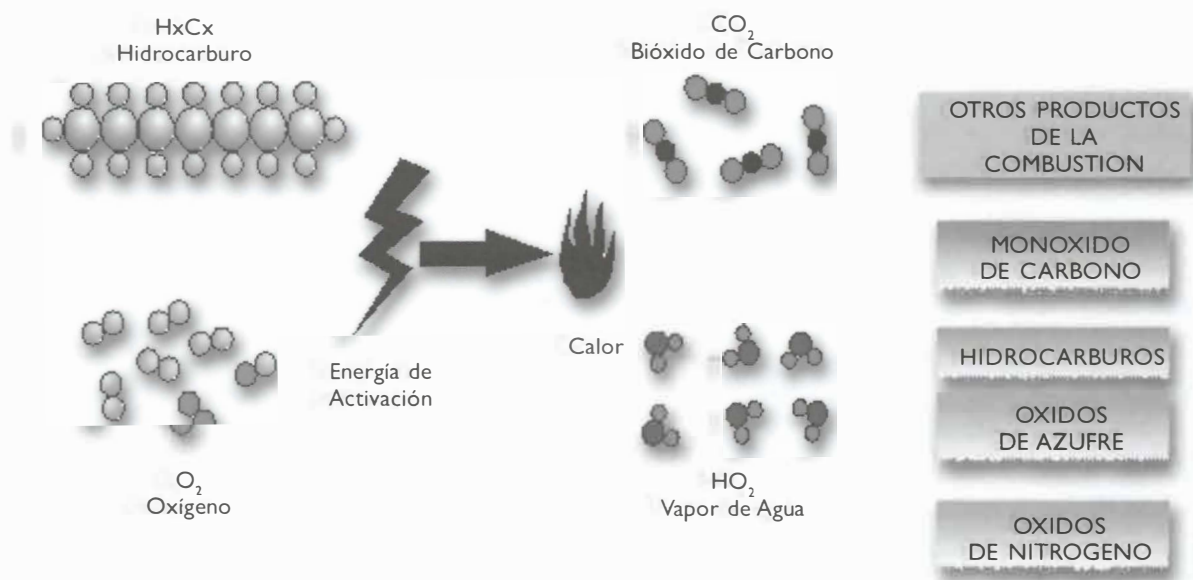


Figura 5.3 Los gases de escape

5.7.2. Vapor de agua H_2O

Resulta de la unión del hidrógeno contenido en las moléculas del hidrocarburo y el oxígeno presente en el aire. El vapor de agua es un gas oxidante y corrosivo que al unirse con los óxidos forma ácidos, los cuales son los principales responsables del daño en los tubos de escape, fuera que contribuyen a la formación de la lluvia ácida en el ambiente.

El vapor de agua es el elemento que se encuentra en mayor cantidad en los gases de escape, entre un 20% y 25%.

5.7.3. Oxígeno O_2

Existe en el aire y es absolutamente necesario para que la combustión se realice en el cilindro. Es medido en porcentaje del volumen y es un buen indicador de la riqueza o pobreza de la mezcla.

5.7.4 Monóxido de carbono CO

Es un gas “invisible”, sin olor, sabor, ni color; es altamente venenoso, ya que se combina con la sangre más fácilmente que el oxígeno y puede producir la muerte. Es producto de un mal proceso de combustión, ya sea por variaciones de la mezcla estequiométrica, fallas mecánicas o combustión incompleta. Es el parámetro principal en el diagnóstico por emisión de gases, y su valor en porcentaje depende del año y modelo del vehículo.

Se ha encontrado que en la formación de CO se pierde un 72% de energía calórica con respecto a la formación de CO_2 , lo que significa que en este gas se pierde eficiencia en el funcionamiento del motor. El CO es medido en porcentaje del volumen y es también considerado como un indicador de la riqueza o pobreza de la mezcla.

En la atmósfera el CO reacciona con el O_3 y lo disminuye, produciendo CO_2 , lo cual afecta la capa de ozono.

5.7.5 Hidrocarburos NO quemados (HC)

Hacen referencia a la gasolina no quemada en el proceso de combustión, y es el segundo parámetro en importancia en el análisis de gases. Su presencia en los gases que salen por el tubo de escape es un indicativo de combustión incompleta, ya sea por fallas mecánicas, eléctricas o mezcla fuera de especificaciones.

Adicionalmente en todos los motores se deja de quemar cierta cantidad de HC, debido a las llamadas zonas de extinción, ya que la temperatura de las paredes es la más baja de toda la cámara. Su presencia en el medio ambiente es causa de asfixia e irritaciones en la piel y los ojos.

5.7.6. Oxidos de nitrógeno (NOx)

- El nitrógeno es un elemento que se encuentra en grandes cantidades en el aire y entra simultáneamente con el oxígeno a la cámara, participando de manera conjunta en la combustión. Su unión con el oxígeno en diferentes proporciones depende de cuán alta está la temperatura. A mayor temperatura mayor será la cantidad de NOx que se formará. Su presencia en atmósferas húmedas, aumenta la formación de los ácidos, contribuyendo al incremento de la lluvia ácida.
- Los NOx son sustancias sumamente nocivas para la salud, ya que en presencia de hidrocarburos no quemados y la luz solar, incrementa la formación de smog y ozono, los cuales afectan las mucosas nasales y el globo ocular, siendo los responsables del incremento de formación de cataratas.
- En cualquier motor se formará NOx, especialmente en cercanías a los electrodos de las bujías, en donde la temperatura es más alta; pero la cantidad se incrementará con el aumento de la relación de compresión, o cuando existan daños en el sistema de refrigeración que eleven la temperatura.
- La presencia en un alto porcentaje de NOx puede ser un indicador de alta temperatura del motor o mal funcionamiento del sistema de recirculación parcial de gases de escape.

5.7.7 Oxidos de azufre (SOx)

- El azufre se encuentra como un elemento extraño e indeseable en la gasolina, generalmente en forma de hidróxido y al igual que con el nitrógeno, cuando la temperatura es suficientemente alta, en la cámara forma óxidos, utilizando el oxígeno necesario para la formación de SO₂, incrementando así la formación de CO.
- El SOx en presencia de atmósferas húmedas forma ácido sulfúrico y además es el principal responsable del daño de los catalizadores, el sensor de oxígeno y el tubo de escape. Un alto contenido de SOx puede significar combustible con alto contenido de azufre o alta temperatura del motor.

6. SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES

En la mayoría de los casos se piensa que las emisiones automotrices sólo provienen de los gases que salen por el tubo de escape, pero estos corresponden solo al 60% de la contaminación emitida por el vehículo, el porcentaje restante corresponde en un 20% a las emisiones evaporativas de los depósitos de gasolina, como el tanque de combustible y la cuba del carburador y en otro 20% a los residuos de la combustión que escapan de la cámara hacia el interior del motor y a los vapores del cárter (ver figura 6.1).

Para obtener niveles de emisiones bajos, es necesario mantener la correcta operación de los sistemas de combustible y encendido; no obstante esto no es suficiente, por lo cual se han diseñado sistemas de control de emisiones a fin de disminuir la carga de polución producida por los vehículos, ya que ésta alcanza aproximadamente el 70% de la contaminación del medio ambiente.

La función primordial de los sistemas de control de emisiones es la de disminuir la salida de los gases contaminantes, en unos porcentajes determinados por leyes expedidas para tal fin en cada país donde inclusive se especifica para cada ciudad.



Figura 6.1 Fuentes de contaminación en un vehículo

6.1. SISTEMA DE VENTILACIÓN POSITIVA DEL CÁRTER PCV

Su función es la de extraer los gases o los vapores del cárter para introducirlos (recircularlos) en la cámara de combustión y así puedan ser quemados. (figura 6.2)

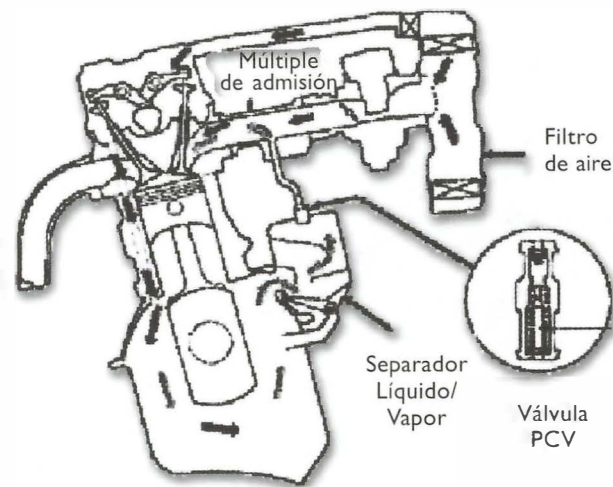


Figura 6.2 Sistema de ventilación positiva del cárter

- En cierto rango de rpm se abre la PCV que esta conectada al múltiple de admisión, creándose un vacío dentro del motor, que permite la entrada de aire fresco al mismo por medio de unos conductos desde el filtro de aire y la salida de los gases nocivos hacia la cámara de combustión pasando por el múltiple de admisión. El flujo de gases depende exclusivamente de la válvula PCV, y la abertura de este depende del vacío creado en el múltiple de admisión.

6.2 SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES EVAPORATIVAS

- Este sistema evita que los vapores generados en los depósitos de combustible salgan a la atmósfera, reteniéndolos o condensándolos en un canister o caja de carbón activado, para que posteriormente sean introducidos a la cámara de combustión y puedan ser utilizados (ver figura 6.3). De esta forma se disminuye emisión de hidrocarburos livianos, causantes de la formación de smog en la atmósfera.

- Este sistema cuenta con una válvula de salida de vapores del tanque, que regula el paso hacia el canister, y una válvula de purga conectada al múltiple de admisión o una electroválvula controlada por el computador en los vehículos con sistemas electrónicos, que permite que por vacío el vapor condensado salga del canister.

6.3 SISTEMA DE RECIRCULACIÓN PARCIAL DE LOS GASES DE ESCAPE (EGR)

- Es uno de los sistemas más complejo e importante; su función primordial es la de disminuir la cantidad de óxidos de nitrógeno que salen de la cámara de combustión, introduciendo una parte de los gases de escape nuevamente al motor, para que el CO_2 absorba el calor y la

temperatura de la cámara disminuya. Se utiliza principalmente en los motores Diesel, donde no es posible la utilización de convertidores catalíticos de tres vías para el control de las emisiones de CO, HC y NOx.

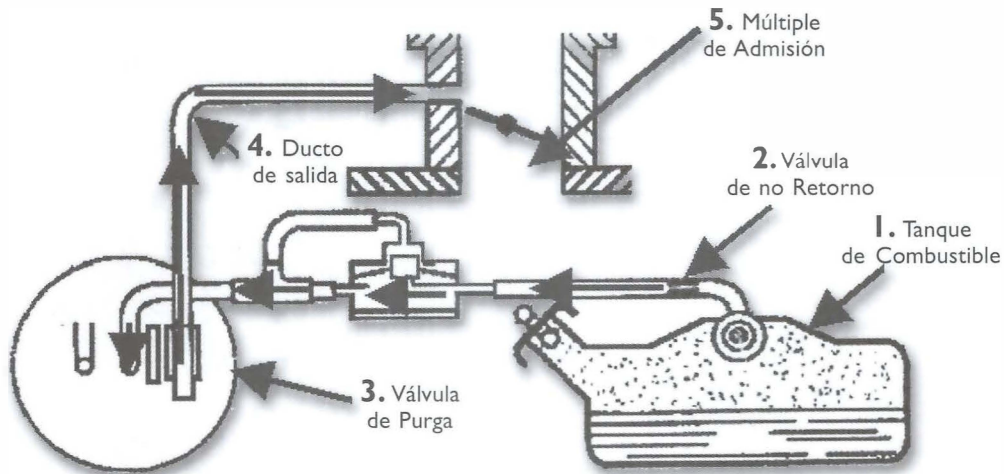


Figura 6.3 Sistema de control de emisiones evaporativas

La EGR (ver figura 6.4), interconecta el múltiple de escape con el de admisión, y su apertura esta controlada por la cantidad de vacío que llega a la cámara superior de ésta, haciendo deflectar un diafragma que abre la válvula en el extremo inferior.

La cantidad de vacío esta regulada por el computador, por medio de uno o un conjunto de solenoides (electroválvulas) y por la señal de un potenciómetro localizado en la parte superior de la EGR, que le informa la posición de esta.

6.4 SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE AL TUBO DE ESCAPE

Este sistema utilizado en los modelos de vehículos de los años 70 y algunos de los 80, inyecta aire al múltiple de escape y al convertidor catalítico, con el fin de controlar la temperatura de ambos dispositivos y de quemar los HC y CO remanentes en los gases de escape. Consta de un compresor (ver figura 6.5), que introduce aire a la tubería del sistema y un conjunto de electroválvulas de vacío controladas por la computadora, que dirigen el aire del compresor hacia el múltiple de escape y el convertidor catalítico.

Cuando el motor está frío, el aire se dirige hacia el múltiple de escape para generar allí la oxidación de los HC y el CO de los gases de escape, generando así una reducción de la contaminación y el calentamiento rápido del tubo de escape, y por ende del sensor de oxígeno y el catalizador.

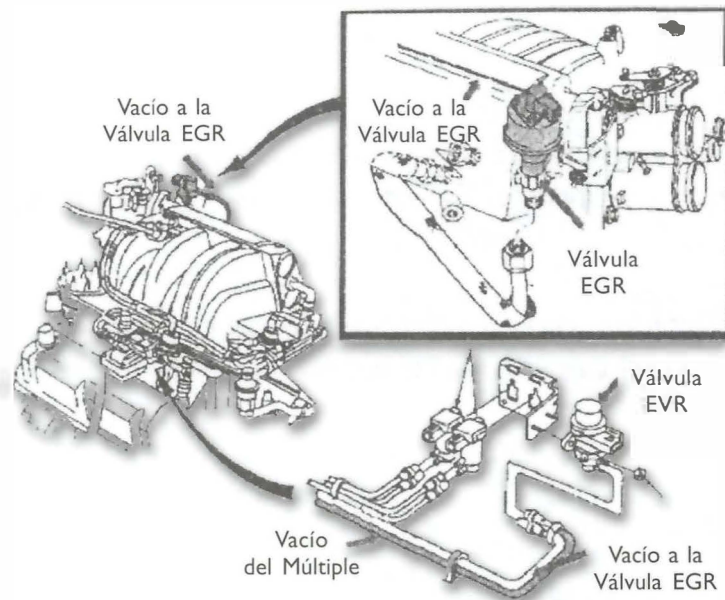


Figura 6.4 Sistema de recirculación de los gases de escape

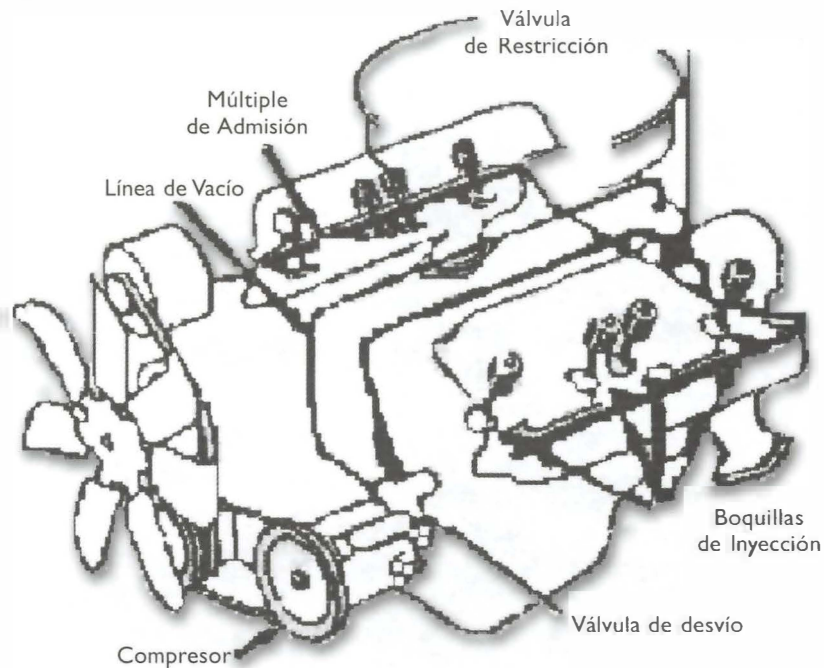


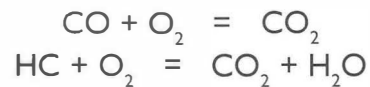
Figura 6.5 Sistema de inyección de aire

Cuando se ha calentado el motor, el aire se dirige hacia el catalizador para evitar su sobrecalentamiento y contribuirle en la reacción química de oxidación que en él se produce.

