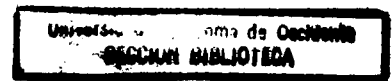


MANUAL DE SISTEMAS DE INYECCION ELECTRONICA DE
COMBUSTIBLE PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA

JAVIER MARIO RAMIREZ GARCIA
OSCAR IVAN SUAREZ HINCAPIE



022432

CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE

DIVISION DE INGENIERIAS

PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA

SANTIAGO DE CALI



C.U.A.O
BIBLIOTECA



0024155

1.996

T0001276

MANUAL DE SISTEMAS DE INYECCION ELECTRONICA DE
COMBUSTIBLE PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA

JAVIER MARIO RAMIREZ GARCIA

OSCAR IVAN SUAREZ HINCAPIE

Trabajo de grado presentado como requisito para
optar al título de Ingeniero Mecánico.

DIRECTOR
HEBERT JARAMILLO
INGENIERO MECANICO

CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE

DIVISION DE INGENIERIAS

PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA

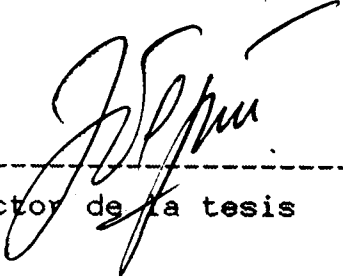
SANTIAGO DE CALI

1.996

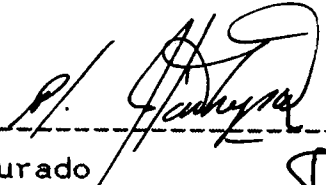
T
621.4361
R 173 M
E.1

Nota de aceptación

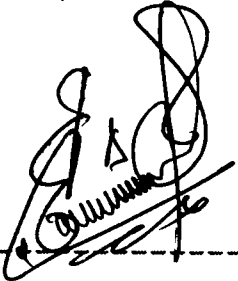
Aprobado por el comité de grado en
cumplimiento de los requisitos
exigidos por la Corporación
Universitaria Autónoma de
Occidente para optar al título
de Ingeniero Mecánico.



Director de la tesis



Jurado



Jurado

Cali, Septiembre de 1.996

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con la culminación de este proyecto, en especial al director de tesis el Ingeniero Hebert Jaramillo.

DEDICATORIA

Este logro alcanzado lo quiero dedicar muy especialmente a mi madre Ligia García, a mi Tía Nubia García y a mi novia Kaete Marcus.

JAVIER MARIO.

La culminación de mi carrera y el título obtenido lo dedico a mi familia.

OSCAR IVAN.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	1
1. HISTORIA DE LOS MOTORES DE GASOLINA	3
1.1 BREVE HISTORIA DE LA INYECCION DE GASOLINA	3
2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE INYECCION DE GASOLINA	12
2.2. DENOMINACION COMERCIAL DE LOS SISTEMAS DE INYECCION DETERMINADO POR CADA MARCA DE VEHICULOS	14
2.2.1. Sistema de inyeccion mecanica directa bosch	14
2.2.1.1 Inyección directa de combustible y motores de dos tiempos	14
2.2.1.2 Inyección directa de combustible y motores de cuatro tiempos	16
2.2.1.3 Inyección intermitente en lumbrera o puerto.	18
2.2.2 Inyeccion de combustible kugelfischer	20
2.2.3 Inyección de combustible Rochester	22
2.2.4 Inyector electronico Bendix	25
2.2.5 Inyeccion en un solo punto de Chrysler	28
2.2.6 Inyeccion de combustible tipo Ford	31
3. INDUCCION A LA ELECTRONICA	38
3.1. INTRODUCCION	38
3.2. REPASO DE CONCEPTOS BASICOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	38
3.3. TEORIA ELECTRONICA Y CONVENCIONAL DEL FLUJO DE CORRIENTE	39
3.4 SEÑALES ANALOGA Y DIGITAL	40
3.5. CODIGO BINARIO	41
3.6 MODULO ELECTRONICO DE CONTROL (ECM)	41
3.8 FUNCIONES DEL ECM	42
3.9 ENTRADAS DIGITALES	43
3.10 COMO FUNCIONA UN SENSOR ANALOGO	44
3.11 PROCESAMIENTO DE DATOS ANALOGOS	45
3.12 ENTRADA ANALOGA Y PROCESO A SALIDA DIGITAL	46
3.13 SEÑAL MODULADA POR ANCHO DE PULSO CONTRA SEÑAL MODULADA POR FRECUENCIA	46
3.14 MEMORIAS DEL ECM	47
3.15 CAL-PAK	48

3.16	MEM-CAL	49
3.17	ROM	49
3.18	RAM	49
3.19	PROM	49
4.	SISTEMAS DE INYECCION CONTINUA DE GASOLINA	51
4.1	INTRODUCCION	51
4.1.1	Esquema General de un Equipo de Inyección de Gasolina.	51
4.1.2	Inyección directa e indirecta, continua y espaciada.	53
4.1.3	Preparación de la Gasolina para ser consumida.	55
4.1.4	El aire	56
4.1.5	Condiciones que debe reunir un sistema de alimentación	57
4.1.6	Los sistemas de inyección	58
4.2	SISTEMA K-JETRONIC	59
4.2.1.	Circuito de Marcha Lenta	63
4.2.2.	Arranque en Frío	63
4.2.3.	Estudio de cada uno de los elementos que forman el K-Jetronic.	66
4.2.3.1.	Bomba eléctrica	66
4.2.3.2.	Acumulador	68
4.2.3.3.	Regulador de Mezcla	69
4.2.3.4.	Caja de Aire Adicional	78
4.2.3.5.	Regulador de Calentamiento	80
4.3	KE JETRONIC	82
4.3.1	Filtro de combustible	83
4.3.2	Regulador de presión	83
4.3.3	Válvulas de inyección.	84
4.3.4	Actuador electrohidráulico de presión	85
4.3.5	Válvulas de arranque en frío.	86
4.3.6	Interruptor térmico temporizado.	86
4.3.7	Sonda térmica del Motor.	87
4.3.8	Potenciómetro del plato-sonda	87
4.3.9	Interruptor de la mariposa.	88
4.3.10	Válvula adicional de aire.	88
4.3.11	Actuador rotativo de ralenti.	88
4.3.12	Unidad de control electrónico	89
4.3.13	Rele de mando	89
4.3.14	Catalizador.	90
4.3.15	Sonda - Lambda	90
5.	SISTEMA DE INYECCION INTERMITENTE DE GASOLINA	92
5.1	L - JETRONIC (EFI)	92
5.1.1	Ventajas:	92
5.1.1.1	Rendimiento elevado:	92
5.1.1.2	Menos Combustible	92
5.1.1.3	Rapidez de adaptación	93
5.1.1.4	Gases de escape poco contaminantes	94
5.1.2.	Tubo distribuidor o flauta.	95

5.1.3	Regulador de presión.	95
5.1.4	Inyector de combustible.	96
5.1.5	Medidor de caudal de aire	96
5.2	LE- JETRONIC	98
5.2.1	Termocontacto temporizado.	98
5.2.2	Circuito de admisión de aire	100
5.3	LH JETRONIC	100
5.4	MOTRONIC	101
5.4.2.	La Unidad Electrónica de Control.	104
5.4.3.	El subsistema de inyección de gasolina.	106
5.4.4.	El subsistema de encendido	106
5.5.	SISTEMA MONOPUNTO	111
5.5.1.	Diferentes sistemas monopunto	113
6.	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE INYECCION EN MARCAS MAS COMERCIALES	115
6.1.	HONDA	115
6.2.	TOYOTA	117
6.3.	FORD	120
	BIBLIOGRAFIA DE FIGURAS	123
	BIBLIOGRAFIA	124

LISTA DE FIGURAS

Página.

FIGURA 1.	Motor inglés de competición de la marca CONNAUGHT, de dos litros de cilindrada y de 1.953.	6
FIGURA 2.	Esquema del sistema de inyección de gasolina Bosch aplicado en los años cincuenta en algunos modelos de Mercedes Benz.	7
FIGURA 3.	Esquema de un sistema de inyección de gasolina de la marca American-Bosch, de finales de los años 50.	8
FIGURA 4.	Accionamiento de la bomba inyectora en el equipo American-Bosch de la Figura 3.	9
FIGURA 5.	Sistema de inyección de gasolina Ramjet, de la casa Chevrolet.	10
FIGURA 6.	Líneas de fuerza o campo magnético	39
FIGURA 7.	Atracción magnética	39
FIGURA 8.	Teoría Electrónica	40
FIGURA 9.	Teoría Convencional	40
FIGURA 10.	Señales Analógica y Digital binaria	41
FIGURA 11.	Logica básica del ECM	42
FIGURA 12.	Entradas digitales	43
FIGURA 13.	Sensor Analógico Típico de 3 cables	44
FIGURA 14.	Procesamiento de datos análogos	45
FIGURA 15.	Entrada analógica y proceso a salida digital	46
FIGURA 16.	Señal modulada por ancho de pulso contra señal modulada por frecuencia.	47
FIGURA 17.	Memorias del microporcesador	48
FIGURA 18.	PROM (Calibrador y Cal-Pak).	48
FIGURA 19.	Esquema que muestra la disposición clásica del montaje de un carburador en el motor.	52
FIGURA 20.	Esquema que muestra la disposición de inyección de gasolina.	53
FIGURA 21.	Ejemplo de inyección indirecta continua	54
FIGURA 22.	Ejemplo de inyección indirecta espaciada.	55

FIGURA 23.	La cámara de combustión resulta el centro básico del motor. Comparando con ella todas las demás partes.	56
FIGURA 24.	Esquema de funciones de cada uno de los elementos de que consta el equipo K-Jetronic de inyección de gasolina.	59
FIGURA 25.	Esquema general del K-Jetronic con todos su elementos de funcionamiento.	62
FIGURA 26.	Conjunto de los elementos que forman el K - Jetronic	65
FIGURA 27.	Vista de la composición interna de una bomba eléctrica de alimentación de combustible.	67
FIGURA 28.	Esquema de la bomba de combustible	68
FIGURA 29.	Constitución interna del acumulador.	69
FIGURA 30.	El acumulador en posición máxima de recorrido.	69
FIGURA 31.	Aspecto que presenta un regulador de mezcla de un sistema K-Jetr en el motor de un Vols, modelo Golf DTI	70
FIGURA 32.	Esquema del interior de un regulador de presión en posición de reposo.	70
FIGURA 33.	El regulador de presión en posición de funcionamiento.	71
FIGURA 34.	Aspecto real de los elementos que componen el interior de un regulador de presión.	73
FIGURA 35.	Gráfico indicador del valor de las presiones de acuerdo con la temperatura del motor.	73
FIGURA 36.	Esquema general del dosificador - distribuidor.	74
FIGURA 37.	Diferentes estados de funcionamiento de la válvula corredera de dosificación.	75
FIGURA 38.	Funcionamiento de la dosificación en el regulador de mezcla.	76
FIGURA 39.	Funcionamiento durante plena carga.	77
FIGURA 40.	Funcionamiento del medidor del caudal de aire.	77
FIGURA 42.	Puntos de reglaje de un plato sonda.	79
FIGURA 43.	Composición de una caja de aire adicional.	79
FIGURA 44.	Composición interna del regulador de calentamiento	81
FIGURA 45.	Funcionamiento del regulador de calentamiento.	81
FIGURA 46.	Componentes del sistema KE-Jetronic.	82
FIGURA 47.	Filtro de combustible.	83
FIGURA 48.	Regulador de presión.	84
FIGURA 49.	Válvula de inyección.	85

FIGURA 50.	Actuador electrohidráulico de presión.	85
FIGURA 51.	Válvula de arranque en frío.	86
FIGURA 52.	Interruptor térmico temporizado.	87
FIGURA 53.	Sonda térmica del motor	87
FIGURA 54.	Potenciómetro del plato -sonda.	87
FIGURA 55.	Válvula adicional de aire.	88
FIGURA 56.	Actuador rotativo de ralenti.	89
FIGURA 57.	Catalizador.	90
FIGURA 58.	Sonda - lambda.	91
FIGURA 59.	Componentes del sistema L-Jetronic	93
FIGURA 61.	Tubo de distribuidor.	95
FIGURA 62.	Regulador de presión.	95
FIGURA 63.	Válvula de inyección.	96
FIGURA 64.	Medidor de caudal de aire.	97
FIGURA 65.	Componentes mediciones eléctricas.	97
FIGURA 66.	Termocontacto temporizado.	99
FIGURA 67.	Componentes del sistema LH-Jetronic	100
FIGURA 68.	Componentes del sistema Motronic.	102
FIGURA 69.	Esquema de bloques de una unidad electrónica de control propia del Motronic	105
FIGURA 70.	Esquema de los componentes del sub-sistema de encendido en un equipo Motronic.	107
FIGURA 71.	Conjunto del distribuidor y bobina de encendido de un equipo Motronic.	108
FIGURA 72.	Cartografía compleja del encendido del Motronic	109
FIGURA 73.	Disposición de los captadores de rotación y referencia angular.	110

RESUMEN

Este proyecto consiste en elaborar un manual sobre inyección electrónica de combustible.

Para el buen desarrollo del manual se prosiguió en orden con los siguientes temas:

- La historia de los motores de gasolina
- Clasificación de los sistemas de inyección de gasolina
- Inducción a la electrónica
- Sistemas de inyección continua de gasolina
- Sistema de inyección intermitente de gasolina
- Diagnóstico del sistema de inyección en marcas más comerciales.

INTRODUCCION

Las nuevas técnicas y los nuevos procedimientos se van imponiendo poco a poco en el ya complejo mundo de la mecánica del automóvil. Con lentitud, pero con seguridad, los automóviles modernos van incorporando todos aquellos adelantos que tienen algo que ver con la economía de consumo y con la atenuación de la contaminación atmosférica, lo primero exigido cada vez mas por el comprador del vehículo y los años setenta estamos viviendo un importante progreso en la incorporación al automóvil de todas estas técnicas entre las que tiene un muy destacado papel la electrónica, y del mismo modo y combinando con ella en la gran mayoría de los casos, con los sistemas de inyección de gasolina que si bien fueron estudiados originariamente para los grandes motores de aviación, pronto se vio la eficacia que podrían aportar a los pequeños motores de explosión de los automóviles.

La inyección de gasolina comenzó a aplicarse con excelentes resultados en los motores de competición; paso muy pronto a los motores de los automóviles deportivos de serie y, acto seguido, se incorporo a los vehículos de alto standard de algunas marcas de automóviles punteras. El excesivo precio del equipo comparado con el modesto precio del carburador retrasó no poco su popularización, situación que solamente hacia mediados de los años ochenta se ha ido solventando. Sus ventajas, que quedaran explicadas a lo largo de las páginas de este manual, han hecho que se aumente el interés de los constructores por estos equipos, lo que a permitido la adopción de series mas numerosas de fabricación y con ella un abaratamiento del precio de venta.

El sistema de inyección de combustible mejora la economía del combustible al tener una distribución de la mezcla estequiométrica ideal de 14.7/1 aire/gas. Teniendo emisiones más controladas evaporativas de los gases en combustión. Hay un alto nivel de potencia del motor, el pulverizado o atomización del combustible esta mejorado y la admisión de aire ha sido incrementada.

Objetivos de la inyección:

En el motor, el sistema de inyección debe satisfacer los siguientes requisitos fundamentales:

1. inyectar la cantidad de combustible requerida por la carga aplicada al motor y mantener esta cantidad medida.
2. Atomizar el combustible hasta antes del punto muerto superior.
3. Distribuir el combustible dentro de toda la cámara de combustión.
4. Iniciar y terminar la inyección, instantáneamente.

1. HISTORIA DE LOS MOTORES DE GASOLINA

1.1 BREVE HISTORIA DE LA INYECCION DE GASOLINA

El sistema de alimentación por carburador acompañó al motor de explosión para el automóvil desde sus principios. Originariamente el motor Otto de cuatro tiempos se había fabricado para consumir gas y cuando se trató de encontrar un motor autónomo que pudiera desplazarse como es necesario en cualquier vehículo, se tuvo que buscar un combustible que fuera de fácil transporte y de alto poder energético. La idea que se impuso en los ingenieros de los años finales del siglo XIX consistía en calentar la gasolina, que era y es muy volátil, y hacer que una corriente de aire arrastrara estos vapores hacia el interior del cilindro. Con ello se sentaban las bases del carburador sin abandonar la filosofía propia de los motores de gas estacionarios de su época. De este estilo fueron los carburadores que ideó Gottlieb Daimler para sus primeros motores ligeros y autónomos.

La idea de inyectar el combustible es, sin embargo, también muy antigua, ya que fue uno de los problemas que tuvo que resolver Rodolfo Diesel para poner a punto su famoso motor; pero hemos que adelantarnos a decir que los problemas de la inyección Diesel no tienen prácticamente nada que ver con los problemas de la inyección de gasolina dada la diferencia que existe en el modo de producirse el encendido en ambos tipos de motores. Pero en todo caso, y en una reseña histórico, hay que recordar que hacia 1893 la idea de la inyección ya tenía presencia en el mundo técnico.

Desde un punto de vista práctico no puede hablarse de inyección de gasolina hasta que los grandes fabricantes de motores de explosión para la aviación comenzaron a interesarse por este nuevo procedimiento. Como es bien sabido y puede deducirse de lo que hemos explicado anteriormente sobre las características teóricas que debe reunir la mezcla gasolina/aire, la aviación fue la primera en encontrarse con serios problemas de carburación

cuando los aviones empezaron a elevar su techo. En efecto: debido a la diferencia de peso que experimenta el aire con respecto a la altura y en los sistemas de carburador esto era una verdadera pesadilla para los técnicos. teniendo en cuenta que un motor perfectamente puesto a punto de carburación al nivel del mar pierde un 50% de su potencia cuando está funcionando a unos 5.400 mts de altura ya se ve el gran reto que los técnicos tenían planteado. Porque además, no hay que perder de vista que en aviación el motor precisaba rendir al máximo en el ascenso pero también durante el travesía. Después de la primera guerra europea, en la que los aviones comenzaron a subir su techo de vuelo, los técnicos tuvieron que ingeniárselas para compensar la falta del llenado de los cilindros por falta de presión atmosférica que fue en principio el mas grave de los problemas planteados. De ahí nacieron los trabajos realizados con los compresores por medio de los cuales se conseguían resultados cada vez mas apreciables llevados a cabo por casas punteras en los estudios técnicos como eran la MERCEDES BENZ, la FIAT, RENAULT, etc.

Poco antes de iniciarse la segunda guerra mundial la MERCEDES BENZ ya había experimentado bastante en los motores de aviación con unos sistemas de inyección de gasolina que fueron puestos en práctica hacia 1935 en colaboración con la empresa BOSCH por primera vez. Pero el desarrollo de estos equipos tendría que darse durante la misma guerra citada y siempre, por el momento, en el campo de aviación.

Una vez terminada la guerra las patentes alemanas fueron confiscadas y las relativas a este tema pasaron a poder de la fábrica americana BENDIX que también desarrolló por su cuenta sistemas de los que se derivan los que tenemos en la actualidad, aun cuando en América también se había aplicado la inyección de gasolina en la aviación durante la guerra.

La primera aplicación de la inyección de gasolina al campo del automóvil de la que se tiene noticia se produjo en 1948 dentro del grupo de fabricantes de automóviles alemanes que formaban la GDA, asociación en la que figuraban marcas que habían sido de gran prestigio antes de la guerra como la HANSA, la NAG y la GCUATH. Estas marcas, a las que se les unirían después de la EORWARD, la LLOYD, etcétera, establecieron un plan de investigación común para la realización de automóviles de muy bajo costo de adquisición, con motores muy económicos de mantenimiento y consumo, tal como lo requería el

caótico estado en que quedó la industria alemana después de su derrota. a consecuencia de ello se investigó seriamente en los sistemas de inyección de gasolina y se creó un modelo prototipo, que funcionaba en 1948, provisto de un sistema de inyección directa cuyo desarrollo se encomendó a la GOLIATH pero que no tuvo mayor trascendencia.

Los estudios, sin embargo, no quedaron paralizados y tanto alemanes como ingleses y americanos fueron investigando cada vez con mayor futuro sobre estos sistemas. En 1954 la casa MERCEDES BENZ lanzó al mercado su primer automóvil de serie provisto de inyección de gasolina, el famoso modelo de gran turismo 300 SL. Al año siguiente lo hacía la marca inglesa JAGUAR y los norteamericanos sacaban el modelo CORVETTE de la CHEVROLET también muy poco después.

En el terreno de la competición la inyección de gasolina se había puesto en práctica bastante antes. Un motor de la marca OLDSMOBILE, de competición, que ya va provisto de este sistema a principio de los años cincuenta, preparado para una carrera. En 1949 apareció por primera vez en Indianápolis un motor OFFENHAUSER que llevaba un sistema de inyección de gasolina indirecta semejante al anterior. También puede apreciarse con mayor detalle la disposición de este sistema en un motor de competición británico que nos muestra la Figura 1. Se trata de un CONNAUGHT que corría en competiciones en 1953 y que iba provisto de un sistema de inyección, de inspiración americana, cuyos componentes se muestran en la Figura 1.

Salvo los casos citados del MERCEDES, el JAGUAR modelo D Type y el CHEVROLET, hasta 1961 se tendrá que esperar para comenzar a ver modelos de serie provistos de estos sistemas de inyección de gasolina. Por estas fechas y durante todos los años sesenta comienzan a aparecer modelos especiales de serie que utilizan esta técnica. PEUGEOT adopta un equipo del fabricante KUGELFISCHER para su modelo, entonces de gran éxito, el 404, situación que también adopta la LANCIA para su modelo FLAVIA 1800, además de FERRARI para su Dino 246 S, MASERATI para el 3.500 GT, que adoptará un sistema de inyección de la casa inglesa LUCAS, el cual se aplica también en los TRUMPH 2000, etcétera, etcétera.

A partir de la década de los sesenta la aplicación de la inyección de gasolina fue cada vez mas popular en casi todas las marcas importantes fabricantes de automóviles. Eran raras las que no disponían de algunos modelos de élite que no estuvieran equipadas con este sistema. Pero

entre todas cabe destacar la importante adhesión al sistema llevado a cabo por la alemana B.M.W. que ha llegado a incorporar los más sofisticados adelantos en el terreno de la inyección de gasolina para sus coches de serie.

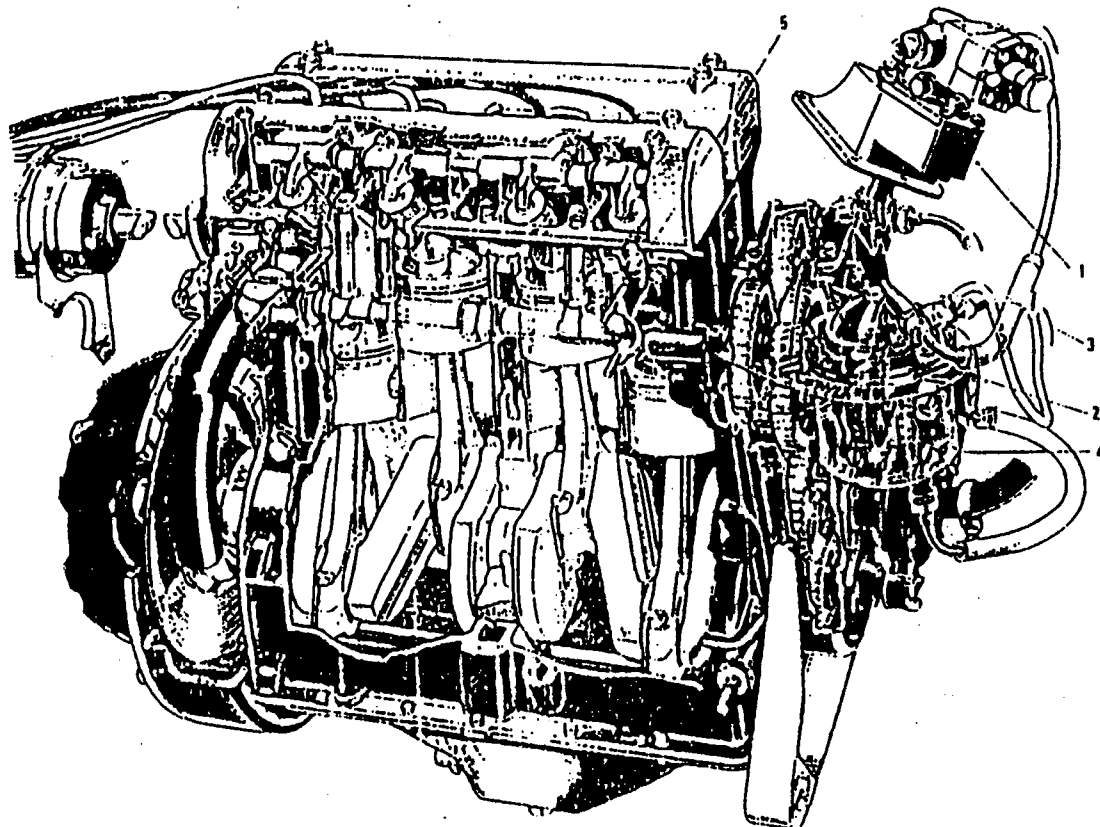


FIGURA 1. Motor inglés de competición de la marca CONNAUGHT, de dos litros de cilindrada y de 1.953.

En la Figura 1: el motor va provisto de inyección de gasolina. 1. bomba de combustible. 2. Bomba de inyección. 3. Conducto de retorno del combustible. 4. litro. 5. Inyector.

La verdad es que los antiguos sistemas de inyección eran bastante incompletos para las necesidades del motor y para el futuro que a esta técnica podía predecirsele. En los años cincuenta la inyección de gasolina era una aplicación casi directa de un equipo de inyección Diesel. En la Figura 2 tenemos un breve esquema de una de las primeras instalaciones de este tipo en un motor MERCEDES BENS, modelo 300 SL para quien conozca los que es la inyección Diesel verá que se trata de una bomba en línea (1) de tipo BOSH que recibe el combustible de

depósito (2) a través de un filtro (3) y que inyecta gasolina a un inyector (4) directamente en el interior de la cámara de combustión. La originalidad del sistema se produce a través de un mecanismo muy rudimentario de dosado constituido por el pedal del acelerador que actúa simultáneamente sobre la cantidad de combustible inyectado y la entrada del aire, es decir controla la posición de la cremallera de dosado de la bomba al mismo tiempo que la posición de la válvula de mariposa de entrada del aire. El sistema no puede ser mas sencillo, pero dudosamente mejor que lo que consigue el carburador en el terreno del dosado de la mezcla.

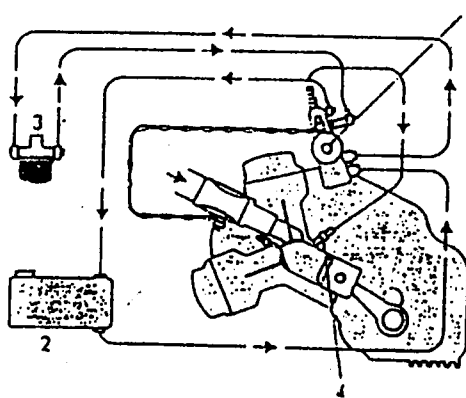


FIGURA 2. Esquema del sistema de inyección de gasolina Bosch aplicado en los años cincuenta en algunos modelos de Mercedes-Benz.

En la Figura 2: 1, bomba de Combustible. 2, deposito de gasolina . 3, filtro de combustible. 4, inyector.

La utilización de la bomba rotativa dio un sesgo nuevo a los sistemas de inyección de gasolina. Veamos un ejemplo más elaborado en las Figuras 3 y 4 que vamos a comentar. se trata de una instalación preparada por la AMERICAN BOSCH para motores estadounidenses. En la Figura 3 tenemos una distribución general de los componentes. En 1 tenemos el depósito de combustible y en 2 la bomba de alimentación que bombea el combustible desde el deposito al filtro (3) muy importante en todo sistema de inyección para conseguir la eliminación de todo tipo de impurezas que podría atascar o deteriorar los conductos de paso de bomba o inyectores. Después de filtrado, el combustible pasa a la bomba de inyección (4) la cual describiremos en la Figura 16. Por el momento vemos que la gasolina es bombeada por el inyector (5) colocado en el conducto de

admisión, muy cerca de la válvula, por lo que se trata de un sistema de inyección indirecta. El combustible sobrante pasa por el conducto 6 de rebose de nuevo a vertirse en el depósito de combustible.

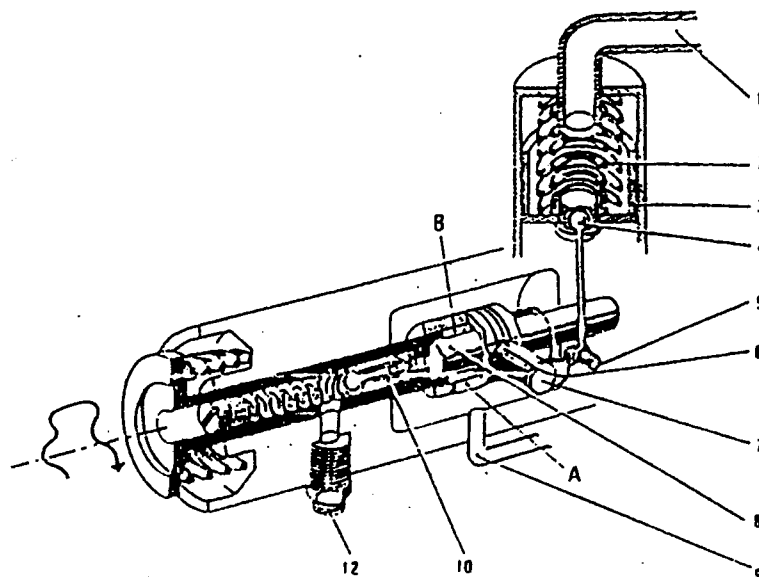


FIGURA 3. Esquema de un sistema de inyección de gasolina de la marca American-Bosch, de finales de los años 50.

En la Figura 3: 1, depósito de combustible. 2, bomba de combustible. 3, filtro. 4, bomba de inyección. 5, inyector. 6, conducto de rebose. 7, mariposa de paso de aire. 8, tubo de depresión. 9, regulador neumático. 10, pedal acelerador. 11, tornillo de ajuste del ralenti. 12, cápsula termostática. 13, estérter.

En 7 se encuentran todos los elementos de dosificación o sea los que han de producir el mando de la bomba para conseguir la mezcla correcta. De entre ellos el mas importante es el tubo de depresión (8) que va a parar a un regulador neumático(9) cuyo funcionamiento explicaremos muy pronto.

Los demás elementos que están dibujados son: el pedal acelerador(10) desde el que se accionan las mariposas del colector de admisión para dar paso al aire; su tornillo de reglaje del ralenti(11), en el lado opuesto, los componentes de un sistema de arranque y funcionamiento con el motor frío, compuesto por una cápsula termostática (12) que se halla colocada en el tubo de escape en contacto directo con la temperatura del motor, la cual,

por medio de un juego de palancas actúa sobre una variante de estérter (13) que se encuentra en contacto con las mariposas de la admisión. Este era el conjunto de componentes del que es importante destacar el conjunto de la bomba que vamos a ver en la Figura 4.

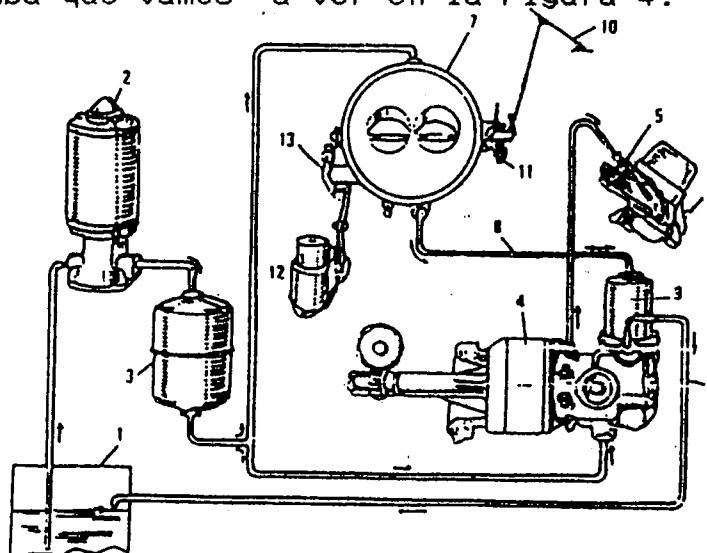


FIGURA 4. Accionamiento de la bomba inyectora en el equipo American-Bosch de la Figura 3.

(los números están indicados en el texto).

En la Figura 4 tenemos el esquema de una bomba inyectora que guarda buen parecido con las bombas rotativas Diesel que utiliza la marca Bosch con el sistema de pistón deslizante y cuya compresión será muy fácil para quienes conozcan sistemas similares utilizados por Bosch.

En la Figura 4: 1, Conducto donde se produce la dosificación. 2, muelle. 3, émbolo. 4, biela. 5, 6, 7, mecanismo de sujeción. 8, pistón. 9, entrada de la gasolina. 10, válvula de impulsión. 12, conducto.

Para finalizar veamos otro de los sistemas de inyección de gasolina de los años cincuenta en la Figura 5. Se trata del sistema Ramjet que utilizó Chevrolet para el ya citado modelo de coche deportivo Corvette y que resulta conveniente conocer como curiosidad. Fue desarrollado por la importante casa de carburadores Rochester, de la General-Motors, y su funcionamiento puede resumirse así: La alimentación de combustible se efectúa por un sistema normal de bomba eléctrica y llega por A al interior de una cuba en donde una boya (B) mantiene un nivel constante por un sistema semejante al

utilizado en los carburadores. Sumergida en la parte inundada por la gasolina se encuentra una bomba de engranajes (C) encargada de bombear a elevada presión la gasolina hacia el deposito distribuidor(F) a través del conducto (D) y salvando la oposición de la válvula de Bola (E). Una vez levantado el embolo del deposito distribuidor (F) el combustible puede seguir el conducto de inyección (G) desde el que se transportará ya a los inyectores colocados en el colector de admisión.

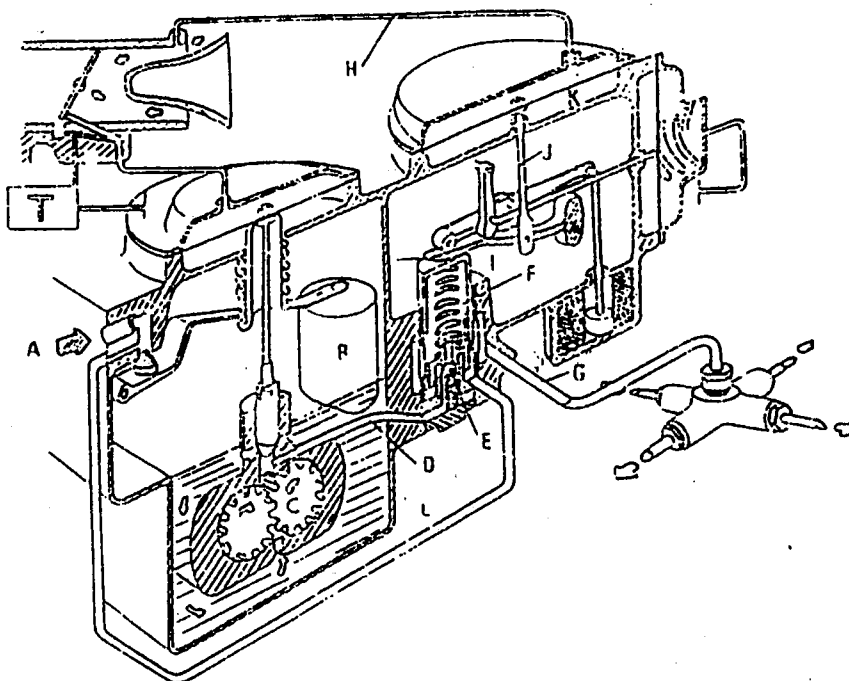


FIGURA 5. Sistema de inyección de gasolina Ramjet, de la casa Chevrolet.

La dosificación de la mezcla se produce de la siguiente manera: la depresión en el conducto de entrada del aire regido por mariposa se transmite a través del conducto de vacío(H) hasta la parte del dispositivo donde un diafragma (K) controla la posición de la aguja (J) que modifica la posición de la palanca(I) y con ello las características de la cámara del depósito (F) . Con ello se disminuye la cantidad aportada de gasolina que esta de acuerdo con la cantidad de depresión existente en la zona de la mariposa. Cuando hay un exceso de combustible éste penetra a través de conducto(L) de entorno, volviendo de nuevo a la cuba. En cuanto a la presión de la bomba, está regulada por otra cápsula de vacío por medio de la cual se puede retornar el combustible bombeado al interior de la cuba, tal como se aprecia en el dibujo.

Este es, en líneas muy generales, el funcionamiento de este sistema Ranjet.

Al analizar los procedimientos propios de los primeros tiempos de aplicación de la inyección de gasolina, pronto podremos darnos cuenta de los muchos defectos que presentan. Es muy difícil que por procedimientos semejantes se consigan dosificaciones superiores en la precisión a las que conseguían los carburadores de la época y desde luego la adaptación de este sistema no aportaba soluciones convincentes por el precio del equipo, la dificultad de puesta a punto y la complicación del dispositivo. Consecuentemente, habrían de pasar todavía algunos años hasta conseguir los equipos que comenzaran no solamente a ser fiables sino a presentar las distancias que hay a los equipos actuales de inyección provistos de mandos electrónicos, de todas las instalaciones convencionales que utilizan el carburador.

Si bien las primeras patentes de aplicación de la electrónica a un equipo de inyección de gasolina datan de 1956 y fueron inscritas a nombre de la firma americana Bendix, diez años mas tarde la casa alemana Bosch, que ya había sido la pionera en los sistemas de inyección Diesel, logró poner a punto una buena gama de modelos de inyección electrónicos mediante los cuales se ha impulsado muy decididamente la penetración en el mercado de esta clase de equipos. A ellos vamos a referirnos con referencia en los próximos capítulos dada la ya importante popularidad que van adquiriendo. También la casa inglesa Lucas ha realizado buenos productos y otras de las pioneras, la Kugelfisher se mantiene también con buenas realizaciones. Cuando se consiga abaratar los precios de estos equipos puede profetizarse que su utilización se ira haciendo cada vez mas y mas popular. De modo que los mecánicos deben conocer cuál es su funcionamiento y la forma práctica de hacer las reparaciones a las que puede accederse sin ser un especialista. De ello vamos a tratar a partir de ahora en las páginas que seguirán.

2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE INYECCION DE GASOLINA

Si se hace una clasificación general de los sistemas de inyección de gasolina que se encuentran en la actualidad montados en los motores de explosión de los automóviles veremos que se tendrá que destacar, en primer lugar, el sistema utilizado para el control de la dosificación como un primordial criterio. Desde este punto de vista tenemos los sistemas de inyección mecánicos y los sistemas de inyección electrónicos. Por supuesto en ambos casos existen una serie de elementos comunes, pero es muy definitivo en la misma naturaleza del sistema la forma que se realiza el control de la dosificación.

Para clarificar las ideas y tener un concepto de las siglas que utiliza en sus sistemas la casa Bosch, vamos a destacar, en la siguiente tabla el origen de cada uno de los sistemas Jetronic, que son la base de la producción de la casa alemana.

TABLA 1. Marcas Comerciales de Sistemas de inyección de gasolina.

Sistema Mecánico	Sistema Electrónico	Sistemas Modernos
K-Jetronic	D-Jetronic	Motronic
	L-Jetronic	
	LB-Jetronic	
	LE 1-Jetronic	
	LE 2-Jetronic	
	LE 3-Jetronic	
	LH-Jetronic	

Resulta conveniente recordar estas siglas de cada uno de los sistemas para tener rápidamente una orientación sobre la forma mecánica o electrónica de su control. Dentro de los sistemas electrónicos los hay de mayor o menor complejidad, tema del que nos ocuparemos con detalle mas adelante.

También hay que destacar la existencia de equipos que son difícilmente encuadrados en una tabla como la anterior. Por ejemplo tenemos el KE-Jetronic que viene a ser un sistema mixto en el que la electrónica aporta algunas mejoras al sistema clásico mecánico propio de todos los K-Jetronic. Por otra parte, la casa Bosch fabrica también un equipo muy completo que integra todo el sistema de encendido. Una unidad electrónica de control se hace cargo de distribuir ordenes de acuerdo a no solamente con lo relativo a la inyección de gasolina sino también en la producción y momento del salto de la chispa.

Este equipo recibe el nombre de Motronic y constituye un equipo de alta tecnología que va mas alla de lo que se entiende por inyección de gasolina.

Por último, cabe destacar otro tipo de equipo de alimentación de combustible que recibe el nombre de Mono-Jetronic y que participa de las características de un carburador y de un equipo de inyección, estando en la frontera entre uno y otros sistemas, aun cuando hay que decirlo en honor a la verdad, participa de la filosofía de la inyección de gasolina pues la mezcla no es producida por la depresión del aire sobre un surtidor sino por la inyección de la cantidad de gasolina precisa por parte de este surtidor de acuerdo con el paso del aire.

Este producto no obstante es difícil de clasificar en la anterior tabla aun cuando la electrónica también facilite su funcionamiento.

Cada uno de estos sistemas los vamos a estudiar a continuación y los siguientes , comenzando primero por los de inyección mecánica como es el caso de K-Jetronic.

2.2. DENOMINACION COMERCIAL DE LOS SISTEMAS DE INYECCION DETERMINADO POR CADA MARCA DE VEHICULOS

2.2.1. Sistema de inyeccion mecanica directa bosch

Provistos de abundante experiencia adquirida en época de guerra con motores de cuatro tiempos, enfriados por agua, con inyección de gasolina, los ingenieros de la Mercedes-Benz, que trabajaban bajo la dirección de Max Wagner , iniciaron en 1946 experimentos con inyección directa en el motor de cuatro cilindros, de 1767 cc (centímetros cúbicos), montado en el auto tipo 1709 V, utilizando componentes Bosch y Mercedes Benz. Con su carburador estándar, este motor tenía un rendimiento específico de 39.5 hp por litro. Convertido a inyección de combustible, llegó a rendir 45 hp por litro y el consumo de combustible bajó notoriamente en la escala de bajas rpm.

2.2.1.1 Inyección directa de combustible y motores de dos tiempos. Los directores de Bosch pusieron a Voit y Stoll a trabajar en la inyección de combustible, para superar las peores desventajas del motor de dos tiempos: su desordenado control de flujo de gas, que ocasionaba desperdicio de combustible y pérdida de energía.

Otra desventaja del motor de dos tiempos era su falta de un sistema adecuado de lubricación. La mayoría de lo fabricantes simplemente eludían el problema diciendo a los usuarios que mezclaran cierta cantidad de aceite lubricante en el combustible, lo cual tapaba los surtidores de los carburador, y producía humos sucios y malolientes en el escape.

En 1951, Bosch había desarrollado una tobera o boquilla de inyector que se convirtió en la base para los sistemas posteriores de alta presión. Esto era lo que la industria había estado esperando y la adoptaron inmediatamente dos compañías de autos. El Guttbrod Superior 700 Luxus de 1951 y el Goliath Gp 700 sport tenían motores de dos cilindros, de dos tiempos, equipados con inyección de combustible directa de Bosch.

Los toberas o boquillas del inyector estaban insertadas en la cabeza del cilindro al lado de las bujías, con la inyección calibrada para empezar en el punto muerto inferior. El ángulo y forma del rocío se diseñaron para obtener la máxima ventaja de la turbulencia natural en el motor de dos tiempos, a fin de ayudar al proceso de combustión.

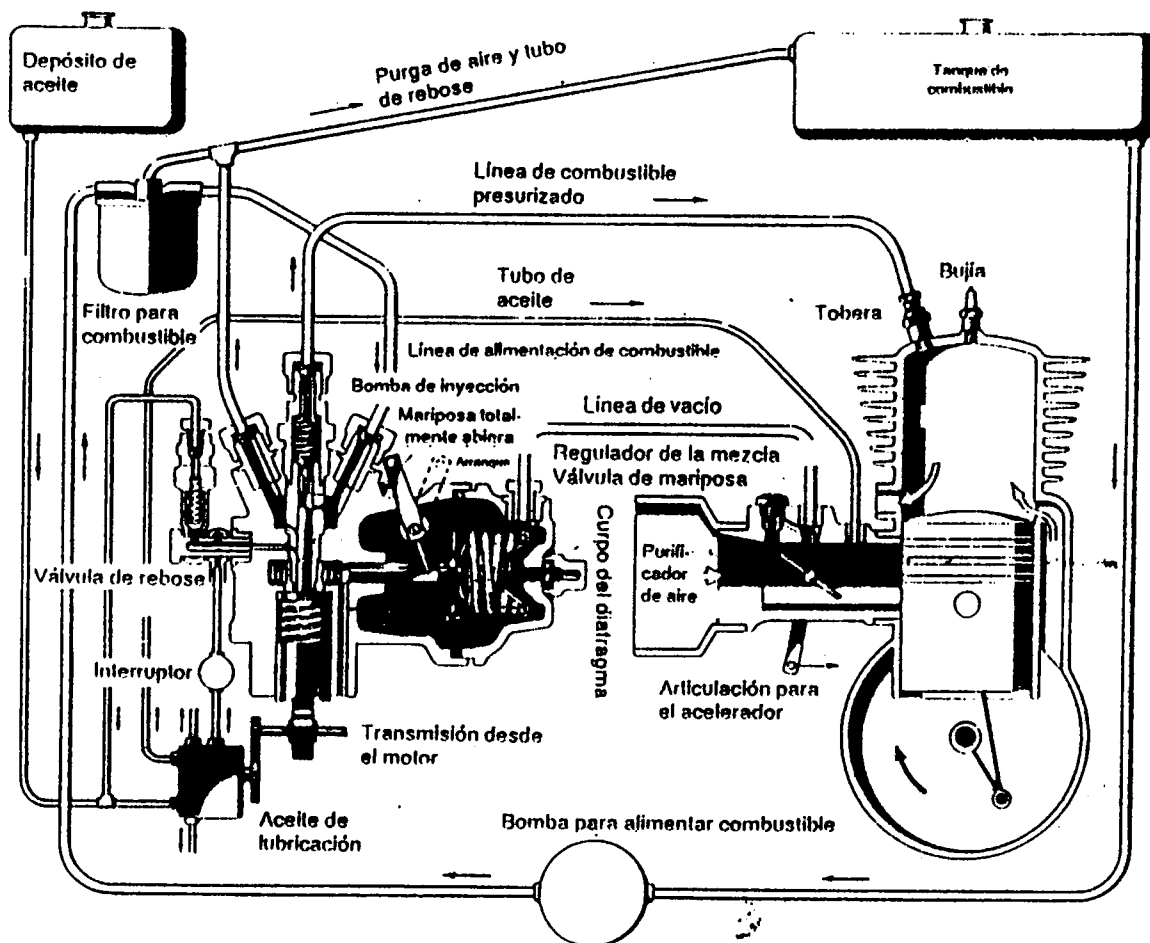


FIGURA 5B. Esquema del sistema de inyección directa Bosch para motores de dos tiempos.

La bomba de inyección consistía en una unidad de dos émbolos, activados por una excéntrica y un levantador con un seguidor de leva de cojinete y de rodillos. La carrera efectiva del émbolo variaba debido a un regulador neumático que consistía en un diafragma conectado al múltiple de entrada, muy cerca detrás de la placa del estrangulador.

En ambos casos, el sistema de lubricación estaba completamente separado de la inyección de combustible.

Los sistemas de lubricación del motor tenían una bomba para alimentar el aceite, construida como parte integral de la bomba de inyección de combustible. Alimentada directamente al múltiple de admisión cantidades de aceite medidas con gran precisión, donde el aire recogía el aceite y lo depositaba en el interior del motor. Además, el motor Gutbrod tenía dos surtidores de aceite que lo suministraban directamente a los cojinetes del cigüeñal.

2.2.1.2 Inyección directa de combustible y motores de cuatro tiempos. Mercedes-Benz 300SL. El trabajo de experimentación con la inyección directa de combustible en el motor de automóvil de la serie 300, M/186, de tres litros, seis cilindros, cuatro tiempos, comenzó en 1952 en los laboratorios de los motores Mercedes-Benz, con la ayuda de Bosch.

Copiaron las toberas o boquillas de inyección del tipo de dos tiempos, y Volt y Stoll, ayudados por Heinrich Knapp, un joven ingeniero de mucho talento, desarrollaron la bomba de inyección de alta presión de seis émbolos, en línea. Un encargado de pruebas del departamento de motores de carrera, Heinz Lamm, hizo la adaptación de motor del Mercedes-Benz. A fines de 1952 empezó a rodar un prototipo de 300 SL, con inyección de combustible.

Este fue el gran golpe de un diseño espectacular que intentaron hacer con el Mercedes Benz lo que XK-120 había hecho por Jaguar. Sin embargo, el 300 SL era mucho más radical con una estructura espaciosa, tipo auto de carreras, y un diseño avanzado con un sistema de suspensión independiente.

La razón del interés en la inyección de combustible resultaba obvia: los ingenieros querían elevar la proporción de la compresión sin que hubiera detonación. No trataron de obtener más economía de combustible al desplazarse con mezclas más pobres, sino que optaron por la combustión rápida y eficiente de una mezcla estequiométrica mientras el pistón estaba en el área del punto muerto superior.

La forma inusual de la cámara de combustión M-186 tenía algo que ver con la respuesta del motor a la inyección de combustible. La cara inferior de la cabeza del cilindro, de una aleación ligera, era plana, y la cámara se formaba dentro del cilindro. Las bujías se atornillaban en el lado del monoblock no en el cabezal.

MERCEDES BENZ W-196 Y EL 300 SLR

El trabajo de diseño sobre el auto de carreras W-196 Grand prix comenzó en 1952, mientras el equipo lanzaba una campaña publicitaria del 300 SL Coupé. Los principales competidores (Ferrari, Maserati, Gordini a los que pronto se uniría Vanwall) estaban logrando alrededor de 100 hp/litro en sus motores con carburador múltiple de 2500 cc Fritz Nallinger, Director Técnico de Mercedes Benz, quería superar esa cifra con un margen notable. Contaba con un presupuesto generoso y podía abocarse a explorar las tecnologías más sofisticadas disponibles.

La compañía de Nallinger tenía experiencia suficiente en la inyección de combustible, sentía que para un motor de carreras no supercargado, de cuatro tiempos, que requería una amplia escala de velocidades, podría prepararse una mezcla uniforme mejor, independientemente de las rpm y la carga, con inyección directa de gasolina al cilindro. Con tal arreglo, él también esperaba que el motor ofrecería un torque satisfactorio en toda su escala de velocidades. Con una dosificación precisa del combustible en cada cilindro, estaba seguro que obtendría presiones iguales en los cilindros, como para permitir la carga de los mismos hasta el límite mismo.

Cuando el W-196 se registró para su primera carrera, el Grand Prix del Automobile Club de France, en Reims, en julio de 1954, el motor tenía un rendimiento máximo de 268 hp a 8250 rpm. A fin de temporada, estaba logrando 280 hp. En Mónaco, en 1955, disponía de no menos de 290 hp a 8700 rpm.

Durante el invierno de 1954-55, se preparó una versión de tres litros (W-196S) para instalarse en los autos deportivos SLR, que ganaron el campeonato mundial de autos deportivos en 1955. Con una relación de compresión de 9.0:1 logró 305 hp a 7400 rpm con gasolina de alto octanaje.

BORGWARD 1500 RS

Convencido con el ejemplo de Mercedes Benz y del BMW (que adoptó la inyección directa de combustible Bosch para sus motores de dos cilindros gemelos de cuatro tiempos, para motocicletas de carreras enfriados por aire) Borgward desarrolló la inyección directa, con componentes y ayuda técnica de Bosch, para un motor de cuatro cilindros, cuatro tiempos, dieciséis válvulas, de su auto deportivo 1958, el 1500 RS.

La tobera del inyector estaba montada en el perfil de la cámara de combustión con cubierta de agua. La bomba de inyección era accionada desde la parte posterior del árbol de levas de entrada, pero se sustituía para el arranque con una bomba eléctrica, que luego se desconectaba manualmente, cuando el motor ya estaba funcionando.

Con una relación de compresión de 10.2:1 este motor de 1,5 litros, basado en la unidad de producción de TS de Isabella logró 140 hp. Los ingenieros de la Borgward encontraron fallas de material cuando ensayaron proporciones más elevadas de compresión, pero al trabajar en las pulsaciones del flujo de gas y adaptar las bujías en cada cilindro, pudieron alcanzar 160 hp. Sin embargo, sentían temor por la durabilidad de esta versión y evitaron subir colinas y las carreras e aceleración.

La mejor lectura del dinamómetro para el 1500 RS en condiciones de laboratorio, era equivalente a 172 hp. Tristemente, no hubo secuela. Cualquier influencia que hubiera tenido el 1500 RS en los productos futuros de Borgward se hubiera evaporado cuando la compañía quebró y fue liquidada en 1961.

En Bosch, un ingeniero llamado Otto Eberle, inició pruebas con la inyección en lumbrera o puerto y propuso una solución. Como de costumbre, Hendrich Knapp, se encargaba de supervisar las pruebas y el trabajo de desarrollo.

El sistema inicial de inyección en la lumbrera se reservó estrictamente para los autos más caros. Primero se lanzó para el Mercedes Benz 300 d modelo 1957, una limusina larga (5.19 m) pesada (15950 Kg) de prestigio, impulsada por un motor de tres litros, seis cilindros, que habían servido de base para el 300 SL.

Este auto se llamó 300d para indicar que era el cuarto de la serie, después del 300a de 1951, 300b de 1954 y 300c de 1955. (los modelos diesel se identificaban por una D mayúscula, como 180 D 7 190D). La relación de compresión se aumentó de 7.5 a 8.55:1 y el rendimiento subió de 125 hp a 4500 rpm (en el 300c) hasta 160 hp a 5300 rpm. La potencia aumentó de 220.7 a 237.4 Nm, pero el pico de la curva de potencia se desplazó (en la dirección equivocada) de 2600 a 4200 rpm.

2.2.1.3 Inyección intermitente en lumbrera o puerto.
Mercedes Benz: Apenas habían entregado el sistema de inyección del 300d para su producción en serie, cuando

Ebele Knapp y sus ayudantes en Bosch, comenzaron a explorar todas las formas imaginables para simplificar el sistema de inyección de combustible, con el fin de hacerlo accesible a los automóviles que se producirían en gran escala.

PORSCHE

Porsche hizo sus primeros experimentos con la inyección Bosch en un motor de cuatro cilindros, horizontal, de 1500 cc, en 1951, pero se dieron por vencidos. Diez años más tarde llevo a cabo unas pruebas con el sistema Kugelfischer en varios motores de experimentación y de carreras, pero sin ningún resultado para los modelos en serie. Poco más tarde, Michael May, un brillante ingeniero suizo contratado como consultor por la Porsche, ensayó un nuevo enfoque de la inyección directa con inyectores capilares en un motor Carrera, de cuatro levas, pero nunca salió del laboratorio.

Finalmente, Porsche optó por el sistema intermitente de inyección en lumbrera tipo Bosch para el auto de carreras tipo 906 que se preparó para el Targa Florio en 1966. Paul Hensler llevó a cabo su instalación y desarrollo.

Con una relación de compresión de 10.4:1 esta unidad untracompacta producía 350 hp a 8400 rpm, con un par pico de 312 Nm a 6600 rpm. Para 1969, todos los autos 908 del equipo Porsche tenían inyección en la lumbrera tipo Bosch.

Luego salieron los primeros modelos en serie con inyección de combustible, 911E, 911S y 911R. El porsche utilizaba una bomba de inyección de 6 émbolos, de doble fila alimentada con bombas eléctricas gemelas de combustible. En su modesta proporción de compresión 8.6:1 el carburador gemelo 911T no produjo más de 110 hp a 5800 rpm y su par mas alto fue 157 Nm a 4200 rpm.

Aunque parezca increíble, el porsche se quedó atrás en la revolución tecnológica: la electrónica. El Mercedes Benz comenzó a cambiar a la inyección electrónica de combustible con el 280 E deportivo en 1968.

Cuando el Porsche utilizó al nuevo sistema, a mediados de 1973, su auto fue el 911T de 2.7 litros, todavía no era electrónico. Fue una versión del K-Jetronic de Bosch al que Porsche llamó CIS (Sistema de inyección Continua).

2.2.2 Inyección de combustible Kugelfischer

El primer auto equipado en lumbrera de presión media Kugelfischer, fue el Peugeot 404C de 1962, Super Luxe. Tenía un motor de 1618 cc. con válvulas a la cabeza, de cuatro cilindros inclinados. En su forma básica este motor utilizaba un carburador Solex, produciendo 80 hp a 5600 rpm, con un convertidor de par pico de 133.3 Nm a 5600 rpm. Cuando se instaló la inyección Kugelfischer, se elevó la compresión de 8.3:1 a 8.8:1 y su rendimiento llegó a 96 hp, en 5700 rpm con su correspondiente elevación en el par hasta 141.2 Nm a 2800.

Luego vino el Lancia Flavia 1.8 modelo 1966, cuyo motor de cuatro cilindros y válvulas a la cabeza, en plano horizontal, normalmente (sin el Solex de dos gargantas) suministraba 92 hp a 5200 rpm. Con inyección de combustible pero la misma relación de compresión 9.0:1, daba 102 hp también a 5200 rpm. Su par pico aumentó de 147 Nm a 3000 rpm hasta 153.3 Nm a 3500 rpm. A principios de 1969, cuando los modelos 504 de Peugeot sustituyeron a los 404, se adaptó el mismo sistema de inyección Kugelfischer al motor más grande de 1.8 litros. Este desplazamiento del motor aumentó hasta dos litros en 1972, el Peugeot mantuvo la producción del motor de inyección de motor PRV V-6 con un carburador. (Lancia había vuelto a utilizar los carburadores en el Flavia 1970, cuando el tamaño de su motor llegó a 2 litros.)

La aplicación más popular de la inyección Kugelfischer, se vio en el BMW 2000 TII, del cual se produjeron 46000 unidades de 1970 a 1975. El motor de cuatro cilindros de una leva en la cabeza de dos litros, rindió 130 hp a 5800 rpm, dando al auto una velocidad tope de 185 kph.

En 1974, Bosch se hizo cargo del departamento de inyección de Kugelfischer. Desde entonces, el sistema Kugelfischer se ha utilizado en autos de carreras.

En comparación con el sistema contemporáneo de inyección Bosch, el de Kugelfischer era tal vez menos exacto. Su mérito radica principalmente en su sistema de regulación mecánica genialmente sencilla. Peugeot decidió instalar el fuel injection Kugelfischer debido a la economía de combustible. En pruebas con motores de dos tiempos fuera de borda, Kugelfischer informó sobre el ahorro de combustible hasta del 40%. Otras pruebas mostraron que se habían obtenido mejoras hasta de 15% en la transmisión real y que la economía era todavía mayor a alta velocidad.

Kugelfischer también vendió sus sistemas basándose en la fuerza de sus ventajas, capacitando a sus ingenieros para que elevasen la potencia del motor. Además de la posibilidad de aumentar la compresión más allá del límite de detonación de la versión con carburador del mismo motor, la exactitud de la dosificación de combustible aseguraba una curva de par mejorada y una ausencia de partes planas en la escala de velocidad de operación. Las recientes aplicaciones en carreras, con equipos Kugelfischer fabricados por Bosch, han sido en motores de 4 tiempos enfriados por agua.

Tanto Renault como BMW experimentaron con equipo kugelfischer antes de retirarse de la carrera Grand Prix (BMW después de la temporada de 1984, Renault un año después). Renault había utilizado inyección de combustible Licas, en el V-6 de dos litros que jalaba aire de la atmósfera, en los prototipos 1977-78 que participaron en la carrera de Le Mans, pero para el motor del Grand Prix 1500 cc turbocargado, utilizó la inyección de combustible Kugelfischer. En poco tiempo, los ingenieros de la Renault, Bernard Dudot y Francois Costaing, lograron de 375 a 400 hp por litro y con ello iniciaban la era turbo en la carrera Grand Prix.

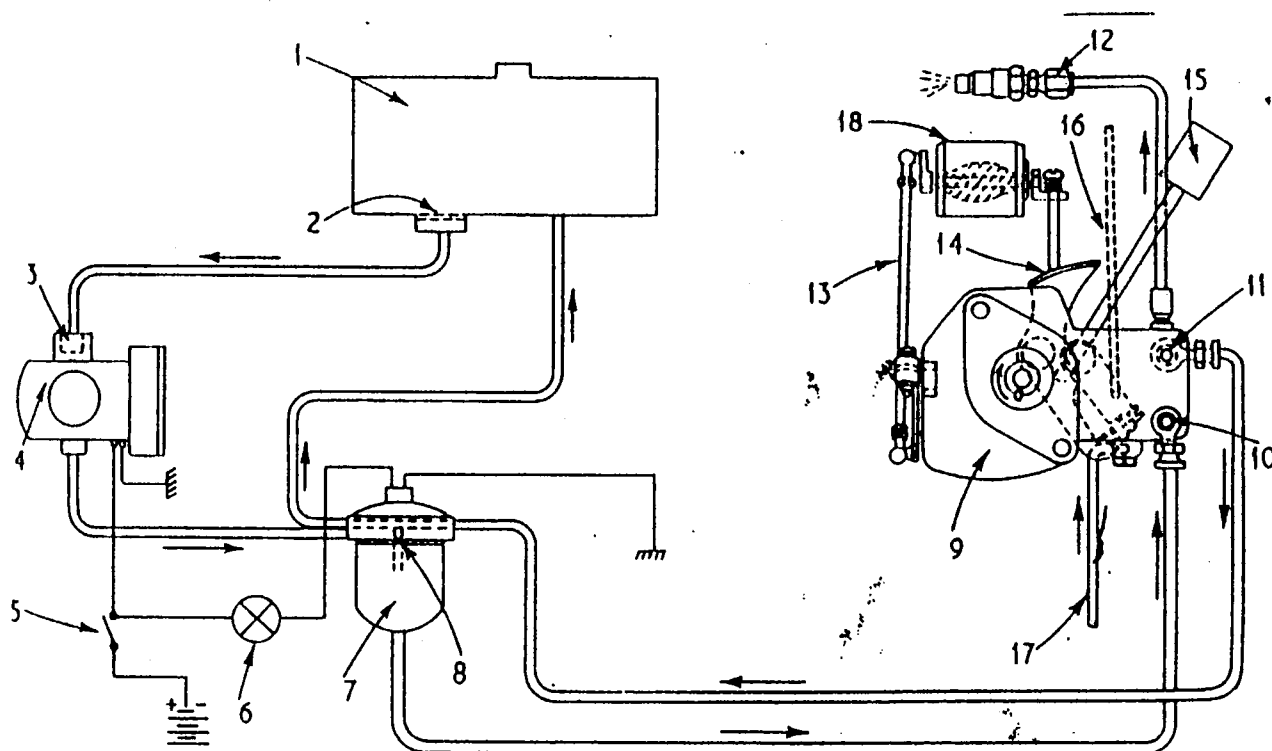


FIGURA B. Esquema del sistema Kugelfischer.

En la Figura 8: 1. Tanque de combustible, 2. Filtro de malla gruesa, 3. Filtro obturador, 4. Bomba para alimentar combustible, 5. Interruptor de encendido, 6. Luz de aviso, 7. Filtro principal, 8. Purga de aire, 9. Bomba de inyección, 10. Entrada de combustible, 11. Purga de combustible excedente, 12. Inyectores, 13. Varillaje del acelerador, 14. Leva fija de marcha en vacío, 15. Elemento termostático de control, 16. Cable de control de mezcla enriquecida, 17. Línea de presión de aceite, 18. Mariposa.

El especialista en motores de carreras BMW, Paul Rosche, eligió la inyección de combustible Lucas cuando desarrolló el motor de fórmula Dos de 1500 cc Apfelbech de 16 válvulas a la cabeza en 1967, pero probó una versión de auto sport de dos litros con ocho carburadores Solex sin flotador. Para 1970 el tamaño de Fórmula Dos alcanzó los 1600 cc y BMW adoptó la inyección kugelfischer.

Para 1972, cuando se llegó al límite de 2000 cc se conservó la inyección Kugelfischer, pero BMW eliminó la válvula de escape libre. El sistema se presurizó a 30 psi con una bomba eléctrica de alimentación y la presión de inyección alcanzó 514.5 psi. la presión de respuesta a la inyección en el motor llegó a 514.5 psi. La respuesta del motor fue excelente en la línea 6500 a 9600 rpm, Se obtuvo el rendimiento máximo a 304 hp a 9250 rpm.

En el motor Fórmula Uno turbocargado de BMW desarrollado en 1980-81,, se descartó, el dispositivo de superficie cónica en favor de un sistema de control de mezcla en el cual un servomotor eléctrico movía una espiral hasta una posición exacta calculada en base a una división continua de fracción de segundo en la unidad de control electrónico del motor. A mediados de 1983, esta unidad de 4 cilindros turbocargada, de 1500 cc, estaba rindiendo 580a 600 hp a 10,500 rpm.

2.2.3 Inyección de combustible Rochester

El uso ampliamente extendido de la inyección de combustible de Hilborn- Travers en los autos de carreras tipo Indianapolis, influyó sin duda a General Motors y particularmente a Chevrolet en su decisión de desarrollar y producir un sistema de inyección para autos.

En 1952, cuando los autos Indy, casi sin excepción, estaban equipados con inyección de combustible, GM ya era veterano en este campo. El trabajo de investigación en sistemas de inyección de combustible se inició en 1948, por el personal de ingeniería de GM juntamente con la División Allison de Indianapolis, quienes se interesaron en eliminar los carburadores de sus motores de avión.

pensaron que podrían hacerlo más sencillo y obtener mucho mas confiabilidad. Ningún sistema de inyección de combustible existente se consideró satisfactorio como base para un futuro desarrollo. En consecuencia, los ingenieros de GM empezaron a desarrollar sus propios sistemas, guiados por unas pruebas en laboratorio con motores de un único cilindro.

Estas pruebas fueron definitivas y se comprobó que la inyección directa no difería considerablemente de la inyección en puerto. También probaron que no era importante la sincronización de la inyección. De hecho, unas pruebas demostraron que había una pérdida de potencia asociada a la inyección sincronizada, por lo que utilizaba más combustible que el montaje rival de inyección continua.

Eran claras las respuestas a la pregunta de dónde tendría que hacerse la inyección. Las pruebas de GM demostraron que dirigir el rociado atrás de la cabeza de válvula producía la máxima potencia y mínimo consumo de combustible, el calentamiento más rápido y óptima respuesta de aceleración.

Con estas pruebas se fijaron los principios básicos. GM iba a desarrollar un sistema de inyección tipo puerto con flujo continuo, con boquillas de orificio abierto que dirigían el combustible a las cabezas de las válvulas.

El concepto básico, así como la composición detallada el sistema, tomó forma en la mente de John Dolza, joven ingeniero que había diseñado el motor original de ocho cilindros en línea y válvulas a la cabeza Buick, se capacitó en la Fiat, en Italia, después de haberse graduado de ingeniero en 1927. Luego fue transferido a Allinson en 1940, para trabajar en proyectos militares y en 1945 pasó a la sección de desarrollo de ingeniería en G.M. Ahí dirigió el desarrollo del compresor de refrigeración de placa oscilante tipo axial de 1952 a 1954.

Los ayudantes de Dolza en el proyecto de inyección de combustible eran Donald Stoltman, quién se encargo del montaje del carburador dual en el Buick Super de 1941, y Ellsworth A. Kehoe, un ingeniero electricista quien había estado trabajando en Rochester Products desde 1941. La adaptación al motor V-8 de Chevrolet se confió a Zora Arkus-Duntov, creador de la conversión de la semicabeza Ardum para los motores V-8 de válvulas laterales Ford, quien había renunciado de la empresa Fairchild Aviation y en 1953 había empezado a trabajar para GM.

Desde el principio, Dola dudó entre el empleo de los métodos diferentes de medir el aire y el combustible; la medición de velocidad - densidad, como se usaba comúnmente en aviación contra la medición del flujo masivo de aire. Se rechazó la medición de velocidad - densidad después de deliberar debidamente, principalmente debido a que requiere un medio para medir con exactitud la eficiencia volumétrica del motor con relación a las rpm. Esto sería muy difícil con los motores que trabajan con inducción de efectos de presión dinámica y por tanto resultaría complicado y costoso.

Por otra parte, la medición del flujo de aire, podía hacerse con un venturi sencillo. En relación a las variaciones en la densidad de aire y temperaturas resultó menos sensible que el método de velocidad - densidad, y las variaciones de densidad del combustible cancelaban una porción de cualquier error.

Debido a la larga distancia de la boquilla del inyector a la carga de la válvula, el cuerpo del inyector llevaba una falda tubular. Esta falda mantenía el rociado en una formación paralela de 0.040 de ancho máximo, que también e decía que ayudaba a mezclar el combustible y el aire. El tamaño del orificio para combustible se determinaba con

base en las necesidades de presiones máxima y mínima de combustible se determina con la base de las necesidades de presiones máxima y mínima de combustible, desde un cabeza de combustible de 1/8" en marcha en vacío y durante el arranque hasta un máximo de 200 psi con aceleración teniendo la válvula de admisión totalmente abierta y a velocidad máxima.

A pesar de todas las preocupaciones y dispositivos de seguridad, el sistema de inyección Rochester carecía de confiabilidad en el servicio. más aún, los ingenieros de Chevrolet y Pontiac encontraron que lograban más potencia con los carburadores (los montajes de dual cuatro - gargantas y triple de dos gargantas, se desarrollaron a fines de los cincuentas). En 1959, el sistema de inyección de combustible Rochester ya no se ofreció en los autos nuevos, y estaba disponible solamente a los anaqueles de refacciones.

2.2.4 Inyector electronico Bendix

El primer sistema de inyección electrónica de combustible para un motor de automóvil impulsado por gasolina, se describió primero a un grupo de ingenieros automotrices, en la reunión anual de la Society of Automotive Engineers

(SAE) en Detroit el 5 de enero de 1957. Robert W. Sutton reveló que a fines de 1952, había estado trabajando en este problema en su laboratorio de Eclipse Machines División de la Bendix Corporation en Lockport, Nueva York.

Sutton había solicitado una patente el día 4 de febrero de 1957, presentando 39 reivindicaciones, que efectivamente constituían una cobertura amplia para todas las formas de inyección de combustible aplicado a la electrónica. La patente le fue otorgada el día 18 de abril de 1961. Bendix aseguró la cobertura de la patente de este sistema en todo el mundo.

Las metas eran: producir un sistema que se adaptase fácilmente a los motores existentes, con una silueta fácilmente a los motores existentes, con una silueta que permitiera bajar las líneas del cofre y con costos tan bajos que fuese posible producirlo en masa.

La intervención básica no era una pieza particular de equipo, sino un sistema completo que utilizaba boquillas de inyección de combustible que trabajaban por medio de válvulas controladas por solenoide, en vez de utilizar la presión del combustible contra la carga de resorte.

La introducción de los controles electrónicos surgió por la insatisfacción que originaban los medios mecánicos de dosificación de combustible. "Nuestros ingenieros estaban experimentando con varios sistemas de manejo de combustible, pero teníamos problemas para obtener un dispositivo mecánico que actuase del mismo modo a todas las velocidades del motor" explicó Sutton. "Así que le pregunté a uno de nuestros ingenieros que era radioaficionado, si habría algún modo de aplicar la electrónica para ayudar a controlar el sistema, y me dijo que si lo había." Sutton informó que el ingeniero fue directamente a una tienda de aparatos electrónicos y regresó con algunas válvulas electrónicas y varios componentes eléctricos.

Sutton y sus colegas lo ignoraban, pero el uso de las válvulas para proporcionar el rociado de combustible no era realmente una idea nueva, ya que se habían hecho pruebas en 1932, por un ingeniero de nombre Kennedy que trabajaba para las Atlas Imperial Diesels Engine Company.

Bendix informó que hizo un esfuerzo experimental mayor para desarrollar una válvula de inyector que pudiera operar a alta velocidad, mantener la calibración, funcionar con baja demanda de potencia y que pudiera

fabricarse a precio razonable.

Las válvulas de solenoide trabajan juntamente con un conmutador accionado por el motor. El conmutador tenía segmentos conformados para variar el tiempo de energización del solenoide en relación las características del motor y los cambios en las condiciones de operación.

Con relación a la formación del rociado, Bendix encontró que se obtenían mejores resultados cuando se dirigía el combustible a la parte posterior de la cabeza de la válvula de admisión, de modo que hubiera un mínimo de humedad en la pared del múltiple.

Se obtuvo la sincronización agregando un selector de disparo de inyección de combustible y el rotor a un distribuidor de encendido tipo estándar. Estos elementos se insertaron como sandwich entre la base y la tapa del distribuidor. La unidad selectora de disparo contenía un juego de platinos y un conmutador dividido en secciones que correspondían a cada válvula del inyector.

A pesar de los elevados niveles de refinamiento, el inyector electrónico no tuvo éxito. ¿Por qué no? Como lo explicó Sutton: "El problema principal con el electrojector era que los componentes electrónicos eran tan caros que el sistema llegó a tener un precio inalcanzable. También, la gente de ese tiempo se interesaba más por el caballaje que por la economía de combustible y control de emisiones."