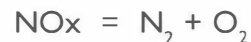
6.5 EL CONVERTIDOR CATALÍTICO

La función del convertidor catalítico es la de evitar la salida de gran porcentaje de gases contaminantes a la atmósfera, generando en su interior una combustión de baja presión y por reacciones químicas de sus componentes. Específicamente evita la salida de más de un 90% de CO, HC y NO_x.

Está compuesto por un monolito cerámico (ver figura 6.6), el cual lleva incrustado materiales catalizantes como el Rodio, el Paladio y el Platino, que permiten realizar dos reacciones de oxidación:



y una de reducción



De esta forma, un vehículo puede estar equipado con un catalizador de oxidación o con dos catalizadores, uno de reducción seguido de uno de oxidación, o con un catalizador de tres vías que hace las tres reacciones pero en una sola unidad.

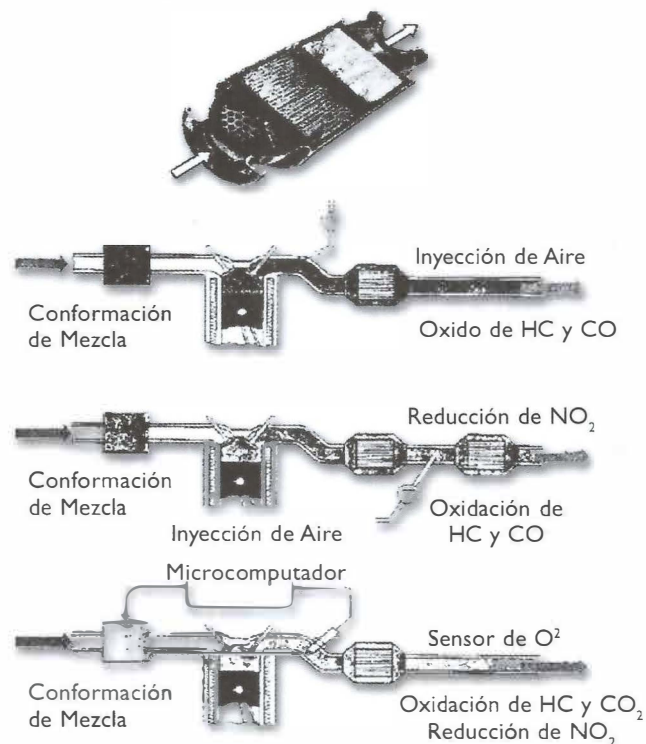


Figura 6.6 El convertidor catalítico

7.1 HERRAMIENTAS DE USO GENERAL

Las herramientas comunes para el uso y funcionamiento general del taller (ver figura 7.1), son:

- Juegos de copas (dados), cuadrante de $\frac{1}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ ", $\frac{1}{2}$ " con sus respectivos accesorios.
- Llaves de estrella (poligonales) y de boca (fijas).
- Juegos de destornilladores de puntaplana, de estrella y punta TORX
- Juego de copas (dados) con punta TORX
- Juego de pinzas y alicates de uso general
- Pinzas o alicates de uso eléctrico
- Llaves Allen o Bristol
- Martillos de bola y plásticos
- Pinzas para aro de retención, externos e internos
- Extractores de tipo universal, diversos tamaños con adaptadores
- Juego de botadores, punzones y cinceles
- Limas básicas (redonda, plana, triangular, cuchilla)
- Equipo de protección como guantes (manos), gafas (ojos), aislador de ruido (oído) y máscara para vapores (pulmones).
- Estas herramientas enmarcan el grado de productividad del trabajo normal en el taller; mediante su uso adecuado, su conservación y la aplicación de normas de manejo correcto.

NOTA: Las llaves /copas deben ser milimétricas y en pulgadas, para poder atender toda la gama de vehículos según la procedencia.

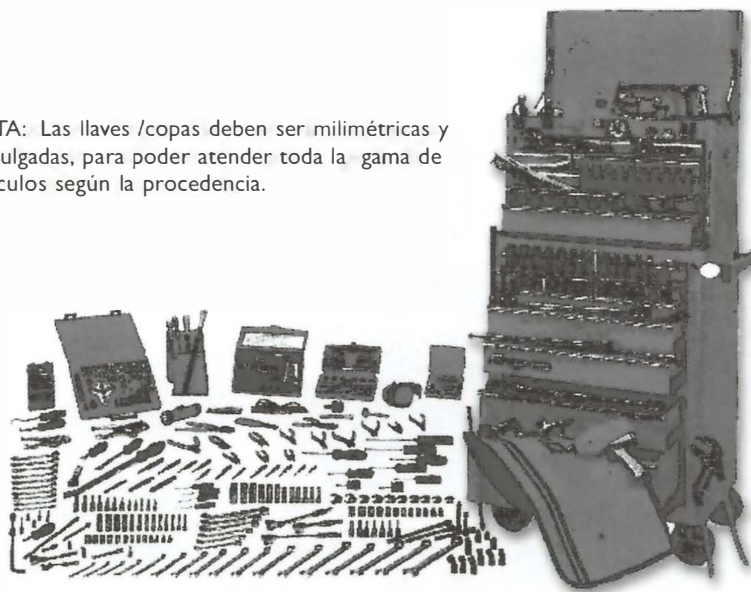


Figura 7.1 Herramientas de uso general

7.2 HERRAMIENTAS DE USO ESPECIALIZADO

Son todas aquellas cuya aplicación se hace con un fin predeterminado, y pueden ser:

7.2.1 Herramientas eléctricas de comprobación (Tester)

7.2.1.1 Multímetro digital auto-rango (uso automotriz)

De 4 ½ dígitos de display, apagado automático y selector de (ver figura 7.2):

Voltios A.C.

Voltios D.C. y pulsos

Milivoltímetro A.C

Milivoltímetro D.C. y pulsos

Ohmímetro/continuidad

Capacitancia

Prueba de diodos

Amperímetro (0 - 20 A)

Miliamperios/microamperios

Frecuencímetro y/o milisegundos (tiempo)

Opción 1: El amperímetro puede ser preferencialmente del tipo: Pinza- amperimétrica



Figura 7.2 Multímetro

Opción 2: Si se obtiene con adaptador para medición de temperatura (°C y °F).

Para la conservación y protección de este aparato, recordamos su utilización, así:

Voltios: En PARALELO con el circuito (ver figura 7.3).

Amperios: En SERIE con el circuito (ver figura 7.4).

NOTA: Si es de tipo pinza - amperimétrica, solo hay que tener en cuenta su sentido de medición (polaridad) para intercalarlo.

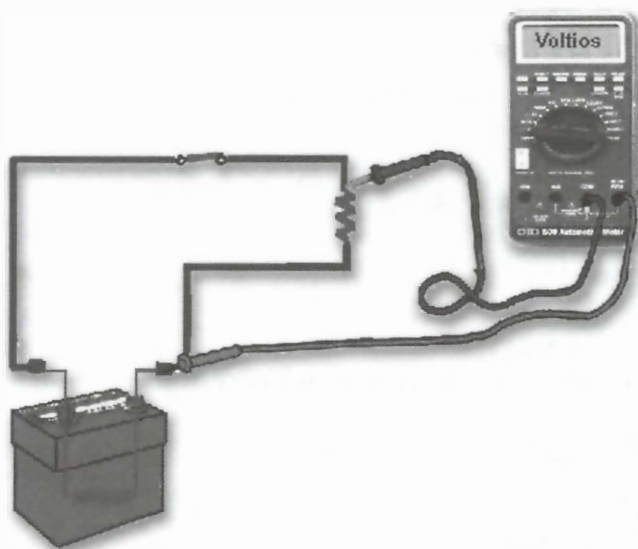


Figura 7.3 Voltímetro conectado en paralelo.

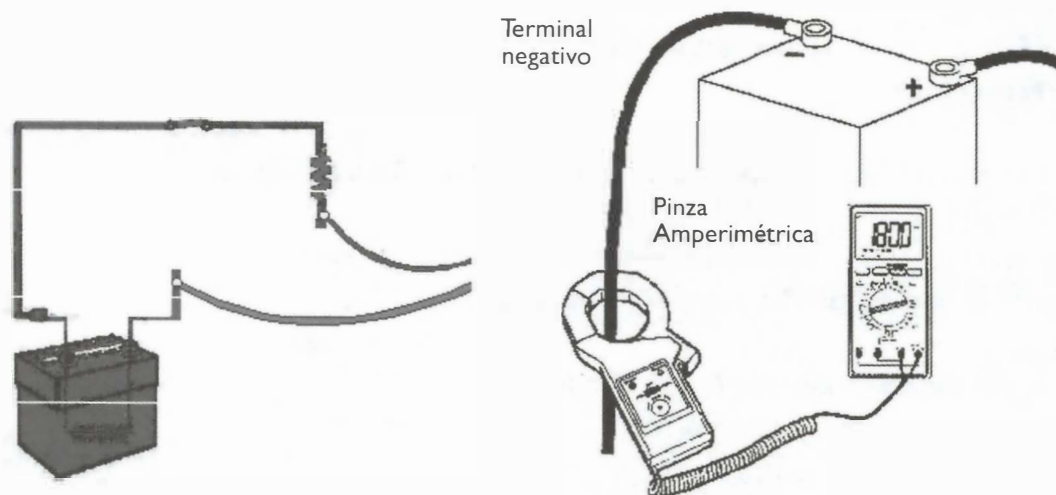


Figura 7.4 Amperímetros

Ohmios: SIN CORRIENTE en el circuito (se utiliza la batería del tester).
 Otras funciones: Utilización independiente (ver figura 7.5).

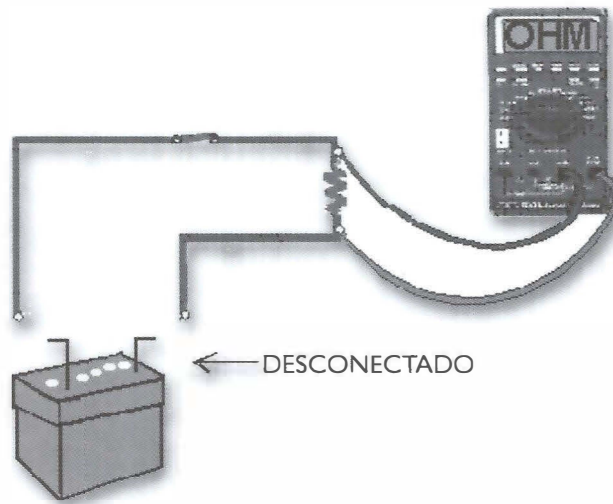


Figura 7.5 Ohmiómetro

7.2.1.2 Comprobador de baterías/consumo del arranque

Es un volti-amperímetro que permite (ver figura 7.6):

- Una descarga controlada de batería con una resistencia de carbón variable 0-600/750 amperios.
- Medir voltajes 0-12V; 0-24V con 1/10V de aproximación.
- Medir con la pinza amperimétrica consumos del motor de arranque (0 - 600/750 amp) con 5 amperios de aproximación y la carga del alternador (0 - 120 amp) con un amperio de aproximación.

7.2.1.3 Lámpara de tiempo estroboscópica (ver figura 7.7):

Dotada con tacómetro 30 a 9999 rpm +/- 2% digital

Avance de chispa digital 0° a 180° (precisión +/-1%)

Alimentación de 10 a 16 VCC

Selector de cilindros múltiple (1 a 8 cilindros)

Captador de señal tipo magnético sobre cable de alta (bujía)

Opción 1: Medición del ángulo de leva (dwell)

Opción 2: Adaptador para sistemas DIS (sin distribuidor)



Figura 7.6 Comprobador de baterías / consumo del arranque.

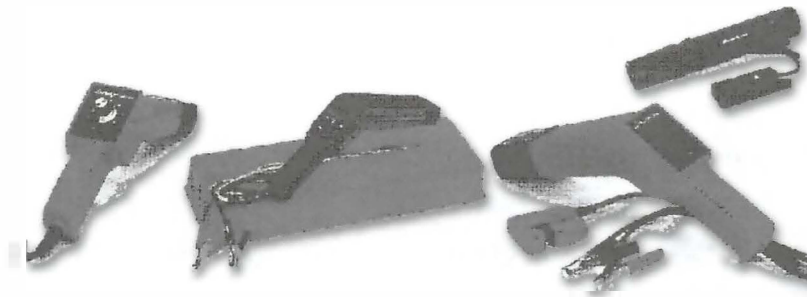


Figura 7.7 Lámparas de tiempo

7.2.1.4 Probador de inyector de combustible

Permite comprobar el funcionamiento de un inyector (individual) para su verificación de apertura y/o pulverización sobre banco de trabajo (ver figura 7.8), utilizable en los sistemas multipunto, mediante adaptadores. Gama de tiempo graduable en milisegundos (mseg).



Figura 7.8 Probador de inyector de combustible

7.2.2 Instrumentos y herramientas mecánicas de medición de variables

7.2.2.1 Calibradores de espesores (láminas)

7.2.2.2 Calibradores de roscas para tornillería y tubería (mm, pulgadas y NPT).

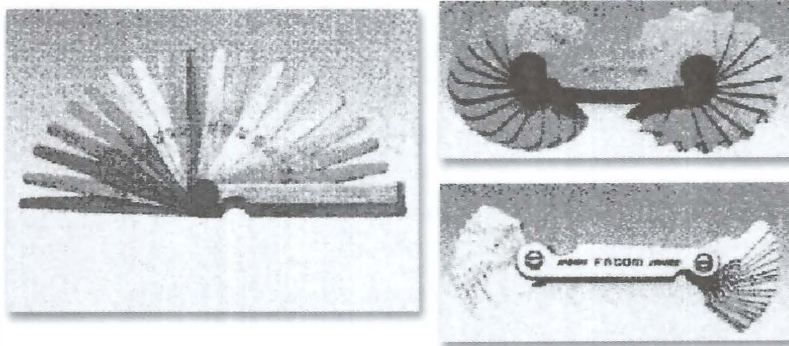


Figura 7.9 Calibradores de espesores y roscas

7.2.2.3 Calibrador Pie de Rey

Como nuestros talleres prestan servicios de control y mantenimiento a vehículos de diferente procedencia (países), se debe disponer del calibrador Pie de Rey (ver figura 7.10 y 7.11) en sistema métrico y sistema inglés (pulgadas).