Sin contratos originales de equipo, Bendix puso el proyecto en que el quemador en 1960. Miron recordaba de nuevo que: "Una de mis primeras tareas, cuando viene a Bendix en 1961. Fue vetar nuestro programa de inyección electrónica de combustible. En ese tiempo Bendix había invertido ya más de un millón de dólares en un sistema que se presentaba poco viable para la compañía, debido a la mala proporción de costo-beneficio y en aparente inhabilidad para sobrevivir en el difícil ambiente automotriz."

Miron continuó: "Así que dimos carpetazo al programa y no se despolvió hasta varios años después cuando ocurrieron dos proyectos muy importantes: Primero, la demanda por un método más exacto para dosificar el combustible a fin de reducir los contaminantes en el escape; y segundo: los avances tecnológicos que hicieron más factible económicamente el sistema electrónico de control de combustible. Estos avances técnicos incluían

el desarrollo de los arneses y conectores capaces de transmitir señales electrónicas en las uniones críticas, diseño de circuitos e interfases que podían sobrevivir al ambiente automotriz. Así se habían resuelto una infinidad de problemas interrelacionados".

El esfuerzo renovado era el de despertar el interés de Cadillac y hacer que esta división incorporase la inyección electrónica de combustible Bendix en el modelo Sevilla de 1976. En 1966 y 1968, Bendix había otorgado licencias de patente a Bosch para los derechos de fabricación de la inyección electrónica en Alemania y Brasil, y para su venta en todo el mundo, excepto Canadá y Estados Unidos.

En 1968, Bendix y Bosch firmaron un contrato técnico de ayuda mutua y licencia cruzada. Luego en 1969 Bendix y Bosch negociaron juntamente contratos de licencia con Nippondenso, Japan Electronic Control Systems Company. Do años más tarde firmaron un contrato semejante con Joseph Lucas Industries. En 1974, el contrato de licencia cruzada Bendix-Bosch de asistencia técnica se amplió para incluir la tecnología del sensor de gas en el escape, de óxido de circonio.

2.2.5 Inyeccion en un solo punto de Chrysler

Después de su experiencia con el Electrojector, los ingenieros de la Chrysler esperaron mucho tiempo antes de volver a enfrentarse a los problemas de desarrollar un sistema de inyección electrónica de bajo costo que fuera además sencillo y confiable.

Debido a su Aerospace División, en Nueva Orleans y su Electronics División en Huntsville, Alabama, la Chrysler había sido la primera en aplicar la electrónica a sus propios autos. y lo más notable de todo, en 1972 ya había estandarizado el encendido electrónico en todos los motores de automóvil.

Sin embargo, no fue sino hasta 1977 cuando la Chrysler llegó al concepto básico para un sistema de inyección continua, en un solo punto, de control electrónico, con el que inició un programa de investigación a escala completa.

"En 1977 construimos veinte automóviles con inyección electrónica de combustible, veinte más en 1978 y sesenta y cinco en 1980", informó E.W. Meyer, ingeniero en Jefe de la Chrysler para motores y electricidad. "Teníamos que estar seguros de haber resuelto todos los problemas

antes que instalásemos el primer sistema en un automóvil de producción en serie. Hemos probado el sistema, en condiciones reales de conducción en los terrenos de prueba de Chelsea, en Michigan, bajo temperaturas cálidas y en frío extremo en Ontario. En todo superamos el millón de millas en esos autos; los resultados han sido excelentes en cuanto a la disminución de emisiones, buena economía de combustible y excelente conductibilidad".

El sistema Chrysler estandarizó en el V-8 de 5.2 litros del modelo imperial 1981, como el primer paso hacia su disponibilidad en toda clase de categorías.

El sistema ofrece un control electrónico completo del motor, con el mismo módulo que controla el avance de la chispa. Monitorea electrónicamente la proporción aire combustible, la compara con una proporción ideal y la ajusta automáticamente a las condiciones cambiantes del ambiente y del motor. La Chrysler tiene o ha presentado solicitudes por veinticuatro patentes separadas que abarcan casi cada parte del sistema de control.

La innovación más obvia en el sistema de Chrysler es la medición del flujo másivo de aire, así como de la cantidad de combustible. Además de una mayor precisión, la medición electrónica minimiza las tolerancias de fabricación y desgaste en los componentes mecánicos del sistema.

El sistema Chrysler mantiene la calidez de mezcla aire-combustible arreglando las hojas de la mariposa y el diámetro interior en relaciones geométricas que hacen que el aire inducido se abra camino, entre y distribuya el combustible de manera uniforme en cada cilindro. Además, el sistema establece electrónicamente la proporción básica de aire-combustible por cada auto individual. No hay necesidad de un sensor de presión absoluta del múltiple.

El sistema de Chrysler consta de tres ensambles mayores, cada uno es una unidad funcionalmente completa que puede probarse por separado. El ensamble de suministro de combustible está ubicado en el interior del tanque. Además del equipo convencional que distribuye el combustible al motor, este sistema tiene también una bomba eléctrica de turbina y varias válvulas de retención.

El segundo ensamble más importante es el purificador de aire, y el módulo electrónico de medición y encendido. El tercero es el cuerpo de mariposa y ensamble de control

de mezcla. Este incluye la bomba de control y su electrónica de potencia, el sensor de flujo de combustible, las válvulas reguladoras de presión las barras de rociado y el motor automático de velocidad mínima.

La versión inicial para producción en serie del sistema de inyección en el cuerpo de la mariposa del sistema de inyección en el cuerpo de la mariposa de Chrysler, resultó tan satisfactoria que sufrió poca o ninguna modificación a medida que aumentaron sus aplicaciones en toda la serie de motores de la empresa.

Cuando se prepararon los modelos para 1986, Chrysler desarrolló una versión reducida para motores de cuatro cilindros, de 2.2 y 2.5 litros, disponible para los automóviles K. En el cuerpo de la mariposa se incluyó el regulador de baja presión (15 psi) del combustible, el cual también contenía el mecanismo y el interruptor de mariposa, la aboquilla sencilla de inyección y el control de velocidad mínima. Este era un ensamble de perfil bajo para montarse directamente en el múltiple de admisión.

Bosch proporcionó el inyector, que era un tipo que rociaba un cono hueco de partículas de combustible atomizado en la garganta central en un patrón de 45°.

Se agregó un nuevo compensador de velocidad al control de mínima para asegurar una velocidad mínima más suave y más constante. Ajustaba automáticamente la medición de combustible de acuerdo con los cambios de la demanda de potencia, como el ciclo de encendido-apagado del compresor del aire acondicionado.

Utilizando una presión más baja, Chrysler podía adaptar una bomba para combustible menos ruidosa en el interior del tanque.

Para 1988, Chrysler extendió el uso de sus sistema de inyección con presión reducida a los motores V-6 de 3.9 litros y a los V-8 de 5.2 litros que se instalaron en las camionetas Dodge Ram y los vehículos Ram-Charger.

Comparado con el motor de seis cilindros, de 3.7 litros, con carburador, al cual sustituyó, el V-6 de 3.9 litros ofrecía un aumento de 30% en el caballaje, un 25% de ganancia en potencia y un 3% en ahorro de combustible. El descartar el carburador en el V-8 de 5.2 litros en favor de la inyección de combustible, condujo a un aumento de 20% en el caballaje.

El sistema de inyección que se utilizaba en estos motores difiere del que se usó en los motores para automóviles de cuatro cilindros, en que tienen un cuerpo de mariposa con doble garganta, cada una con su propia boquilla inyectora.

2.2.6 Inyección de combustible tipo Ford

La inyección de combustible de Stuart Hilborn se adaptó a la versión 1965 del V-8, de cuatro levas de Ford, a par el Indy 500, y algunos de estos motores se convirtieron más tarde a inyección Bendix. En 1968, el motor para el Cosworth de carreras de fórmula Dos se equipó con el sistema de fuel inyección de Lucas Mrk II. Este se adaptó también al motor V-8 de Cosworth de Fórmula uno, un año después.

Aparte de estos experimentos en carreras, Ford (tanto en Europa como en Estados Unidos) tomó una actitud reservada e indiferente para con la inyección de combustible. Aunque algunos Lotus de cuatro cilindros, de dieciséis válvulas con inyección Lucas se equiparon en los Escorts de Ford en 1970, no le produjo ningún contrato a Lucas.

Cuando la Ford de Europa aceptó de manera definitiva la inyección de combustible, ya era tarde, pues era el otoño de 1982. Ese sistema fue el K-Jetronic de Bosch, adoptado para el Escort XV31.

En 1988, la Ford de Europa tenía también en producción un Escort RS Turbo con KE-Jetronic; un Sierra 2.0 con LE-Jetronic; una Sierra 2.6 con LE-Jetronic; un Turbo de dos litros Cosworth RS Sierra de 204 hp con inyección secuencial de combustible Marelli/Weber, y modelos Scorpio equipados con las versiones de 2.4, 2.9 litros de un motor V-6 con LE-Jetronic de Bosch.

La Ford de Dearborn había entrado al campo antes, pero impulsada por diferentes motivos. En los Estados Unidos, las normas estrictas de control de emisiones enfocaron su atención en el mando electrónico del motor.

El V-8 de 4.9 litros de Lincoln Versailles de 1978, estaba equipado con controles electrónicos que incluían un sensor de oxígeno en el gas de escape que podía "retroalimentar" señales a un carburador controlado electrónicamente. Conocido con el nombre en clave de EEC-I, este sistema fue el primer control electrónico interactivo de la industria automotriz.

Para algunos modelos de 1979, se unieron los dos

conceptos en un sistema de segunda generación llamado EEC-II. Estos modelos eran los Ford de gran tamaño, movidos por un V-8 de 5.8 litros, y el Mercury grande con el mismo motor, que estuvo disponible en todos los EE.UU.

En 1980, se introdujo una tercera generación de la electrónica del motor, el EEC-III para el Lincoln Continental de 1980 y el Continnetal Mark VI, con motor V-8 de cinco litros, en combinación con la transmisión automática (overdrive) de Ford.

Con la llegada del EEC-III, Ford brincó la barrera entre el carburador operado electrónicamente y el sistema de inyección controlado electrónicamente de un solo punto, modulado en el pulso-tiempo. Después de un período esencial de prueba en el campo, el EEC-III se extendió al LTD de Ford modelo 1981 y el Mercury Marquis.

EEC-I (Electronic Engine Control)

El sistema EEC-I se construyó alrededor de un módulo de estado sólido, utilizando un microprocesador digital y otros circuitos integrados diseñados a la medida. Se utilizaron siete sensores para determinar la posición del cigüeñal, la posición de la mariposa, la temperatura del enfriador, temperatura del aire de entrada, presión absoluta del múltiple, presión barométrica y posición de la válvula del gas de escape. utilizando esta información, el módulo calculaba el avance de la chispa y la velocidad de flujo de recirculación del gas de escape.

EEC-II (Electronic Engine Control)

El sistema EEC-II era esencialmente una combinación de EEC-I con un convertidor catalítico de tres vías que utilizaba un control de retroalimentación de oxígeno. Era menos complejo, más confiable y más ligero que los sistemas separados que se usaban antes.

El primer paso en el desarrollo del circuito de la computadora del EEC-II, fue dado por los ingenieros del Departamento de EEC de Ford, para definir los requerimientos del sistema. Las especificaciones técnicas se dejaron a la responsabilidad de los proveedores semiconductores del departamento, para el diseño y fabricación del circuito integrado. mediante un complejo proceso, el circuito se redujo a su tamaño final: un chip cuadrado de aproximadamente 1/4". El sistema EEC-II tenía seis chips y cada uno contenía de 10.000 a 15.000 dispositivos electrónicos.

Henry A. Nikol, entonces ingeniero en jefe de transmisiones de potencia de la Ford, explicaba lo que se lograba al pasar de la primera de la segunda generación del sistema EEC: "Agregamos capacidad al sistema, pero pudimos reducir el tamaño del paquete de un 40% el número de partes de la computadora en un 30%, y el peso en casi un 50%. La complejidad del sistema se redujo y los costos disminuyeron considerablemente. una tercera generación del sistema EEC que había de introducirse en los autos de 1980, será aún menos compleja y proporcionará más funciones de control".

Además de controlar la mayor parte de las funciones del motor, EEC-II proporcionaba muchos otros beneficios. Uno de ellos era que controlaba la purga de vapores en el canister de almacenamiento que se usa con el sistema de control de emisión de vapores de combustible.

Otro beneficio fue que el EEC- reducía las variaciones en la velocidad mínima, a través del posicionador de la mariposa en velocidad mínima. Por ejemplo, un sensor indicaba si es el sistema acondicionador del aire del vehículo estaba funcionando. Si lo estaba, el módulo de control indicaba al solenoide de posición de la mariposa que aumentase la abertura de la misma, compensando la carga aumentada del motor mientras que mantenía una velocidad mínima aceptable. Si nos se accionaba aire acondicionado, la abertura de la mariposa en velocidad mínima se reducía y de ese modo se economizaba combustible. El posicionador de la mariposa en marcha mínima hacía correcciones similares o para las condiciones de motor frío y para grandes altitudes.

El sistema EEC-II eliminaba la necesidad de hacer calibraciones especiales en áreas de gran altitud. Además del gaste de velocidad mínima, el sistema percibía la presión barométrica y hacía los ajustes necesarios del motor en forma automática.

EEC-II controlaba de forma automática la mezcla para velocidad mínima y la chispa inicial, eliminando así la necesidad de hacer estos ajustes de mantenimiento.

un carburador de "retroalimentación", modelo 7200, como el que se usaba en el sistema EEC-II, era el mismo carburador de venturi variable que se había introducido en los motores V-8 de 5.90 litros en el año de 1977, excepto por las modificaciones que se hicieron necesarias para incluir el dispositivo de retroalimentación. Una modificación importante fue la adición de un motor escalonado que ajustaba la posición de una varilla del

carburador para ajustar el flujo de aire rico o pobre que se requiere para mantener la proporción deseada.

EEC-III (Electronic Engine Control)

La diferencia entre el EEC-III y el EEC-II radica en el uso de la inyección electrónica de un solo punto en el sistema mas reciente. El sistema de control que incluía sus sensores y salidas era básicamente el mismo.

El cuerpo electrónico de la mariposa que se usó con el EEC-III, fue producido en Rawsonville, Michigan, planta de la División de Electricidad y Electrónica, donde se fabricaban también la mayor parte de los carburadores convencionales de la empresa.

El microprocesador para el sistema EEC-II era suministrado por la Shibaura Electric Company (Toshiba) y la División de Electricidad y Electrónica de Ford Motor Company. Los microprocesadores de EEC-II fueron producidos por Motorola.

La National Semiconductor Company and Signetics proporcionaba los pequeños circuitos integrados para EEC-II. Los proveedores para el EEC-III incluían Intel (circuitos integrados a gran escala) National Semiconductor Company (Circuitos integrados en pequeña escala y transistores y Fairchild Semiconductor Company) (circuitos integrados en pequeña escala).

EEC-IV (Electronic Engine Control)

Algunas aplicaciones del EEC-III fueron sustituidas en 1984 en el EEC-IV, un sistema más versátil con componentes simplificados. Actúa con mucha mayor rapidez en su respuesta a condiciones alteradas, y tienen una capacidad de memoria 20% más grande, a pesar de los chips del circuito integrado eran 2/3 más pequeños.

Según David F. Hagen, ingeniero en jefe de la Ford para ingeniería de motores, en 1984, la computadora y el sistema de memoria de EEC-IV tenían como meta utilizar este sistema de control en 1990. Fue la base de la sincronización de la chispa y el control de refuerzo para el motor turbocargado de cuatro cilindros, de 2.3 litros inyectado en puerto, de 1984. aquí, se eliminó el cuerpo de mariposa, y las boquillas inyectoras se montaron en el múltiple de admisión a corta distancia de las válvulas, pero los controles electrónicos permanecieron iguales.

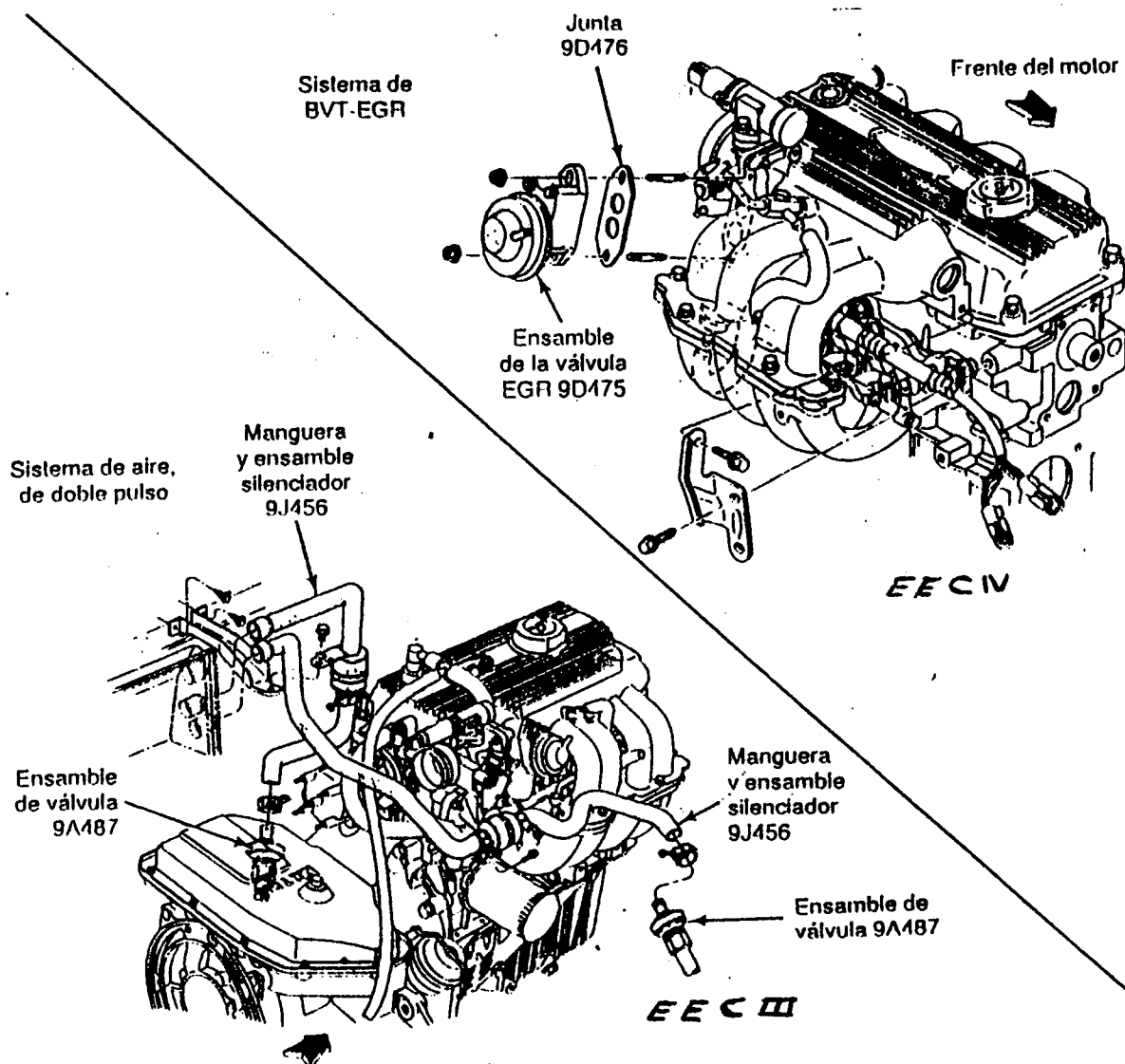


FIGURA D. La versión del multipuntos del Ford de 1988 con motor de inyección de combustible de 1,9 litros.

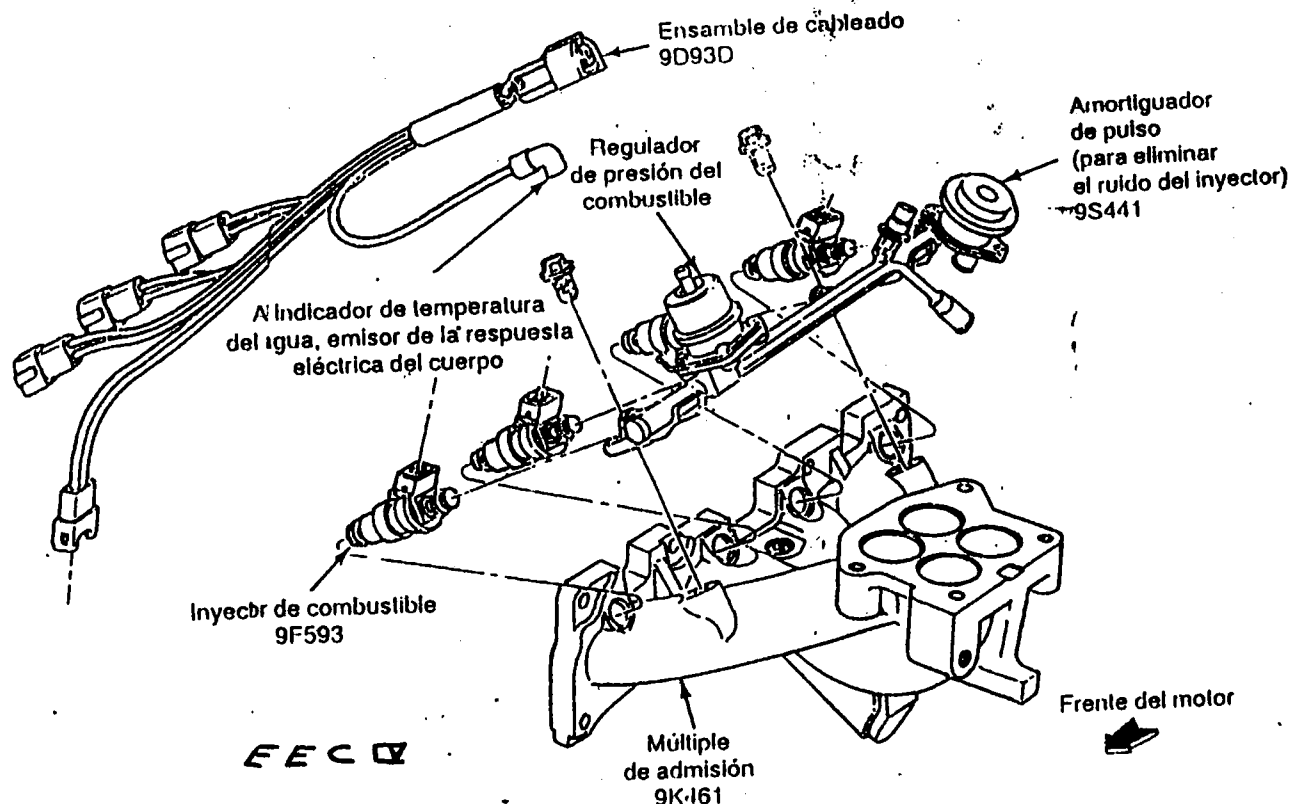


FIGURA E. Inyección electrónica de combustible en varios puntos en el motor de cuatro cilindros de 2.3 litros.

En 1987, la Ford había estandarizado el EEC-IV en todos los motores fabricados en Estados Unidos, con excepciones, como el V-8 de 5.8 litros para uso de la policía, y algunas versiones para camión del mismo motor, que conservaron el carburador.

Para 1988, la inyección en puertos múltiples se convirtió en el estándar para el nuevo motor V-6 de 3.8 litros que ofrecía Ford en el Taurus y el Mercury sable, utilizando el módulo de control electrónico EEC-IV. La inyección en varios puertos también se extendió a los motores de cuatro cilindros HSC y HSO de 2.3 litros, ofrecidos en los Tempo Ford y Topaz Mercury. Al mismo tiempo, la inyección en puertos múltiples sustituyó la inyección en el cuerpo de mariposa de un solo punto en los motores V-8 de 5.8 litros y de 7.5 litros, ofrecidos en las camionetas Serie F de Ford, Bronco, Club Wagon y Econoline. Se conservó la inyección en un solo punto para el motor de cuatro cilindros de 1.9 litros utilizados en el Escort, aunque también se ofreció en

este motor la versión de inyección en múltiples puntos. El motor HSC de cuatro cilindros de 2.5 litros para el Taurus de Ford continúa utilizando también la inyección en un solo punto.

Desarrollar una versión de inyección secuencial sincronizada del sistema de inyección en puntos múltiples, fue el objeto principal de la programación del software, ya que hardware, equipo básico, poseía ya la capacidad requerida.

Se desarrolló un sistema secuencial de inyección en varios puntos, en combinación con la recirculación electrónica de onda sónica del gas de escape, el Thermactor controlado electrónicamente, la estabilización del aire de derivación de la velocidad mínima, y encendida de película gruesa. Listo para su producción en serie, en 1987, fue adoptado para los motores V-8, de cinco litros, que se instalaron en el Ford Mustang modelo 1988, los autos Town de Ford y Mercury, el Ford Thunderbird y Mercury Cougar y el Lincoln Continental Mark VII y Mark VII LSC.

3. INDUCCION A LA ELECTRONICA

3.1. INTRODUCCION

El cerebro del Sistema Electrónico de Control es una pequeña computadora. Esta recibe información del funcionamiento del motor (ECM). La cual proviene de sensores e interruptores los cuales monitorea constantemente, esta información la procesa, toma decisiones y las ejecuta a través de las diferentes salidas que controla.

Para entender mejor que es una computadora haremos un repaso de conceptos básicos de electricidad y electrónica. Además veremos que es una señal análoga, una señal digital y con estas el código Binario.

3.2. REPASO DE CONCEPTOS BASICOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

El magnetismo actúa como lazo de unión durante procesos de transformación de energía mecánica a eléctrica y viceversa. Está presente en el alternador y motor de arranque, por mencionar solo dos ejemplos: Una de las primeras experiencias que tenemos con los imanes nos muestra que alrededor de ellos existe una zona en la cual el imán ejerce su fuerza de atracción; a esta zona se le conoce como campo de fuerza o campo magnético. Seguramente todos hemos observado como se concentran en los polos de los imanes las líneas de fuerza que se forman cuando lo colocamos cerca de limaduras de hierro. Finalmente, para todos son familiares las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre dos imanes (Figuras 6 y 7).

Tal vez deberíamos imaginar la conducta de los protones (+) y de los electrones (-) como la de los polos de un imán: los electrones se repelen entre sí, pero son atraídos por los protones y, como los protones pesan 1836 veces el peso de un electrón, estas fuerzas de atracción y repulsión obligan a los electrones a

desplazarse de un átomo a otro, formando un flujo de electrones conocido como corriente eléctrica.

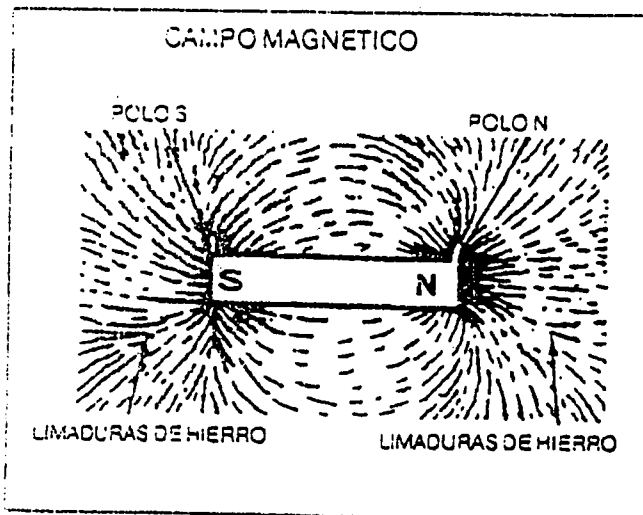


FIGURA 6. Líneas de fuerza o campo Magnético

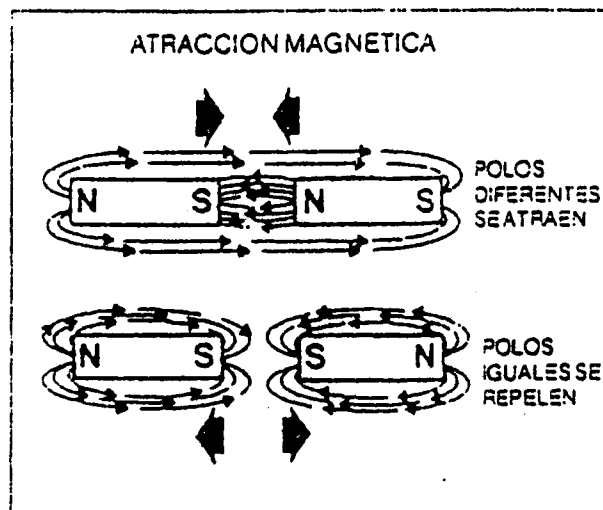


FIGURA 7. Atracción Magnética

Un circuito cerrado de alambre no hace necesario a un circuito eléctrico. Hace falta una fuerza capaz de hacer desplazar a los electrones alrededor del circuito. Una batería tiene la tensión suficiente para hacerlo. al conectarla esta tensión empuja a los electrones para desplazarse con mayor o menor intensidad, dependiendo de la mayor o menor resistencia que los electrones encuentren a su paso por el circuito.

Hasta ahora se ha mencionado tres características eléctricas fundamentales:

Característica	Unidad de medida	Simbolo	Unidad
TENSION	VOLT	V	
INTENSIDAD DE CORRIENTE	AMPERE	A	
RESISTENCIA	OHM	Ω	

3.3. TEORIA ELECTRONICA Y CONVENCIONAL DEL FLUJO DE CORRIENTE

El flujo de corriente circula saliendo de la terminal negativa de la batería y regresando después de pasar por un consumidor a la terminal positiva; esto es lo que establece la teoría electrónica de flujo de corriente (Figura 8). Pero la teoría convencional establece que la

corriente sale de una fuente por la terminal positiva, pasa por el consumidor y regresa a la batería por la terminal negativa. Ambas teorías son válidas. Lo importante es establecer cuál de ellas vamos a aplicar y en este documento se utilizará la teoría convencional (Figura 9).

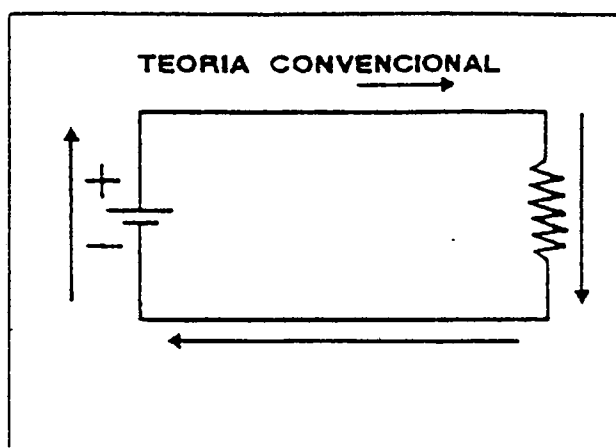
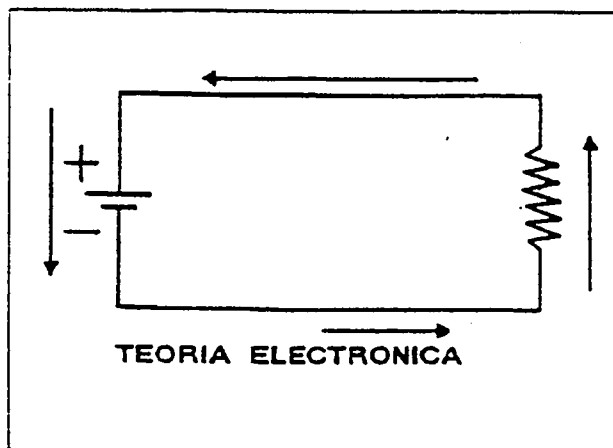


FIGURA 8. Teoría Electrónica

FIGURA 9. Teoría Convencional

3.4 SEÑALES ANALOGA Y DIGITAL

Las computadoras usan señales de voltaje para comunicarse con otros dispositivos y para comunicarse entre sí.

Las diferentes secciones dentro de las computadoras también usan señales de voltaje para comunicarse entre sí.

Hay dos tipos de señales de voltaje: Analógica y digital. Ambas son usadas en los sistemas de las computadoras, por esto es importante entender la diferencia entre ellas y las diferentes formas en que son usadas.

Una señal analógica es continuamente variable (Figura 10). Esto significa que la señal puede ser cualquier voltaje dentro de un cierto rango. Una señal analógica proporciona usualmente información acerca de una condición que cambia continuamente sobre un cierto rango. Por ejemplo en el sistema electrónico de control del vehículo la información de temperatura del motor es proporcionada usualmente por una señal analógica.

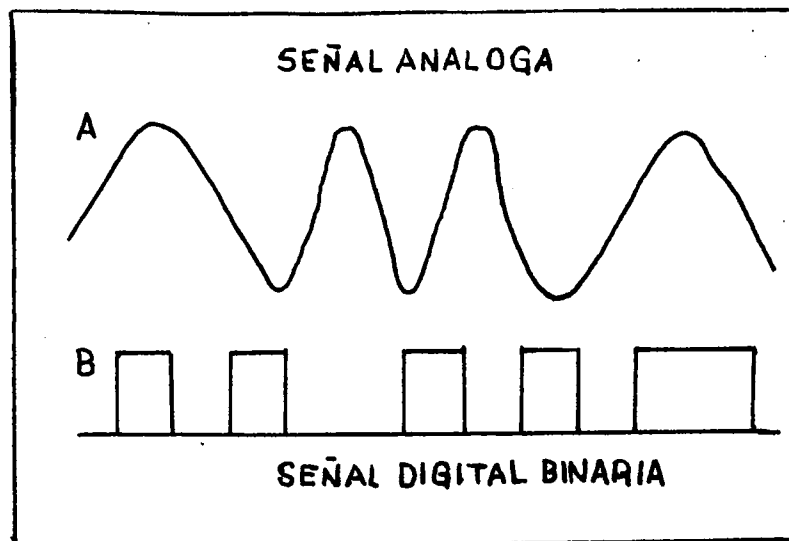


FIGURA 10. Señales Analógica y Digital binaria.

La señal digital también es variable pero no continuamente (Figura 10). Ellas pueden ser representadas solamente por distintos voltajes dentro de un rango. Por ejemplo pueden ser admitidos 1V, 2V o 3V. Las señales digitales son especialmente útiles cuando la información puede referirse solamente a dos condiciones sí y no. ON y OFF o alto y bajo. Esto puede ser llamado una señal digital binaria. Una señal digital binaria está limitada a dos niveles de voltaje. Un nivel es un voltaje positivo, y en el otro no hay voltaje (cero volts). Como se puede observar en la Figura 10 una señal digital binaria es una onda cuadrada.

3.5. CODIGO BINARIO

El código binario es utilizado en el interior de la computadora y entre una computadora y un dispositivo electrónico entiende el código. Por miles de bits juntos, las computadoras pueden comunicarse y almacenar una infinidad de información variada. Para una computadora que entiende el sistema binario, el 11001011 puede significar que el motor de parabrisas gira a una baja velocidad.

3.6 MODULO ELECTRONICO DE CONTROL (ECM)

El Módulo Electrónico de Control es una computadora compacta que es el centro de control del sistema de inyección de combustible. Recibe información de varios

sensores e interruptores que monitorea constantemente, procesa información y toma decisiones y las ejecuta a través de las diferentes salidas que controla (Figura 11).

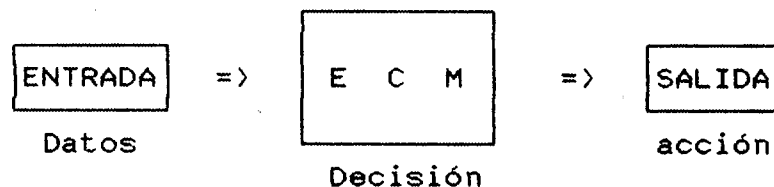


FIGURA 11. Lógica básica del ECM.

3.7 MODULO DE CONTROL DEL TREN DE POTENCIA (PCM)

El PCM (Power Train Control Module) es una computadora compacta, a diferencia del ECM que controla únicamente el sistema de inyección de combustible del vehículo. EL PCM controla además a la transmisión cuando esta es electrónica.

Los vehículos de la serie comercial P30 equipados con la transmisión automática 4L80-E contienen un PCM.

3.8 FUNCIONES DEL ECM

El ECM contiene una fuente de poder con la cual regula los 12 Volts. de entrada que recibe de la batería a 5, 8, 12 Volts estos voltajes son usados para varias funciones internas y externas.

El ECM suministra 5 o 12 volts, para activar diversos sensores e interruptores.

Esto se hace a través de resistencias en el ECM las cuales tienen un valor tan alto que una luz de prueba no encenderá cuando se conecte al circuito. En algunos casos un voltímetro ordinario no proporcionará una medición exacta porque su resistencias es muy baja. Por lo tanto es necesario el uso de un voltímetro digital de 10 mega-ohms de entrada para asegurar lecturas de voltaje exactas.

Los dispositivos de entrada/salida en el ECM incluyen a convertidores análogo-digital, amplificadores de señal, contadores y controladores especiales. El ECM controla circuitos de salida como el de los inyectores, IAC, relevador del ventilador de enfriamiento etc. cerrando

el circuito a tierra a través de transistores o un dispositivo en el ECM llamado "Quad - Driver" (Controlador cuádruple).

3.9 ENTRADAS DIGITALES

Además de usar los datos de sensores análogos tales como termistores y resistencias variables, el ECM recibe información de la operación del motor de entradas llamadas "discretas". Estas entradas de interruptores son usadas únicamente cuando el ECM necesita conocer las condiciones de un componente en particular tal, como cuando monitorea si la transmisión está en Park o Neutral o si el compresor del A/C está embragado. Estos circuitos de conmutación proporcionan señales altas o bajas exactas hacia el ECM.

Todas las entradas de interruptores al ECM pueden ser clasificadas como circuitos Pull-Up o Pull-Down (Figura 12).

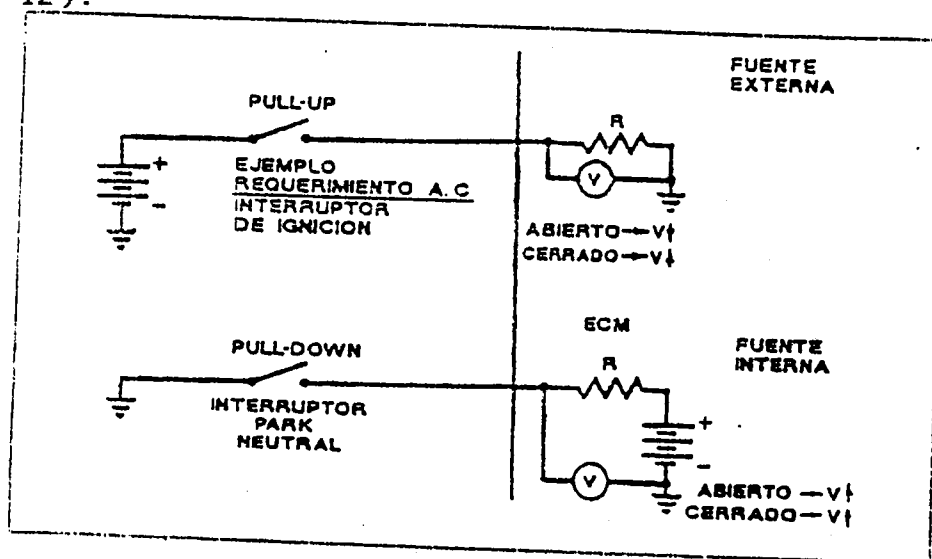


FIGURA 12. Entradas digitales.

En el circuito Pull-Up el ECM recibe una señal digital alta cuando el interruptor está cerrado y una señal baja cuando el interruptor está abierto. Todos los circuitos Pull-up son entradas con fuente externa y no son alimentados con un voltaje de referencia por el ECM.

Para que el ECM reciba una señal de voltaje en este circuito, el interruptor está cerrado y una señal digital alta cuando el interruptor está abierto y el ECM recibe una señal digital baja.

En el circuito Pull-Down, el ECM recibe una señal digital baja cuando el interruptor está cerrado y una señal digital alta cuando el interruptor está abierto. Todos los circuitos Pull-Down son alimentados por el ECM con una señal de voltaje de referencia. Cerrando el interruptor se cierra el circuito del regulador de voltaje interno y una resistencia limitadora de corriente a tierra. Este circuito cerrado permite que todo el voltaje suministrado tenga caída a través de la resistencia interna provocando una señal digital baja. Cuando el interruptor está abierto el camino a tierra se abre y el ECM recibe una señal digital alta.

3.10 COMO FUNCIONA UN SENSOR ANALOGO

La Figura 13 muestra el circuito de un sensor análogo y su funcionamiento. Este sensor tiene tres cables, el cable superior es el de alimentación, este cable suministra el voltaje al sensor. El cable inferior es el de tierra, o algunas veces llamado referencia baja. Este circuito de tierra está conectado a la tierra interna del ECM. Este podría ser o no a tierra de chasis. El cable central es la señal del sensor.

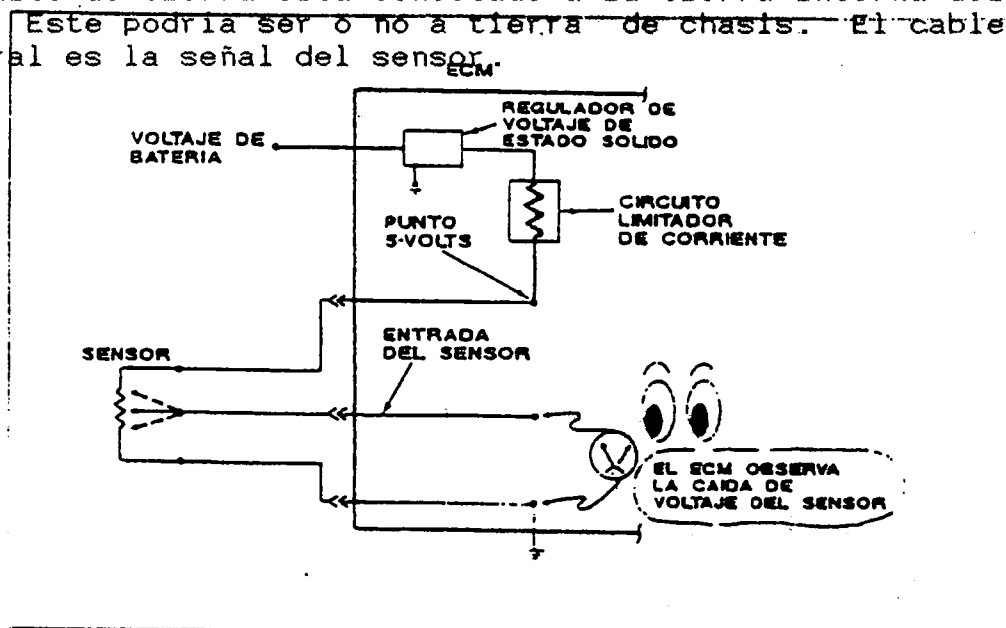


FIGURA 13. Sensor Análogo Típico de 3 cables

El ECM lleva al voltaje del vehículo, a través de un sistema de suministro de energía y varias resistencias para la caída de voltaje suministrando voltaje al sensor.

En este caso, es de 5 volts., como en las condiciones monitoreadas cambian, esto provoca que la resistencia del sensor varié. Al pasar esto la terminal variable de la resistencia se mueve, y un circuito especial dentro del ECM, llamado comparador actúa como un voltímetro y observa los cambios de voltaje. Este mide el voltaje entre el cable del sensor y el cable de tierra. El ECM interpreta este cambio en voltaje como información para ser utilizada en cálculos para sus decisiones lógicas.

3.11 PROCESAMIENTO DE DATOS ANALOGOS

Los sensores análogos envían una infinidad de señales variables al ECM, el ECM, sin embargo es un dispositivo digital. Este únicamente entiende señales digitales. Las señales digitales son señales de voltaje que pueden tener un valor alto o bajo. Por eso, un circuito llamado convertidor análogo a digital (A/D) deberá ser interconectado entre el sensor y los circuitos del cerebro del ECM (Figura 14). El convertidor (A/D) está diseñado para interpretar el valor de la señal análoga y enviar una señal alta o baja al circuito interconectado del microprocesador. Este circuito interconectado almacena la señal para que el microprocesador pueda usarla cuando sea necesaria.

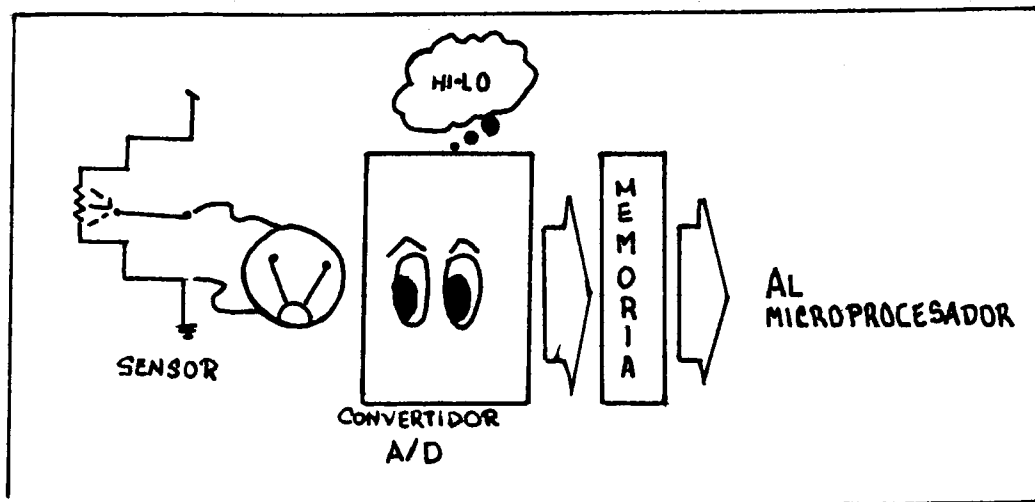


FIGURA 14. Procesamiento de datos analógicos.

Los sensores Análogos pueden ser clasificados en dos grupos: de tres cables y de dos cables.

Los sensores MAP y TPS son ejemplos de sensores de tres cables y el CTS, MAT y O₂ son ejemplos de sensores de 2

cables.

3.12 ENTRADA ANALOGA Y PROCESO A SALIDA DIGITAL

El ECM controla mvarias salidas, por ejemplo los inyectores de combustible. El ECM controla la salida a los dispositivos cerrando o abriendo el circuito de tierra. Si el ECM decide energizar el inyector de combustible (Figura 15), cerrará el circuito de tierra del inyector, el voltaje de batería llegará por el otro extremo. El cable del lado negativo del inyector esta conectado a la salida del circuito controlador del ECM. Cuando se toma la decisión para energizar el inyector el interruptor se cierra completando el circuito, permitiendo el flujo de corriente a través del inyector. El inyector se abrirá, permitiendo quenel combustible presurizado sea inyectado a la cámara de combustión. La acción de conmutación es proporcionada por un transistor especial llamado QUAD DRIVER MODULE QDM, el ECM da instrucciones al controlador para cerrar su circuito tal como un interruptor. El circuito del QDM tiene características especiales para limitar el flujo de corriente de tal forma que los inyectores no se dañen cuando sean energizados.

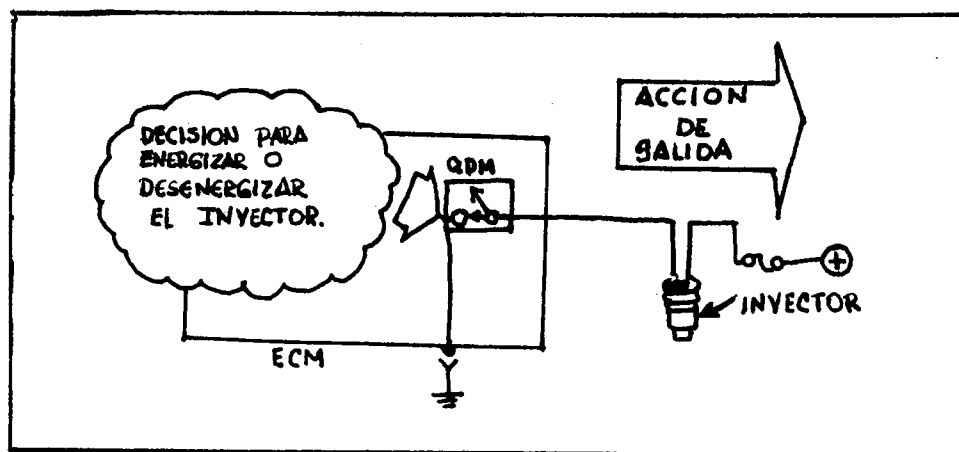


FIGURA 15. Entrada análoga y proceso a salida digital.

3.13 SEÑAL MODULADA POR ANCHO DE PULSO CONTRA SEÑAL MODULADA POR FRECUENCIA.

Una señal modulada por ancho de pulso (PWM) (Figura 16), es una señal "ON" y "OFF". Un buen ejemplo de señal de modulada por ancho de pulso es un inyector de combustible. El tiempo que la señal esta en "ON"

determina cuanto tiempo el inyector inyectará combustible. La señal modulada por ancho de pulso energiza al inyector a una frecuencia fija. Esto quiere decir que el inyector se energiza y desenergiza la misma cantidad de veces cada segundo. El tiempo que permanece energizado es lo que provoca que el inyector funcione proporcionando combustible. El tiempo en "ON" es referido como un porcentaje de señal modulada por ancho de pulso.

Una señal modulada por frecuencia puede ser descrita mejor usando el sensor de velocidad del vehículo (VSS). El VSS produce una señal digital bien definida en "ON" y "OFF" similar a la señal modulada por ancho de pulso. La señal modulada por frecuencia esta siempre al 50% de su ciclo de trabajo. Esto significa que la señal esta siempre en "ON" la misma cantidad de veces que esta "OFF". Conforme la velocidad del vehículo se incrementa la señal del VSS se incrementa en frecuencia. Aunque la frecuencia se ha incrementado el ciclo de trabajo será del 50%.

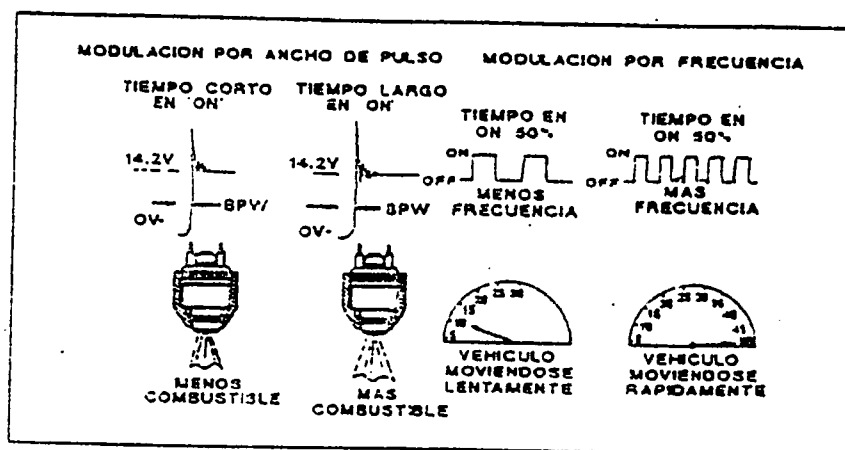


FIGURA 16. Señal modulada por ancho de pulso contra señal modulada por frecuencia.

3.14 MEMORIAS DEL ECM

Las pequeñas computadoras utilizadas en los sistemas automotrices son tratados usualmente como cajas negras. Cuando ellas se descomponen son reemplazadas no se reparan. El ECM no es abierto para reparación. Sin embargo es fácil entender que hace una computadora, entendiendo lo que contiene.

El cerebro de una pequeña computadora es el

microprocesador. EL hace los cálculos y toma las decisiones. El resto de la computadora soporta al microprocesador. Por ejemplo un microprocesador no puede almacenar información. Así que una computadora contiene dispositivos para almacenar información llamados memorias (Figura 17).

Hay tres tipos de memorias para almacenar información dentro del ECM: ROM, RAM y PROM.

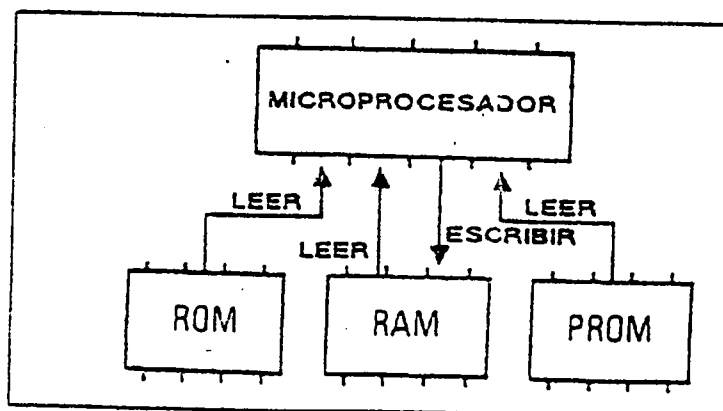


FIGURA 17. Memorias del microprocesador

3.15 CAL-PAK

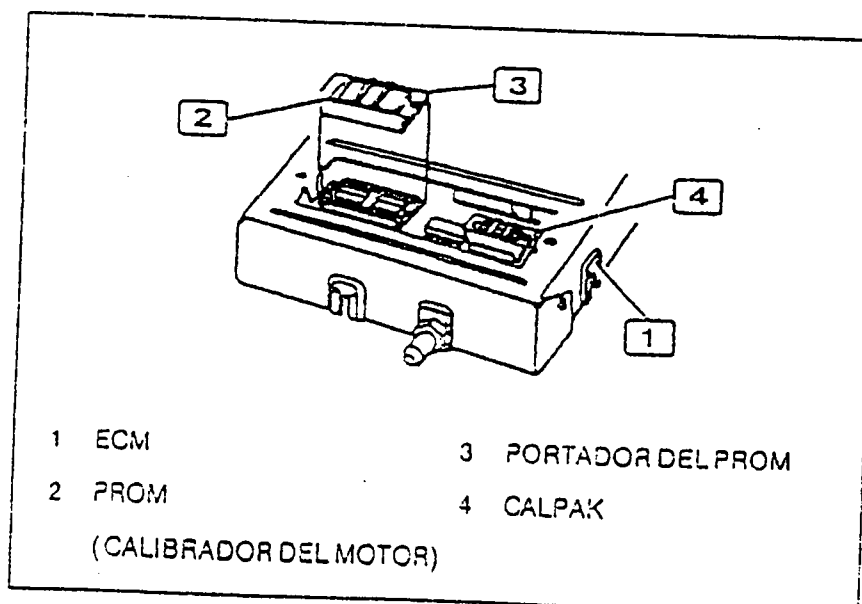


FIGURA 18. PROM (Calibrador y Cal-Pak).

Un elemento llamado Cal-Pak es usado para permitir la entrega de combustible si otras partes del ECM están dañadas. El Cal-Pak está soldado dentro del ECM y no puede ser transferido reemplazado del ECM (TBI) (Figura 18).

3.16 MEM-CAL

Este ensamble contiene las funciones del Prom y las del Cal-Pak.

Como el Prom contiene las calibraciones necesarias para un vehículo específico, así como los circuitos para controlar el respaldo de combustible en caso que el resto del ECM se dañe o esté defectuoso.

3.17 ROM

Read Only Memory (Memoria Únicamente para lectura) (ROM), es usada para almacenar información en forma permanente. Cuando la computadora es construida, el programa que controla al microprocesador es almacenada en el ROM. El microprocesador puede leer estas instrucciones, pero no puede escribir ninguna información nueva. El ROM es una memoria no volátil, y no necesita energía para ser retenida.

3.18 RAM

Random Acces Memory (Memoria de Acceso Estadístico) (RAM), es el borrador del microprocesador. El procesador puede escribir o leer en esta memoria conforme sea necesario. Por ejemplo, el microprocesador recibe una medición que necesita para tomar algunas decisiones diferentes. Este escribe la medición en la memoria RAM y después la lee cada vez que la necesita. Esta memoria es volátil y necesita una alimentación constante de voltaje para ser retenida. Si el voltaje se pierde, la memoria se pierde y los algoritmos del ECM generarán un código indicando esta pérdida.

3.19 PROM

Programmable Read Only Memory, Memoria Programable de lectura únicamente (PROM), es la memoria del ECM que contiene la información de las diferentes calibraciones del motor, que es específico para un año modelo y emisiones. El PROM es una memoria no volátil que es leída únicamente por el ECM.

El PROM forma parte de la unidad MEM-CAL en algunos ECM, en otros viene separado (Figura 18). El PROM puede ser usado para agregar información nueva para el sistema sin cambiar el programa original. Por ejemplo el PROM del ECM almacena características que varían en cada modelo.

Las memorias ROM y RAM están soldadas a los circuitos impresos del ECM y no requieren servicio. EL PROM sin embargo está diseñado y puede ser reemplazado si es necesario.

4. SISTEMAS DE INYECCION CONTINUA DE GASOLINA

4.1 INTRODUCCION

4.1.1 Esquema General de un Equipo de Inyección de

Gasolina. Al igual que el carburador, el objetivo fundamental de un equipo de inyección de gasolina es proporcionar al motor una mezcla de aire y gasolina en la condiciones de preparación de las mezclas perfectas (14.7/1 Aire/gas) para que la combustión se realice rápidamente con un completo quemado de todo el combustible aportado y por consiguiente con la liberación de toda la energía calorífica que el citado combustible debe aportar.

Este objetivo, es por supuesto, común a todos los sistemas del carburador, pero lo que ocurre es que los requerimientos del motor de automóvil son muy variados y no siempre un mismo equipo puede hacer frente a todos estos requerimientos posibles.

Por ejemplo no es lo mismo una velocidad constante y sostenida de un motor, que un cambio brusco de aceleración, también desacelerando se produce otras condiciones diferencias en la proporción de oxígeno con respecto al combustible cuando al motor se le exige la máxima potencia....En cada uno de estos estados todavía podríamos añadir una serie de matices en los que intervengan factores como la temperatura del aire, la altitud sobre el nivel del mar, la densidad o peso de la gasolina, etc. Todos aquellos factores que por separado y por mucho mas unidos hacen que la combustión se modifiquen en un sentido de mayor aprovechamiento de energía calorífica o un derroche de la misma si el aparato que proporciona la debida mezcla no es capaz de modificar las condiciones de esta de acuerdo con las variantes condiciones de combustión. Este tema vamos a verlo con mayor amplitud mas adelante; pero basta por ahora dejar bien sentado que la inyección de gasolina persigue los mismos objetivos que la alimentación por medio de carburador, aunque utilizado otros procedimientos básicamente diferentes.

En las Figuras 19 y 20 presentamos dos esquemas comparativos de ambos sistemas de alimentación que solamente tiene por objeto presentar las bases que diferencian a estos dos conjuntos de alimentación. Por una parte tenemos en la Figura 19 el caso típico y bien conocido de alimentación por sistema de carburador. En líneas muy generales podemos resumir el funcionamiento de este aparato diciendo que es capaz de elaborar una mezcla explosiva a partir de los valores de depresión que existen en el interior de los tubos que alimentan cada uno de los cilindros y que constituyen el colector de admisión.

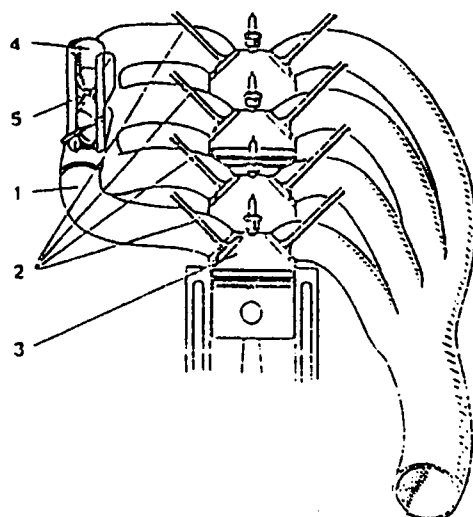


FIGURA 19. Esquema que muestra la disposición clásica del montaje de un Carburador en el motor.

Las partes de esta figura son:

1. Colector de admisión, 2. Válvulas de admisión,
3. Cámara de combustión, 4. Cuerpo del carburador y
5. Surtidor de salida de la gasolina.

En la Figura 20, tenemos el caso que presenta, una inyección de gasolina. Así pues, el motor dibujado en el esquema, que es de cuatro cilindros, vemos que se dispone de cuatro inyectores. Esto quiere decir que la alimentación de cada cilindro se produce individualmente y no en conjunto como se hacía en el esquema de la figura anterior. También hemos de tener en cuenta que la cantidad de gasolina proporcionada por cada uno de los inyectores no está a merced de la presión que exista en el colector de admisión (2) puesto que el mecanismo que determina esta cantidad no trabaja por depresión. Por otra parte tenemos que los inyectores pueden estar estudiados con la suficiente precisión para conseguir con ellos un pulverizado mucho más fino en todas las

condiciones de funcionamiento que por el sistema que vimos del surtidor en los carburadores, lo que permite crear una niebla mucho más fina.

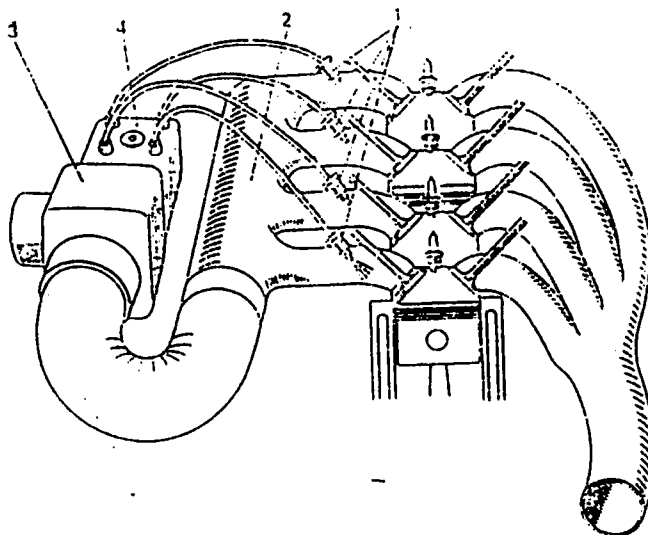


FIGURA 20. Esquema que muestra la disposición de inyección de gasolina.

En la Figura 20 se observan las siguientes partes:

1. Inyectores. 2. Colector de admisión, 3. Aparato controlador del caudal del aire y 4. Distribuidor de Combustible.

La cantidad de combustible inyectada debe estar, por supuesto en relación con el aire que es admitido en el colector de admisión. Por ello el sistema de inyección de gasolina debe disponer siempre de un dispositivo de control de la cantidad de aire entrada en el colector, es decir un controlador de caudal, tal como el dibujado esquemáticamente en la figura 19 (3). El caudal del aire pasa a un distribuidor de combustible (4) por medio del cual se determina la cantidad de este que es necesario adicionar para conseguir una mezcla explosiva capaz de quemarse enteramente en todos los requerimientos que el motor de explosión precisa.

Este es en líneas generales el funcionamiento de cada uno de los dos sistemas de alimentación de combustible.

4.1.2 Inyección directa e indirecta, continua y espaciada. Al igual que ocurre en los sistemas de inyección diesel, la inyección de gasolina también puede ser directa si el inyector está colocado en el contacto con la misma cámara de combustión y lanza su dardo de

combustión dentro de ella, o bien indirecta como en el caso que se dibujo en la pasada Figura 20, el dardo se produce en la posición anterior a la válvula de admisión. En los sistemas de inyección de gasolina para motores de automóvil puede decirse que siempre se utiliza la segunda posibilidad. los inyectores están colocados muy cerca de la válvula de admisión. El paso del aire al abrirse la válvula de admisión arrastra la fina niebla de combustible que el inyector provoca hacia el interior del cilindro.

También existe la posibilidad de que el combustible fluya constantemente mientras el motor esta en funcionamiento, como es el caso que se presenta en la Figura 21. En este caso recibe el nombre de inyección continua. Cuando la válvula de admisión se abre, la corriente de aire que provoca arrastra también la niebla del combustible al interior del cilindro y cuando la válvula permanece cerrada esta niebla se va acumulando de la misma entrada que la válvula cierra hasta la próxima abertura en la que será arrastrada de nuevo por la corriente de aire provocada.

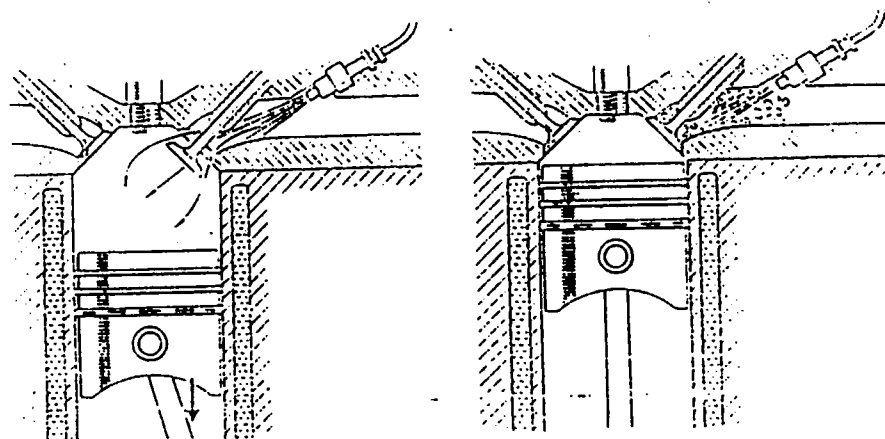


FIGURA 21. Ejemplo de inyección indirecta continua.

Aunque la válvula de admisión esta cerrada el inyector continuo aportando combustible.

Cuando la válvula de admisión se cierra el inyector no aporta combustible.

En oposición a este sistema existe el de oposición espaciada (Figura 22) en el que la inyección se produce cada momento necesario de abertura de la válvula de admisión. La cantidad de combustible aportado, en este sistema, puede resultar muy preciso y estar de acuerdo con la cantidad de aire que haya penetrado por la

admisión. El inyector regula la cantidad de gasolina por el tiempo que permanezca abierto. Así, cuando el motor gira a pocas vueltas el inyector se abre y se cierra muy rápidamente, y va haciendo con mayor lentitud cuando las necesidades de aportación de combustible son mayores.

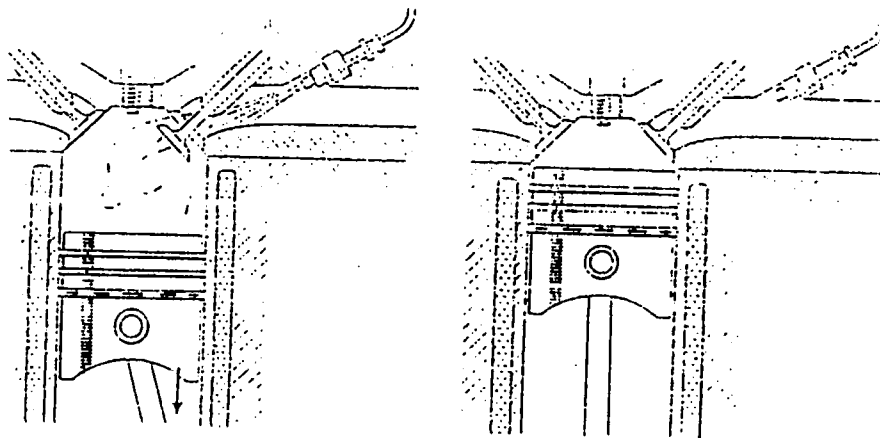


FIGURA 22. Ejemplo de inyección indirecta espaciada.

En la actualidad puede decirse que el procedimiento mas corriente a utilizar en los sistemas de gasolina viene determinado por la inyección indirecta y espaciada que puede resultar muy precisa en el caso de ser regida de una unidad electrónica de control.

4.1.3 Preparación de la Gasolina para ser consumida. Siendo el motor, una maquina capaz de hacer una transformación de energía habrá que convenir que en el punto mas importante deberá hallarse en la misma cámara de combustión ya que es en ella donde se produce el fenómeno fundamental de la transferencia de esta energía. En la Figura 81 tenemos un esquema por funciones de lo que es un motor de explosión. La cámara de combustión en el centro es el lugar donde penetra el combustible y se inflama por medio de una chispa eléctrica. Se producirá en este momento una violenta reacción química mediante la cual se descompondrá la materia química del combustible, ello dará lugar a una gran elevación extraordinaria de su temperatura lo cual no es otra cosa que la liberación de los gases; es decir, un considerable aumento de volumen con el que se impulsa al émbolo al motor creándose así una carrera motriz. De este modo se ha consumado esta energía calorífica en energía mecánica.

Este acto produce en la cámara de combustión y durante el tiempo que recibe el nombre de combustión. Así pues la combustión esta constituida fundamentalmente por el acto en que produce una reacción química en proporción de

combustible que ha sido previamente rodeado de oxígeno y debidamente comprimido y sobre el que se inicia la reacción gracias a la oportuna presencia de una chispa eléctrica.

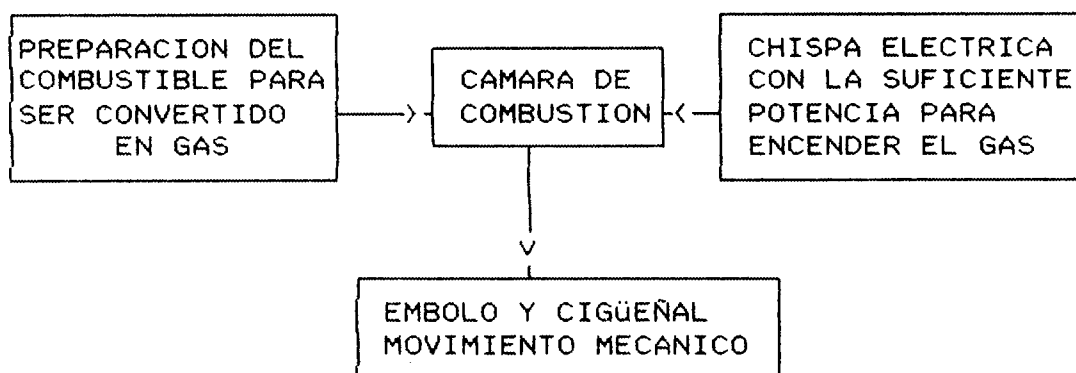


FIGURA 23. La cámara de combustión resulta el centro básico del motor. Comparando con ella todas la demás partes del motor parecen accesorios.

Esta definición que acaba de hacerse describe la situación que se produce en todos aquellos cuerpos que en su forma química están provistos de carbono cuando de alguna forma, se logra combinarlos con oxígeno, en cuyo caso liberan energía calorífica. De hecho la madera y todos los elementos vegetales son ricos en carbono y por eso su combustión resulta fácil. Lo mismo sucede con la gasolina que es un líquido rico en carbono según su composición química.

Puesto que en el interior de la cámara de combustión no puede haber mas aire que el que penetra conjuntamente con la gasolina resulta de todo necesario que cuando se abra la válvula de admisión entre el cilindro no solamente la cantidad necesaria de gasolina de acuerdo con el esfuerzo que se le esta pidiendo al motor, sino también con la cantidad de aire que contenga el oxígeno, puede llevarse a cabo por completo pues de otro modo es evidente que la combustión no se podría realizar por falta de oxígeno.

4.1.4 El aire. De todos cuantos elementos contiene el oxígeno el del aire es el que mas fácil resulta de obtener. Su composición cuando el aire es seco, se establece en las siguientes proporciones en volumen.

Oxígeno	20.99%
Nitrógeno	78.03%

Argón	0.94% (incluye otros gases raros)
Bióxido de carbono	0.03%
hidrógeno	0.01%

Para cualquiera de estos cálculos que haremos mas adelante podemos establecer que el aire esta compuesto por 21% de oxígeno y 79 de nitrógeno, ya que los otros gases tienen un porcentaje bajito.

El peso del aire es bastante variable según las condiciones atmosféricas y a la altura sobre el nivel del mar constituye uno de los problemas que ponen aprueba todas las técnicas de alimentación de los motores de explosión. Con una presión atmosférica de 760mm de Hg (presión sobre el nivel del mar), considerando el aire limpio y con temperatura de 00C el peso de un litro de aire es de 1,2929 gramos.

Sin embargo esta es una situación ideal que puede ser modificada por cualquiera de la variantes que ya hemos apuntado. Así tenemos que si aumenta la temperatura 150C el peso del aire disminuye a 1.225 gramos por litro, y si esta temperatura la subimos 500 metros sobre el nivel del mar ya nos encontramos con un peso de solo 1.165 gramos por litro.

Existen además otros factores que afectan el peso del aire. No hay duda que el polvo, los himos, los gases vertidos a la atmósfera y también el grado de humedad son factores importantes que contribuyen a aumentar el peso del aire incluso a variar la proporción de oxígeno con respecto a otros gases.

En motores de combustión interna el peso del combustible guarda relación muy directa con el del aire que lo acompaña en la mezcla de modo que muchos problemas de combustión se acabarían que se disponiera de un aire que pesara siempre lo mismo en todas las condiciones.

El aire tiene una proporción con respecto al peso de sus componentes que se establecen así:

Oxígeno	23.19%
Nitrógeno	75.47%
Argón	1.30%
Bióxido de carbono	0.04%

4.1.5 Condiciones que debe reunir un sistema de alimentación. De acuerdo a lo dicho en cuanto a lo relativo con la carburación o alimentación de combustible para un motor vemos que un sistema de este

tipo debe poseer una gran flexibilidad si se quiere conseguir con el una alimentación perfecta del motor en todos los momentos de funcionamiento.