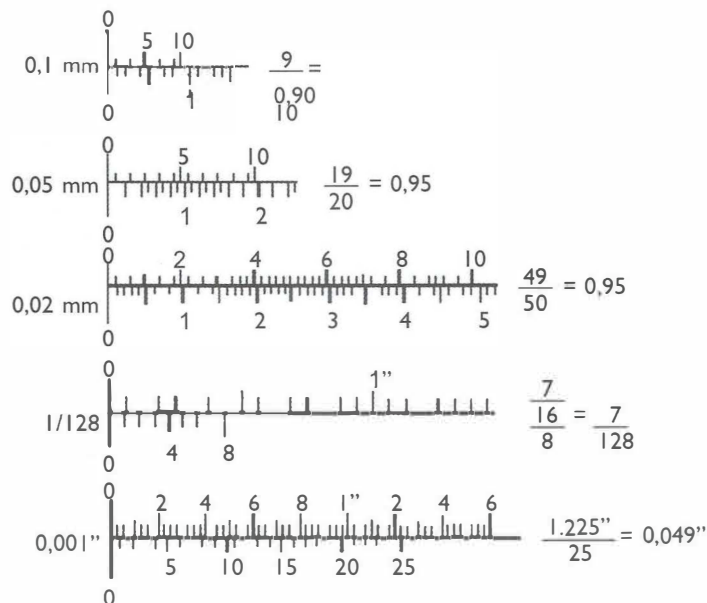


Figura 7.10 Escalas del calibrador pie de rey (nonio y reglilla)

Milimétrico aproximaciones de: 0,1 (1/10) mm; 0,05 (1/20) mm y 0,02 (1/50) mm.

Pulgadas las aproximaciones pueden estar en fracciones o decimales.

Fraccionario: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ en la reglilla.

$\frac{1}{32}$, $\frac{1}{64}$, $\frac{1}{128}$, en el nonio.

Decimal: 0,001" (milésimas de pulgada)

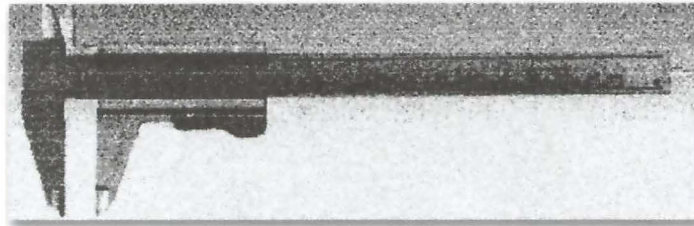


Figura 7.11 Calibrador pie de rey

7.2.2.4 Micrómetros

Igual que en el caso del calibrador Pie de Rey, si es posible (por costos), se debe disponer de la opción de micrómetros en milímetros y pulgadas (ver figura 7.12), con aproximación de 0,01 mm y 0,001 pulgadas. Los micrómetros se encuentran para medición de longitudes: externas (muñones, ejes, etc.); internas (orificios de cilindros); y para profundidades.



Figura 7.12 Micrómetros

7.2.2.5 Comparador de carátula

Algunas comprobaciones requieren adicionalmente el uso del comprobador de carátula (medición de recorridos, alzadas de leva, etc.). En 0.01mm y 0.001pulg. con base magnética ó tipo prensa (ver figura 7.13).

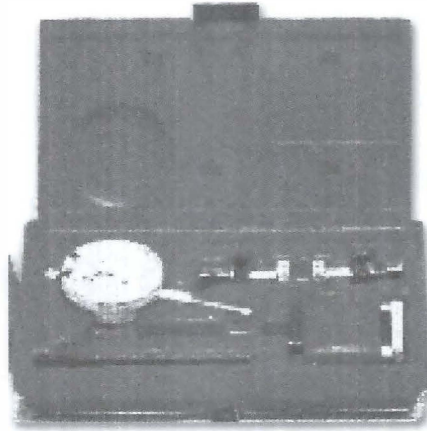
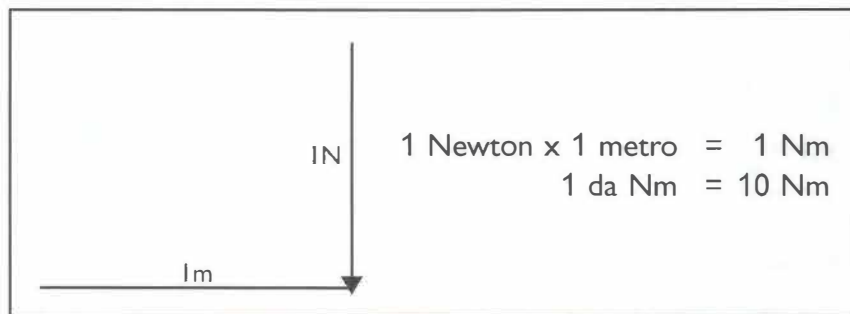


Figura 7.13 Comparador de carátula

7.2.2.6 Medidor del momento de torsión o torque (par)

Comúnmente llamado torquímetro o torcómetro (ver figura 7.14), permite hacer medición del par o torque de una fuerza o momento de torsión ($T = \text{distancia} \times \text{fuerza}$), produciendo un giro.



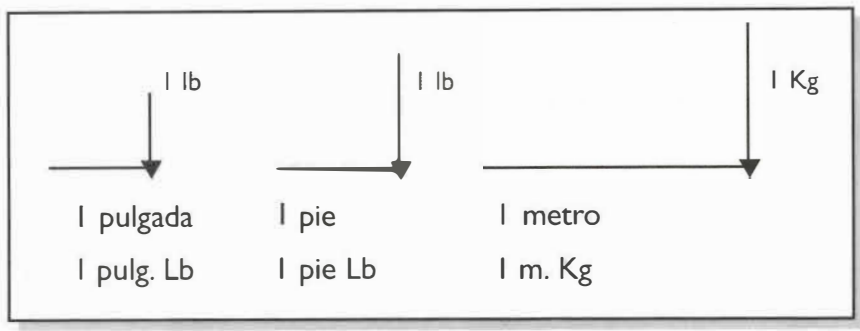
Equivalentes en otras medidas:

$$1 \text{ N.m} = 0.102 \text{ m. Kg}$$

$$1 \text{ N.m} = 0.738 \text{ pie. Lb}$$

$$1 \text{ N.m} = 8.851 \text{ pulg. Lb}$$

Otras medidas utilizadas son:



Equivalentes:

1 pie. Lb = 12 pulg. Lb

1 m Kg = 3.28 pies X 2.2 lb = 7.21 pie. Lb

1 da N.m = 10 Nm = 1.02 m Kg



Figura 7.14 Llaves de torque o torcómetro

7.2.3. Herramientas neumáticas

Las podemos clasificar en dos tipos:

- ✓ Herramientas neumáticas de medición (comúnmente llamadas manómetros)
- ✓ Herramientas neumáticas de trabajo

7.2.3.1 Manómetro para compresión

Debe tener adaptadores para roscas de bujía de 14mm, recta y cónica; 18mm cónica y recta ó en su defecto adaptadores cónicos de caucho sintético (ver figura 7.15).

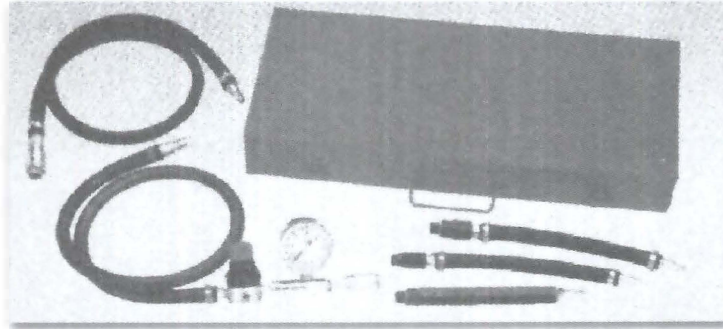


Figura 7.15 Manómetro para compresión

Capacidad: 0 a 250 PSI; 0 a 18 Kg/cm²; 0 a 20 bar, aproximación 1%

Opcional: - Mando a distancia motor arranque
- Registro cuadro comparativo de cilindros

7.2.3.2 Comprobador de estanqueidad de cilindros del motor (ver figura 7.16)

- ✓ Permite comprobar la estanqueidad del cilindro
- ✓ Medir la fuga en porcentaje (%)
- ✓ Alimentación normal de 6 a 15 bares (80 - 200 PSI) con regulador de presión incorporado.

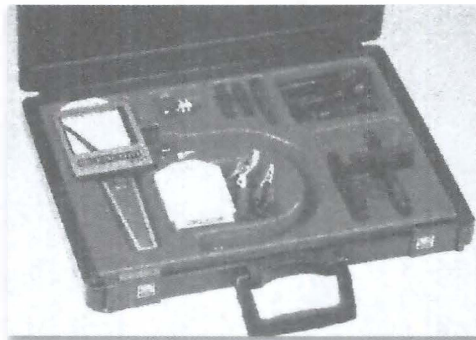


Figura 7.16 Comprobador de estanqueidad

7.2.3.3 Vacuómetros (ver figura 7.17)

Estas herramientas permiten:

- ✓ Medir vacío
- ✓ Crear un vacío

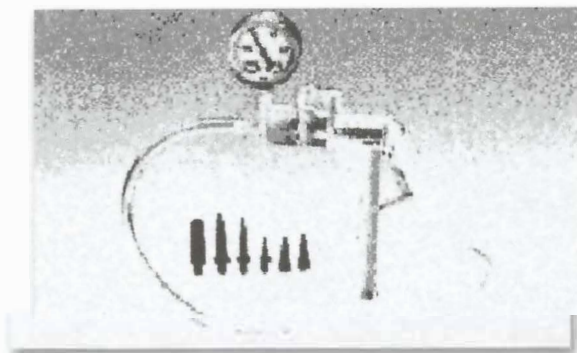


Figura 7.17 Vacuómetro o bomba de vacío

7.2.3.4 Bomba manual de presión y de depresión (vacío)

Dependiendo de la manera como se realice la conexión, esta bomba permite crear un vacío ó una presión, medir un vacío ó una presión (ver figura 7.17).

Rango de medidas:

- 0 a 1000 mbar (0 a 29 pulg. de Hg) vacío
- 0 a 1500 mbar (0 a 20 PSI) presión
- Con adaptadores tipo punta ó ventosa.

7.2.3.5 Herramientas neumáticas de trabajo rápido

Su construcción es muy similar, aunque puede variar en su aplicación (ver figura 7.18):

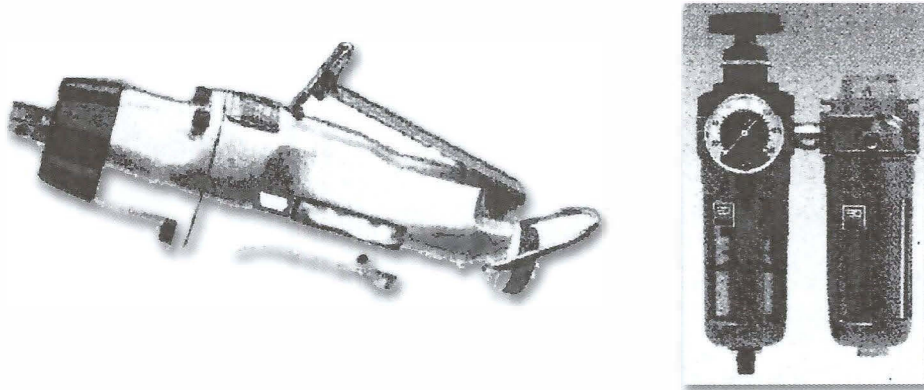


Figura 7.18 Llave de impacto y lubricador

Llave de impacto

Debe ser de tipo graduable 10 a 75 N.m (8 a 55 pie.lb), para dar velocidad a montajes repetitivos. Inversor para soltar y apretar.

Esmeriladora - Pulidora

Adaptable a trabajo en seco y/o húmedo (agua)

Nota: Recordemos que para su protección se necesita de filtrador y lubricador, igualmente de un regulador de presión para su control y correcto funcionamiento.

7.2.4 Herramientas hidráulicas

Son aquellas que permiten medir el sistema hidráulico del motor ó sistemas del motor.

7.2.4.1 Manómetros de presión hidráulica

Similares a los de presión neumática, pero se diferencian en el tipo de racores y mangueras de acople (ver figura 7.19). Puede medir:

- ✓ Presión de aceite del motor
- ✓ Presión del combustible (gasolina)

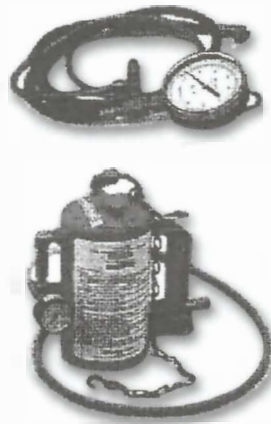


Figura 7.19 Manómetro de presión hidráulica (aceite / combustible)

7.2.4.2 Caudalímetro

Permite medir la cantidad de combustible entregado por la bomba de gasolina, o por los inyectores de combustible en:

- ✓ Un tiempo determinado
- ✓ Un determinado número de veces de trabajo
- ✓ Un tiempo de trabajo determinado (seg) con un tiempo de apertura establecido (ms)

Su presentación más normal es la de una probeta (ver figura 7.20) con volúmenes graduados



Figura 7.20 Probeta graduada

7.3 EQUIPOS DE ANÁLISIS - DIAGNÓSTICO

Los equipos de diagnóstico igual que los sistemas eléctricos y electrónicos han ido cambiando rápidamente; pero se pueden mencionar:

- ✓ Equipos anteriores a 1993
- ✓ Equipos de 1993 a 1996 (OBD I)
- ✓ Equipos posteriores a 1996 (OBD II)

7.3.1 Osciloscopio tipo automotriz

Alimentación 12 - 24 V D. C y/o 110 / 220 V A. C. 60 Hz, tipo portátil, pantalla de alta resolución (ver figura 7.21) con el fin de lograr nitidez en las lecturas, en lo posible entrada de dos canales, capacidad de análisis de motores de 1 a 12 cilindros.

Lectura onda primaria

- ✎ Onda de Voltaje
- ✎ Onda de ciclo de reposo / ciclo de trabajo
- ✎ Onda de ciclo de trabajo tensión / ciclo de trabajo
- ✎ Onda de tensión-alternador

Lectura onda secundaria

- ✎ Graficar alta tensión KV.
- ✎ Graficar tiempo de inflamación
- ✎ Graficar tensión de cebado
- ✎ Graficar comparación de cilindros

Prueba de cilindros

- ✎ Sacar forma comparativa, tensión cilindros
- ✎ Cortar cilindro a cilindro para rendimiento

7.3.2 Escáner/diagnosticador para sistemas computarizados

Alimentación 12 / 24V - DC y/o 110 / 220 V - AC. Tipo portátil (ver figura 7.22), con auto-diagnóstico, Kit ampliado de operación y diagnóstico, multifuncional, tarjeta de programa, cartucho de operación que permita:

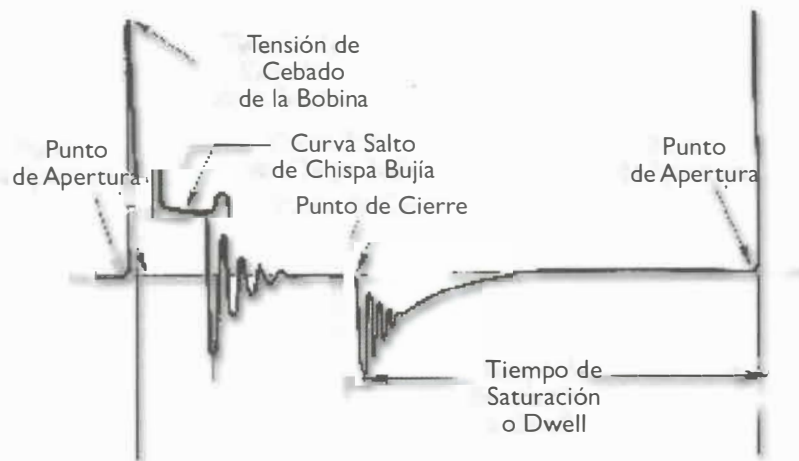


Figura 7.21 Onda del osciloscopio

- ✓ Software - americanos (G. M., FORD, CHRYSLER)
- ✓ Software para europeos
- ✓ Software para Asiáticos
- ✓ Manuales de datos
- ✓ Manuales de Operación
- ✓ Puerto para impresora

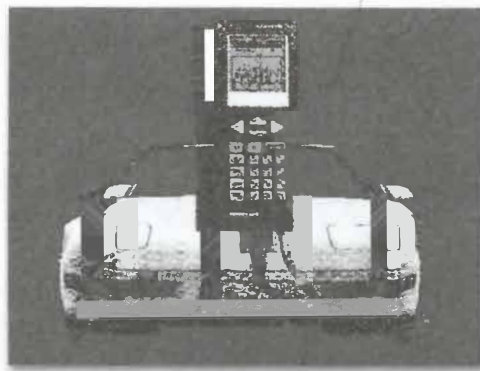


Figura 7.22 Escaner

Funciones:

- ✓ Capacidad de lectura de datos/memoria de funcionamiento
- ✓ Comandos bi-direccionales de operación

Multímetro

- ✓ voltaje digital 0-24V
- ✓ Contador de frecuencia 0 a 10 kHz
- ✓ Corriente (amperios) 0 a +/- 30°
- ✓ Medición ciclo trabajo en tiempo y porcentaje (2-200 ms y/o 0-100%)

Osciloscopio, 1 ó 2 canales; 0.2 ms a 25 por división; 0.1 a 5 V por división.