Condiciones de un sistema perfecto:

- Tendría que poder disponer de un sistema de medición del peso del aire y de la gasolina para hacer que en todas las condiciones se cumpliera la dosificación adecuada. En cuanto al aire, debería poder medir su temperatura y la altura sobre el nivel del mar. En cuanto a la gasolina debería tener en cuenta también su temperatura que también le hace variar de peso. Con estos datos tendría que disponer de un sistema que le permitiera modificar la aportación de gasolina con respecto al aire para mantener siempre la dosificación correcta que el motor requiere para cada uno de sus múltiples estados de funcionamiento.

- Debería tener en cuenta estrictamente la velocidad de giro del motor para determinar el tipo de dosificación que es mas correcto en cada caso para conseguir la mayor rapidez de la combustión de acuerdo con el tiempo de que se dispone.

- Debería tener en cuenta el estado de temperatura del motor para hacer variar la dosificación de acuerdo con esta circunstancia. Un motor frío requiere una dosificación mucho mas rica para el arranque y progresivamente menor hasta que se consigue la temperatura mínimo de funcionamiento.

- Debería disponer de un analizador de gases de escape que permanentemente proporcionara información sobre las proporciones contaminantes de los residuos de la combustión para que se pudiera corregir de inmediato la dosificación a medida que los residuos sobrepasan ciertos límites autorizados.

4.1.6 Los sistemas de inyección. Para empezar cabe destacar la importante innovación que presenta que la aportación del combustible no este realizada por el aire directamente si no que sea inyectada independientemente de acuerdo con el caudal de aire que penetra por el tubo de admisión. Con este procedimiento ya se pueden dar por eliminados todos los defectos que le carburador presenta. Tampoco afecta en este sistema la forma y longitud de los tubos por que el inyector, se coloca inmediatamente después de la válvula de admisión y con el chorro orientado hacia el punto mas conveniente para su entrada en el cilindro cuando la válvula de admisión se

abra. También hay que destacar la presencia de un inyector para cada cilindro, disposición que es obligada en los sistemas de inyección de gasolina, elimina el defecto de la irregular alimentación de los cilindros que puede presentarse en muchos montajes con carburador.

4.2 SISTEMA K-JETRONIC

El sistema de inyección de gasolina K-Jetronic de la casa BOSCH tiene un mando de control de la dosificación que actúa por procedimientos mecánicos e hidráulicos. Por otra parte se trata de un sistema de inyección indirecta y continua.

Vamos a aproximarnos en su forma de trabajar en la Figura 24, en la que encontramos un esquema de funciones. Aquí se destaca en la parte de la derecha, el corrido y la elaboración que sufre la gasolina para ser conectada en el inyector de admisión. Por otra parte, a la izquierda, vemos el recorrido propio del aire que también acabará en el colector para mezclarse allí con la niebla de la gasolina que los inyectores depositan constantemente, con mayor o menor cantidad según el permanente reglaje de regulador de mezcla, en los colectores de admisión. Al abrirse las válvulas del mismo nombre la mezcla entrará en cada una de las cámaras de combustión.

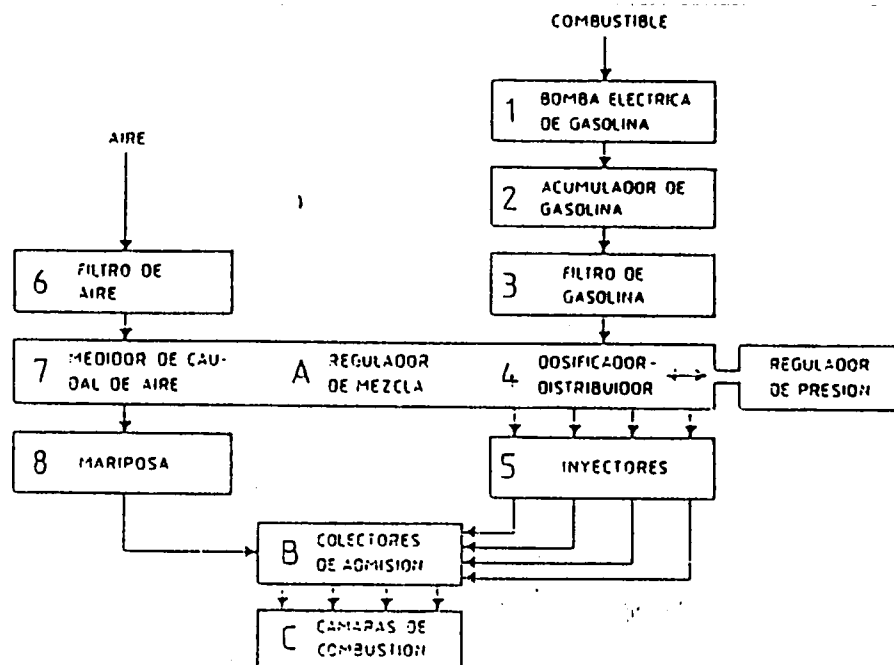


FIGURA 24. Esquema de funciones de cada uno de los elementos de que consta el equipo K-Jetronic de inyección de gasolina.

El recorrido de la gasolina se establece desde el depósito de la misma desde donde es aspirado por una bomba eléctrica de gasolina (1) que tiene unas características diferentes a las bombas eléctricas de alimentación que son propias de muchos motores. Esta bomba debe tener un funcionamiento continuo para mantener una alimentación provista de una determinada presión necesaria para el funcionamiento de dosificar-distribuir. por lo tanto es rotativo y da presión de inmediato en cuanto se conecta el contacto.

La gasolina a presión pasa al punto 2 consiste en un acumulador de gasolina, el cual no es mas que una válvula capaz de mantener presión en el circuito a un cuando el motor este parado, por lo menos durante algún tiempo.

En el paso siguiente (3) esta compuesto por un filtro de gasolina cuya misión es la típica de estos elementos, es decir, impedir el paso de las impurezas que pueda contener el combustible y que sean de un diámetro que pudiera ser peligroso de obturación de los finos, orificios del sistema de inyección propiamente dicho. El filtro suele ser papel y de gran eficiencia.

Una vez la gasolina ha sufrido esta elevación importante de presión y su filtrado pasa a los conductos del regulador de mezcla (A) en la parte que se refiere al dosificador-distribuidor (4). Allí encuentra, en primer lugar, un regulador de presión de alimentación se encarga de mantener la presión del combustible a un valor regular que suele ser de 5 bar. El dosificador-distribuidor cumple la función de regular la cantidad de combustible que los inyectores van a lanzar en el colector de admisión de acuerdo con la posición que adopta el mecanismo del medidor de caudal de aire (7) y la cantidad seleccionada es la que pasa a los inyectores (5) que lanzan el combustible en el mismo colector de admisión (B) en el que están ubicados cada uno.

Los inyectores suelen estar tarados a una presión de unos 3,30 bar de modo que se abren automáticamente cuando la presión a que reciben el combustible es superior a este valor y lo hacen tanto más cuanto mayor es la presión de recepción. Como que el dosificador - distribuidor varia con gran frecuencia la presión a que el regulador mantiene el combustible, los inyectores oscilan a una alta frecuencia hasta el punto de que emiten un ruido que se percibe muy bien cuando el motor está en funcionamiento.

En lo que respeta al camino seguido por el aire, que

también nos lo esquematiza la Figura 24 puede verse que en 6 se encuentra en primer lugar un filtro de aire efectivo para la limpieza del mismo. A partir de él pasa el medidor de caudal de aire (7) que forma parte del conjunto del regulador de mezcla (A) y cuyo funcionamiento ya se ha descrito en líneas muy generales. El medidor de caudal de aire establece un movimiento de un plato sonsa que el aire desplaza y en virtud de este desplazamiento se crea una proporcionalidad entre el aire que circula y la cantidad de gasolina adecuada al mismo.

El paso del aire esta regido por una válvula de mariposa que controla la depresión que se formula en el colector de un modo parecido a lo que ocurre en los carburadores. La mariposa (8) regula pues el paso del aire pero el medidor de caudal lo cuantifica para dar información al regulador de mezcla (A).

Una vez expuesta de una manera muy sencilla la idea básica de la que se parte para el diseño de un equipo de inyección K-Jetronic, vamos a acercarnos más a él por medio de un esquema general mucho más real que el anterior en el que se muestran todos los elementos que lo componen. Tal es el esquema que nos muestra la Figura 25 por medio del cual nos encontramos ya en situación de profundizar en su funcionamiento. Aquí nos encontramos en primer lugar, con el depósito de gasolina (1) a partir del cual la gasolina es aspirada por medio de la bomba eléctrica (2) que recibe la corriente desde un relé (3) transtorizado que, como se aprecia en la Figura 25, comienza a funcionar cuando la llave de contacto (4) da paso a la corriente. El motorcillo eléctrico de la bomba comienza a girar y por medio de una bomba multicelular de rodillos a la que arrastra el motor eléctrico el combustible es lanzado a presión sobre el circuito.

A continuación encontramos en 5 el acumulador de gasolina y después de él el filtro (6) a partir del cual la gasolina pasa al conjunto del regulador de mezcla (7).

El funcionamiento del regulador de mezcla es la base de la dosificación del sistema. Por otra parte encontramos una válvula de mando (A) consistente en un émbolo de dos diámetros que se desplaza a lo largo de un cilindro. Según la posición de esta válvula el combustible puede pasar desde la cámara interior (B) en que se encuentra, a la superior y desde allí, y por el conducto (8) hasta el inyector 9. La posición de esta válvula corredera de paso del combustible (A) puede ser modificada por la posición de la palanca (10) que a su vez es solidaria del plato de sonda (11) que se encuentra interrumpiendo el

paso del aire que puede entrar por el colector de admisión (12). Cuando una válvula de admisión se abre y el émbolo del motor aspira, la corriente de aire que provoca levanta el plato sonda. Como que este plato pivota en 13, su movimiento es transmitido angularmente a

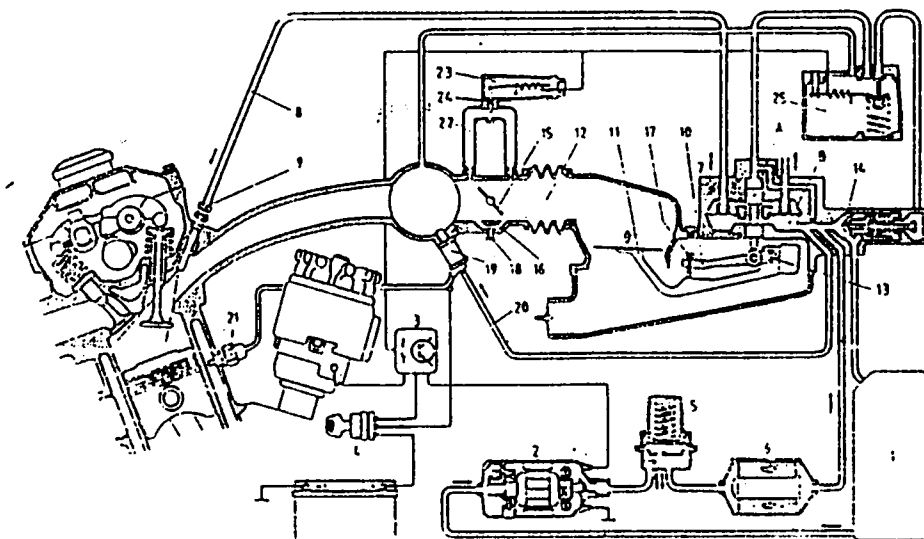


FIGURA 25. Esquema general del K-Jetronic con todos su elementos de funcionamiento.

En la Figura 25 encontramos: 1. Depósito de combustible, 2. Bomba de alimentación de combustible, 3. Relé de mando, 4. Interruptor de contacto, 5. Acumulador, 6. Filtro, 7. Regulador de mezcla, 8. Conducto de combustible hasta el inyector, 9. Inyector, 10. Palanca del plato sonda, 11. Plato sonda, 12. Colector de admisión, 13. Punto de oscilación de la palanca del plato sonda, 14. Regulador de presión, 15. Válvula de mariposa, 16. Conducto by-pass de marcha lenta, 17. tornillo de reglaje del combustible para la marcha lenta, 18. Tornillo de ajuste del aire para la marcha lenta, 19. Inyector del arranque, 20. Conducto de alimentación del inyector de arranque, 21. Termocontacto temporizado, 22. Conducto de alimentación del inyector de arranque, 23. Caja de aire adicional, 24. Obturador de la caja de aire adicional, 25. Regulador de presión de mando y de calentamiento.

la palanca (10) y con ello se proporciona un movimiento ascendente a la válvula corredera (A) que deja, por esta parte, tanto mayor paso al combustible cuanto mayor es la abertura del citado plato sonda, la cual, por otra parte, es proporcional a la cantidad de aire que circula a través de ella.

También vemos en la Figura 25 que el combustible que llega procedente del filtro, además de las cámaras (B) del regulador de mezcla incide en una nueva válvula (14) que puede derivar cantidad del combustible aportado de nuevo al depósito de gasolina (1) cuando la presión supera el valor de los muelles internos que regulan esta

válvula. se trata del dispositivo del regulador de presión. En estas cámaras se requiere una presión de 5 bar de modo que cuando se supera este valor el mismo combustible presiona sobre la válvula venciendo su resistencia y derivándose al rebose hasta que la presión de 5 bar se restituye en el circuito, en cuyo momento la válvula se cierra de nuevo empujada por sus muelles.

La válvula rectora por completo del paso del aire para la marcha normal del motor es, como en el caso de los equipos de carburador, la válvula mariposa que vemos en 15 de la figura. esta válvula de mariposa está en contacto con el pedal acelerador que el conductor tiene a su alcance en el interior del vehículo.

El K-Jetronic tiene además que solucionar dos importantes problemas como son el estado de marcha lenta o en vacío del motor y los dispositivos de arranque en frío y calentamiento del motor hasta adquirir su temperatura de funcionamiento.

4.2.1. Circuito de Marcha Lenta. El circuito de marcha lenta o de ralenti es bastante simple. Consiste, en lo que respecta al aire, en un conducto by-pass (16) que pone en cortocircuito a la mariposa (15) de modo que una cantidad pequeña de aire puede circular en el colector de admisión aun cuando la mariposa esté completamente cerrada. También la dosificación de la válvula corredera puede alterarse con respecto al plato sonda según la posición del tornillo de reglaje (17) con lo cual se obtiene una posición de abertura mínima de la corredera que permite el paso de una cantidad de combustible suficiente para este estado de marcha lenta.

La cantidad de aire aportada en este circuito puede también reducirse o aumentarse por medio del tornillo de reglaje del aire que obtura más o menos el conducto by-pass.

4.2.2. Arranque en Frío. El arranque en frío de un motor de explosión siempre presenta problemas por la necesidad que tiene de una riqueza muy superior de la mezcla debido a la condensación que la gasolina sufre sobre las paredes frías del colector o del mismo cilindro. Ningún sistema de dosificación que funcione bien al ralenti o a marcha normal puede dar la riqueza de mezcla suficiente para una puesta en marcha durante tiempo frío y con el motor frío también. Por consiguiente muchos carburadores acuden a sistemas de enriquecimiento por obturación del paso del aire mientras los sistemas de inyección prefieren trabajar con un enriquecimiento

suplementario de la mezcla como sistema más efectivo.

El K-Jetronic dispone de un inyector suplementario que podemos ver en (19) Figura 25. Este inyector es alimentado directamente por la presión combustible que se establece en las cámaras B del regulador de mezcla. En cuanto la bomba eléctrica (2) se pone en marcha ya hay presión en el conducto (20) que va hacia el inyector de arranque (19). Este inyector dispone de dos controles que cierran el paso de la gasolina que puede inyectar. Por una parte el termointerruptor temporizado (21) que es un sensor de la temperatura del agua de refrigeración en el mismo bloque del motor. Cuando el agua está fría el interruptor de que dispone el inyector de arranque está en condiciones de dejar pasar combustible por él aunque, sin embargo, esta situación solamente puede darse cuando el interruptor comandado por la llave de contacto está también cerrado. De este modo se consigue que la salida de combustible por el inyector de arranque se produzca solamente cuando el motor está siendo arrancado, es decir, accionándose el motor de arranque desde la misma llave de contacto (4). Por este procedimiento, cuando el motor está parado, pero caliente, y se trata de ponerlo en marcha el interruptor del termointerruptor (21) puede permanecer obturando el paso del combustible en el inyector de arranque aun cuando se esté accionando el motor de arranque con la llave de contacto.

Una vez producido el arranque gracias a la mezcla rica proporcionada por la adición suplementaria de gasolina que el inyector de arranque cede, en cuanto se suelta la llave de contacto y el motor de arranque se detiene, el inyector deja también de proporcionar esta mezcla suplementaria. El motor ha arrancado pero continúa frío y se pararía sin duda si no se hubiera previsto un sistema de mantenimiento de una alta dosificación hasta que el motor alcance su temperatura mínima normal. El K-Jetronic dispone de un conducto by-pass de calentamiento y arranque (22) por el que se coloca una vía de paso del aire para un ralentí acelerado, es decir, para obtener un régimen de giro más elevado del motor durante el período de calentamiento.

Como en los casos del estárter, conviene que este ralentí acelerado vaya disminuyendo a medida que el motor se calienta hasta el punto de que desaparezca cuando ya se ha obtenido la temperatura normal de funcionamiento. Para lograr este trabajo se dispone de dos dispositivos que se comportan del siguiente modo:

Por una parte tenemos la caja de aire adicional (23) que

tiene por misión estrangular el paso del aire por el conducto by-pass (22). Cuando la temperatura del motor se encuentra inferior o hasta 20°C aproximadamente, el obturador (24) se encuentra completamente retirado del conducto permitiendo el paso de la máxima cantidad de aire de que es capaz. A medida que la temperatura va subiendo, el obturador se va cerrando hasta que el motor alcanza los 70°C situación en que permanece ya completamente cerrado e inutiliza este paso en by-pass para el aire que circula por el colector (12).

Pero no es, por supuesto, regulando el paso del aire como vamos a conseguir la mezcla más rica necesaria para el ralenti acelerado. Para actuar sobre la cantidad de gasolina aportada se necesita contar con el regulador de calentamiento (25) el cual actúa sobre el dosificador modificando la presión antagonista de la válvula corredera (A), por cuya razón se puede proporcionar una ligerísima mayor aportación de combustible con respecto a lo que es habitual hacia los inyectores. Tanto la caja de aire adicional (23) como el regulador de calentamiento (25) disponen de una lámina bimetálica con resistencia eléctrica que se dobla por los efectos del calor que la resistencia les proporciona. Como que la corriente que reciben es proporcional a la temperatura del motor, las láminas bimetálicas se van doblando lentamente a medida que reciben más corriente. Cuando el motor está a la temperatura de los 70°C citados el doblado de las láminas

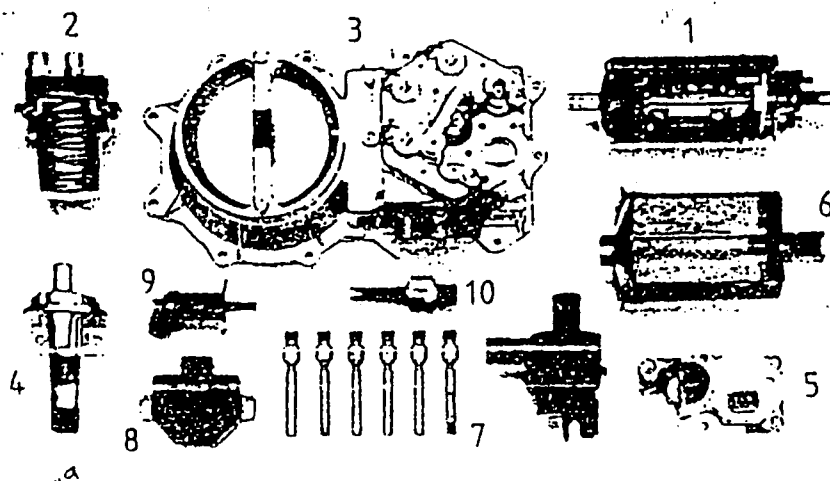


FIGURA 26. Conjunto de los elementos que forman el K - Jetronic.

En la Figura 26: 1. Bomba eléctrica de combustible, 2. Acumulador, 3. Regulador de mezcla, 4. Caja de aire adicional, 5. regulador de calentamiento, 6. Filtro, 7. inyectores, 8. Interruptor de la mariposa, 9. Inyector de arranque, 10. Termocontacto.

bimetálicas es suficiente para que el obturador (24) cierre el conducto de paso del aire y el regulador de calentamiento su válvula de retorno de la presión.

Este es el funcionamiento general del k-Jetronic. Ahora convendrá aproximarnos más a su constitución viendo con detalle cada uno de los principales elementos que los forman.

4.2.3. Estudio de cada uno de los elementos que forman el K-Jetronic.

Los elementos descritos aquí y de los que hemos explicado básicamente su funcionamiento tiene, separados del conjunto, el aspecto que podemos ver en la figura 89. En (1) nos encontramos con la bomba eléctrica y en (2) con el acumulador. En (3) tenemos la pieza más importante del sistema compuesto por el regulador de mezcla con todos los dispositivos de dosificador, distribuidor, regulador de presión y el medidor de caudal de aire que describimos anteriormente. En (4) tenemos la caja de aire adicional y en (5) el regulador de calentamiento, piezas que vamos a explicar con mayor atención. Otros de los elementos que también forman parte del sistema son: el filtro de gasolina (6), los inyectores (7) que en este caso se refieren a un motor de 6 cilindros; el interruptor de la mariposa (8), el inyector de arranque (9) también conocido con el nombre de válvula de arranque en frío, y el termocontacto (10) para medición de la temperatura del motor. A los principales de estos elementos vamos a referirnos en orden:

- I. Bomba eléctrica
- II. Acumulador
- III. Regulador de mezcla
- IV. Caja de aire adicional
- V. Regulador de calentamiento.

4.2.3.1. Bomba eléctrica. Debe atender no sólo a alimentar todos los conductos del combustible sino que ha de ofrecerlo a una presión muy superior a la de máximo consumo de la instalación. Esta presión es de 5 bar y su caudal debe ser de unos 21/min.

En la Figura 27 tenemos un dibujo general de lo que es una bomba de este tipo para los equipos Jetronic. Por (1) se efectúa la entrada del combustible que es aspirado del depósito de gasolina. En esta zona se encuentra la bomba propiamente dicha que consiste en un disco excéntrico provisto de cinco ranuras en las que se encuentran cinco

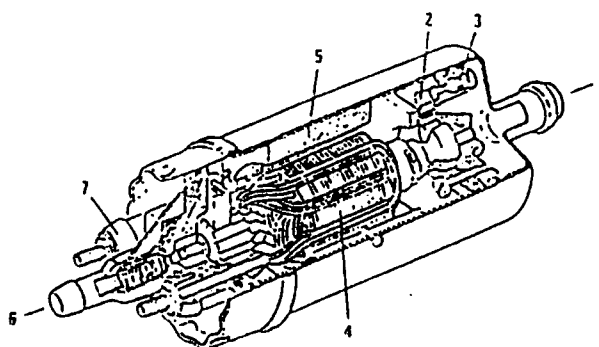


FIGURA 27. Vista de la composición interna de una bomba eléctrica de alimentación de combustible.

En la Figura 27: 1. Entrada de la gasolina, 2. Bomba de rodillos, 3. Válvula de sobrepresión, 4. Rotor del motor eléctrico, 5. Estator, 6. salida del combustible, 7. Borna de toma eléctrica.

rodillos que son los encargados de aumentar la presión. Esta parte de la bomba está señalada (2) en la figura 90, pero puede verse dibujada en una vista de frente en la Figura 28. El motor eléctrico hace girar a este rotor y los rodillos van comprimiendo el líquido hacia el interior de la bomba. Vemos en la Figura 27, en (3) señalada una válvula de sobrepresión que puede hacer retornar el líquido en dirección contraria cuando la presión en el interior del mismo cuerpo de la bomba resulta excesiva.

A continuación tenemos el motor eléctrico (4) provisto de su estator (5) y su colector para la toma de corriente. A través del conducto (6) sale el combustible hacia el acumulador.

En (7) tenemos la conexión eléctrica de entrada de la corriente procedente del relé regido por el contacto. Mientras en el otro borne se encuentra la salida del cable a masa.

Como puede verse se trata de una bomba en la que el combustible atraviesa toda la parte eléctrica. También hay que destacar la diferencia entre este tipo de bomba eléctrica y las que utilizan algunos automóviles en sistemas provistos de carburador.

La bomba de la Figura 28, Nótese que se trata de una bomba de funcionamiento continuo en vez de las bombas de funcionamiento alternativo como suelen ser la gran

mayoría de las bombas de este tipo.

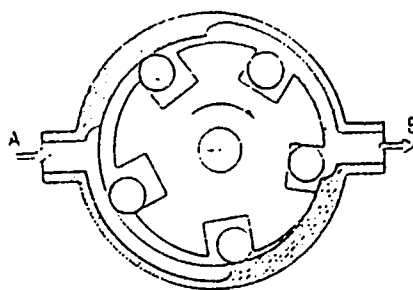


FIGURA 28. Esquema de la bomba de combustible

De la Figura 28: propiamente dicha. A, entrada de la gasolina. B, salida de la gasolina a presión.

4.2.3.2. Acumulador. Como complemento de la bomba existe el llamado acumulador cuya misión ya ha sido explicada. En la Figura 29 podemos ver un esquema de su constitución interior que va a servirnos además para explicar su sencillo funcionamiento.

Consta de una cápsula (1) que aloja en su interior un muelle (2) el cual presiona con una fuerza muy determinada al conjunto de una membrana (3) por medio de la cual se divide el cuerpo del acumulador en dos cámaras bien diferenciadas.

En la posición que muestra esta Figura 29 que es la posición de vacío, la gasolina entra por el conducto (4) en cuanto la bomba de alimentación se pone en funcionamiento. Se encuentra en primer lugar un deflector (5) que la obliga a pasar hacia la salida (6) que conducirá el combustible hacia el filtro y de allí al regulador de mezcla como ya es sabido. La misma presión a que la gasolina es recibida en esta parte baja de la cámara, hace que se inunde todo el recinto que queda por debajo de la membrana (3) se inunde y presione a la membrana y con ella a su muelle antagonista (2) hasta el tope del acumulador (7). En esta situación de funcionamiento de la bomba de gasolina el acumulador queda del modo que se puede ver en la Figura 30 donde hemos señalado en (8) el llenado de la cámara de acumulación.

Mientras la bomba se mantenga a una presión regular el acumulador permanece de la forma que se indica en la Figura 30; pero cuando existen posibles fluctuaciones de la presión el acumulador es muy sensible y aporta combustible para estabilizar la situación. Con el fin de

que no se produzca el vacío en el interior de la cámara del muelle, el acumulador llega un orificio que lo pone en contacto con la atmósfera. Este orificio que se puede ver señalado en (9) en la Figura 30, debe hallarse siempre libre de toda obstrucción.

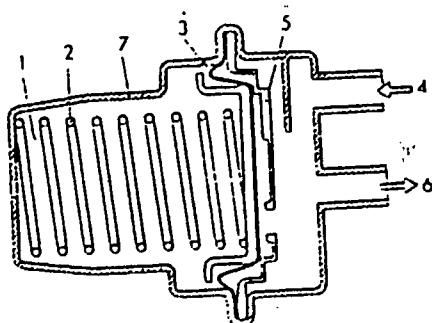


FIGURA 29. Constitución interna del acumulador.

En la Figura 29: 1. Cápsula, 2. Muelle tarado, 3. Membrana, 4. Entrada del combustible procedente de la bomba, 5. Deflector, 6. Salida del combustible, 7. Tope de carrera del acumulador.

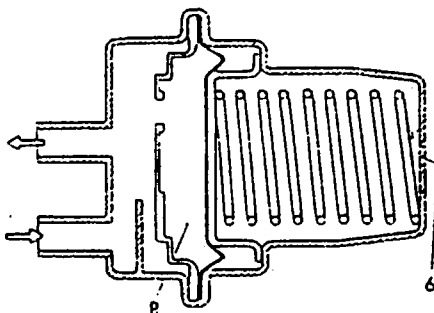


FIGURA 30. El acumulador en posición máxima de recorrido.

En la Figura 30: 8. Llenado máximo de la cámara de acumulación, 9. Orificio de alineación.

4.2.3.3. Regulador de Mezcla. Esta es la pieza fundamental del sistema de inyección de gasolina por medio de la cual se distingue al sistema K-Jetronic del resto de sus sistemas hermanos. Como quiera que ya conocemos sobradamente su misión general vamos a centrar nuestro estudio en detalles de funcionamiento que hacen posible su misión. Como vimos consta de tres partes fundamentales que vamos a ver por separado:

- a) Regulador de presión.
- b) Dosificador-distribuidor.

c) Medidor del caudal de aire.

En la Figura 31 tenemos el aspecto exterior que muestra todo el conjunto del regulador de mezcla montado sobre un motor.

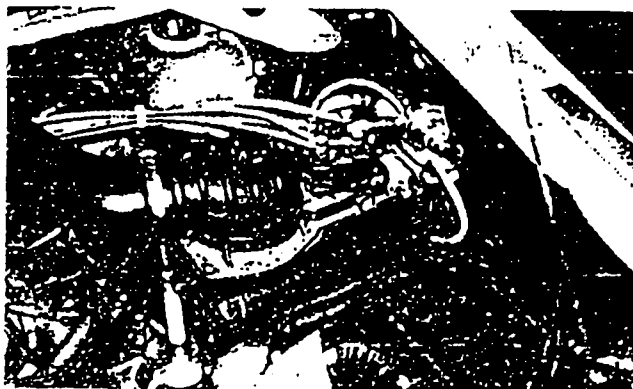


FIGURA 31. Aspecto que presenta un regulador de mezcla de un sistema K-Jetronic montado en el motor de un Volkswagen, modelo Golf GTI.

a) **Regulador de Presión.** Como resulta indispensable mantener un valor de presión bastante preciso durante el funcionamiento, pues de ello depende la buena dosificación, resulta indispensable disponer de una válvula que asegure sobre todo que la presión no pasa de ciertos límites para los que la válvula citada se encuentre tarada. Veamos su constitución interior en la Figura 32.

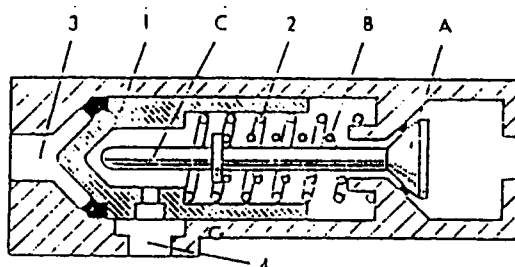


FIGURA 32. Esquema del interior de un regulador de presión en posición de reposo.

Consta de un pistón desplazable (1) cuya punta cónica se asienta sobre otra superficie cónica que existe en la parte del cilindro por el que se desplaza. La posición de esta válvula está regida, en primer lugar, por un muelle

antagonista (2) que fuerza al pistón desplazable hacia su posición hacia la izquierda. En la figura 96 que muestra esta válvula en posición de reposo, el muelle (2) empuja al pistón (1) hacia su asiento de modo que obtura el conducto de paso del combustible (3). Cuando la bomba de alimentación comienza a funcionar, y manda el combustible a presión hacia el dosificador, una parte de este combustible se deriva por el orificio (3) presionando sobre la superficie cónica del pistón desplazable (1). Si la presión se mantiene dentro de los límites tolerados para el sistema el muelle antagonista impide la retirada del pistón, pero cuando la presión aumenta se va comprimiendo tanto más el muelle cuanto mayor es el valor de la misma. Entonces el pistón se retira hacia la derecha y deja paso a la abertura del orificio de rebose (4) por donde parte del combustible se deriva de nuevo al depósito de gasolina. Esta pérdida o fuga de líquido restablece la presión conveniente en el circuito.

En la Figura 33 tenemos la posición descrita de funcionamiento de esta válvula en lo que respecta a la regulación de la presión del combustible.

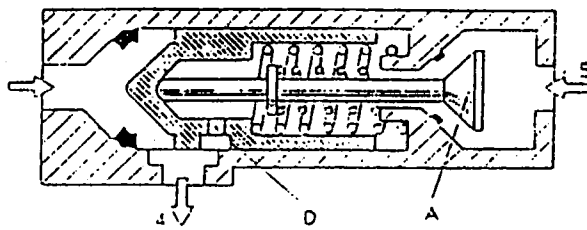


FIGURA 33. El regulador de presión en posición de funcionamiento derivando parte del combustible por el conducto de rebose.

Este regulador de presión es sensible a valores de 0,10 bar lo que le da una cierta importante precisión. Si, por ejemplo, el valor de la presión del circuito debe mantenerse a 5 bar para el colectivo funcionamiento de los inyectores y de la válvula corredera de dosificación, en cuanto la presión asciende a 5,10 bar la válvula del regulador ya está actuando abriéndose ligeramente para producir una fuga de combustible que se traduce en una rápida disminución de la presión reinante.

Además de lo dicho la válvula cumple una segunda función para derivar el combustible que durante el período de calentamiento del motor le puede provenir del regulador de calentamiento o de otras circunstancias. Este circuito lo vimos en la Figura 19 señalado en (25). La doble función de la válvula se establece por medio de una nueva

válvula de asiento (A, en la Figura 32) asegurada en su asiento por medio de un muelle (B). Cuando la presión del combustible es muy alta, al retirarse el pistón (1) se apoya sobre el vástago (C) de la citada segunda válvula y arrastra a ésta hacia la derecha. Como consecuencia de ello se produce la abertura del orificio que esta válvula (A) controla, quedando la situación que muestra la Figura 33 es decir, abriéndose el paso del combustible que circule por la derivación que proviene del regulador de calentamiento, y mandándolo también al rebose a través del orificio de desahogo (D).

Para comprender bien el por qué de esta derivación es necesario haber entendido el funcionamiento del dosificador-distribuidor. En realidad, el regulador de calentamiento (25, en la Figura 19) trabaja también como un corrector de la presión que la válvula corredera de dosificación (A, en la Figura 19) tiene por su parte superior con el fin de modular sus desplazamientos que tanta importancia tienen para la dosificación de la mezcla.

Cuando la presión en la zona superior de la válvula corredera es muy importante la válvula se resistiría a desplazarse; por ello tiene un desahogo por medio del conducto que va a parar a la válvula del regulador de calentamiento. Allí puede vencer la presión de un muelle, abrir una válvula y derivarse hacia nuestro regulador de presión. Y como quiera que éste debe encontrarse en una posición de abertura importante precisamente por el exceso de presión que reina en el pistón desplazable de la Figura 33, el combustible así derivado encuentra la válvula (A) abierta y pasa a evacuarse, por D, al orificio de rebose (4). De esta forma el equilibrio obtenido en las presiones reinantes es notable.

b) Dosificador-distribuidor. Es el dispositivo por medio del cual se aporta la cantidad de gasolina necesaria para alimentar a los inyectores según el estado del aire que el motor consume.

En la Figura 34 tenemos el esquema general de este aparato. El elemento fundamental es la válvula corredera (1) la cual puede ser accionada por la palanca (2) del plato sonda durante el movimiento angular del mismo y también por una presión de modulación que se establece en (3) al llegar presión desde el conducto (4) procedente de la alimentación general. Esta zona, corresponde al elemento dosificador.

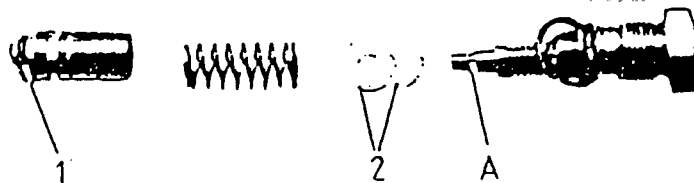


FIGURA 34. Aspecto real de los elementos que componen el interior de un regulador de presión.

En la Figura 34: 1. Pistón desplazable, 2. Arandelas calibradas de regulación, 3. Junta torica, 4, Junta. A. válvula de asiento.

Por otra parte, el dispositivo consta de unas cámaras de distribución desde las que pasará el combustible a presión hacia los inyectores y que están señaladas en el dibujo con el número 5. Aquí solamente se han dibujado dos de estas cámaras, pero en la realidad se dispone de tantas cámaras como cilindros se han de alimentar, es decir, cuatro para los motores de cuatro cilindros, seis par los de seis etc. Como puede verse, estas cámaras están divididas en dos partes que se hallan separadas entre sí por medio de una membrana (6).