Operación como centro de diagnóstico-automotriz.

Capacidad de ampliación y/o actualización.

7.3.3 Analizador de gases de escape

- ✓ Tipo portátil (ver figura 7.23)
- ✓ Operación con 110V / 220V AC y/o 12V / 24V DC
- ✓ Detección de gases por rayo infrarrojo no dispersivo
- ✓ Capacidad 4 gases: HC, CO, CO₂ y O₂ (opcional quinto gas)
- ✗ Rango de medida (precisión):
- ✗ HC de 0 a 10.000 ppm
- ✗ CO de 0 a 10%
- ✗ CO₂ de 0 a 20%
- ✗ O₂ de 0 a 25%
- ✓ Compatible con impresora, con el fin de ofrecer certificación (cumplimiento normas DAMA)

Opcional:

Calcular lambda y/o relación de aire-combustible. NOx análisis como quinto gas.



Figura 7.23 Analizador de gases de escape

8. DIAGNOSTICO DEL VEHICULO PARA SU CONVERSIÓN DE GASOLINA A GNCV

Este procedimiento de diagnóstico permite dar la evaluación de que el vehículo (motor y sistemas componentes) está en óptimas condiciones para operar con GNCV, sin perder la posibilidad de continuar haciéndolo normalmente con gasolina, por lo cual lo llamaremos **PRECONVERSION**.

8.1 OBJETIVO

La preconversión permite establecer la evaluación y la viabilidad del paso de gasolina a GNCV, así:

- Conocer que los espacios y estructura del vehículo, permiten la adaptación del kit de conversión.
- Determinar si el motor está en buenas condiciones de trabajo para el cambio de combustible.
- Verificar si cumple las exigencias del GNCV con respecto al sistema de enfriamiento.
- Comprobar que los sistemas eléctricos del vehículo y los del motor (encendido-carga-inyección) funcionan correctamente.

8.2 INTRODUCCIÓN

Cuando se quieren obtener los mejores resultados del proceso de pasar un vehículo con motor a gasolina a motor dual (GNCV y gasolina), el paso más importante es el procedimiento /diagnóstico de la PRECONVERSIÓN; este define si es apto el vehículo/motor para trabajar con GNCV.

Para ofrecer una respuesta adecuada al funcionamiento con un combustible de características un poco diferentes para el cual fue diseñado el motor del vehículo, indicamos algunas diferencias:

- Una temperatura de ignición más alta, por lo tanto presenta una exigencia más severa al sistema de encendido.
- El avance de llama, la rapidez de combustión es menor, necesiándose un avance de chispa adicional.

- ❖ La naturaleza del gas como refrigerante es menor que la gasolina, con lo cual afecta la temperatura de las válvulas. Esto mismo hace que la temperatura en la cámara de combustión suba, por lo que el sistema de refrigeración debe tener mayor capacidad de absorción del calor para su disipación.
- ❖ El montaje de los tanques del GNCV hace necesario que se revise parte de la suspensión (peso) y se utilice un espacio que deben ocupar y ser protegido de cualquier eventualidad.
- ❖ Como positivo debemos tomar el hecho de utilizar un combustible alternativo, del cual hoy sabemos que existen grandes reservas a nivel nacional.
- ❖ El gas tiene un octanaje más alto 125 a 130.
- ❖ Ecológicamente el GNCV en su combustión nos da un índice muy favorable, pues tiene uno de los de menor contaminación.
- ❖ Económicamente hay una diferencia a favor del GNCV que favorece el cambio. Otro punto de vista es que normalmente sobre la gasolina recaen una serie de impuestos, que no aplican al GNCV.

Como la PRECONVERSIÓN es un proceso/diagnóstico, a continuación se describirán las verificaciones que se deben realizar.

8.3 ESTADO ESTRUCTURAL DEL VEHICULO (CARROCERIA-CHASIS)

La conversión del vehículo a GNCV hace que se deba utilizar un kit acorde con marca, tipo de motor, modelo y tipo de servicio; por lo tanto una de las principales partes es la que tiene que ver con la ubicación y el anclaje de los cilindros de almacenamiento.

El peso de los tanques de almacenamiento, según el kit, puede ir de 40 Kg hasta 130 Kg. Por lo tanto se hace necesario, revisar componentes de suspensión y láminas portantes de carrocería (chasis) de acuerdo a la posibilidad de ubicación-montaje de cilindros (ver figura 8.1).

La ubicación del cilindro en el espacio del baúl, le da seguridad al montaje, aun cuando reduce el volumen de la capacidad de carga (Ver figura 8.2).

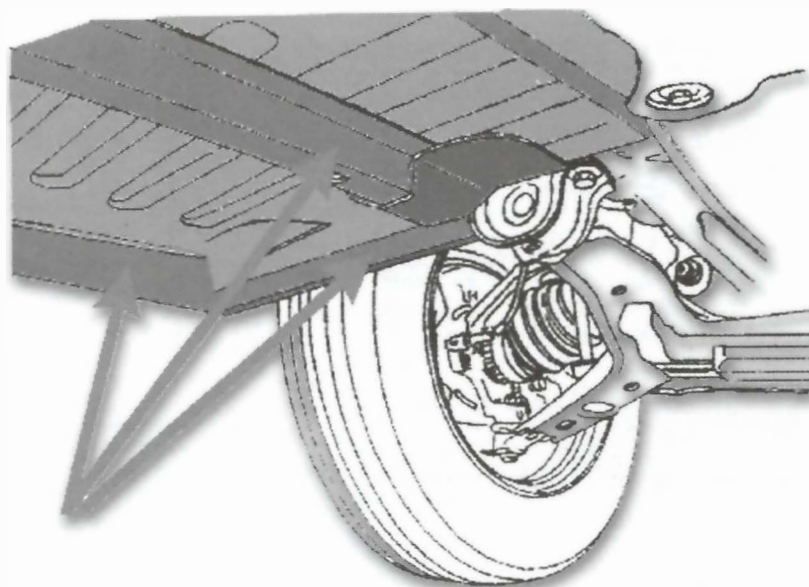


Figura 8.1 Chequeo de la estructura chasis – suspensión.

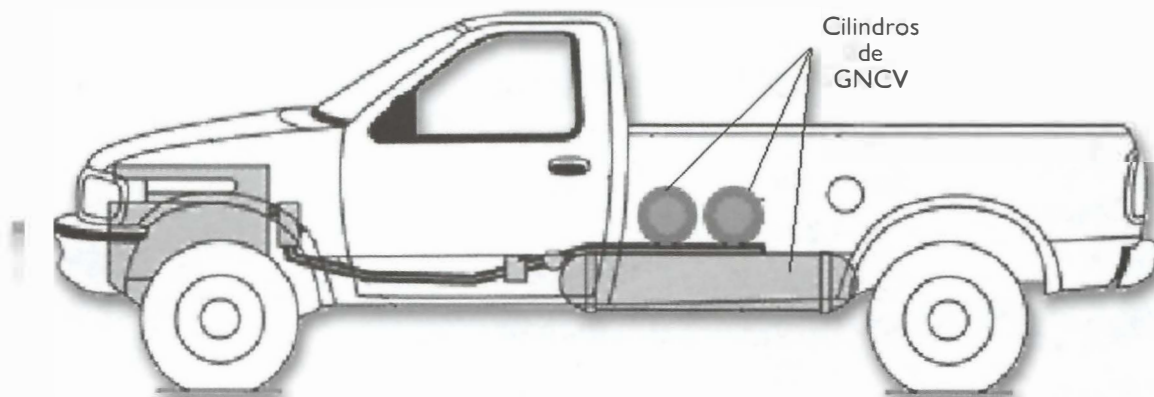


Figura 8.2 Ubicación de los cilindros en el vehículo

8.4 ESTADO DE CARGA DE LA BATERIA Y MASAS DEL VEHICULO

8.4.1 Capacidad de la batería

- La batería debe tener una capacidad de carga superior al consumo normal del vehículo, con el fin de no trabajar a déficit, ejemplo:

Farolas delanteras	20	A
Encendido	5	A
Tablero de Instrumentos	1.2	A
Luces traseras	2	A
Calefacción/ventilación	8	A
Radio	7	A
Consumos intermitentes	9	A
TOTAL:	52.2	A

Sería necesario una batería de 12 V/55 A/h

8.4.2 Estado de carga

La batería anterior, aunque puede haber trabajado en condiciones de carga insuficiente (por ejemplo, uso de luces en marcha mínima), el estado de carga se puede comprobar mediante la toma de la densidad del electrolito (ver figura 8.3).

DENSIDAD	CARGA
1,280 - 1,300	100%
1,250 - 1,260	75%
1,220 - 1,230	50%
1,190 - 1,200	25%
1,160 - 1,170	Muy poca
1,120 - 1,130	Descargada

La densidad del electrolito debe ser corregida por temperatura. Temperatura normal 27 °C (80° F). Hay que añadir por alta temperatura o disminuir por baja temperatura, así: (+/-) 0,004 puntos por cada 5.5 °C (10° F) de temperatura, superior o inferior a 27° C (80° F).

8.4.3 Prueba de capacidad de descarga (normal)

Con un voltiamperímetro y reóstato de carga se puede hacer la prueba de descarga normal para saber si la batería tiene la capacidad real de respuesta a las exigencias del vehículo.

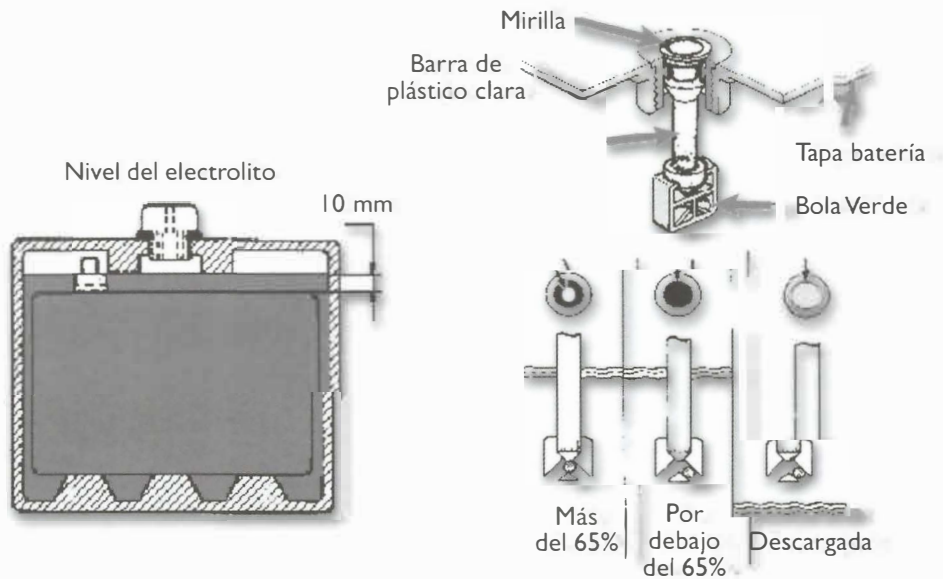


Figura 8.3 Control de nivel e indicador estado de carga

- Capacidad normal de descarga = 3 veces su capacidad nominal
- Ejemplo: en el ítem 8.4.1 se determinó que la capacidad de la batería es de 12 V/55 A/h, entonces, $55 \text{ A} \times 3 = 165 \text{ A}$
- Debemos someter a descarga de 165 A controlados por el reóstato de carga y leídos en el amperímetro por un tiempo de 15 segundos, y observar que la caída de voltaje mínima es de 9.6 V (para la batería de 12 V y 55 A del ejemplo), (ver figura 8.4).

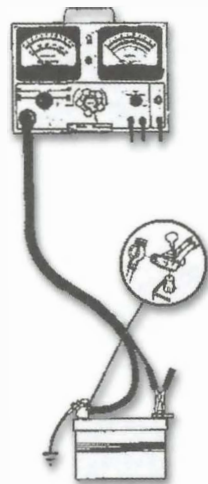


Figura 8.4 Prueba de la capacidad de descarga (normal) su capacidad nominal

8.4.4 Prueba de recuperación de la batería

- * Tomar voltaje normal de la batería (referencia)
- * Conectar todos los accesorios posibles y mantenerlos en uso por 3 minutos
- * Tomar caída del voltaje al término de ese tiempo
- * Apagar todos los accesorios utilizados
- * La batería debe reaccionar en un tiempo máximo de 1 minuto, debe retornar al voltaje normal de referencia.

8.4.5 Verificación de las masas (tierra) en el vehículo

- * Tomar lectura del voltaje directamente de los bornes de la batería, y tenerlo como referencia.
- * Desde el borne positivo de la batería, como punto de referencia, medir la caída de tensión (voltaje) con las siguientes masas (ver figura 8.5):
- * Carrocería o chasis (caída de tensión cable o masa)
- * Puente-masa de chasis a motor (caída de tensión a motor)
- * Masa del alternador, masa del arranque (chequeo anclajes)
- * Masa del distribuidor o módulo de encendido (caída de la alimentación)
- * Masa del grupo moto-ventilador (disminución de eficiencia)

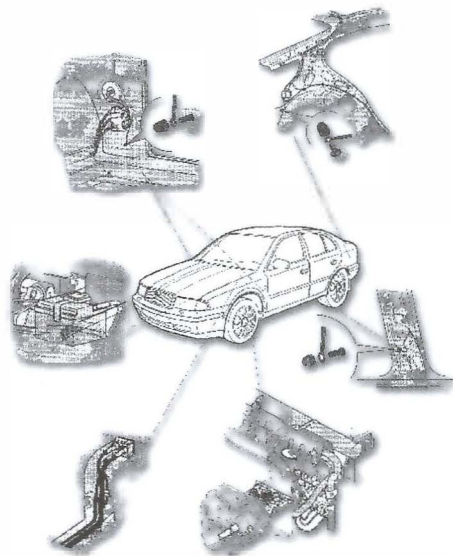


Figura 8.5 Verificación de las conexiones a masa

En estas mediciones, NO debe haber una caída de voltaje superior a 1 voltio, si es mayor verificar sulfatación, malos contactos o cables resistivos y proceder a su corrección

8.5 ESTADO DEL SISTEMA DE ARRANQUE Y CARGA

8.5.1 Estado del arranque

- Para esta prueba se debe evitar que el motor prenda (aplicar lo más sencillo, conectar el cable de alta de la bobina de encendido a masa-motor) y de esta forma se obtiene un mayor esfuerzo de arranque.
- Conectar voltiamperímetro que permita la lectura simultánea (V y A) ó las dos unidades independientemente.
- Dar arranque por 15 segundos continuos y observar (ver figura 8.6):
- ⇒ Amperaje del arranque: este valor debe estar acorde con: cuyo valor debe estar acorde con el tamaño motor (cilindrada) y con índice de compresión motor.

MOTOR	1.000 a 2.000	cc	CONSUMO	90 a 120 A
A	2. 200 a 3.600	cc	DEL	150 a 180 A
GASOLINA	3.600 a 4.500	cc	ARRANQUE	180 a 250 A

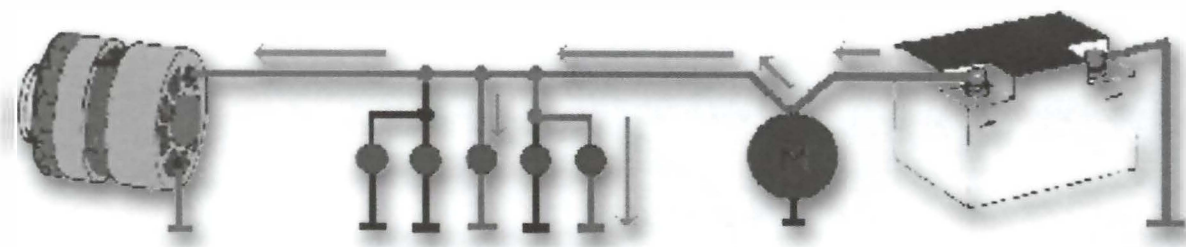


Figura 8.6 Flujo de la corriente

- Caída del voltaje de la batería, debe ser 9.6 V ó mayor, que es el voltaje mínimo necesario para hacer funcionar el sistema de encendido y/o el sistema computarizado de inyección.

8.5.2 Estado del sistema de carga

Se debe empezar midiendo la descarga/consumo con todos los accesorios apagados, incluido el interruptor de encendido (ver figura 8.7).

Debe ser cero (0), salvo posibles consumos de:

- ☞ Reloj
- ☞ Alimentación directa de memorias de computadores
- ☞ Alarmas permanentes, que bien medidos serán de 300 miliamperios aproximadamente.

Un mayor valor indicará consumos permanentes por malos contactos, malas masas, cables resistivos y fallas en aislamientos.

- ❖ Consumo total del vehículo con motor apagado, encendido ON, de todos los accesorios posibles; debe indicar un menor valor a la capacidad de la batería (A/h).
- ❖ Prender motor, **marcha mínima**.
- ❖ **Verificar tensión del alternador**; debe ser de: mínimo 13,3 a 13,7 V; máximo 14,2 a 14,7.
- ❖ **Verificar amperaje del alternador**; debe ser de: mínimo 2 a 4.5 A; máximo 12 a 15 A.
- ❖ **Marcha alta** (aproximadamente 2400/2600rpm)
- ❖ **Verificar tensión del alternador**; debe ser de: 14,2 a 15,2 V. máximo
- ❖ **Verificar amperaje del alternador**; debe ser de: 16 a 20/25 amperios máximo.
- ❖ **Marcha alta + consumidores.**
- ❖ La tensión debe ser mínima de 13,7V
- ❖ El amperaje debe ser superior en 5 a 7 A al total del vehículo con consumidores y motor apagado. Así, se asegura que el alternador siempre estará cargando la batería.

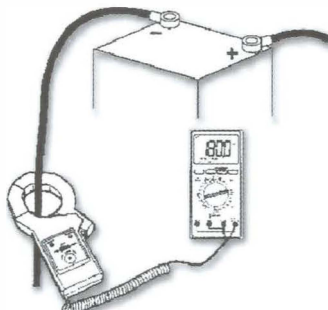


Figura 8.7 Medición de consumos de corriente (amperaje)

8.6 ESTADO DEL SISTEMA DE ENCENDIDO

Recomendación:

- Para los vehículos que tienen motor con encendido convencional (tipo platinos) se recomienda su cambio a encendido electrónico ó electrónico computarizado. La razón es que hay una demanda de mayor voltaje para la chispa en la bujía y obtener una determinada temperatura, lo cual es difícil de obtener con el sistema de platinos, (el GNCV necesita 730°C , mientras que la gasolina 430°C).
- El amperaje debe ser superior en 5 a 7 A al total del vehículo con consumidores y motor apagado. Así, se asegura que el alternador siempre estará cargando la batería.

8.6.1 Alimentación

- En el sistema de encendido, cualquiera que sea su tipo, lo primero a verificar es la alimentación de los elementos utilizados en él (ver figura 8.8), así:
 - Bobina de encendido (borne +, teniendo en cuenta si es alimentación directa ó por medio de resistencias).
 - Módulo electrónico (B+)
 - Computador del sistema de encendido (B+)

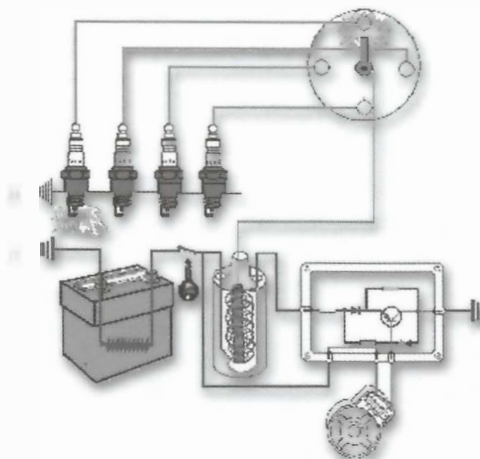


Figura 8.8 Elementos de un encendido electrónico.

8.6.2 Bobina de encendido

Comprobar los valores de los bobinados.

- * Resistencia del primario de la (s) bobina (s).
- * Resistencia del secundario de la (s) bobina (s)
- * Valor de la resistencia externa, si la hay, y verificar la alimentación directa de la bobina por señal de arranque.
- * Aislamiento a la carcasa o base.

8.6.3 Distribuidor

Es la parte funcional del sistema de alto voltaje, pues cumple con distribuirla. Verificar:

- El estado físico de la tapa, cables y rotor.
- La resistencia de los cables de alta y del carbón central de la tapa.
- La efectividad de los capuchones de aislamiento en la tapa y bujías.
- Calidad - tipo de los cables con el sistema utilizado (voltaje).

Recuerde que en sistema DIS no existe tapa/rotor.

8.6.4 Sensor y/o captador señal de encendido

Según el tipo de encendido puede estar ubicado en:

- ◆ El mismo distribuidor
- ◆ Cigüeñal en la parte delantera (polea)
- ◆ Cigüeñal en la parte trasera (volante)

Se hace necesario verificar:

- Valor de la resistencia de la bobina
- Valor de la tensión / señal producida, según el tipo

8.6.5 Avances de tiempo (chispa)

El avance de tiempo (chispa) tiene como fin obtener el mayor rendimiento térmico/mecánico de la mezcla combustible-aire, al darle el tiempo necesario para la combustión, y para que este tiempo se efectúe de acuerdo a la velocidad (rpm) del motor; se obtiene mediante:

- Avance inicial ó calado (montaje) del distribuidor ó sensor
- Avance centrífugo (de acuerdo al número de r.p.m)
- Avance por vacío del motor ó carga

8.6.5.1 Avance inicial

Normalmente es un dato dado por el fabricante, válido para nivel de mar y a marcha mínima (ralentí). Este se debe incrementar de acuerdo con la altura de utilización y el funcionamiento del motor sobre el nivel del mar; el incremento normal es de $1,8^\circ$ de avance por cada 500 m de altura del sitio donde funcione.

Comprobación: dinámicamente

Nota: Para la utilización de GNCV, el calado (montaje) del distribuidor ó sensor es uno de los medios más fáciles para modificar el avance inicial.

8.6.5.2 Avance centrífugo

Mediante pesas-resortes /rpm se logra desplazar-adelantar el giro del eje donde toma la señal el sensor.

Comprobación: dinámicamente

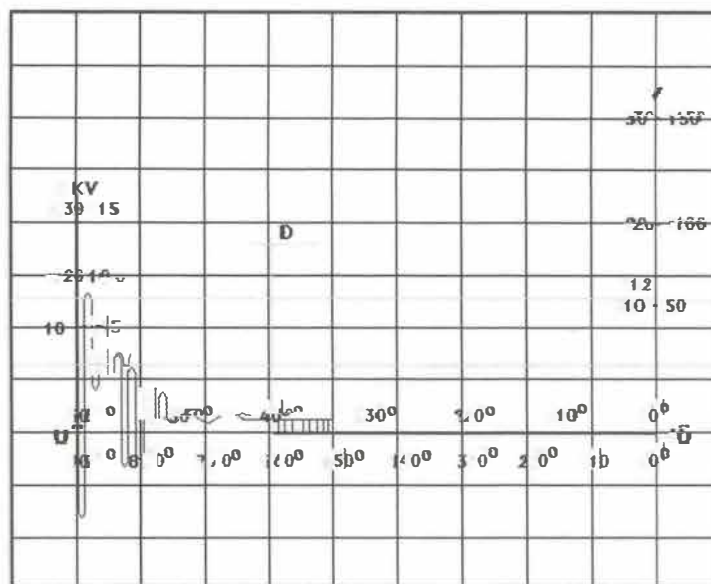


Figura 8.9 Ejemplo de curvas de avances

8.6.5.3 Avance por vacío (carga del motor)

Por medio de un diafragma/desplazamiento (motor de vacío) se logra que el soporte del sensor gire en sentido contrario al eje de referencia produciendo adelanto. El vacío trabaja contra un resorte que devuelve el sensor a su sitio.

Comprobación: dinámicamente

8.6.5.4 Bujías de encendido

Normalmente se cambia su grado térmico a uno menor para trabajar a GNCV, por haber una mayor temperatura en la cámara de combustión con gas. Se debe comprobar:

- Su grado térmico
- El tipo y profundidad de los electrodos
- La calibración de los electrodos

8.7 COMPROBACIONES MECÁNICAS

Dependiendo del estado y presentación del vehículo, se hacen necesarias algunas comprobaciones de tipo mecánico.

8.7.1. Calibración de válvulas

Para calibrar las válvulas se debe seguir el método indicado por el fabricante, e igualmente su condición si esta en frío ó caliente el motor. Hay que tener en cuenta la disposición de las válvulas en la culata para identificar las de admisión y las de escape (ver figura 8.10).

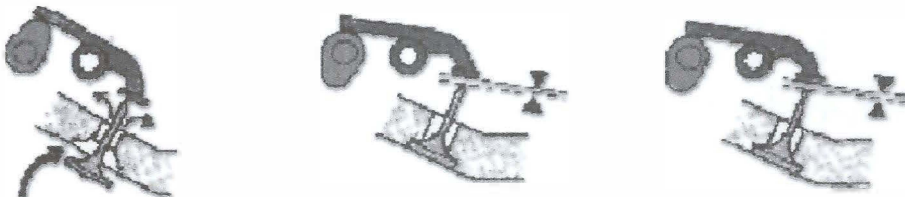


Figura 8.10 Reglaje de dos válvulas

8.7.2 Distribución mecánica

Para aquellos motores con correa dentada de distribución mecánica y tensor, se hace necesario verificar (ver figura 8.11):

- ❖ Tensión de la correa - distribuidora
- ❖ Las marcas de sincronización

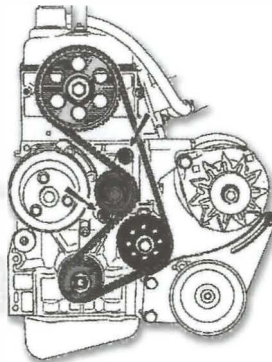


Figura 8.11 Motor con correa dentada

8.7.3 Medición de compresión en los cilindros

Paso 1: Desmontar bujías y mantener la mariposa de aceleración a la máxima aceleración (ver figura 8.12).

- ❖ Tomar cilindro a cilindro los valores de compresión, dando arranque.
- ❖ El valor de la compresión es relativo al índice de compresión del motor.

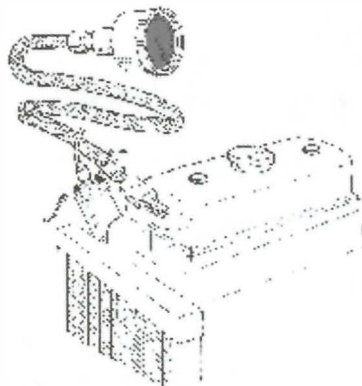


Figura 8.12 Medición de la compresión en un motor

Tabla Comparativa de Compresiones

Indice de Compresión	Presión		Indice de Compresión	Presión	
	Kg/cm ²	PSI		Kg/cm ²	PSI
7.5	9.8	140	10.0	13.2	187
8.0	10.5	150	10.5	13.8	195
8.5	11.2	160	11.0	14.5	205
9.0	11.8	168	11.5	15.1	215
9.5	12.5	177	12.0	15.8	225

Datos válidos al nivel de mar / motor nuevo.

Aceptable: 80% del valor de fabricante

Entre cilindros: diferencia aceptable (+/-) 10%

Nota: observar en cuantos pasos se llegó a la máxima lectura y comparar con los otros cilindros.

8.7.4 Prueba de hermeticidad para cilindros (estanqueidad)

Esta se puede realizar para complementar la de compresión, a fin de verificar donde está la falla posible de baja compresión.

• Realizar el siguiente procedimiento:

Colocar el pistón en PMS de compresión

Frenar el motor para que no gire (cambio y freno de pie)

Por la bujía conectar una manguera con presión de aire (mínimo 80% de la lectura media, prueba anterior)

Observar-determinar por donde escapa el aire:

- cárter del motor
- múltiple admisión
- múltiple escape
- agua refrigeración
- anillos-pistón
- válvula admisión
- válvula escape
- empaque culata

8.8 PRUEBAS DINÁMICAS DE LOS SISTEMAS DEL MOTOR

8.8.1 Marcha mínima del motor (ralentí, idle)

Para el funcionamiento de un motor a GNCV es crítica ésta velocidad de giro, por lo que hay que poner especial atención en este punto.

Para los motores carburados debe revisarse cuidadosamente todo el conjunto, en especial el eje de la válvula de aceleración (mariposa), verificando que no hayan juegos ó desgastes que imposibiliten un adecuado ajuste del ralentí.

Pruebas a verificar:

rpm: 750 - 800 revoluciones al nivel de mar; 800 - 920 revoluciones a mayor altura sobre el nivel de mar.

Calado inicial de la chispa: comprobarlo con lámpara estroboscópica. Desconectar la manguera de vacío al vacum del distribuidor y retirar la tapa momentáneamente para la prueba.

Medir el valor del vacío en el múltiple de admisión: debe haber un valor estable; si hay movimiento (saltos de la aguja del manómetro), verificar la causa de la anomalía (posibilidad de fugas de vacío).

Tiempo saturación del primario de la bobina de encendido en milisegundos: (siendo la bobina un transformador, debe tener el 63% del tiempo, para crear el magnetismo necesario del correspondiente para el cilindro, de acuerdo al número de rpm a que esté el motor. Similar al Dwell, pero en tiempo).

Verificar los sistemas reguladores de contaminación, como:

- ventilación positiva del cárter
- Recirculación de gases de escape
- Canister ó control evaporativo de combustible

Análisis de gases de escape: que permite conocer el real proceso de la combustión y estado del motor. Debe estar acorde con las pautas del DAMA en cuanto a año y modelo (ver figura 8.13).