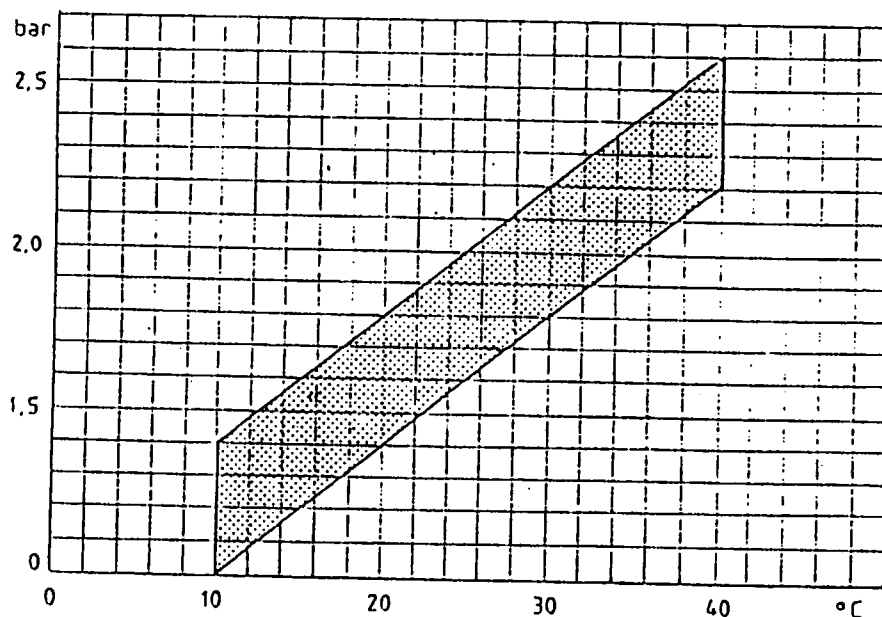


FIGURA 35. Gráfico indicador del valor de las presiones de acuerdo con la temperatura del motor.

En la parte superior se encuentra el conducto (7) que está comunicado directamente con el inyector, pero este conducto se abre o se cierra de acuerdo con la relación de presión que existe en la cámara inferior con respecto a la superior. Existe, pues, una presión diferencial que interviene en el funcionamiento de este sistema.

En la figura 37 tenemos la posición de la válvula corredera en tres situaciones del funcionamiento del motor. En A nos encontramos con posición de reposo de la válvula correspondiente al motor parado. La válvula (1) ha caído hasta el fondo del cilindro (2). Su cabeza dosificadora (3) obtura el paso del combustible por los orificios de circulación hasta la parte superior de las cámaras de alimentación de los inyectores (pues tales son los conductos 4) de modo que el motor no puede recibir alimentación alguna.

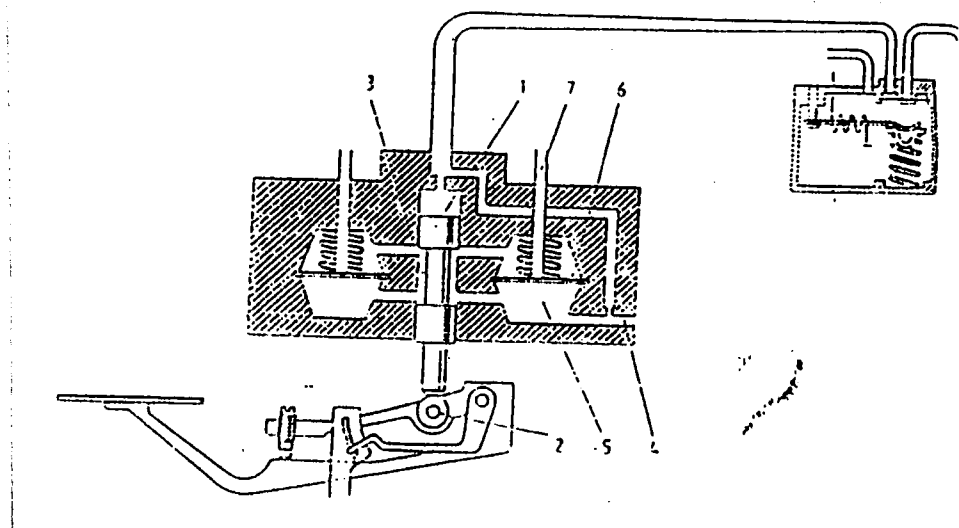


FIGURA 36. Esquema general del dosificador - distribuidor.

En la Figura 36: 1. Válvula corredera, 2. Palanca del plato sonda, 3. Entrada de la presión de modulación, 4. Conducto de la presión de modulación, 5. Cámara de distribución, 6. Membrana, 7. Conducto que va al inyector.

Cuando el aire penetra por el colector de admisión y hace mover el plato sonda la válvula corredera es accionada por abajo, tal como indica la flecha del dibujo B de la misma figura 37. En el momento en que la corredera se levanta va abriendo el paso del combustible a los conductos (4) de alimentación de la cámara superior y una cantidad determinada de gasolina puede pasar a los inyectores. En la posición del dibujo la válvula corredera está en disposición de carga parcial. Cuando se exige una máxima potencia del motor, se abre por completo

el paso del aire y el plato sonda adquiere su posición máxima, también puede desplazar a la corredera hasta su posición de plena carga, que es lo que nos muestra el dibujo C de la figura 101 citada. Como puede apreciarse, aquí la válvula no interfiere el paso del combustible que se establece entre los conductos de entrada (5) y los de paso hacia la cámara superior (4) en la que se encuentran los conductos que transportan al inyector el combustible.

El funcionamiento de dosificación veámoslo en la figura 38 y aplicado solamente a un cilindro. En esta figura nos encontramos en el momento en que hay presión de combustible procedente de la bomba y una vez regulado por el regulador que ya conocemos. Por (1) entra la gasolina que pasa a inundar la parte baja de la cámara (2) presionando en principio sobre la membrana (3) para que ésta cierre el paso del conducto (4) que manda el combustible a los inyectores por (5).

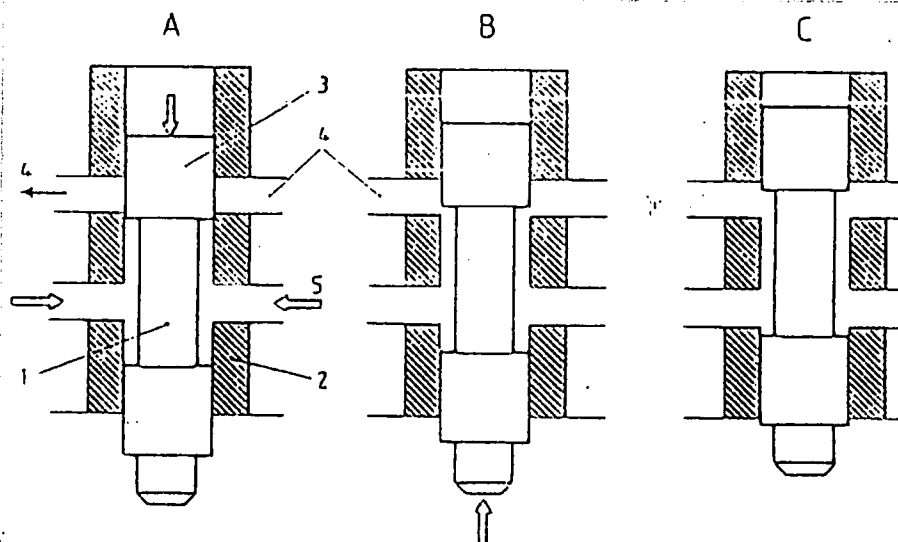


FIGURA 37. Diferentes estados de funcionamiento de la válvula corredera de dosificación.

En la Figura 37: A. Posición de reposo, B. Posición de media carga, C. Posición de plena carga.

Al mismo tiempo que esto ocurre el combustible a presión pasa también a través del orificio calibrado (6) y sube hasta la parte superior del cilindro que cobija a la válvula corredera de dosificación. En este punto puede penetrar dentro de la cámara superior (7) a través del estrangulamiento amortiguador (8) ofreciendo a la válvula corredera una presión superior de control para hacer que

sus movimientos sean muy precisos. A través del conducto (9) y como pudimos ver en las pasadas figuras 19 y 35 esta presión se transmite también hacia el regulador de calentamiento cuyo funcionamiento se explicará.

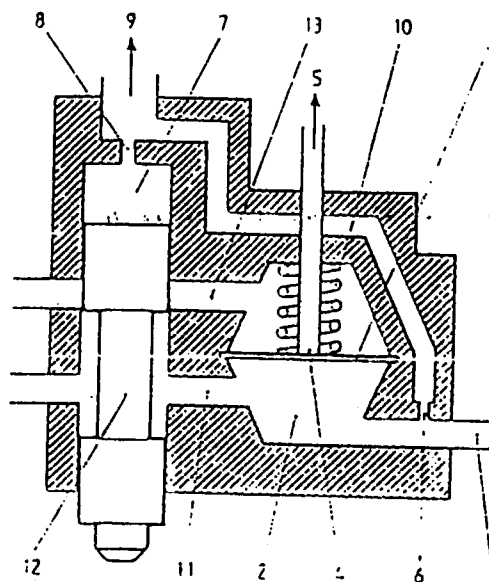


FIGURA 38. Funcionamiento de la dosificación en el regulador de mezcla.

En la Figura 39: Se muestra el estado de cierre de la válvula de dosificación.(12)

En las condiciones dichas tenemos que el paso del combustible hacia la cámara superior (10), que ha de efectuarse por el conducto (11) y a través del cuerpo de menor diámetro de la válvula corredera (12) debe poder penetrar en el conducto de paso a la cámara superior (13) solamente cuando la cabeza superior de la válvula corredera ha abierto este conducto. Esta es la situación que se presenta en la figura 39. Para que esto se haya podido producir la válvula corredera ha tenido que ser impulsada por su base (14) a través del movimiento del plato sonda. En el momento en que la cabeza de la corredera abre el conducto, la gasolina penetra en la cámara superior y en virtud de su presión puede pasar a los inyectores siempre y cuando su presión unida a la de los muelles sea superior a la presión que reina en la cámara baja, pues en este momento la membrana se retira y deja paso a la cantidad de combustible existente en la cámara superior. Por este procedimiento se asegura la alimentación de los inyectores siempre que el valor de la presión sea superior al de abertura de los citados inyectores.

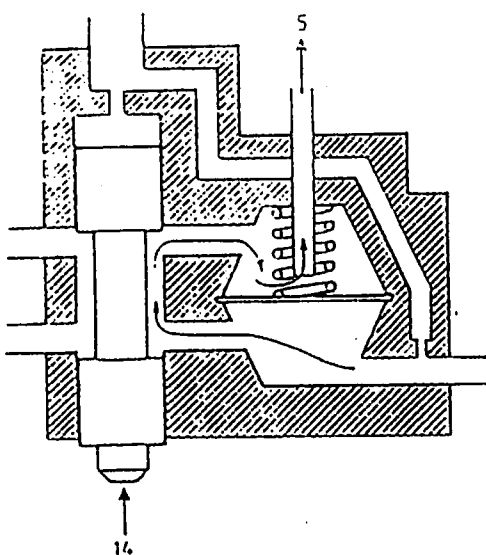


FIGURA 39. Funcionamiento durante plena carga.

En la Figura 39: La válvula ha sido empujada por el desplazamiento (14) del plato sonda y el combustible puede pasar a su inyector correspondiente por 5.

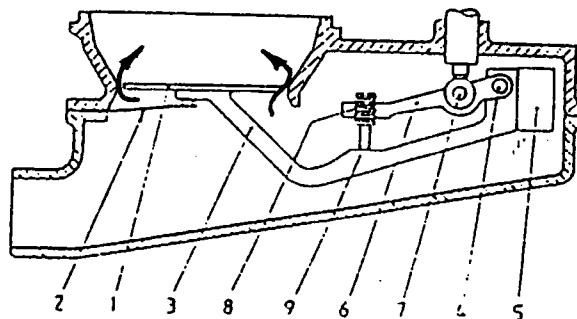


FIGURA 40. Funcionamiento del medidor del caudal de aire.

En la Figura 40:

1. Plato sonda, 2. Muelle de lámina para impedir el hundimiento del plato, 3. Brazo, 4. Eje de basculación, 5. Contrapeso, 6. Palanca, 7. Extremo de la corredera de dosificación, 8. Tornillo de reglaje, 9. leva.

Como se ha dicho, la válvula corredera es única, pero las cámaras son tantas como cilindros tiene el motor que se trata de alimentar.

Finalmente recordemos que el sistema K-Jetronic es un sistema de alimentación continua de modo que, en mayores o menos cantidades, este mecanismo dosificador-

distribuidor está proporcionando constantemente una niebla de combustible en las proximidades de las válvulas de admisión mientras el motor se halla en funcionamiento.

c) Medidor del caudal de aire. Pasemos al medidor del caudal de aire con su plato sonda.

En la figura 40 tenemos este conjunto esquematizado, que resulta mucho más sencillo por tener un funcionamiento mecánico, mucho más fácil de entender que los círculos hidráulicos. En esta figura 40 vemos que se encuentra en posición de reposo; es decir, con el motor parado y sin circulación de aire a través del plato sonda. Aquí podemos distinguir en primer lugar el plato sonda (1) que se mantiene en su máxima posición de estrangulamiento gracias a un muelle de lámina (2) que le impide hundirse al tiempo que amortigua su caída. El movimiento del plato sonda es transmitido al brazo (3) que se halla sujeto en posición pivotante desde el eje (4). Con el fin de que el aire no tenga que ejercer un esfuerzo exagerado para mover el plato sonda, lo cual significa un freno para el aire, en el extremo opuesto lleva un contrapeso (5) que le permita balancear sin gran esfuerzo.

A continuación podemos ver el conjunto de la palanca (6) de accionamiento de la punta de la corredera (7). La posición relativa de esta palanca puede variarse gracias a un tornillo de reglaje (8) por medio del cual se gradúa la riqueza de la mezcla. Además posee una leva (9) con respecto al brazo estudiada para graduar la carrera que la palanca (6) puede efectuar.

En la figura 40 tenemos el momento de entrada de aire por el plato sonda. Ya se ve que al levantarse éste lo hace proporcionalmente la corredera efectuándose de este modo la dosificación proporcional.

4.2.3.4. Caja de Aire Adicional. Al estudiar el funcionamiento general del sistema K-Jetronic ya vimos cómo en el figura 42 la función que realiza esta válvula controlando el aire suplementario durante el período de puesta en marcha y calentamiento del motor.

Poco vamos a extendernos sobre este dispositivo que podemos ver en esquema en la figura 43.

El elemento fundamental de que consta es una lámina bimetálica (1) rodeada por una resistencia eléctrica (2). La lámina bimetálica consta de una plaquita de un material metálico firmemente adherida a otra plaquita igual de otro material metálico. Como quiera que los coeficientes de dilatación de ambos materiales es diferente, cuando son sometidos a una fuente de calor, el material que se dilata más fácilmente hace doblar la plaquita produciendo una curvatura que se mantiene mientras la fuente de calor se conserva. Cuando el calor cesa, la lámina bimetálica vuelve a su posición inicial.

Teniendo en cuenta este principio ya puede comprenderse cómo trabaja la caja de aire adicional. Cuando el motor está frío la plaquita bimetálica (1) se mantiene tirante. En su consecuencia el obturador (3) deja paso libre al aire por el conducto suplementario (4). Cuando se manda corriente eléctrica a la resistencia (2) la placa bimetálica se calienta, se dobla y como consecuencia de ello el obturador va estrangulando cada vez más el paso del aire adicional.

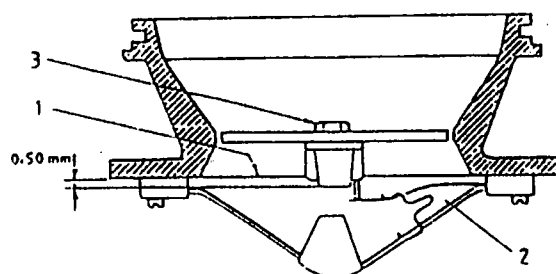


FIGURA 42.2 Puntos de resaca de un plato sonda.

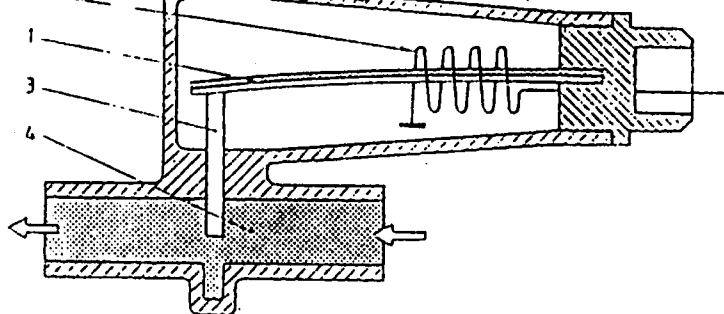


FIGURA 43. Composición de una caja de aire adicional.

En la Figura 43: 1. Lámina bimetálica, 2. Resistencia eléctrica, 3. Obturador, 4. Conducto del paso del aire.

Como quiera que el estado de doblamiento depende del calor y la corriente que recibe la resistencia es proporcional al estado de temperatura del motor, a medida que el motor se calienta va recibiendo cada vez mayor intensidad la resistencia, lo que significa más calor y con ello más doblamiento del bimetálico. Cuando el motor está caliente la resistencia eléctrica recibe la máxima cantidad de calor y el obturador permanece siempre cerrado impidiendo el paso del aire adicional.

4.2.3.5. Regulador de Calentamiento. En la pasada figura 19 vimos este dispositivo señalado con el número (25).

En primer lugar, hay que destacar que este regulador tiene dos misiones importantes. De una parte trabaja como un regulador de la presión de control que la válvula corredera recibe por su cabeza, tal como se ha explicado. De otra parte tiene la misión de proporcionar una mezcla rica y progresivamente rica mientras el motor está frío. Veamos cómo cumple cada una de estas misiones. En la figura 44 tenemos un esquema simplificado de los dispositivos que componen este regulador. Aquí se representa el momento en que el motor térmico está caliente y el regulador funciona en posición de marcha normal. Como puede verse, consta de una membrana (1) que puede cerrar el paso al combustible procedente por (2) de la cabeza de la válvula corredera gracias a obturar el conducto (3), por el que pasa la presión de mando. Un vástago (4), unido a la membrana, es el portador de la fuerza del muelle (5) que obliga a la membrana a permanecer obturando el paso de la presión de mando que aparece por el conducto (2) citado. El muelle, sin embargo está tarado para un determinado valor de la presión y cuando este valor supera ciertos límites de funcionamiento, la presión ejercida por el líquido contra la membrana en (6) vence ligeramente la presión de ésta y del muelle de forma que algo de líquido escapa hacia la salida (7) y desde allí hacia la parte trasera del regulador de presión que la conduce al rebose. Por este sistema se asegura la estabilidad de la presión para la válvula corredera.

Otra de las misiones importantes de esta válvula está en su función de regulador de calentamiento. Esta misión podemos verla con la ayuda de los dos dibujos que muestra la figura 45.

Cuando el motor está frío el regulador de calentamiento posee la membrana distendida gracias a un brazo bimetálico (1) que se halla rodeado por una resistencia

eléctrica (2). En el caso del motor parado y frío la palanca bimetálica (1) está también fría y en consecuencia se halla tensa y erecta. Su posición está calculada de tal manera que cuando se encuentra en esta situación hace tope con el vástago (4), venciendo la presión del muelle (5) y arrastrando a la membrana a abrirse y dejar paso, por (3) al líquido procedente de la cabeza de la válvula corredera se queda sin presión de mando y resulta mucho más fácil de accionar por el plato sonda. De este modo se produce un enriquecimiento de la mezcla que contribuye a dosificar bien el ralentí acelerado que se precisa en un motor frío para llegar a su calentamiento.

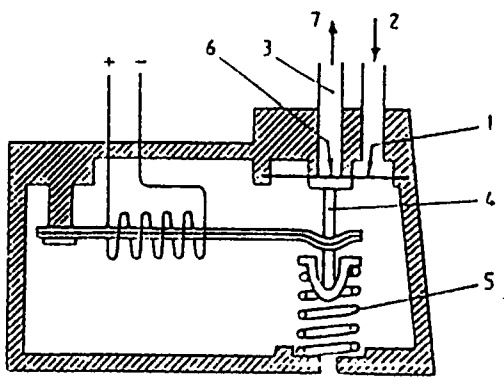


FIGURA 44. Composición interna del regulador de calentamiento.

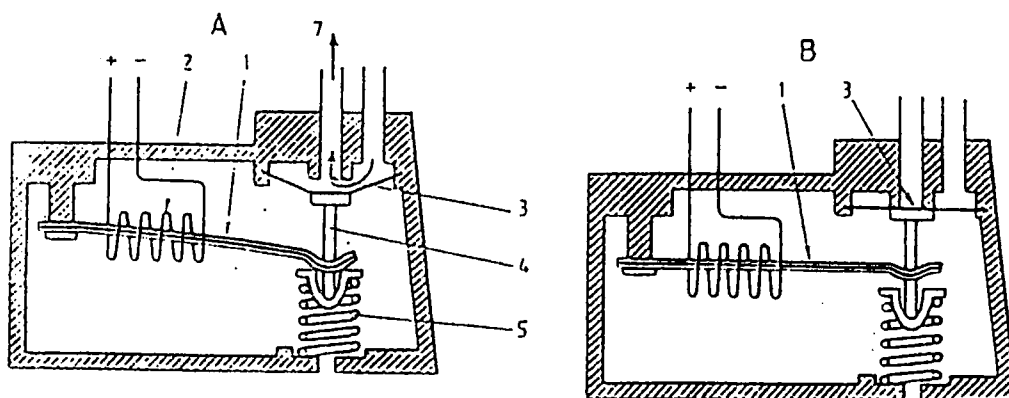


FIGURA 45. Funcionamiento del regulador de calentamiento.

En la Figura 45: Durante la puesta en marcha del motor. A. con el motor frío, B. Con el motor caliente.

Cuando el conductor acciona el motor de arranque y el

motor está frío pasa corriente a la resistencia (2) -al igual que lo hace en la resistencia de la caja de aire adicional- y la lámina bimetálica que constituye la palanca (1) va recibiendo calor que progresivamente la va doblando. Así pierde fuerza ante la tensión del muelle y la membrana se va cerrando cada vez más mientras disminuye la oposición de la palanca bimetálica. Esta es la situación que se presenta en la figura 45. Aquí ya vemos que la palanca se ha levantado por el efecto del calor que recibe de la resistencia y el vástago, una vez libre, sube la membrana hasta el cierre del conducto (3). La palanca (1) adoptará esta posición permanentemente mientras el motor esté caliente y en esta posición no interferirá para nada el funcionamiento de este regulador para su otra misión estabilizadora. El K-Jetronic constituye uno de los equipos más corrientes en los sistemas de inyección de gasolina mecánicos. El esquema de la Figura 46 corresponde a un BMW de la serie 3 que va equipado con mando electrónico. Se puede ver las conexiones eléctricas de cada uno de los aparatos principales que se han descrito y de los complementarios que también forman parte del equipo.

4.3 KE JETRONIC

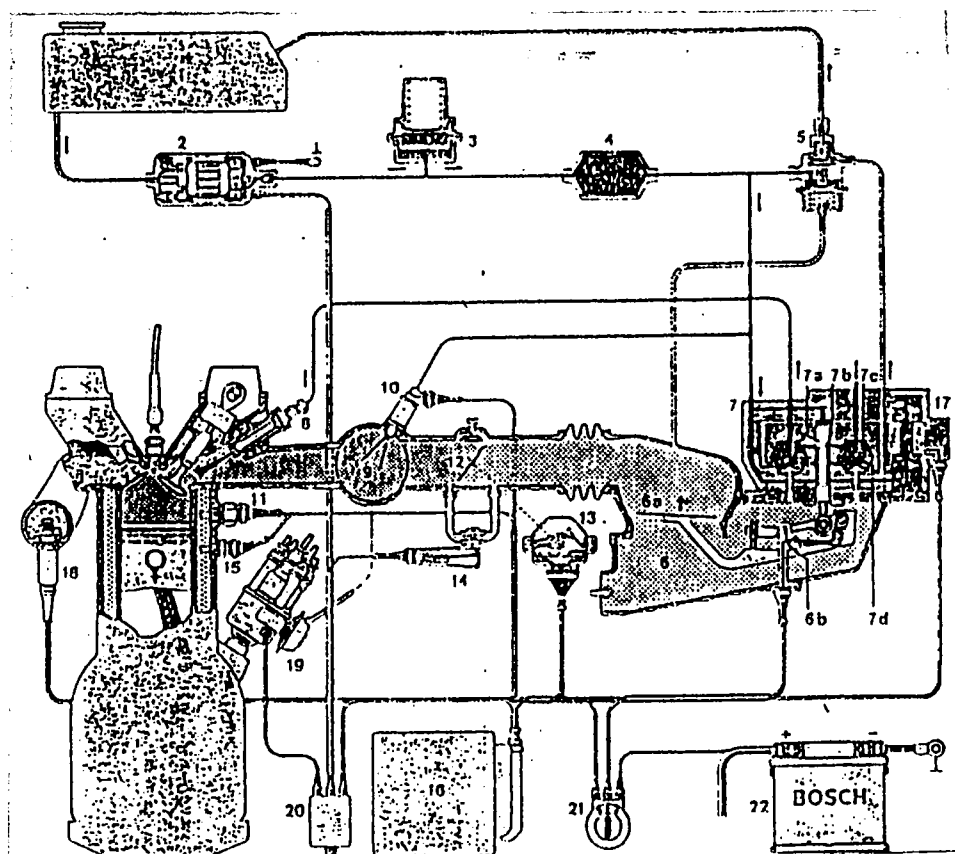


FIGURA 46. Componentes del sistema KE-Jetronic.

En la Figura 46: Componentes del sistema KE-Jetronic: 1. Depósito de combustible, 2. Electrobomba de combustible, 3. Acumulador de combustible, 4. Filtro de combustible, 5. Regulador de la presión del sistema, 6. Medidor del caudal de aire, 6a. Plato - sonda, 6b Potenciómetro, 7. Distribuidor dosificador de combustible, 7a. Embolo de mando, 7b. Borde de mando, 7c. Cámara superior, 7d. Cámara inferior, 8. Válvula de inyección, 9. Colector de admisión, 10. Válvula de arranque en frío, 11. Interruptor térmico temporizado, 12. Mariposa, 13. Interruptor de mariposa, 14. Válvula de aire adicional, 15. Sonda térmica del motor, 16. Unidad de control electrónica, 17. Actuador electrohidráulico de presión, 18. Sonda Lambda, 19. Distribuidor de encendido, 20. Relé de mando, 21. Conmutador de encendido y arranque, 22. Batería.

A continuación se detallan los componentes del sistema KE-Jetronic, tomando en cuenta que este sistema es un avance del sistema K-Jetronic de ahí su gran similitud. El sistema KE Jetronic incorpora la electrónica para mayor efectividad y eficiencia.

A continuación se describe la función y funcionamiento de cada componente, eliminando aquellos que se han descrito en temas anteriores o que tienen poca importancia.

4.3.1 Filtro de combustible. Las partes que lo componen son las siguientes:

1. Filtro de papel
2. Tamiz
3. Placa de apoyo

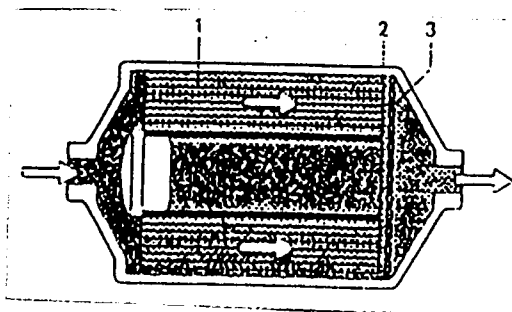


FIGURA 47. Filtro de combustible.

La función de el es usual de cualquier filtro, separa las partículas de suciedad existentes en el combustible, lográndose una limpieza altamente efectiva. Debe de observarse cuidadosamente la correcta colocación indicado por las flechas, esto para una buena limpieza del combustible.

4.3.2 Regulador de presión. Este esta formado por:

1. Combustible procedente del distribuidor dosificador.
2. Retorno de combustible al tanque
3. Tornillo de ajuste

4. sello
5. Entrada de combustible del sistema de alimentación
6. Plato de válvula
7. Membrana
8. Cuerpo de válvula lineal

Este regulador tiene la facultad de regular tanto la presión del sistema por la entrada 6 como también la presión de control entrada 1, el combustible es enviado al tanque de combustible por la tubería 2. En la parte inferior de la figura puede observarse la tubería de depresión que esta comunicada al maníful de admisión para que el diafragma o membrana se desplace hacia abajo según la depresión reinante en la cámara.

El regulador funciona de forma diferente al estar el motor frío o caliente, para producir presión de combustible cuando el motor así lo necesite.

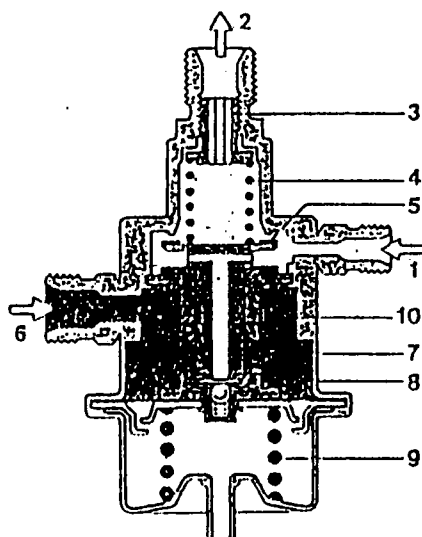


FIGURA 48. Regulador de presión.

4.3.3 Válvulas de inyección. Las partes que la componen son:

- a. Válvula en posición de reposo
 - b. Válvula en posición de apertura
1. Filtro
 2. Aguja de la válvula
 3. Asiento de la válvula

Estas válvulas trabajan bajo la presión de combustible, se encargan de pulverizar el combustible mediante los

movimientos oscilatorios de la aguja de la válvula. Van fijadas sobre soportes para aislarlas a las altas temperaturas.

4.3.4 Actuador electrohidráulico de presión. Sus partes son las siguientes:

1. Entrada de combustible
2. Inyector
3. Placa de rebote
4. Salida de combustible
5. Polo magnético
6. Bobina magnética Flujo magnético permanente
7. Flujo magnético permanente
8. Imán permanente
9. Tornillo de ajuste para momento básico
10. Flujo electrohidráulico
11. Inducido

El modifica la presión en las cámaras inferiores de las válvulas de presión diferencial

Trabaja por medio de la presión del sistema y una señal eléctrica comandada por la unidad de control, así se modifica el caudal de combustible a las válvulas de inyección.

El actuador de presión reacciona con gran rapidez a las variaciones de corriente entre sus terminales de entrada, debido al bajo valor de las constantes electromagnéticas de tiempo pequeñas a la reducida masa que ha de poner en movimiento.

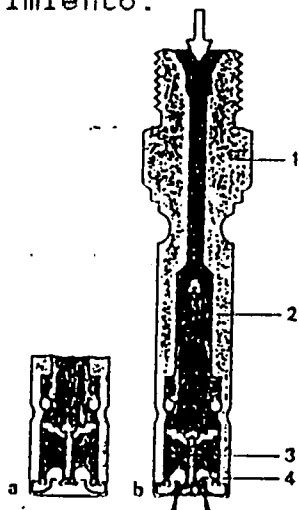


FIGURA 49. Válvula de inyección.

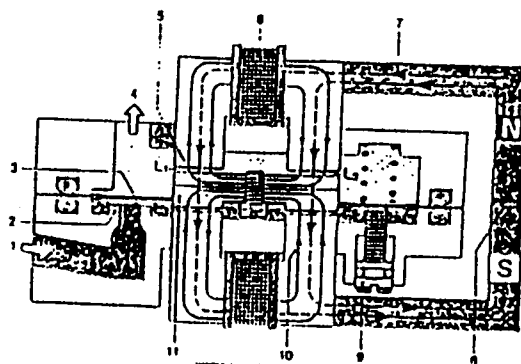


FIGURA 50. Actuador electrohidráulico de presión.

4.3.5 Válvulas de arranque en frío. La conforman:

1. Conexión eléctrica
2. Entrada de combustible
3. Válvula
4. Devanado magnético
5. Inyector
6. Asiento válvula

Al arrancar el vehículo este se encuentra frío esta válvula inyecta combustible adicional en el colector de admisión durante un tiempo que lo indica la temperatura del motor. Mediante el interruptor térmico temporizado se limita temporalmente la duración de la inyección a través de la válvula de arranque en frío.

4.3.6 Interruptor térmico temporizado. Lo conforman:

1. Conexión eléctrica
2. Cuerpo
3. Tira de bimetetal
4. Devanados calefactores
5. Contacto

Este componente limita el tiempo de inyección de la válvula descrita anteriormente en función de la temperatura del motor. La unidad de control mantiene el enriquecimiento de la mezcla en su valor máximo durante aproximadamente 4.5 segundos en función de la temperatura del motor y luego limita la regulación durante 20 segundos con una temperatura de arranque de 20°C.

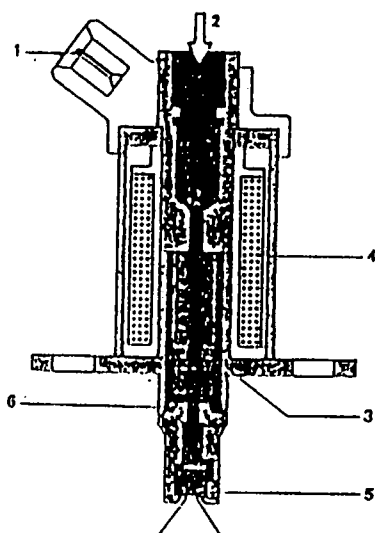


FIGURA 51. Válvula de arranque en frío.

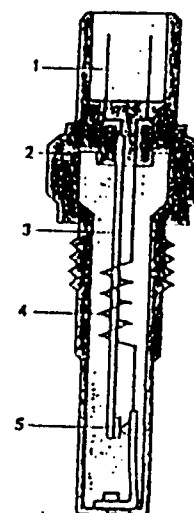


FIGURA 52. Interruptor térmico temporizado.

4.3.7 Sonda térmica del Motor. La conforman:

1. Conexión eléctrica
2. Cuerpo
3. Resistencia N.T.C.

La sonda se encarga de medir la temperatura del motor y envía la señal mediante señales eléctricas a la unidad de control electrónico.

En los motores con refrigeración por agua esta sonda va inmersa en el refrigerante mientras en un motor enfriado por aire esta enroscada en el bloque. La resistencia N T C (coeficiente de temperatura negativo disminuye su resistencia a medida que aumenta la temperatura.

4.3.8 Potenciómetro del plato-sonda. Esta constituido en técnica de capa sobre una base cerámica y esta formado por:

1. Escobilla de cursor
2. Escobilla principal
3. Palanca del cursor
4. Placa de potenciómetro
5. Cuerpo del medidor de caudal
6. Eje del medidor de caudal

La tensión del cursor la recibe un segundo cursor de escobilla, unido electricamente al principal.

Como protección contra daños el dispositivo tiene una resistencia eléctrica fija conectada en serie al cursor.

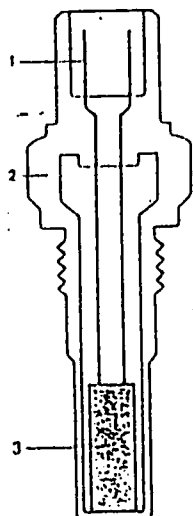


FIGURA 53. Sonda térmica del motor

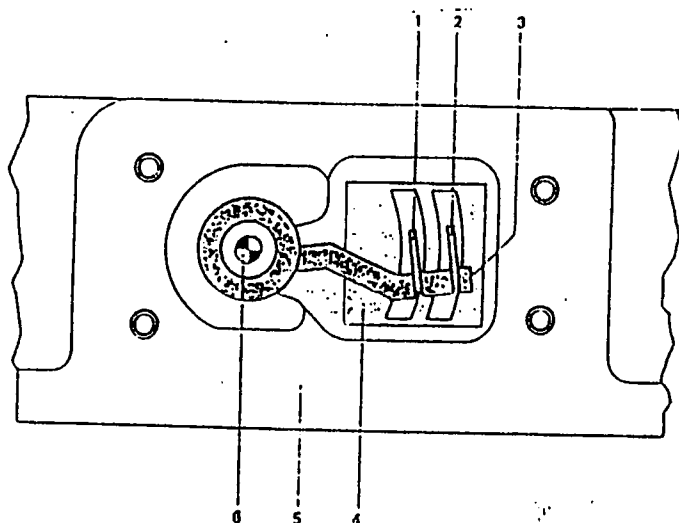


FIGURA 54. Potenciómetro del plato-sonda.

4.3.9 Interruptor de la mariposa (TPS).

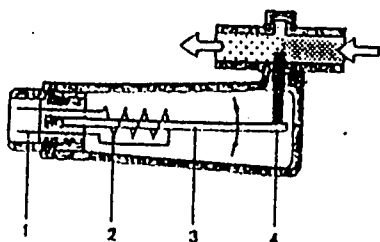
Sus componentes son los siguientes:

1. contacto de plena carga
2. Colisa de conexión
3. Eje de mariposa
4. Contacto de ralenti

Este componente tiene la función de comunicar las posiciones de la mariposa en ralenti y plena carga a la unidad de control electrónico. Va fijado a la tabladura de la mariposa. El eje de esta activa el interruptor.

4.3.10 Válvula adicional de aire. Sus componentes son:

1. Carga eléctrica
2. Calefacción eléctrica
3. Bimetal
4. Diafragma perforado.



Esta Válvula esta conectada en bypass con la mariposa, ella aporta aire adicional al motor en función de la temperatura de éste. Dosificandose mayor cantidad de aire para compensarlo con el combustible inyectado por el inyector de arranque en frío.

FIGURA 55. Válvula adicional de aire.

4.3.11 Actuador rotativo de ralenti. Lo conforman:

1. Conexión eléctrica
2. Cuerpo
3. Muelle de reposición
4. Bobina
5. Inducido rotativo
6. Canal de aire en bypass
7. Tope ajustable
8. Corredera giratoria

Este sustituye a la válvula adicional de aire y además se encarga de regulación de llenado al ralenti. La unidad de control electrónico manda señales al motor dependiendo del régimen y temperatura del motor para así gobernar el ralenti, modificando la apertura de la corredera giratoria la cual tiene un desplazamiento de un ángulo limitado a 60°.

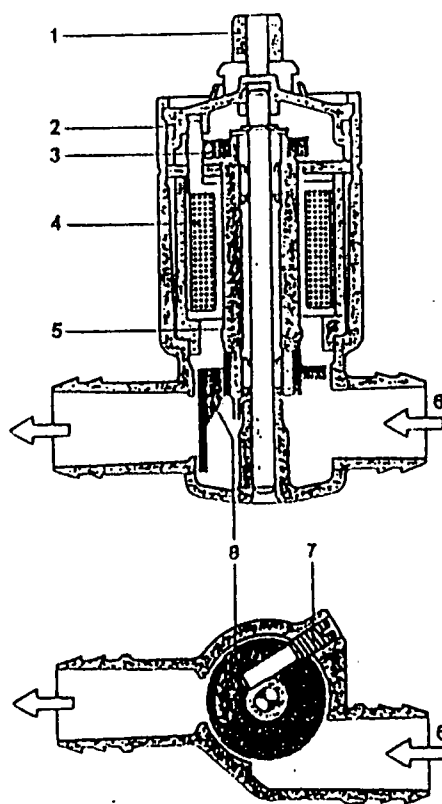


FIGURA 56. Actuador rotativo de ralenti.

4.3.12 Unidad de control electrónico. Este componente analiza los datos suministrados por los sensores en relación con los diferentes estados de funcionamiento del motor y con base en ellos elabora una corriente de mando para el actuador electrohidráulico de presión y con ellos a las válvulas de inyección. La relación con la función de adaptación correspondiente es:

1. Interruptor de la mariposa: plena carga y ralenti.
2. Sistema de disparo de encendido: régimen de motor.
3. Conmutador de encendido y arranque
4. Sonda térmica del motor
5. Sensor de la cápsula barométrica
6. Sonda lambda

4.3.13 Rele de mando. Los componentes que se encuentran en el esquema son los siguientes:

1. Conmutador de encendido y arranque
2. Válvula de arranque en frío
3. Interruptor térmico temporizado
4. Rele de mando
5. Electróbomba de combustible
6. válvula adicional de aire.

Al arrancar el conmutador de encendido y arranque pone bajo tensión el relé de mando el cuál se conecta tan pronto como el motor gira por medio de la señal del distribuidor de encendido poniendo en funcionamiento los componentes que encontramos en el esquema.

4.3.14 Catalizador. Este componente va incluido en la tubería de escape y lo forman las siguientes partes:

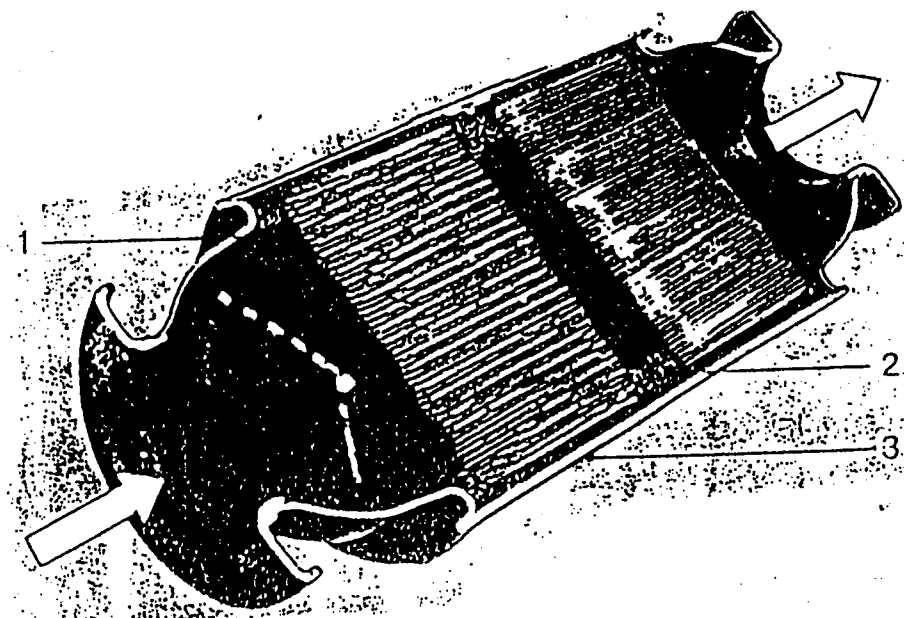


FIGURA 57. Catalizador.

1. Elemento cerámico dotado de sustancias catalíticamente activas (platino, paladio, rodio).
2. Lana de acero para soporte
3. Cuerpo

La emisión de elementos contaminantes producidos por el motor puede reducirse eficazmente mediante el tratamiento catalítico ulterior, estos ayudan y favorecen la poscombustión de CO , HC produciendo CO_2 , H_2O y simultáneamente los NO_x los transforma en N_2 (nitrógeno molecular). Los catalizadores modernos se les llama de tres vías lo que significa que se desgradan simultáneamente los tres elementos contaminantes.

El catalizador solo trabaja con combustible sin plomo ya que él destruye el efecto catalítico de los metales nobles.

4.3.15 Sonda - Lambda. Las partes que lo forman son las siguientes:

1. Elemento de contacto
2. Cuerpo térmico de apoyo
3. Cuerpo cerámico de la sonda
4. Tubo protector
5. Conexión eléctrica
6. Arandela belleville
7. Casquillo protector
8. Cuerpo
9. Electrodo negativo
10. Electrodo positivo

Suministra a la unidad de control la correspondiente señal en base a la composición de la mezcla. Esta sonda esta construida para que su parte exterior (tubo de escape) esté en contacto con los gases, y la parte interna con el medio ambiente. La tensión producida por la sonda hace de los contenidos de oxígeno desigual de ambos lados de la sonda y ésta señal es enviada a la unidad de control.

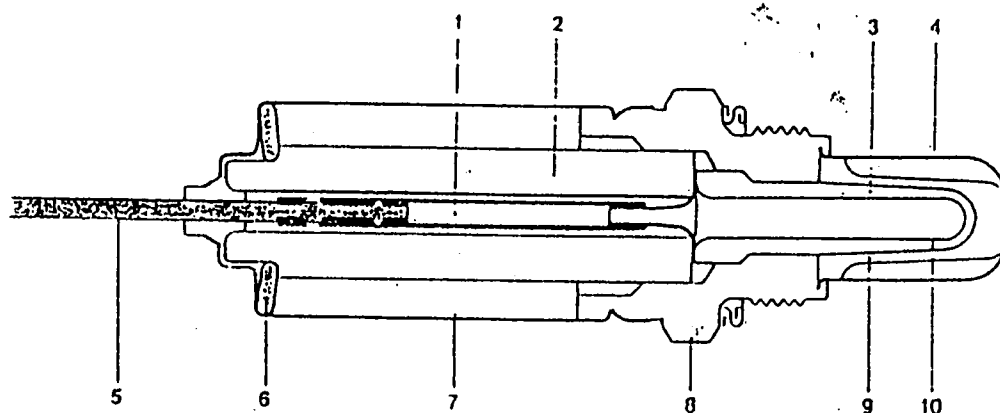


FIGURA 58. Sonda - lambda.

5. SISTEMA DE INYECCION INTERMITENTE DE GASOLINA

5.1 L - JETRONIC (EFI)

La misión de la inyección de gasolina es hacer llegar a cada cilindro el combustible exactamente necesario para el estadio del motor en cada momento. Esto implica la necesidad de registrar el mayor número posible de datos importantes para la dosificación del combustible. Pero como el estado de servicio del motor suele variar rápidamente, resulta decisiva una rápida adaptación del caudal del combustible a la situación de marcha momentánea. La inyección de gasolina controlada electrónicamente es particularmente adecuada en este caso. Con ella puede registrarse una cantidad discrecional de datos de servicio, en cualquier lugar del vehículo, para su posterior conversión en señales eléctricas mediante medidores.

Estas señales se hacen llegar a la unidad de control de la instalación de inyección, la cual las procesa y calcula inmediatamente dependiente de ellas el caudal de combustible a inyectar. El valor de este caudal depende de la duración de la inyección.

5.1.1 Ventajas.

5.1.1.1 Rendimiento elevado:

El L-Jetronic permite un diseño de las vías y un elevado par motor, gracias al mejor llenado de los cilindros. El combustible se inyecta directamente delante de las válvulas de admisión, a través de los tubos de admisión sólo se suministra aire al motor. Estos tubos pueden diseñarse de forma que favorezcan el flujo, para conseguir una distribución del aire y un llenado óptimo de los cilindros.

5.1.1.2 Menos Combustible:

Gracias al L-Jetronic, el motor recibe únicamente la cantidad de combustible que efectivamente necesita. Cada

cilindro recibe lo mismo que los demás en todos los estados de servicio.

En las instalaciones Jetronic, a cada cilindro corresponde una válvula de inyección. Estas se controlan en forma de centralizada lo que garantiza que cada cilindro reciba con precisión, en todo momento, y bajo cualquier carga, un caudal de combustible óptimo e idéntico, no mayor que lo necesario.

5.1.1.3 Rapidez de adaptación

El L-Jetronic se adapta a las condiciones de carga cambiantes prácticamente sin ninguna demora, ya que el caudal necesario de combustible es calculado por la unidad de control en milisegundos, siendo inyectado a continuación por las válvulas de inyección directamente delante de las válvulas de admisión del motor.

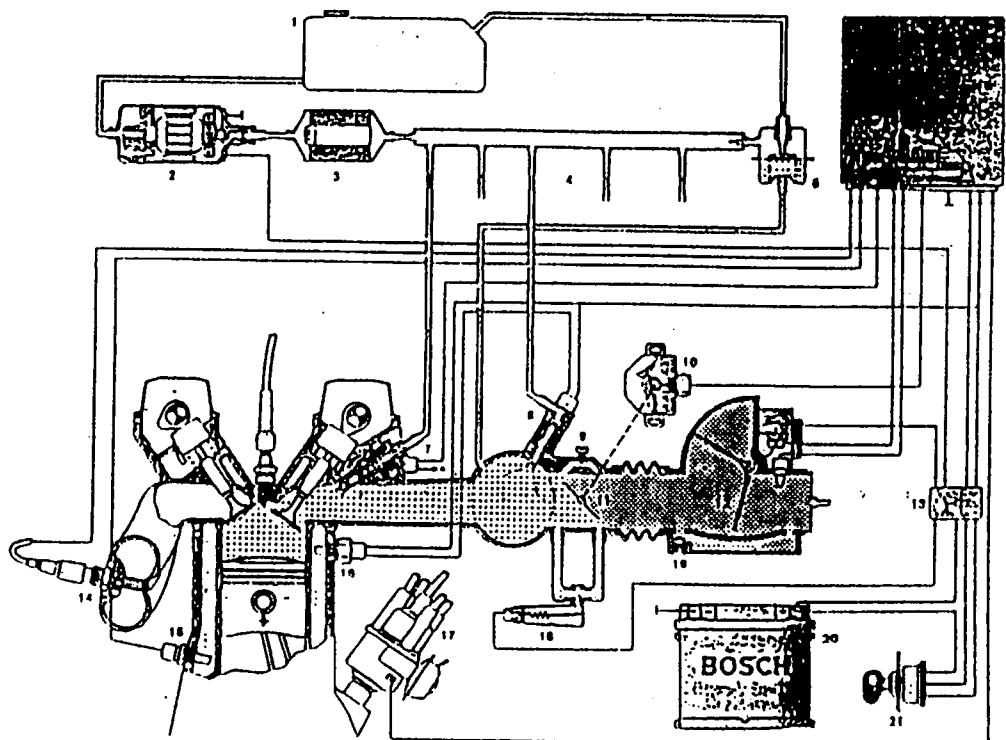


FIGURA 59. Componentes del sistema L-Jetronic

En la Figura 59: 1. depósito de combustible, 2. Electrobomba de combustible, 3. Filtro de combustible, 4. Tubo distribuidor, 5. Regulador de presión, 6. Unidad de control, 7. Válvula de inyección, 8. Válvula de arranque en frío, 9. Tornillo de ajuste de ralenti, 10. Interruptor de mariposa, 11. Mariposa, 12. medidor del caudal de aire, 13. Conjunto de relés, 14. Sonda lambda (sólo para determinados países), 15. Sonda térmica del motor, 16. Termointerruptor temporizado, 17. Distribuidor de encendido, 18. Válvula de aire adicional,

19. Tornillo de ajuste de la mezcla en ralenti, 20. Batería, 21. Conmutador de encendido y arranque.

5.1.1.4 Gases de escape poco contaminantes

La concentración de gases nocivos en los gases de escape es función directa de la proporción de aire y combustible. Para que el motor funcione con una emisión mínima de sustancias nocivas, es preciso preparar una mezcla capaz de mantener una determinada proporción de aire y combustible.

El L-Jetronic trabaja tan precisa que garantiza la exactitud necesaria para cumplir las actuales disposiciones sobre emisiones de escape, en lo que respecta de la mezcla.

En el siguiente esquema se describen los elementos que forman el sistema L Jetronic, el cual es similar al sistema E:F:I: de la Toyota. Este último varía únicamente en el tamaño de los componentes, no así en su funcionamiento.

Componentes:

1. Tanque
2. Bomba de gasolina
3. Filtro de gasolina
4. Tubo distribuidor
5. Regulador de presión
6. Computadora
7. Inyectores
8. Inyector de arranque en frío
9. Tornillo de ajuste de r.p.m.
10. Sensor de la mariposa
11. Mariposa
12. Medidor de caudal de aire
13. Reles de mando
14. Sonda lambda
15. Sonda termica
16. Interruptor térmico temporizado
17. Señal del distribuidor
18. Válvula adicional de aire
19. Tornillo de ajuste en Co
20. Batería
21. Interruptor de encendido.

En este sistema no se van a describir los elementos que son similares en su forma y funcionamiento, contemplados en el sistema anterior.

5.1.2. Tubo distribuidor o flauta. Como lo indica la Figura el combustible entra por 1 y se distribuye por el tubo 2 que va conectado a los inyectores 6 y al regulador de presión 4 éste garantiza una presión igual en todas las válvulas de inyección. Tiene una función de acumulación, siendo su volumen suficientemente grande para abastecer las válvulas. Además el tubo distribuidor permite un fácil montaje de las válvulas. 3 es un sistema de purga y 5 es el retorno a tanque.

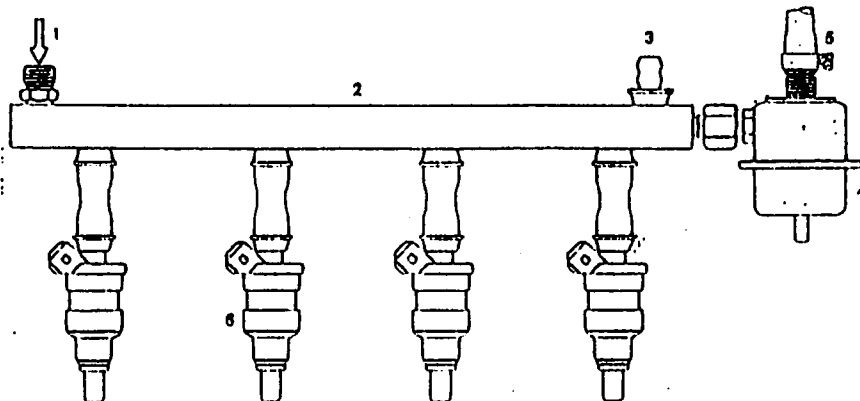


FIGURA 61. Tubo de distribuidor.

5.1.3 Regulador de presión. Ver Figura 62, Lo conforman:

1. Conexión de entrada de combustible
2. Conexión de retorno
3. Placa de válvula
4. Membrana
5. Muelle de presión
6. Conexión de colector de admisión

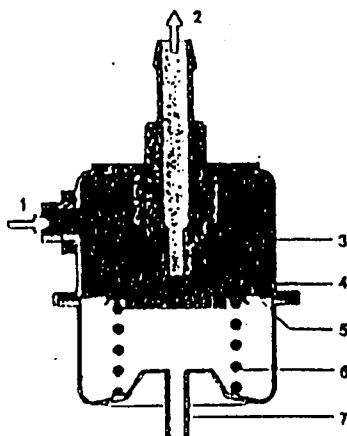


FIGURA 62. Regulador de presión.

Se trata de un regulador controlado por membrana. Cuando se supera la presión ajustada, una válvula accionada por la membrana, deja

la membrana, deja libre el orificio para la tubería de retorno, con que el combustible sobrante puede volver sin presión al depósito.

5.1.4 Inyector de combustible. Esta válvula funciona mediante señal eléctrica por medio de la unidad de control, inyección según lo determina la unidad con referencia de tiempo. El turbo distribuidor se encarga de mantener siempre una presión uniforme en todas las válvulas.

Las partes que la forman son:

1. Filtro
2. Desvanando magnético
3. Inducido magnético
4. Aguja de inyector
5. Conexión eléctrica.

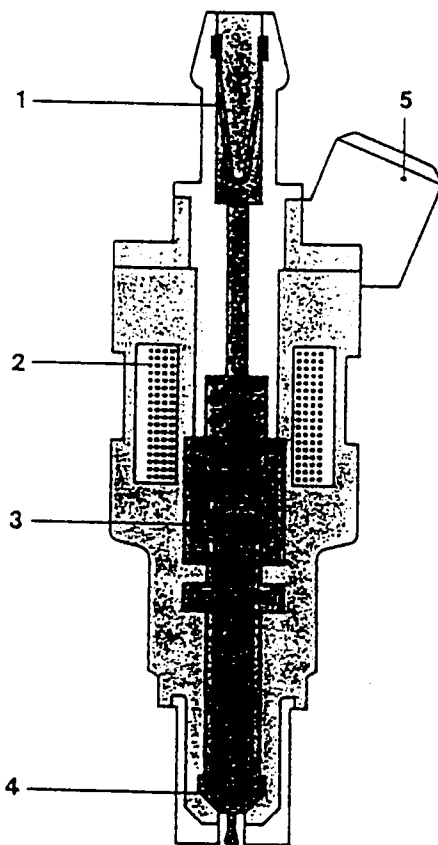


FIGURA 63. Válvula de inyección.

5.1.5 Medidor de caudal de aire. En la Figura se encuentran las partes del medidor que intervienen con el

aire, estas son:

1. Palanca de compensación
2. Volumen de amortización
3. Bypass
4. Aleta, sonda
5. Tornillo de ajuste de mezcla en ralenti.

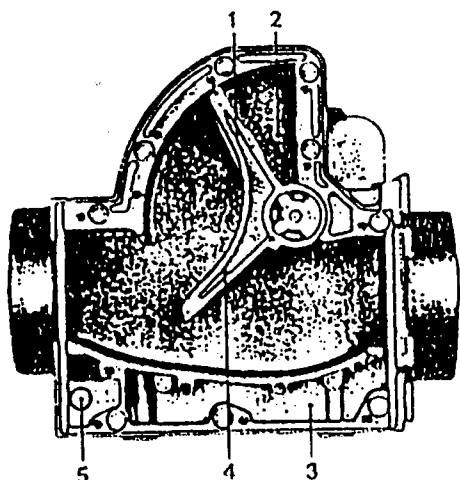


FIGURA 64. Medidor de caudal de aire.

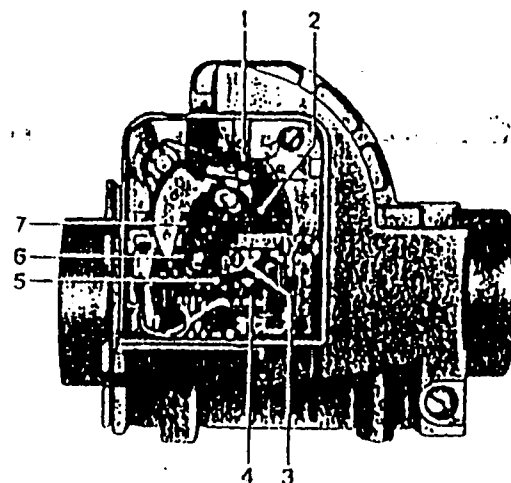


FIGURA 65. Componentes mediciones eléctricas.

En la Figura 65 están los componentes que intervienen en lo referente a mediciones eléctricas, estas son:

1. Corona dentada para tensión previa del muelle.
2. Muelle antagonista
3. Pista del cursor
4. Placa cerámica con resistencia y conductores
5. Toma de cursor
6. Cursor
7. Contacto de bomba

La aleta sonda es desplazada por la depresión producida por el motor, lo cual por su desplazamiento mide la cantidad de aire que ingresa al motor. A la vez, esta aleta está conectada al cursor y este envía una señal de diferentes tensiones (según su posición) a la unidad de control para que ésta resulte la cantidad de combustible inyectada por las válvulas de inyección.

Además en el medidor se encuentra el tornillo con el cual podemos ajustar la mezcla en ralenti, tomando en cuenta que el tornillo casi siempre se encuentra tapado para evitar posibles entradas de aire.

5.2 LE- JETRONIC

TABLA 2. Comparación de L/LE - Jetronic

L-JETRONIC	LE1-JETRONIC	LE3-JETRONIC
Unidad de control con 35 conexiones	Unidad de control con 25 conexiones	La unidad de control está unido con el medidor de caudal de aire.
Combinación de relé	Relé de mando	El uso de la técnica digital realiza funciones con mejores posibilidades de adaptación.
Válvulas de inyección con una resistencia de 2.5Ω	Válvulas de inyección con una resistencia de 16.2 Ω	Con y sin regulación de Lambda
Medidor de caudal de aire con 6 o 7 polos	Medidor de caudal de aire con 4 o 5 polos	Cuando no hay señales del microcomputer se puede mandar el coche al taller próximo sin dificultades
unidad de control con una etapa final regulada por corriente	unidad de control con una etapa final sin resistencia	El mi-cromputer analiza las señales entradas para que estén plausible, es decir, una señal poco realista el micro-computer está ignorando.
		La unidad de control determina mediante un campo de características electrónicamente y digital la mezcla de aire y combustible en base a la carga y el número de revoluciones.

5.2.1 Termocontacto temporizado. Se halla en contacto con el inyector de arranque con el motor caliente.

Su constitución interior esquemática podemos verla en la Figura 66. Se trata de un simple interruptor provisto de una placa de bimetálico térmico que se conecta o desconecta según el estado de temperatura que soporte.

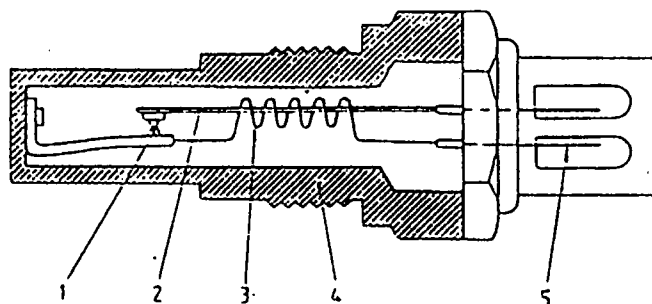


FIGURA 66. Termocontacto temporizado.

En la Figura 66: 1. Contactos, 2. Placa bimetálica, 3. Resistencia, 4. Cuerpo de termocontacto, 5. Bornes de conexión.

En la Figura 66 tenemos dibujados los contactos (1) en posición de reposo. La placa bimetálica (2) está rodeada por una resistencia (3) que es a la vez la corriente de paso.

Cuando se inicia el paso de la corriente la resistencia va calentando la placa bimetálica hasta que el calor la dobla y los contactos se separan.

La anterior operación está calculada para que dure una cantidad de tiempo determinada.

El resto de partes de que consta este termotemporizador son el cuerpo del mismo (4) y los bornes de conexión (5).

Hay que aclarar que tanto este termocontacto como el mismo inyector de arranque no son utilización general en todos los equipos de L_Jetronic. De hecho, en muchos equipos de LE-Jetronic el inyector de arranque ha sido suprimido totalmente, al igual que el termocontacto que acabamos de describir, ya que la operación de enriquecimiento durante el tiempo de arranque en frío ha sido encomendada a la misma unidad electrónica de control, la cual suministra mayor cantidad de combustible a los inyectores ordinarios. De hecho los equipos mas modernos no utilizan el sistema de inyector de arranque.

5.2.2 Circuito de admisión de aire. Todo el sistema de LE-Jetronic funciona bien siempre que se cumpla una condición previa de la mayor importancia.

Esta condición es que todo el aire que penetre en el interior del circuito de admisión haya podido ser previamente medido por el caudalímetro o sonda medidora de aire.

La unidad electrónica de control se basará siempre solamente en la información que recibe del caudalímetro para dar las órdenes precisas de apertura de los inyectores, de modo que si se efectúan entradas de aire que no pasen por la sonda de medición, la UEC las ignorará y la dosificación de la mezcla será siempre pobre.

El control más importante que hay que realizar en este circuito será, pues averiguar si existen fugas en el mismo ya que ello podría ser la explicación de un funcionamiento irregular observado en el equipo.

5.3 LH JETRONIC

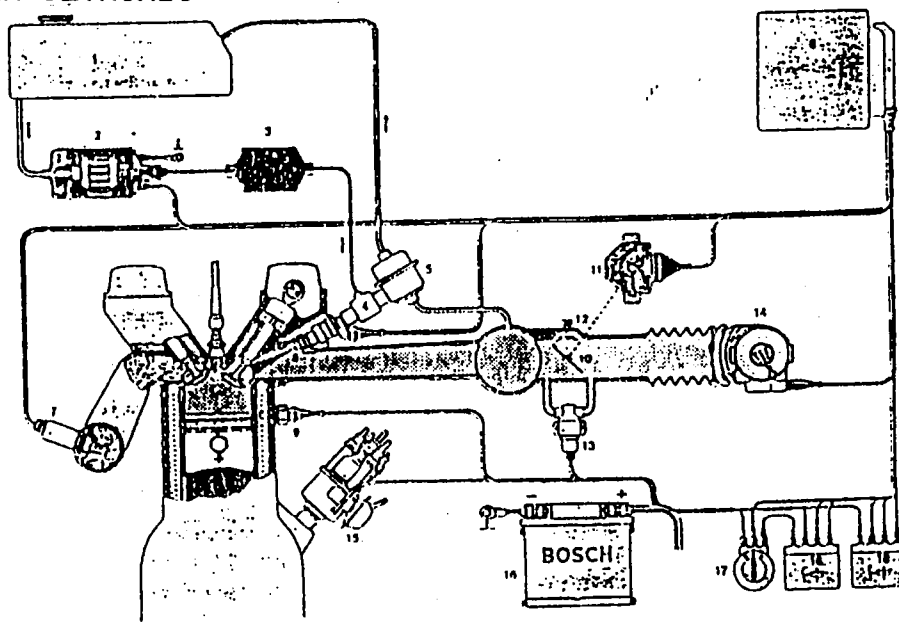


FIGURA 67. Componentes del sistema LH-Jetronic

Este sistema es una variedad de L Jetronic ya que todos los componentes funcionan de la misma forma, excluyendo que el medidor de caudal de aire es eliminado y sustituido por la sonda medidora de la masa de aire por hilo caliente.

Este sistema incorpora una sonda de masa por hilo caliente eliminándose todo movimiento mecánico producido en el sistema anterior. El hilo utilizado es de un material de platino el cual debe ser atravesado por la masa de aire que penetra hacia el motor, este aire produce una acción refrigerante sobre el hilo, mediante la cual se consiguen variaciones en su resistencia eléctrica por consiguiente, también variaciones de tensiones, que son enviadas a la unidad de control y esta verifica la cantidad de masa que esta entrando al motor.

5.4 MOTRONIC

Puestos ya a optimizar el funcionamiento de los órganos críticos que intervienen en los fenómenos que se producen en la cámara de combustión parece lógico que, una vez solucionada de una manera bastante fina y racional el problema de la dosificación de la mezcla, se pase también a los dominios de la Electrónica los problemas que comportan la preparación de la corriente de alta tensión y el momento en que debe saltar la chispa de encendido en los electrodos de las bujías. De hecho puede muy bien decirse que la Electrónica entró en el mundo tradicionalmente mecánico del automóvil a través de los encendidos electrónicos que proporcionaron enseguida ventajas considerables en uno de los puntos más conflictivos del automóvil tradicional, tal como era el encendido. Pero el segundo y definitivo paso tendría que darse cuando tanto encendido como inyección de gasolina fueron controlados en su funcionamiento por una misma unidad electrónica de control para conseguir de esta manera la mayor coordinación posible en ambos parámetros básicos. Y esto es lo que se ha llevado a cabo con los equipos creados por la casa Bosch con el nombre de Motronic.

4.4.1. Esquema de Funcionamiento del Motronic. Se puede describir como la aplicación conjunta de un sistema de inyección L-Jetronic (lo que constituiría un subsistema del equipo) conjuntamente con los dispositivos electrónicos necesarios de un encendido (lo que formaría el segundo subsistema del equipo), todo ello coordinado por una misma unidad electrónica de control, común a ambos subsistemas. Esto es lo que aparece si contemplamos con atención el esquema que nos muestra la Figura 68.

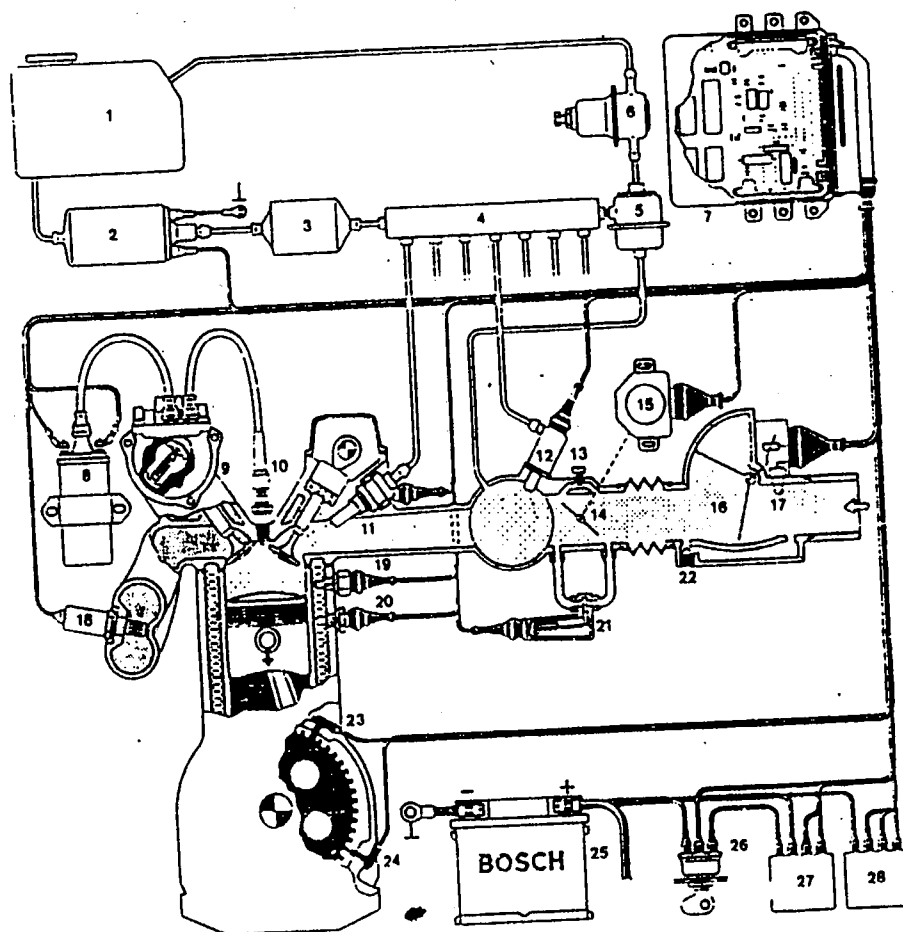


FIGURA 68. Componentes del sistema Motronic.

En la Figura 68: 1. Depósito de gasolina, 2. Bomba eléctrica de alimentación, 3. Filtro, 4. Rampa distribuidora, 5. Regulador de presión, 6. Amortiguador de ondulaciones, 7. Unidad electrónica de control, 8. Bobina de encendido, 9. Distribuidor de encendido, 10. Bujía, 11. Inyector, 12. Inyector de arranque, 13. Tornillo de reglaje del ralenti, 14. Mariposa del acelerador, 15. Caja de contactores de la mariposa, 16. Caudalímetro, 17. Sonda de temperatura del aire, 18. Sonda lambda, 19. Termocontacto temporizado, 20. Sonda de temperatura del motor, 21. Caja de aire adicional, 22. Tornillo de riqueza del ralenti, 23. Captador de referencia angular, 24. Captador de velocidad de rotación, 25. batería, 26. Llave de contacto, 27. Relé principal, 28. relé de la bomba.

En la parte superior del esquema tenemos el círculo de alimentación clásico de los sistemas Jetronic en general compuesto por un depósito de gasolina (1), una bomba de

alimentación (2) eléctrica, un filtro (3) y una rampa distribuidora (4) para la alimentación de los seis inyectores de que consta el equipo presente más el inyector de arranque que todavía puede ser utilizado en estos equipos. La presencia del regulador de presión (5), con toma de vacío, convierte este esquema hasta aquí, en el básicamente igual al que hemos estudiado. Un elemento especial lo encontramos en el amortiguador de vibraciones (6) que establece una corriente fluida en el paso de la gasolina de retorno al depósito y evita la formación de burbujas de vapor por mantener en general baja la temperatura del combustible gracias a la constante recirculación del líquido, lo que asegura una mejor dosificación.

El sistema empleado para la medición del caudal de aire es igual al procedimiento del caudalímetro mecánico con potenciómetro que hemos estudiado en el L-Jetronic. Una mariposa de la sonda (16) mueve un cursor en el potenciómetro. En (17) de la figura tenemos la sonda de temperatura de aire y en (22) el tornillo de riqueza del ralentí.

Los demás elementos que forman parte del equipo de inyección de gasolina nos son sobradamente conocidos. Así tenemos la mariposa de aceleración (14) con su caja de contactores (15); la caja de aire adicional (21) así como la sonda de temperatura del agua de refrigeración (20), el inyector (11), la válvula o inyector de arranque en frío (12) con su termocontacto temporizado (19) etc.

A todos estos elementos conocidos vemos en el esquema una serie de nuevos dispositivos que tienen que ver con la parte del subsistema que comporta el encendido. En la zona del cigüeñal tenemos por ejemplo, la presencia de dos captadores que mandan información a la unidad electrónica de control. Estos captadores son: el captador de velocidad de rotación (24) y el captador de referencia angular (23), dos datos fundamentales para conocer el punto exacto de producción de la chispa entre los electrodos de las bujías y el número de chispas que hay que proveer. Por otra parte, hemos dibujado en la parte superior de la culata, la bobina de encendido (8), el distribuidor (9) sin platinos y la bujía (10), elementos básicos de este sistema. Cabe destacar la ausencia del tradicional avance de encendido, tan propio de todas las instalaciones de producción de chispa. Por el contrario, el avance de encendido, tanto centrífugo como de

depresión, se halla grabado en la memoria de la unidad electrónica de control.

5.4.2. La Unidad Electrónica de Control. La centralización de los dos subsistemas de que consta el equipo en una sola Unidad Electrónica de Control hacen que este dispositivo electrónico sea uno de los más complicados que fabrica la marca alemana para sus equipos. La constitución interna de una de las cajas posee una gran cantidad de circuitos integrados de que se compone el conjunto así como de todos los demás elementos discretos abundantes, como condensadores, transistores, diodos y gran cantidad de resistencia.

Una unidad electrónica de control del Motornic posee transformador analógico digital, Microordenador para programas estandar y datos, transistor de potencia para el encendido, Circuito integrado para el control de la velocidad de régimen y la referencia angular y un programa supletorio de almacenamiento.

El circuito puramente electrónico pertenece a una especialidad que requiere conocimientos previos profundos de electrónica, para tener una idea general de su funcionamiento vamos a indicar solamente los puntos principales de que se vale una unidad electrónica de este tipo para la realización de su trabajo.

En la citada Figura 69 tenemos señalados los conjuntos electrónicos fundamentales como son el circuito integrado que forma el transformador analógico-digital (1), el otro circuito integrado que constituye el microordenador para programas estándar y datos (2); el transistor de potencia (3) mediante el cual se manda la orden de encendido y los circuitos integrados de mando de que consta la unidad.

Una aproximación más detallada al funcionamiento de una unidad electrónica de control de este tipo lo podemos ver por medio de un esquema de bloques como el que se muestra en la Figura 70.

Por medio de él se tendrá una idea general de la forma como es elaborada la información que se recibe en la UEC a través de los determinados elementos de que consta esta unidad electrónica.

En primer lugar, nos encontramos en la parte extrema de la izquierda del dibujo, con la representación de los diferentes sensores de que dispone una UEC utilizada en

el motronic. Dada la necesidad de disponer de dos subsistemas tiene también distribuidas en dos partes las informaciones recibidas por los sensores.

En la parte superior del dibujo tenemos las correspondientes al sistema de encendido con la captación de los parámetros relativos a las rev/min. del motor y a la situación angular del cigüeñal. Estas informaciones llegan por medio de impulsos, la cual pasará a la entrada el resultado que irá a la línea o "bus" de transporte de datos desde donde sufrirá la elaboración propia del resto de los elementos en el microordenador.

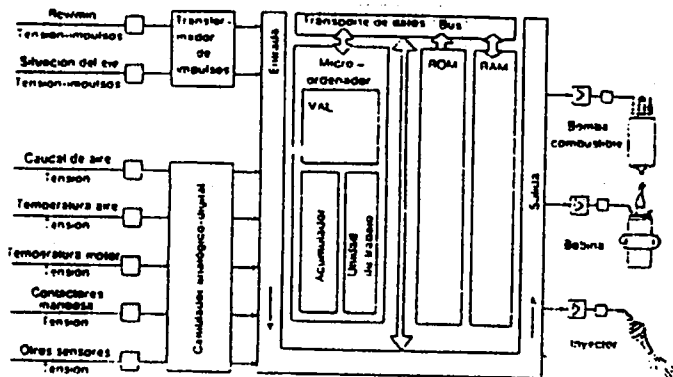


FIGURA 69. Esquema de bloques de una unidad electrónica de control propia del Motronic.

Por otro lado tenemos la entrada de los datos procedentes de los sensores propios de la inyección de gasolina.

Todos estos datos entran en forma de variaciones de tensión de modo que serían fácilmente aceptadas en una unidad que trabajaran por los procedimientos analógicos; pero como quiera que el microordenador y sus memorias trabajan con procedimiento digital, para unificar las señales pasan todos estos datos a un cambiador analógico/digital que después de efectuar una transformación de las señales las envía a la entrada y de allí a la vía o "bus" de transporte de datos, los cuales serán elaborados por las unidades correspondientes.

El microordenador está compuesto por una unidad aritmético/lógica (UAL) de funcionamiento totalmente digital, la cual realiza funciones aritméticas y operaciones lógicas con los datos que le van suministrando. Como todas estas unidades dispone también de su correspondiente acumulador y de su unidad de trabajo. La correlación entre el microordenador y el "bus" de datos está regida también por las memorias que vemos representadas por los dos bloques de la parte central, a la derecha, del esquema de la Figura 70. Así tenemos la memoria ROM, propia para el funcionamiento de trabajo de la UEC y la memoria RAM, o de acceso aleatorio.

A través de todas estas informaciones se elaboran las órdenes de mando que pasan a la salida de la UEC a cada uno de los elementos que controlan el funcionamiento del motronic tales como la bomba de combustible, la bobina de encendido y la inyección.

5.4.3. El subsistema de inyección de gasolina. La única variante de importancia en la comparación de un L-Jetronic con un motronic la tenemos que encontrar en la unidad electrónica de control, que trabaja principalmente por un sistema digital a diferencia de los sistemas analógicos que se utilizan con preferencia en los L-Jetronic.

Esta diferencia es necesaria para que se pueda llevar a cabo la mayor acumulación de datos que el motronic comporta en virtud de su mayor número de funciones.

5.4.4. El subsistema de encendido. Un esquema básico del encendido que produce el motronic lo podemos ver en la Figura 71. Después de la llave de contacto (1) la corriente pasa al primario de la bobina (2) de encendido.

El circuito se establece a masa a través de la unidad electrónica de control (3) que es la que determina el momento del corte de la corriente en el primario y por lo

tanto la creación de la corriente de alta tensión en el arrollamiento secundario de la bobina y el paso de esta corriente al distribuidor (4). Desde aquí el distribuidor manda la corriente de alta tensión a las bujías (5) por el orden establecido del encendido.

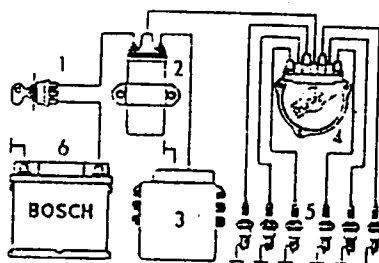


FIGURA 70. Esquema de los componentes del su-sistema de encendido en un equipo Motronic.

En la Figura 70: 1. Interruptor de contacto. 2. Bobina de encendido. 3. Unidad electrónica de control. 4. Distribuidor. 5. Bujías. 6. Batería.

Vemos la ausencia del ruptor no ya de tipo mecánico, ni siquiera del tipo electromagnético, o "sin platinos". El distribuidor, que podemos ver en la figura 72, junto con la bobina de encendido, consta, de un rotor distribuidor antiparasitario (2) que en su giro va mandando la corriente de alta tensión que recibe a través de su conector central, hacia todos los contactos que van a parar a cada una de las bujías. Podemos compararlo, por lo tanto, con la función de distribución que ejerce la cabeza del delco o distribuidor de los motores tradicionales. No existen en el eje que propulsa este aparato ninguna leva ni masas polares de avances de encendido. Su función está ahora llevada a la máxima simplicidad y su consumo de energía también. Como dispone de muy poco volumen puede ser colocado a la salida del eje de levas sin que produzca el menor estorbo.

El segundo punto importante, es precisamente la ausencia de avances de encendido en función de la velocidad. Todas estas masas polares de que constan los distribuidores tradicionales mediante las cuales se desplaza en un valor angular determinado el eje de distribución con respecto al eje de arrastre y se modifica la posición de la leva para que corte la corriente del primario de la bobina con anticipación de acuerdo con la velocidad de giro del motor, han sido realizados en el motronic por procedimientos totalmente electrónicos, con intervención directa del microordenador. Veamos cómo puede llevarse a cabo.

En la figura 73 podemos ver lo que se llama una cartografía compleja del encendido del motronic. Vemos que para la determinación del ángulo de avance no solamente se tiene en cuenta la velocidad de giro del motor sino también el estado de carga a que se encuentre. Cada uno de estos puntos, que proporcionan como un perfil montañoso ha sido calculado previamente en un banco de pruebas con el motor en concreto y posteriormente ha sido cuidadosamente estudiado, con todas sus variantes, sobre el vehículo en funcionamiento y teniendo en cuenta las condiciones más óptimas de consumo, polución de los gases de escape y buenas condiciones de conducción. Todos estos puntos que vemos en la cartografía de la figura 73 dan por resultado no solamente un avance de acuerdo con el régimen de giro sino con otros factores por medio de los cuales se permite un funcionamiento más óptimo del motor. Una vez obtenidos todos estos datos, de la forma que muestra la cartografía, se pasan a la memoria del motronic en un módulo electrónico por medio del cual se puede determinar, entre dos fases de encendido sucesivas, el valor del avance de acuerdo con las informaciones que la UEC recibe sobre la carga a que está sometido el motor y la velocidad de régimen que soporta. Estos valores son consultados con la memoria y ello da como resultado un impulso inicial que corresponde a una posición óptima de las curvas grabadas en la cartografía que a su vez la memoria tiene siempre presentes.

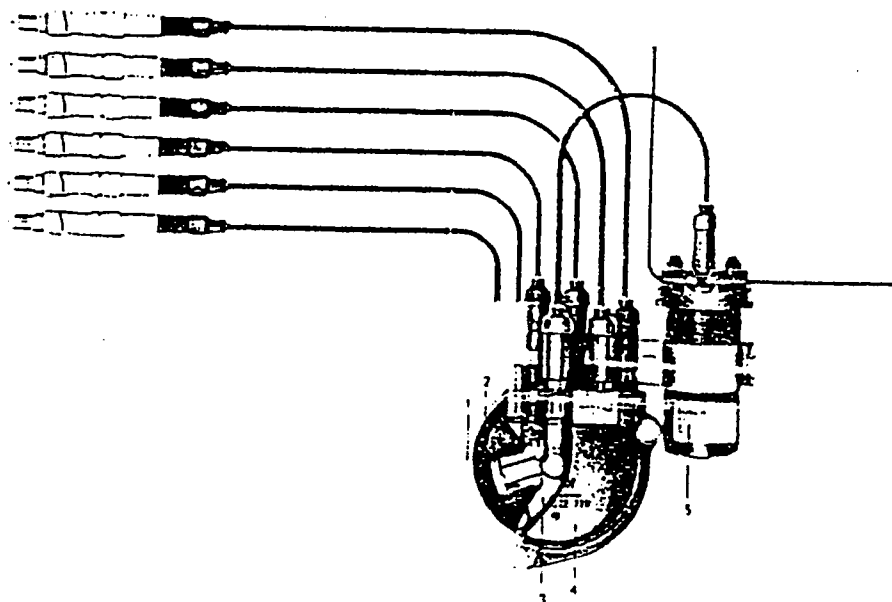


FIGURA 71. Conjunto del distribuidor y bobina de encendido de un equipo Motronic.

En la Figura 71: 1. Cuerpo aislante del distribuidor. 2. Rotor distribuidor antiparasitario. 3. Cabeza distribuidora. 4. Tapa superior. 5. Bobina de encendido.

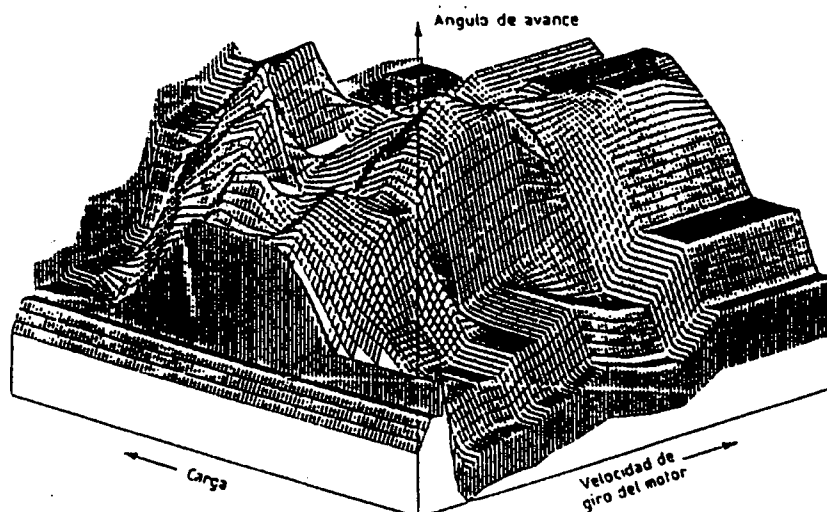


FIGURA 72. Cartografía compleja del encendido del Motronic.

Pero este funcionamiento, extraordinariamente más perfecto que el movimiento de unas masas polares, une la UEC todavía una serie de matizaciones que corrigen el valor del punto de avance. Los parámetros tales como la temperatura del motor y la del aire de admisión, así como la posición de la mariposa de gases, pueden intervenir también en el punto de avance de encendido matizándolo hasta unos valores frente a los cuales el tradicional sistema del avance de encendido en masas polares propio de los delcos o distribuidores puede llegar a considerarse el más burdo de los instrumentos y mecanismos del encendido.

El motronic recibe la información a través de dos captadores que se encuentran colocados de modo que puedan tomar sus datos directamente del cigüeñal. Ver figura 72 a cuya derecha y en posición vertical encontramos el captador de la velocidad de rotación mientras el de la izquierda es el captador de referencia angular. Constan de un imán permanente (1) que se encuentra sujeto a un conector (2), todo ello fijado en el bloque del motor (3). En el interior del captador encontramos un núcleo de hierro dulce (4) y una bobina (5). La corona del motor (6) dispone de una marca de referencia (7) y su movimiento entre uno y otro captador determinan la señal necesaria para la UEC para conocer los dos parámetros fundamentales que determinarán su orden de encendido. La

precisión obtenida por este sistema resulta muy superior a la que puede obtenerse con los distribuidores de encendido electrónicos que utilizan el captador inductivo o bien el efecto Hall.

Pero en lo que respecta al encendido no acaban aquí las ventajas que su integración en la UEC comporta con respecto a los encendidos electrónicos independientes. Otra de las grandes virtudes del sistema lo vamos a encontrar también en el mando del ángulo de leva. Como es bien sabido por los electricistas del automóvil, la energía almacenada dentro del campo magnético de una bobina de encendido va disminuyendo a medida que se le exige una mayor cantidad de producción de chispas por minuto, si se supone siempre constante el ángulo de leva o duración del corte de la corriente del primario.

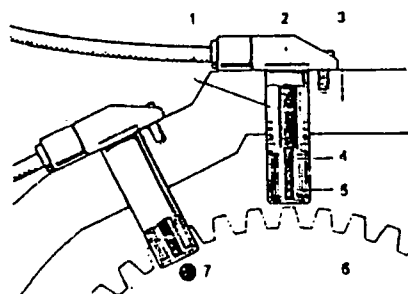


FIGURA 73. Disposición de los captadores de rotación y de referencia angular.

En la Figura 73: 1. Imán permanente. 2. Conector. 3. Bloque del motor. 4. Núcleo de hierro dulce. 5. Bobina. 6. Corona del motor. 7. Marca de referencia.

Esto explica el por qué los encendidos tradicionales son tanto más eficaces a medida que el régimen del motor aumenta ya que el valor de la corriente de alta tensión disminuye cuando aumenta el régimen. Este problema puede solucionarlo muy fácilmente la unidad electrónica de control si previamente se le dan los datos óptimos de mando del ángulo de leva de una manera parecida a lo que hemos hecho con el avance de encendido. En efecto, también puede estudiarse con todo detenimiento, en el laboratorio, los valores más óptimos de duración del estado de conducción del arrollamiento primario de la bobina de encendido de acuerdo con la velocidad de giro del motor y de la tensión, de modo que se pueda disponer siempre de una corriente primaria lo más parecida posible a la equivalente a un funcionamiento estacionario. Ello da como resultado la creación de la llamada cartografía

del ángulo de leva, realizada por ordenador, y cuyo contenido puede pasarse a una memoria y proporcionarla al microordenador es semejante a lo que ya se explicó en el caso del avance de encendido.

Como ha podido verse, toda esta parte correspondiente al subsistema de encendido pertenece a un área técnica que difiere bastante en sus procedimientos y sus fenómenos físicos a lo que es el tema de la inyección de gasolina. La presencia de una unidad electrónica de control, de tantas posibilidades por su técnica digital como la que se ha estudiado y equipa al motronic, no solamente permite hacerse cargo de dos sistemas tan importantes para el funcionamiento del motor de explosión como son la alimentación y el encendido, sino que incluso podría llegar a integrar cualquier otro tipo de control propio del automóvil.

La electrónica se está llevando a muchas partes del automóvil en plan experimental, tales como frenos, suspensiones, cambios automáticos de velocidades, direcciones asistidas, etc., además de las clásicas aplicaciones en antirrobo, cambios automáticos de luces, limpiabrisas y un gran número de aplicaciones. Todo ello puede integrarse en una sola unidad electrónica de control mediante la cual se podrían obtener funcionamientos de los diferentes mecanismos mucho más precisos y seguros que los que hemos conocido hasta este momento.

5.5. SISTEMA MONOPUNTO

En un sistema monopunto el aire pasa en primer lugar a través de un filtro de aire luego lo hace a un sensor o aparato de control por medio del cual se puede establecer una proporcionalidad del aire entrado.

Este sensor o aparato de control tiene muchas diferentes versiones. Cabe la posibilidad de introducir una compuerta cuya resistencia de abertura ha de vencer el aire en su paso. Este es el sistema llamado de mariposa-sonza y es utilizado en los sistemas electrónicos del tipo L-Jetronic. También cabe la posibilidad de tomar este dato del estado de depresión a que se encuentra el colector de admisión a cada momento, teniendo en cuenta que si existe un elevado vacío de depresión es que hay poco aire y mucho aire en el caso contrario.

También existen sistemas que utilizan un "hilo caliente" es decir, un hilo de aleación de platino que está

permanentemente atravesado por una corriente eléctrica de un valor muy determinado. Con este valor de corriente se produce un estado de desprendimiento de calor que es equivalente a una resistencia eléctrica muy determinada. Cuando el aire atraviesa el hilo, lo refrigera, de modo que existen variaciones en su resistencia eléctrica y estas variaciones son captadas por los circuitos electrónicos de la UEC, la cual puede saber, de esta manera, la cantidad de aire que corresponde a cada estado de resistencia eléctrica del hilo caliente.

Estos son algunos de los elementos mediante los cuales se tiene la posibilidad de conocer el volumen de aire que penetra a través del colector de admisión.

Los datos del sensor del aire o aparato de control citado (sea cual fuere el sistema) son registrados en una unidad electrónica de control en el caso de un sistema electrónico.

En todos los casos, el paso del aire está controlado, finalmente, por medio de una válvula de mariposa, es decir, la misma mariposa que sabemos existe en el cuerpo de un carburador.

Una vez realizado este recorrido, el aire pasa al colector de admisión en donde encuentra ya preparado el combustible y de allí a la cámara de combustión.

Procedente de depósito, la gasolina es aspirada en primer lugar por una bomba eléctrica de alimentación llamada corrientemente electrobomba. Desde allí pasa a través de un conjunto de aparatos a ser microfiltrada y a un estabilizador de presión, el regulador de presión del combustible, que corrija los posibles altibajos de presión de la bomba. Desde este punto, la gasolina accede a un filtro y pasa, posteriormente, al inyector que se encuentra montado en el mismo centro del colector de admisión.

Aquí es importante considerar que el circuito de gasolina deba hallarse a cierta presión que en los sistemas monopunto es relativamente baja (del orden) de poco menos de 1 bar) pero en los sistemas de inyección de gasolina electrónicos multipunto puede encontrarse esta presión a un valor de alrededor de los 2,5 bares, y bastante más alta en los sistemas mecánicos del tipo K-Jetronic.

El inyector permanece cerrado de forma que pese a la presión general del circuito no deja circular la gasolina. Pero consta de un bobinado electrónico y un

núcleo magnético internos a través de los cuales, si recibe una corriente eléctrica separa la aguja inyectora de su asiento y entonces es cuando el combustible que, como decimos se encuentra a presión dentro del inyector, puede salir fácil y rápidamente al exterior. En cuanto esta corriente de mando cesa, un muelle obliga a la aguja a cerrarse contra su asiento, y la salida de combustible se interrumpe.

En los sistemas electrónicos, pues, es la propia unidad electrónica de control (UEC) la que manda al inyector electromagnético una orden en forma de corriente eléctrica, orden que sirve para que se abra durante los microsegundos necesarios de acuerdo con las necesidades que la caja electrónica ha considerado de acuerdo con la cantidad de aire entrada, la posición de la mariposa y el estado de temperatura del motor. De este modo se obtiene una correcta dosificación de la mezcla.

Todo cuanto se acaba de decir, es por ahora, muy simplificado. Más adelante vamos a entrar en detalles mucho más concretos sobre la forma como cada uno de los sistemas monopunto sobre los que tratamos es el presente libro resuelve estos problemas. Sin embargo, creemos que ha resultado totalmente necesario por ahora, disponer de una orientación previa sobre la forma general de trabajar que se lleva a cabo en los sistemas de inyección de gasolina monopunto.

5.5.1. Diferentes sistemas monopunto. Las ventajas de la inyección de gasolina sobre el carburador ya han sido expuestas con anterioridad. La universalización de esta nueva tecnología relativa a la alimentación de los motores es, pues, un hecho. La conquista que falta llevar a cabo, por ahora, es la de los motores de pequeñas cilindradas que se montan en los automóviles más sencillos fabricados en grandes series en los que se pretende, además, obtener unos precios de venta lo más bajos posibles para conseguir así un aumento notable de la cifra de ventas.

En este sentido qué duda cabe que el carburador se muestra un excelente producto de bajo coste. Además en los motores de reducida cilindrada, sin ninguna pretensión de grandes "performances", es fácil regular un carburador de tal manera que resulte muy tacaño a la hora de proporcionar combustible al motor.

Sin embargo, se está demostrando que la técnica ofrece, en los sistemas monopunto, un cúmulo muy importante de ventajas entre las que queda muy justificado un ligero

aumento de precio en la adquisición del automóvil si el cliente se da cuenta de que ello lo amortizará en poco tiempo no sólo por el ligero menor consumo del motor equipado con inyección monopunto en comparación con el consumo de un motor dotado de carburador, sino también por las ventajas de una mayor fiabilidad del motor, un arranque más rápido en frío, un consumo bastante más reducido en ciudad, y, finalmente, un control de la contaminación atmosférica que tan preocupante está resultando en los países muy industrializados en vistas a la masificación del automóvil.

En la actualidad nos encontramos con el hecho de que cada fabricante está diseñando sus sistemas de inyección monopunto con las variantes que este diseño independiente comporta, aunque, sin embargo, partiendo de los elementos que son propios de los sistemas multipuntos que la misma fábrica construye. Ello hace que, al igual que ocurre con los fabricantes de carburadores, existan algunas variantes entre los diferentes sistemas de modo que vamos a ocuparnos de ellos en el presente libro por separado.

De acuerdo con este criterio, en lo sucesivo vamos a dedicar un capítulo independiente para cada uno de los equipos que en la actualidad ya están siendo montados en diferentes modelos de automóviles que pueden adquirirse en el mercado. X

6. DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE INYECCION EN MARCAS MAS COMERCIALES

6.1. HONDA

Al encontrarse una falla en el sistema por corte de cableado, o tal vez por mal funcionamiento del sensor aparecerá un código de falla, este se acumulará en la ECM y será leído con un scanner o puente de diagnóstico.

Algunas áreas de falla muestran el problema con un código de detección. Es necesario asegurarse del síntoma concerniente con la tabla de guía de detección de fallas y sus soluciones (Ver Anexo B).

Luz de Precaución. El ECU siempre monitorea las señales provenientes de los sensores que van al EACV y en encendido cuya señal proviene del mismo ECU.

Se produce alguna falla con estas señales, el ECU hace encender la Luz de precaución de testeo del motor para alertar al conductor del auto.

Código de Falla. Debajo de la guantera, en el tablero del auto, tenemos un conector para verificación de servicio.

Cuando los dos terminales del conector de revisión o chequeo de servicio son conectados con una tabla de punteo, la luz de precaución del motor nos indica un código (o varios códigos) de falla al ponerse la luz intermitente y estar parpadeando, con frecuencia.

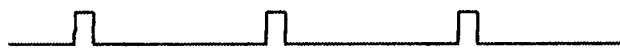
Cuando conectamos la llave de encendido inicialmente, el ECU enciende la luz de precaución del Motor durante dos segundos, para así poder verificar que el filamento de la lámpara está en buen estado.

El ECU guarda en la memoria la falla hasta que se le haga el "reseteo". Para ello, se saca un fusible de 7,5 A de protección ubicado en la caja de rele/fusibles

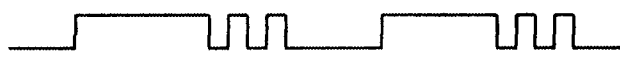
alojada debajo del capot durante 10 segundos de tiempo.

Cómo leer los códigos.

Problemas separados:

 = Ver Problema código 1

 = Ver Problema código 2

 = Ver Problema código 12

Problemas simultáneos:

 = Ver código 1 y 2

 = Ver código 2 y 4

 = Ver código 2 y 12

Códigos del sistema.

Códigos	Sistema indicado
Parpadea El indicador	
0	ECU
1	Contenido de oxígeno con cata
2	Presión absoluta en el múltiple
3	Presión absoluta en el múltiple
4	Angulo de posición de arranque para puesta en marcha
5	Presión absoluta en el múltiple
6	Temperatura del agua
7	Angulo de posición del acelerador
8	Posición de punto muerto superior
9	Posición del cilindro No. 1
10	Temperatura del aire de admisión
11	IMA (AIN CATA)
12	Sistema de recirculación de gases
13	Presión atmosférica
14	Control electrónico del aire
15	Señal de salida del encendido
17	Sensor de velocidad del vehículo

30	Señal A de transmisión autom/man.
41	Calefactor del sensor de oxígeno (con CATA).

Si para efectuar una inspección para ubicar un código de falla en particular es necesario llevar a cabo un testeo en el ECU, será necesario previamente sacar la moldura de la puerta derecha, la tapa pequeña en el panel delantero y tirar hacia atrás la alfombra a fin de dejar el ECU a la vista, descubierto.

Sacar los bulones de fijación de la brida del ECU. Conectar el arnés de testeo del ECU. Seguidamente revisar el sistema de acuerdo al procedimiento descrito para el código (o los códigos).

6.2. TOYOTA

La ECU contiene un sistema de diagnóstico incorporado. Dependiendo del modelo del vehículo, el sistema de diagnóstico tiene solamente un modo normal, ó puede tener un modo normal y un modo de prueba.

En el modo normal, la ECU (la cual está constantemente controlando la mayoría de sensores) enciende la lámpara "CHECK ENGINE" cuando detecta un mal funcionamiento en ciertos sensores ó en su circuito.

Al mismo tiempo la ECU registra al sistema reteniendo el mal funcionamiento en su memoria. Esta información es retenida en la memoria aún después de que el interruptor de encendido sea desconectado. Cuando el vehículo es llevado al taller debido al problema en el sistema de control del motor. El contenido de la memoria puede ser verificado para identificar el mal funcionamiento.

La lámpara "Check Engine" no se enciende cuando cierto mal funcionamiento no podrían causar algún problema mayor tal como el calado del motor.

Después de un mal funcionamiento es corregido, la lámpara "Check Engine" se apagará. Sin embargo, la memoria de la ECU retiene un registro del sistema en el cual ocurrió el mal funcionamiento.

Cuando se conectan los terminales los códigos de diagnóstico son visualizados desde el código más pequeño al código más grande con el número de veces que parpadea la lámpara "Check Engine" indicando el número de código de mal funcionamiento.

Códigos de diagnóstico. La lámpara "Check Engine" se enciende cuando ocurre un problema. Se apaga 5 segundos después de que el sistema relevante es restablecido a la normalidad. Si han ocurrido dos o más problemas, estos serán almacenados en la memoria, los códigos de mal funcionamiento serán visualizados en el orden desde el código más pequeño.

Los número de códigos y su significado para el motor 4A-FE son mostrados en la siguiente tabulación.

El sistema de diagnóstico del motor 4A-FE tiene solamente el modo normal. Este no tiene el modo de prueba.

Los items de diagnóstico y los significados de los códigos de mal funcionamiento varían dependiendo del modelo del motor.

El sistema de códigos es igual al explicado en el numeral 6.1.

Código: —

Circuito: Normal

Diagnosís: Aparece cuando no es registrado ningún código.

Código: 12

Circuito: Señal RPM

Diagnosís: Una señal G ó NE no está ingresando a la ECU por un tiempo de 2 segundos o más después de que el contacto STA es girado a la posición ON.

Código: 13

Circuito: Señal RPM

Diagnosís: La señal NE no está ingresando a la ECU por un tiempo de 50 mseg o más cuando la velocidad del motor es de 1000 rpm ó más.

Código: 14

Circuito: Señal de Encendido

Diagnosís: La señal IGF procedente del encendedor no está ingresando a la ECU por un período de 4 encendidos consecutivos.

Código: 21

Circuito: Señal del sensor de Oxígeno.

Diagnosís: A una velocidad normal de conducción (por debajo de 100 km/h la velocidad del motor por encima de 1900 rpm) la amplitud de la señal del sensor de oxígeno es reducida entre 0,35 - 0,7 V continuamente por 60 seg. o más.

Circuito: Señal de sensor de Oxígeno
Diagnosis: Un circuito abierto ó cortocircuito en el circuito del calentador del sensor de oxígeno se produce por 0,5 seg. o más.

Circuito: Señal de sensor de mezcla pobre.

Diagnosis: Deterioro del sensor de mezcla sensor mezcla pobre.

Circuito: Calentador del sensor de mezcla pobre.

Diagnosis: Circuito abierto en el circuito del sensor del calentador de mezcla pobre.

Código: 22

Circuito: Señal del sensor de temperatura del agua

Diagnosis: Circuito abierto ó cortocircuito en el sensor de temperatura del agua se produce por 0,5 seg. o más.

Código: 24

Circuito: Señal del sensor de temperatura del aire de admisión.

Diagnosis: Un circuito abierto ó cortocircuito en el circuito del sensor de temperatura del aire de admisión se produce por 0,5 seg. o más.

Código: 25

Circuito: Mal funcionamiento del empobrecimiento de la relación aire-combustible.

Diagnosis: El voltaje de salida del sensor de oxígeno es menor de 0,45 V por lo menos 90 seg. para los modelos con especificaciones para california ó de 120 segundos para otros modelos cuando el sensor de oxígeno es calentado poniendo en marcha el motor a 2000 rpm.

Señala las variaciones que han sido detectados en la velocidad del motor para cada cilindro con el contacto de ralenti activado y la retroalimentación en operación.

Código: 26

Circuito: Mal funcionamiento del sobre-enriquecimiento de la relación aire-combustible.

Diagnosis: El voltaje del sensor de oxígeno es menor de 0,45 V por lo menos 90 seg. para los modelos con especificaciones para California ó de 120 seg. para otros modelos cuando el sensor de oxígeno es calentado poniendo en marcha el motor a 2,00 rpm.

Código: 31

Circuito: Señal del sensor de presión del múltiple (sensor de vacío).

Diagnosis: Una abertura en el circuito ó cortocircuito es detectado continuamente en un tiempo de 500 mseg. ó mayor en el circuito del sensor de presión del múltiple.

Código: 41.

Circuito: Señal del sensor de posición de la válvula de obturación (tipo-activación - desactivación).

Diagnosís: la señal baja PSW ha ingresado continuamente a la ECU por un tiempo de 500 mseg. ó mayor durante la velocidad de ralenti (contacto de ralenti activado).

Circuito: Señal del sensor de posición de la válvula de obturación.

Diagnosís: La señal SPD no ha sido ingresada a la ECU por al menos 8 seg. durante la conducción con cargas altas con la velocidad del motor entre 2600 y 4500 rpm.

Código: 43

Circuito: Señal de arranque

Diagnosís: La señal no ha ingresado a la ECU aún una vez de que el motor ha alcanzado 800 rpm o más durante el arranque del motor.

Código: 71

Circuito: Mal funcionamiento del sistema EGR

Diagnosís: La señal del sensor de la temperatura de los gases del sistema EGR es inferior a la temperatura del aire de admisión más 55°C (99°F) después de que el vehículo ha sido conducido por 25 segundos en el rango de operación del EGR.

Código: 51

Circuito: Señal de la condición del interruptor.

Diagnosís: Visualizado cuando A/C está funcionando, el contacto de ralenti está desconectado ó la palanca de cambios está en el rango "R", "D", "2" ó "L".

6.3. FORD

Códigos de servicio:

11. El sistema pasa
12. RPM fuera de especificaciones (marcha lenta muy larga)
13. RPM fuera de especificaciones (marcha lenta normal)
14. PIP estuvo errático (prueba continua)
15. Falló prueba ROM
16. RPM demasiado bajas (prueba de combustible pobre)
17. RPM demasiado bajas (flujo ascendente/prueba de pobreza)
18. No hay tacómetro
21. ECT fuera de rango
22. MAP fuera de rango
23. TPS fuera de rango
24. ACT fuera de rango
25. No se sensó golpeteo durante la prueba

26. MAF (VAF) fuera de rango
31. EVP fuera de límites
32. EGR no está controlando
33. No está cerrando adecuadamente el EVP
34. No hay flujo EGR
35. RPM demasiado bajas (prueba EGR)
36. Combustible siempre pobre (en marcha lenta)
37. Combustible siempre rico (en marcha lenta)
41. Sistema siempre pobre
42. Sistema siempre rico
43. Ocurrió enfriamiento del EGO
44. Sistema de control de aire inoperante
45. Flujo de aire ascendente siempre
46. No siempre el aire es desviado
47. Aire ascendente/ prueba pobre siempre rico
48. Inyectores desbalanceados
51. Entrada ECT muy alta
53. Entrada TPS muy alta
54. Entrada ACT (VAT) muy alta
55. Carga eléctrica bajo voltaje
56. Entrada MAF (VAF) muy alta
58. Entrada muy alta del interruptor seguidor de marcha lenta (prueba con motor funcionando)
61. Entrada ECT muy baja
63. Entrada TPS muy baja
64. Entrada ACT (VAT) muy baja
65. Carga eléctrica demasiado voltaje
66. Entrada MAF (VAF) muy baja
67. Interruptor de neutral - palanca en P o acelerador activado (motor apagado).
68. ITS abierto ó AC activado (prueba con motor apagado)
72. No hubo cambio en MAP durante la prueba de aceleración total.
73. No hubo cambio en TPS durante la prueba de aceleración total.
77. El operador no efectuó la prueba de aceleración total.
81. Falla en el circuito del aire de desvío (by pass) termactor (TAB)
82. Falla en el circuito del divisor de aire termactor (TAD)
83. Falla en el circuito de control EGR (EGRC)
84. Falla en el circuito de ventilación EGR (EGRV)
85. Falla en el circuito de la purga del canister (CANP)
86. Falla en el circuito de corte A/C con aceleración total (3,8 lt 5,0 lt).
87. Falla en el circuito de la bomba de combustible
88. Falla en el circuito del posicionados de mariposa (5,0 lt).
89. Falla en el circuito de la válvula de control de calor de gas de escape.

- 91. EGO derecho siempre pobre
- 92. EGO derecho siempre rico
- 93. Se enfrió el EGO derecho
- 94. Aire secundario derecho inoperante
- 95. Aire derecho con flujo ascendente siempre
- 96. Nunca es desviado en derivación el aire derecho
- 97. Cayeron las RPM (con mezcla pobre), para el EGO derecho está rico.
- 98. Cayeron las RPM (Con mezcla rica) pero el EGO derecho está pobre.

NOTA: Muchos de los códigos están programados dentro de todos los motores equipados con EECIV. Otros códigos como el 86 y 88, están programados solamente para ciertos motores. Lo importante es recordar que cada código solamente tiene una interpretación, cada vez que aparezca. Ese mismo código nunca significará dos cosas diferentes en dos motores diferentes.

BIBLIOGRAFIA DE FIGURAS

Las figuras de este texto fueron extraídas de los siguientes libros:

CASTRO, Miguel. Inyección de Gasolina. 4a ed.
Barcelona: Ceac S.A. 1.989.

FORD, Inyección electrónica de combustible.
Departamento de Servicios. Sección entrenamiento
técnico. 1.993.

FORD, Sistema de control electrónico de motor.
Motovalle. Departamento de servicio centro de
entrenamiento técnico. 1.93.

HONDA, Testo de entrenamiento de servicio.
Construcción y mantenimiento. 1.993.

BIBLIOGRAFIA

- CASTRO, Miguel. Inyección de Gasolina. 4a ed.
Barcelona: Ceac S.A. 1.989.
- DAEWOO, Manual de sistemas de inyección. Traducido por
Didaewoo S.A. 1.993.
- FORD, Inyección electrónica de combustible.
Departamento de Servicios. Sección entrenamiento
técnico. 1.993.
- FORD, Sistema de control electrónico de motor.
Motovalle. Departamento de servicio centro de
entrenamiento técnico. 1.93.
- HONDA, Texto de entrenamiento de servicio.
Construcción y mantenimiento. 1.993.
- OBERT, Edward F. Motores de combustión interna.
Análisis y aplicaciones. México: Continental S.A.
1.986.