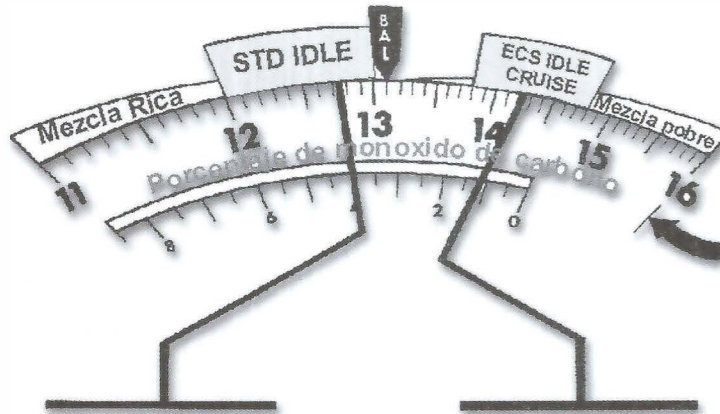


Figura 8.13 Análisis de gases de escape (relación aire – gasolina)

Utilizando un osciloscopio, verificar:

- ⇒ Tensión de cebado de la bobina (ver figura 8.14).
- ⇒ Tensión del salto de chispa en la bujía
- ⇒ Calidad de la bobina (oscilaciones)

Nota: Si es posible hacer prueba de equilibrio ó comparación de cilindros, eliminando cada uno de ellos y viendo la caída de rpm, no debe haber una diferencia mayor a 50 rpm.

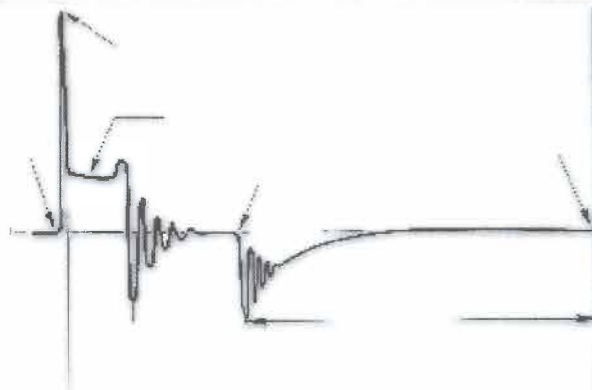


Figura 8.14 Tensión de cebado y chispa de bujía

8.8.2 Prueba dinámica de avances (ver figura 8.15)

Centrifugo: mediante la lámpara estroboscópica comparar valores de rpm del motor con lecturas sobre la polea del cigüeñal.

Por vacío: mediante la lámpara estroboscópica tomar los valores de avance sobre la polea-cigüeñal contra valores de vacío aplicados mediante una pistola de vacío, por medio de una manguera sobre el diafragma/vacum del distribuidor ó módulo. Comprobar el funcionamiento del carburador en intermedia, alta y con carga de ser posible.



Figura 8.15 Pruebas dinámicas de avance

8.8.3 Prueba dinámica del sistema de carburación

Comprobar el funcionamiento del carburador en intermedia, alta y concava, de ser posible.

8.8.4 Prueba dinámica del vacío, motor en todas las rpm

Un valor estable garantiza que no hay fugas en el múltiple y un cierre hermético de las válvulas de admisión.

Nota: si hay inestabilidad de la aguja del manómetro de vacío, comprobar que no existan fugas del vacío por los activadores (diafragmas) de los mandos de A/C, válvulas del sistema EGR, vacuum del distribuidor, ventilación del cárter, etc.

8.8.5 Comprobación del sistema de enfriamiento del motor

Determinar el tipo de enfriamiento, el cual puede ser (ver figura 8.16):

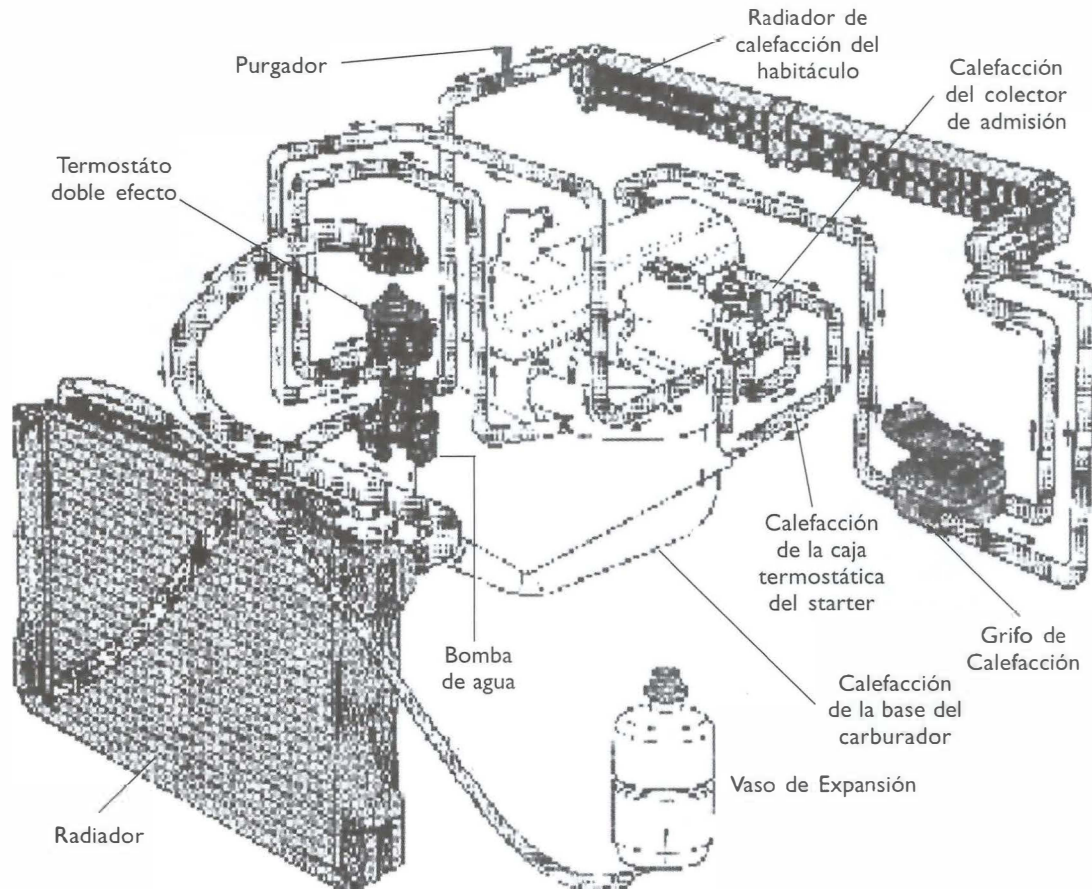


Figura 8.16 Sistema de enfriamiento de un motor

- ❖ Radiador con tapa presurizada y vaso de recuperación del líquido de enfriamiento.
- ❖ Vaso de expansión y con válvula presurizada.
- ❖ Igualmente verificar la mezcla del líquido de enfriamiento, que puede estar compuesta así, por ejemplo:

Glicerina 15% + Agua - 4 °C

Alcohol 26% + Agua - 4 °C

Glicol – etileno: En lo posible sus componentes antioxidantes no deben tener cromatos, pero es conveniente que su contenido sea de cloruros por su capacidad regenerativa.

Temperatura de Evaporación

Temperatura	Glicol/etileno	Agua
106 °C	50%	50%
110 °C	60%	40%
116 °C	70%	30%
122 °C	80%	20%
142 °C	100%	50%

8.9 ANALISIS DE GASES DE ESCAPE

Su fin primordial, es determinar el valor y comportamiento de los diferentes gases de escape y relacionarlos los valores permitidos en un proceso de combustión eficiente. Con un análisis de gases es posible determinar las fallas en los parámetros requeridos en un proceso de combustión, como son:

- ❖ Preparación adecuada de mezcla.
- ❖ Estado y control de la temperatura.
- ❖ Calidad y tiempo del arco de encendido.
- ❖ Estado mecánico del motor.
- ❖ Estado y funcionamiento de los sistemas de control de emisiones.

Además de determinar si las emisiones de gases que genera el motor están dentro de los rangos correctos establecidos en las normas, se debe entender cada uno de ellos y como se relacionan entre sí. Con el analizador de gases, se miden los valores de emisiones que pueden establecer la eficiencia en el proceso de combustión de un motor.

PRUEBAS

- ❖ Análisis de gases en marcha mínima.
- ❖ Análisis de gases en marcha alta.
- ❖ Análisis de gases en aceleración
- ❖ Estado y funcionamiento de los sistemas de control de emisiones (EGR, PCV, canister, convertidor catalítico, bomba de inyección de aire)

Gases de la combustión y sus efectos

CONTAMINANTE	ORIGEN	SALUD	ECOLOGIA
CO (monóxido de carbono)	Producido por combustión incompleta	Disminuye absorción de oxígeno por células rojas, afecta la percepción, capacidad de pensar, reflejos, conciencia, el crecimiento fetal en las mujeres embarazadas; con otros contaminantes fomenta enfermedades en personas con problemas respiratorios y circulatorios.	La combinación de CO y O ₃ (ozono), reduciendo la capa de ozono.
HC(hidrocarburos)	Producidos por combustión incompleta o evaporación.	Cansancio, tendencia a toser, irritación de los ojos. Puede tener efectos cancerígenos o mutativos. El HC de motores diesel puede causar enfermedades pulmonares.	
Pb (plomo)	Aditivo para aumentar octanaje de la gasolina.	Afecta el sistema circulatorio y reproductor, los riñones y nervios del cuerpo. Reduce la habilidad de aprendizaje de los niños, puede provocar hiperactividad o causar daños neuronales	
Generación de partículas (hollín) y de compuestos poli y nitro aromáticos.	Producidos por deficiencia de oxígeno	Pueden iniciar enfermedades respiratorias, sobre todo en los niños y ancianos, además provocar cáncer en los pulmones.	
Nox (óxidos de nitrógeno)	Producidos por altas temperaturas	Irrita ojos, nariz, garganta y causa dolores de cabeza.	Provocan lluvia ácida, con daño en bosques, sistemas acuáticos, corrosión de metales, daños a edificios y monumentos, además de contaminación de las aguas subterráneas.
SO ₂ (dióxido de azufre)	Por el contenido de azufre en el diesel	Irrita las membranas del sistema respiratorio y causa inflamación en la garganta.	
O ³ (ozono)	Por la reacción de gases con la luz solar.		Daña los bosques y reduce el crecimiento de granos Maíz, verduras. Este puede crearse por varios días o horas después de la emisión de los gases y tener un impacto lejos del sitio de la contaminación original
CO ₂ (dióxido de carbono)	Combustión eficiente		Efecto invernadero, gases como el CO y Nox tienen impacto directo sobre éste.

9. PROCESO DE DIAGNOSTICO PARA SISTEMAS DE INYECCIÓN Y CONTROL COMPUTARIZADO DEL MOTOR

Para sistemas de inyección computarizada (ver figura 9.1) hay que aclarar que el avance de encendido es del tipo cartográfico (ver figura 9.2), por lo cual habrá la necesidad de consultar los datos de fabrica.

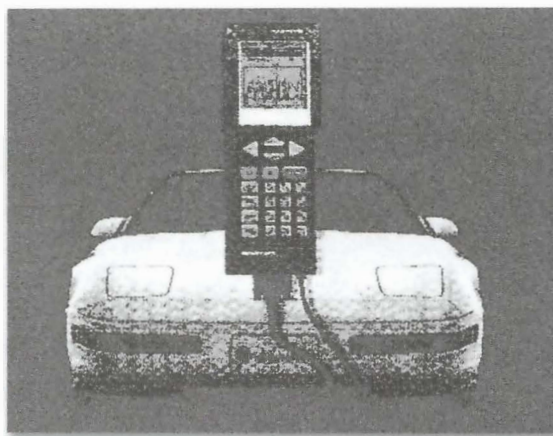


Figura 9.1 Diagnosticador para sistemas de inyección y control computarizado

En el proceso de diagnostico para los sistemas computarizados se hace necesario seguir paso a paso lo indicado por el fabricante del SCANNER.

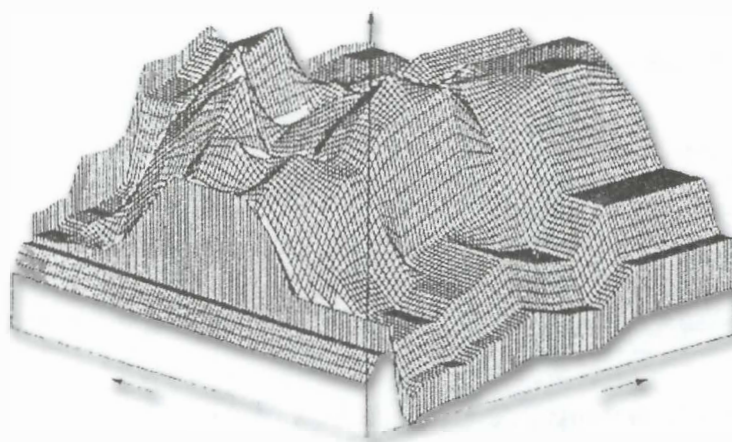


Figura 9.2 Avance de encendido cartográfico en función rpm, de presión y carga motor

Recuerde que el SCANNER (ver figura 9.1) y su programa debe ser compatible con el lenguaje utilizado en la programación diagnóstica del equipo; utilizando los harness o cableados adecuados.

9.1 PROCESO

9.1.1 Consumo permanente en A; normal de:

1 a 2 módulos 1 A. máximo 3 a 7 módulos 1.5 A. máximo 3 a 8 módulos 1.8 A. máximo	RESULTADO	Normal _____ Anormal _____
-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------	-----------------------------------

9.1.2 Capacidad de la batería (sistema de encendido con distribuidor desconectando la alimentación) consumo del circuito al dar arranque durante 5 a 10 segundos

Pico de voltaje durante la primera fracción de arranque : Lectura mínima de 9.5V.	RESULTADO	Normal _____ Anormal _____
---------------------------------------------------------------------------------------------	-----------	-----------------------------------

Nota: si en la primera fracción, el pico es inferior a 9,5V, y durante los siguientes segundos regula por arriba de los 9,5V, hay que comparar la lectura de amperaje. Si es alta durante la primera fracción hay que revisar el arranque.

a. Amperaje a la primera fracción de arranque:

3 y 4 cilindros de 180 A. máximo 6 cilindros de 220 A. máximo 8 cilindros de 350 A. máximo	RESULTADO	Normal _____ Anormal _____
--------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------	-----------------------------------

b. Amperaje regulado a velocidad de arranque, normal de:

3 y 4 cilindros de 50 a 180 A. 6 cilindros de 80 a 220 A. 8 cilindros de 120 a 350 A.	RESULTADO	Normal _____ Anormal _____
---------------------------------------------------------------------------------------------	-----------	-----------------------------------

9.1.3 Recuperación de la batería a voltaje nominal.

- Prenda las luces de alta durante un minuto
- Al apagarlas, la batería deberá recuperar su voltaje nominal antes de dos minutos

RESULTADO

Normal _____
Anormal _____

9.1.4 Estado del sistema de arranque al encender el vehículo:

- Pico de voltaje al inicio del encendido mínimo 9,5V.
- Si se presenta un pico de 15,5V., la batería está en corto.

RESULTADO

Normal _____
Anormal _____

9.2 ESTABILIDAD DEL SISTEMA DE CARGA

9.2.1 Voltaje en mínima/accesorios en OFF:

- Lectura normal de 12,8 a 14,8V.

RESULTADO

Normal _____
Anormal _____

9.2.2 Caída máxima de voltaje en mínima/accesorios en ON:

- Lectura normal de 12.8 a 14.8V.
- Caída máxima de voltaje: 1.5V. con regulador de 3 terminales y 0.5V. con regulador de 4 terminales.

RESULTADO

Normal _____
Anormal _____

9.2.3 Voltaje a velocidad de cruce/accesorios en OFF:

- Lectura normal de 12.8 a 14.8V.

RESULTADO

Normal _____
Anormal _____

9.2.4 Voltaje a velocidad de crucero/accesorios en ON:

Lectura normal de 12.8 a 14.8V.
Caída máxima de voltaje: 1.5V. con regulador de 3 terminales y 0.5V. con regulador de 4 terminales.

RESULTADO

Normal _____
Anormal _____

9.2.5 Amperaje en mínima / accesorios en OFF:

Lectura normal
1. En la batería: de 1 a 5 A.
2. Cable grueso del generador: de 1 a 15A.

RESULTADO

Normal _____
Anormal _____

9.2.6 Amperaje en mínima / accesorios en ON:

Lectura normal
1. En la batería: de 1 a 5 A.
2. Cable grueso del generador: de 1 a 15A.

RESULTADO

Normal _____
Anormal _____

9.2.7 Amperaje a velocidad de crucero / accesorios en OFF:

Lectura normal
1. En la batería: de 1 a 5 A.
2. Cable grueso del generador: de 1 a 15A.

RESULTADO

Normal _____
Anormal _____

9.2.8 Amperaje a velocidad de crucero / accesorios en ON:

Lectura normal
1. En la batería: de 1 a 5 A.
2. Cable grueso del generador: de 1 a 15A.

RESULTADO

Normal _____
Anormal _____

9.2.9 Caída máxima de voltaje en las masas principales:

Máxima caída en las masas principales del vehículo: 0.5V. (500 mV)

RESULTADO

Normal _____
Anormal _____

9.3 PRUEBA DE SENSORES PRINCIPALES (ver figura 9.3)

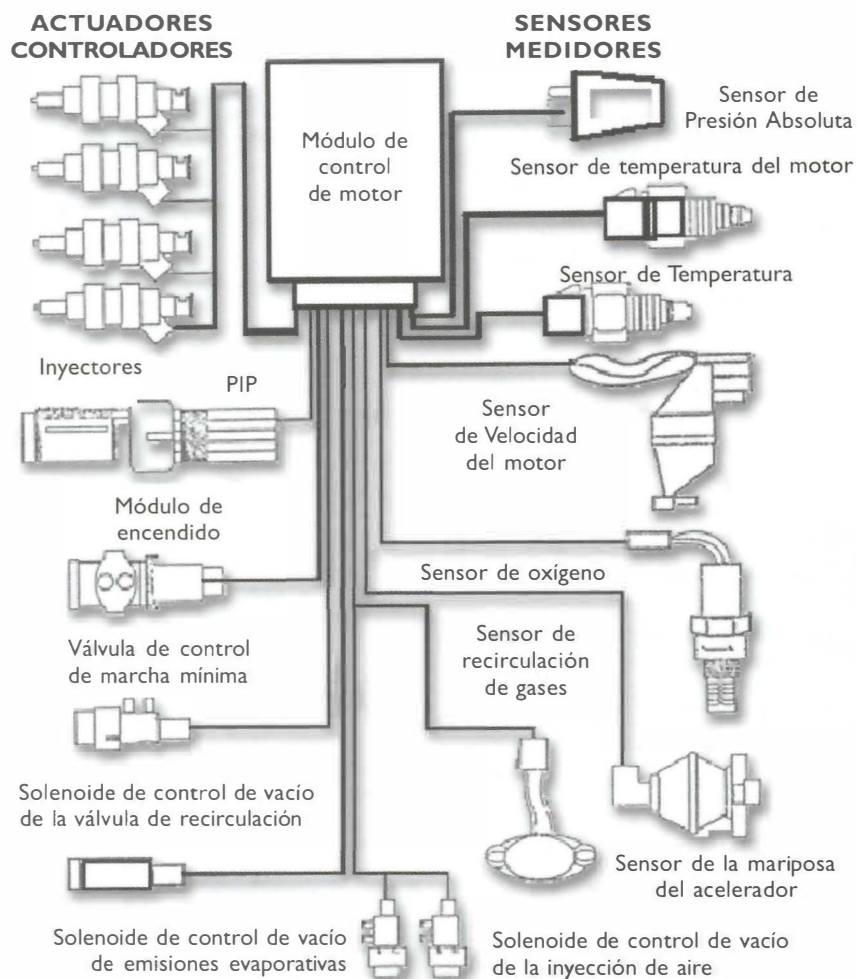


Figura 9.3. Sistema de control lógico

9.3.1 Sensor de temperatura del refrigerante:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Alimentador al sensor: 4.8 a 5.2V desconectado. 2. Prueba de funcionamiento: motor frío, cercano a 4.57V. (El voltaje disminuye a medida que se calienta el motor hasta 0.5V este valor depende de la especificación del fabricante). 3. Masa del sensor 60 mV. 4. Prueba del sensor: desmonte el sensor, conecte un ohmetro a sus terminales y caliente con un secador de cabello la punta del sensor, la resistencia debe disminuir. Si no disminuye, cambie el sensor. 	<p>RESULTADOS</p> <p>1. _____</p> <p>2. _____</p> <p>3. _____</p> <p>4. _____</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------

9.3.2 Sensor de presión absoluta:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Alimentación: 4.8 a 5.2 V harness desconectado. 2. Prueba barométrica, voltaje variable, interruptor ON, motor apagado, 3.32 V. (a 2700 metros +/- 18%). 3. En marcha mínima: 1.22 a 1.94V (1.1 a 1.2V de acuerdo a la altura). 4. Interruptor ON, motor apagado: con una bomba de vacío aplique al sensor 5 in de Hg. Un sensor típico 3.75V. +/- 18%, aumente a 20 in de Hg y leerá 1.1 V. +/- 18%. 5. Prueba de masa: menor de 60 msv. 	RESULTADOS
	1. _____
	2. _____
	3. _____
	4. _____

Nota: cuando tiene un sensor de temperatura de aire integrado tiene una masa común.

9.3.3 Sensor de masa y flujo de aire:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Alimentación al sensor: voltaje de la batería +/- 1.5V. 2. Prueba de Masa Menor de 60 mV. En sensores de 2 hilos repita la prueba en el terminal RNT. 3. Señal variable en marcha mínima: sensores de 1 o 2 hilos, cercano a 0.5 V. 4. Acelere lentamente: el voltaje debe aumentar gradualmente hasta 1.8V, a plena carga. 	RESULTADOS
	1. _____
	2. _____
	3. _____
	4. _____

Nota: si el sensor NO produce señal, el ancho del pulso del inyector será típicamente cuatro veces más grande que la amplitud correcta. (con lo que resulta en una mezcla demasiado rica y alto consumo de combustible)

9.3.4 Sensor de vórtice Karman

<ol style="list-style-type: none"> 1. Alimentación desde el relé de control: voltaje batería +/- 1.5V al amplificador de onda ultrasónica en el sensor. 2. Alimentación desde el computador al modulador en el sensor valor cercano a los 5V, tanto en mínima como en velocidad de crucero. 4. Multímetro en Hz: acelere lentamente, la frecuencia debe aumentar. 	RESULTADOS
	1. _____
	2. _____
	3. _____
	4. _____

Nota: la señal digital del sensor debe ser medida con un medidor de frecuencia digital o un osciloscopio.

9.3.5 Sensor de temperatura de carga de aire:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Alimentador al sensor: 4.8 a 5.2 V. 2. Prueba de funcionamiento: motor frío, cercano a 4.57 V. (El voltaje disminuye a medida que se calienta el motor hasta 0.8V. 3. Masa del sensor 60 mV. 4. Desmunte el sensor, conecte un ohmetro a sus terminales y caliente con un secador de cabello la punta del sensor; la resistencia debe disminuir. Si no disminuye, cambie el sensor. 	RESULTADOS <ol style="list-style-type: none"> 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

9.3.6 Caudalímetro:

<p>Sensor de tres terminales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alimentación al sensor: 4.8 a 5.2 V. 2. Masa: 60 mV. 3. Terminal variable: cercano al de la alimentación. Mueva la mariposa del caudalímetro, el valor de voltaje debe variar. 	RESULTADOS <ol style="list-style-type: none"> 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nota: en vehículos de los años 80 el voltaje de alimentación del sensor es el de la batería.

9.3.7 Sensor de posición de la mariposa del acelerador:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Alimentación al sensor: 4.8 a 5.2 V. 2. Voltaje variable en mínima: 0.55 mV. 3. En aceleración, a fondo interruptor ON, motor apagado: de 0.55 a voltaje de alimentación. 4. Masa: 60 mV. 	RESULTADOS <ol style="list-style-type: none"> 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nota: algunos TPS se pueden ajustar, mueva los tornillos del sensor y ajuste a mínimo 0.50V. Si no es posible, cambie el sensor.

9.3.8 Sensor de oxígeno:

	RESULTADOS
1. Alimentación a la resistencia de calentamiento: voltaje batería +/- 1.5 V.	1. _____
2. Masa de la resistencia de calentamiento: 60 mV.	2. _____
3. Masa del sensor: 60 mV.	3. _____
4. Verificación de la señal del sensor: motor a temperatura de funcionamiento, el valor debe oscilar de 0.3 a 0.7 V.	4. _____
5. Prueba del sensor: acelere a fondo tres veces. El voltaje oscilando debe subir por encima de 0.7 V., y luego corregirse.	5. _____
6. Desconecte una toma de vacío: el voltaje debe registrar por debajo de 0.3 V., y luego corregirse:	6. _____

9.3.9 Verificación del tiempo de encendido:

Citaremos los pasos requeridos en las marcas GM, FORD y DAEWOO

GM	FORD	DAEWOO
<ol style="list-style-type: none"> 1. Localice y desconecte el conector del circuito 424 entrada B del módulo de encendido. 2. Instale la lámpara de tiempo y encienda el motor. 3. Ajuste el tiempo BÁSICO según su especificación para la cilindrada del motor. Apaga el motor. 4. Borre el código 42 que se general al desconectar el circuito 424. 5. Conecte el circuito 424 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Localice el conector Spout y desconéctelo. 2. Instale una lámpara de tiempo y prenda el motor. 3. Ajuste el tiempo BÁSICO según especificación para la cilindrada del motor. Apague el motor. 4. Instale el conector Spout 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Haga un puente entre los terminales A y B de la toma de diagnóstico y prenda el motor. 2. Ajuste el tiempo de encendido según especificación. 3. Apague el motor y retire el puente.

NOTA: uno de los aspectos más ignorados y mal ajustados dentro del proceso de diagnóstico y sincronización, especialmente en vehículos con inyección electrónica y control computarizado de motor, es el ajuste del tiempo de encendido, a una especificación incorrecta o no conocer los pasos apropiados para ajustarlos correctamente.

9.3.10 Pruebe la alimentación y funcionamiento de los inyectores:

1. Motor funcionando
2. Conecte el cable negro del multímetro a una buena masa y el rojo a uno de los terminales del inyector.
3. Verifique el valor del voltaje
4. Conecte el cable rojo al otro terminal del inyector
5. Verifique el valor del voltaje
6. El terminal donde el voltaje sea mayor y estable es el terminal positivo
7. El terminal donde el voltaje sea menor y variable es el terminal negativo.

Nota: la lectura del voltaje de alimentación en los inyectores debe ser igual: cualquier diferencia debe revisarse por su circuito, pues él o los inyectores afectados presentarían problemas de rendimiento.

9.3.11 Pruebe el tiempo de apertura o pulso del inyector:

1. Multímetro en función de milisegundos.
2. Conecte el cable negro del multímetro a una buena masa.
3. El cable rojo en el terminal negativo del inyector
4. Verifique el valor del tiempo en marcha mínima.
5. Acelere lentamente el motor.
 - El tiempo debe permanecer cercano al de la mínima.
6. Acelere el motor a fondo.
 - El tiempo debe aumentar

9.3.12 Pruebe el ciclo de trabajo del inyector:

1. Mantenga el multímetro en la misma posición de la prueba anterior
2. Multímetro en función de % de Duty (ciclo de trabajo)
3. Verifique el valor de % de Duty en marcha mínima
4. Acelere el motor
5. El ciclo debe aumentar

9.3.13 Proceso de verificación de suministro del sistema combustible:

Información de presión de los sistemas

<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema monopunto de un inyector: <ul style="list-style-type: none"> - Presión máxima: 17 psi (1.17 bar) - Presión mínima: 9 psi (0.62 bar) 2. Sistema monopunto de 2 inyectores: <ul style="list-style-type: none"> - Presión máxima: 20 psi (1.38 bar) - Presión mínima: 12 psi (0.83 bar) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema multipunto de bancada o secuencial: <ul style="list-style-type: none"> - Presión máxima: 45 psi (3.10 bar) - Presión mínima: 30 psi (2.07 Bar) 2. Sistema multipunto de inyección central secuencial: <ul style="list-style-type: none"> - Presión máxima: 66 psi (4.55 bar)
<ol style="list-style-type: none"> Sistema multipunto electromecánico de inyección permanente: <ul style="list-style-type: none"> - Presión máxima: 92 psi (6.34 bar) - Presión mínima: 72 psi (4.97 bar) 	<ol style="list-style-type: none"> Sistema multipunto de inyección central: <ul style="list-style-type: none"> - Presión máxima: 55 psi (3.79 bar) - Presión mínima: 50 psi (3.45 bar)

9.3.14 Pruebe la presión máxima del sistema:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Elimine la presión residual del sistema 2. Monte el manómetro de presión 3. Active la bomba sin encender el motor 4. Verifique el valor de la presión máxima 	RESULTADO I. Presión máxima _____
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------

9.3.15 Verifique la existencia de fugas:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Desactive la bomba 2. Observe la caída de presión durante un minuto: no debe caer más del 20% de la presión máxima. 	RESULTADO I. Presión máxima _____
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------

9.3.16 Pruebe la presión del funcionamiento del sistema:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Encienda el motor Verifique la presión de funcionamiento en marcha mínima 	RESULTADO I. Presión máxima _____
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------

9.3.17 Pruebe el control del regulador sobre la presión:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Acelere lentamente hasta la velocidad de crucero: la presión debe permanecer constante. 	RESULTADO I. Presión constante _____
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------

<ol style="list-style-type: none"> 2. Motor en mínima acelere a fondo: el valor de la presión debe incrementarse. 	RESULTADO La presión es un incremento: _____
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------

9.3.18 Verifique el caudal del sistema:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconecte el ducto de alimentación al riel de Inyectores. 2. Introduzca el ducto a una probeta graduada. Active la bomba durante 15, 30 ó 60 segundos, según especifique el fabricante. 3. Verifique el volumen medido y compare con la especificación del fabricante. 	RESULTADO Volumen medio _____
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

9.3.19 Prueba fugas en el regulador:

1. Encienda y apague el motor 3 veces
2. Desconecte el ducto de vacío del regulador y verifique la existencia de humedad
 - Si no existe fuga y el regulador está en buen estado, **verifique** por los inyectores
 - Si los inyectores están bien **verifique**:
 - El estado de la válvula Cheker
 - La estanqueidad del tanque

9.3.20 Prueba de fugas por la bomba, el regulador o los inyectores:

Nota: Hay dos componentes por los que puede el combustible presurizado de un sistema de inyección regresar indebidamente al tanque. El primero es la válvula de retención de la bomba de combustible y el segundo por el regulador de presión. Pruebelos realizando los siguientes pasos:

1. Instale el medidor de presión y arranque el motor dejándolo funcionar durante tres minutos
2. Apague el motor. Si la presión disminuye más del 20%, siga al paso 3
3. Arranque nuevamente el motor durante 3 minutos
4. Apague el motor y estrangule el conducto de alimentación de gasolina al riel de inyectores
5. Si la presión permanece estable, cambie la bomba de combustible, porque la válvula Cheker de retención está defectuosa.
6. Si la presión, al estar estrangulada la línea de alimentación, no es estable, sino que también disminuye, siga al paso 7.
7. Repita el paso 1 y apague el motor
8. Estrangule o suprima la línea de retorno al tanque de combustible
9. Si la presión permanece estable el regulador está defectuoso, pues deja fugar el combustible hacia el tanque. Reemplace el regulador

9.3.21 Prueba el estado de los inyectores con el pulsador:

1. Instale el medidor de presión
2. Desconecte los inyectores
3. Conecte el pulsador a un inyector y ajuste el instrumento a un rango de 100 pulsos / segundos.
4. Active la bomba para presurizar el sistema
5. Oprima el botón del pulsador
6. Registre la caída de presión
7. Repita los pasos 3, 4, 5 y 6 en los demás inyectores
8. Compare las lecturas
9. Lecturas inferiores al promedio indican inyector con obstrucción
10. Lecturas mayores al promedio indican inyector con fugas

9.3.22 Prueba de fugas por los inyectores:

1. Instale el medidor de presión y arranque el motor dejándolo funcionar durante 3 minutos
2. Apague el motor
3. Estrangule la línea de alimentación de combustible y la de retorno
4. Si la presión disminuye hay fuga por los inyectores
5. Desmonte el riel de inyectores
6. Reconectelo a la línea de combustible y tapone el retorno
7. Presurice el riel y observe las boquillas de los inyectores
8. Cualquier inyector que forme una gota de combustible y luego comience a formar otra, se considera que tiene fugas.
9. Monte el riel y proceda con el sistema de limpieza de inyectores
10. Repita la prueba

Si la fuga continua, reemplace los inyectores defectuosos

9.3.23 Pruebe el taponamiento de los filtros de la bomba y la válvula Cheker

1. Monte el manómetro entre el tanque de combustible y el filtro principal.
2. Abra la llave de paso del manómetro
3. Accione la bomba de combustible con el motor apagado.
4. Verifique el valor de la presión. Si el valor de a presión es menor en más del 5% de la presión de funcionamiento (ítem 9.3.22). Proceda con el siguiente paso.
5. Desmonte la bomba y proceda con la limpieza del filtro separador de humedad y el filtro de la bomba.

PRUEBE LA VALVULA CHEKER

1. Monte el tanque del manómetro entre el tanque del combustible y el filtro principal.
2. Abra la llave de paso del manómetro
3. Accione la bomba de combustible con el motor apagado.
4. Verifique el valor de la presión y desactive la bomba.
5. Verifique durante un minuto la caída de presión. Si es mayor del 20% la válvula está dañada; reemplace la bomba completa.

9.3.24 Pruebe la estanqueidad del tanque de combustible:

1. Monte el manómetro entre el tanque de combustible y el filtro principal.
2. Cierre la llave de paso del manómetro
3. Accione la bomba del combustible con el motor apagado durante 10 segundos
4. Verifique el valor de la presión. (debe ser el doble de la presión de funcionamiento – presión directa).
5. Desactive la bomba de combustible
6. Verifique la caída de presión durante un minuto

Si la caída es mayor del 50% el tanque cuenta con una fuga que es necesario localizar

9.3.25 Verifique el vacío dinámico del motor:

Nota: ¿Que es un vacío normal? Los motores de combustión interna, sin importar si tienen tres, cuatro, cinco, seis u ocho cilindros, tienen el mismo nivel aceptable de vacío que es aproximadamente de 15 a 20 in – Hg (pulgadas de mercurio).

Las siguientes pautas para el vacío son aproximadas y serán afectadas por la condición total del motor y de los demás sistemas relacionados, por lo que recomendamos realizar este paso después de las verificaciones de los sistemas eléctricos, de encendido y combustible para poder centrarnos en el diagnóstico de las partes mecánicas del motor.

Variaciones del vacío:

1. 1 in de Hg = 10%: es normal
2. 2 in de Hg = 15%: daño leve
3. 3 in de Hg = 35% ó más: daño grave

PRUEBAS DE VACÍO DINÁMICO

Vibración de la aguja

1. Instale el vacuometro en una toma directa de vacío del múltiple de admisión.
2. Verifique la lectura de vacío en mínima.
- Lectura normal: la aguja del vacuometro permanece estable.
- Lectura irregular: la aguja del vacuometro vibra o se mueve

DIAGNÓSTICO

del vacuometro. Revise por:

1. Marcha mínima irregular
2. Oscilación leve e irregular. Problemas de pérdida de chispa.
3. Oscilación leve pero periódica: Válvulas mal asentadas.

9.3.26 Verifique el movimiento de la aguja con una aceleración rápida y a fondo.

Funcionamiento normal:

1. La lectura del vacuómetro baja a cero en la aceleración.
2. Al soltar el acelerador la lectura debe subir a un vacío mayor que el de marcha mínima.
3. La lectura se estabiliza.

Funcionamiento anormal:

1. La lectura no baja completamente a cero
2. La lectura no sube a un mayor valor de la registrada en marcha mínima.

9.3.27 Verifique el valor del vacío a velocidad de crucero:

Alta lectura de vacío constante:

- Verifique por obstrucción el ducto de admisión de aire.

Baja lectura de vacío constante:

- Verifique por la existencia de fugas o por una baja compresión.

9.3.28 Lecturas o comportamientos anormales:

Oscilación amplia y periódica:

Válvulas quemadas o fogueadas. La periodicidad está dada por el número de válvulas afectadas.

Oscilación permanente del 25%, en mínima y al acelerar a velocidad de crucero, disminuye:

Problemas en las guías de las válvulas.

Una oscilación amplia periódica que se incrementa con las rpm, indica problemas en los resortes de las válvulas.

1. Oscilación de máxima amplitud, indica problemas de fugas en la culata.
2. La periodicidad depende del número de fugas (en cilindros).

Al acelerar lentamente la lectura debe mantenerse igual a la mínima. Si la lectura disminuye, el eje de levas tiene desgaste.

Cuando se acelera a fondo bruscamente y se suelta el acelerador, el vacío debe ser mayor que en mínima. Si no aumenta de 1 a 3 in de Hg, existen de aceite daños en los anillos y paso de aceite.

Muy bajo vacío en alta constante es un indicativo de tiempo de encendido mecánico variado.

Bajo vacío en alta constante es un mecánico. indicativo de tiempo encendido y variado.

Muy bajo vacío a cualquier velocidad es un indicativo de fugas, entradas de aire y baja compresión. El escape está obstruido.

Si la lectura de vacío después de cierto tiempo disminuye y se mantiene baja.

9.3.29 Pruebe la válvula P.C.V.

1. Conecte el vacuometro a la válvula P.C.V.
2. Encienda el motor y verifique el vacío en mínima
3. La lectura debe estar cercana al valor en el múltiple de admisión
4. Acelere lentamente hasta la velocidad de crucero: el valor debe continuar cercano al de múltiple admisión
5. Desacelere y luego acelere a fondo
6. Verifique la caída de la lectura a cero

Nota: Si las lecturas presentan una diferencia de más de 2 in de Hg. La válvula tiene obstrucciones o está defectuosa. Comience por darle mantenimiento al sistema, si no se recupera reemplacela.

9.3.30 Procedimiento para la verificación de fugas en el múltiple de admisión:

1. Introduzca aire a presión por una toma de vacío (60 psi máximo)
 2. Aplique agua jabonosa en la unión del múltiple a probar
 3. Secar y repetir la prueba en otra unión
- La presencia de burbujas indicará la fuga

9.3.31 Procedimiento para el balance de potencia de cilindros:

1. Instale un tacómetro y registre el promedio de la marcha mínima
 2. Desconecte el cable de una bujía
 3. Verifique la caída de rpm.
 4. Repita el procedimiento para cada bujía
 5. Compare el valor de caída de todos los cilindros
 6. Seleccione el cilindro con menor caída de rpm
 7. Desmonte la bujía, desconecte el sistema de encendido
 8. Monte el compresímetro
- NOTA:** No desmonte las otras bujías
9. Abra completamente la mariposa del acelerador
 10. De arranque continuo por 5 segundos
 11. Verifique el máximo valor de compresión

9.3.32 Comportamiento e interpretación del compresímetro

1. Se produce un primer salto de la aguja
2. Se produce un segundo salto de la aguja
3. Se produce una serie de pequeños saltos en la aguja
4. La aguja llega al máximo valor de la compresión
5. Repita el procedimiento hasta el primer salto.
 - El valor de compresión en el primer salto debe ser mayor del 30% del valor máximo
 - Si es menor existen problemas en el cilindro o en los anillos
6. Repita el procedimiento de compresión del segundo salto de la aguja
7. Verifique el valor de compresión del segundo salto
 - El valor de la compresión del segundo salto de la aguja debe ser del 70% del valor máximo de compresión.
 - Si es menor, existe un problema en la culata o válvulas

FORMULARIO DE REVISIÓN PARA CONVERSIÓN Y/O ENTREGA DE VEHÍCULOS

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

PROPIETARIO _____
 C.C. O NIT. _____
 DIRECCIÓN _____
 CIUDAD _____
 TELÉFONO _____

INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO

MARCA _____ PLACA _____ AFILIADO A _____
 SERIE _____ NO. MOTOR _____ MODELO _____
 CILINDRAJE _____ SERVICIO _____ KILOLETRAJE _____
 TIPO _____ CLASE _____

DIAGNÓSTICO DEL VEHÍCULO

		TIPO			MARCA																
CARBURADOR																					
INYECCIÓN																					
		1		2		3		4		5		6		7		8					
COMPRESIÓN BUJÍA	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M
	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M

BATERÍA - ARRANQUE

VOLTAJE NOMINAL DE LA BATERÍA

B	R	M
B	R	M

CONSUMO MOTOR DE ARRANQUE

CARGA DEL ALTERNADOR

EN VOLTIOS 13,5 A 14,5

B	R	M
B	R	M

EN AMPERIOS 3 A 5

SISTEMA DE ENCENDIDO

INSTALACIÓN DE BAJA

ESTADO FÍSICO

B	R	M
B	R	M

OBSERVACIONES _____

ESTADO DE MASAS

B	R	M
---	---	---

CIRCUITO PRIMARIO

VOLTAJE PRIMARIO

B	R	M
B	R	M

ESTADO PLATINOS O MÓDULO ELÉCTRICO

OBSERVACIONES _____

CIRCUITO SECUNDARIO

OBSERVACIONES

B	R	M
B	R	M

AVANCE CHISPA

INICIAL _____

MECÁNICO _____

TOTAL _____

BALANCE

1			2			3			4			5			6			7			8		
B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M

CILINDROS

OBSERVACIONES _____

VACÍO: Tomarlo después de la mariposa de aceleración

OBSERVACIONES _____

TEMPERATURA ACEITE _____

TERMOSTATO SI NO

OBSERVACIONES _____

ANÁLISIS DE GASES

HC _____ 02 _____ CO _____ CO2 _____ A/FR _____

REVISIÓN GENERAL DE LUCES

<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> R	<input type="checkbox"/> M
----------------------------	----------------------------	----------------------------

OBSERVACIONES _____

ACCESORIOS SI NO

RADIO _____

ALARMA _____

TAXÍMETRO _____

SEGURO ENCENDIDO _____

ELEVAVIDRIOS _____

BLOQUEO CENTRAL _____

AIRE ACONDICIONADO _____

ESTADO DEL CHASIS Y BASTIDOR

<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> R	<input type="checkbox"/> M
----------------------------	----------------------------	----------------------------

OBSERVACIONES _____

ADAPTACIONES PREVIAS A LA CONVERSIÓN

NOTA: Si el vehículo tiene filtro de aire de aceite, debe ser cambiado por filtro de aire de elemento seco para poder efectuar la conversión es indispensable que se hayan efectuado las recomendaciones anotadas.

OPERARIO JEFE DE TALLER CLIENTE

- CIAMPA, Corradino.** Gas Inerte Nella Nave Cisterna. Napoli: Centro copia Aldo Vingiani, Torre del Greco. 1980.
- CORPODIB.** Corporación para el Desarrollo de Industrial de la Biotecnología. Manuales y Memorias GNCV. CD. Bogotá. 2000.
- CROUSE, William H.** Automotive Engines, Fuel, Lubricating, Cooling Systems, Chassis and Body, Electrical Equipement. Mc Graw-Hill
- FACOM.** Manual de Herramientas. Cortesía de "Quinteros Limitada". Bogotá D.C.
- FAIRES, Virgil Moring.** Termodinámica. Unión Tipográfica Hispano-Americana. Mexico I, D.F. 1973.
- FIAT.** Della structtura e del funcionamiento della autoretture e del velcoli industriali. Torino.
- GENERAL MOTOR COMPANY. CHEVROLET.** On-Board Diagnostics – Generation One (I) and Two (II). Departamento post-venta.
- ICONTEC, Instituto de Normas Técnicas Colombianas.** Normas Técnicas de la Tecnología de Gas Natural Comprimido Vehicular. Bogotá D.C. 2001.
- LANDI. CD room.** Información técnica de equipos de conversión. Italia. 1999.
- LOVATO.** Folletos de información y divulgación de equipos.
- MAIZTEGUI, Alberto. SABATO, Jorge.** Introducción a la Física. Buenos Aires. Editorial Kapelusz. 1973.
- MONTENEGRO, Manuel Antonio.** Notas de Taller. Cursos de Mecánica Diesel. SENA, Regional Bogotá.
- RENAULT.** Tecnología del automovil. Regie Nationale des Usines Renault Paris.
- SENA.** Cartillas de Mecánica Automotriz y Diesel. Educar Editores S.A. Bogotá D.C.
- SNAP-ON MUNDIAL.** Manual de Herramientas. Cortesía de "Impointer LTDA". Pereira.
- VETRONIX CORPORATION.** Manual de Operación del probador Multi-funcional. Master tech.
- ZALAMEA, Eduardo. PARIS, Roberto. RODRIGUEZ, Jairo.** Fisica 2, Grado II. Bogotá D.C. Educar Editores. 1986.

AVANCE CHISPA

INICIAL _____
 MECÁNICO _____
 TOTAL _____

BALANCE

1	2	3	4	5	6	7	8
B R M	B R M	B R M	B R M	B R M	B R M	B R M	B R M

CILINDROS _____
 OBSERVACIONES _____

VACÍO: Tomarlo después de la mariposa de aceleración
 OBSERVACIONES _____

TEMPERATURA ACEITE _____ TERMOSTATO SI NO
 OBSERVACIONES _____

ANÁLISIS DE GASES

HC _____ 02 _____ CO _____ CO2 _____ A/FR _____
REVISIÓN GENERAL DE LUCES B R M
 OBSERVACIONES _____

ACCESORIOS SI NO

RADIO _____
 ALARMA _____
 TAXÍMETRO _____
 SEGURO ENCENDIDO _____
 ELEVAVIDRIOS _____
 BLOQUEO CENTRAL _____
 AIRE ACONDICIONADO _____

ESTADO DEL CHASIS Y BASTIDOR B R M
 OBSERVACIONES _____

ADAPTACIONES PREVIAS A LA CONVERSIÓN

NOTA: Si el vehículo tiene filtro de aire de aceite, debe ser cambiado por filtro de aire de elemento seco para poder efectuar la conversión es indispensable que se hayan efectuado las recomendaciones anotadas.

OPERARIO _____ JEFE DE TALLER _____ CLIENTE _____



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE