

65
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"INYECCION ELECTRONICA DE COMBUSTIBLE
PARA MOTORES A GASOLINA EN LA
INDUSTRIA AUTOMOTRIZ"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
LUGO CORNEJO JOSE LUIS
OSORNO MENDOZA HECTOR
ROBLES JARAMILLO FCO. JAVIER**

ASESOR: ING. DANIEL HERNANDEZ PECINA.

MEXICO

1998.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

265937



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA F.E.S.-CUAUTITLAN
P R E S E N T E

AT'N: Q. María del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S.-C

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el:

" Inyección Electrónica de Combustible para Motores a Gasolina en la
Industria Automotriz".

que presenta el pasante: José Luis Lugo Cornejo
con número de cuenta: 8823527-3 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E.
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de México, a 16 de Marzo

PRESIDENTE Ing. José Juan Contreras Espinosa

VOCAL Ing. Filiberto Leyva Piña

SECRETARIO Ing. Daniel Hernandez Pecina

PRIMER SUPLENTE Ing. Eduardo Covarrubias Chávez

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Bernardo Muñoz Martínez

07 1998

16/03/98

31/03/98

31/03/98

36-03-98

16/03/98



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA F.E.S.-CUAUTITLAN
P R E S E N T E

AT'N: Q. Maria del Carmen Garcia Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S.-C

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el:

"Inyección Electrónica de Combustible para Motores a Gasolina en la Industria Automotriz".

que presenta el pasante: Héctor Osorno Mendoza,
con número de cuenta: 8535456-2 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

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

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de México, a 16 de Marzo de 1998

PRESIDENTE	Ing. José Juan Contreras Espinosa	<u>16/03/98</u>
VOCAL	Ing. Filiberto Leyva Piña	<u>31/03/98</u>
SECRETARIO	Ing. Daniel Hernandez Pecina	<u>31/03/98</u>
PRIMER SUPLENTE	Ing. Eduardo Covarrubias Chávez	<u>30-03-98</u>
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Bernardo Muñoz Martínez	<u>16/03/98</u>



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA F.E.S.-CUAUTITLAN
P R E S E N T E

AT'N: Q. María del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S.-C

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el:

" Inyección Electrónica de Combustible para Motores a Gasolina en la Industria Automotriz".

que presenta el pasante: Francisco Javier Robles Jaramillo
con número de cuenta: 8836744-8 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E.
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de México, a 16 de Marzo de 1998

PRESIDENTE	Ing. José Juan Contreras Espinosa	<u>16/03/98</u>
VOCAL	Ing. Filiberto Leyva Piña	<u>31/03/98</u>
SECRETARIO	Ing. Daniel Hernandez Pecina	<u>31/03/98</u>
PRIMER SUPLENTE	Ing. Eduardo Covarrubias Chávez	<u>30-03-98</u>
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Bernardo Muñoz Martinez	<u>16/03/98</u>

AGRADECIMINETO.

Señor te agradecemos de todo corazón que nos hallas guiado por este camino, y la fuerza que tu nos has dado. El habernos dado a nuestros padres, parte importante que siguen siendo nuestro apoyo incondicional en los momentos más difíciles para nunca caer o desfallecer en la lucha para llegar a conseguir un anhelo más, y gracias por habernos dado a todos nuestros seres queridos que estén donde estén siempre los llevamos en el corazón.

ÍNDICE.

INTRODUCCION Y OBJETIVOS.	2
---------------------------	---

CAPITULO I

Antecedentes Históricos.

Historia de la inyección del combustible.	4
Historia de la inyección electrónica.	20

CAPITULO II

Principios Básicos de los motores de combustión interna o ciclo de Otto.

El motor.	24
Producción de energía en el motor.	24
Potencia del motor.	25
Aprovechamiento de la energía.	25
Perdida de potencia.	25
Potencia disponible.	26
Estructura del motor.	26
La fuerza motriz.	32
Transmisión de la fuerza.	33
Bloque.	34
Culata y válvulas.	35
Refrigeración de las válvulas.	35
Arbol de levas con empujadores.	37
Arbol de levas simple y doble en culata.	38
Funcionamiento del motor.	39
Admisión.	39
Compresión.	40
Explosión.	40
Escape.	40
Sistemas accesorios del motor.	43
El sistema de encendido.	43
Funcionamiento del mecanismo de encendido o avance.	44

CAPITULO III.

La gasolina como combustible en la industria automotriz.

Combustibles para motores de automóvil.	46
Origen de la gasolina.	46
La volatilidad de la gasolina.	47
La válvula antidetonante.	49

La relación de compresión.	50
El calor de compresión.	50
El motivo de la detonación.	51
La medición de los valores antidetonantes de los combustibles.	52
La detonación y preignición.	53
Control químico de la detonación.	54
Factores mecánicos de la detonación.	55
Factores que afectan a la detonación.	56
Química y octano mecánico.	57
Exigencias del octano.	57
Mejoradores de octano.	58
Otros aditivos de la gasolina.	58
Aditivos de alcohol ventajas y desventajas.	59
Química de la combustión.	61
Combustión normal y anormal.	62
Métodos de investigación y de motor.	63
Retroceso de válvulas y combustible sin plomo.	64
Mezclas de gasolina oxigenada.	65
Gasolina antidetonante.	66
Gasolina con detergentes.	66
Gasolina reformulada.	67

CAPITULO IV

Fundamentos del sistema de alimentación.

Objetivo del sistema de alimentación.	68
Composición del sistema de alimentación	68
Combustión.	68
Vacío.	69
Funcionamiento del sistema de alimentación.	70
Deposito de combustible.	70
Tamices y filtros de gasolina.	71
Nivel de combustible.	71
Bomba de combustible.	74
Bomba eléctrica.	75
Conducción de retorno de vapor.	76
Filtro de aire.	77
Filtro de aire mandado termostáticamente.	78
Colector de admisión.	80
Carburador.	82
Funciones del carburador.	84
Atomización.	84
Vaporización.	85
Fundamentos del carburador.	85
Cuba del flotador.	87
Sistema de escape.	96

Sistema de colector de admisión y de escape sintonizados.	97
Niebla y polución atmosférica.	98
Comprobación de los gases de escape para detectar hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO).	107
Juegos de convertidores.	109
Factores relacionados con el aumento y disminución de emisiones.	110
Representaciones gráficas de las emisiones	111

CAPITULO V

Fundamentos de los Sistemas de inyección de gasolina.

Los sistemas de inyección.	116
Clasificación de los sistemas de inyección de gasolina.	119
Inyección directa e indirecta, continua y espaciada.	120
Inyección en lumbrera o puerto calibrado.	126
Sistema de inyección de gasolina.	128
Componentes del sistema de inyección de combustible (gasolina).	128
Función del sistema de inyección.	129
Sistema electrónico de inyección.	130
Sistemas de inyección Bosch.	133

CAPITULO VI

Sistemas Electrónicos de Inyección de gasolina.

Inyección electrónica de combustible.	135
Carburadores controlados electrónicamente.	138
Control electrónico del tren de potencia y diagnóstico.	140
K-Jetronic de Bosch.	146
Ke-Jetronic.	162
L-Jetronic de Bosch.	165
LE-Jetronic y LU-Jetronic.	177
L3-Jetronic.	180
LH-Jetronic.	182
Mono-Jetronic de Bosch.	185
Monotronic de Bosch.	188
Bendix.	193
Modificaciones de Bendix.	196
El inyector de la serie Deka.	196
Sistema analógico Bendix y Cadillac.	199
Inyección digital de Bendix y Cadillac.	202
Aplicaciones de la Inyección de combustible de General Motors.	207
TBI en el Iron Duke de Pontiac.	210
Inyección en muchos puntos en los motores de General Motors.	213
Inyectores Multec y nuevos motores para 1988.	217
Inyección en un solo punto de Chrysler.	220

Inyección de combustible estilo Ford.	226
EEC-I.	227
EEC-II.	228
EEC-III.	229
EEC-IV.	231
Trayectoria de Ecojet de Pierburg.	237
Control electrónico.	243
Ecojet S.	243
La marca Weber.	247
Inyección Solex en un solo punto.	252
El futuro del control de la mezcla de combustible.	254
Complejidad bajo el sol naciente.	255
Rompiendo la barrera del costo.	261
CONCLUSIONES	264
BIBLIOGRAFIA.	272

INTRODUCCION.

Los inicios de la industria automotriz tuvo sus orígenes en el siglo XIX tanto N.A. Otto y J.J. E Lenoir en la feria mundial de París en 1867 presentaron un motor de combustión interna. En 1875 Wilhelm Mayback de Deutz convirtieron un motor de gas natural para que funcionara con gasolina y para fines del siglo Mayback y Carl Benz y sus colegas habían agregado al motor otra tecnología, idearon un buen carburador con rocío y nivel de flotación controlado, con lo cual evoluciona la industria automotriz.

En 1903 Wright Flier utilizó la inyección de combustible en su motor. En toda Europa antes de la primera guerra mundial, la industria de la aviación considero las ventajas obvias que la inyección de combustible proporcionaba con respecto al carburador.

En la Alemania pre-Nazi llevo a la compañía de Robert Bosch al desarrollo de la inyección de combustible. Durante la segunda guerra mundial la inyección de combustible domino los cielos, después de esta se freno el avance de la inyección debido a la falta de fondos en al industria de la aviación y se desviaron de esta aplicándose a los motores tipo Jet.

En 1940 Ottavio Fuscaldo fue el primero en incorporar un solenoide eléctrico como un medio para controlar el flujo de combustible. Con eso empezó la trayectoria hacia los modernos sistemas electrónicos de inyección de combustible.

En 1949 presenta Stuart Hilborn en al carrera de Indianapolis su auto llamado Offenhauser con su sistema de inyección indirecta, con la cual el combustible es inyectado en el múltiple de admisión. El combustible no era pulsado hacia el puerto de admisión sino mas bien rociado continuamente lo cual ganó el sobrenombre de flujo constante de inyección.

En el desarrollo de la industria automotriz en 1957 Chevrolet utiliza el sistema de inyección de combustible Ramjet Rochester para la producción masiva del Corvette.

Bendix dio por terminada sus investigaciones sobre la inyección de combustible electrónica de 1961 y otorga en 1966 una licencia de patente a Bosch, con esta en 1968 el Volkswagen introdujo el sistema D-Jetronic de Bosch en mercado estadounidense en los modelos tipo 3.

El sistema electrónico de inyección fue desarrollado a través de la corporación entre Bendix, Bosch y GM, estos fabricantes habian empezado a sentir la necesidad de un sistema de localización de fallas automatizado para ayudar en el servicio y reparación de la inyección del combustible, estos procedimientos han evolucionado a diagramas de flujo los cuales son el estándar de la industria actual

y con los nuevos sistemas de Scanner conectado a la computadora de viaje se pueden localizar las fallas en minutos tomando en consideración el código de falla correspondiente y al mejor desempeño de los sistemas día con día.

OBJETIVOS.

La finalidad de esta tesis es dar a conocer la evolución de los sistemas de inyección de combustible y sus aplicaciones dentro de la industria automotriz contemplando la gasolina como combustible principal.

El objetivo del primer capítulo es conocer la evolución de los sistemas de inyección de combustible.

El objetivo del segundo capítulo es conocer las partes que componen un motor y su funcionamiento

El objetivo del tercer capítulo es explicar el origen y características de la gasolina como combustible para motores de combustión interna sin perder de vista los efectos que causa en el ambiente.

El objetivo del capítulo cuatro es explicar los fundamentos de los sistemas de alimentación.

El objetivo del capítulo cinco es conocer los diferentes sistemas de inyección de gasolina.

El objetivo del capítulo seis es conocer los diferentes tipos de inyección electrónica y sus diferencias entre estos mismos y sus componentes.

También contemplaremos la unión de la mecánica con la electrónica para un mejor aprovechamiento del combustible con los diferentes factores que lo afectan en su funcionamiento con ello se puede reducir enormemente la emisión de gases que contaminante al medio ambiente.

CAPITULO I.

ANTECEDENTES HISTORICOS.

El objetivo es conocer la evolución de los sistemas de inyección de combustible mecánica y electrónica.

Historia de la inyección de combustible.

La inyección de combustible ha recorrido un largo camino durante los últimos veinte años, pero su historia se remonta a los primeros días del carburador. Así como las razones más convincentes para utilizar la inyección de combustible tiene que encontrarse en las desventajas del carburador moderno, la falta de refinamiento y la versatilidad de los antiguos carburadores prepararon el camino para hacer los primeros experimentos con la inyección de combustible. Los orígenes de la inyección de combustible no pueden desligarse de la historia del carburador y la evolución de los combustibles para el motor.

La ciencia de la carburación comenzó en 1795 cuando Robert Street logró la evaporación de la trementina y el aceite de alquitrán de hulla en un motor tipo atmosférico (un motor que trabaja sin compresión de la carga). Pero no fue sino hasta 1824 cuando el inventor norteamericano Samuel Morey y el abogado de patentes inglesa. Eskin Hazard crearon el primer carburador (también para un motor tipo atmosférico). Su modo de funcionamiento incluía un precalentado para favorecer la evaporación.

En 1825 se dio un paso importante en el camino hacia la destilación del petróleo ligero y se obtuvo una sustancia que llamamos gasolina. En ese tiempo, el físico y químico inglés Michael Faraday experimentaba la evaporación de combustible líquidos de hidrocarburos. Al destilar el petróleo, descubrió el bencol, al que llamó bicarbonato de hidrógeno.

En 1833, el profesor de química alemán, Eilhard Mitscherlich, en la Universidad de Berlín, dio el segundo paso, que fue el último, cuando logró la separación de los ácidos benzoicos por calor. Después de ese proceso surgió un nuevo producto, un combustible ligero que Mitscherlich llamó bencina (en la terminología americana: gasolina, y para los británicos nafta).

El mundo se encontraba todavía muy lejos de darle un uso practico a la gasolina como energía para mover un motor, pero se acercaba a la meta en 1838, cuando se otorgó a William Barnett, un mecánico inglés, una patente por un dispositivo para evaporar la gasolina. Con este invento, Barnett intentaba utilizar la gasolina en el motor de compresión con el cual estaba experimentando.

En 1841 avanzó más el principio de la evaporación, debido al científico italiano Luigi de Cristoforis, quien construye el motor tipo atmosférico sin pistones, equipado con un carburador en la superficie, en el cual una corriente de aire se dirigía sobre el tanque de combustible para recoger los vapores del mismo.

De 1848 a 1850, el estadounidense, doctor Alfred Drake, experimentó con los motores de combustión tratando de utilizar gasolina en vez de gas. En el proceso, hizo varios tipos de carburadores.

En 1860 el inventador del motor Deutz de gas, de 4 tiempos, Nikolaus August Otto, comenzó a experimentar con un motor de combustión que tenía un dispositivo para evaporar combustible líquido de hidrocarburos. Otto ensayó el motor con una bencina mineral, pero como no tuvo éxito se concentró en desarrollar y producir motores a gas, durante cierto tiempo.

En 1865 Siegfried Marcus de Viena, Austria solicitó una patente para un carburador. Su solicitud subrayó la sencillez de un dispositivo, comparado con los generadores de vapor costosos y complicados que entonces existían.

En 1867, tanto N.A. Otto como J. J. E. Lenoir exhibieron los motores a gas en la Feria Mundial en París, Lenoir también exhibió un motor de petróleo con carburador, que aparentemente pasó desapercibido en ese tiempo.

Marcus presentó en 1870 un motor de petróleo que trabajaba con los mismos principios que el motor Deutz de la fábrica de motores de gas de Otto, la Gasmotorenfabrik.

En 1873 se descubrió un nuevo principio básico cuando Julius Hock, quien trabajaba en Viena, construyó un motor tipo atmosférico que quemaba petróleo, equipado con una forma primitiva de carburador de rocío. Sin embargo, la superioridad del carburador de rocío sobre el carburador de superficie no fue inmediatamente aparente. Sin embargo, George Bayley Brayton comenzó a producir motores en Boston, en 1874, y los equipos con carburadores de superficie de su propio diseño.

En 1875, Wilhelm Maybach de la Deutz, fábrica de motores a gas para que funcionara con gasolina. Se encontraba un día en el taller cuando de pronto le vino la idea de cerrar el gas para ver que sucedía si mantenía un trapo mojado con gasolina a la entrada del múltiple. El motor funcionó hasta que el trapo casi se secó.

Eso le llevó a inventar el carburador de mecha. Cuando más tarde lo popularizaron Frederick William Lanchester y otros, era del tipo estático en que la mecha absorbía el combustible en la parte que estaba sumergida y llevaba el combustible al aire en la parte expuesta. Su primera aplicación en un automóvil

fue en un carruaje con motor que condujeron en 1883-1884 Edouard Delamare-Deboutteville y Leon Malandin, de Fontaine-le-Bourg, Francia.

Fernand Forest, un político mecánico e inventor, ideó y construyó un carburador que incluía una cámara de flotador y una boquilla con rociador de combustible. Esto lo adaptó a un nuevo motor que construyó en 1884.

En 1885, Otto logró finalmente los resultados que buscaba y que no había podido conseguir en 1860, con una variedad de combustibles líquidos de hidrocarburos, incluyendo gasolina y bencina mineral, utilizando un carburador de superficie mejorado.

En otoño de 1886, Carl Benz mejoró el carburador de superficie al agregarle una válvula de flotador para asegurar un nivel constante de combustible.

En 1886 Maybach había inventado y probado su propio tipo de carburador con cámara de flotador. Finalmente en 1892, planeó el carburador con rociador, que se convirtió en la base para todos los carburadores subsecuentes.

Maybach nunca dejó de investigar cuales serían las mejores formas de mezclar el combustible con el aire. En 1894, solicitó una patente para un nuevo carburador de rocío, en el que el combustible se suministraba en forma de boquilla de regadera con cabezal rociador, que se abastecía de una taza de flotador que mantenía un nivel constante.

El primer carburador de dos gargantas apareció en 1901, y fue invento de un estadounidense llamado Krastin, quien declaraba que formaba consistentemente buenas mezclas, sin importar el flujo masivo de aire.

En 1902 Arthur Krebs, director técnico de Panhard & Levassor en París, inventó un carburador de 3 partes, con desviación automática para el aire, a fin de reducir al mínimo las desviaciones de la proporción ideal de aire-combustible, aumentando la velocidad de flujo de gas. Krebs utilizó el vacío del múltiple para abrir una válvula y admitir aire adicional.

Allá por 1905, el carburador había alcanzado su madurez básica. En ese año George Skinner patentó en Inglaterra el carburador de vacío constante (válvula de aire). El SU (Skinner Unión) se hizo popular y tuvo muchos imitadores. El principio todavía lo utilizan Zenith-Stromberg, así como el SU (que adquirió Lord Nuffield en 1927 y que ahora es parte del grupo Rover).

En 1905, existía también un grupo de la tecnología anterior en el área de inyección de combustible. Su primera contribución fue la patente de un dispositivo para medir el aire comprimido que se otorgó a un francés llamado Eteve, en 1881.

Este dispositivo no se acercaba mucho a un sistema completo de inyección de combustible, pero sí constituyó un elemento vital.

En 1883 apareció otro elemento, cuando se otorgó una patente alemana a J. Speil por un método para inyectar combustible nuevo a una cámara llena, con flama articulada a los cilindros.

También allá por 1885, Edward Butler de Erith en Kent, Inglaterra realizó un motor con un sistema de inyección que forzaba el combustible bajo presión por una válvula de admisión con vástago hueco. Sin embargo, Butler nunca desarrolló su invento hacia una etapa práctica.

El primer empleo práctico de la inyección de combustible no se llevó a cabo en un automóvil, sino en un motor estacionario. El estadounidense Franz Burger, un ingeniero que trabajaba para la Charter Gas Engine Company, de Sterling, Illinois, desarrolló una inyección de combustible por gravedad, desde el tanque y entraba al cuerpo inyector a través de una válvula de estrangulación. Un émbolo era accionado por un mecanismo de balancín y barra, que empuja desde una leva montada en el árbol, impulsado por un engrane desde el cigüeñal. La boquilla del inyector en forma horizontal, entrando al tubo vertical de admisión (contracorriente).

En Europa, la primera aplicación exitosa se hizo también en un motor estacionario, hecho y ajustado para operar a velocidad constante bajo carga constante. Entre 1898 y 1901. La Deutz Gasmotorenfabrik construyó 300 motores estacionarios de 4 tiempos, de un cilindro, con inyección de combustible a baja presión en el puerto de admisión. El combustible era keroseno, y el equipo de inyección comprendía una bomba de émbolo con válvulas de admisión y válvulas de presión separadas.

La utilización de la inyección de combustible en aviones también se inició en Estados Unidos. El motor de 4 tiempos, 4 cilindros de 28 HP, construido por Wilbur y Orville Wright para su Flier de 1903, estaba equipado con un sistema de inyección de combustible. Este arreglo utilizaba una bomba relativa de engranajes que proporcionaban combustible bajo presión a los puertos de admisión.

Mientras Wilbur Wright vivió todos los motores Flier estaban equipados con este tipo de inyección de combustible. Otros pioneros de la aviación captaron de inmediato las razones por las que Wright se alejó de los carburadores. Esto se debió no solo a que los aviones necesitaban mayor libertad para maniobra mas de la que podía dar el arreglo normal del flotador, si no también al riesgo de que se congelara o se prendiera el carburador, lo cual causaba muchos accidentes con maquinas voladoras.

El motor Antoinette que impulsaba al biplano Voisin de Alberto Santos-Dumont, quien hizo el primer vuelo en Europa en 1906, estaba equipado con inyección de combustible. El brillante ingeniero del Antoinette, León Levavasseur introdujo no solo la bomba de émbolo a alta presión, sino también el principio de inyectores calibrados. Su bomba de inyección fue la primera en tener una carrera variable del émbolo como un medio de aumentar o reducir la cantidad de combustible a inyectar.

En 1905 Hans Grade, un fabricante de motores de Magdeburgo, Alemania, inicio experimentos de inyección de combustible en motores de 2 tiempos. La presión de la inyección no se proporcionaba por medios mecánicos, sino por una precompresión de la carga de aire en el cárter.

En 1909, un monoplano Grade dotado de un motor como el anterior, voló 13 Km, el primer vuelo controlado sobre territorio alemán.

Los pioneros fabricaron su propio equipo de inyección de combustible por que todavía no había ninguna industria que pudiera producirlo. Sin embargo, un fabricante importante, de equipo eléctrico, en Stuttgart, reconoció la necesidad creciente.

En 1912, Bosch convirtió un motor fuera de borda, de dos tiempos, a inyección de gasolina, utilizando una bomba reconstruida de presión de aceite lubricante para inyectar el combustible. Antes de emprender un seguimiento organizado, este experimento quedó en el olvido, cuando Bosch tubo que reorganizar sus prioridades por las exigencias del ejército y la marina del Kaiser.

En 1914, Fritz Egersdorfer, un ingeniero que trabajaba en la Pallas Carburator Company de Berlín inició una serie de experimentos con la inyección de combustible; pero también tuvo que hacer a un lado estos estudios para satisfacer las necesidades más urgentes de la guerra.

En la década de los veinte, la industria del carburador había desarrollado tipos satisfactorios de aviones, y las investigaciones de la inyección de combustible entraron en un largo periodo de hibernación. Sus oportunidades disminuyeron todavía más alrededor del 1925, cuando Stromberg inicio un trabajo de desarrollo que le condujo al carburador sin flotador y con inyector para motores de avión.

Durante el resurgimiento político y militar de Alemania que precedió a los años del dominio nazi se formó en Adlesdorf, cerca de Berlín, la DVL (Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt = Institución de prueba para la aviación alemana), que actuando bajo las ordenes del Ministerio de Transporte, en Berlín, indicó a Bosch que investigara la inyección de gasolina. Así como la era del sistema de inyección de gasolina a alta presión, con boquillas que rocían directamente a la cámara de combustión.

En 1930, el doctor Sachse del Ministerio de transporte (después con BMW) envió al DVL una orden para que desarrollara un sistema de inyección de combustible tipo avión, utilizando un cilindro de prueba BMW. Este trabajo se lleva a cabo bajo la dirección del doctor Kurt Schnauffer.

Utilizando una bomba ordinaria de inyección de combustible que tenía un eje excéntrico, émbolos y lumbreras de rebose, DVL creó un motor de prueba en tiempos récord. También comenzó a investigar los detalles del diseño del inyector de boquilla y el sistema de control, poniendo a disposición de la industria sus valiosas conclusiones.

El 1° de septiembre de 1931, se publica un informe provisional, que abarcaba las pruebas tanto con el motor BMW de un cilindro y el motor DKW (Auto Unión) de dos tiempos. La inyección de combustible dio un promedio de 7% de potencia por arriba de la carburación en el mismo cilindro BMW de cuatro tiempos, con una caída de contaminantes de 3% en el consumo específico de combustible. Los experimentos con motores de dos tiempos eran decepcionantes.

El siguiente contrato de DVL incluía la conversión y prueba de un motor BMW de seis cilindros tipo V de avión. Mostraba ganancias de potencia entre 10% y 17% en el dinamómetro en el ámbito de tierra. El doctor Schnauffer también informó que se estaban haciendo pruebas con inyección directa durante la carrera de compresión, pero que podía obtener más potencia y menos consumo de combustible, mediante la inyección durante la carrera de admisión.

Después de esto Mercedes-Benz, como fabricante líder de motores de avión, se vio forzado a investigar la inyección de combustible. En otoño de 1934 Mercedes-Benz inició pruebas de una unidad de un solo cilindro con la inyección directa y una bomba Bosch tipo Diesel. Inicialmente, se utilizó un filtro estándar de aceite diesel como filtro de combustible, sin reten para la fuga de aceite. Más tarde se desarrollaron filtros especiales y se agregó un reten para la fuga de aceite. También se cambiaron las boquillas, de un tipo de aguja que rociaba combustible en la corona del pistón en un ángulo, por un diseño de múltiples barrenos.

Luego, el único cilindro se incorporó a un monoblock V-12, designado como el DB601, con un desplazamiento de 33.8 por litro. Este motor se produjo en 1937 con una potencia de arranque de 1200 HP. A partir de ese punto, la inyección de combustible conquista al mundo de la aviación.

Durante el periodo de 1936 a 1939, Mercedes Benz ensaya los cilindros únicos de sus motores Grand Prix de autos de carreras que fueron convertidos a fuel injection, con o sin supercargado. En ese tiempo no se informó haber logrado pruebas concluyentes.

Al terminar la Segunda Guerra Mundial fue evidente para la gente de Mercedes-Benz y Bosch, que poseían los elementos clave de una nueva tecnología. También era evidente que no había una aplicación inmediata posible. Pero no esperaban iniciar los preparativos.

Por el lado de los Aliados, SU Carburetter Company de Birmingham, Inglaterra, desarrolló un sistema de inyección de combustible directa que se utilizó en los motores de avión Rolls-Royce Merlin, a fines de la Segunda Guerra Mundial.

Simmonds Aerocessories negoció un contrato con SU por los derechos en Estados Unidos para este sistema que luego utilizó Continental para el motor del tanque Patton, enfriado por aire, de 1790 pulgadas cúbicas V-12, clasificado a grosso modo en 810 HP. El tanque Patton se produjo demasiado tarde para entrar en acción en la Segunda Guerra Mundial, pero después lo utilizaron ampliamente en la guerra de Corea de 1950 a 53.

En la década de los cincuentas, se aceptó finalmente la inyección tipo lumbrera o puerto. En 1934 ya se había concedido patente para la inyección de naftalina tipo lumbrera para el sistema de afinación de motor Ed Winfield pero pasó inadvertido por muchos años. Otro sistema, que en 1935 patentó Ottavio Fuscaldo, diseñador de la OM (Officine Meccaniche), ganador en 1927 del primer premio Mile Miglia (mil millas), fue utilizado por Alfa Romeo en una de sus participaciones en las Mil Millas en 1940.

Camponi Aircraft Company desarrolló y produjo el sistema Fuscaldo que consistía en una bomba rotativa de engranajes que alimentaba combustible bajo presión por líneas individuales a cada lumbrera o puerto de admisión. Las boquillas del inyector tenían válvulas de presión que se abrían con electroimanes para rociar combustible de acuerdo con las necesidades del motor.

En el mundo inmediato a la posguerra, las patentes Winfield y Fuscaldo parecían condenadas al olvido. Pero en 1949, apareció en Indianapolis un auto con el motor Offenhauser, de inyección de combustible. Stuart Hilborn ayudado por Bill Travers, inventó y desarrolló el sistema de inyección. Era la inyección indirecta un diseño sencillo, no complicado a diferencia del Winfield. Un solo cuerpo de mariposas a cada lumbrera o puerto de admisión alimentaba el combustible en forma continua, a baja presión, a las boquillas de rociado dentro de las áreas de las lumbreras. Esto se conocía como inyección de flujo constante.

De 1952 a 1961, todos los autos de carreras tipo Indianapolis impulsados por motor Offenhauser, utilizaban la inyección de combustible Stuart Hilborn, y Connaught adoptó el sistema para su auto Gran Prix de 1953, con gran éxito. Viendo eso, los constructores de autos de carreras europeos comenzaron a buscar compañías proveedoras que desarrollaran sistemas competitivos.

Lucas produjo un sistema exitoso para el Jaguar 1956 tipo D, que ganó en Le Mans. Esto dio paso a la versión en serie, pero resultó tan cara que sólo hubo un comprador: Maserati, para el 3500 GTi, a principios de 1961. Holley compró los derechos en Estados Unidos para la inyección de combustible Lucas, en 1956, pero no encontró mercado.

El Lucas era un sistema de inyección por lumbrera con suministro regulado. El combustible se bombeaba a un distribuidor a 100 psi por medio de una bomba eléctrica. El distribuidor medía el combustible de acuerdo con el flujo masivo de aire, como lo medía el vacío del múltiple, y cuidaba el tiempo con un rotor impulsado mecánicamente, con lumbreras de salida dispuestas para alimentar combustible a cada boquilla cuando la válvula se abría. La admisión de aire se controlaba con una válvula de estrangulamiento, deslizable unida al acelerador.

Luego, la unidad distribuidora de combustible de rotor gemelo incorporaba un dispositivo mecánico para controlar la mezcla que respondía al vacío en headers. La cantidad de combustible suministrada por la bomba excedía siempre la demanda el excedente se drenaba y regresaba al tanque.

Los rotores del distribuidor medidor eran impulsados a media velocidad del cigüeñal desde un árbol auxiliar. Contendían lumbreras o puertos que coincidían con lumbreras de una camisa exterior, así como una lanzadera hueca de distribución, que se mueve de un lado a otro en el interior de los rotores. El movimiento de la lanzadera se efectuaba por medio de la presión de la línea de combustible desde la bomba. La alineación de lumbrera fue diseñada para conectar el barrenado de la lanzadera con la línea de suministro y el tubo de aprovisionamiento a cada boquilla inyectora en la secuencia apropiada.

Limitaron el movimiento de la lanzadera con dos retenes: uno fijo en el extremo interior y otro ajustable en el extremo exterior. El retén ajustable se conectó al dispositivo para controlar la mezcla, que constaba de un cilindro secundario con un pistón de resorte que se movía hacia el punto muerto superior en condiciones de vacío elevado. Una biela que partía del pistón activaba una cuña de control que alineaba contra dos levantadores recíprocos con las lanzaderas de distribución.

La carrera de la lanzadera fue limitada por la posición de la cuña de control; era más corta cuando el pistón estaba en el punto muerto inferior, y más grande cuando el pistón estaba en el punto muerto superior. Con este método, la mezcla se enriquecía durante las condiciones de alta carga.

Lucas seguía desarrollando el sistema, y para la feria de BRM (British Racing Motors) de autos de carrera de Fórmula Uno, de 1961, ya tenía lista una versión modificada. Las versiones subsecuentes del mismo sistema básico de inyección se utilizaron generalmente en los motores de Fórmula Uno, rivalizando principalmente con Kugelfischer de 1966 a 1983, cuando Porsche entró a la

inyección electrónica de Bosch para TAG (Techniques d'Avant Garde-Técnicas de vanguardia) en su motor V-6, adaptado a los autos del equipo McLaren.

Otros proveedores de combustible desarrollaron también los sistemas Fuel Injection. En 1954 Ben Parson, ingeniero automotriz estadounidense, quien se había asociado con el desafortunado negocio de Tucker, propuso un sistema de inyección continua de combustible. Parson acoplo al tanque de combustible una bomba centrífuga de combustible de velocidad variable, accionada eléctricamente, el motor eléctrico estaba conectado a un generador impulsado por el motor con salida variable, por tanto, "sabía" a cuantas r.p.m. estaba funcionando el motor. Podía hacer coincidir perfectamente la cantidad de combustible en el requerimiento normal, pero carecía de dispositivos de corrección para la temperatura del aire, del refrigerante y la altitud. Las boquillas de inyección montadas en las lumbreras de admisión están equipadas para percibir la presión en el múltiple y ajustar la distribución del combustible de acuerdo con la carga. Parson, sin embargo, no tubo buena acogida en Detroit y su sistema nunca se utilizó como equipo original en un modelo de producción en serie.

Cuando Chevrolet estaba desarrollando su Corvette V-8, el especialista en alto rendimiento, Zora Arkus-Duntov, comenzó a investigar como utilizar en ese modelo la inyección de combustible. Los ingenieros de la Chevrolet desarrollaron finalmente un sistema que Rochester Products División produjo en serie. Fue un sistema tipo lumbrera o puerto, basado abiertamente en el diseño de Stuard Hilborn, con ingeniosas modificaciones y controles para lograr la flexibilidad necesaria para producir autos deportivos en serie. Chevrolet lo hizo opcional para el Corvette en 1957.

Debido a los problemas de producción, durante 1957 en los autos Chevrolet y Corvette se instalaron no más de 2750 motores con inyección de combustible. Edward N. Cole, entonces gerente general de la Chevrolet, dijo que en 1958 se ofrecería la inyección de combustible, pero resulto demasiado costoso y complicado para su uso general.

Otras dos divisiones de G.M., Oldsmobile y Pontiac, ensayaron también el sistema de Rochester. Los ingenieros de la división Oldsmobile la rechazaron, pero los de Pontiac hicieron algunas modificaciones y la utilizaron como estándar para el Bonneville de 1957. Los problemas de servicio en el campo hicieron que tanto Pontiac como Chevrolet se desilusionaran con la inyección de combustible, y el sistema Rochester se dejó de utilizar cuando aparecieron los modelos 1959.

Cuando Chevrolet había anunciado el sistema Rochester de inyección de 1957, la Borg-Warner Corporation iniciaba el trabajo experimental en un sistema similar. Se asigno este proyecto a la División Marvel-Schebler y dio por resultado el desarrollo de una bomba de inyección en émbolo sencillo. Se arregló la distribución de la bomba, mediante la rotación del émbolo para coincidir con las

lumbreras de descarga a cada línea de inyector en turno. La bomba proporcionaba una inyección regulada a las toberas instaladas en las lumbreras de la válvula de entrada. Las boquillas o toberas eran del tipo de aguja accionada por resorte, que trabajaba a una presión aproximada de 200 psi. La bomba tenía un ensamble de control cuya entrada principal era la presión absoluta del múltiple.

Este sistema se desarrolló ampliamente de 1960 a 1966, pero Borg-Warner no pudo venderlo en Detroit. Cuando empezaron a aparecer los sistemas de inyección electrónica, Borg-Warner se retiró del mercado.

American Bosch propuso en 1957 un sistema ligeramente semejante. La Ford mostró interés pero lo abandonó cuando G.M., y Chrysler dejaron de ofrecer la inyección de combustible para sus autos en serie.

Al igual que el sistema Borg-Warner el de Bosch estadounidense utilizaba una bomba de émbolo sencillo impulsado por el árbol de levas del motor. Las levas de cara del émbolo de resorte coincidían con una camisa de dosificación en un ajuste corredizo alrededor del émbolo, que tenía una carrera de un largo determinado. El número de levas correspondía al número de cilindros del motor, y la posición de la camisa de dosificación determinaba el punto de rebose, regulando así la cantidad de combustible que se inyectaba.

Las levas de cara funcionaban en rodillos fijos en la caja de transmisión, produciendo un movimiento de vaivén en el émbolo. Este tenía una lumbrera o puerto sencillo de descarga; con la rotación del émbolo, esta lumbrera se alineaba en secuencias con las salidas de las boquillas de inyección, y esta se regulaba automáticamente por la rotación del émbolo. La medición del combustible se lograba por medio de una unidad de control que estaba montada en la bomba con un acoplamiento al cuerpo de la mariposa, y así respondía a la presión del múltiple. Los comandos de esta unidad se transmitían a la camisa de dosificación, la cual se movía en sentido axial a lo largo del émbolo para cerrar las lumbreras de rebose, según se necesitaba.

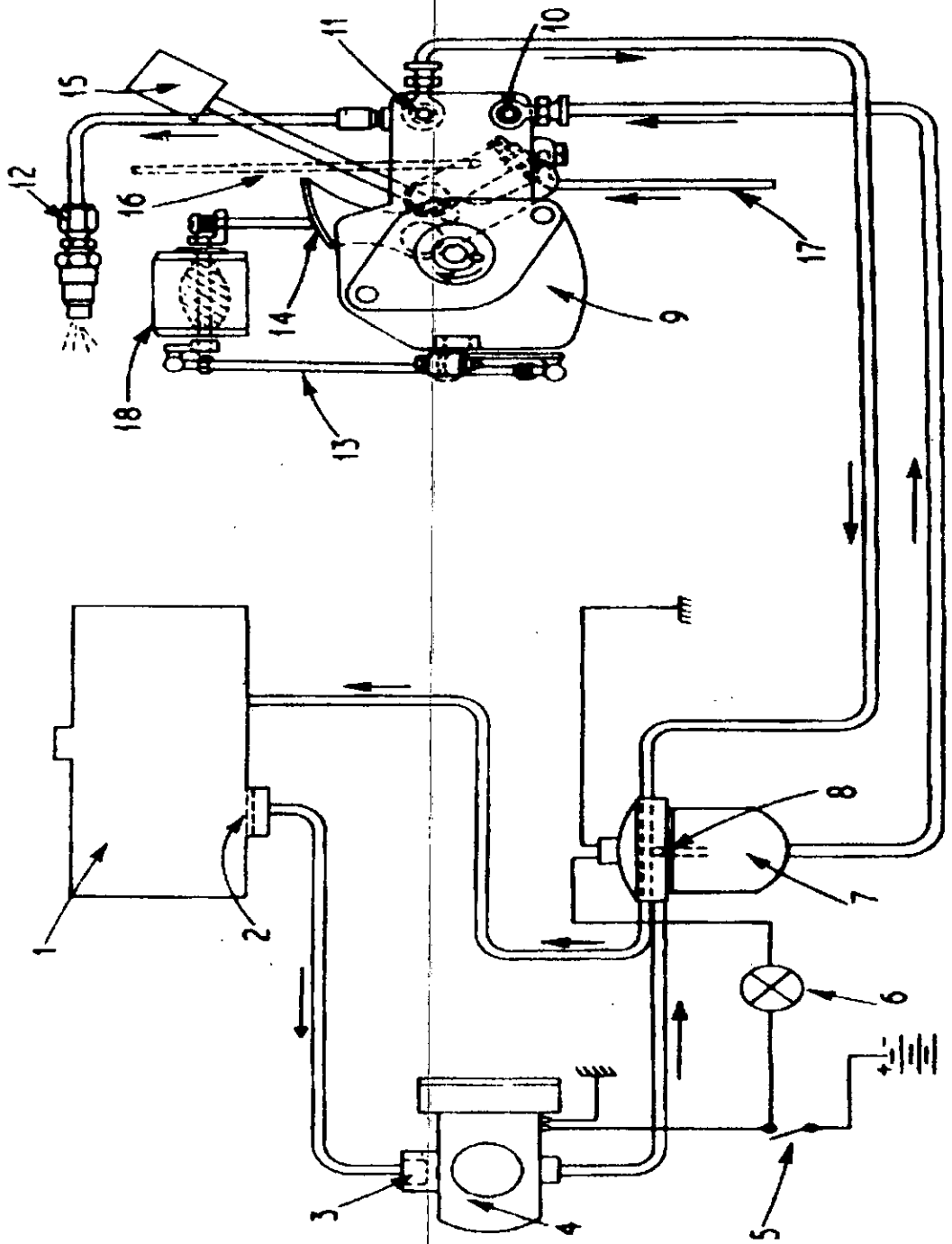
Entre 1959 y 1962 TRW (Thompson Ramo-Wool- Ridge) estaba desarrollando un sistema de inyección en las lumbreras con una bomba de dosificación de émbolo regulado, pero nunca lo lanzó al público.

Friedrich Deckel de Munich por mucho tiempo establecido como fabricante de equipo de inyección diesel para tractores agrícolas y motores industriales desarrolló en 1960 un sistema de inyección de gasolina para automóviles, conocido como Kugelfischer por que la compañía Deckel había pasado a ser propiedad de George Schafer en 1955 y se había combinado con sus talleres de cojinetes de bolas Fischer.

El sistema de inyección Kugelfischer del tipo de lumbrera tenía dosificación regulada. La bomba tenía un émbolo activado por una leva para cada inyector y la dosificación de combustible se lograba con un intrincado arreglo de regulador-leva. La admisión de aire se controlaba con una sencilla válvula de mariposa.

Esquema del sistema Kugelfischer

- 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 de vacío.
- 15.- Elemento termostático de control.
- 16.- Cable de control de mezcla enriquecida.
- 17.- Línea de presión de aceite.
- 18.- Mariposa.



Se hicieron pruebas con motores para autos de carrera Porsche en los que se interesó Peugeot. Después de pruebas minuciosas Peugeot estandarizó la inyección Kugelfischer en 404 modelos deportivos en 1962, y Lancia la adoptó en algunos tipos Flavia en 1965. Las versiones posteriores o modelos que le sucedieron estaban equipadas con los sistemas de inyección que se producían en serie más populares.

En 1974 Bosch adoptó la inyección de combustible de Kugelfischer, en una producción en serie pequeña pero selecta y un equipo de servicio que abastecía a BMW Motorsport de motores para fórmula 1 de 1980 a 1985, y el equipo Grand Prix de Renault-Elf de 1977 a 1984.

En la pista de carreras de Indianápolis, el sistema de inyección Stuard Hilton no tuvo rival hasta fines de los sesentas. Entonces Bendix se presentó en los pits y garajes con sistemas de inyección mecánica tipo lumbrera desarrollado originalmente para motores de avión de pistón. Bendix llamó a este sistema RS-II y la adoptó al turbo cargado Hawk que Mario Andretti llevó a la victoria en el año de 1969. Al año siguiente, el ganador Indy, A1 y un Unser's Ford, tenía también inyección de combustible RS-II Bendix.

Este sistema se monta en la corriente del turbo cargador y consistía en cuatro componentes principales: el medidor masivo de flujo de aire, el regulador, el control de combustible y el estrangulador y las toberas o boquillas.

El regulador de flujo de aire consistía en un cuerpo de mariposa con una combinación de venturi principal que daba una señal de aire proporcional al flujo de aire. El regulador poseía una válvula para controlar el combustible de acuerdo con la cantidad de aire que admitía, por medio de un diafragma de aire que comparaba la señal de flujo masivo de aire con la fuerza contraria de un diafragma de combustible, que se ventilaba hacia el diferencial de presión de combustible a través del sistema de surtidores, este sistema consistía de una válvula intermedia que proporcionaba combustible para el funcionamiento en vacío y carga parcial, y un surtidor principal para el flujo de combustible en toda la escala de potencia. Las boquillas tipo purga de aire se insertaron en los headers de admisión y se desfogaron a la presión de salida del turbo cargador.

En 1971, 32 de 33 autos que calificaron para arrancar en la pista de carreras de Indianápolis, habían adoptado el sistema RS-II de Bendix que mantuvo su popularidad durante 10 años más.

En el Honker, impulsado por el Ford de Mario Andretti, se utilizó un sistema diferente de inyección con el pomposo nombre de Tecalemit-Jackson que prepararon Jhon Holman y Ralph Moody para la temporada de carreras de 1967. La característica principal del sistema de Tecalemit-Jackson fue la inyección continua que apareció en su forma original en 1964. Lo probaron, Ford, Vauxhall,

Lotus, Jaguar y Aston Martin, pero en ese tiempo no se aprobó su uso para el modelo que se produciría en serie.

Inventado por el señor Jackson y patrocinada por Tecalemit el sistema era electromecánico, con boquillas montadas en los puertos o lumbreras e interruptores electrónicos. Se construyó alrededor de un conductor en anillo en el que el combustible circulaba a presiones que llegaban hasta 90 psi y variaba de acuerdo con la velocidad y la carga.

Los tubos de derivación que salían del conductor en anillos llevaban combustible hasta las toberas del inyector y del combustible excedente se drenaba al tanque. El múltiple de entrada estaba equipado con dos válvulas de estrangulamiento, una conectada al empalme del acelerador, y la otra que se utilizaba como válvula de aire, en la corriente para mantener un vacío constante en el espacio que había entre ellas. La segunda válvula estaba unida también a la válvula que regula el combustible mediante un arreglo de la leva, y un interruptor de vacío fijaba la duración de la apertura para los inyectores.

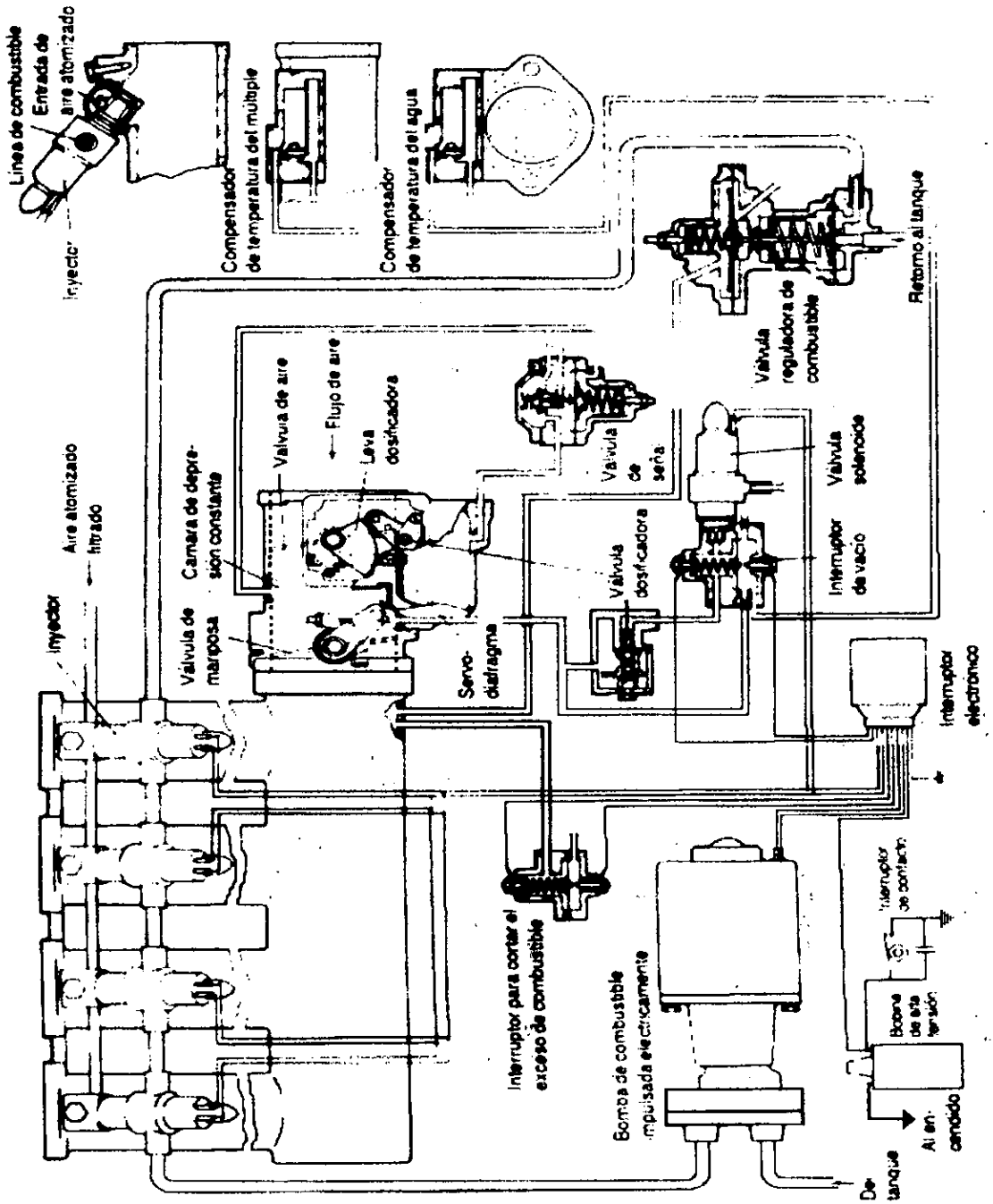
Una bomba eléctrica alimentaba combustible a una bomba de diafragma impulsada por el motor que aumentaba la presión y suministraba combustible a la unidad de control. En la Unidad de control, una válvula reguladora y una camisa regulaban la cantidad de combustible, con base en la velocidad del motor presión del múltiple, densidad del aire y varios parámetros menores.

En 1967, se formó una compañía subsidiaria, la Petrol Injection, en Plympton, en Devon, Inglaterra para fabricar el sistema Tecalemit-Jackson. Broods-Peed y otros lo utilizaron en los autos de carreras con los motores Hillman y Ford, siendo opcional para el Lotus Cortina en 1967.

Para fines de 1974, la industria de los motores todavía estaba evaluando el sistema Tecalemit-Jackson. Pero para entonces ya había en el mercado unos sistemas de eficiencia comprobada que costaban menos, desplazando las patentes de Jackson.

En el diagrama siguiente mostraremos el sistema Tecalemit-Jackson y su funcionamiento.

El sistema Telecalemite-Jackson había evolucionado hasta la formación de un sistema electroneumática con un sencillo cuerpo de mariposa y la regulación del flujo de aire, y controlaba neumáticamente la válvula reguladora de combustible y una conmutación electrónica sencilla.



La cámara de depresión constante, enmarcada por una válvula de estrangulamiento en el lado de corriente descendente y una válvula de aire en el lado de la corriente ascendente, se mantuvo con un vacío constante y tenía un orificio conectado a una válvula de señal que reaccionaba a cualquier fluctuación de la presión. Debido a la otra conexión de la válvula de señal a un lado del servodiafragma que formaba parte del sistema de regulación del flujo de aire, cualquier caída en el vacío hacía entrar en acción el servodiafragma para que cerrara la placa de la mariposa. La bomba impulsora por el motor, del sistema original, se había eliminado, el combustible se enviaba a la galería del inyector a baja presión directamente desde la bomba eléctrica de combustible. Los inyectores energizaban eléctricamente por conmutación electrónica de acuerdo con las señales provenientes del interruptor de vacío y el interruptor de contacto del encendido.

El modelo Alfa-Romeo 1750, de 1969, para el mercado estadounidense utilizaba un sistema de inyección desarrollado por el Spica de Livorno, Italia, una subsidiaria de Finmeccanica. El sistema Spica consistía en una inyección de lumbreira regulada por una bomba de tipo émbolo que básicamente era similar a los de Bosch y Kugelfischer. Los émbolos tenían una carrera constante y un arreglo normal de compuertas de rebose que dirigía el combustible excedente de regreso al recipiente de la bomba. La regulación del combustible dependía del vacío del múltiple, la posición de la válvula de estrangulamiento, presión barométrica, ajuste en vacío y temperatura del enfriador. Los sensores trabajaban en arreglos mecánicos para afectar la posición de un cono regulador con una leva que podía moverse axial o rotacionalmente, conectados a la cremallera reguladora para la bomba de inyección.

La inyección del combustible Spica se adaptó más tarde al Montreal 2000 de 2.5 litros V-8, al Alfetta y el Alfa Seis. El equipo trabajaba muy bien pero como carece de clientes con alto volumen de compras, Spica no podía competir en costos. La producción de los sistemas de inyección de combustible Spica terminó en 1986.

Junto con otros proveedores marginales de sistemas de inyección de combustible, Spica no pudo hacer frente al juego y en las mesas que se hacían las grandes apuestas. Los líderes de la tecnología, que contaban con recursos financieros más firmes, tomaron el rol dominante en el mercado de inyección de combustible. La evolución de la inyección de combustible se retardó debido a ciertos defectos contrarios de esta tendencia, tales como la decisión de algunos gigantes de la industria automotriz por producir sus propios sistemas y el que algunas compañías importantes de carburadores se dieron cuenta de que llano tendrían futuro, a menos que ampliaran sus líneas de productos abarcando una variedad de sistemas para preparar la mezcla de combustible con o sin control electrónico.

Historia de la inyección electrónica.

La historia de la inyección del combustible se remonta al siglo XIX. N.A. Otto. Y J. J. E. Lenoir presentaron motores de combustión interna de la Feria Mundial de París de 1867. En 1875, Wilhelm Maybach de Deutz fue el primero en convertir un motor de gas para funcionar con gasolina. Este motor usaba un carburador con una mecha suspendida a través del flujo de aire entrante. Los extremos de la mecha estaban en la gasolina recipiente debajo de la mecha. Al arrancar el motor, el aire entrante pasaba a través de la mecha, evaporaba la gasolina y llevaba los vapores del combustible dentro del motor para ser quemado.

Hacia finales de siglo, Maybach, Carl Benz y otros, habían desarrollado un alto nivel de desarrollo en la tecnología del carburador. Se había desarrollado el carburador de chorro de rocío controlado por un flotador.

En fecha tan lejana como en 1883, junto con los que trabajaban en los carburadores otros estaban experimentando con la inyección de combustible rudimentario. Edward Butler, Deutz y otros desarrollaron sistemas precursores de inyección de combustible.

La inyección de combustible gasolina realmente tomó vuelo por medio de la aviación. La inyección de combustible jugó un papel importante desde el principio en el desarrollo de la aviación práctica.

En 1903, el avión Wright utilizó un motor de 28 HP (caballos de fuerza) con inyección de combustible. En la Europa anterior a la primera guerra mundial, la industria de la aviación comprobó las ventajas obvias de la inyección de combustible. Los carburadores de los aviones son propensos a congelarse durante cambios de altitud, limitando la potencia disponible, cosa que no sucede con la inyección de combustible. Las tazas del flotador del carburador son propensas a derramarse y a incendiarse durante todo lo que no sea un vuelo normal controlado y nivelado; eso no sucede con la inyección de combustible. La primera guerra mundial trajo con sí, un énfasis en el incremento de los costos por rapidez y desarrollo. El desarrollo de los carburadores se impulso y la inyección de combustible quedo relevada.

La prosperidad de la posguerra en los veinte trajo con sí la renovación de cierto interés acerca del desarrollo de la inyección de combustible. A mediados de los veinte, presentó un carburador sin flotador para aplicaciones en aeronaves, que es el predecesor de los sistemas actuales.

El AUGS militar que comenzó en la Alemania prenazí, proyectó a Bosch hacia la evolución de la inyección de combustible en la rama de la aviación. Esos primeros sistemas Bosch usaban inyección directa que rociaban el combustible a gran presión dentro de la cámara de combustión, tal como lo hace el sistema de

inyección diesel. De hecho, la bomba de inyección que usó Bosch para esos sistemas, fue una bomba que se modificó en la inyección diesel.

Durante la Segunda Guerra Mundial la inyección de combustible dominó los cielos. Ya avanzada la guerra, Continental empleó un sistema de inyección de combustible que diseñó la compañía de carburadores SU de Inglaterra. Tal sistema lo construyeron en los Estados Unidos de América la Simmonds Aerocessories en el motor enfriado por aire Simmonds, desarrollado para usarse en el tanque Patton. Ottavio Fuscaido fue el primero en incorporar en 1940 un solenoide eléctrico para controlar el flujo de combustible hacia el motor. Esto llevo a la industria automotriz hacia la moderna inyección electrónica de combustible.

Después de la Segunda Guerra Mundial la inyección de combustible toco tierra con la investigación y el desarrollo de la industria aérea cambiando de la inyección de combustible a los motores de chorro, los adelantos que se originaron en la guerra parecían destinados al olvido. Entonces, en 1949, un auto equipado con inyección de combustible, Offenhauser participo en la carrera de Indianapolis 500. El sistema de inyección lo diseño Stuart Hilborn y utilizaba inyección indirecta, en la cual el combustible inyectaba en el múltiple de admisión justamente adelante de la válvula de admisión.

Era como tener un sistema de inyección regulado para cada cilindro. Podría también compararse con un sistema K-Jetronic de Bosch usado en los VW, Rabbit, Audi 5000, Volvo y otros en que el combustible no era pulsado en la lumbrera de admisión sino rociado continuamente, a lo que se nombro inyección de flujo constante.

En Estados Unidos, Bendix y Stromberg fabricaron el carburador de inyección el que, en función de la depresión creada dentro del conducto de admisión, se inyectaba de manera continua un chorro de gasolina por debajo de su difusor; el caudal lo regulaba la depresión del difusor y podía, además, ser regulado manualmente.

Posteriormente se introdujeron ambos sistemas en los motores de los automóviles pero, debido a su elevado costo, sólo se hizo en modelos de la gama alta como Mercedes 300 SL (1953-1954) o el Chevrolet Corvette (1958).

Chevrolet presentó en 1957 el motor con inyección de combustible de producción en masa en el Corvette. Basándose básicamente en el diseño de Hilborn, el sistema de inyección de combustible Rochester Ramjet la Chevrolet lo usó en 1957 y 58, y Pontiac en el Bonneville de 1957. El sistema Ramjet utilizaba una bomba de alta presión para llevar el combustible desde el tanque hasta los inyectores, que lo rociaban continuamente adelante de la válvula de admisión. Un diafragma de control monitoreaba la presión del múltiple de admisión y la carga del motor. El diafragma, a su vez, se conectaba a una palanca que controlaba la

posición de un émbolo para operar una válvula. Un cambio en la posición de la válvula operada por el émbolo cambiaba la cantidad del combustible desviado de regreso hacia el depósito de la bomba y alejado de los inyectores. Esto afectaba la relación aire/combustible para satisfacer las necesidades del motor.

Este sistema tenía el problema de la falta de compresión por parte de los responsables de su mantenimiento diario. Como resultado, Chevrolet y Pontiac lo suprimieron en su lista de opciones en 1959.

Al mismo tiempo que el sistema de Ramjet se desarrollaba, evolucionó el sistema de inyección electrónico de combustible (EFI) el cual tenía como fin la producción en masa. El trabajo de diseño de esos sistemas comenzó en 1952 en la Eclipse Machine División de la corporación Bendix, y en 1961 se patentó el sistema Bendix Electrojecto. Casi simultáneamente, al EFI se le declaró como un proyecto muerto por la gerencia de la Bendix y se archivo.

Aunque el sistema Electrojecto en sí nunca llegó a la producción en masa, fue el antecesor de prácticamente de los sistemas modernos de inyección de combustible. Cuando la Bendix descartó al EFI en 1961, el interés renació hasta 1966 en que la compañía comenzó a otorgar permisos de patente a Bosch. La VW presentó en 1968 el sistema D-Jetronic de Bosch en el mercado de los Estados Unidos en sus modelos tipo 3.

A principio de los setentas el sistema D-Jetronic se usó en varias aplicaciones europeas, incluyendo Saab, Volvo y Mercedes Benz aunque los encargados de dar servicio al sistema no comprendían totalmente cómo funcionaba, el D-Jetronic persistieron y los procedimientos de servicio y diagnóstico del EFI se expusieron a los mecánicos de los Estados Unidos. A despecho de su uso extendido en las importaciones europeas, este sistema fue considerado por la industria de reparación de autos como un fiasco. Cadillac introdujo el primer sistema EFI de producción en masa en septiembre de 1975. Era equipo estándar en el modelo Cadillac Seville de 1976. El sistema se desarrolló por medio de un esfuerzo conjunto de Bendix, Bosch y la General Motors (GM). Tenía un gran parecido con el sistema D-Jetronic de Bosch. Por este tiempo se habían desarrollado métodos sistematizados de localización de fallas como ayuda en el servicio y reparación de la inyección de combustible.

El sistema Cadillac-Bendix usó la introducción de la siguiente mejora tecnológica de la inyección de combustible, la computadora digital. Cadillac presentó su sistema de inyección digital de combustible en 1980. Por simplicidad, era un sistema de dos inyectores.

Para la Bendix, la idea del control digital de la inyección de combustible se remontaba a sus patentes de 1970-71 y 73. Los beneficios de la computadora digital incluyen un control más preciso de los inyectores más la habilidad de la

computadora de controlar una gran variedad de sistemas de apoyo del motor. Con el uso de una computadora digital, el tiempo de ignición, las operaciones de la bomba de aire, las funciones del embrague convertidor de par de torsión y una gran variedad de aspectos relacionados con la emisión, podían controlarse con un sólo módulo de control compacto.

En 1965 la inyección de combustible Hilborn se le adaptó al motor V-8 Ford de 4 levas. Desarrollados para autos Indy. Un motor Lotus de 8 cilindros y 16 válvulas, equipado con inyección de combustible Lucas se usó en pocos Scorts Ford europeos en 1970. Fue hasta 1983 que una división Ford decidió usar la inyección de combustible de manera formal. Ese año la Ford europea comenzó a usar el sistema K-Jetronic de Bosch que usaron ampliamente los fabricantes del norte de Europa desde los primeros años de los setentas.

Mientras tanto, comenzando en 1978, la Ford de Estados Unidos pasó por tres generaciones de carburadores controlados electrónicamente. Los sistemas EEC I, II y III se proyectaron para cumplir con las normas cada vez más estrictas de emisión de fines de los setentas y los inicios de los ochentas. Desde una perspectiva extranjera, la Ford y sus competidores de los Estados Unidos tenían el temor de comercializar autos con inyección de combustible o se estaban reservando para perfeccionar sus sistemas.

La Ford introdujo en 1980 su inyección de combustible centralizada a gran presión (CFI) en el Versailles de 5 litros equipado con EEC III. El caso se extendió en 1981 hasta el LTD y el Gran Marqués. El modelo 1983 vieron la introducción de la inyección multipuntos (MPI) en las aplicaciones de 1.6 litros. Con la introducción del sistema EEC IV en los modelos de 1984, la carburación resultó la excepción en lugar de la regla para la Ford. Al entrar a los noventas, los únicos Ford todavía con equipo de carburadores, fueron paquetes de equipos especiales, como autos policiaos y remolques.

CAPITULO II.

Principios básicos de los motores de combustión interna o ciclo de Otto.

El objetivo es conocer las partes que componen un motor y su funcionamiento.

El motor.

Normalmente recibe el nombre de motor de combustión interna por el hecho de que la gasolina es quemada en su interior (en los cilindros o cámaras de combustión), al contrario de lo que ocurre en los motores de combustión externa (por ejemplo, en los motores de vapor), en los cuales la combustión tiene lugar al exterior del motor. La combustión de la gasolina en los cilindros del motor es el fenómeno que produce la potencia. Esta potencia pasa a través de la transmisión, hacia las ruedas y el giro de las mismas hace que el coche se mueva.

El sistema de alimentación desempeña un papel vital en el proceso productor de la potencia, ya que es el que aporta la gasolina a los cilindros del motor. La mayoría de motores de automóvil tienen 6 u 8 cilindros sin olvidar los de cuatro cilindros dado que en cada uno de ellos se producen idénticos fenómenos, nos bastara examinar tan sólo uno.

Producción de energía en el motor.

El Motor es la fuente de energía del automóvil, convierte el calor producido por la combustión del carburante en energía mecánica, capaz de imprimir movimiento a las ruedas. El combustible, que suele ser una mezcla de gasolina y aire, se quema en el interior de los cilindros.

La gasolina y el aire se mezcla en el carburador y penetran en la cámara de combustión por la parte superior de los cilindros, en cuyo interior los pistones comprimen la mezcla, que se inflama por acción de la chispa de la bujía. Al inflamarse, la mezcla impulsa al pistón hacia abajo (tiempo de explosión).

El cigüeñal convierte el movimiento alternativo de subida y bajada del pistón en rotatorio y trasmite la energía a las ruedas a través del embrague, de la caja de cambios (caja de velocidades) y del diferencial, las bielas unen los pistones al cigüeñal.

El árbol de levas, movido por el cigüeñal, acciona las válvulas de admisión y escape que están en la culata.

La energía inicial necesaria para poner en marcha el motor procede del motor de arranque, Este engrana con una corona dentada dispuesta alrededor del volante de inercia, que es un disco de acero fijado al extremo del cigüeñal. El

motor de arranque es eléctrico (marcha) y hace girar al volante de inercia y al cigüeñal, imprimiendo un movimiento alternativo a las bielas y a los pistones. El volante de inercia suaviza los bruscos impulsos de los pistones y hace que la rotación del cigüeñal sea relativamente uniforme.

Potencia del motor.

El movimiento del vehículo es el resultado de la potencia del motor. En un motor automotriz a gasolina la cantidad correcta de combustible se mezcla con aire en el carburador o en un sistema de inyección de combustible para formar la mezcla de admisión.

Los motores pequeños para todo uso constan por lo general de un ciclo. A medida se necesita más potencia, se usan mas cilindros. La combustión se alterna entre los cilindros para producir una potencia uniforme. Los automóviles utilizan motores de movimiento alternativo con pistones que se mueven hacia arriba y hacia abajo en el cilindro. Los motores en línea tiene cuatro, cinco, o seis cilindros. Los motores en V tiene dos bancos de tres o cuatro cilindros cada uno dentro del mismo monoblock y usan el mismo cigüeñal para formar un motor V-6 o V-8.

El motor básico necesita varios sistemas. Requiere un sistema de combustible para transferirlo del tanque al carburador o al inyector. El sistema de encendido proporciona una chispa a través de la abertura de la bujía, en el instante preciso para cada cilindro. Un sistema de enfriamiento controla el calor del motor. Las partes en movimiento conserva una distancia que no les permite tocar una con otras debido a un colchón de aceite proporcionado por el sistema de lubricación. La falla de cualesquiera de estos sistemas hará que falle el motor.

Aprovechamiento de la Energía.

En el motor a gasolina con encendido por chispa, solo el 25% de la energía del combustible se convierte en trabajo útil como potencia motriz en el cigüeñal. En un motor diesel, esto puede llegar hasta un 35%. El resto de la energía del combustible se desperdicia como calor. Casi la mitad de la energía calorífica consumida no aprovechada sale del motor con el gas de descarga. La otra mitad sale del motor por el sistema de enfriamiento. Se puede observar que la fricción interna produce calor y que la mayor parte de este calor halla su curso en el sistema de enfriamiento del motor. De esta manera se elimina el calor de la fricción.

Pérdida de potencia.

Desdichadamente, toda la potencia producida en el cigüeñal, llamada potencia bruta, no es utilizable para impulsar al vehículo. Varios accesorios montados en el motor absorben potencia como la bomba del enfriador, el ventilador, el sistema de

carga eléctrica, la bomba de combustible, la bomba de inyección de aire, el compresor del aire acondicionado, la dirección hidráulica y el purificador de aire. También se requiere cierta potencia para tirar de la carga de admisión dentro de la cámara de combustión y empujar la descarga a través de un convertidor y silenciador. Cuando se usan a la vez todos los accesorios que absorben potencia, éstos absorberán hasta un 25% de la potencia producida por el cigüeñal. El 75% restante es la potencia disponible para uso y se le llama potencia neta.

La potencia útil restante se reduce todavía más conforme viaja a través del tren de potencia del vehículo, los engranes y cojinetes de la transmisión y el eje trasero cobran su peaje. Una transmisión normal usa un 2% de la potencia neta del motor mientras que una transmisión automática común consume hasta un 5%. Las transmisiones automáticas con convertidores de par de torsión de enclavamiento, utilizan menos de la potencia neta del motor que el resto de las transmisiones automáticas.

La potencia necesaria para impulsar al vehículo se ve afectada por la fuerza y dirección del viento, así como por la resistencia al rodamiento del vehículo. También les afecta la velocidad del vehículo, el diseño aerodinámico, su peso, tipo de llantas, condición del camino, humedad y temperatura.

Potencia disponible.

La potencia total real disponible para impulsar al vehículo puede ser reducida al 50% de la potencia transmitida al cigüeñal. La reducción de esta pérdida ayuda tanto a la potencia máxima como a la economía de combustible. Se hacen varias operaciones en los motores modernos para reducir estas pérdidas. Primero, el motor se modifica y ajusta finamente por medio de componentes electrónicos que regulan en forma precisa el combustible y el encendido. La pérdida de potencia por accesorios y transmisión se reducen al mínimo.

Estructura del Motor.

La estructura del motor debe ser lo suficientemente rígida como para poder soportar las fuertes cargas aplicadas sobre los cojinetes del cigüeñal y sobre las demás partes internas.

Está constituido por dos partes fundamentales atomilladas entre sí: la superior es la culata y la inferior el bloque, en el que se alojan las diferentes piezas que forman el conjunto del cigüeñal. Tanto la culata como el bloque suelen ser de hierro fundido, pero también se utiliza el aluminio para conseguir una mayor ligereza y una mejor disipación del calor.

Las válvulas de casi todos los motores modernos están alojadas en la culata, y por esta razón los motores se denominan de válvulas en cabeza.

El cárter o depósito del aceite lubricante del motor está fabricado en chapa de acero o en aleación de aluminio o magnesio, y se fija a la parte inferior del bloque por medio de tornillos.

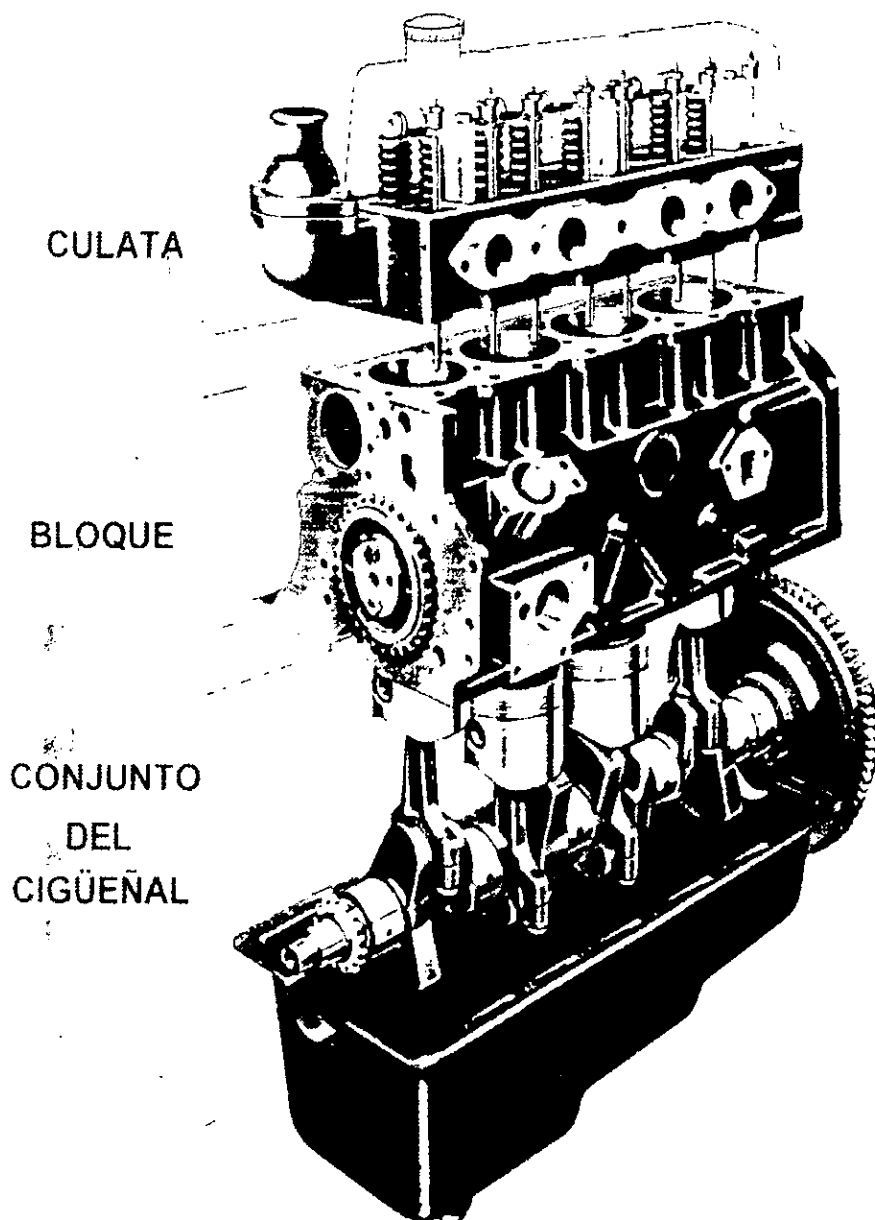
Una carcaza, llamada tapa de balancines, fabricada generalmente en la misma aleación que el cárter, protege el mecanismo de accionamiento de las válvulas e impide la pérdida de aceite y la penetración de polvo.

Culata. En ella están dispuestas las válvulas, el mecanismo que determina su apertura y los muelles que las cierran. También se encuentra en la culata los conductores de admisión y escape y por regla general, las cámaras de combustión.

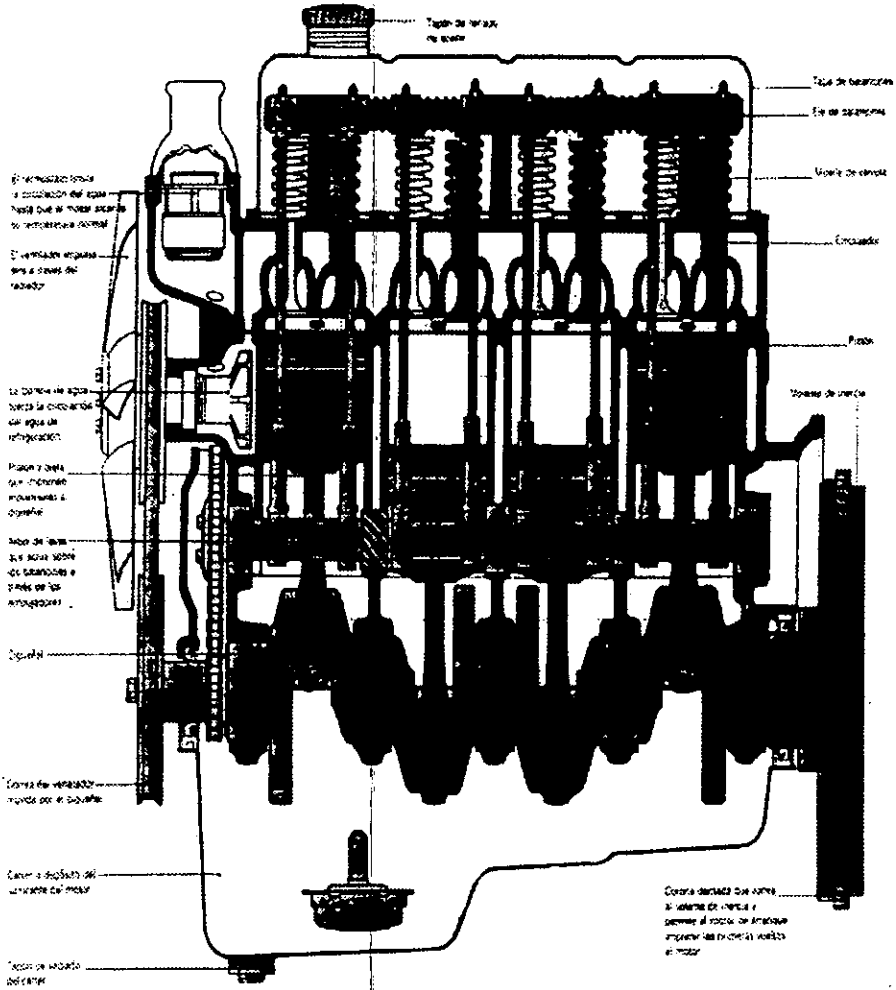
Tanto en la culata como en el bloque existe una serie de conductos denominados cámaras de agua, por los que circula el agua de refrigeración del motor.

Bloque. Es la parte más voluminosa del motor; posee unos alojamientos cilíndricos para los pistones, conductos para la circulación del agua de refrigeración y otros para el aceite de lubricación así como alojamientos para los taques, en el caso de que el motor disponga de ellos.

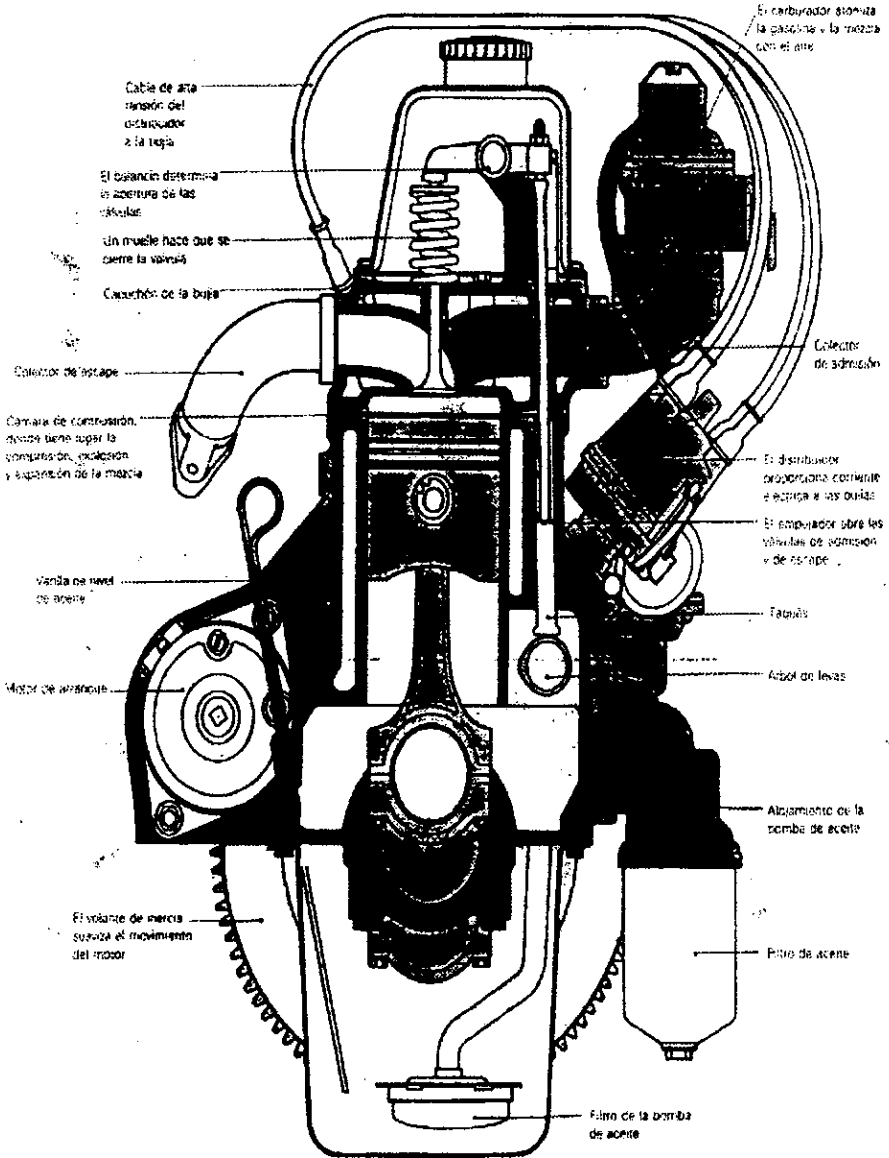
Conjunto del cigüeñal. Los pistones, que se mueven alternativamente en el interior de los cilindros, están unidos al cigüeñal por las bielas. El cigüeñal se apoya en unos cojinetes situados en la parte inferior del bloque. En uno de sus extremos se halla el volante de inercia, que presta uniformidad a los impulsos motores de cada cilindro.



SECCION LATERAL DE UN MOTOR DE EXPLOSION DE 4 CILINDROS



SECCION FRONTAL DE UN MOTOR DE EXPLOSION DE 4 CILINDROS



Cuatro aspectos del motor desde diferentes posiciones

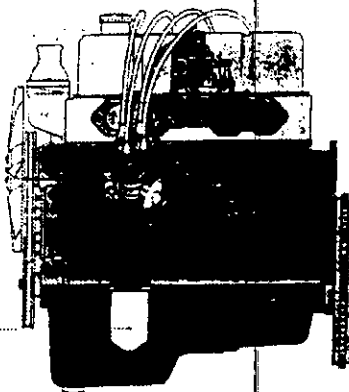
VISTA LATERAL IZQUIERDA

El control de velocidad
se realiza en el eje de
entrada de potencia
dentro del volante
de arranque a la
izquierda.

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.



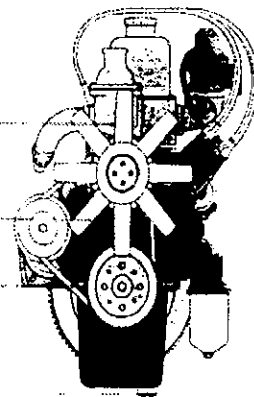
VISTA FRONTAL

El volante de arranque
se encuentra en el
eje de entrada de
potencia a la izquierda
del motor.

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.



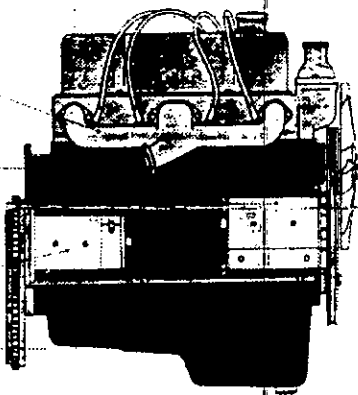
VISTA LATERAL DERECHA

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.

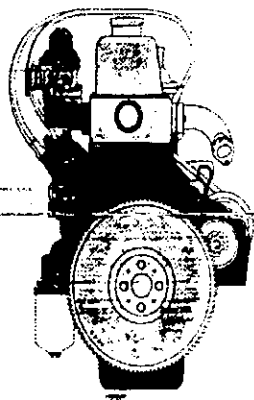


VISTA POSTERIOR

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.

El volante de arranque
está conectado al eje
de entrada de potencia
por medio de un
mecanismo de
arranque.



La fuerza motriz.

Al producirse la explosión de la mezcla de gasolina y aire en las cámaras de combustión, los pistones, impulsados por la expansión de los gases, proporcionan la fuerza motriz del motor.

En un coche de tipo medio, cuando el motor está funcionando a su régimen máximo cada pistón puede llegar a efectuar hasta cien recorridos por segundo. Debido a esta rápida sucesión de movimientos, los pistones han de ser resistentes, aunque de poco peso. En la mayoría de los coches modernos, están fabricados en una aleación de aluminio.

Los segmentos del pistón cierran casi herméticamente el espacio que existe entre el pistón y la pared del cilindro. Los segmentos de compresión, que suelen ser dos, impiden que los gases pasen del cilindro al cárter, y el segmento rascador de aceite retira el exceso de aceite lubricante de la pared del cilindro y lo devuelve al cárter.

La fuerza se transmite desde los pistones al cigüeñal, que, con las bielas, la convierte en movimiento rotatorio. Las bielas suelen ser de acero forjado.

El extremo superior de la biela, llamado pie de biela, se une al pistón por medio del bulón de biela, que le permite a ésta pivotar lateralmente durante el movimiento alternativo de subida y bajada que realiza unida al pistón. El bulón de biela suele ser hueco para pesar menos, y con frecuencia se fija al pistón por medio de dos aros elásticos llamados frenillos.

El extremo inferior de la biela, llamado cabeza de biela, abraza al cigüeñal y describe con él una trayectoria circular, mientras que el pie de biela sigue el movimiento alternativo de bajada y subida del pistón.

La cabeza de biela está seccionada en sentido horizontal u oblicuo. La sección oblicua permite reducir la anchura de la biela en su punto más ancho y aumentar su tamaño.

Transmisión de la fuerza.

El cigüeñal, que en la mayoría de los coches puede alcanzar hasta 6,000 revoluciones por minuto, trasmite la fuerza del motor a la caja de cambio (caja de velocidades) y, por lo tanto, a las ruedas. Está fundido o forjado en una sola pieza, y algunas de sus partes están mecanizadas con tolerancias hasta 0.025 mm.

Los apoyos giran y descansan sobre unos cojinetes antifricción, llamados de bancada; las muñequillas giran dentro de las cabezas de las bielas, que las unen a los apoyos con las muñequillas y su forma les permite equilibrar y suavizar el esfuerzo del motor.

El volante de inercia es un disco pesado y cuidadosamente equilibrado, fijo al extremo del cigüeñal correspondiente a la caja de cambio. Facilita la suavidad de marcha del motor, pues mantiene la uniformidad en el giro del cigüeñal.

El brusco movimiento alternativo de bajada y subida de los pistones y la inercia del volante producen en el cigüeñal una torsión alternada, que se conoce con el nombre de vibración torcional. Con objeto de eliminar la vibración torcional, en el extremo delantero del cigüeñal se suele colocar un disco metálico provisto de un anillo de goma, de acción amortiguadora.

El orden de encendido de los cilindros también influye en la uniformidad de rotación del cigüeñal. Si consideramos al cilindro más próximo al ventilador como el número uno, el orden de encendido en un motor de cuatro cilindros suele ser 1,3,4,2 ó 1,2,4,3, con lo que se consigue una distribución equilibrada de los giros del cigüeñal.

En el tiempo de explosión, cada pistón impulsa al cigüeñal hacia abajo, pero en los otros tres tiempos es el cigüeñal el que impulsa hacia arriba o hacia abajo al pistón. Las muñequillas están dispuestas sobre el cigüeñal de manera que los impulsos producidos por las explosiones se distribuyen uniformemente.

Bloque.

El Bloque es la parte principal del motor y suele estar fundido en una sola pieza. En la mayor parte de los motores, el bloque es de hierro fundido, pues este material es bastante resistente, económico y fácil de mecanizar en grandes series. Puede incrementarse la resistencia del bloque con una aleación de hierro colado y otros metales.

Algunos bloques son de aleación ligera, con lo que pesan menos y conducen mejor el calor, pero tienen el inconveniente de ser más caros. Asimismo en los bloques de aleación ligera, la superficie de fricción con los pistones es demasiado blanda, por lo que es preciso revestir los cilindros con camisas de hierro colado.

Las cámaras de agua, o conductos a través de los cuales circula el agua que refrigera los cilindros suelen formar parte integrante del bloque. Se comunican con las cámaras de agua de la culata a través de unas aberturas existentes en la parte superior del bloque.

Puede ocurrir que aparezcan fisuras en el bloque, debido a la presión producida por el aumento de volumen del agua al congelarse. A veces, el aumento de volumen del agua puede llegar a desalojar los tapones que sellan ciertos orificios necesarios para la fundición del bloque, pero estos tapones nunca deben considerarse como válvulas de seguridad.

La disposición de los cilindros puede ser longitudinal (motor de cilindros en línea); en dos líneas, formando ángulo entre sí (motor de cilindros en V), o en dos líneas laterales, cada una a un lado del cigüeñal (motor de cilindros opuestos). La disposición en la mayoría de los motores de cuatro a seis cilindros es lineal.

Cuanto mayor sea el número de cilindros en un motor, más suave será su funcionamiento, sobre todo a pocas revoluciones. En la mayoría de los automóviles de gran cilindrada (6 u 8 cilindros), suele adoptarse la disposición en V.

Son pocos los motores que utilizan el sistema de cilindros opuestos; esto ocurre generalmente en los coches de motor trasero, debido al limitado espacio.

Culata y válvulas.

El Material que más se suele emplear para la culata de un motor de válvulas en cabeza es el hierro colado, aunque muchos automóviles la montan de aluminio. El aluminio se utiliza también en numerosos motores de gran rendimiento, especialmente en coches deportivos, debido a su menor peso y mejor conducción del calor. Pero las culatas de aluminio necesitan refuerzos en las guías y asientos de válvulas, y pueden presentar dificultades en su unión con un bloque de hierro fundido, debido a los distintos coeficientes de dilatación de ambos materiales.

La cara inferior de la culata está mecanizada para que asiente perfectamente en la cara superior del bloque. Generalmente se coloca una junta entre las dos caras, pero algunos motores prescinden de ella gracias al perfecto ajuste de la culata con el bloque, que impide fugas de gas, utilizando en su lugar aros de estanqueidad de goma para evitar escapes de agua del sistema de refrigeración.

Cualquier deformación en las caras de la culata o del bloque puede producir fallas en la junta, que se traducen en pérdidas de compresión o de agua. Estas deformaciones pueden producirse si el motor funciona con insuficiente cantidad de agua en el sistema de refrigeración.

Aunque el colector de admisión puede ser de aluminio, el escape tiene que ser necesariamente de un material muy resistente al calor, como el hierro colado o el acero.

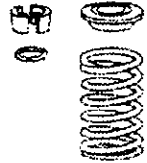
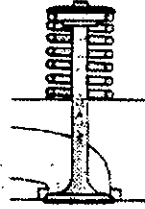
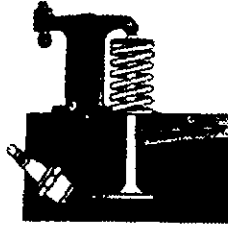
Las cámaras de combustión suelen estar situadas en la cara inferior de la culata, aunque en algunos motores la cámara está ubicada en la misma cabeza del pistón.

Refrigeración de las válvulas.

Las válvulas de admisión suelen ser más grandes que las de escape debido a que el flujo de gases en la admisión es más lento que en el escape, pues en este último tiempo actúan bajo presión.

Cuando el motor funciona a su máxima potencia, la válvula de escape puede llegar a ponerse incandescente. El calor excedente se elimina a través de su asiento, cuando está cerrada, y a través de la guía en que se aloja su cola.

CULATA Y VALVULAS

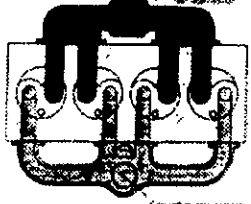


Camshaft
de admisión

Los balancines, accionados por el árbol de levas o por los empujados, abren las válvulas hacia abajo.

La válvula vuelve a su asiento por la acción de un muelle.

El muelle se sujeta por un resaca superior y inferior, evitando



Conector de escape

Flujo de gases en la culata
El flujo de gases desde el cilindro y se penetra en las cámaras por un conducto y los gases quemados salen por el escape. Formando un flujo de gases. En otros momentos, ambos colectores salen en el mismo lado del cilindro, al salir del escape contribuye a la vaporización de la mezcla.

Resaca que abre las válvulas

Es el que hace que las válvulas

Empujados

Travesa para regular los balancines

Muelle de cierre de las válvulas

Cámaras de admisión, por las que entra la mezcla de gasolina y aire en los cilindros.

Aparato para el termostato que regula la temperatura del agua de refrigeración

Las cámaras de combustión, están situadas en la cara inferior de la culata, aunque en algunos motores la cámara está ubicada en la misma cabeza del pistón.

CULATA Y BALANCINES

Árbol de levas con empujadores.

El sistema de apertura de las válvulas está concebido de forma que abra y cierre cada una de ellas en un momento determinado del ciclo de cuatro tiempos, y la mantenga abierta el tiempo necesario para permitir el flujo de gases.

Para efectuar la apertura y cierre de las válvulas se puede recurrir a diversos procedimientos. El más frecuente es el que utiliza empujadores y balancines accionados por un árbol de levas situado en el bloque. El árbol de levas es accionado por una cadena (o un juego de piñones) desde el cigüeñal y gira a la mitad de revoluciones de éste.

En su rotación cada una de las levas del árbol levanta su correspondiente taqué y empujador, haciendo bascular el balancín, que empuja la válvula hacia abajo. La válvula se cierra por la acción de un muelle cuando, al continuar su rotación, el árbol de levas permite el descenso del taqué.

Para su mejor funcionamiento, las válvulas deben cerrar perfectamente. Para conseguir esto tiene que existir una cierta holgura, llamada juego de taqués entre la válvula cerrada y su correspondiente balancín. Esta holgura permite la dilatación de la válvula cuando se calienta.

El juego de taqués varía considerablemente según los diferentes tipos de motores, pero es importante ajustarlos perfectamente a las tolerancias indicadas por el fabricante.

Como el sistema de encendido debe originar una chispa en cada bujía y en el momento preciso, de acuerdo con el mecanismo de apertura y cierre de las válvulas, el distribuidor, encargado de suministrar la corriente a las bujías, suele ser accionado por el árbol de levas o por el cigüeñal, a través de un piñón.

El árbol de levas se apoya en tres o cinco cojinetes ubicados en el bloque. Las levas están dispuestas en el árbol de modo que quede asegurado el orden de encendido. El contorno y disposición de las levas influyen decisivamente en la potencia del motor y en su consumo de gasolina.

El árbol de levas es un eje suele ser de acero forjado o hierro fundido, y está mecanizado y endurecido para que ofrezca la máxima resistencia al desgaste en el contorno de las levas. Las levas están dispuestas de acuerdo con el orden de encendido.

El mecanismo de accionamiento de las válvulas actúa sobre la válvula a través del taqué, empujador y balancín. Al elevarse el taqué y el empujador, el balancín báscula y empuja a la válvula hacia abajo. Después, el árbol de levas permite el descenso del taqué y el empujador, con lo que la válvula vuelve a cerrarse.

Árbol de levas simple y doble en culata.

Debido a que el mecanismo de apertura y cierre de las válvulas realiza un movimiento alternativo, los diseñadores tratan de reducir su peso para obtener una mayor duración del mecanismo a un elevado régimen de revoluciones del motor. Para conseguir esto se utilizan uno o dos árboles de levas en culata. La acción de estos árboles de levas sobre las válvulas es más directa, ya que interviene un menor número de piezas que si el árbol de levas estuviera en el bloque.

Una forma muy sencilla de transmitir el movimiento desde el cigüeñal a un árbol de levas en culata consiste en el empleo de una cadena. Pero sin un tensor adecuado, una cadena larga tendería a latiguar. El tipo de tensor utilizado en la mayor parte de las cadenas de transmisión es una pieza de acero pulida y ligeramente combada o recubierta por una lámina de goma. Un muelle oprime esta pieza contra la cadena.

Otro tipo consiste en un taco de caucho sintético, pegado a un pistón pequeño, empujado por un muelle y accionado por la presión del aceite.

Un tercer tipo está formado por un brazo, en cuyo extremo se encuentra un piñón libre, que engrana con la cadena y que está oprimido contra la misma por un muelle.

Algunos coches de competición utilizan piñones que engranan en el cigüeñal y en el árbol de levas, pero este sistema tiende a producir demasiados ruidos.

Uno de los sistemas de transmisión más recientes utiliza una correa dentada de caucho, dispuesta en la parte exterior del bloque. Estas correas no necesitan lubricación y están fabricadas con caucho resistente al aceite, moldeado sobre una armadura inextensible. Para evitar que patinen los dientes de la correa, éstos engranan en el dentado de las poleas situadas en el cigüeñal y en el árbol de levas.

En algunos motores, el árbol de levas en culata acciona las válvulas a través de un balancín, pero en la actualidad se tienden a suprimir los balancines y a colocar las válvulas directamente bajo las levas.

Para evitar el desgaste que produciría el rozamiento del árbol sobre las válvulas se utiliza un taqué invertido entre la leva y la cola de la válvula. Este se desliza a lo largo de una guía y es lo suficientemente grande como para alojar el conjunto válvula-muelle.

Algunos diseños de árbol de levas en culata incluyen taqués hidráulicos con ajuste automático y sin holgura, con los que se elimina la posibilidad de que aparezcan ruidos de taqués.

El taqué hidráulico se compone de dos partes, una de las cuales se desliza dentro de la otra. El aceite, que actúa bajo presión separa ambas partes, con lo que se anula el juego cuando el motor está en marcha.

Árbol de levas en culata. El accionamiento por cadena del árbol de levas desde el cigüeñal puede ser directo o por medio de dos cadenas a través de piñones intermediarios. Las válvulas son accionadas directamente por levas y taqués o por levas y balancines.

Taqués. Para proteger la válvula contra el desgaste que produciría la leva, se coloca entre ambas un taqué. El juego se ajusta por medio de arandelas de reglaje.

Correa de distribución. En algunos motores se utiliza una correa dentada en lugar de una cadena para accionar el árbol de levas. Los dientes de su interior están diseñados para que engranen en el dentado de las poleas del árbol de levas y del cigüeñal.

Funcionamiento del motor.

Hemos señalado anteriormente que el pistón se mueve hacia arriba y hacia abajo en el cilindro y que las válvulas se abren y se cierran con el fin de admitir dosis frescas de vapor de gasolina y de aire y para desalojar los gases quemados. Veamos ahora cómo todos estos fenómenos. La acción puede dividirse en cuatro etapas, o cuatro tiempos del pistón. Un tiempo significa un recorrido de pistón y este recorrido tiene lugar cuando el pistón pasa desde una de las posiciones límite a la otra. La posición límite superior se llama punto muerto superior (PMS). La posición límite inferior se llama punto muerto inferior (PMI). Un recorrido del pistón es, pues el paso del mismo desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior o viceversa.

Cuando el ciclo es completo exige cuatro recorridos de pistón, (dos giros de cigüeñal), el motor recibe el nombre de motor de cuatro tiempos, o de cuatro ciclos. Los cuatro tiempos son admisión, compresión, explosión y escape. Existen también motores de dos tiempos; en ellos el ciclo completo se realiza en dos recorridos, en un único giro de cigüeñal.

Admisión.

En el tiempo de admisión la válvula de admisión se ha abierto. El pistón se traslada hacia abajo empujado por la rotación del cigüeñal la traslación del pistón crea un vacío parcial en el cilindro. Para penetrar el aire hacia el cilindro debe antes pasar por el carburador. Allí es cargado con vapor de gasolina es pues una mezcla de aire y de vapor de gasolina lo que penetra en el cilindro al deslizarse el pistón hacia abajo en el tiempo de admisión.

Compresión.

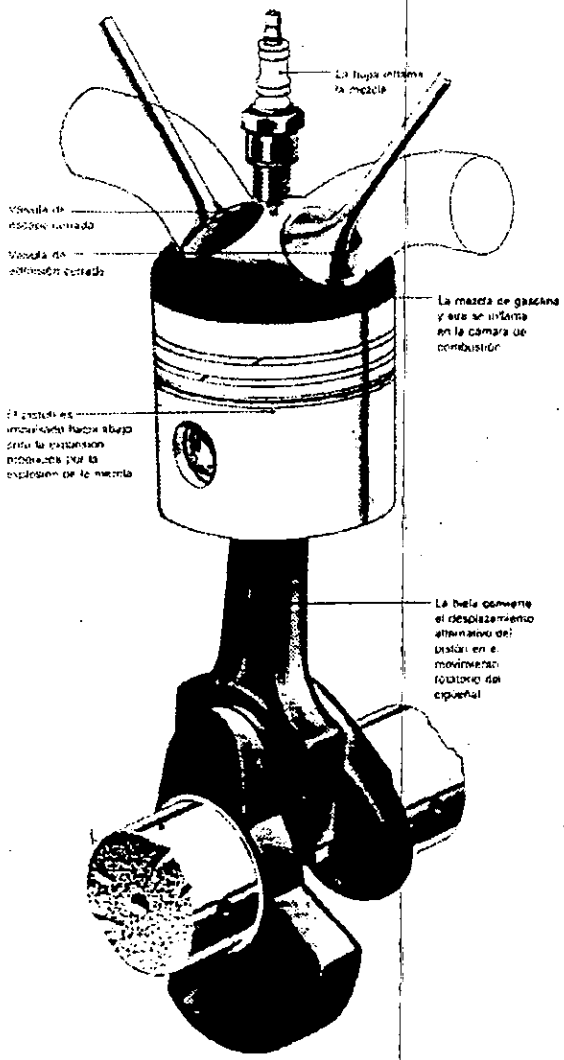
Después de trasladarse hacia su punto muerto inferior en el tiempo de admisión, la válvula de admisión se cierra. El lóbulo de la leva hace que la válvula de admisión deje de estar en contacto con el elevador de la válvula. La otra válvula se halla también cerrada, el extremo superior del cilindro queda también obturado. Luego, al trasladarse el pistón hacia arriba empujado por el giro del cigüeñal la mezcla de aire y vapor de gasolina que penetró en el cilindro se comprime. Pero mientras el pistón se ha dirigido hacia arriba, hacia su punto muerto superior, la mezcla habrá sido comprimida hasta una séptima o una octava parte de su volumen primitivo. Es como si tomáramos, por ejemplo, un volumen de 10 litros de aire y lo comprimiésemos hasta un volumen de más o menos litro y medio. Esto da lugar a una considerable presión al interior del cilindro.

Explosión.

En el instante que el pistón alcanza su punto muerto superior, se produce una chispa eléctrica en la bujía del cilindro, la bujía consiste esencialmente en dos potentes electrodos. La chispa salta entre ambos. Esta chispa es producida por el sistema de encendido. Se inflama la mezcla aire-vapor de gasolina y tiene lugar una rápida combustión de la que resultan altas temperaturas y presiones. En este instante, la presión ejercida sobre la cabeza del pistón hacia abajo es del orden de unas dos toneladas, en un pistón de 3 pulgadas (7.6 cm) de diámetro. este potente empuje desplaza al pistón hacia abajo y esta fuerza es transmitida al cigüeñal mediante la biela.

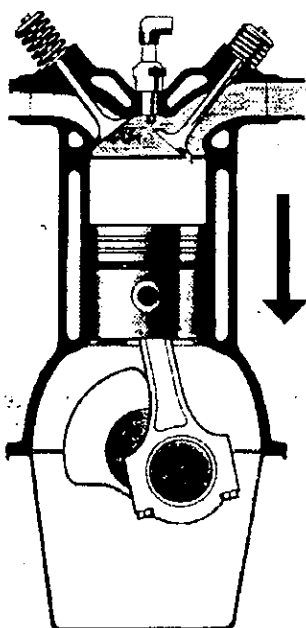
Escape.

El pistón es forzado hacia abajo por la presión de la gasolina vaporizada que arde durante el tiempo de explosión. Cuando el pistón alcanza su punto muerto inferior, la válvula de escape se abre. Luego, al subir el pistón por el giro del cigüeñal presiona sobre los gases quemados en el cilindro. Al tiempo que el pistón a vuelto a alcanzar su punto muerto superior, el cilindro queda libre de gases quemados. La válvula de escape se cierra y la de admisión se abre entonces el pistón recomienza su carrera hacia abajo en el siguiente tiempo de admisión. Los cuatro ciclos o tiempos del pistón van repitiéndose sin cesar mientras el motor marcha

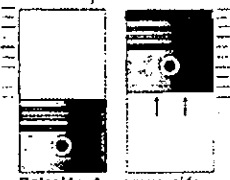


PRODUCCION DE FUERZA MOTRIZ

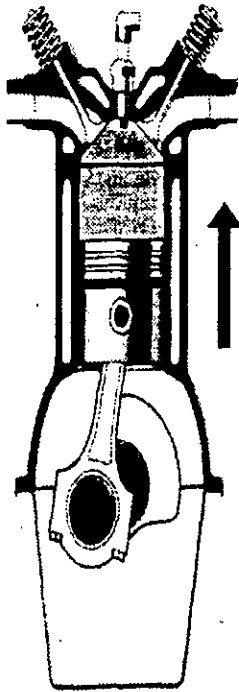
El ciclo de cuatro tiempos



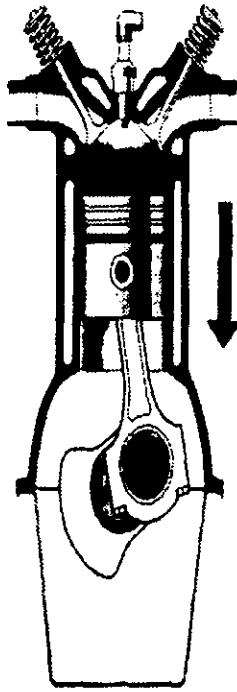
1. Tiempo de admisión. La válvula de admisión está abierta y la válvula de escape cerrada. El pistón desciende y aspira la mezcla



Relación de compresión.
 Es la relación que existe entre el volumen que ocupa la mezcla en el cilindro antes y después de la compresión. Generalmente, cuanto mayor es esta relación, mayor es la potencia que desarrolla el motor.



2. Tiempo de compresión. Tanto la válvula de escape como la de admisión están cerradas. Al subir, el pistón comprime la mezcla que permanece.



3. Tiempo de explosión. Ambos válvulas permanecen cerradas. El gas comprimido se inflama por la chispa de la bujía. Al ir descendiendo, el gas abanzado empuja al pistón.

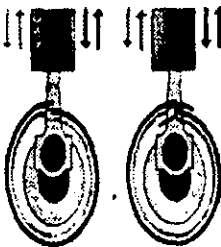


4. Tiempo de escape. La válvula de escape permanece cerrada y en ella se abre el escape. El pistón sube y empuja los gases hacia afuera, cerrando un nuevo ciclo.

El cruce de válvulas adelanta el flujo de los gases

En Teoría, podría suponerse que las válvulas se abren o cierran en el momento en que el pistón se encuentra en los extremos de su recorrido; pero en la práctica existe un desfase, es decir, un adelanto o un retraso en su apertura. La válvula de escape se abre antes de que el pistón alcance la parte más baja de su recorrido y se cierra después de que este alcance la parte superior; la válvula de admisión se abre antes de que el pistón alcance la parte superior de su recorrido y se cierra después de que este alcance la inferior.

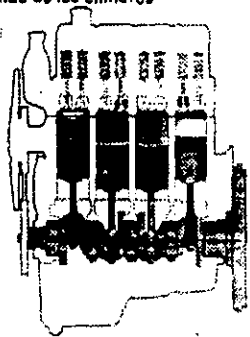
Durante este desfase, ambas válvulas están abiertas al mismo tiempo, y el impulso de los gases que entran y salen del cilindro sirve para llenarlo con la mezcla y para eliminar los gases.



Las válvulas están en el estado superior del pistón y las bajas el momento de apertura de las válvulas. El adelanto de apertura asegura la llegada de la mezcla fresca al cilindro.

Orden de encendido de los cilindros

Los cuatro cilindros del cigüeñal están dispuestos de modo que se enciendan perfectamente y aseguran con el encendido de cada cilindro produce su efecto de una forma regular. En un motor de cuatro cilindros cada uno de encendido tiene 1, 2, 3, 4, el cigüeñal y las aberturas del motor están dispuestas a compensar las vibraciones y ruidos. Entre se reducen al mínimo variaciones entre los cilindros encendido 1, 2, 4, 3 y 1, 3, 4, 2.



Sistemas de accesorios del motor.

El motor precisa de cuatro sistemas de accesorios que le suministren combustible, chispa eléctrica, refrigeración y lubricación. Los sistemas de alimentación de combustible, de lubricación y de refrigeración son objeto de estudio detallado. El sistema suministrador de chispa eléctrica (sistema de encendido). A continuación procedemos a una breve exposición del referido sistema de encendido.

El sistema de encendido.

El sistema de encendido forma parte del sistema eléctrico del automóvil. El sistema eléctrico tiene encomendadas varias tareas: arranque del motor, chispa eléctrica para inflamar las cargas comprimidas en los cilindros, funcionamiento de la radio y de la calefacción del coche, luces para conducción nocturna, funcionamiento de los indicadores de tablero que señalan los niveles de carga de batería, de presión de aceite, de temperatura del motor y de combustible en el tanque.

Consiste en una fuente de energía eléctrica (batería), interruptor de encendido, bobina de encendido, distribuidor de encendido, bujías y cableado. El encendido tiene dos cometidos. En primer lugar eleva el bajo voltaje de la batería (o del alternador) hasta los varios miles de voltios precisos para producir la chispa en el correspondiente cilindro y en el instante preciso.

La elevación de voltaje corre a cargo de la bobina de encendido y de los contactos del ruptor. Estos últimos van montados en una platina dentro de la caja del distribuidor. Uno de los puntos fijos y el otro está montado en un brazo móvil. Este brazo movido por una leva de ruptor en el interior de la caja. La leva en cuestión gira (mandada por un engranaje del cigüeñal) y al hacerlo, los lóbulos de la leva obligan al punto de contacto móvil a verse a su vez, cerrando y abriendo los puntos de contacto. Cuando los contactos están cerrados (y el interruptor de encendido abierto) pasa corriente eléctrica de la batería a través de la bobina de encendido. Luego, un momento más tarde, al proseguir el giro de la leva, un lóbulo de la misma mueve el brazo y separa los contactos. La corriente cesa de fluir. Durante el tiempo en que pasa corriente, la bobina de encendido se carga con energía eléctrica. Después, cuando se separan los contactos y cesa la corriente, la energía eléctrica es liberada por la bobina en forma de corriente de alta tensión.

La alta tensión producida por la bobina es transportada por cables hasta la tapa del distribuidor y desde allí a la bujía en el cilindro donde inflama la mezcla comprimida de aire y combustible. La alta tensión pasa a través del terminal central de la tapa del distribuidor. El terminal central está conectado a la bobina por un cable. En el interior de la tapa, el terminal central está conectado con el rotor por un muelle de contacto. El rotor va montado en la leva de ruptor de forma

que gira con la leva. Al girar pone sucesivamente en contacto el terminal central con cada uno de los terminales exteriores. Los terminales externos están conectados por cables a las bujías en los cilindros del motor. De tal forma, al producirse cada impulso de alta tensión, es conducido a través de la tapa, rotor y cableado y hasta la bujía del cilindro e inflama la mezcla de aire y combustible (el pistón está aproximándose en punto muerto superior, en el tiempo de compresión).

Funcionamiento del mecanismo de encendido-avance.

Cuando el motor está en ralenti, la chispa está temporizada de manera que se produzca en los cilindros un instante antes de que el pistón alcance su punto muerto superior en su tiempo de compresión (pero a más altas velocidades), la mezcla dispone de menor tiempo para inflamarse y quemarse. Si el encendido se produjese en ese instante, antes de alcanzar el pistón su punto muerto superior en el tiempo de compresión, el pistón llegaría al límite de su carrera y comenzaría su descenso antes de que la mezcla se inflamase totalmente. Ello significaría que en el pistón se desaprovecharía una parte de la combustión producida; parte de la energía del combustible quemado se perdería. En cambio, si se inflama la mezcla algo antes, en el tiempo de compresión (a más alta velocidad de marcha del motor), la mezcla queda totalmente quemada cuando el pistón alcanza su punto muerto superior (PMS). Se produce toda la presión aprovechándose en mayor medida la energía del carburante.

1.- Avance según velocidad. Para conseguir que la mezcla se inflame antes, cuando el motor marcha a cierta velocidad, se monta un mecanismo de avance de chispa en el distribuidor de encendido. Uno de los tipos de mecanismos consiste en un dispositivo centrífugo que empuja la leva del ruptor hacia fuera del eje del distribuidor conforme aumenta la velocidad. La leva del ruptor está fijada a otra leva de perfil ovalado y este conjunto está colocado en una platina sujeta al eje primario. En esta platina, están montados también dos contrapesos de avance en forma de luna en cuarto creciente. El mecanismo funciona desplazando la leva hacia fuera a medida que la velocidad del motor aumenta.

Con la creciente velocidad del motor los contrapesos de avance se mueven hacia el exterior contra los muelles. Este movimiento empuja a la leva del ruptor hacia adelante de forma que el lóbulo del mismo cierre y abra antes los contactos. Las chispas se producen antes; se avanza la chispa y por consiguiente la inflamación se produce también antes, en el tiempo de compresión.

Según sean los motores, requerirán mayor avance a diferentes velocidades. Los avances están temporizadas, para que la chispa se produzca justamente unos pocos grados de rotación del cigüeñal antes del PMS, durante el ralenti o marcha lenta. Luego, al aumentar la velocidad del motor, la chispa se adelanta hasta alcanzar un máximo de 28° a 2900 r.p.m. (revoluciones por minuto). En un avance

de 1500 r.p.m., es algo más complicado por que tiene un codo o cambia de pendiente, para cada motor se estudia la curva apropiada con el fin de obtener el avance que más convenga para el mejor rendimiento construyéndose el mecanismo que proporcione dichos avances.

El distribuidor produce el avance de la chispa al aumentar la velocidad por otro procedimiento. En los contactos están montados en una platina de ruptor móvil. La platina está enlazada con un diafragma hermético. El movimiento del diafragma hace que la platina gire unos pocos grados y que arrastre los contactos. Este movimiento logra que los contactos cierren y abran antes para que se origine un adelanto de la chispa. La rotación de la platina se consigue por medio de una conexión por tubo de vacío entre el diafragma y una abertura en el vénturi del carburador. Como más adelante se explicará, el vacío aumenta en el vénturi del carburador a medida que la velocidad de marcha del motor aumenta. A mayor grado de vacío (o mayor velocidad del motor) mayor es el movimiento del diafragma y la platina que adelanta la producción de la chispa.

Avance por depresión o vacío en el colector de admisión. Con una válvula de mariposa parcialmente cerrada, se produce un vacío parcialmente en el colector de admisión. El cilindro recibe menor volumen de mezcla aire-combustible y, por tanto, es menor la compresión que experimenta. Ello significa que la mezcla se quema más lentamente. En estas condiciones, un adelanto de la chispa otorgará a la mezcla más tiempo para quemarse y transmitir su energía al pistón. El avance de la chispa basado en la depresión de admisión, se consigue con un diafragma hermético unido a una platina de ruptor móvil. Justamente sobre el borde de la platina de la mariposa del carburador se practica una conexión de vacío. Siempre que se abre la mariposa, se mueve su borde y con ello introduce depresión de admisión en el tubo. Este vacío hace que se imprima movimiento al diafragma y a la platina del ruptor. La chispa se adelanta. Advuértase que este avance se funda en esa disposición, en vacío de depresión, que es vacío de parte de mariposa. Cuando la mariposa se halla totalmente abierta, no existe vacío de depresión apreciable y no hay, por tanto, avance.

CAPITULO III.

La gasolina como combustible en la industria automotriz.

El objetivo es explicar el origen y características de la gasolina como combustible para automóviles, sin perder de vista los efectos de esta y su funcionamiento en los motores.

Combustibles para motores de automóvil.

Los motores de los automóviles emplean normalmente gasolina como carburante. Otros tipos de motores como, por ejemplo, los montados en tractores, camiones y autobuses, utilizan queroseno, alcohol, fuel oil o gas licuado. Sólo esta última se estudiará con detalle.

A primera vista, la gasolina aparece como una materia simple. Es un líquido claro o coloreado que se evapora rápidamente de un recipiente plano que arde violentamente en aire libre. Sin embargo, no es una materia simple. Es una mezcla compleja de varios compuestos. Es una combinación de cierto número de carburantes fundamentales, cada uno de los cuales contribuye con sus propias características en la mezcla.

Origen de la gasolina.

La gasolina es un hidrocarburo, por estar constituido por compuestos de hidrógeno y de carbono. Hemos dicho que cuando la gasolina arde, sus átomos de hidrógeno y de carbono se separan y se combinan con los de oxígeno. Es este proceso de combustión el que produce la alta presión en el cilindro y que fuerza al pistón hacia abajo y crea la fuerza del motor.

La gasolina, el gas oil para diesel, el gas licuado y muchos otros componentes, se obtienen del petróleo crudo. Se ignora cómo se formó el petróleo. Se hallan yacimientos bajo tierra y se sabe con evidencia que su formación pertenece a períodos de hace varios millones de años y es de procedencia animal o vegetal.

Según hemos indicado, la gasolina es un compuesto de cierta cantidad de diferentes hidrocarburos básicos, cada uno de ellos con su conjunto de características. Con el tratamiento y mezcla de carburantes básicos se obtiene gasolina apta para las distintas condiciones de funcionamiento en que han de utilizarse los motores. De entre los factores que hay que considerar en la destilación de gasolina se encuentran, volatilidad, valor antidetonante y ausencia de sustancias nocivas.

La volatilidad de la gasolina.

La volatilidad es la capacidad de la gasolina y de otros líquidos para vaporizarse. La volatilidad de un compuesto simple como el agua o el alcohol viene determinada por el aumento de la temperatura hasta que hierve o se vaporiza. Un líquido que se vaporiza a temperatura relativamente baja es de alta volatilidad, es altamente volátil. Si su punto de ebullición es alto, será de baja volatilidad. Un determinado aceite pesado, por ejemplo, es de baja volatilidad; no hierve hasta una temperatura de más de 600°F (315.5°C).

También es cierto que una sustancia altamente volátil se evapora mucho más rápidamente a baja temperatura que una sustancia de baja volatilidad. Por tanto, a temperatura normal, en espacio cerrado el alcohol y gasolina se evapora más rápidamente que el agua.

Debido a que la gasolina está compuesta por diferentes hidrocarburos con punto de ebullición y vaporización distintos. Algunos de estos compuestos por consiguiente se evaporan con mayor rapidez que otros a baja temperatura.

Para que el arranque sea fácil estando el motor frío como la gasolina debe de ser muy volátil a fin de que vaporice con rapidez mientras pasa al carburador incluso si, tanto el aire como el propio carburante, se hayan a baja temperatura. Un cierto porcentaje de la gasolina debe ser lo suficientemente volátil como para facilitar el arranque en frío. En invierno, el porcentaje de gasolina volátil se aumenta con el fin de facilitar el arranque en tiempo frío. Se varía asimismo el porcentaje aludido según sea el lugar donde se consume; el porcentaje debe ser, por tanto más alto en los países más fríos.

Si la gasolina es excesivamente volátil, el calor radiado por el motor puede dar lugar a que se vaporice en los conductos y en la propia bomba. Este fenómeno crea "bolsas" de gas que impiden el bombeo normal. Cuando se crean estas bolsas, la presión creciente y decreciente en los conductos (debido a la acción de la bomba) hace que las bolsas se contraigan o se dilaten. Si esto ocurre, es deficiente o nula la cantidad de gasolina bombeada desde el depósito al carburador. El motor pierde fuerza o se detiene por falta de alimentación. Para evitar las referidas bolsas, el porcentaje de gasolina volátil debe mantenerse relativamente bajo. Resulta pues que los requisitos para un arranque fácil y la exigencia de que no se formen bolsas son antagónicos. Es decir, debe existir gasolina altamente volátil en cantidad suficiente para que el motor arranque bien en frío, pero no tanto como para dar lugar a la formación de bolsas de vapor.

La rapidez con que el motor se caliente depende en parte del porcentaje de gasolina capaz de vaporizarse al arrancar el motor (contribuyendo así al funcionamiento). La volatilidad para este fin no precisa ser tan elevada, para el fácil arranque. El hecho se debe a que inmediatamente después de la puesta en

marcha, la velocidad del aire por el carburador es mayor y la turbulencia en el colector y en el cilindro durante la carrera de admisión y de compresión contribuye a que se vaporice la gasolina.

Cuando se abre la mariposa para acelerar, se produce un súbito incremento de aire que se dirige a los cilindros a través del carburador. Simultáneamente, la bomba aceleradora suministra una cantidad adicional de gasolina. Si ésta no se vaporiza con rapidez durante este intervalo, llega a los cilindros una gran masa de aire carente de su debida proporción de vapor de gasolina. La mezcla que penetra en los cilindros será excesivamente pobre para una buena combustión y el motor vacilará o dará sacudidas. Inmediatamente después, al empezar a vaporizar la gasolina suministrada por la bomba aceleradora, la mezcla que llega a los cilindros es, contrariamente, rica en exceso. De nuevo tendremos combustión pobre y un motor vacilante. El resultado de todo ello es una aceleración desigual y de poca potencia. Debe pues existir el porcentaje de gasolina lo suficientemente volátil como para evitar que se produzca este fenómeno. Sin embargo, de existir un porcentaje excesivo de gasolina altamente volátil, se producirá una mezcla sobre enriquecida al acelerar. La aceleración será defectuosa y el motor se resentirá

Para un consumo correcto con el máximo kilometraje por litro el combustible debe poseer alto poder calorífico y volatilidad relativamente baja. La gasolina de alta volatilidad es perjudicial para el consumo, pues en muchas condiciones de funcionamiento la mezcla resultará excesivamente rica. De otra parte, los carburantes de baja volatilidad arden con mayor eficiencia y resultan más económicos. Sin embargo, estas gasolinas aumentan la dificultad en el arranque, alargan el tiempo de calentamiento y no proporcionan buenas aceleraciones. Así pues, solo un porcentaje muy reducido de la gasolina puede ser de baja volatilidad.

Si la gasolina no es suficientemente volátil, parte de ella penetrará en los cilindros en estado líquido, en forma de pequeñas gotas no evaporadas. Estas gotitas se difunden por las paredes de los cilindros, arrastrando con ellas la capa existente de aceite lubricante. Esta forma de eliminación de la película de aceite aumenta el índice de desgaste del cilindro, del pistón y de los segmentos. Es más, la gasolina líquida pasa a través de los segmentos y penetra en el cárter. El aceite lubricante que contiene el cárter queda en parte diluido por la gasolina y pierde parte de su poder lubricante. Significa esto que todas las partes móviles del motor se desgastarán con mayor rapidez. Después que el motor ha marchado durante un tiempo y se ha calentado, la gasolina líquida vertida en el cárter comienza a vaporizarse y es arrojada por el sistema de ventilación del cárter. Para evitar daños al motor antes de llegar a calentarse, la gasolina debe ser lo suficientemente volátil para evitar su disolución en el cárter.

Después de todo lo expuesto, puede decirse que ningún grado de volatilidad es satisfactorio para lo que todas y cada una de las condiciones de funcionamiento

exigen. Por otra parte, el carburante debe ser de alta volatilidad para un arranque fácil y una aceleración suave. Y debe ser de baja volatilidad para obtener una buena economía en el consumo y combatir la formación de obstrucciones por bolsas de vapor. La gasolina, pues, debe elaborarse dosificando debidamente elementos de diferente volatilidad. Semejante gasolina puede responder a las diversas condiciones de funcionamiento.

Mezclas en temporadas de temperatura baja: las normas de la Asociación Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) para la mezcla de gasolina en temporada de invierno incluyen volatilidad hasta un RVP (presión de vapor de Reid) de 15 lb/pulg². Es la presión del vapor sobre el combustible cuando está a 100°F (38°C). Esta presión con el aumento del vapor permite que el motor arranque en el tiempo frío. La gasolina sin aire no se quema. La gasolina se debe evaporar (mezcla con aire) para quemarse en un motor. Las temperaturas frías reducen la vaporización normal de la gasolina; por esto tiene una mezcla especial formulada para vaporarse a temperaturas más bajas para el arranque y conducción apropiados a bajas temperaturas ambientales.

Mezcla en temporadas de temperatura alta: En temperaturas ambientales cálidas, la gasolina se evapora fácilmente. Sin embargo, el sistema de combustible (bomba, carburador, boquillas inyectoras, etc.) se diseñan para operar con gasolina líquida. A temperaturas altas, la gasolina líquida se puede evaporar fácilmente y causar una bolsa de vapor. Bolsa de vapor es una condición pobre causada por combustible evaporado en el sistema del mismo. Este combustible vaporizado absorbe el espacio ocupado normalmente por el combustible líquido y evita la operación normal de la bomba. La volatilidad de la gasolina de grado verano deberá ser a RVP de 10.5 lb/pulg². De acuerdo con las normas de ASTM, la máxima RVP es de 11.5 lb/pulg² para esta mezcla de gasolina.

La válvula antidetonante.

Durante la combustión normal en el cilindro, se produce un aumento regular y uniforme de presión. Pero si el combustible se quema con excesiva rapidez o explota, tendremos un aumento súbito y pronunciado de presión. Este aumento súbito de presión produce un ruido de golpeteo que suena como martilleo sobre la cabeza del pistón. El hecho puede ser causa de grave daño al motor, desgastando rápidamente sus partes móviles y llegando en algunos casos a la ruptura de algunas piezas. De otra parte, se pierde energía de la presión lo cual en nada contribuye a la producción de potencia.

Algunos tipos de gasolina son mucho más productores de detonación que otros. Por ser la detonación tan perjudicial, los productores de gasolina procuran mejorarlas y reducir su tendencia a la detonación. Se han hallado, por otra parte, determinados compuestos químicos que añadidos a la gasolina disminuyen su

tendencia a denotar. La capacidad de detonar se mide por un número llamado índice de octano.

La relación de compresión.

Antes de proseguir en la explicación del valor antidetonante de la gasolina, vamos a referirnos a la relación de compresión del motor, lo cual está directamente relacionado con la detonación. En el tiempo de compresión, el pistón asciende por el cilindro y comprime la mezcla aire combustible. La cantidad de compresión que la mezcla experimenta viene determinada por el diseño del motor, es decir, por una característica específica del motor llamada relación de compresión, que es la relación existente entre el volumen del cilindro con el pistón en su punto muerto inferior es de 40 pulgadas cúbicas y que el volumen con el pistón en su punto muerto superior es de 5 pulgadas cúbicas. Dicho de otro modo, conforme el pistón asciende desde su punto muerto inferior al superior, comprime la mezcla aire-combustible desde un volumen de 40 pulgadas cúbicas hasta ocupar sólo 5. La proporción o relación de compresión es de 40 a 5 o de 8 a 1 (se escribe 8:1). Diremos pues que en este caso la relación de compresión más comprimida se encuentra la mezcla durante el tiempo de compresión. Existe, pues una alta presión inicial al comienzo del tiempo de compresión. Ello significa a su vez que el pistón está sometido a mayor presión al mezclar la combustión, o lo que reporta la ventaja fundamental de más altas relaciones de compresión. Cuanto mayor es la presión que el pistón experimenta durante el tiempo de combustión, mayor es la fuerza resultante. Por tanto, al aumentar la relación de compresión se aumenta el rendimiento del motor. Este es el motivo por el que los diseñadores y productores de motores lanzan cada día al mercado motores de más elevada relación de compresión. Con la mejora de los diseños buscando elevar más y más la relación de compresión se obtienen motores de mayor rendimiento en caballos sin el paralelo aumento de tamaño. Los modernos motores de alta compresión pesan mucho menos y son mucho más potentes que los primitivos.

El aumento de la relación de compresión, sin embargo, ha acarreado ciertas dificultades, pues el motor de alta compresión tiene mayor tendencia a denotar. Se ha impuesto pues hallar para estos motores carburantes resistentes a la detonación. Es considerable la investigación realizada, tanto en el laboratorio como en los bancos de pruebas para descubrir esos carburantes antidetonantes.

El calor de compresión.

Para entender el porqué, se produce detonación, es necesario comprender antes lo que le ocurre a cualquier gas cuando se comprime. Al tratar de los motores diesel, que cuando se comprime el aire hasta una quinceava parte de su volumen primitivo (relación de compresión 15:1) la temperatura del aire aumenta hasta alrededor de 1000°F (537°C). Cuanto más se comprime un gas, mayor es la

temperatura que adquiere. Esta temperatura recibe el nombre de calor de compresión.

El motivo de la detonación.

Durante la combustión normal del carburante en la cámara de combustión, la chispa que salta de la bujía inicial el proceso de combustión. La llama se extiende desde la bujía en todas direcciones de modo semejante a un globo de goma que explota. La llama se propaga rápidamente por la mezcla comprimida en la cámara de combustión, hasta que toda la carga ha ardiendo. La velocidad de la llama se denomina relación de propagación de llama. El movimiento de la llama por la cámara de combustión normal. Durante la combustión, la presión aumenta hasta varios centenares de libras por pulgada cuadrada. Llega y aún excede a 1000 libras por pulgada cuadrada (70 kg/cm^2) en los motores modernos de alta compresión.

Bajo ciertas condiciones, la última parte de la mezcla comprimida explota antes de que el frente de la llama le alcance. Recuérdese que estos gases residuales han estado sometidos a una creciente presión al compás de la progresión de la llama a través de la mezcla. Esta acción ha dado lugar a un aumento de temperatura de los mismos (originada por el calor de compresión y también por el calor radiado por el propio proceso de combustión). Si la temperatura alcanza el punto crítico, aquellos gases explotarán, como anteriormente se ha indicado, antes de que el frente de la llama los alcance. El efecto producido es casi el mismo que si la cabeza del pistón fuese golpeada con un potente martillo. El sonido que se percibe es como si así ocurriera. El golpeo súbito debido a la detonación de la parte última de la carga aumenta el desgaste de los cojinetes y de otras partes del motor pudiendo llegar incluso a romperse alguna pieza si la detonación es lo suficientemente grave.

Al ir en aumento las relaciones de compresión de los motores, aumenta también la tendencia de los mismos a detonar. Con más altas relaciones, la mezcla, en el punto muerto superior está sometida a más altas presiones y se halla a una temperatura inicial más alta. Con temperatura y presión más elevadas, la temperatura a que la detonación más elevadas, la temperatura a que la detonación se produce se alcanza antes. Los motores de alta compresión tienen pues mayor tendencia a detonar. Sin embargo, se han creado combustibles especiales de mayor resistencia a los efectos, en tal sentido, del calor y de compresión. Estos carburantes son menos aptos para explotar súbitamente y su ignición depende más estrechamente de la trayectoria de la llama a través de la mezcla.

La medición de los valores antidetonantes de los combustibles.

Son varios los métodos de desarrollo para comprobar los carburantes y determinar su tendencia a denotar en los motores. Algunos carburantes detonan con bastante facilidad; otros presentan gran resistencia a la detonación (es decir, poseen un alto índice de antidetonación). El índice real de un carburante se expresa en índices de octano. Una gasolina de alto octano es altamente resistente a la detonación; una gasolina de bajo octano detona con facilidad. Existe una gasolina llamada iso-octano muy resistente a la detonación. Se le distingue con el índice cero. Por tanto, una mezcla de gasolina, mitad iso-octano y mitad heptano (en volumen) tendría un índice de 50. Una mezcla de 90% iso-octano y 10% heptano sería de un índice de 90.

En realidad, los índices de iso-octano y de heptano se emplean sólo para valorar carburantes desconocidos. Uno de los procedimientos de valoración utiliza un motor de ensayo que permite variar su relación de compresión. El carburante a ensayar se introduce en el motor, se pone éste en marcha y se va aumentando su relación de compresión hasta obtener cierta intensidad de detonación. Sucesivamente se van probando en el motor combustibles de varias proporciones de iso-octano y de heptano. El índice de octano del combustible de referencia se va disminuyendo (empleando porcentajes más bajos de iso-octano) hasta obtener la misma intensidad de detonación que el carburante a probar. Luego se asigna al carburante probado el mismo índice de octano que el de referencia, puesto que ambos producen la misma magnitud de detonación. Si el carburante de referencia, por ejemplo presenta un 88% de iso-octano, se considera que éste y el puesto a prueba poseen igual índice de octano. Se emplean dos métodos fundamentales para la prueba, el de laboratorio y el de carretera.

El método de laboratorio consiste más o menos en el procedimiento que acabamos de describir. Como aclaración diremos que el motor de ensayo gira a cierta velocidad, con un determinado avance de chispa y que la relación de compresión va variándose hasta que el carburante sometido a prueba detona. Hay que advertir que con excepción de la relación de compresión, todas las demás condiciones se mantienen constantes durante la prueba. Esta característica es la que diferencia el procedimiento de la prueba efectuada en carretera, pues en esta última la relación de compresión se mantiene constante mientras que la mayor parte de las demás condiciones son cambiantes: velocidades, avance de chispa, temperatura, carburación, distribución de carburante a los cilindros, etc. La diferencia entre la prueba de laboratorio y el funcionamiento en condiciones normales de ruta se hizo patente en los resultados obtenidos en autopista con combustible previamente probados en laboratorio. Un combustible que detona en un determinado motor puede no hacerlo en otro. Uno que detona a baja velocidad puede no hacerlo a velocidades superiores. Otro, a la inversa puede detonar a altas velocidades y no en marchas lentas. Sin embargo, pese al hecho de que la prueba de laboratorio no es capaz de señalar el índice de octano de un carburante

en todas las condiciones de funcionamiento, es valiosa por cuanto proporciona índices de comparación entre los diversos combustibles.

Pruebas en ruta. Con el fin de determinar más exactamente cómo actúa un carburante en funcionamiento normal en autopista, se han desarrollado varios ensayos de octano en ruta. Uno de ellos, el de Cooperative Fuel Research Modified Uniontown, cataloga carburantes por intensidad de detonación con mariposa totalmente abierta a diferentes velocidades. Asigna el octanaje por comparación de la detonación del combustible sometido a ensayo con otros combustibles cuyo número de octano es conocido (mezclas de iso-octano y heptano).

Otro de los métodos, llamado Modified Borderline Procedure, cataloga el carburante a varias velocidades y se cree que proporciona mucha mayor información sobre los resultados del carburante probado. Este ensayo se efectúa con el vehículo a diferentes velocidades, determinando luego el avance de la chispa que el carburante tolera en cada velocidad sin detonar. Si la chispa resulta adelantada en exceso, se producirá detonación a cualquier velocidad. Los resultados del ensayo dan pues una curva que muestra a cada velocidad las características de detonación del carburante sometido a prueba.

Un carburante sometido a ensayos permite un avance de chispa en aumento con el incremento de velocidad. Todo avance por encima de la curva produce detonación.

La detonación y preignición.

Nos hemos ocupado ampliamente del tipo de golpeo debido a la detonación, o explosión súbita, del último resto de carburante en el cilindro. Este tipo de detonación es más perceptible cuando el motor marcha acelerado o está sometido a cargas pesadas como por ejemplo cuando el vehículo sube una cuesta. En estas condiciones el acelerador está pisado a fondo a casi a fondo y por ello el motor admite cargas considerables de aire en cada carrera de admisión. Esto significa que las presiones de compresión son máximas; es más probable que se alcancen presiones de detonación después de la inflamación de la mezcla. Existen, sin embargo, otros tipos de combustión anormal como la inflamación superficial, el preencendido y estruendo. La inflamación superficial puede ser debida a sectores calientes de cámara de combustión, a válvula de escape o bujía caliente en exceso, a depósitos, en la cámara de combustión. En algunos casos a los referidos depósitos se fragmentan y flotan libres y llegan a alcanzar suficiente temperatura como para producir la inflamación. La inflamación superficial puede darse antes o después de producirse la chispa en la bujía. Todo es susceptible de acarrear un funcionamiento defectuoso del motor y de producir asimismo, detonación. En algunos casos las superficies calientes actúan como sustituto de la

bujía y provocan la continuación de marcha al haberse cerrado el contacto. El daño que pueden resultar para el motor es considerable.

Todos los fenómenos que acabamos de enumerar se consideran problemas de taller, el empleo de bujías inadecuadas (excesivamente calientes), la utilización de combustibles también inadecuados o de aceite de engrase no aptos para el tipo de motor o del servicio al que se le somete. El empleo de carburantes o de aceites lubricantes incorrectos puede ser causa de deformación en el depósito que a su vez provoca combustiones superficiales con el consiguiente funcionamiento defectuoso del motor. Los depósitos, por otra parte, aumentan la relación de compresión en tal caso es más probable que el motor detone.

Control químico de la detonación.

En el trabajo de investigación con el fin de obtener gasolina de más alto octanaje para los motores de alta compresión, se han ensayado multitud de compuestos químicos. Con su añadidura a la gasolina, algunos de estos productos confieren a la misma un efecto inhibitorio que evita la detonación de los últimos residuos. Una de las teorías relativas a este efecto afirma que el producto retrasa la propagación de la llama por la mezcla comprimida evitando el aumento rápido de la presión y el prensado de los residuos de la carga que la harían explotar. Uno tetraetilato de plomo aumenta su octanaje. Dentro de ciertos límites, cuanto mayor es la dosis, más alto es el índice de octano.

Con el fin de evitar que se depositen en las cámaras de combustión (en bujías, válvulas, paredes, pistones y segmentos) los productos de la combustión del plomo, se añaden evacuadores al carburante. Estos compuestos (dicloro, etileno y dibromo etileno), por ejemplo, transforman los compuestos de plomo en formas aptas para vaporizarse y ser expulsadas de la cámara de combustión mezclados con los gases de escape.

Según se dijo en líneas precedentes, se ha registrado una marcada tendencia apartarse del empleo de plomo en la gasolina. Ello ha entrañado cambios en la estructura química de los hidrocarburos componentes de la gasolina. Ha significado también modificar el diseño de los motores para quemar gasolina exenta de plomo sin que detonen. Se han rebajado las relaciones de compresión ligeramente. Sin embargo, últimamente se ha observado cierto resultado negativo en la adopción de gasolina exenta de plomo por lo que se refiere al motor. Parece ser que cierta cantidad de plomo prolonga la duración de las válvulas. Este rastro de plomo deposita en la superficie de la válvula y en su asiento si se emplea gasolina con plomo, contribuye a su mayor duración. Según ciertas opiniones autorizadas, la vida de la válvula es más corta si no se usa plomo. Una de las empresas constructoras que empleaba rotadores en sus válvulas, abandonó su uso porque se percibió que sin la capa protectora de plomo, la rotación de la válvula no contribuía a su duración.

El resultado ello a sido la búsqueda de nuevos metales para la fabricación de válvulas que rindan satisfactoriamente con gasolina exenta de plomo.

Factores mecánicos de la detonación.

El diseño de la cámara de combustión junto con la relación de compresión influye grandemente en la tendencia del motor a detonar. La cámara de combustión de un motor de cabeza en I queda cerrada en su extremo superior por la cabeza del cilindro, las válvulas de admisión y de escape y la bujía. En el fondo lo está por la cabeza del pistón y el segmento superior de compresión. Existen, en general, dos diseños, cuña y hemisférico. El diseño determina la turbulencia, la compresión y el enfriamiento, factores que afectan la detonación.

Turbulencia. Cuando usted mezcla el café con leche y el azúcar en su taza, imprime en estos últimos una turbulencia que contribuye a su mejor y más rápida mezcla de forma semejante, imprimiendo turbulencia a la mezcla que penetra en la cámara de combustión, se consigue que ésta sea más uniforme y que a su vez lo sea su combustión. Por otra parte la turbulencia acorta el tiempo necesario para que la llama penetre a través de la mezcla comprimida.

Compresión final. Por esto se entiende la acción del pistón en determinadas cámaras de combustión, de presionar y comprimir los residuos de mezcla existentes en la cámara al final de la carrera de compresión. Al aproximarse el pistón a su punto muerto superior la mezcla es presionada al empujar fuera del área. Al ser empujada, provoca turbulencia y se favorece la mezcla del aire con el combustible.

Enfriamiento. Al producirse la detonación cuando la temperatura de los residuos de gas se eleva en exceso y dicho gas explota antes de que la llama lo alcance. Si de alguna forma se extrae parte del calor del gas su temperatura no alcanzará su punto de detonación. La proximidad de la cabeza del cilindro al pistón y la relativa frialdad de estas superficies metálicas produce una extracción de calor del gas y su tendencia a detonar disminuye.

Cámara de combustión hemisférica. Con cámara de combustión hemisférica puede situarse la bujía cerca del centro de la bóveda y cuando comienza la combustión, el frente de la llama tiene que recorrer una distancia relativamente corta. No existen bolsas lejanas de gas para detonar la cámara no posee áreas de compresión y de enfriamiento y sin embargo existe relativamente poca turbulencia.

Cámara de combustión en cuña. En este tipo de cámara la bujía queda situada a un lado y la llama debe recorrer un techo mayor para alcanzar el final de la cuña. El final de cuña es una área de compresión y de enfriamiento que enfría el gas evitando la detonación al tiempo que produce turbulencia en la mezcla.

El diseño de la cámara de combustión influye también sobre la cantidad de contaminantes que se expulsan con los gases de escape. Las relativamente frías superficies metálicas de la cabeza del cilindro y de la cabeza del pistón retrasan la combustión las capas de mezcla próximas a estas superficies no se queman del todo. La cámara de combustión en cuña, con su mayor área de superficie, produce un más alto porcentaje de contaminante por carrera de explosión que la hemisférica.

Factores que afectan a la detonación.

En cualquiera que sea el motor, son muchos los factores que afectan a la propensión a detonar. Se han realizado numerosas pruebas con miras a establecer la relación existente entre humedad, avance de la chispa, depósitos, etc., y la propensión a detonar, los resultados de las pruebas se da, por lo general, como aumento necesario del número de octano para eliminar la detonación. Por ejemplo, sabido es que un motor caliente detona con mayor facilidad que uno frío. Con el fin de obtener datos exactos sobre este particular se hace funcionar un motor en frío con el carburante de mas bajo octanaje sin que llegue a producirse la detonación. Después se opera igualmente con el motor caliente y la diferencia en números de octano indica el aumento requerido al calentarse el motor. Cierta prueba, por ejemplo, mostró que el aumento de temperatura del agua de refrigeración de un motor desde 100°F hasta 190°F (37.8 a 87.8°C), aumentó la exigencia de octano en 22 números (desde 70 a 92). Otras pruebas realizadas arrojaron los siguientes resultados:

1.- Un aumento de 20°F (11°C) en la temperatura del aire eleva la exigencia de octano alrededor de tres números.

2.- Una elevación de humedad desde 40 a 50% a 85°F (29.4°C) reduce en el número de octano. Esto constituye una prueba de laboratorio que viene a configurar la extendida creencia de que el motor gira mejor y más suavemente en tiempo húmedo.

3.- Los depósitos en el motor aumentan la exigencia de octano porque elevan la relación de compresión (parte del espacio de compresión es ocupado por los depósitos). Una serie de pruebas mostraron que después de un recorrido de 10,000 millas (16 093 kilómetros), los depósitos aumentaron la exigencia de octano en nueve unidades.

4.- El avance de la chispa o la debilitación de la mezcla aumentan la exigencia de octano.

Todos estos factores apuntan a la necesidad de un buen mantenimiento de los motores modernos, altamente comprimidos. La acumulación de costras en el sistema de refrigeración disminuye el efecto refrigerante. Los depósitos de residuo

en la cámara de combustión. Las obstrucciones en los conductos de carburante o en las boquillas, que empobrecen la mezcla y la incorrecta regulación de los tiempos de encendido aumentan la propensión a detonar y exigen un aumento en el número de octano para evitar la detonación.

Química y octano mecánico.

El número de octano puede elevarse añadiendo un producto químico como el tetraetilo de plomo. La exigencia de octano de un motor puede alterarse cambiando el diseño del mismo, así como también cambiando sus condiciones de funcionamiento. En el párrafo precedente hemos expuesto diversas condiciones de funcionamiento que elevan o disminuyen la exigencia de octano. Hemos comentado asimismo el hecho de que el aumento de la relación de compresión aumenta la necesidad de octano. El octano mecánico (o necesidad de octano) de un motor puede alterarse también introduciendo modificaciones en el pistón y en la forma de la cámara de combustión.

Exigencias de octano.

La exigencia de octano de un motor viene determinada fundamentalmente por su diseño. No obstante, esta exigencia cambia con las condiciones climáticas y con las de conducción, así como con las condiciones mecánicas del motor. En el párrafo anterior hemos visto que las necesidades de octano varían con los cambios de temperatura y de humedad. Es asimismo cierto que la sedimentación de residuos en el motor, la menor eficacia del sistema de refrigeración y las alteraciones en el carburante o en el encendido alteran a su vez las exigencias de octano.

Aparte de todo lo expuesto, la forma en que el conductor maneja el vehículo ejerce una sensible influencia en las necesidades de octano. Si el conductor es ponderado y no exige al vehículo arranques excesivamente rápidos ni altas velocidades, abrirá totalmente la mariposa en pocas ocasiones y el motor propenderá mucho menos a detonar (y, por tanto, será menor la exigencia de octano). Por otra parte, aquella forma de conducir favorece la rapidez con que se forman positivo en el aumento de la exigencia de octano. El conductor que exige al motor toda la potencia de que es capaz para conseguir aceleraciones rápidas y altas velocidades, precisará de más alto octanaje, incluso con un motor nuevo.

Es interesante advertir que los cambios automáticos presentan una diferencia en la exigencia de octano. Con cambio automático, el motor, por lo general, gira con mariposa parcialmente abierto o totalmente abierta, a un número de revoluciones por minuto bastante elevado. Son pocas las ocasiones en que se marcha con motor a baja velocidad con mariposa totalmente abierta, circunstancia que suele darse con los cambios manuales. La diferencia estriba en la forma del acoplamiento. El cambio manual utiliza un embrague para conectar rigidamente el

motor con las ruedas traseras tractoras mientras que el cambio automático emplea un acoplamiento fluido o convertidor de par que permite el deslizamiento, en la aceleración el motor debe girar a alta velocidad mientras el vehículo se mueve a baja velocidad. Con cambio automático no hay que preocuparse de la posible detonación en marcha a baja velocidad con mariposa totalmente abierta, pues son menos las ocasiones en que se da este tipo de funcionamiento.

Mejoradores de octano.

Cuando las compañías productoras de gasolina, de acuerdo con los reglamentos federales EPA, eliminaron el tetraetilo de plomo en la gasolina, se desarrollaron otros métodos para mantener sus propiedades antidetonantes. Los mejoradores de octano (enaltecedores) se agrupan en tres grandes categorías:

1.- Hidrocarburos aromáticos (hidrocarburos que contiene el anillo de benceno), como el xileno y el tolueno.

2.- Alcoholes como el etanol (alcohol etílico), metanol (alcohol metílico), y alcohol de butilo terciario (TBA)

3.- Compuestos metálicos como el tetraetilo de plomo (TEL) y metilciclopentadietil manganeso tricarbonil (MMT)

Nota: Tanto el TEL como el MMT han resultado ser dañinos para los convertidores catalíticos y ya no se emplean como mejoradores de octano en la gasolina. Sin embargo, el MMT es actualmente uno de los ingredientes activos más comunes que se han hallado como "mejoradores de octano" disponibles para el consumidor.

El propano y el butano, que son subproductos volátiles del proceso de refinería, también se agregan a la gasolina como mejoradores de octano. La volatilidad aumentada del propano y del butano es causa de problemas, sobre todo en tiempo cálido, para la conducción.

Algunas refineries agregan éter de metil butil terciario (MTBE) para aumentar el grado de octano de la gasolina.

Otros aditivos de la gasolina.

Además de los productos antidetonantes y las sustancias similares de compuestos de plomo que se introducen en la gasolina con el fin de aumentar su índice de octano, existen otros aditivos de los cuales los principales son:

1.- Preventivos de oxidación que colaboran a evitar la formación de precipitados en la gasolina.

2.- Desactivadores metálicos para proteger a la gasolina de los perjudiciales efectos de ciertos metales arrastrados en el proceso de refinación o del sistema de alimentación del vehículo.

3.- Agentes contra oxidación para proteger el sistema de alimentación del vehículo.

4.- Anticongelante para combatir la formación de hielo en el carburante y en los conductos de carburante.

5.- Detergentes para conservar limpio al carburante.

6.- Compuesto de fósforo para combatir el paso de impurezas en las bujías y en las superficies de ignición.

7.- Colorantes identificadores.

Aparte de poseer la correcta volatilidad, las debidas propiedades antidetonantes y los aditivos que acabamos de mencionar, la gasolina debe someterse al tratamiento necesario para que presente la mínima cantidad de productos químicos perjudiciales y de substancia formadoras de precipitados de goma. Los compuestos de azufre, por ejemplo, están presentes, a menudo, en la gasolina y si su cantidad es excesiva, daña en el motor, el azufre existente tiende a formar ácidos de azufre que atacan a las partes metálicas y a los rodamientos y los corren. Las substancias precipitadoras de goma presentes algunas veces en la gasolina, al evaporarse ésta se solidifican en los conductos, en el carburador, en el múltiple de admisión, en las válvulas, pistones y segmentos. La formación de estos depósitos es susceptible de crear serios obstáculos porque dificultan el normal funcionamiento del sistema de alimentación y de las partes móviles. El aporte de gasolina resulta insuficiente, las válvulas de admisión quedan entreabiertas y los segmentos se agarrotan. Las refineries de gasolina ejercen un severo control para conseguir que sean mínimas las cantidades de dichas substancias en su gasolina.

Aditivos de alcohol: ventajas y desventajas.

El etanol (alcohol etílico) está hecho basándose en grados y se puede beber. La adición de un 10% de etanol (alcohol etílico o alcohol de granos) aumenta el grado de octano de (R+M)/2 en 3 puntos. El alcohol agregado a la gasolina base, eleva también la volatilidad del combustible a razón de 1/2 lb/pulgada². La mayoría de los fabricantes de automóviles permiten hasta un 10% de etanol si no se presentan problemas de manejo.

El metanol (alcohol metílico) se hace a partir de madera (alcohol de madera), gas natural, o carbón. El metanol es venenoso se bebe y tiende a ser más perjudicial que el etanol para los materiales del sistema de combustible. También tiende a separarse cuando se combina con la gasolina, a menos que se use con un codisolvente. Un codisolvente es otra sustancia (generalmente otro alcohol) soluble tanto en metanol como en gasolina que se usa para reducir la tendencia de los líquidos a separarse.

El metanol daña las partes del sistema de combustible; corroe el plomo (que se usa como recubrimiento para los tanques de combustible), el aluminio y magnesio, y a ciertos plásticos y el hule. El metanol también hace que los productos del hule (elastómeros) se hinchen y ablanden.

Todos los alcoholes absorben agua; así que la mezcla puede separarse de la gasolina y hundirse hasta el fondo del tanque de gasolina. Para evitar problemas de funcionamiento del motor, mantenga al menos un cuarto de tanque de combustible todo el tiempo, principalmente en las estaciones con grandes variaciones de temperatura entre las altas del día y las bajas de la noche. Estas condiciones pueden causar acumulaciones de humedad en el tanque de combustible por la condensación de la humedad del aire.

Los efectos de usar alcohol como un aditivo para la gasolina se puede resumir del modo siguiente:

Ventajas.

- 1.- Absorbe humedad en el tanque de combustible.
- 2.- La adición de 10% de alcohol a la gasolina eleva el grado de octano, (R+M)/2 en 3 puntos.
- 3.- Limpia el sistema de combustible.
- 4.- Reduce las emisiones de monóxido de carbono (CO) porque el alcohol contiene oxígeno.

Desventajas.

- 1.- Puede tapan filtros de combustible con suciedad al limpiar el tanque, la bomba y las líneas de alimentación de combustible.
- 2.- Eleva la volatilidad del combustible en un 0.5% lb/pulgada, lo que causa problemas de manejo en clima cálido.

3.- Reduce el contenido de calor de la mezcla resultante de combustible (el alcohol tiene casi la mitad de energía contenida en la gasolina: 60,000 a 75,000 BTU por galón para el alcohol, contra 130,000 BTU por galón para la gasolina).

4.- El alcohol absorbe agua y luego se separa de la gasolina, sobre todo a medida que baja la temperatura. El alcohol separado en el fondo del tanque puede causar arranques difíciles a bajas temperaturas, pues el alcohol no se vaporiza fácilmente en tales condiciones.

Química de la combustión.

En proceso de combustión en el motor se explica que la gasolina es un hidrocarburo (formado por compuestos de hidrógeno y carbono). Los átomos de hidrógeno y de carbono se unen con los del oxígeno durante la combustión y forman agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2) si existe el oxígeno suficiente. Puede darse el caso de que el motivo que fuere, sea insuficiente. Puede darse el caso de que la cantidad de oxígeno presente, por el motivo que fuere, sea insuficiente y no se verifique la necesaria unión con el carbono. En tal circunstancia el carbono no alcanza su total combustión. Algunos átomos de carbono consiguen sólo unirse con un átomo de oxígeno (en lugar de con dos), produciéndose monóxido de carbono (CO). El dióxido de carbono es un gas relativamente inerte e inofensivo. En cambio el monóxido de carbono es altamente venenoso. Es incoloro, insípido y prácticamente inodoro. Quince partes de monóxido de carbono en 10 000 de aire son ya un peligro para la respiración. Una concentración más elevada puede causar parálisis y muerte. Por consiguiente, jamás debe ponerse en marcha un motor en un espacio cerrado, como un garaje, si no se dispone del adecuado sistema de ventilación y expulsión hacia el exterior. Recuérdese este dato: un motor de automóvil en marcha durante sólo 3 minutos en un espacio cerrado de 10 por 10 por 20 pies (3 x 3 x 6 más), puede producir el monóxido de carbono suficiente para producir parálisis y muerte. No poner jamás en marcha un motor de automóvil con las puertas del garaje cerradas.

Otro de los efectos de la combustión incompleta es la presencia de diversos hidrocarburos en los gases de escape. Según lo expuesto estos compuestos contribuyen a la formación de nieblas consideradas como nocivas para la salud en muchas ciudades populosas. Las fábricas de automóviles han modificado los diseños de motores y de carburadores y han ideado dispositivos como la inyección de aire, con miras a aminorar los nocivos contaminantes de los gases de escape.

Una ligera preignición a bajas velocidades del motor no es dañina para su motor. No obstante, una preignición fuerte y prolongada a altas velocidades puede dañarlo y debe ser reparada inmediatamente.

Además del uso de gasolina sin plomo con el octanaje adecuado, se recomienda utilizar gasolina que contenga detergentes y aditivos que evitan la

corrosión y dan estabilidad. El uso de gasolina que contengan estos aditivos contribuirá a ahorrar combustible, a reducir las emisiones y a mantener el rendimiento del motor. Generalmente la gasolina premium sin plomo tiene más aditivos que las ordinarias sin plomo.

La gasolina de baja calidad puede causar ciertos problemas como dificultades en el arranque, apagado del motor y jaloneo. Si ha tenido estos problemas pruebe otra marca de gasolina.

Combustión normal y anormal.

El grado de octano de la gasolina se mide por sus propiedades antidetonantes. La detonación del motor es un ruido metálico que hace el motor, generalmente durante la aceleración, como resultado de la combustión anormal o sin control en el cilindro.

La combustión normal ocurre en forma suave y progresiva de un lado a otro de la cámara de combustión desde el punto de encendido. Similar a un incendio de pasto, la combustión del combustible (pasto) avanza a lo largo de la orilla por donde todavía no se ha quemado. El golpeteo es la forma de combustión anormal más común. Se presenta cuando las reacciones de preflama en el gas no quemado adelante de la flama se desarrollan rápidamente. Ocurre tan rápido que alcanzan la temperatura de autoencendido y se encienden espontáneamente, antes de que el frente de flama barra a través de ellas. Esta repentina liberación de energía en el combustible causa el golpeteo y el calor. Al golpeteo se le suele llamar silbido de bala, golpe de chispa, o detonación. Esto aumenta la temperatura, que a su vez aumenta la presión en la cámara de combustión se dan temperaturas y presiones excesivas; el calor reduce la dureza y la presión vuela el metal blando, produciendo un agujero en el pistón.

Uno de los primeros aditivos usados en la gasolina fue el tetraetilo de plomo, el cual fue el primero que se agregó a la gasolina a principios de los años veinte para reducir la tendencia al golpeteo. Se le conocía como gasolina de etilo, o gasolina de alta prueba. Poco después de la presentación del tetraetilo de plomo como un aditivo de combustibles, la SAE (originalmente conocida como la Sociedad de Ingenieros en Automóviles) estableció normas para el grado antidetonante de la gasolina. Con el combustible reglamentado los fabricantes de automóviles pudieron mejorar los sistemas y un mejor aprovechamiento de la energía del combustible.

El patrón de antigolpeteo, o base de comparación, fue el hidrocarburo isoocetano resistente al golpeteo, llamado químicamente trimetilpentano (C_8H_{18}), también conocido como 2-2-4 trimetilpentano. Si una gasolina probada tenía exactamente las mismas características de antigolpeteo que el isoocetano, se clasificaba como gasolina de 100 octanos. Si sólo tenía el 85% de las propiedades de antigolpeteo

del isooctano, se clasificaba como de octano 85. Recuerde que el grado de octano es sólo una prueba de comparación.

En las pruebas reales se emplea un motor especial de un cilindro llamado motor de CFR (investigación de combustible de cooperativa). Un combustible de prueba se compara en este motor con una combinación conocida de isooctano (con grado 100 de octano) y otro hidrocarburo llamado N-heptano (C_7H_{16}) (con grado cero de octano). Por ejemplo, si la resistencia al golpeteo de un combustible es la misma que la de un combustible de prueba, en una relación de nueve partes de isooctano y una N-heptano, el combustible desconocido tiene un grado 90 de octano.

Métodos de investigación y de motor.

Se usan dos métodos básicos para clasificar la gasolina según sus propiedades antidetonantes (grado de octano); el método de investigación y el método del motor. Cada uno usa un modelo de investigación y el método del motor. Cada uno usa un modelo de motor especial de un cilindro de CFR, varían en cuanto a temperatura del aire, adelanto de chispa y otros parámetros. El método común de investigación da por resultado lecturas de seis a 10 puntos más altas que el método de motor.

Número de octano de investigación (RON)	Número de octano de motor (MON)	
Combustible de muestra	93	85

El grado de octano enunciado en las bombas en EE.UU. es el promedio de los dos métodos y se le menciona como $(R+M)/2$, que significa:

$$\frac{\text{Método de investigación} + \text{Método de motor}}{2} = \frac{93 + 85}{2} = 89$$

Retroceso de válvulas y combustible sin plomo.

El combustible sin plomo ha estado disponible desde principio de los setenta, y siempre, desde entonces, ha habido preocupación por los problemas con las válvulas por el uso de combustible sin plomo. Sin embargo, hacia los años veinte, cuando se presentó la primera gasolina "con plomo", el problema principal eran las válvulas. Por entonces, los depósitos de plomo en el motor evitaban que las válvulas asentaran plenamente. Esto traería como resultado que se sobre calentaran, pues el sitio principal en donde las válvulas liberan su calor es por el área de la cara/asiento. Las soluciones a la quemadura de válvulas en los años veinte, debido al combustible con plomo, fue aumentar la tensión del resorte de válvulas. Esta presión aumentada rompe los depósitos de plomo dentro de una película lubricante delgada, que deja que la válvula cierre completamente y con eso transfiera calor al área del asiento.

Sin el plomo, el movimiento de las válvulas contra el asiento separa diminutas partículas de óxido de hierro durante la operación del motor. El movimiento de las válvulas hace que estas partículas de hierro actúen como el compuesto de esmerilar válvulas que cortan dentro de la superficie de asiento de la válvula. A medida que el asiento de la válvula sufre erosión, aquel retrocede dentro de la cabeza del cilindro. Los motores producidos después de 1971 para su venta en EE.UU. tenían que ser capaces de funcionar con gasolina sin plomo. Por lo general, los fabricantes de motores empezaron con el endurecimiento por inducción de los asientos de las válvulas para impedir su retroceso.

Un resumen de los factores relacionados con el combustible sin plomo incluye lo siguiente:

1.- Todos los motores de autos construidos después de mediados de los setenta debían tener asientos endurecidos de válvulas (por lo general, sólo los asientos de descarga). (Algunos motores de camiones de servicio ligero y pesado pueden no tener asientos endurecidos si no se requería combustible sin plomo cuando se fabricó el camión.)

2.- Muchos motores más antiguos de servicio pesado también se fabricaron usando asientos endurecidos de válvulas con anterioridad a mediados de los setenta.

3.- El retroceso de asiento de válvulas es más probable que ocurra, o se aumente en forma considerable, por altas velocidades del motor (r.p.m.) o altas cargas del motor, pues ambas crean más temperatura y presiones en la cámara de combustión.

4.- En forma general, basta un nivel de solo 0.1 gramos (g) de tetraetilo de plomo por galón para evitar el retroceso de asiento de válvulas.

5.- Emplear aditivos que contienen tetraetilo de plomo generalmente no es económicamente factible, pues la cantidad de plomo en el aditivo no puede ascender a más de 4.2 gramos por galón. Se requeriría un cuarto de aditivos por 10 galones de combustible sin plomo para alcanzar el nivel de 0.1 g por galón.

6.- Los vehículos de modelos anteriores y antiguos probablemente no acusarían daño en las válvulas empleando combustible sin plomo por muchos años, si no se trabajan los motores por largos periodos a altas r.p.m. o con cargas altas. Solo si el motor necesitara ser ajustado, se le instalarían asientos de válvulas de descarga endurecidas para evitar problemas de válvulas a futuro.

7.- Los motores con más alto riesgo de daño en las válvulas (retroceso) son aquellos que funcionan continuamente a altas velocidades (r.p.m.) o altas cargas de motor. Ejemplos de este tipo de motores serían los del equipo usado en granjas, bombas de irrigación, generadores, o de aplicaciones similares en la industria y la minería. Siempre que se repare o ajuste un motor empleado en servicio continuo se debe instalar asientos de válvula endurecidas.

De acuerdo con siete fabricantes, el único método recomendado para quitar estos depósitos en las válvulas de admisión sin remover la o las cabezas de los cilindros de las válvulas es lanzar a presión sobre la parte trasera de las válvulas cerradas "cascaras de nuez" extrayéndolas luego por vacío. Las cáscaras de nuez son angulares y lo bastante duras como para desalojar los depósitos sin dañar las cabezas de aluminio.

Mezclas de gasolina oxigenada.

Algunos productores de combustibles mezclan la gasolina con sustancias que contienen oxígeno por ejemplo, el alcohol, el MTBE (éter metilbutílico terciario) y el ETBE (éter etilbutílico terciario). La cantidad y el tipo de sustancia oxigenada que se utilice en la mezcla son importantes.

Estas son sustancias comúnmente usadas en las mezclas de gasolina:

Etanol (alcohol etílico o de grano) mezcla adecuadamente, se utiliza como una mezcla de 10% etanol y 90% de gasolina. La gasolina con esta mezcla puede ser utilizadas en su vehículo.

Metanol (alcohol metílico o de madera) se emplea en mezclas de concentraciones diversas con gasolina sin plomo. Usted puede encontrar combustibles que contiene un 3% o más de metanol junto con otros alcoholes a los cuales se denomina codisolventes.

El uso de mezclas de gasolina/metanol puede provocar problemas en el arranque y funcionamiento del motor, además puede dañar importantes componentes del sistema de combustible.

MTBE y ETBE combustibles como MTBE (éter metilbutílico terciario) son una mezcla de gasolina sin plomo con hasta un 15% de MTBE. Las gasolinas con ETBE (éter etilbutílico terciario), son mezclas de gasolina con hasta un 17% de ETBE. La gasolina mezclada con MTBE o ETBE, puede ser utilizada en su vehículo.

Gasolina antidetonante.

Muchas gasolinas se están mezclando para contribuir a la limpieza del aire, especialmente en aquellos lugares del país donde los niveles de contaminación son altos. Estas nuevas mezclas proporcionan una combustión más limpia del combustible y son conocidas como gasolinas reformuladas.

En algunas áreas del país en las que el nivel de monóxido de carbono es alto, la gasolina es tratada con sustancias oxigenadoras, como el MTBE, el ETBE y el etanol. El uso de las gasolinas mezcladas con éstos materiales también contribuye a la limpieza del aire.

Las nuevas marcas automotrices de prestigio tratan de apoyar estos esfuerzos encaminados a la recuperación de una atmósfera no contaminada.

El uso indiscriminado de agentes limpiadores en el sistema de combustible. Muchas de esas sustancias que están pensadas para quitar los barnices y gomas, contienen disolventes activos que pueden dañar el material del que están hechos los empaques y diafragmas de los componentes del sistema de combustible. Sin considerar la contaminación que se crea en el ambiente.

Gasolina con Detergentes.

Desde mediados de los ochenta la mayor parte de las refinerías han agregado detergentes a la gasolina. En un principio se agregaron detergentes para limpiar las boquillas de inyección de combustible y mantenerlas limpias. Las boquillas se tapaban parcialmente debido al calor y manejo en viajes cortos, lo que permite que las olefinas (una clasificación de compuestos orgánicos) de la gasolina se acumulen y depositen en superficies críticas de la boquilla inyectora. El agregar detergentes sí ayudan a disolver los depósitos y mantener limpios los inyectores, pero también tienden a crear depósitos en las válvulas de admisión pues remueven los depósitos de las boquillas de inyección de combustible. Estos depósitos causan una inclinación hacia dentro (ésta ocurre tan pronto como el conductor pisa el acelerador). Como los depósitos tienden a ser porosos como una esponja absorben combustible, sobre todo si el motor está frío, evitando que parte

del mismo llegue a la cámara de combustión. A estos depósitos se les llama "coliflor" pues tienen la apariencia del vegetal conocido como coliflor. Este tipo de depósito en las válvulas también reduce la potencia al restringir el flujo de la carga de admisión al motor y reducir el movimiento de remolino de la carga, diseñado normalmente como parte del sistema de inducción.

Gasolina reformulada.

Para reducir emisiones, las refinerías reformulan la gasolina de la manera siguiente:

Reducción de compuestos ligeros. Se elimina el butano, pentano y propano, que tiene un bajo punto de ebullición y se evaporan fácilmente. Estos hidrocarburos no quemados (HC) se liberan en la atmósfera y contribuyen a la formación de "smog".

Reducción de compuestos pesados. Se eliminan los compuestos pesados con puntos de ebullición elevados como aromáticos y oleínas, para reducir la cantidad de hidrocarburos (HC) que van al convertidor catalítico.

El uso creciente de MTBE (éter de metilo butilo terciario), que contiene oxígeno, ayuda a reducir las emisiones en el proceso de la combustión.

CAPITULO IV.

Fundamentos del sistema de alimentación.

Existen dos tipos generales de alimentación: el primero y más utilizado en la mayoría de vehículos es el de carburador, siguiéndole luego el de inyección cuyo uso va introduciéndose día con día.

Objetivo del sistema de alimentación.

El sistema de alimentación tiene por misión almacenar la gasolina y transferirla a los cilindros del motor en los tiempos de admisión, en forma de vapor mezclado con aire. El sistema de alimentación debe ser apto para alterar las proporciones de aire y de gasolina con el fin de cumplir con los requisitos que exigen las diversas condiciones de funcionamiento del vehículo. Durante el arranque inicial, con motor frío, el sistema de alimentación debe suministrar una mezcla rica (en gasolina) de alrededor 9 libras o kilos de aire por 1 libra o kilo de gasolina. Más adelante, cuando el motor se ha calentado ya, la mezcla debe empobrecerse (menos rica en gasolina) hasta alrededor de 15 libras de aire por 1 libra de gasolina. En la aceleración o marcha a gran velocidad, debe enriquecerse nuevamente.

Composición del sistema de alimentación.

El sistema de alimentación se compone del tanque o depósito de carburante o combustible, nivel, bomba, carburador, colector de admisión, conductos de carburante y pedal de aceleración y su palanca. El pedal de aceleración regula el volumen de mezcla que penetra en los cilindros y por consiguiente la potencia que desarrolla el motor. El depósito de carburante constituye el almacén y la reserva de gasolina. El indicador de nivel tiene una aguja que indica en el depósito. La bomba de gasolina suministra al carburador las cantidades necesarias y éste mezcla la gasolina con el aire de la atmósfera que entra en los cilindros.

Combustión.

La combustión es una reacción química que implica átomos de gas oxígeno y átomos de otros elementos tales como hidrógeno o carbono. En los cilindros del motor tiene lugar una combustión. Recordará usted que aire y vapor de gasolina son mezclados en el carburador y que posteriormente la mezcla es inflamada y se quema en los cilindros. El aire contiene oxígeno (alrededor de una quinta parte del aire es oxígeno). La gasolina está compuesta esencialmente por moléculas de hidrógeno y de carbono (y se le llama por eso hidrocarburo).

Un átomo de oxígeno en su núcleo y alrededor de éste giran ocho electrones en dos órbitas separadas. La órbita interior tiene dos electrones. La exterior tiene

seis. Pero la órbita exterior posee "espacio" para ocho electrones. Y si en las cercanías existen dos electrones libres los captará. El átomo de hidrógeno tiene un protón en su núcleo y un electrón, según hemos dicho.

Cuando la gasolina arde, sus moléculas se encienden en átomos de hidrógeno y de carbono. Estos átomos se combinan con átomos de oxígeno. Por ejemplo, cuando se combinan átomos de hidrógeno y de oxígeno, la acción que tiene lugar es, aproximadamente, la siguiente. Dos átomos de hidrógeno pierden sus electrones mientras un átomo de oxígeno "capta" estos electrones "perdidos". Los citados dos electrones "rellenan" la capa exterior del átomo de oxígeno. Esto significa que el átomo de oxígeno ha adquirido dos cargas eléctricas negativas más. Mientras tanto, los dos átomos de hidrógeno quedan con sus cargas eléctricas positivas (de sus protones). La atracción eléctrica resulta entre los átomos de hidrógeno y de oxígeno provoca la combinación de los mismos en una molécula cuyo símbolo químico es H_2O , vulgarmente, agua.

Al propio tiempo, los átomos de carbono se combinan con átomos de oxígeno. El átomo de carbono tiene seis electrones circulando alrededor del mismo en dos órbitas. En el proceso de combustión, los cuatro electrones son "captados" por dos átomos de oxígeno. Como consecuencia de las cargas positivas y negativas resultantes de los átomos de carbono y de oxígeno, se combinan. Un átomo de carbono se combina con dos de oxígeno para formar dióxido de carbono o CO_2 .

Resumiendo, en el carbono de combustión en los cilindros, el oxígeno del aire se une con los átomos de hidrógeno y de carbono de la gasolina para formar H_2O y CO_2 (agua y dióxido de carbono).

Vacío.

Según hemos señalado en la anterior sección, la ausencia de aire o de otra substancia material se llama vacío. Sobre la tierra nos es posible crear un vacío parcial, pero nunca será tan acentuado como el vacío parcial, pero nunca será tan acentuado como el vacío existente a lo lejos, en el espacio, centenares de billones de millas lejos de la tierra. El motor de automóvil es, en cierto sentido, un generador de vacío. Todas las veces que el pistón desciende en el cilindro en el tiempo de admisión, produce en él un vacío parcial. Examinemos el fenómeno desde el punto de vista molecular. Sabemos ya que el aire está compuesto por moléculas o átomos de varios gases moviéndose en todas direcciones. Cuando el pistón baja las moléculas de gas en la parte superior del cilindro tienen espacio para moverse. Se extienden para ocupar más o menos uniformemente el creciente espacio (por descenso del pistón). Ello significa que las distancias entre moléculas aumentan. Cuanto mayor es la distancia entre moléculas aumentan. Cuanto mayor es la distancia entre moléculas más pronunciado es el vacío.

Al aumentar el vacío en el cilindro (por descenso del pistón) la presión atmosférica existente introduce aire en el cilindro. Este aire entra en el carburador a través de la válvula de admisión abierta. La presión atmosférica tiende siempre a introducir aire en cualquier espacio donde existe vacío. En subsiguientes secciones explicaremos cómo actúa y hace que la gasolina se incorpore a la corriente de aire para producir la mezcla combustible-aire.

Funcionamiento del sistema de alimentación.

Ya hemos señalado que el sistema de alimentación del automóvil se compone de depósito de combustible, indicador del nivel de combustible, bomba de combustible, indicador del nivel de combustible, bomba de combustible, carburador, colector de admisión, tubos de conducción de combustible y pedal de aceleración con su palanca.

Deposito de combustible.

El depósito de combustible está colocado, por lo general, en la parte trasera del vehículo y sujeto al bastidor. El depósito está construido con chapa de metal. Algunas veces contiene cierto número de deflectores o placas de metal sujetas en el interior y paralelas a sus caras. Estas placas están provistas de aberturas por las que puedan pasar el combustible. Su principal objeto es evitar el paso súbito de combustible desde un extremo a otro del depósito durante los virajes del vehículo. El orificio de llenado del depósito va cerrado con una tapa y el extremo inferior del tubo de llegada de combustible, en el depósito va sujeto al fondo de éste o muy cerca del. Este extremo del tubo penetra en el depósito hasta un punto de altura algo superior al nivel del fondo con el fin de evitar que la suciedad o el agua depositadas en el fondo penetren en el mismo.

El depósito tiene acoplado el dispositivo de nivel. El depósito contiene, asimismo, un elemento filtrante para impedir el paso de suciedad en las conducciones. El filtro se sitúa en el punto en que el tubo de conducción se une al depósito; todo el combustible que sale del depósito pasa forzosamente a través del filtro. La tapa del depósito o el propio depósito tiene un tubo de respiración para permitir que el aire penetre en el depósito a medida que éste se vacía de combustible. Si este respiradero se obstruye, se crearía un vacío en el depósito que impediría el paso normal de combustible hacia la bomba y el carburador.

1.- Recuperación de vapor. El libre escape de vapor de gasolina del depósito por el orificio o mecanismo de respiración es motivo de objeciones por que contribuye a la formación de vahos. Por ello, los automóviles fabricados en Estados Unidos a partir de 1971 han sido equipados con un sistema de recuperación de vapores. En este dispositivo, el respiradero del depósito de gasolina va conectado a un obturador, o condensador, que retiene el vapor y evita su escape hacia el aire.

2.- Células de combustible. En vehículos de competición, en los que el riesgo de choque violento es muy alto, se emplea un tipo especial de depósito. En un choque, un depósito normal es susceptible de reventar, desparramando la gasolina. La gasolina vertida puede ser inflamada por chispa debido a golpeo de metal contra metal y producirá incendio. En las carreras de indianápolis, celebradas en 1964, se produjo un choque violentísimo en el que perdieron la vida dos de los conductores. Desde entonces los coches de carreras se equiparon con células. La parte externa de la célula es el propio depósito de metal normal, pero su interior está relleno con espuma de plástico. Esta espuma es de material de poliuretano de grandes poros, y un contenido de aire de 97%. El combustible circula a través de este, pero a velocidades relativamente lenta, pues ha de hacerlo empapándola por sus poros. De tal forma, si ocurre un accidente y el depósito se rompe o estalla, el carburante sólo es absorbido por las células.

Tamices y filtros de combustible.

Los tamices y filtros se utilizan en el sistema de alimentación con el fin de evitar que penetre suciedad en la bomba o en el carburador. La suciedad es capaz de dificultar el funcionamiento normal de ambos y acarrear una disminución del rendimiento del motor. Uno de los tipos de filtro se incorpora a la bomba. Puede también constituir una unidad separada y conectada al tubo de llegada de gasolina, entre el depósito y la bomba o entre la bomba y el carburador. Puede, asimismo situarse en el propio carburador. Los hilos de rosca del tornillo penetran en un orificio practicado en el carburador. El tubo de llegada de combustible se aloja en el extremo opuesto del filtro. Este filtro está dotado en el propio carburador. Este filtro está dotado de un elemento de papel corrugado.

Nivel de combustible.

Años atrás el procedimiento para comprobar la cantidad de gasolina existente en el depósito era retirar el tapón del mismo e introducir una varilla. En la actualidad, el conductor se limita a observar el nivel en el tablero de instrumentos del vehículo. Los indicadores de nivel pueden dividirse en dos clases, hidrostáticos y eléctricos. Nos ocuparemos brevemente del nivel hidrostático, sistema que en la actualidad se usa poco.

1.- Hidrostático. El nivel hidrostático de carburante se basa en la presión del líquido del depósito sobre una columna de aire. La columna de aire está contenida en un tubo vertical abierto por su base, inserto en el carburante. Cuanto más lleno está el depósito, mayor es la presión ejercida por el carburante sobre la columna de aire. El extremo superior del tubo de aire está conectado a otro tubo indicador situado en el tablero y relleno parcialmente con un líquido coloreado del tubo indicador. El disminuir el nivel del carburante, decrece la presión de aire, haciendo que el líquido coloreado descienda de nivel en el tubo indicador. El aire en el tubo del depósito es repuesto continuamente por un vaso salpicador colocado cerca de la

parte superior del depósito, en el que se vierte también continuamente gasolina vertida en ese vaso se escurre hacia abajo un tubo unido al vaso en cuestión y al escurrirse arrastra aire que se libera en el fondo del tubo de aire.

2.- Eléctrico. Los niveles de combustible de funcionamiento eléctrico pueden dividirse en dos tipos, el de bobina de equilibrio y el de termostato bimetal. El tipo de bobina consiste en una resistencia y dos bobinas variables o reóstato en el depósito y dos bobinas de hilo, mutuamente perpendiculares, colocadas en el indicador del tablero. El movimiento de una boya hacia arriba o hacia abajo en el interior del depósito cuando éste se llena o se vacía, hace que un contacto deslizante se mueva sobre la resistencia, permitiendo que ésta pase mayor o menor intensidad de corriente eléctrica, más cuando el depósito se vacía y menos cuando se llena. Conforme va variándose el depósito, mayor es la intensidad de corriente eléctrica que pasa a través de la bobina correspondiente a la condición de depósito "vacío" desde la batería, en lugar de a través de la bobina correspondiente a la condición de depósito "lleno". En consecuencia, el campo magnético que la bobina "lleno" se debilita permitiendo que la armadura en la que está fijada la aguja indicadora sea empujada por la fuerza magnética hacia la bobina "vacía". Contrariamente, cuando el depósito se llena, el contacto deslizante se mueve en arco haciendo que la resistencia aumente. Gran parte de la corriente que pasa a través de la bobina "vacía" pasa entonces a través de la "lleno". Ello produce una fuerza magnética que hace que la armadura y la aguja se inclinen hacia la bobina "lleno". Adviértase que el indicador de nivel de combustible está conectado a la batería a través del conmutador de encendido. Esta disposición evita que la batería se descargue si el conmutador está abierto pero con el motor parado.

Dos son los tipos de nivel termostático que se han empleado. El primero de ellos poseía láminas termostáticas tanto en el depósito como en el tablero de instrumentos. El más moderno posee una lámina termostática en el tablero, pero en el depósito tiene una resistencia variable. La resistencia en cuestión es similar a la utilizada en el nivel de bobina oscilante, descrita en el párrafo anterior. Vamos a ocuparnos primeramente del tipo más antiguo el de dos láminas termostáticas.

En este tipo, la boya del depósito mueve un eje que a su vez alabea más o menos acentuadamente una lámina termostática. Esta está rodeada por una bobina calefactora conectada a la batería a través de otro dispositivo calefactor similar situado en el tablero, y el conmutador de encendido. Cuando se cierra el interruptor, circula corriente a través de ambas bobinas y se calientan las láminas, tanto la montada en el tablero este movimiento es transmitido por una palanca al indicador y en éste mueve la aguja sobre el cuadrante. En el depósito, el alabeo de la lámina da lugar a que se abran una serie de contactos. Si el nivel de carburante es bajo, el alabeo original producido por el eje es débil. En tales condiciones, un alabeo (debido a calentamiento producido por la bobina) por débil que sea, provocará la apertura de los contactos. Tan pronto como éstos se abren

se interrumpe el efecto calefactor tanto en una como en otra bobina. Las láminas termostáticas empiezan a enderezarse. En el dispositivo del depósito los contactos se cierran y recomienza el efecto calefactor. Los contactos continúan abriéndose y cerrándose. El alabeo producido en la lamina termostática del depósito se reproduce pues, aproximadamente en el tablero. Y en éste indicador señala el nivel de carburante en el depósito.

El último de los tipos de nivel termostático, que utiliza una resistencia variable en el depósito y un termostato en el tablero de instrumentos. El diseño muestra asimismo el circuito de un indicador en algunos de los sistemas de nivel. El nivel termostático y el indicador de bajo nivel se describen en los párrafos que siguen.

3.- Indicador de bajo nivel de combustible. Algunos sistemas poseen un tipo especial de indicador que enciende una lamparita de alarma cuando el depósito está a punto de vaciarse. Este dispositivo avisa al conductor. En el depósito hay una resistencia y un contacto deslizante que se mueve hacia arriba o hacia abajo según sea la posición de la boya. Cuando está alta, o sea con depósito lleno, la resistencia es mínima y permite que pase el máximo de corriente. Ello calienta al máximo el dispositivo termostático del depósito, ocasionando el alabeo de la lámina y que la aguja señala que el depósito está lleno. Este sistema, como pueden verse emplea contactos que abren y cierran.

El sistema está, asimismo, dotado de un regulador de tensión y posee un par de puntas de contacto. Cuando la bobina del regulador queda conectada a la batería, se calienta haciendo que la lámina termostática se alabe. Al alabearse, abre las puntas de contacto desconectando la bobina de la batería. La bobina se enfría, la lámina termostática se endereza y se cierran las puntas de contacto. Se repite el proceso. La acción continua e impide que la tensión del sistema del nivel aumente por encima de un valor previamente regulado. Nótese que este sistema lleva asimismo una bobina de choque de radiofrecuencia y un resistor. Los impulsos de tensión resultantes del cierre y apertura de las puntas de contacto podrían causar interferencias en la recepción de radio. La bobina de choque impide que esto ocurra y suaviza las oscilaciones de tensión.

Veamos ahora el indicador de bajo nivel de carburante. Este sistema comprende un conjunto de termistor en el depósito, un relé y una lamparita de aviso. Mientras en el depósito existan algunos litros, el termistor está sumergido en el combustible y permanece frío. Sin embargo, cuando el nivel de carburante es bajo, el termistor queda expuesto al aire y se calienta. El termistor es una clase especial de resistor que pierde resistencia en cuando se calienta. Es precisamente lo contrario de los resistores de alambre. La resistencia del cobre aumenta cuando el metal se calienta. En cambio el termistor pierde resistencia al calentarse, permitiendo el paso de mayor intensidad de corriente desde la batería a través de arrollamiento del relé-avisador. El aumento de corriente da lugar a un campo magnético de mayor intensidad. Este campo magnético llega a ser lo

suficientemente potente como para hacer que el relé cierre sus puntos de contacto y con ello se cierre el circuito desde la batería hasta la lamparita indicadora. Esta se enciende y advierte al conductor que el nivel de carburante está bajo.

El sistema consta también de un circuito de "prueba". Cuando se gira el conmutador de encendido para pasar a la posición de arranque y poner en marcha el motor, unos contactos especiales del conmutador conectan a la batería la lamparita de aviso. De esta forma, durante el arranque se enciende ésta. La finalidad de este circuito especial es comprobar el sistema todas las veces que se pone en marcha el motor. Si la luz se enciende durante el arranque, el conductor tiene la seguridad de que el sistema funciona. Si no se encendiera, el conductor sabría que algo está mal fundida probablemente la bombilla o el relé en mal estado. En todo caso estará advertido de que el sistema de aviso no funciona y de que hay que repararlo.

Bomba de combustible.

Los primitivos sistemas de alimentación se basaban en la gravedad o en la presión de aire para crear el flujo de gasolina desde el depósito al carburante. En el sistema por gravedad el depósito tenía que colocarse a nivel más alto que el carburador y la gasolina pasaba a este último por gravedad. Este procedimiento no se usa ya por las desventajas que presenta, entre otras la incertidumbre de si llega o no suficientemente gasolina al subir una cuesta y el riesgo de incendio por la obligada proximidad del depósito y el motor. En el procedimiento de presión se utilizaba una bomba de aire que creaba presión en el depósito y forzaba el paso de gasolina desde éste hasta el carburador. Este sistema apenas se usa ya debido a su complejidad que exige dos conducciones en el depósito y una perfecta estanqueidad.

Los sistemas modernos emplean una bomba para enviar carburante desde el depósito hasta el carburador.

Los sistemas modernos emplean una bomba para enviar carburante desde el depósito hasta el carburante. Existen dos tipos generales de bombas, el mecánico y el eléctrico. Gran parte de vehículos automóviles emplean bombas mecánicas. Funcionan accionadas por una excéntrica en el árbol de levas según se explica más adelante.

La bomba mecánica se monta en un costado del bloque de cilindros o entre los dos grupos de cilindros o entre dos grupos de cilindros en algunos motores en V. La bomba tiene un balancín que se extiende hasta el bloque de cilindros a través de una abertura practica exprofeso. Dicho brazo oscilante se apoya en una excéntrica del árbol de levas. En los motores en V con la bomba montada al interior de la V, el brazo se apoya en una varilla empujadora cuyo extremo inferior se apoya a su vez en la excéntrica del árbol de levas.

Al girar el árbol de levas la excéntrica obliga al brazo a moverse hacia atrás y hacia delante. Un muelle del balancín mantiene a éste en contacto con la excéntrica. El balancín está acoplado a un diafragma situado en el interior de la bomba. Dicho diafragma está confeccionado con un tejido especial de material resistente a la acción de la gasolina y que está sujeto entre las dos piezas cóncavas y precisamente en su centro. El borde del tejido está aprisionado entre las dos partes, superior e inferior del cuerpo de la bomba y sometido a la presión de un muelle que lo mantiene en su posición más baja. Sin embargo, el movimiento del balancín accionando la palanca, eleva al diafragma y este movimiento crea vacío en la cámara de la bomba, que se halla precisamente bajo el diafragma. Según se señaló la presión atmosférica tiende a introducir aire en todo espacio en el que se ha creado vacío. En el sistema de alimentación el único sitio donde el aire puede actuar es en el depósito de combustible. Por el orificio de aireación penetra la presión atmosférica. Esta presión, por tanto, actúa sobre el vacío de la bomba empujando al combustible. Al ser empujado éste hacia el vacío creado por el movimiento ascendente del diafragma de la bomba, la válvula de entrada se eleva de su asiento y el combustible es empujado hacia la cámara de la bomba (situada precisamente debajo del diafragma). Luego, un momento más tarde, al girar el árbol de levas, la parte saliente de la excéntrica deja de estar en contacto con el balancín y éste gira sobre su pivote liberando al diafragma y es empujado hacia abajo por el muelle. Este movimiento produce una presión de varias libras por pulgada cuadrada en la cámara de la bomba. La presión obliga a la válvula de entrada a cerrarse y a la salida a abrirse. El muelle del diafragma con su presión fuerza al combustible a pasar por la válvula de salida y por el conducto hasta el carburador.

Más adelante se explicará cómo pasa el combustible a una cuba con flotador, dispuesta en el carburador. La cuba en cuestión posee una válvula de aguja que interrumpe el flujo de carburante cuando la cuba está llena. Cuando esto ocurre, la bomba cesa de aportar combustible a la cuba. Durante este intervalo el balancín continúa moviéndose y, sin embargo, el diafragma permanece en el límite superior de su recorrido o muy cerca del. Su muelle no está en situación de obligar al diafragma hacia abajo mientras la cuba no acepte carburante. Cuando el carburador consume combustible, la válvula de aguja de la cuba se abre y permite a la bomba que suministrando. Ahora, el diafragma puede moverse hacia abajo (en el tiempo de retorno del balancín) y forzar el paso de combustible hacia la cuba.

Bomba eléctrica.

Son varios los tipos existentes de bombas eléctricas. Uno de los más modernos es el montado en el propio depósito. Al girar la polea, arrastra carburante del depósito hacia las conducciones del carburador. Ciertos tipos de bomba eléctrica se montan en el motor del vehículo. Son accionadas por motor eléctrico o por

solenoides el solenoide mueve un émbolo, fuelle, diafragma o polea impulsora para enviar carburante desde el depósito al carburador.

Bomba de fuelle: El fuelle desempeña igual papel que el diafragma de las bombas antes explicadas al dilatarse o contraerse aspira o impele carburante. Su expansión y contracción se obtiene por medio de un electroimán que sucesivamente se conecta y desconecta de la batería. El electroimán queda conectado a la batería al cerrar el interruptor del encendido cuando esto ocurre se excita y hace que la armadura descienda y que el fuelle se dilate produciendo el consiguiente vacío que aspira carburante del depósito para pasarlo a la bomba la válvula de admisión se abre y permite que el carburante fluya. Al llegar la armadura al límite inferior de su recorrido, abre una punta de contacto que deja abierto el circuito hacia la batería el electroimán queda desconectado y sin excitación.

Ahora, el muelle antagonista de la bomba empuja hacia arriba a la armadura y al fuelle presionando a éste y forzando al combustible que contiene a salir de la válvula de escape. Simultáneamente la válvula de admisión se cierra. El combustible fluye hacia el carburador tan pronto como la armadura alcanza el límite superior de su recorrido, se cierran las puntas de contacto, queda reconectado el electroimán a la batería y el ciclo se repite, mientras el encendido esté conectado. La frecuencia de repetición del desplazamiento de la armadura depende del volumen de combustible que exigen el carburador y el motor del vehículo. Si el motor demanda poca cantidad de combustible, el muelle de retorno acciona lentamente al fuelle ya que la válvula de aguja de la cuba del carburador impide una entrega rápida de carburante, pero si se hace necesario aportar mayor volumen de combustible, el fuelle se acciona más rápidamente y el ciclo de aporte se repite con mayor frecuencia conservando el carburador al nivel preciso.

Bomba eléctrica de tipo de rodete. Esta bomba posee un motor que hace girar un rodete de pequeño tamaño. El rodete consiste en una platina con un cierto número de paletas o alabes. El combustible es impulsado por la fuerza centrífuga en la rotación de rodete y este impulso fuerza al combustible a pasar desde el depósito hasta el carburador.

Conducción de retorno de vapor.

El sistema de alimentación tiene una tubería de retorno de vapor que va desde la bomba hasta el depósito. Esta conducción se instala en la mayor parte de automóviles dotados de aire acondicionado. En estos vehículos la temperatura bajo el capó suele ser alta el condensador de aire acondicionado desprende mayor cantidad de calor bajo el capó. En marcha el ralentí, el sistema de refrigeración del motor es relativamente inoperante y ello es causa de que la temperatura aumente debajo del capó. Las altas temperaturas tienden a producir vapor en la bomba del carburante.

Para explicar el fenómeno de formación de vapor en la bomba hay que tener presente que la bomba produce vacío y presión alternativamente durante la fase de vacío la temperatura de vaporización del carburante desciende. Cuanto menor es la presión más baja es la temperatura a que cualquier líquido se vaporiza. Por ejemplo el agua hierve a 212°F (100°C), a nivel del mar (presión atmosférica 14.7 lb/pulg² o 1033 kg/cm²), pero a 16,000 pies (4876 metros) sobre el nivel del mar, donde la presión es de alrededor de 7 lb/pulg² (0.492 kg/cm²), el agua hierve a 185°F (85°C).

La combinación de temperatura elevada y vacío parcial en la bomba puede hacer que el carburante se vaporice y con ello perjudique el aporte normal de combustible al carburador y que por consiguiente el motor funcione con dificultades.

La conducción de retorno de vapor, conectada a un orificio especial en la bomba, permite que el vapor pase al depósito al propio tiempo la conducción de retorno de vapor permite que el exceso de combustible suministrado por la bomba regrese al depósito este combustible adicional, en constante circulación, contribuye a tener fría la bomba y con ello evita la formación de vapor algunos automóviles tiene un separador de vapor conectado entre la bomba y el carburador. Consiste este dispositivo en una cápsula, un tamiz de filtro, un acoplamiento de entrada y salida y un orificio calibrado para la conducción hacia el depósito. Cualquiera que sea el vapor que la bomba produce penetra en el separador de vapor (en forma de burbujas) junto con el combustible líquido. Estas burbujas ascienden hacia la parte superior del separador y el vapor es forzado por la presión ejercida por la bomba a pasar por el conducto del retorno hasta el depósito donde vuelve a condensarse con el líquido.

Filtro de aire.

Por un motor funcionando pasa gran cantidad de aire. Como ya se explicó el combustible es mezclado con aire en el carburador y la mezcla pasa hacia los cilindros, donde es inflamada y quemada. Durante la marcha normal del motor, el carburador suministra una mezcla de relación 15:1, o sea, 15 Kg, de aire por 1 de gasolina. Por cada 1000 millas de recorrido del vehículo pasan por el motor unos 100,000 pies cúbicos de aire (1759 m³ cada 1000 Km), susceptible de contener grandes cantidades de polvo e impurezas que podrían dañar seriamente al motor y a sus piezas si se permitiese su entrada en los cilindros; para evitarlo, se introduce un filtro que las detenga. El filtro se monta en el lado atmosférico de la entrada de aire del carburador. Consiste en un amplio tambor cuya parte superior contiene un aro de material de filtro inflamable (hilos o cinta de metal formando masa, papel especial, fibra de celulosa o poliuretano) a través del cual debe pasar el aire. Este material forma un laberinto que detiene las partículas de suciedad.

Filtros de aire en baño de aceite. El filtro de baño de aceite consta de un depósito de aceite por el que se obliga a pasar el aire. El aire en movimiento capta partículas de aceite y las introduce en el filtro. Allí el aceite deposita la suciedad y el polvo y los devuelve al depósito. Aparte esta acción de lavado, la propia masa de aceite mejora el filtrado.

El filtro desempeña una segunda función: aminora el ruido producido por la admisión de aire en el carburador y en el colector de admisión y su paso hacia las válvulas de admisión. Sin la presencia del filtro, el sonido de la admisión del aire sería más perceptible y molesto para el conductor. Sirve también el filtro como detenedor de llamas en caso de explosiones del motor que pasan al carburador. Este fenómeno puede ocurrir alguna vez como consecuencia de inflamación de la mezcla aire combustible en el cilindro antes de que la válvula de admisión se cierre. Cuando esto ocurre se produce un momentáneo retroceso de la llama en el carburador y en el colector de admisión. El filtro de aire impide que la llama pase más allá del carburador y la posible combustión de los vapores de gasolina existentes en las zonas próximas al carburador.

En algunas aplicaciones especiales de funcionamiento en ambientes muy polvorientos es necesario instalar un baño de aceite prefiltrador. Esta clase de instalación (para el Chevrolet Corvair seis cilindros, refrigerado por aire) en la que el prefiltro se monta en un paso de aire suplementario que se empalma a los dos filtros de aire de los dos carburadores.

En algunos modelos recientes se han montado filtros de aire con espolón que fuerzan el paso de un volumen de aire adicional hacia el filtro durante el funcionamiento con la mariposa abierta o con cargas muy pesadas. En tales condiciones se pone en marcha un motor de vacío conectado al colector de admisión por un tubo de vacío, que acciona una válvula de espolón. La referida válvula está conectada a las aletas de aire del capó y cuando se le acciona, se fuerza el paso de una masa de aire suplementaria al carburador este dispositivo mejora el rendimiento del motor en las condiciones antes apuntadas. En otra ocasión el vacío del colector es lo suficientemente potente para mantener cerrada la válvula y el aire penetra en el filtro por un tubo (snorkel) o un conjunto canal-conducto en forma normal.

Filtro de aire mandado termostáticamente.

El filtro controlado termostáticamente forma parte de un sistema limpiador de aire (CAS) un sistema de combustión controlada (CCS) o un sistema mejorado de combustión (IMCO) usado en algunos coches último modelo. Todos ellos incluyen dosificadores de mezcla pobre en ralenti que pueden ser causas de bajo rendimiento con bajas temperaturas de aire. Para corregir esta condición se emplea el filtro controlado termostáticamente. Se le llama también por General Motors, sistema de aire caliente (HAS), porque inyecta calor en el aire que entra

en el carburador durante el tiempo frío hasta que se calienta el motor. Con el se mejora el rendimiento del motor después de un arranque en frío y mientras el motor se va calentando. De esta forma se reduce la cantidad de combustible no quemado en el escape causante del smog o niebla sin sacrificar el rendimiento del motor frío.

El filtro esta dotado de un muelle sensor que reacciona a la temperatura del aire que penetra con el carburador a través del filtro. Este muelle controla una válvula de purga de aire. Cuando el aire que entra es frío el muelle sensor mantiene cerrada la válvula de purga el vacío del colector de admisión se aplica a la cámara de vacío de forma que el diafragma es empujado hacia arriba por la presión atmosférica y el muelle de diafragma queda comprimido. En esta posición la palanca del diafragma eleva el conjunto ahora todo el aire esta obligado a penetrar desde la tubería de aire caliente. Esta tubería está empalmada a la conducción de calor del colector de escape. Por consiguiente tan pronto como el motor arranca y el colector de escape comienza a calentarse, se aporta aire caliente al carburador y al motor. El dispositivo mejora el funcionamiento en frío y en caliente.

A medida que el motor empieza a calentarse, el aire que entra durante el período aire caliente lleva a alcanzar 100°F (37.8°C). Ello provoca que el muelle sensor eleve parcialmente la purga de aire. De tal manera, cierta cantidad de aire puede pasar hacia el colector de admisión disminuyendo así el vacío en el diafragma. El muelle entonces empuja al diafragma haciéndole que recorre parte de su trayecto hacia abajo y provocando el desplazamiento del registro regulador desde su posición snorkel cerrado. Adopta una posición que permite acierta cantidad de aire frío del motor, mezclarse con aire caliente procedente del colector. La combinación contiene las proporciones correctas para procurar una temperatura de aire de alrededor de 100°F conforme la zona del motor va calentándose y alcanza una temperatura de 100°F o más, se abre totalmente la purga de aire por la acción del muelle sensor de temperatura esto disminuye el vacío ejercido sobre el diafragma lo suficiente para que el muelle del mismo pueda empujar al registro regulador hacia el final de su recorrido hacia abajo, ahora el aire que penetra en el filtro y en el carburador es absorbido de la zona próxima al motor.

Filtro controlado termostáticamente. Este diseño posee un casquillo termostático que actúa directamente sobre la platina de la válvula. Cuando el motor esta frío, el casquillo termostático a colocado la platina de la válvula de forma que todo el aire entrante debe proceder del conducto de aire caliente que esta conectado a una cubierta que envuelve al colector de escape. Conforme se calienta el motor, el aire más caliente procedente de la cubierta mencionada hace que el casquillo termostático empiece a mover la platina de la válvula. De tal forma comienza a penetrar cierta cantidad de aire desde el comportamiento del motor. Con el progresivo aumento de la temperatura la platina de la válvula va cambiando

de posición permitiendo está caliente, la mayor parte del aire entrante proceder de allí.

Existen filtros que tienen un motor suplementario de vacío que trabaja con el vacío del colector de admisión. Durante la aceleración con el motor frío, este motor actúa sobre el mando termostático forzándole a abrir el sistema tanto del compartimento motor como del aire calentado para que el carburador reciba el aire necesario en las debidas condiciones.

En algunas tareas pesadas, como las que realizan ciertos camiones, se emplea un filtro controlado termostáticamente con el fin de mejorar el rendimiento y la potencia del motor en tiempo cálido. La válvula de aire está cerrada durante las revoluciones iniciales del motor en frío cuando las temperaturas del aire bajo el capó son bajas. Sin embargo, cuando la temperatura del aire que penetra en el filtro aumenta a más de 83°F (28°C) el aire que penetra en el filtro, la válvula está ya totalmente abierta y todo el aire absorbido por el filtro procede ya del exterior.

Colector de admisión.

Las lumbreras existentes en el lateral del bloque de cilindros del motor (o en el lateral de cabeza en motores de válvulas en culata) están conectadas al carburador por el colector de admisión. La mezcla aire-combustible del carburador pasa a través del colector de admisión a las lumbreras de admisión y, por ellas, a los cilindros (cuando las válvulas de admisión están abiertas). El colector de admisión no es otra cosa que una serie de pasos que desde un punto central (en donde se monta el carburador) se dirigen a las lumbreras de admisión del motor. Está diseñado de tal forma con el fin de conseguir una distribución uniforme de la mezcla aire-combustible a los cilindros. Por lo general se evitan los ángulos cerrados, si los hubiera podrían crearse remolinos que alterarían la uniformidad de la distribución de mezcla a los cilindros; alguno de ellos quedaría quizás escasamente alimentado.

Mostraremos a continuación los elementos de un primer modelo de sistema electrónico de inyección medida de cantidades estrictamente dosificadas de combustible en las áreas del puerto.

Cuerpo de la válvula de estrangulación

- sensor de posición de la válvula
- control del aire para arrancar en frío

Unidad electrónica de control

- circuito electrónico
- sensor de presión

Sensor de velocidad

- Ensamble del imán
- Ensamble del interruptor de láminas

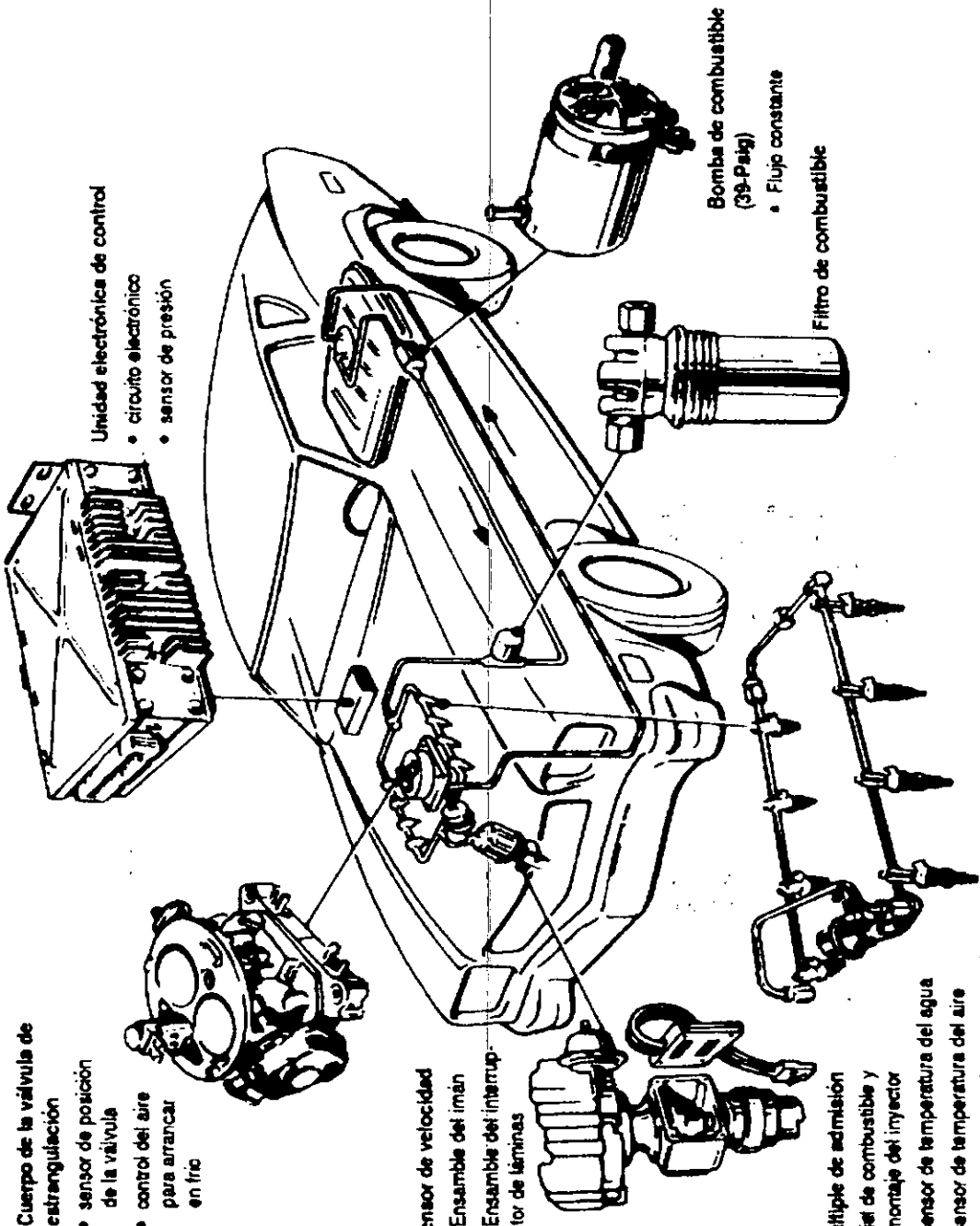
Múltiple de admisión

- riel de combustible y montaje del inyector
- sensor de temperatura del agua
- sensor de temperatura del aire
- Regulador de presión del combustible

Bomba de combustible (39-Paig)

- Flujo constante

Filtro de combustible



Carburador.

Fundamentalmente, el carburador trabaja haciendo al volumen del aire como el rector de todo el sistema. Al abrirse la válvula de admisión del cilindro y bajar el émbolo en la carrera descendente (o de admisión) se produce el vacío en el interior del cilindro y la misma presión atmosférica corre a llenar este vacío. Para aprovechar estas condiciones de funcionamiento se dispone de un tubo que es el único punto por el que el aire puede pasar a llenar el cilindro en cuyo extremo se monta el carburador que a su vez no es más originariamente que una prolongación de este tubo de admisión. En estas condiciones la entrada del aire está asegurada, pero no así su aportación de gasolina.

El carburador consigue dosificar su mezcla por medio de un tubo pulverizador que se encuentra en medio del paso de la corriente de aire. Esta corriente produce a su vez el vacío en el interior del tubo pulverizador y hace que ascienda la gasolina que se halla en una cuba próxima constantemente alimentada por una bomba y un mecanismo de cierre y apertura de la cuba. Se pretende con este sistema que la cantidad de gasolina que se mezcla con el aire sea proporcional al volumen de aire que circula por el tubo. Así, cuando pasa gran cantidad de aire sale también proporcionalmente gran cantidad de gasolina e igualmente a la inversa manteniéndose de esta forma una cierta constante dosificación. Sin embargo, en la práctica esto no podría producirse sin muchas correcciones, veamos algunos de los defectos que en un sistema que no tiene en cuenta el peso del aire y que dosificar por medio del volumen del aire puede presentar.

En primer lugar tenemos una cuestión de inercia de los diferentes compuestos de la mezcla. Como todos los gases, el aire responde con gran rapidez a una solicitud de vacío como la que ocurre en el interior del cilindro cuando el émbolo aspira. La gasolina, por el contrario, por ser un líquido tarda bastante más a esta respuesta. El resultado es que cuando se abre de golpe el paso del aire se produce un notable empobrecimiento de la mezcla hasta que el líquido que es la gasolina reacciona. Para solventar este defecto los carburadores modernos llevan incorporado un dispositivo que inyecta una cantidad de gasolina a medida que se mueve bruscamente la compuerta del paso del aire, por este mecanismo que resuelve perfectamente el problema, por otro lado no puede tener la suficiente presión y hay tendencia a un enriquecimiento de la mezcla excesiva y con él a humos tóxicos por el escape y derroche de combustible en diferentes estados de una aceleración. Este problema de la diferente inercia de los componentes de la mezcla condiciona todo el funcionamiento del carburador aun cuando disponga de gran cantidad de dispositivos que tiendan a enmendar las diferencias que esta situación comporta. Esto es uno de sus defectos en cuanto a la filosofía de su diseño y construcción. En segundo lugar, tenemos el propio inconveniente de trabajar por volumen de aire lo cual nos lleva a irregularidades para una dosificación perfectamente adecuada para cada caso. Ya hemos visto como el aire puede cambiar sustancialmente de peso según las condiciones de temperatura y

altitud. En pleno invierno, por ejemplo, las moléculas del aire se contraen con el frío y se vuelve más denso, es decir más pesado. Como quiera que los carburadores trabajan por volumen siguen aspirando la misma cantidad de aire, lo que pasa es que resulta más denso, más pesado, hay exceso de oxígeno y falta lugar para la gasolina por lo que la mezcla tiende a empobrecerse automáticamente. Por el contrario, en verano, o en climas donde la temperatura es elevada, se produce una dilatación de las moléculas que hacen que el aire pierda peso en relación con su volumen. Como en el caso anterior la dosificación queda alterada, pero en este caso en el sentido de un enriquecimiento de la mezcla ya que a igualdad de volumen el peso del aire será inferior con respecto al de la gasolina. Ciertamente que estos inconvenientes los trata de resolver el carburador haciendo sus surtidores o calibres desmontables e intercambiables de modo que el mecánico puede actuar modificando la salida de gasolina según estas condiciones térmicas o las altimétricas, pero ello ya significa una deficiencia del sistema y arreglos que siempre son, a la postre, aproximados y nunca exactos para la dosificación.

Existe todavía un tercer defecto para el carburador que tiene buena importancia para sacar potencia de los motores. Nos referimos a los tubos del colector de admisión y los mismos que forman el cuerpo del carburador. Para que exista la suficiente succión en el tubo pulverizador es necesario hacer aumentar la velocidad del aire por medio de un difusor que no es más que un estrechamiento por el que se ve obligado a pasar el mismo volumen de aire por lo que aumenta su velocidad. Sin embargo, este estrechamiento es, a su vez, un freno por medio del cual se dificulta el llenado del cilindro. Igual acontece con los tubos del colector de admisión que no pueden ser cortos y estar colocados inmediatamente después de la válvula de admisión. Como que el aire es muy sensible a las diferencias de diámetro de los tubos por los que circula, lo cual modifica su velocidad por la creación de rebufos y contracorrientes, resulta que el diámetro del tubo tiene que ser de un tamaño similar al de la válvula, la cual a su vez está condicionada por el tamaño de la cámara de combustión. Consecuentemente, el sistema de carburador no permite la entrada del aire al cilindro con toda la libertad que sería deseable para el más completo llenado del mismo. La relativa estrechez de los conductos dificulta el llenado, pero si los conductos son ensanchados, la mezcla pierde velocidad y partículas gasificadas de gasolina se depositan en las paredes del tubo empobreciendo la mezcla además de contribuir a su vez a un llenado deficiente. También dentro de este mismo defecto podríamos incorporar el hecho de todos aquellos motores que están alimentados con un solo carburador en los cuales las distancias que existen desde el cuerpo del carburador hasta cada uno de los cilindros que alimentan no pueden ser las mismas y por consiguiente es normal que unos cilindros estén mejor alimentados que los otros. Esta característica no se da, por supuesto, en aquellos casos en los que cada cilindro está alimentado por un carburador o un cuerpo del mismo, pero en este caso el precio del equipo ya no es tan significativo con respecto al precio de un equipo de

inyección de gasolina, que de hecho se comporta como una alimentación individualizada para cada uno de los cilindros que componen al motor.

La mejor potencia del motor se produce con proporciones de aire/combustible del orden de 15:1 en peso. Para cada litro de gasolina se necesitan unos 310 metros cúbicos de aire para una buena mezcla aire/combustible. La mezcla de grandes cantidades de gasolina requiere mucha presión es por eso que los carburadores modernos son tan complejos. El de cuatro surtidores, por ejemplo, es un conjunto que consta de 208 partes.

Aclarando que solo se escogieron algunos modelos. De lo contrario tendríamos que hablar de cerca de 4000 marcas y modelos, lo que constituye una tarea imposible. Sin embargo, aun cuando las partes varíen, los principios básicos siguen siendo los mismos. El carburador Weber DCOE, quizá el más sofisticado que se haya construido para vehículos terrestres, y el modelo Rochester de una garganta, funcionan de acuerdo con las mismas leyes de la física.

Funciones del carburador

El carburador tiene tres funciones principales. La primera de ellas es preparar el combustible para que se vaporice dentro del motor. El aire y el combustible se mezclan en dos etapas. Inicialmente la gasolina pura se convierte en una emulsión espumosa. Sigue siendo líquida, pero se encuentra mezclada con diminutas burbujas de aire. El paso siguiente es la atomización. El combustible se convierte en un delgado "spray" a medida que abandona los inyectores. Finalmente el combustible se vaporiza dentro del motor por medio del calor que proviene de la cámara de combustión.

La segunda gran función del carburador es medir el aire y el combustible para cumplir con los requerimientos del motor. Durante las puestas en marcha en frío y cuando el motor gira desacelerado, se requiere una mezcla rica en gasolina. Durante la circulación del vehículo tiene que aumentar la proporción de aire para economizar combustible. Cuando el vehículo alcanza su máxima potencia, nuevamente el motor demanda una mezcla rica. Todo esto se hace automáticamente.

La tercera función es controlar la aceleración del motor, regulando la cantidad de mezcla de aire-gasolina que sale del carburador.

Atomización.

En algunos experimentos primerizos con motores de gasolina se intentó cargar el aire entrante con vapor de gasolina, aportándole en recipientes abiertos. No se alcanzaron resultados positivos porque los recipientes no podían ser del tamaño

suficientemente para conseguir una exposición lo suficientemente amplia de la superficie de gasolina. La mezcla resultante era excesivamente pobre; presentaba un bajo porcentaje de vapor de gasolina. Más adelante se observó que si la gasolina se mezclaba pulverizada, se transforma en gran cantidad de gotitas. Este efecto se llama atomización por que el líquido queda dividido en gotas de pequeño tamaño (pero no en átomos como podría inducir a creer la designación). Cada gota queda expuesta al aire en toda su superficie, y se vaporiza o cambia en vapor rápidamente. Es posible que una onza de gasolina dividida en finas gotitas por pulverización, ofrezca varios pies cuadrados de superficie al aire. La vaporización o evaporación se realiza casi instantáneamente.

Vaporización.

Cuando un líquido cambia a vapor, o experimenta un cambio de estado se dice que se evapora. Todos sabemos qué es la evaporación. El agua contenida en un recipiente abierto tiende a desaparecer; pasa de ser líquido a ser vapor. Las prendas de vestir se cuelgan de un alambre para que sequen; el agua que hay en ellas se cambia en vapor. Si las prendas en cuestión se colocan espaciadas, secan más rápidamente que si se cuelgan juntas o en haz. Esto es ejemplo de otro hecho conocido sobre evaporación. Si se coloca determinada cantidad de agua en un vaso alto, la evaporación se realiza más lentamente, pero si esta misma agua se coloca en un recipiente plano, el tiempo requerido para su evaporación será mucho más breve.

Fundamentos del carburador.

Puede construirse un carburador elemental con sólo un cilindro estrangulado, un tubo inyector de combustible y un disco o válvula dispuesto para bascular y permanecer más o menos abierto en la sección del cilindro. El cilindro se llama bocina de aire, la estrangulación venturí y la válvula, válvula mariposa. Cuando esta la válvula mariposa en posición cerrada, posición en que ahoga, o cierra, está interrumpiendo casi el flujo de aire por la bocina de aire y permitiendo de tal forma el paso de una escasa cantidad. La posición abierta se muestra en punteado. En tal posición la válvula ejerce escaso efecto estrangulador; el aire circula libremente por la bocina.

1.- Efecto Venturí. Al paso del aire se produce un vacío parcial en la estrangulación o venturí. Este vacío hace que el tubo portador de gasolina aporte cierta cantidad de ella al aire que pasa. El efecto venturí (de producción de vacío) se visualiza que cuando la cantidad es mayor de vacío, se produce en el venturí un aumento de la velocidad con que el aire fluye a través de él.

El aire no es un fluido continuo. Está formado por partículas o moléculas. Si no olvidamos este hecho se nos hará más fácil la comprensión del efecto venturí. Sigamos, por ejemplo, dos de las partículas en su paso por el venturí y veamos lo

que ocurre. El aire penetra por el extremo de la bocina y todas sus moléculas se dirigen hacia abajo, hacia el venturi a velocidad más o menos uniforme. Si todas las partículas tienen que ir a pasar por el estrechamiento, o venturi, tendrán que apresurarse y correr algo más. Supongamos que nos es posible observar a dos de las partículas en su camino hacia el venturi. Una de ellas viaja algo atrasada con respecto de las otras. La partícula guía, penetra antes en el venturi, se acelera y tiende a dejarla atrás a la otra la segunda partícula penetra también en el venturi e incrementa asimismo su velocidad. La primera, sin embargo, a conseguido despegarse y la segunda no puede alcanzarlo. Se hallan ya mucho más separadas a su paso por el venturi de lo que lo estaban al penetrar en la bocina. Imaginemos ahora gran número de partículas realizando este trayecto las distancias que entre ellas se producirán, es decir, comprenderemos que a su paso por el venturi están más distanciadas unas de las otras que cuando penetraron en la bocina. Equivale ello a decir que en el venturi existe cierto vacío parcial en líneas anteriores mencionamos que el vacío parcial es como un adelgazamiento del aire una situación de mayor distancia entre las partículas o moléculas de aire.

2.- Acción de la boquilla o tobera de aporte de gasolina. El vacío parcial se produce en el venturi que es donde está situado el extremo de la boquilla del combustible el otro extremo de la boquilla se halla la cubeta junto al carburador. Con vacío en el extremo superior la presión atmosférica (actuando por la abertura de aireación de la cubeta), impulsa hacia arriba el combustible existente para salir por la otra boca y mezclarse con la corriente de aire. El combustible sale de la boquilla en forma de fino polvo que, rápidamente, se transforma en vapor a medida que las gotitas van evaporándose. Cuanto mayor es la cantidad de aire que pasa, tanto más deprisa lo hace y mayor es la cantidad de combustible que entrega a la boquilla (porque a más alta velocidad significa mayor vacío en el venturi).

La acción que tiene lugar podría compararse a la de beber un líquido con un popote. Al disponerse usted a tomar una soda con un popote coloca un popote entre sus labios y succiona. De hecho está usted creando un vacío en su boca con el movimiento de su lengua y la mandíbula. La presión atmosférica empuja el líquido hacia arriba a lo largo del popote y hacia su boca. De igual forma la presión atmosférica empuja al carburante desde la cubeta hacia el tubo y hacia el vacío del venturi.

3.- Acción de la válvula de mariposa. Según se a dicho, la válvula de mariposa oscilará en la bocina y permitir que pase mayor y menor cantidad de aire. La válvula de mariposa es un disco montado sobre un eje que, al girar, inclina el disco, cuando el disco se halla inclinado, circula una gran cantidad de aire por la abertura creada. Este paso de aire crea un vacío relativamente grande en el venturi y se aporta gran volumen de combustible a su flujo. Cuando al motor se le suministra gran cantidad de mezcla aire-combustible, desarrolla una fuerza proporcional, que se traduce en mayor potencia. Hay una relación de mando

existente entre el eje de la mariposa en el carburador y en el pedal del acelerador del asiento del conductor. La unión o conexión es distinta según el tipo de automóvil. Existe así mismo, una unión con un conmutador del control de transmisión. Se trata de una disposición que produce una disminución de giro en la transmisión automática cuando se deja el pedal en posición abierta.

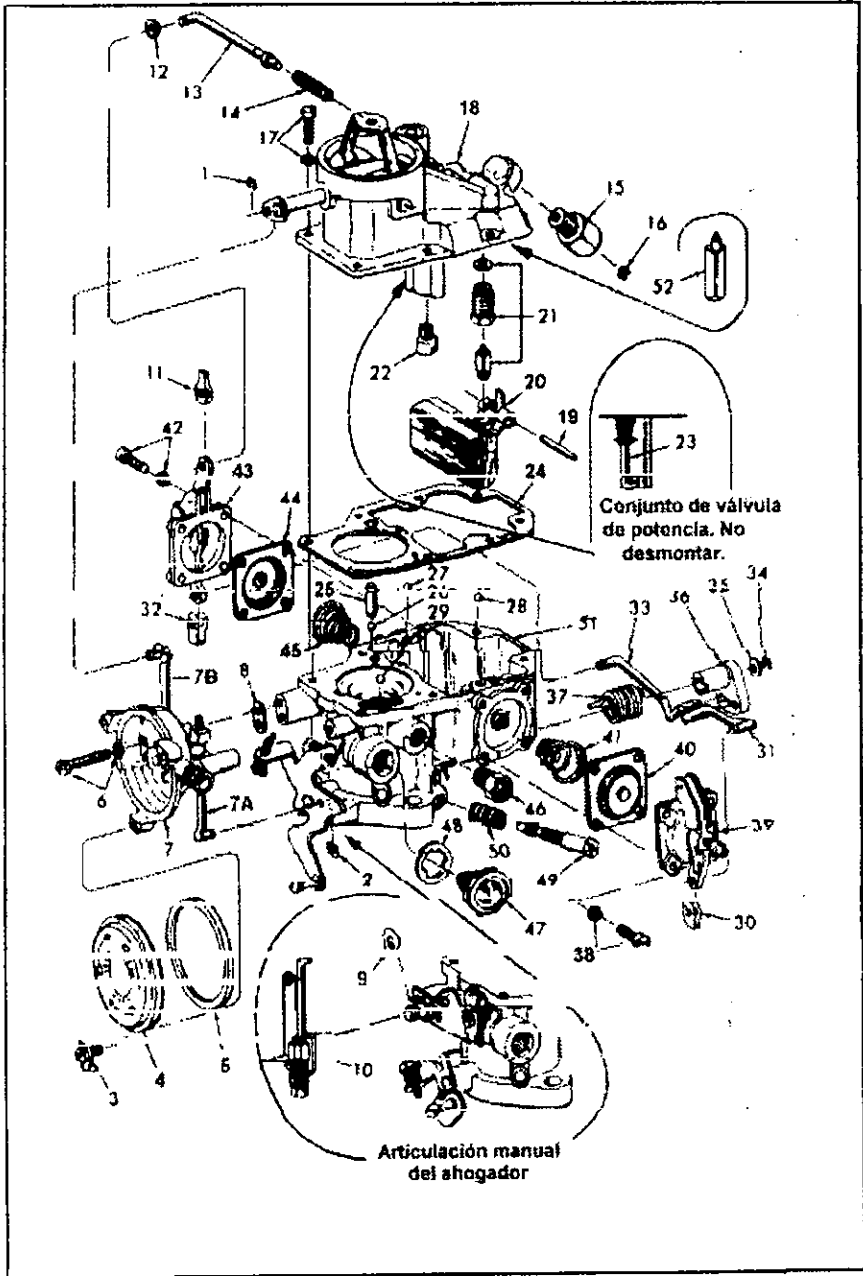
Cuba del flotador.

Esta cuba tiene por misión mantener un nivel constante de gasolina a determinada altura independientemente de la cantidad que se extraiga. Si el nivel quedase excesivamente alto, se descargaría mayor cantidad de combustible por el tubo. Si, al contrario, el nivel de carburante fuese demasiado bajo, ser menor la cantidad de combustible o carburante aportado. En ambos casos la proporción de carburante y de aire no sería correcta y el funcionamiento del motor se perjudicaría.

Con el fin de mantener un nivel constante de gasolina, la cuba está dotada de una bolla pivotante sobre un brazo y una válvula de aguja con su asiento. La válvula de aguja está situada en la admisión de carburante en la cuba. Cuando el motor marcha la bomba suministra carburante al carburador y aquél fluye a la cuba por el orificio de admisión. Si la gasolina penetra más deprisa de lo que se le extrae la cuba se llena al ocurrir esto, la boya asciende y eleva la válvula de agua forzándola a asentar firmemente en su alojamiento cerrándose así el orificio de admisión y evitando la llegada de carburante. Tan pronto como se extrae ésta de la cuba desciende el nivel del mismo, desciende a su vez el flotador y la válvula de aguja sale de su asiento y permite la llegada de nuevo caudal de gasolina suministrado por la bomba. En funcionamiento normal el nivel del combustible se mantiene prácticamente constante en la cuba. La boya mantiene la válvula semicerrada de modo que el carburante que entra equivale a la cantidad que se extrae.

Complementando la información anterior mostraremos las partes que componen a los siguientes carburadores:

- 1.- Carburador Ford de una garganta Modelo F-1 (ver pagina 88).
- 2.- Carburador Ford de dos gargantas, Modelo 2100 (ver pagina 90).
- 3.- Carburador Ford de cuatro gargantas, Modelo 4100 (ver pagina 92).
- 4.- Carburador Holley de cuatro gargantas, Modelo 4100 (ver pagina 94).



Partes componentes de un carburador Ford de una garganta, Modelo F-1.

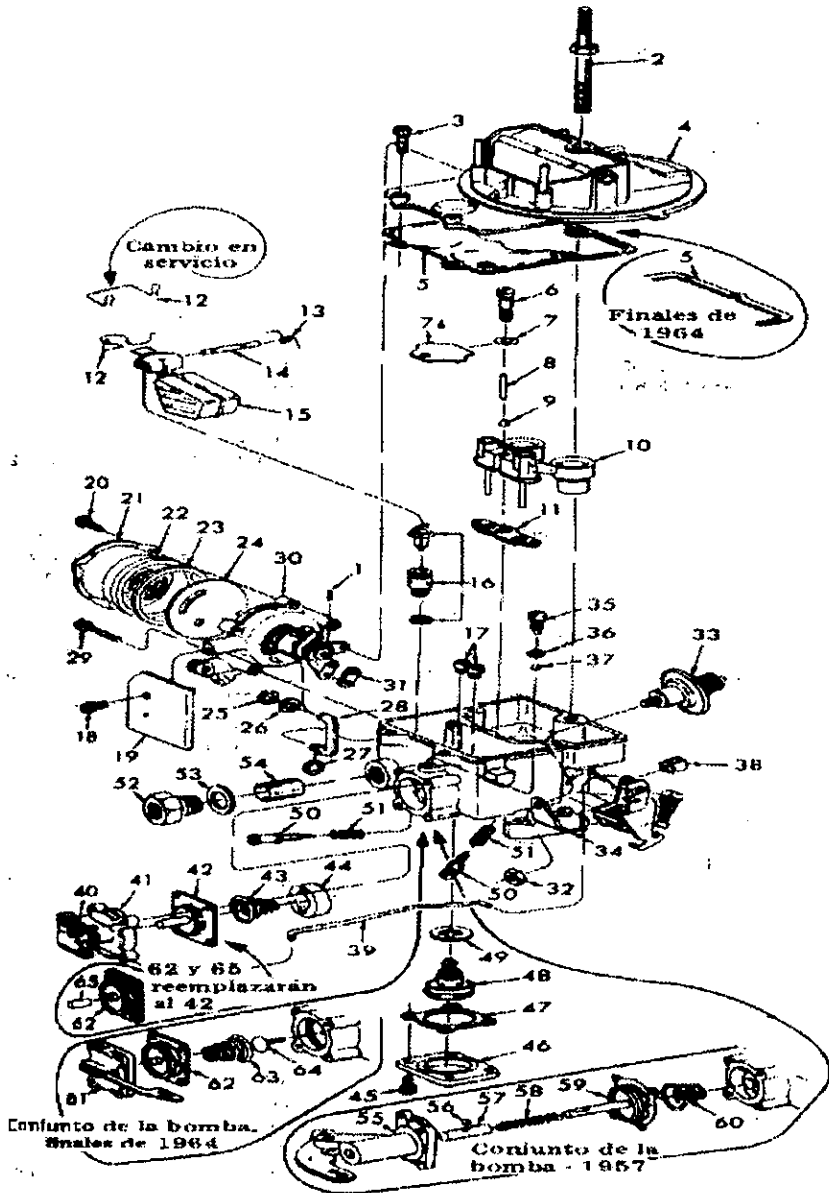
I Conjunto de válvula de potencia. No desmontar.

II Articulación manual del ahogador.

Ref. No.

NOMENCLATURA.

- 1.- Retén de la varilla del ahogador.
- 2.- Retén de la varilla para jalar hacia abajo.
- 3.- Tornillo y retén de la cubierta estática.
- 4.- Conjunto de resorte y cubierta estática.
- 5.- Empaque de la cubierta estática.
- 6.- Tornillo y rondana de seguridad del ahogador
- 7.- Conjunto del alojamiento del ahogador.
- 7A.- Varilla para jalar hacia abajo al ahogador.
- 7B.- Varilla del ahogador.
- 8.- Empaque del alojamiento del ahogador.
- 9.- Retén del conjunto de varilla y palanca de la leva de alta.
- 10.- Conjunto de varilla y palanca de la leva de ventilación.
- 12.- Búje de varilla de la válvula de ventilación.
- 13.- Varilla de la válvula de ventilación.
- 14.- Resorte de la varilla de la válvula de ventilación.
- 15.- Conexión de entrada.
- 16.- Filtro de la conexión de entrada de combustible.
- 17.- Tornillo de rondana de seguridad de la cubierta de la taza.
- 18.- Conjunto de la cubierta de la taza.
- 19.- Pasador de bisagra de la palanca del flotador.
- 20.- Conjunto de palanca y flotador.
- 21.- Conjunto de aguja, asiento y empaque.
- 22.- Surtidor dosificador principal.
- 23.- Conjunto de válvula de potencia No desmontar.
- 24.- Empaques de la cubierta de la taza.
- 25.- Pesa de la bolita de descarga de la bomba.
- 26.- Bolita de retención de descarga de la bomba.
- 27.- Bolita de retención de admisión de la bomba.
- 28.- Bolita de retención del amortiguador.
- 29.- Bolita de retención del distribuidor.
- 30.- Retén de la varilla del amortiguador.
- 31.- Varilla del amortiguador.
- 32.- Retén de la varilla de la bomba.
- 33.- Varilla de la bomba.
- 34.- Retén de la palanca de la bomba.
- 35.- Rondana de la palanca de la bomba.
- 36.- Palanca de la bomba.
- 37.- Resorte de recorrido extra.
- 38.- Tornillo y rondana de seguridad de la cubierta del amortiguador.
- 39.- Cubierta del conjunto de palanca y amortiguador.
- 40.- Diafragma del amortiguador.
- 41.- Resorte de retroceso del amortiguador.
- 42.- Tornillo y rondana de seguridad de la cubierta de la bomba.
- 43.- Cubierta del conjunto de palanca y bomba.
- 44.- Diafragma de la bomba.
- 45.- Resorte de retroceso de la bomba.
- 46.- Conexión de la línea de distribución
- 47.- Válvula de control de chispa.
- 48.- Empaque de la válvula de control.
- 49.- Aguja de regulación de marcha al vacío.
- 50.- Resorte de la aguja de regulación de marcha al vacío.
- 51.- Conjunto de taza del flotador y cuerpo inferior.
- 52.- Válvula de aguja (solamente) 1965 en adelante.

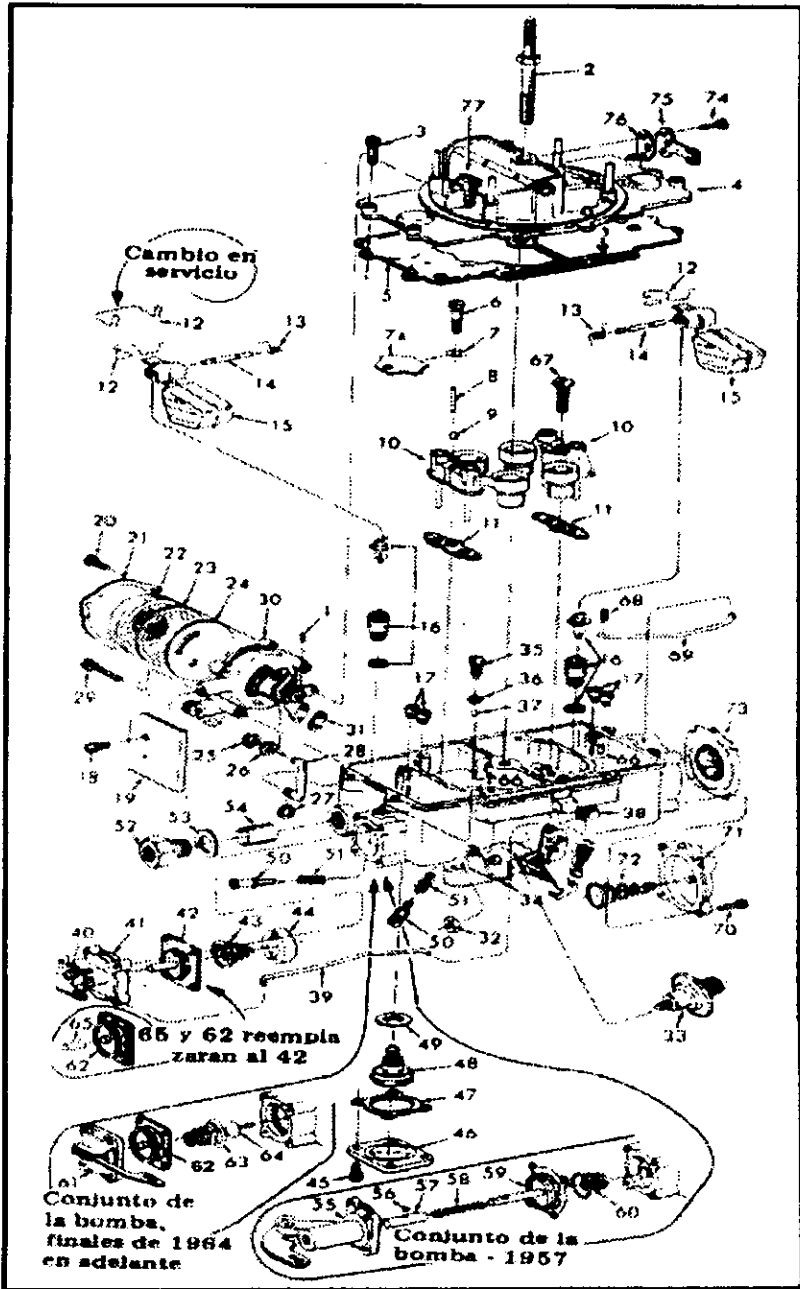


Partes componentes de un carburador Ford de dos gargantas, Modelo 2100.

Ref. No.

NOMENCLATURA.

- 1.- Retén de la varilla del ahogador.
- 2.- Perno del depurador de aire.
- 3.- Tornillo de la cubierta taza.
- 4.- Conjunto de la cubierta de la taza.
- 5.- Empaque de la cubierta de la taza.
- 6.- Tornillo de la boquilla de descarga de la bomba.
- 7.- Empaque del tornillo de la boquilla de descarga de la bomba.
- 7^A.- Placa (distribución de aire) de la boquilla de descarga de la bomba.
- 8.- Pesa de la bolita de retención de descarga.
- 9.- Bolita de retención de descarga.
- 10.- Conjunto venturi.
- 11.- Empaque del conjunto venturi.
- 12.- Retén del pasador del flotador.
- 13.- Resorte del amortiguador del flotador.
- 14.- Pasador de bisagra del flotador.
- 15.- Conjunto de palanca y flotador.
- 16.- Conjunto de aguja, asiento y empaque.
- 17.- Surtidores dosificadores principales.
- 18.- Tornillo y rondana de seguridad del protector de aire.
- 19.- Protector de aire.
- 20.- Tornillo y rondana de seguridad de la grapa estática.
- 21.- Grapa de la cubierta estática.
- 22.- Conjunto de resorte y cubierta estática.
- 23.- Empaque de la cubierta estática.
- 24.- Placa deflectora del ahogador.
- 25.- Retén superior de la varilla de alta marcha al vacío.
- 26.- Rondana superior de la varilla de alta marcha al vacío.
- 27.- Retén inferior de la varilla de alta marcha al vacío.
- 28.- Varilla de alta marcha al vacío.
- 29.- Tornillo y rondana de seguridad del alojamiento del ahogador.
- 30.- Conjunto del alojamiento del ahogador.
- 31.- Empaque del conjunto del alojamiento del ahogador.
- 32.- Tuerca de seguridad del amortiguador.
- 33.- Amortiguador.
- 34.- Soporte del amortiguador.
- 35.- Tornillo retén de la bolita de admisión.
- 36.- Empaque del tornillo de retén de la bolita de admisión.
- 37.- Bolita de admisión de la bomba.
- 38.- Retén de la varilla de la bomba.
- 39.- Varilla de la bomba.
- 40.- Tornillo y rondana de seguridad de la cubierta de la bomba.
- 41.- Conjunto de palanca y cubierta de la bomba.
- 42.- Conjunto del diafragma de la bomba.
- 43.- Resorte de retroceso del diafragma de la bomba.
- 44.- Llenador de cavidad de la bomba.
- 45.- Tornillo y rondana de seguridad de la cubierta de la válvula economizadora.
- 46.- Cubierta de la válvula economizadora.
- 47.- Empaque de la cubierta de la válvula economizadora.
- 48.- Válvula economizadora.
- 49.- Empaque de la válvula economizadora.
- 50.- Agujas de regulación de marcha al vacío.
- 51.- Resortes de las agujas de regulación de marcha al vacío.
- 52.- Conexión para entrada de combustible.
- 53.- Empaque de la conexión para entrada de combustible.
- 54.- Filtro de entrada de combustible.
- 55.- Conjunto de palanca y cubierta de la bomba -1957.
- 56.- Bolita de la manga del émbolo de la bomba -1957.
- 57.- Manga del émbolo de la bomba -1957.
- 58.- Resorte del émbolo de la bomba-1957.
- 59.- Conjunto del diafragma de la bomba -1957.
- 60.- Resorte del retroceso del diafragma de la bomba -1957.
- 61.- Conjunto de palanca y cubierta de la bomba.
- 62.- Conjunto de diafragma de la bomba.
- 63.- Resorte de retroceso del diafragma de la bomba.
- 64.- Válvula de retención de entrada de la bomba.
- 65.- Embolo del diafragma de la bomba.

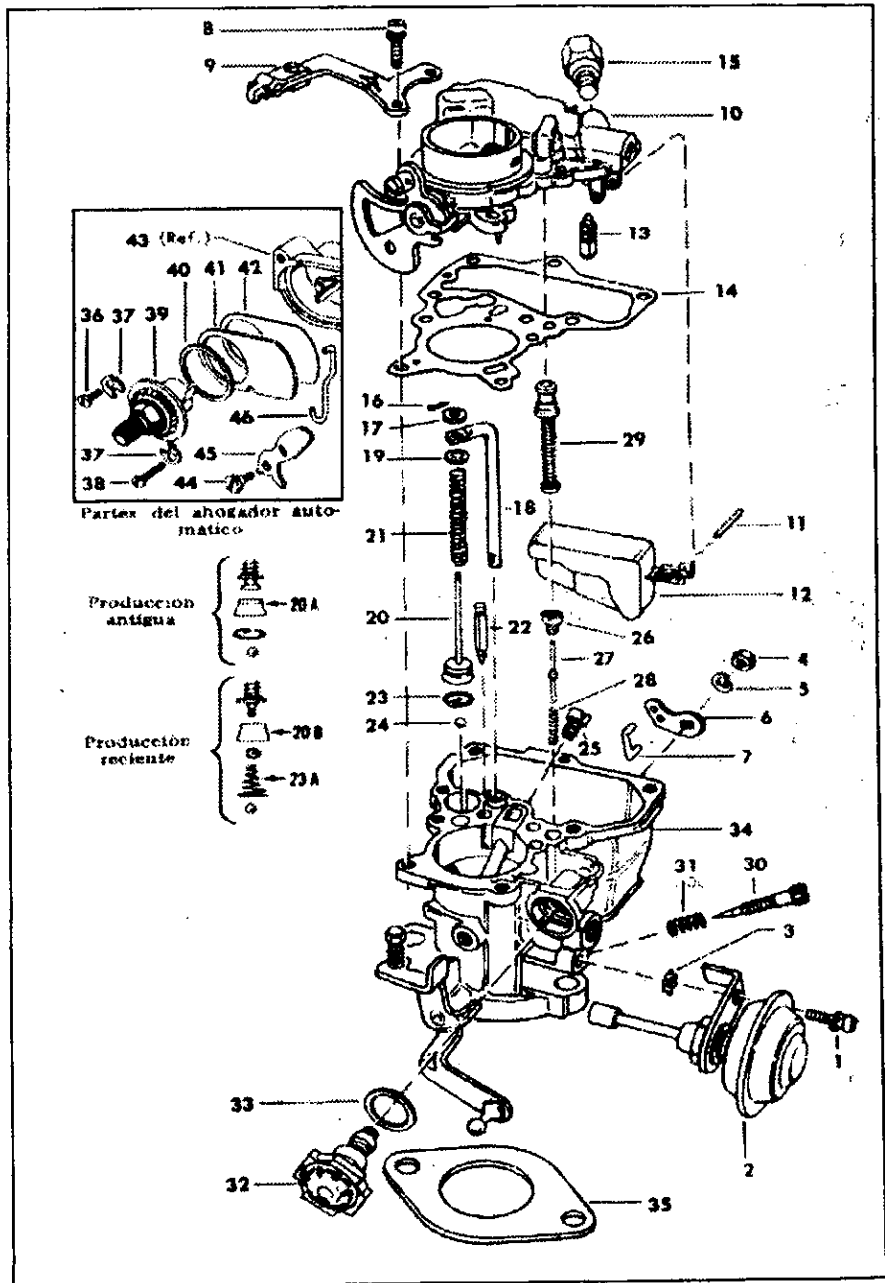


Partes componentes de un carburador Ford de cuatro gargantas, Modelo 4100.

Ref. No.

NOMENCLATURA.

- 1.- Retén inferior de la varilla del ahogador.
- 2.- Perno del depurador de aire.
- 3.- Tornillo de la cubierta de la taza.
- 4.- Conjunto de la cubierta de la taza.
- 5.- Empaque de la cubierta de la taza.
- 6.- Tornillo de la boquilla de descarga de la bomba.
- 7.- Empaque del tornillo de la boquilla de descarga de la bomba.
- 7A.- Placa (distribución de aire) de la boquilla de descarga de la bomba.
- 8.- Pesa de la bolita de descarga.
- 9.- Bolita de descarga.
- 10.- Conjuntos de venturi primario y secundario.
- 11.- Empaque del conjunto venturi.
- 12.- Retén del pasador del flotador.
- 13.- Resorte del amortiguador del flotador.
- 14.- Pasador de bisagra del flotador.
- 15.- Conjunto de palanca y flotador, primario y secundario.
- 16.- Conjunto de aguja, asiento y empaque.
- 17.- Surtidores y dosificadores principales, primarios y secundarios.
- 18.- Tornillo y rondana de seguridad del protector de aire.
- 19.- Protector de aire.
- 20.- Tornillo y rondana de seguridad de la grapa de la cubierta estática.
- 21.- Grapa de la cubierta estática.
- 22.- Conjunto de resorte y cubierta estática.
- 23.- Empaque de la cubierta estática.
- 24.- Placa deflectora ahogador.
- 25.- Retén superior de la varilla de alta marcha al vacío.
- 26.- Rondana superior de la varilla de alta marcha al vacío.
- 27.- Retén inferior de la varilla de alta marcha al vacío.
- 28.- Varilla de alta marcha al vacío.
- 29.- Tornillo y rondana de seguridad del alojamiento del ahogador.
- 30.- Conjunto del alojamiento del ahogador.
- 31.- Empaque del conjunto del alojamiento del ahogador.
- 32.- Traversa de seguridad del amortiguador.
- 33.- Amortiguador.
- 34.- Herraje soporte del amortiguador.
- 35.- Tornillo de retención de la bolita de admisión.
- 36.- Empaque del tornillo de retención de la bolita de admisión.
- 37.- Bolita de admisión de la bomba.
- 38.- Retén de la varilla de la bomba.
- 39.- Varilla de la bomba.
- 40.- Tornillo y rondana de seguridad de la cubierta de la bomba.
- 41.- Conjunto de palanca y cubierta de la bomba.
- 42.- Conjunto de diafragma de la bomba.
- 43.- Resorte de retroceso del diafragma de la bomba.
- 44.- Llenador de cavidad de la bomba.
- 45.- Tornillo y rondana de seguridad de la cubierta de la válvula economizadora.
- 46.- Cubierta de la válvula economizadora.
- 47.- Empaque de la cubierta de la válvula economizadora.
- 48.- Válvula economizadora.
- 49.- Empaque de la válvula economizadora.
- 50.- Aguja de regulación de marcha al vacío.
- 51.- Resorte de las agujas de regulación de marcha al vacío.
- 52.- Conexión para entrada de combustible.
- 53.- Empaque de la conexión para entrada de combustible.
- 54.- Filtro de entrada de combustible.
- 55.- Conjunto de palanca y cubierta de la bomba.
- 56.- Bolita de la manga del émbolo de la bomba.
- 57.- Manga del émbolo de la bomba.
- 58.- Resorte del émbolo de la bomba.
- 59.- Conjunto de diafragma de la bomba.
- 60.- Resorte de retroceso del diafragma de la bomba.
- 61.- Conjunto de palanca y cubierta.
- 62.- Conjunto del diafragma de la bomba.
- 63.- Resorte de retroceso del diafragma de la bomba.
- 64.- Válvula de retención de entrada de la bomba.
- 65.- Émbolo del diafragma de la bomba.
- 66.- Deflector del pasaje del igualador, primario y secundario.
- 67.- Tornillo del conjunto secundario.
- 68.- Retén de la varilla del acelerador secundario.
- 69.- Varilla del acelerador secundario.
- 70.- Tornillo de la cubierta del diafragma secundario.
- 71.- Cubierta del diafragma secundario.
- 72.- Resorte del diafragma secundario.
- 73.- Diafragma secundario.
- 74.- Tornillo de la válvula de compensación de marcha al vacío en caliente.
- 75.- Válvula de compensación de marcha al vacío en caliente.
- 76.- Empaque de la válvula de compensación de marcha al vacío en caliente.
- 77.- Imán y soporte.



Partes componentes de un carburador Holley de una garganta, Modelo 1909.

Ref. No.

NOMENCLATURA.

- 1.- Tornillo y rondana de seguridad del herraje del amortiguador.
- 2.- Conjunto de amortiguador.
- 3.- Rondana de seguridad.
- 4.- Tuerca de la palanca de la bomba.
- 5.- Rondana de seguridad de la tuerca de la palanca de la bomba.
- 6.- Palanca de la bomba.
- 7.- Eslabón de la bomba.
- 8.- Tornillo y rondana de seguridad (8) de la cubierta de la taza.
- 9.- Conjunto de soporte del control del ahogador.
- 10.- Conjunto de la cubierta de la taza.
- 11.- Pasador de bisagra del flotador
- 12.- Conjunto del flotador.
- 13.- Aguja de entrada de combustible.
- 14.- Empaque de la cubierta de la taza.
- 15.- Conexión para entrada de combustible.
- 16.- Retén del resorte de la bomba.
- 17.- Rondana del émbolo de la bomba.
- 18.- Varilla de operación de la bomba.
- 19.- Rondana del émbolo de la bomba.
- 20.- Conjunto del émbolo de la bomba.
- 20A.- Casquete de la bomba (Se ajusta al vástago).
- 20B.- Casquete de la bomba (Encaja sin ajustar, se sostiene con una grapa E).
- 21.- Resorte de la bomba.
- 22.- Aguja de descarga de la bomba.
- 23A.- Resorte del retén de la bolita de retención de admisión de la bomba.
- 24.- Bolita de retención de admisión de la bomba.
- 25.- Surtidor dosificador principal.
- 26.- Retén de la válvula de potencia.
- 27.- Válvula de potencia.
- 28.- Resorte de la válvula de potencia.
- 29.- Conjunto de pistón de la válvula de potencia.
- 30.- Aguja de regulación.
- 31.- Resorte de la aguja de regulación.
- 32.- Válvula de chispa.
- 33.- Empaque de la válvula de chispa.
- 34.- Conjunto del cuerpo principal.
- 35.- Empaque de la pestaña.
- 36.- Tornillo retén de la cubierta estática.
- 37.- Retén de la cubierta estática.
- 38.- Tornillo retén de la cubierta estática.
- 39.- Conjunto de la cubierta estática.
- 40.- Empaque de la cubierta estática.
- 41.- Placa del alojamiento del ahogador.
- 42.- Empaque de la placa de la cubierta del ahogador.
- 43.- Cubierta de la taza.
- 44.- Tornillo de la leva de alta.
- 45.- Leva de alta.
- 46.- Eslabón de alta del eslabón.

Sistema de escape.

Después que la mezcla aire-combustible ha sido quemada en los cilindros del motor, se le expulsa de los mismos al abrirse las válvulas de escape en los tiempos de escape de los pistones. Los gases quemados pasan al colector de escape y de allí al tubo de escape, al silenciador, al resonador (en algunos automóviles) y al exterior. El colector de escape es un conjunto de tubos para el paso de los gases de escape del cilindro y su expulsión al aire por tubo de escape. El colector de escape se sitúa normalmente, bajo el de admisión y existe una conexión que los une. La finalidad de tal conexión es suministrar calor al de admisión (de los gases calientes de escape) cuando se pone en marcha el motor por vez primera, consiguiéndose de tal forma una buena vaporización de la gasolina que penetra en los cilindros por el colector de admisión. Esta disposición mejora el funcionamiento del motor en tiempos de bajas temperaturas.

Los motores V-8 poseen dos colectores de escape, uno en cada línea de cilindro, montados en su lado externo. Cada uno de ellos posee su tubo de escape propio, pero en ciertos automóviles los dos se unen en un tubo común, que a su vez lo está a un silenciador y a una "cola de pez". De esta forma los gases de escape se confunden en el tubo común y pasan al silenciador. En algunos motores V-8 existen dos sistemas de escape independientes. Esta disposición mejora en cierta medida su capacidad de "respiración" y permite un escape más libre aumentando su fuerza de expulsión. Algunos poseen, además, en el sistema de escape, un resonador que coadyuva con el silenciador en amortiguar los ruidos de escape.

Los gases de escape contienen una variedad de compuestos gaseosos, muchos hidrocarburos no quemados y monóxido de carbono. Todos estos compuestos contribuyen en la formación de "smog" o niebla que tan a menudo se ciernen sobre nuestras grandes ciudades. Por ser estas nieblas una amenaza para la salud, los fabricantes de automóviles han ideado métodos para convertir estos compuestos en gases inofensivos. Uno de los métodos, utilizado por General Motors y Ford, consisten en inyectar dosis de aire suplementario a los gases calientes que se expulsan por las lumbreras de escape. Otro de los métodos, utilizado por Chrysler, estriba en una válvula sensora que mejora la combustión durante los períodos críticos, como, por ejemplo, en ralentí.

En lugar de ser expulsado por el sistema de escape, algunos de estos productos gaseosos de combustión pasan al cárter. En los modelos antiguos estos gases pasaban al aire por una tubería conectada al cárter. En los modelos recientes se monta un sistema de cárter cerrado con ventilación en el cual los gases del cárter se descargan al colector de admisión.

En el párrafo siguiente, hablaremos de los dispositivos antiniebla mencionados y de otras modificaciones en el motor encaminadas al mismo fin. Entre éstas

figuran reactores térmicos y convertidores catalíticos para tratar los gases de escape y reducirlos o para eliminar los reactores térmicos y los convertidores catalíticos se instalan en el tubo de escape según se explicará en el párrafo siguiente.

Sistema de colector de admisión y colector de escape sintonizados.

Con el fin de mejorar la suavidad de marcha del motor a altas velocidades, se les dota de válvulas de la mayor dimensión posible y los conductos de los colectores de admisión y de escape se disponen de forma que permitan el máximo paso de aire. Ello permite a su vez que penetre en el motor mayor cantidad de mezcla y que aquél funcione con mayor regularidad y suavidad.

Otro de los métodos para mejorar la admisión de aire consiste en sintonizar el colector de admisión con el escape. "Sintonizar" en nuestro caso significa diseñar el largo y la dimensión adecuada del colector de admisión entre carburador y lumbrera de admisión. La sintonización del múltiple de admisión es semejante a la operación de sintonía que se realiza en los tubos de éste, el aire es puesto en vibración. A medida que vibra el aire en el tubo, pasan rápidamente ondas de alta presión hacia arriba y hacia abajo del tubo y esta acción es la productora del sonido. (El sonido no es otra cosa que ondas de alta presión que atraviesan el aire.) En un colector de admisión sintonizado, la mezcla entrante es también puesta en vibración, no para que reduzca el sonido sino para aumentar el ímpetu de la mezcla produciéndose así un efecto de sobrecarga. En circunstancias óptimas, la onda de alta presión de mezcla alcanza la lumbrera de la válvula de admisión en el preciso momento en que la válvula se abre.

Las ondas de alta presión en la mezcla se inician con el sonido del cierre de la válvula de admisión. Las ondas pasan hacia atrás y hacia adelante por el tubo o manga del colector. Si ésta es del largo correcto, las ondas resonaron, o pasaron hacia adelante y hacia atrás sin gran pérdida de energía. Luego, en condiciones óptimas, cuando se abre de nuevo la válvula, la onda de alta presión golpeará a la lumbrera de la válvula en el instante preciso para producir el empuje. Desde luego no es posible sintonizar un colector para que se produzca este efecto en todas las velocidades. La velocidad de las ondas sonoras a través de la mezcla no variará mucho, pero los intervalos de tiempo entre el cierre y la apertura de la válvula si varían grandemente según las velocidades. Por lo general, el colector de admisión se sintonizará para que se halle en fase cuando el motor está girando a velocidad cercana a su máximo. Este es el momento en que la eficiencia volumétrica comienza a disminuir y es más necesario el efecto empujador.

Por igual motivo algunos motores tiene también sintonizados sus sistemas de escape. En un sistema sintonizado, las ondas de alta presión formadas en los gases de escape, añaden un ímpetu que acelera su salida consiguiendo un

escape casi perfecto de los gases quemados en el cilindro. Sobra decir que el rendimiento del motor mejora sensiblemente.

Nieblas y polución atmosférica.

El sistema de alimentación y los motores de los automóviles arrojan a la atmósfera una serie de compuestos gaseosos, entre ellos hidrocarburos incompletamente quemados y monóxido de carbono. Estos gases contribuyen a la formación de las nieblas que a menudo podemos observar ensuciando el ambiente de nuestras grandes ciudades. Por ser estas nieblas muy nocivas para la salud, los fabricantes de automóviles han introducido ciertos dispositivos y han alterado sus diseños con el fin de reducir al mínimo la creación de sustancias de esta clase. De hecho son cuatro las fuentes posibles de estas sustancias en el automóvil: Cáster del motor, carburador, depósito de gasolina y sistema de escape.

1.- Ventilador del Cáster. Debe de circular aire por el cáster cuando el motor esta en marcha por el motivo de que durante ciertas fases de funcionamiento pasan carburante y agua al cáster. Igualmente, en la carrera de expansión se produce retrocesos en los que penetran gases en el cáster. El agua aparece como producto de combustión. Cuando el motor está frío, se condensa cierta cantidad de agua en las paredes del cilindro y se precipita hacia el cáster. De la misma forma se condensa también cierta cantidad de carburante en las paredes que asimismo se desliza en el cáster. A menos que no se eliminen estos líquidos, se combinarán con el aceite para formar lodo. En funcionamiento normal a medida que el motor se calienta, estos líquidos se vaporizan y son eliminados por el sistema de ventilación del cáster.

En los motores de construcción anterior, el cáster se ventilaba por medio de una abertura practicada en la parte frontal de motor y un tubo de ventilación en la parte trasera del mismo. El movimiento hacia adelante del vehículo más la rotación del cigüeñal forzaba el paso de aire por el cáster arrastrando los vapores de agua y de carburante para descargarlos en la atmósfera.

Con el fin de evitar poluciones de la atmósfera, los coches modernos van dotados de cáster cerrado y sistemas de ventilación PCV, (ventilación positiva del cáster) que envían el aire de ventilación del cáster hacia el colector de admisión para que penetre en los cilindros del motor. Allí se quema todo resto de carburante.

En el motor de seis cilindros penetra aire filtrado procedente del filtro de aire, hacia el tapón de llenado de aceite y se desliza luego hacia la cámara del balancín de válvula sobre la cabeza del cilindro. Desde allí por las aberturas de la varilla empujadora del balancín y por los orificios de drenaje de aceite, hacia el cáster. Luego fluye hacia arriba, hacia la cámara del balancín de válvula y hacia el

colector de admisión por un conducto situado en la parte trasera de la tapa del balancín. Se mantiene un ligero vacío en el cárter del motor por medio de un reducido estrangulamiento en el tapón de llenado. Entre la cubierta del balancín y el colector de admisión se coloca una válvula reguladora de ventilación de cárter. Esta válvula se mantiene abierta la mayor parte del tiempo de funcionamiento con el fin de permitir una buena circulación por el cárter. Sin embargo, durante la marcha en ralentí cuando el vacío hace adoptar a la válvula su posición de cerrada. Existe, por tanto, un reducido paso que disminuye grandemente el flujo de aire. De no existir esta válvula, circularía excesiva cantidad de aire en marcha en ralentí que alteraría la proporción de aire y carburante correcta.

En el motor de 8 cilindros en V, el aire filtrado procedente del filtro de aire, penetra primeramente en una de las cámaras por el tapón de llenado de aceite, pasa luego al cárter y después hacia arriba, a la otra cámara en la otra bancada de cilindros. Desde allí, por la válvula reguladora, al colector de admisión.

2. - Sistema de escape. La combustión en el motor nunca es completa; carburante incompletamente quemado (hidrocarburos) y monóxido de carbono, salen a la atmósfera con los gases de escape. En la actualidad se aplican diversos medios para disminuir estos tan indeseables productores de nieblas poluciones. Uno de ellos consiste en inyectar aire fresco suplementario a los gases calientes de escape del colector que completan la combustión; otro de ellos estriba en un diferente diseño del motor que permite mejorar la combustión al interior del propio cilindro.

Se utilizan también dispositivos adosados al sistema de escape, convertidores de los gases nocivos en otros inofensivos. Examinemos más detenidamente los referidos gases. En primer lugar figuran, desde luego, los hidrocarburos no quemados. Sigue luego el CO o monóxido de carbono que es carbono parcialmente quemado. Tenemos asimismo los NOx u óxidos de nitrógeno. Durante el proceso de combustión en el motor pueden formarse varios óxidos de nitrógeno. El nitrógeno constituye 80 por 100, aproximadamente, de nuestra atmósfera y el oxígeno el restante 20 por 100, junto con pequeñas cantidades de otros gases. Normalmente el nitrógeno es inerte, es decir, no se combina con otros gases pero a las altas temperaturas de combustión, parte del nitrógeno se combina con oxígeno. El símbolo químico de estos óxidos de nitrógeno es NOx siendo x la cifra indicadora del contenido de oxígeno. Las formas más comunes de estos óxidos, hallados en los gases de escape son óxido nítrico o NO y dióxido de nitrógeno NO₂.

Algunos de tales óxidos son tóxicos. Pueden resultar venenosos en cantidades excesivas. Una de sus formas es anestésica, es decir, es susceptible de producir sueño. A la luz del sol y en ambiente húmedo, algunos óxidos de nitrógeno se transforman en ácido nítrico cuya fórmula química es HNO₃. Este ácido es el causante de las nieblas productoras de tos y malestar en los ojos.

Más adelante explicaremos los sistemas de escape reductor o eliminadores de los nocivos HC, CO y NOx de los gases de escape. Previamente describiremos otros dispositivos y modificaciones proyectados para aminorar la producción de nieblas contaminantes del automóvil.

3.- Inyección de aire. El sistema de inyección de aire o Thermactor, en este sistema, una bomba mandada por el motor envía aire por una válvula auxiliar a un colector de aire montado a un lado del colector de escape. A medida que los gases calientes de escape salen de los cilindros, se fuerzan su mezcla con aire fresco que completa su combustión y una válvula de retención impide el retroceso de los mismo hacia la bomba de aire cuando la presión de los gases de escape rebasa la presión de la misma. La válvula en cuestión actúa durante la desaceleración del motor (cuando el vacío del colector de admisión es muy alto) para enviar el aire de la bomba momentáneamente a la atmósfera en lugar de hacerlo a los múltiples de escape.

4.- Modificaciones en la distribución. La mezcla comprimida en la cámara de combustión es inflamada por la chispa de la bujía cierto número de grados de rotación del cigüeñal antes de que el pistón alcance su punto muerto superior en el tiempo de compresión. El avance de la chispa es de unos 45° antes de llegar el pistón al referido punto muerto y otorga a la mezcla el tiempo suficiente para quemarse y producir la presión que empuja al pistón hacia abajo en el tiempo de expansión.

Con el fin de controlar el avance de la chispa y con miras a disminuir los gases contaminantes de escape, se han introducido varias modificaciones en el sistema de encendido y en la distribución. Algunas de ellas ofrecen control suplementario durante el giro del motor en frío y ralentí, en ralentí caliente, en deceleración y en funcionamiento de la caja de cambios en cualquier marcha excepto las más altas.

El reglaje del encendido y distribución se ha modificado en muchos motores con el fin de conseguir una mejor combustión del carburante. Algunos carburantes están provistos de una válvula de control de vacío que impide el avance por vacío del distribuidor en ralentí. Esta disposición mejora la combustión durante ralentí disminuyendo la formación de nieblas contaminantes en los gases de escape. Otros sistemas impiden el avance por vacío en todas las velocidades de la caja excepto en las más altas, dado que el avance por vacío en las marchas cortas aumenta la producción de contaminantes en el escape. Estos sistemas poseen un dispositivo de control de sobrecalentamiento del motor. Es decir, cuando el motor comienza a calentarse en exceso, el control se interrumpe y se produce el avance por vacío. El avance se produce mientras el motor esté sobrecalentado. Tan pronto como se sitúa a temperatura normal de funcionamiento, el control entra de nuevo en acción. Para más amplia información sobre modificaciones en la distribución.

Los últimos modelos Ford y Chrysler llevan un dispositivo de sensibilidad-velocidad que controla el avance del vacío. En el cable del marcador de velocidad, se produce una señal de corriente alterna cuya frecuencia es directamente proporcional a la velocidad que lleva el vehículo. A menos de 18 millas por hora (29 km/h) en deceleración y de 23 a 28 millas (37 a 45 km/h) en aceleración, la señal dispara un solenoide que cierra la línea de avance de vacío del distribuidor. La disposición elimina cualquier avance por vacío a bajas velocidades y a bajas temperaturas.

5.- Modificaciones en el motor. Recientemente se han introducido ciertos cambios en los motores y en los sistemas de alimentación y de encendido y en los sistemas de alimentación y de encendido que han desembocado en una sensible disminución de los contaminantes liberados por los gases de escape. Son varios los nombres con que se han distinguido estos nuevos diseños. Chrysler denomina a sus cambios con el nombre de cleaner-air system (CAS).

Ford utiliza la expresión improved combustion (IMCO) y General Motors le llama controlled combustion system (CCS).

a) Sistema Purificador de Aire de Chrysler. Se sirve de calibrados de menor dimensión en el carburador, de un estrangulador de más rápida acción, de una admisión de aire precalentado (con el filtro de aire controlado termostáticamente explicado anteriormente), el sistema PVC descrito y un retardo de solenoide en el distribuidor. El dispositivo retardador de solenoide actúa cuando el motor gira en ralentí y cuando está caliente. Durante este tiempo el solenoide es activado para que se retrase el tiempo de ignición y ésta se produzca más cerca del punto muerto superior. De esta forma se mejora la combustión y escapa menor cantidad de hidrocarburos incompletamente quemados con los gases de escape. Algunos motores de alto rendimiento poseen, además, otro solenoide para evitar que continúe girando el motor después de haberse cerrado el contacto. Este hecho puede ocurrir en tales motores porque está ajustado su ralentí de 800 a 1000 revoluciones por minuto y de tal forma se consiguen bajas emisiones durante ralentí y deceleración. Sin embargo, el solenoide está dispuesto de modo que permita a las patillas de la mariposa su casi completo cierre cuando el conductor ha parado el motor.

b) Sistema Ford de combustión mejorada. El sistema IMCO de Ford consta también de una calibración de menor dimensión en el carburador y en el estrangulador y tiene modificada su distribución con el fin de conseguir un control suplementario del tiempo de encendido durante la deceleración y el ralentí. Se mejora así la combustión cuando el motor funciona en dichas condiciones. Por otra parte, en algunos motores se ha prolongado la carrera. El motor Ford seis cilindros de 1969 tiene una carrera de 3,91 pulgadas (99,31 mm) contra las 3,13 pulgadas (79,50 mm) del modelo del año anterior. La carrera más larga implica un mayor tiempo para una mejor combustión. Los ajustes para empobrecer la mezcla

en el carburador que podrían disminuir el rendimiento del motor después de un arranque en frío y con tiempo frío, se compensaron, como ya se explicó, por un filtro de aire controlado termostáticamente.

c) Sistema de combustión controlado de General Motors. El CCS de General Motors consiste también en modificaciones en el distribuidor y ajustes en el carburador iguales a los ya expuestos. Su filtro de aire controlado termostáticamente es similar del montaje Ford.

d) Diseño de los aros o anillos. Otro de los cambios introducidos con miras a disminuir los contaminantes del escape, es el empleo del segmento de pistón de sección angular y de un pistón especial. Este aro elimina el espacio frío que se crea entre el pistón y la pared del cilindro por encima del segmento de compresión superior. Este espacio aprisiona fracciones de mezcla cuya combustión queda impedida por la temperatura fría de las superficies adyacentes. La aplicación de este aro elimina el citado espacio, reduciendo así contaminantes del escape.

e) Relación S/V . Es la relación existente entre la superficie S del área de la cámara de combustión y su volumen V , en el punto muerto superior. Durante el proceso de combustión, en la superficie de la cámara se forman tenues capas de mezcla. Las paredes metálicas, relativamente frías, dificultan su combustión y no se queman. Si la superficie del área es relativamente grande con relación al volumen, el porcentaje de gasolina no quemada que pasar a los gases de escape será relativamente grande. Si, en cambio, la superficie del área es relativamente pequeña (relación S/V baja), el porcentaje de gasolina no quemada en los gases de escape será relativamente reducido.

La esfera es la figura geométrica con la menor relación posible entre S y V ; la cámara de combustión hemisférica produce, por tanto el mínimo porcentaje de carburante no quemado que pasa a los gases de escape. Por otra parte, la cámara en cuña especialmente de la cabeza en L tiene una relación S/V elevada y consiguientemente arrojan un alto porcentaje de gasolina no quemada por el escape.

Con el empleo del citado segmento de sección angular, según se ha explicado, se logra asimismo disminuir la cantidad de gasolina no quemada porque reduce la superficie del área de la cámara de combustión.

7. - Recuperación de vapor. A medida que la temperatura cambia, el tanque de combustible "respira", es decir cuando se calienta, el aire de su interior se dilata y parte de él sale por el orificio de aireación (o por el de su tapa). Después, cuando el tanque se enfría, se contrae el aire interior y penetra aire del exterior. Esta respiración es causa de pérdidas de carburante porque toda porción de aire que abandona el tanque contiene vapor de gasolina. De forma similar pierde también gasolina el carburador por la cuba. Al cerrar el contacto y pararse el motor, la cuba

está llena de gasolina. El calor que el motor desprende hace que parte de esta gasolina se vaporiza y pase al exterior a través del carburador y el filtro de aire. Con el fin de evitar estas pérdidas y la contaminación que de ellas resulta en la atmósfera, se impone la instalación de un sistema cerrado que condense los referidos vapores y los restituya. Tales sistemas se llaman FEC (fuel evaporation control), EEC (evaporation emission control) o VVR (vehicle vapor recover). El recipiente está lleno de carbón activado. En el momento en que se ha parado el motor y está penetrando calor en el carburador, los vapores de gasolina emanados de la cuba pasan por el recipiente y son absorbidos por el carbón. Luego, cuando el motor vuelve a arrancar, por el recipiente pasa aire en sentido contrario, arrastra la gasolina antes absorbida y la conduce al colector de admisión. En cuanto a los vapores emanados en el tanque, son capturados de forma parecida. La válvula reguladora de presión cierra los orificios de ventilación de la cuba impidiendo que escapen vapores hacia el exterior. Y a la inversa, cuando el motor arranca, la referida válvula abre los orificios y permite el funcionamiento normal del carburador. La válvula de control de purga, accionada por presión de los gases de escape, se abre para permitir el paso desde el recipiente que contiene carbón hacia el colector de admisión cuando el motor funciona.

En un control de evaporación ideado por Chevrolet, la conducción de purga está conectada a la tubería que une la válvula de ventilación del cárter con el carburador.

Este último queda protegido contra el calor desprendido por el motor aislamiento y por un radiador de aluminio. En este sistema adviértase que son tres las conducciones de aire acción que se dirige al depósito de carburante, de tal forma que una de ellas se halla siempre por encima del nivel del líquido con independencia de la inclinación a que esté sometido el vehículo. Todas ellas desembocan en un separador de líquido-vapor de modo que no es posible el paso de líquido por la conducción hacia la cápsula de carbón.

En lugar de una cápsula de carbón como elemento receptor de vapores de combustible, algunos sistemas utilizan el propio cárter. El sistema descrito anteriormente posee asimismo un tanque, situado al interior del depósito de combustible, de expansión térmica. La finalidad de este segundo tanque es compensar un eventual aumento de temperatura después de haberse llenado el depósito. A medida que la temperatura aumenta, el combustible se dilata y el segundo tanque ofrece espacio este aumento de volumen. El tanque posee también tapón aliviadero sellado, con válvulas que ceden sólo después de haberse acumulado cierto grado de presión o de vacío en el tanque. Normalmente, sin embargo, se hallan cerradas.

8.- Aislamiento del carburador. Muchas instalaciones modernas están dotadas de una placa aislante situado entre el carburador y colector de admisión con miras

a reducir la transferencia de calor desde este hacia el carburador esta disposición disminuye la evaporación de carburante de la cuba. Muchos carburadores modernos poseen además una junta aislante entre la junta del carburador y su cuba, que aminora el paso del calor hacia esta última.

9.- Convertidores catalizadores dobles. Estos dispositivos convierten HC, CO y NOx de los gases de escape en gases inofensivos. Un catalizador es un material capaz de provocar una reacción química, sin participar en ella de hecho. Es difícil explicar en qué consiste. La función catalizadora; incluso los científicos no están aún seguros. Al parecer las moléculas del catalizador facilitan la acumulación de las moléculas de gas.

En el sistema de escape tiene dos tipos de convertidores catalizadores. Uno de los convertidores es para los NOx y el otro para los HC y CO. El colector de escape está conectado por un tubo a las dos cajas del silenciador por las que deben pasar los gases. La primera está unida al convertidor catalizador para NOx. El catalizador suele presentar la forma de envoltura compuesta por pequeñas bolas o por una especie de panal. El gas es obligado a pasar por el laberinto así formado queda sometido a la acción del catalizador. A medida que pasan los gases los NOx se transforman en nitrógeno y oxígeno. Los gases de escape parcialmente transformados en la forma ante dicha pasan luego por el segundo convertidor catalizador que contiene un catalizador de distinta naturaleza. Conforme van pasando por él los gases, el HC es convertido en CO₂ y H₂O que son inofensivos. El monóxido de carbono queda convertido en dióxido de carbono. Es decir el catalizador da fin al proceso de combustión. Para colaborar a este proceso y con el fin de asegurar la presencia del volumen necesario de oxígeno, el sistema posee además una bomba que inyecta aire desde la parte frontal del motor a las cápsulas en las que se alojan los catalizadores.

Se puede ver cómo se limpian los gases de escape al pasar los dos catalizadores; salen de la parte trasera del segundo convertidor y pasan luego por el silenciador convencional exentos ya de la mayor parte de elementos productores de nieblas polucionantes. En la parte frontal del dispositivo hay una válvula accesoria que protege a los catalizadores y a sus cápsulas eventuales a altas temperaturas resultantes de determinados regímenes de motor y de ciertas alteraciones que éste experimenta. Cuando los gases procedentes del colector de escape son excesivamente calientes, entra en acción la válvula y los envía de los convertidores directamente al silenciador.

El sistema posee también otras características. Reenvía parte de los gases de escape hacia el mismo motor. Este proceso de retroceso recibe el nombre de recirculación de gases de escape. Sólo una pequeña parte de los referidos gases es recirculada dichos gases disminuyen la temperatura de la llama en la cámara de combustión y por motivos a un desconocidos esta temperatura aminorada disminuye a su vez la cantidad de óxidos de nitrógeno que se formulan. De este

modo el convertidor de NOx no trabaja tan intensamente para convertir los compuestos de NOx presentes en los gases de escape, en nitrógeno y oxígeno.

La mencionada disminución de la temperatura de la llama es una propiedad interesante. En los primeros tiempos durante las investigaciones encaminadas a la reducción de los gases de escape productores de contaminación los ingenieros buscaban formas de aumentar las temperaturas de combustión en las cámaras de los cilindros. Estas altas temperaturas eran de gran ayuda para la reducción de los hidrocarburos incompletamente quemados y el monóxido de carbono de los gases de escape. El inconveniente estribaba en que cuanto más se reducía la cantidad de estos dos elementos contaminantes mayor cantidad de NOx se formaba. Todo cuanto se ganaba por un lado perdía por el otro. Se llegó, pues, al sistema en el que cada uno de ellos se trata separadamente, es decir, uno de los convertidores asume el tratamiento de los gases de escape en cuanto a su contenido en NOx y el otro para los HC y CO.

Posteriormente se ideó una modificación al sistema explicado, consistente en una sola cápsula que trata los HC y CO, manteniéndose bajo el porcentaje de los NOx por medio del dispositivo de recirculación.

10.- Sistema de reactor térmico. Este sistema trabaja de la siguiente forma. Los gases de escape fluyen hacia el reactor; un reactor para cada bancada de cilindros en el motor V-8, el reactor opera como sustituto del múltiple de escape y provee un espacio mucho mayor para la combustión final de los hidrocarburos y el monóxido de carbono aún presentes en los gases de escape. En un motor normal carente de reactor, los gases de escape en el colector se hayan a una temperatura de alrededor de 1100 a 1200°F (593 a 648°C). Sin embargo, en el reactor térmico las temperaturas del escape pueden alcanzar hasta 1800°F (982°C). La bomba envía aire fresco hacia el gas del escape y por ello es sensiblemente elevada la cantidad de oxígeno que reaccionará químicamente con los hidrocarburos incompletamente quemados y con el monóxido de carbono. Esta combustión adicional la que mantiene una temperatura tan elevada en el reactor. Téngase en cuenta, además, el hecho de que el reactor posee un volumen interno de alrededor de unas cuatro veces mayor que un colector de escape normal. El gas permanece pues en el reactor térmico un tiempo más prolongado que los hidrocarburos y CO disponen de mayor tiempo para reaccionar con el oxígeno contenido en el aire que en él penetra.

Equilibrando todos los factores enumerados incluyendo el tamaño del reactor y el volumen del aire inyectado en el mismo, prácticamente todos los hidrocarburos y CO no quemados se convertirán en dióxido de carbono y agua inofensivos para el hombre.

La formación de óxidos de nitrógeno en el proceso de combustión se controla por un sistema de recirculación de gases de escape -EGR- como en el convertidor

catalizador anteriormente descrito. El sistema en cuestión extrae parte de los gases de escape saliente del reactor y los obliga a retroceder hacia el motor por el sistema de alimentación. El gas de escape es enfriado por un refrigerador por el que se le obliga a pasar. El refrigerador es un sistema en una cápsula que tiene una camisa que tiene agua. Los gases de escape así recirculados por el motor disminuyen la temperatura de la llama reduciéndose a su vez la formación de NOx.

11.- La industria trabaja para reducir la polución producida por los automóviles. Desde hace muchos años, la industria del automóvil está trabajando en la reducción de la polución del ambiente producida por los vehículos. Como acabamos de exponer, son muchas las modificaciones introducidas y diversos los dispositivos añadidos a los vehículos, encaminados a disminuir la polución que los mismos producen. Los dos sistemas expuestos fueron desarrollados por diversas compañías petroleras en colaboración con varias fábricas de automóviles.

Ford creó un laboratorio móvil, sobre ruedas. Este laboratorio puede ser trasladado de una parte a otra del país con el fin de comprobar vehículo bajo climas diversos. El tren de pruebas transporta el laboratorio cerrado. Al llegar al terreno o ambiente donde va a realizarse la comprobación, la sección central del laboratorio se expande, dejando espacio para colocar el vehículo que va a ser sometido a prueba.

Desde luego, este conjunto completo y minucioso es capaz de detectar con exactitud cualquier funcionamiento defectuoso del motor y medir la magnitud de polución contenida en los gases de escape. Es evidente que ningún servicio normal de comprobación de vehículos puede permitirse el lujo de poseer semejante equipo pero, por otra parte, tampoco es necesario dado que los fabricantes de equipos de prueba de automóviles han creado ya equipos sencillos al alcance de las posibilidades financieras de cualquier taller. El hecho es importante porque todos los países tarde o temprano van a introducir en sus programas de inspecciones periódicas la comprobación de las poluciones contenidas en los gases de escape. Si un automóvil emite un nivel de poluciones superior al establecido, no se permitirá su circulación hasta que no sean corregidas las causas productoras. Los comprobadores de gases de escape serán pronto una necesidad (ahora ya utilizados en el D.F. y parte de la República.).

El programa de inspecciones favorecerá a todos de una forma u otra intervienen en los servicios relacionados con el automóvil. Los vehículos que despidan excesiva cantidad de hidrocarburos no quemados, de CO o de NOx, por sus gases de escape no serán aprobados por los inspectores del estado. Estos van a exigir que los defectos sean subsanados y los automóviles tendrán que ir al taller para ponerlos en condiciones antes de volver a circular. Ello significa trabajo para los técnicos del automóvil que sepan lo que hay que hacer para la revisión del motor, del encendido, de la alimentación y del escape y para eliminar las causas de los

problemas relativos a hidrocarburos, CO o NOx. Todos los vehículos automóviles estarán debidamente controlados para mejorar el ambiente. Usted puede ser uno de los que desempeñe una parte importante en este programa con sus conocimientos de las causas y de su neutralización.

12.- Plomo en la gasolina. En años recientes se han reproducido discusiones sobre la adición de tetraetilato de plomo en la gasolina. Como explicaremos en el párrafo siguiente, este compuesto químico se añade a la gasolina para disminuir la tendencia a detonar. No obstante, muchas compañías productoras de gasolina están vendiendo su producto con poco o ningún plomo. Son varias las razones que apoyan esta postura. Hay que decir en primer lugar que el plomo es despedido por el motor en estado gaseoso. El plomo penetra pues en la atmósfera y puede ser peligroso porque es venenoso. Quienes respiran aire con carga de plomo lo acumulan en su cuerpo gradualmente. Cuando la absorción ha alcanzado cierto nivel puede ser causa de varias enfermedades del corazón, de los pulmones, del hígado, del cerebro, etc. El riesgo no es grande donde no existe concentración muy acentuada de automóviles, pero a medida que los vehículos van arrojando plomo en la atmósfera, el riesgo es preocupante. El peligro para la salud es un motivo para eliminar el plomo de la gasolina.

Otro poderoso motivo es que si se emplea en los sistemas catalizadores gasolina con contenido de plomo, el plomo deja muy pronto inservibles a los catalizadores. Hay que consumir pues gasolina exenta de plomo (Magna sin y Premium) si se utilizan sistemas catalizadores y se pretende que el motor rinda mas kilómetros por litro.

Comprobación de los gases de escape para detectar hidrocarburos y CO.

La gasolina mal quemada genera hidrocarburos (HC), y el monóxido de carbono (CO), son dos de los contaminantes que se hallan en los gases de escape y existen disposiciones legales que limitan su máximo. Como ya se ha indicado, la comprobación de los gases de escape para registrar la existencia de hidrocarburos y CO es o va a ser obligatoria en todos los países. Adviértase que el medidor de hidrocarburos indica partes por millón y el de CO registra porcentajes. El empleo del instrumento comprobador es muy sencillo. Se coloca la sonda en el tubo de escape del vehículo con el motor en marcha y por medio de una bomba se introduce gas de escape en el comprobador. Previamente el gas bombeado pasa por una cápsula de agua y por un filtro para suprimir el exceso de humedad.

La muestra de gas pasa luego por la válvula regulable. Esta válvula regulable. Esta válvula tiene por misión ajustar los medidores de hidrocarburos y de CO a las condiciones atmosféricas del ambiente en el que se realiza la prueba. Queda así neutralizado el efecto que el ambiente ejerce sobre la comprobación y que falsearía los resultados. Así pues, después del ajuste en cuestión, los gases de escape pasan por el indicador y por dos detectores de tipo infrarrojo. El indicador

de flujo arroja una prueba constante de lo registrado por el aparato. Si el filtro se obstruye o existe agua en los conductos, el indicador señala que el aparato no trabaja correctamente. No se hallará nuevamente en estado de servicio hasta que se haya eliminado el agua y se haya destruido el filtro.

A medida que la muestra de gas de escape pasa por los dos detectores de tipo infrarrojo, la cantidad de hidrocarburos es detectada por uno de ellos y el CO por el otro. El medidor de hidrocarburos arroja resultados en porcentajes. He aquí la forma de operar con el mismo.

- 1.- Colocar el conmutador en posición de Prueba.

- 2.- Empalma el tacómetro al cable de bujía.

- 3.- Efectúa la lectura en el indicador del flujo de escape debe permanecer en la zona verde y mantenerse quieta. Caso de que pase hacia la zona roja, retirar la cápsula y el filtro para limpiarlos. Asegurarse de que el anillo O está en su sitio y debidamente asentado al volver a colocar la cápsula. Volver a colocar el filtro con su extremo abierto hacia arriba. Aprieta firmemente el saliente de tuerca de la cápsula. Si el indicador salta rápidamente, es señal de que existe agua en la tubería de muestra de escape. Eliminarla empezando por la conexión con el filtro.

- 4.- Coloca la sonda en el tubo de escape del vehículo.

- 5.- Comprobar cómo sigue el calibrado los medidores de hidrocarburos y de monóxido de carbono.

- a) Pon el conmutador TEST/CALIBRATE (prueba /calibración) de cada medidor en la posición CALIBRATE. Las agujas respectivas deben caer encima de la barra o línea gruesa negra del cero de la escala.

- b) Aprieta y manteen cada botón SPAN (gama o escala) sucesivamente. Las agujas deben moverse hasta las respectivas posiciones SPAN SET (ajuste de escala).

- c) Si las agujas no dan esta indicación, deben ser recalibrados los medidores. Para ello se ponen los conmutadores en la posición de calibración y se giran los ajustadores de cero cuanto sea necesario para que las agujas vuelvan a la línea cero. A continuación se aprieta el botón SPAN del medidor HC o CO que se está calibrando, mientras se gira su respectivo ajustador de escala (SPAN SET) hasta que la aguja quede en la posición SPAN SET marcada en la escala del medidor.

- d) Poner los conmutadores en la posición de prueba (SET) y seguir adelante con la comprobación.

6.- Realiza las pruebas con el motor en ralentí y a las revoluciones señaladas. Procede a la lectura en los medidores de hidrocarburos y CO. Eso es todo cuanto hay que hacer. Si las lecturas son altas hay que efectuar las necesarias correcciones. Fundamentalmente la corrección consiste en cosas sencillas como una afinación o un ajuste completo del motor dependiendo de las condiciones del motor.

Juegos convertidores.

En la actualidad se dispone ya de juegos (kits) de convertidores que permiten habilitar a los vehículos antiguos para una menor emisión de contaminantes. Una de las ventajas de la instalación de un juego de este tipo estriba en que cuando el usuario decide instalarlo tiene que llevarse a cabo un reajuste del motor, pues ello es parte integrante de la operación. Y como se ha dicho anteriormente, un ajuste correcto elimina ya de por sí buena cantidad de polución, aparte de la conseguida con la instalación del juego convertidor. Existen de ellos dos tipos generales, creados uno por General Motors y Ford y otro por Chrysler. La instalación del tipo General Motors y Ford requiere el empobrecimiento de la mezcla de ralentí según antes se ha dicho, así como eliminación del avance por vacío del distribuidor en la mayor parte de condiciones. Adviértase que exige aumentar la velocidad del ralentí, una mezcla más pobre de ralentí y un ajuste de la distribución del encendido en la posición de retardo. El interruptor térmico y de vacío se conecta al tubo superior del depósito del radiador. Su finalidad es permitir el avance por vacío en caso de que el motor empiece a recalentarse. Durante funcionamiento normal dicho interruptor bloquea el conducto entre el carburador y el distribuidor de encendido. Sin embargo, cuando la temperatura del motor es excesiva, comienza a dilatarse una bola de cera dentro del interruptor y empuja a un émbolo encargado de abrir el conducto entre el carburador y el distribuidor de encendido. En tal condición puede tener lugar el avance por vacío y esto disminuye la temperatura del motor. A medida que disminuye la temperatura del motor, la bola de cera se contrae y mueve a la inversa el émbolo cerrándose el conducto. El avance por vacío queda eliminado de nuevo.

En el juego de Chrysler se permite el avance por vacío durante la marcha normal, pero en la aceleración, cuando la emisión del escape puede ser elevada, se elimina el avance.

Factores relacionados con el aumento y disminución de emisiones.

Existen factores que determinan el aumento o disminución de emisiones de gases al medio ambiente, que se relacionan de la siguiente manera:

1) Lecturas altas de HC (hidrocarburos), se relacionan con presencia de gasolina no quemada, es usual por problemas de encendido (malas bujías, cables de bujías o bobina dañada, fuera de tiempo del motor, etc.)

2) Lecturas altas de CO (monóxido de carbono), se relacionan con la falta de suficiente oxígeno durante la combustión de la gasolina. Ello se debe a mezclas muy ricas en el carburador, inyectores con fugas, filtros de aire sucios válvula de PVC dañada u operación defectuosa del sistema de abastecimiento de combustible (bomba de gasolina, mangueras, etc.)

3) El bióxido de carbono (CO₂), aunque no está normado es un elemento importante para determinar la eficiencia en la combustión. Una máquina bien ajustada nos puede dar lecturas de CO₂ entre 13 y 15% (ideal) con valores de HC y CO cercanos al cero; si el valor de CO₂ es demasiado bajo, indica posibles rupturas en el sistema de escape u otros problemas que causan una dilución en la mezcla de escape.

4) El oxígeno (O₂) es porcentaje de este gas que queda en el escape después del proceso de combustión de la gasolina. Este valor puede usarse para determinar el ajuste del carburador o la mezcla aire/combustible que está manejando la computadora del coche. El oxígeno es muy útil para determinar fugas en el sistema de vacío y problemas de falla de encendido como cascabeleo. El rango ideal para el oxígeno está entre 1.5 y 0, dependiendo del vehículo y los sistemas de control aire que posee.

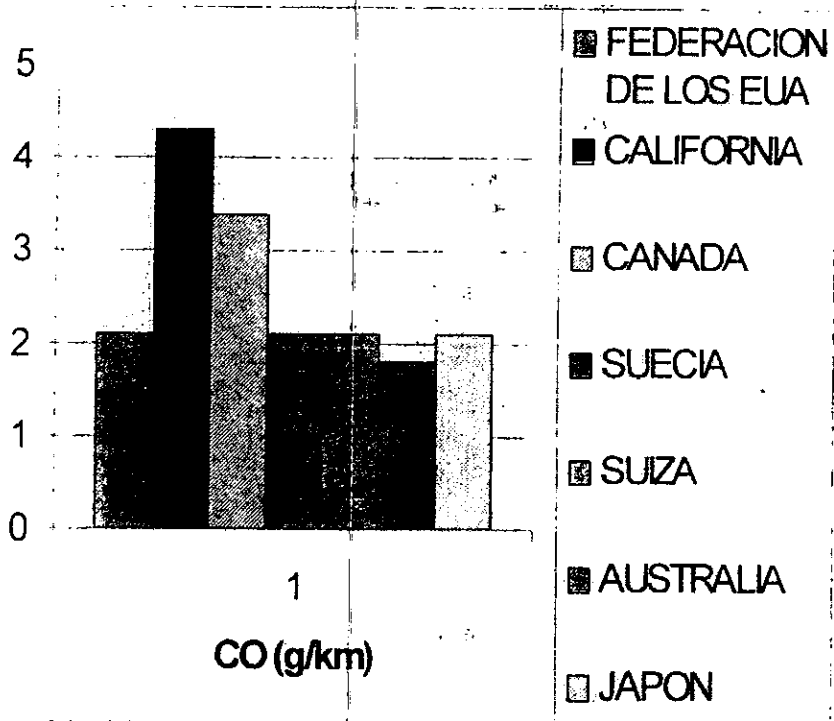
5) Revoluciones muy altas en ralentí lo que indica que el vehículo se encuentra constantemente muy acelerado, consumiendo más gasolina que la necesaria.

Con esta sencilla lista se puede dar cuenta en condiciones se encuentra el motor de su vehículo y poder detectar con mayor facilidad algunas de las fallas que alteren el buen funcionamiento de este.

Representaciones gráficas de las emisiones.

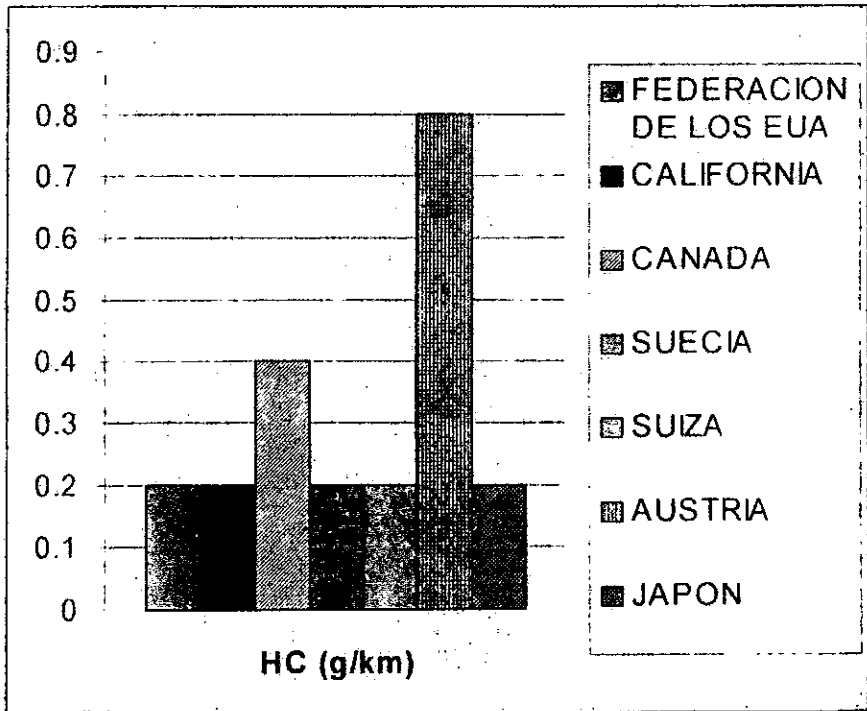
EMISIONES PERMISIBLES EN TODO EL MUNDO CO (g/km)

Los niveles permisibles de emisión varían por todo el mundo. Aunque los Estados Unidos son estrictos, muchos otros países no lo son.



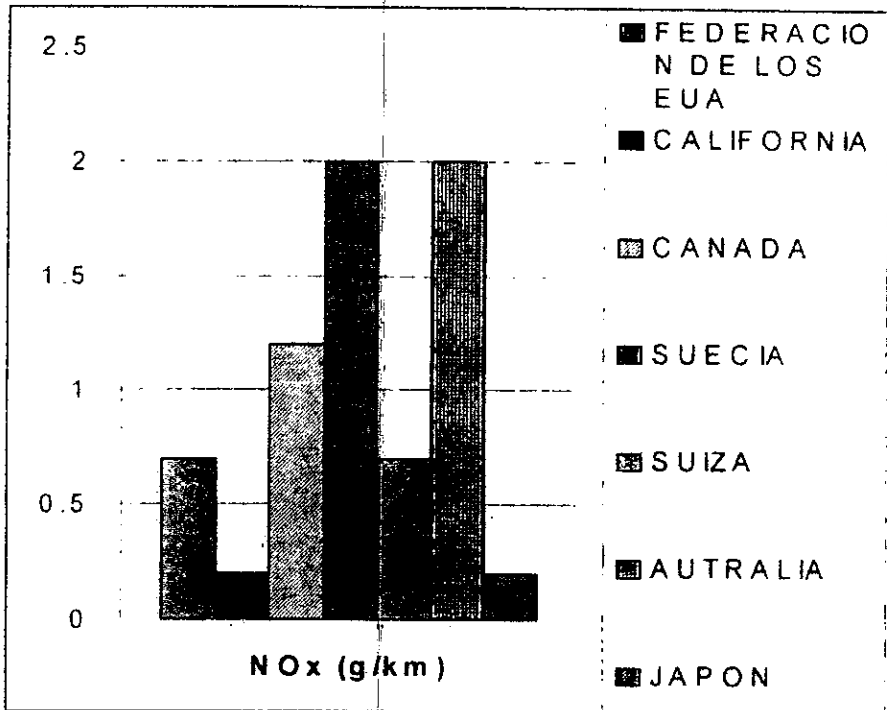
EMISIONES PERMISIBLES EN TODO EL MUNDO HC (g/km)

Los niveles permisibles de emisión varían por todo el mundo. Aunque los Estados Unidos son estrictos, muchos otros países no lo son.



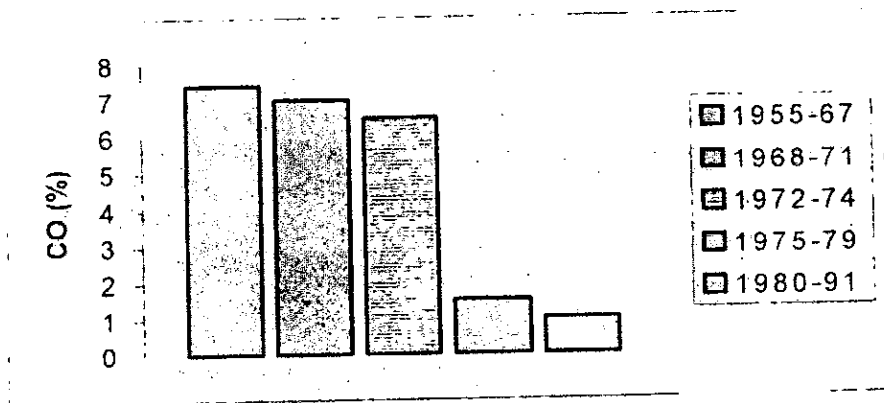
EMISIONES PERMISIBLES EN TODO EL MUNDO NOx (g/km)

Los niveles permisibles de emisión varían por todo el mundo. Aunque los Estados Unidos son estrictos, muchos otros países no lo son.



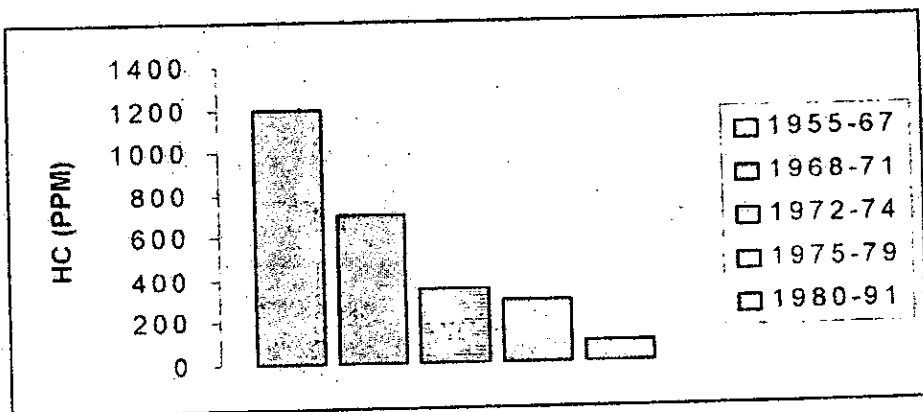
EMISIONES PERMISIBLES DE CO DE 1955 A 1991

Los niveles permisibles de CO han estado disminuyendo uniformemente a través de los años.

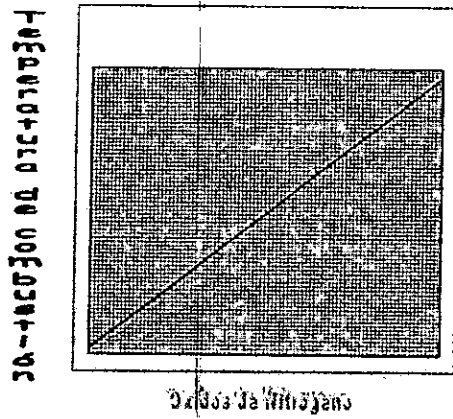


EMISIONES PERMISIBLES DE HC DE 1955 A 1991.

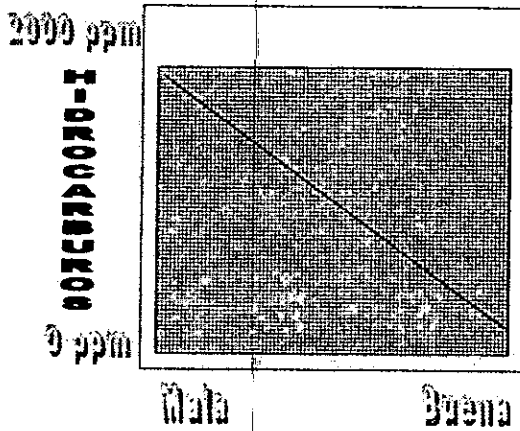
Los niveles permisibles de HC han estado disminuyendo desde los cincuentas. El nivel permisible actual es de menos que el 0.00001%. Eso se compara con un nivel permisible de CO que sobrepasa el 1%.



Conforme aumenta la temperatura de combustión la producción de NOx también sube



Las emisiones altas de HC indican una calidad de combustión pobre. Fugas de vacío, relación aire-combustible, compresión y problemas de ignición, todos pueden disminuir la calidad de combustión e incrementar las emisiones de HC.



CAPITULO V.

FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE INYECCION DE GASOLINA.

El objetivo es conocer los diferentes sistemas de inyección de gasolina.

Los sistemas de inyección.

Para empezar cabe destacar la importante innovación que representa que la aportación del combustible no este realizada por el aire directamente sino 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 el carburador presenta en lo que hemos llamado la inercia del aire con respecto a la gasolina. Tampoco afectan en este sistema la forma y longitud de los tubos porque el inyector, se coloca inmediatamente después de la válvula de admisión y con el chorro orientado hacia el punto más conveniente para su entrada en el cilindro cuando la válvula de admisión se abra. También hay que destacar que 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.

El punto más flojo de la inyección se encuentra en el hecho de que, al igual que el carburador, tampoco tiene en todos los sistemas un control de peso del aire y por ello mantiene los mismos defectos que hemos visto cuando comentábamos este defecto en el carburador. La diferencia estriba, no obstante, en el hecho de que con la aportación de las grandes posibilidades de la electrónica los sistemas de inyección de gasolina pueden acceder a medir todo lo que sea y a conseguir dosificaciones tan precisas como sean deseables cuando la inyección de gasolina para cada cilindro esté regida por una unidad electrónica de control provista de todos los sensores convenientes para llevar a cabo una tan afinada dosificación. Esta tendencia se está observando en los sistemas más sofisticados llevados a cabo por la importante casa BOSCH, pero también hay producciones de otras marcas que llevan el mismo camino. La presencia de la electrónica en la inyección de gasolina ha abierto a estos sistemas una gran posibilidad de conseguir resultados muy satisfactorios y un camino esperanzadoramente abierto a conseguir una dosificación perfecta para un número muy elevado de casos en que se encuentre el motor de explosión con respecto a su alimentación. Sistemas como el Monotronic de BOSCH que incorpora, en una misma central electrónica dos subsistemas que funcionan interconectados entre sí y que controlan al mismo tiempo el encendido y la inyección de gasolina, están dando ya resultados más que satisfactorios en lo que al aumento de las potencias y de la economía de los motores respecta.

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 las condiciones de preparación de la mezcla perfecta para que la combustión se realice rápidamente quemando 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 de 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 producen otras condiciones diferentes de funcionamiento; también en el momento del arranque las condiciones varían y lo hacen de una forma importante si el motor está frío o caliente; también hay notables 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 intervienen factores como la temperatura del aire, la altitud sobre el nivel del mar, la densidad o peso de la gasolina y, por supuesto, su temperatura etc., todos estos factores que por separado y mucho más unidos, hacen que la combustión se modifique en el sentido de mayor aprovechamiento de la energía calorífica o un derroche de la misma si el aparato que proporciona la debida mezcla no es capaz de modificar las condiciones de éste de acuerdo con las variantes condiciones de la combustión. La inyección de gasolina persigue los mismos objetivos que la alimentación por medio del carburador, aunque utilizando otros procedimientos básicamente diferentes.

Representando 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, el caso típico y bien conocido de la alimentación por el 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. En efecto: cuando una de las válvulas de admisión se abre y ponen el interior del cilindro en comunicación con la atmósfera a través del cuerpo del carburador y se produce el descenso del émbolo o pistón del motor, dentro del cilindro se crea una depresión importante que la presión atmosférica corre a estabilizar. Ello se produce por medio de una fuerte corriente de aire que circula a través del cuerpo del carburador. Este aire succiona a su paso, por un difusor que acelera su velocidad, la gasolina que puede salir por un tubo surtidor que encuentra en el difusor arrastrando con ello la gasolina pulverizada en forma de una cierta niebla que se adiciona a la corriente de aire formando una mezcla (gasolina más aire) que resulte explosiva.

Esta es la mezcla que va a parar al interior de la cámara de combustión en la que se producirá el quemado de la citada mezcla una vez comprimida y por la

presencia de una chispa eléctrica que iniciará la combustión. En este momento nos conviene destacar especialmente el hecho de que en el sistema de alimentación por carburador de gasolina es arrastrada por el propio aire; por lo tanto es el aire que penetra el que determina la cantidad de gasolina que le acompañará al interior de la cámara de combustión del cilindro.

En la otra parte tenemos, un sistema de inyección de gasolina. En primer lugar que cada cilindro dispone de su inyector. Así pues, en este motor, se dispone de inyectores. Este quiere decir que la alimentación de cada cilindro se produce individualmente y no en conjunto como se hacía en el esquema 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 depresión que exista en el colector de admisión 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 y a su vez con una mayor posibilidad de una oxidación muy rápida precisamente por la atomización más acusada del combustible. Ello facilita la rapidez de combustión que tan importante resulta en los motores que giran a un gran número de rev/min.

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 de un dispositivo de control de la cantidad de aire que entra en el colector, es decir, un controlador de caudal. Gracias a los dispositivos que ya veremos más adelante, esta información del caudal de aire pasa a un distribuidor de combustible por medio del cual se determina la cantidad de éste que es necesario adicionar al aire para conseguir una mezcla explosiva capaz de quemarse enteramente en todos los requerimientos que el motor de explosión precisa.

Clasificación de los sistemas de inyección de gasolina.

Si hacemos 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 que en ambos casos existen una serie de elementos comunes, pero es muy definitivo en la misma naturaleza del sistema la forma como se realiza el control de la dosificación. Ello hará que en las páginas siguientes debamos distinguir desde el principio el tipo de control de estos sistemas.

Por lo pronto, y 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.

Sistema Mecánico	Sistema Mixto	Sistema Electrónico
K-JETRONIC	KE-JETRONIC	D-JETRONIC
LUCAS	MONO-JETRONIC	L-JETRONIC
		LE -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, mixta y electrónica de su control. Dentro de los sistemas electrónicos los hay de mayor o menor complejidad, tema del que nos ocuparemos con detalle más adelante.

También hay que destacar la existencia de equipos que son difícilmente encuadrados en una tabla como la anterior por lo tanto están en los límites de lo mecánico y electrónico (mixto). 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 circuito de encendido. Una unidad electrónica de control se hace cargo de distribuir ordenes de acuerdo 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 MONO-JETRONIC y que participa de las características de un carburador y de un equipo de inyección, estando en la frontera entre uno y otro sistema, 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.

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 contacto con la misma cámara de combustión y lanza su dardo de combustible dentro de ella, o bien indirecta si, el dardo se produce en una 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 y además encarados en una posición favorable para que el dardo que escupen tenga la mayor facilidad de entrada por el orificio de la válvula. 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 está en funcionamiento.

En este caso recibe el nombre de inyección continua. Cuando la válvula de admisión se abre, la corriente de aire que provoca arrastre también la niebla del combustible al interior del cilindro y cuando la válvula permanece cerrada esta niebla se va acumulando en la misma entrada que la válvula cierra hasta la próxima abertura en la que será arrastrada de nuevo por la corriente de aire provocada.

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 Voit 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 del 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 el 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 tenían 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.

En los prototipos de carreras, donde los cambios de bujías eran frecuentes, éstas quedaban inaccesibles eran frecuentes, éstas quedaban inaccesibles pues estaban bajo la cubierta de un motor inclinado 50° a la izquierda (según se ve desde el asiento del conductor). Se ideó un nuevo cabezal reservando la parte superior para respirar que tenía orificios para las bujías tan altos como se podía por el lado más bajo. Los orificios para las bujías en el monoblock se sellaban con un obturador, excepto en los motores con inyección de combustible, donde ofrecían una ubicación de primera para las toberas o boquillas del inyector.

Cada cilindro tenía una tobera de combustible insertada en la parte superior del bloque del cilindro, con su rociador apuntando directamente al interior de la cámara de combustión bajo presión de aproximadamente 1,100 psi.

Cuando los prototipos 300 SL compitieron en 1952 estaban equipados con carburadores Solex triples y contaban con 240 a 250 HP a sólo 6200 r.p.m.. En estas etapas de pruebas iniciales la versión de fuel injection daba 220 HP a 5500 r.p.m. lo cual sugería una potencia muy notable para mejorar el par bajo y de alcance medio.

El consumo específico de combustible se mantuvo en un rango relativamente estrecho, entre 240 y 260 gramos por Hp-Hr en toda la escala de velocidades para una versión de inyección de combustible, mientras que la versión de carburador nunca estuvo por debajo de los 250 gramos (excepto a 175 r.p.m.) y tenía picos de 280 gramos (a 5500 r.p.m.) y 310 gramos (a 350 r.p.m.).

Puerto de rebose, que dejaba sangrar el exceso de combustible desde cada émbolo cuando la abría la camisa de control. Esta tenía una cantidad de ranuras y se sometía a la rotación parcial que le imprimía una cremallera conectada al varillaje del acelerador.

En 1956 adoptaron una bomba de inyección mejorada, la PES 6 KL 70/320 R3. En ésta, la barra de control para la bomba de inyección estaba conectada al diafragma y colocada entre la presión atmosférica y el vacío del múltiple, con lo que se obtenía una dosis de flujo masivo de aire. El enriquecimiento para el arranque en frío se aseguraba manufactura manualmente, con un botón que estaba en el tablero de instrumentos.

La bomba principal de combustible era mecánica, y estaba montada en la bomba de inyección y extraía el combustible directamente del tanque a través de un prefiltro. Además, una bomba de combustible eléctrica montada fuera del tanque, alimentaba el combustible a baja presión hasta una válvula T de retorno, ubicada en la línea principal de combustible. Desde la bomba mecánica de combustible, éste era empujado a través de un filtro fino y finalmente alimentando a la bomba de inyección.

En oposición a este sistema existe el de inyección espaciada en el que la inyección se produce en 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 permanece abierto. Así cuando el motor gira a pocas vueltas y por lo tanto precisa poca cantidad de combustible, el inyector se abre y cierra muy rápidamente y va haciéndolo con mayor lentitud a medida que las necesidades de aportación de combustible son mayores en virtud de un mayor régimen de giro del motor o una mayor carga del mismo.

Apenas habían entregado el sistema de inyección del 300d para su producción en serie, cuando Ebele Knapp y sus ayudantes en Bosch, comenzaron a explotar 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.

Comparando las pruebas que se hicieron en autos bajo condiciones reales de funcionamiento contra los resultados que se obtuvieron en las pruebas de laboratorio, los ingenieros de la Mercedes-Benz (que estaban acumulando muchísima experiencia en el campo) llegaron a la conclusión de que aunque la dosificación de combustible es vital, no así la sincronización. Decidieron probar y encontraron que prácticamente no había diferencia cuando el combustible llegaba al área de la lumbrera.

Hay varias razones para esto, comenzando con la frecuencia del abastecimiento. Aun cuando la máquina esté funcionando tan sólo a 1000 r.p.m., cada válvula de admisión abre cuatro veces en un segundo; a 5000 r.p.m. se le fuerza a abrir 21 veces en un segundo. En el interior del cilindro es casi imposible

distinguir un pulso del otro y el resultado final es que se parece a una inyección continua.

El comprender bien lo anterior condujo a un nuevo programa: la inyección intermitente de combustible. Los ingenieros dedicaron más tiempo, examinando el concepto y su potencial completo para simplificar las cosas, antes de hacer cualquier trabajo real de diseño. Una parte de su investigación les condujo a la respuesta de que cuando no se tomaba en cuenta la sincronización, no se necesitaba la bomba de seis émbolos. Casi inventaron la inyección en un solo punto con un cuerpo central de mariposa pero conformaron con una bomba de inyección de dos émbolos, de la serie ZEB, en la que cada línea de abastecimiento llevaba una caja distribuidora de tres brazos, con el fin de alimentar seis toberas con un flujo intermitente de combustible. Una caja daba servicio a las lumbreras de los tres cilindros de la mitad frontal del monoblock, y la segunda a las lumbreras de los tres cilindros de la mitad trasera.

Para simplificar la dosificación de combustible o la función del control de mezcla, se eliminó el medidor de flujo de aire y se le sustituyó por un regulador neumático que respondía al vacío del múltiple. Puesto que la presión del múltiple es más o menos proporcional, a la cantidad de aire que es aspirado al interior del motor, puede utilizarse para asegurar una proporción razonablemente constante de aire-combustible.

Se aplicó este sistema al 220 SE modelo 1958 elevando su rendimiento de 106 HP a 5200 r.p.m. en la versión Dual-Solex del mismo motor (con la misma proporción de compresión 8.7:1) hasta 115 HP a 4800 r.p.m.. El par (torque) máximo subió de 171.7 Nm a 3500 r.p.m. hasta 186.4 Nm a 3800 r.p.m..

El seis cilindros de 2195 cc se mejoró aún más al año siguiente, cuando estuvo lista la serie 220 de la nueva generación. Sin aumentar la compresión, pero sí mejorando el sistema de inducción y el equipo físico para la inyección de combustible, el rendimiento llegó a 120 HP todavía a 4800 r.p.m.) y el pico de par subió hasta 189.3 Nm a 3900 r.p.m.. El sistema se produjo hasta 1965, sin más alteraciones.

Para el 300 SE que reemplazó al 300d en septiembre de 1961, se desarrolló una edición más elaborada del sistema de inyección intermitente en lumbrera con una bomba de dos émbolos. Como refinamiento adicional para ayudar al regulador neumático, se corrigió la dosificación de combustible con un termostato a la entrada del aire, compensadores de presión de aire y un termostato del refrigerante con una válvula adicional de aire. Un electroimán accionaba la cremallera reguladora para el arranque en frío, y los condensadores de presión de aire servían para ajustar la cantidad de medida de combustible a la presión barométrica ambiental.

El 300 SE era una versión de peso ligero del M186, con un monoblock de aluminio pero con las mismas dimensiones de cilindro. La relación de compresión era 8.7:1 exactamente como en el monoblock pequeño de seis cilindros, y su rendimiento era de 160 HP a 5000 r.p.m..

Durante el primer año del 300 SE se presentaron algunas quejas como: Respuesta lenta, arranque irregular, y demasiado sensible a ciertas condiciones. Los ingenieros de la Bosch de la Mercedes-Benz se dedicaron a trabajar arduamente en esos problemas. El resultado de ello fue el retorno a la bomba de inyección de seis émbolos, con otros diferentes refinamientos.

La primera aplicación del sistema actualizado fue en el 230 SI, introducido en marzo de 1963. Tenía una versión de 2281 cc de seis émbolos pequeños con una buena relación de compresión de 9.3:1. Produjo una potencia total de 150 HP a 5500 r.p.m., con un par pico de 198 Nm a 4200 r.p.m.. Para esta instalación, Bosch proporcionó también un nuevo regulador centrífugo para control de mezcla, que respondió a los cambios rápidos de la carga (posición de la mariposa).

Se hizo un cambio en la línea de producción del 300 SE en enero de 1964, sustituyendo el sistema original de inyección con una versión que se adaptó al 230 SE. Al mismo tiempo, la relación de compresión se aumentó hasta 8.8:1 y su rendimiento subió a 170 HP a 5400 r.p.m.. El pico de par llegó fraccionalmente a 249.2 Nm, pero la velocidad de par pico subió de 380 a 4000 r.p.m..

Cuando se sustituyó el 220 SE con el 250 SE en 1965, el nuevo motor (2496 cc) tenía también una bomba de inyección de seis émbolos y el resto del sistema del 230 SL.

Para el motor 250 SE, Mercedes-Benz incluyó un nuevo tipo de montaje de la tobera, con ésta insertada en un orificio barrenado en el cabezal del cilindro y dirigido hacia la parte trasera de la cabeza de la válvula a un ángulo aproximado de 30° con el vástago de la válvula el tipo inicial de boquilla había sido montado en un canal de múltiple e incluía una larga extensión al medio del área de la lumbrera o puerto.

El gobernador mecánico del 250 SE también es digno de mencionarse. Con el fin de obtener una mejor coordinación entre los diferentes datos operacionales que afectan el sistema de medición, la cremallera de control de la bomba de inyección estaba unido a un rodillo que descansaba sobre una leva esférica.

La conexión entre la leva esférica y el varillaje del acelerador estaba arreglado de tal modo que los cambios en la abertura de la mariposa hacían girar la leva sobre su eje. El movimiento axial de la leva esférica era controlado por el gobernador centrífugo. Una unidad de alta precisión, equipada con sensores de temperatura del enfriador y de la altitud, el gobernador realizaba las tareas de un

sensor de velocidad del motor. Ajustaba automáticamente las proporciones aire/combustible para el arranque en frío, calentamiento, velocidad de crucero, marcha sin motor en pendiente, aceleración repentina y cambios en la densidad del aire. El rodillo se movía hacia arriba o hacia abajo de acuerdo al movimiento axial o giratorio de la leva esférica. Como resultado de ello, la posición de la leva indicaba el movimiento de la cremallera de control del émbolo. Cada punto de la superficie en la leva era un punto de referencia para lograr una combinación exacta de la carga del motor, velocidad del motor, temperatura del agua y altitud. Las señales de carga del motor se proporcionaban a la leva mediante una conexión al varillaje de la mariposa. Así era la abertura y no el volumen de entrada de aire a la cámara de pleno lo que determinaba la proporción de aire/combustible.

Se sincronizaba la inyección con la carrera de admisión, pero el punto para iniciar la inyección y su duración variaban con la velocidad del motor a 1000 r.p.m., la inyección comenzaba a 2° APMS (antes del punto muerto superior) y la tobera dejaba de inyectar a 36° DPMS (después del punto muerto superior). A 4000 r.p.m., la inyección continuaba hasta los 98° DPMS (después del punto muerto superior).

El motor 250 SE produjo 150 HP a 550 r.p.m. con una proporción de compresión de 9.3:1, con un par pico de 217.5 Nm a 4200 r.p.m.. En enero de 1966, este motor se instaló al auto deportivo de dos asientos más renombrado, el 250 SLS. Se adaptó el mismo sistema de inyección de combustible al 280 SE y 280 SL en 1968. Con un desplazamiento de 2778 cc y una relación de compresión de 9.5:1 su rendimiento llegó hasta 170 HP a 5770 r.p.m..

El motor V-8 de 6.3 litros del Mercedes-Benz 600 de 1964, tenía un sistema de inyección intermitente muy similar, con una nueva bomba Bosch de ocho émbolos, gobernador centrífugo y toberas montadas a cierta distancia corriente arriba de cada válvula de admisión. Pesaba 341 Kg con todos sus accesorios y tuvo un rendimiento de 250 HP a 4000 r.p.m.. En 1968 este motor se incorporó al vehículo de producción en serie, 300, que luego se convirtió en 300 SL 6.3, una máquina excepcional rendimiento.

Porsche hizo 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 llevó 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 carrera tipo 906 que se preparó para el Targa Florio en 1966. Paul Hensler llevó a cabo su instalación y desarrollo.

En la actualidad puede decirse que el procedimiento más corriente a utilizar en los sistemas de inyección de gasolina actuales viene determinado por la inyección indirecta y espaciada que puede resultar muy precisa en el caso de ser regida por una unidad electrónica de control. Esta unidad puede recibir mucha información por medio de sensores y con ella determinar la mezcla adecuada gracias a su programa de actuación, por lo que estará facultada para pasar órdenes eléctricas muy precisas que determinen exactamente el tiempo de abertura del inyector y con ello el combustible aportado.

Inyección en lumbrera o puerto calibrado.

En un auto Mercedes-Benz como el 300 SL, el costo de la inyección de combustible no era problema, y sus propietarios no objetaron el fuerte ruido que emitía la bomba de inyección a alta presión. Pero para los autos Mercedes-Benz, de cuatro puertas, más civilizados, tenía que producirse algo más silencioso y menos caro.

Ludwig Kraus indicó a sus colegas que quizá ya era tiempo de separar los sistemas de inyección que estaban utilizando para los motores de gasolina, con encendido de chispa, de la tecnología diesel a la que se habían apegado por tanto tiempo. Debido a su característica de compresión-encendido, el motor diesel exige inyección a alta presión, ya sea directamente al cilindro o a la precámara que se conecta al cilindro por un pasaje abierto. Ese no es el caso con el combustible de gasolina y encendido de chispa.

Al motor de gasolina no le importa si respira aire fresco o una mezcla preparada de combustible. La gasolina podría ser forzada a salir de chorro, a baja presión, para entrar al múltiple. Eso daría por resultado más atomización de las gotitas de combustible y favorecería una combustión más completa. Y presión más baja, significa no sólo menos ruido, sino consumo reducido de energía.

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

Eberle y Knapp entraron a un terreno desconocido y tenían que ir con pies de plomo, siempre en guardia frente al comportamiento rebelde del gas, del combustible o del conjunto de dispositivos. La cosa tenía que funcionar, y ser segura. No es de extrañar que terminara por ser todo más complicado y más costoso de lo que debiera ser.

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 limosina larga (5.19m) pesada (1,950 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 y 190 D.) La relación de compresión se aumentó de 7.5 a 8.55:1 y el rendimiento subió de 125 HP a 4500 r.p.m. (en el 300c) hasta 160 HP a 5300 r.p.m.. 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 r.p.m..

Ahora veamos los detalles técnicos. Este sistema proporcionaba una inyección medida y sincronizada a través de seis toberas o boquillas individuales montadas en canales separados para cada lumbrera y descargados en paralelo con el flujo de aire hacia las lumbreras. Una bomba de inyección de seis émbolos suministraba combustible a presión de 100 psi a seis líneas separadas. La carrera de cada émbolo individual era variable, de acuerdo con la posición de la articulación de la mariposa; por tanto, con eso proporcionaba cantidades de combustible según los requerimientos del momento.

El sistema de control constaba de un venturi para medir el flujo de aire, una bomba para alimentar el combustible, un dispositivo magnético de enriquecimiento que encontraba en acción cuando la temperatura del enfriador caía por abajo de los 40°C, un diafragma para variar el flujo de combustible en proporción con el flujo de aire a ciertas r.p.m., un termostato que proporcionaba y empobrecimiento progresivo de la mezcla con una temperatura ambiente que se elevaba, y un anemómetro para reducir el flujo de combustible al funcionar a grandes altitudes.

El sistema incluía también una bomba eléctrica de combustible, separada para un arranque rápido en caliente eliminando los efectos de bolsa de vapor. La bomba arrancaba automáticamente cuando se conectaba el encendido y la temperatura del aceite superaba los 100°C. Además, podía activarse manualmente con un interruptor separado para que el combustible crudo pudiera circular por el sistema antes de que el motor arrancara o para purgar el circuito de bolsa de vapor después de un arranque violento.

Sistemas de inyección de gasolina.

Algunos automóviles están equipados actualmente con sistema de inyección en lugar de llevar montado carburador. Dos son los tipos fundamentales de inyección. En uno de ellos, el carburante es inyectado directamente en la cámara de combustión. En el otro, el carburante se inyecta en la lumbrera de admisión detrás de la válvula de admisión. Este último es más sencillo y el de uso más generalizado en motores de gasolina. Pasamos a explicarlos a continuación.

Los componentes principales de uno de los sistemas, llamado sistema Ramjet de inyección consiste fundamentalmente en un colector de admisión especial, un dosificador o calibrador de aire y un dosificador de carburante. El dosificador de aire regula el flujo de aire que por el colector de admisión pasa hacia los cilindros del motor. El dosificador de carburante regula el paso de combustible hacia las boquillas o toberas de inyección por el colector de admisión. El sistema es simple; un varillaje de mando desde el pedal acelerador, mueve una válvula de mariposa situada en el dosificador de aire; se admite mayor volumen de aire cuando se desea obtener mayor potencia del motor. El dosificador de combustible suministra dosis variables de gasolina; mayor volumen de gasolina cuanto mayor es el aire admitido. Otros tipos de mecanismos enriquecen la mezcla para acelerar, para calentamiento, para subir pendientes, etc.

Componentes del sistema de inyección de combustible.

En este párrafo se explica la construcción de los componentes del sistema de inyección y cómo funcionan en su conjunto.

1.- Dosificador de aire. Este dispositivo tiene mucho parecido con la bocina de aire del carburador normal. Carece de boquilla, pero posee una válvula de mariposa, un venturi y una válvula de enriquecimiento en frío (estrangulador). La misión del dosificador de aire es alterar el volumen de aire que pasa hacia el motor según sea la posición en que el conductor coloca con su pie el pedal acelerador. El pedal en cuestión está unido por varillaje a la mariposa, exactamente igual que en los carburadores normales.

Además de las válvulas de mariposa y del estrangulador, el dosificador de aire posee un anillo o aro de reacción que lo circunda en toda la circunferencia de la bocina de aire en posición opuesta al venturi. Este anillo está conectado por medio de un tubo al dosificador de carburante. Al alterarse el volumen de aire que fluye en el dosificador, cambia también el valor del vacío producido al interior del anillo. El cambio de vacío es una señal aplicada al dosificador de carburante, que varía también la cantidad de este último suministrada por los inyectores. De esta forma, con la mariposa abierta pasa por el dosificador de aire un considerable volumen. En el anillo se crea un vacío relativamente alto que fuerza al dosificador de carburante a suministrar mayor cantidad.

2.- Dosificador de carburante. El dosificador de carburante tiene una cuba de flotador similar a la de los carburantes y además una bomba, mandada por un eje flexible desde el distribuidor de encendido. Esta bomba suministra combustible a gran presión a un émbolo buzo. La posición del émbolo está controlada por la señal de vacío del anillo antes mencionado del calibrador de aire. En las ocasiones en que se precisa sólo una pequeña cantidad de combustible (mariposa semiabierta), el émbolo se sitúa en posición tal que la mayor parte del combustible procedente de la bomba vuelve a la cuba de flotador. En cambio, cuando se precisa de gran cantidad de combustible, el émbolo se coloca en posición que permite que el combustible procedente de la bomba retroceda sólo en pequeña cantidad hacia la cuba y que su mayor parte se envíe a las boquillas.

Cuando la mariposa está sólo parcialmente abierta, la mayor parte del combustible bombeado revierte a la cuba y las boquillas experimentan sólo una ligera presión, pero cuando la mariposa está totalmente abierta, el émbolo baja para bloquear la lumbrera; se ejerce gran presión sobre las boquillas y éstas suministran mayores cantidades al colector de admisión.

Funcionamiento del sistema de inyección.

Veamos ahora cómo trabaja este sistema considerando a todas sus partes en conjunto. Al alterarse la abertura de la mariposa debido al accionamiento del pedal de aceleración, pasa por el dosificador de aire cierta cantidad, grande o pequeña de aire. Cuanto mayor es la cantidad que pasa, mayor es el vacío en la abertura anular y, por tanto, mayor la señal de vacío trasladada de combustible. Este vacío se ejerce sobre un diafragma de vacío (llamado diafragma de control). Cuando la señal de vacío es alta, la varilla de control de carburante es empujada hacia arriba por el diafragma (que a su vez ha sido por el vacío). Este movimiento eleva la palanca de control de carburante, la cual pivota alrededor del extremo inferior de la palanca de dosificación (más adelante explicaremos la función de esta pieza). El efecto pivotante empuja al émbolo hacia abajo. Sólo se vierte una pequeña parte de carburante, su mayor parte es enviada a las boquillas. Hay pues una considerable aportación de combustible que corresponde al elevado suministro de aire desde el dosificador. Se obtiene así la correcta relación aire-combustible.

Si la mariposa está sólo ligeramente abierta, el diafragma de control de carburante recibe sólo una leve señal de vacío. La varilla desciende y permite a la palanca de control pivotar alrededor del extremo inferior de la palanca de dosificación con la consiguiente elevación del émbolo. De esta forma la mayor parte del carburante bombeado retrocede hacia la cuba; sólo una pequeña parte de combustible pasa hacia las boquillas. La relación aire-combustible se mantiene regularmente constante durante el funcionamiento desde ralenti hasta abertura casi total de la mariposa.

Veamos ahora cuál es la labor de la palanca de dosificación. Esta palanca pivota por su extremo superior y en su centro tiene un varillaje conectado a un diafragma con su muelle de retención. Este diafragma está conectado por un tubo al colector de admisión. Cuando la mariposa se abre totalmente, la presión desciende y la caída de presión permite al muelle mover a la palanca de dosificación basculando en su pivote hacia el extremo de la palanca de control de carburante. Esta es la posición de riqueza porque en ella el émbolo queda forzado muy abajo y es muy escaso el combustible que pasa de nuevo a la cuba. Ello significa que la presión de combustible hacia las boquillas es aún mayor y es mayor la cantidad de combustible suministrada al colector de admisión. Queda así enriquecida la mezcla aire-combustible para funcionamiento a plena potencia con mariposa totalmente abierta. Colabora al enriquecimiento el carecido flujo de aire por el calibrador que envía una potente señal de vacío al calibrador de carburante; esto eleva el diafragma para que se produzca aún otro enriquecimiento adicional.

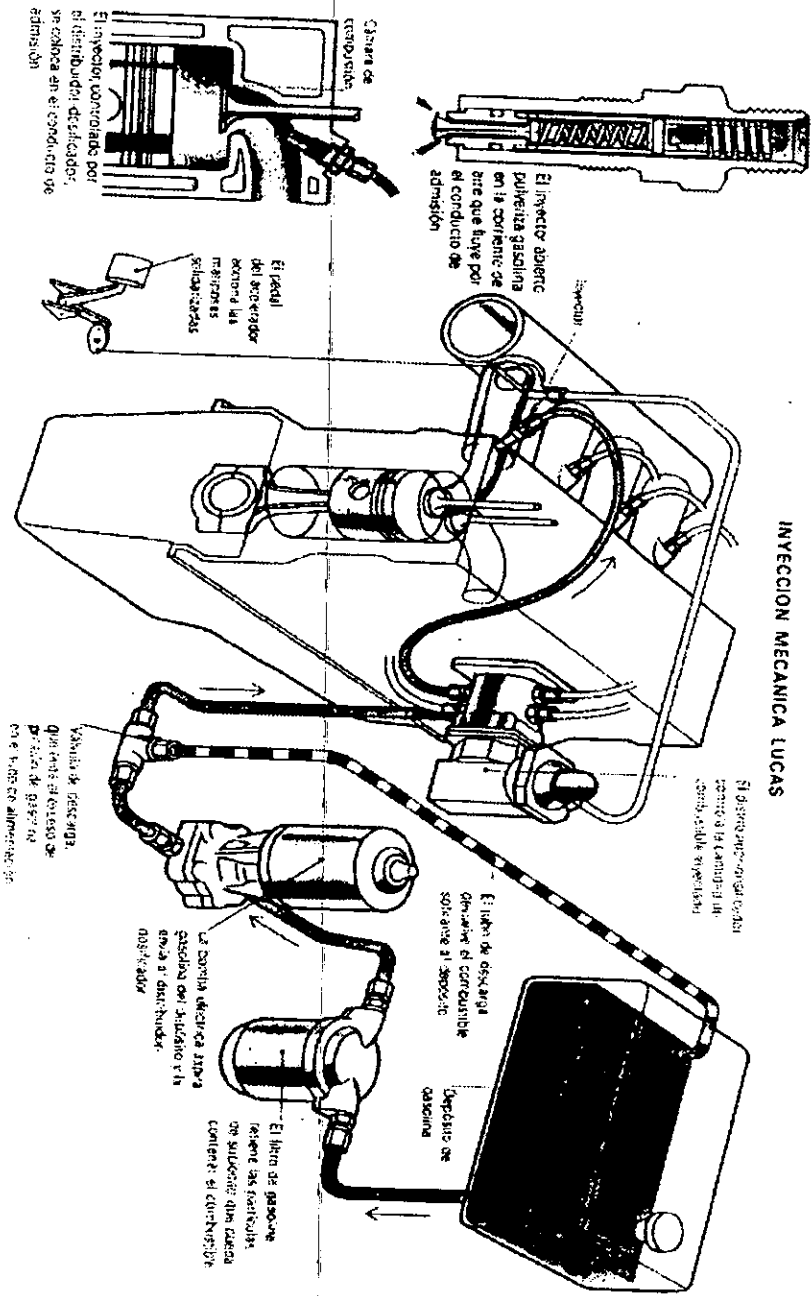
Para la aceleración se producen aproximadamente las mismas acciones. El enriquecimiento es debido a el aumento del flujo de aire por el calibrador de aire, que produce una señal de vacío más potente en el diafragma; una momentánea disminución del vacío en el colector de admisión que da Origen a que se mueva la palanca de dosificación, y la obturación en la línea de señal de vacío que detiene momentáneamente toda señal para dar prioridad a la demanda de aceleración, complementándose de tal forma la señal total antes de pasar por el estrangulamiento.

Sistema electrónico de inyección.

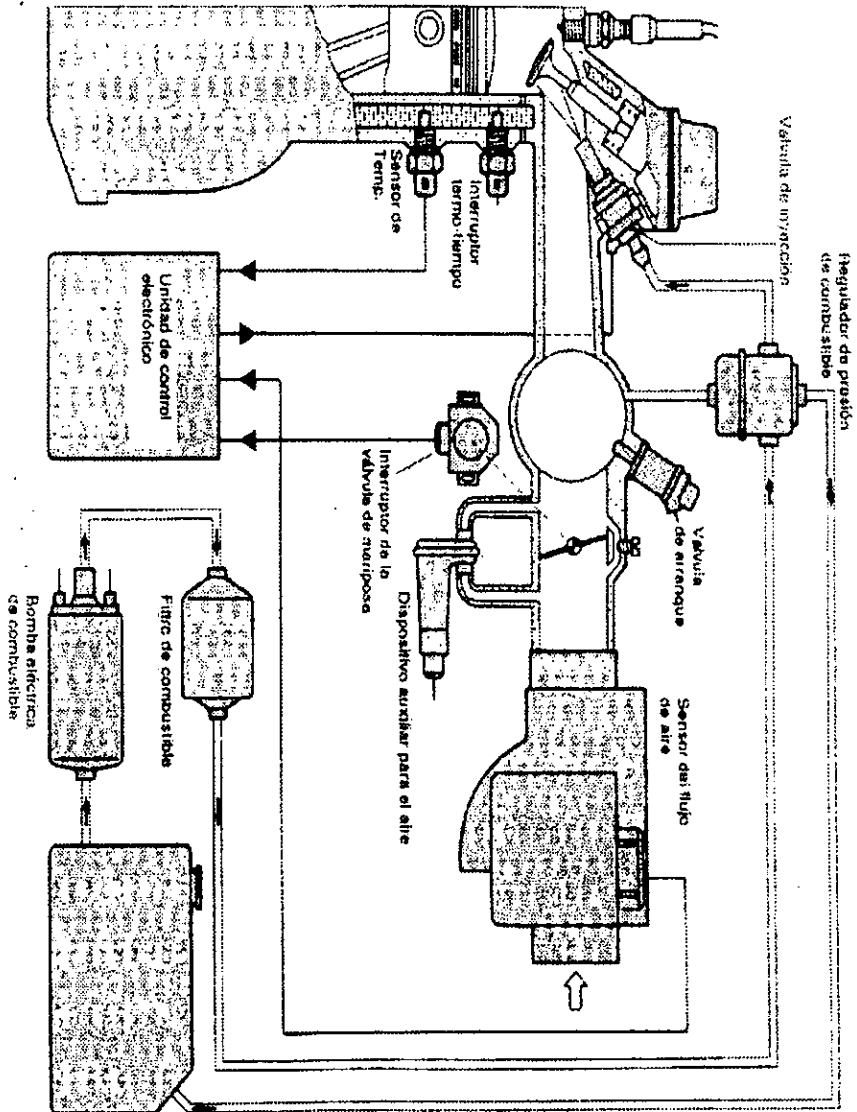
Este sistema fue diseñado especialmente para el motor de cuatro cilindros opuestos, refrigerado por aire de Volkswagen. El motivo principal que indujo al desarrollo de este sistema fue el intento de mejorar el proceso de combustión y disminuir la cantidad de sustancias productoras de nieblas en el escape. El carburante se inyecta en los colectores de admisión por detrás de las válvulas de admisión y la inyección está regulada para que coincida con la apertura de la válvula por medio de contactos disparados en el distribuidor de encendido. El volumen de carburante inyectado es controlado por la duración del tiempo que los inyectores están abiertos. Este tiempo, a su vez, está determinado por cierto número de sensores que envían señales eléctricas al conjunto transistorizado de control.

Mostraremos un sistema mecánico Lucas y un sistema electrónico LH-Jetronic para observar sus diferencias entre uno y otro y la evolución de los sistemas de inyección.

INYECCION MECANICA LUCAS



LH-JETRONIC



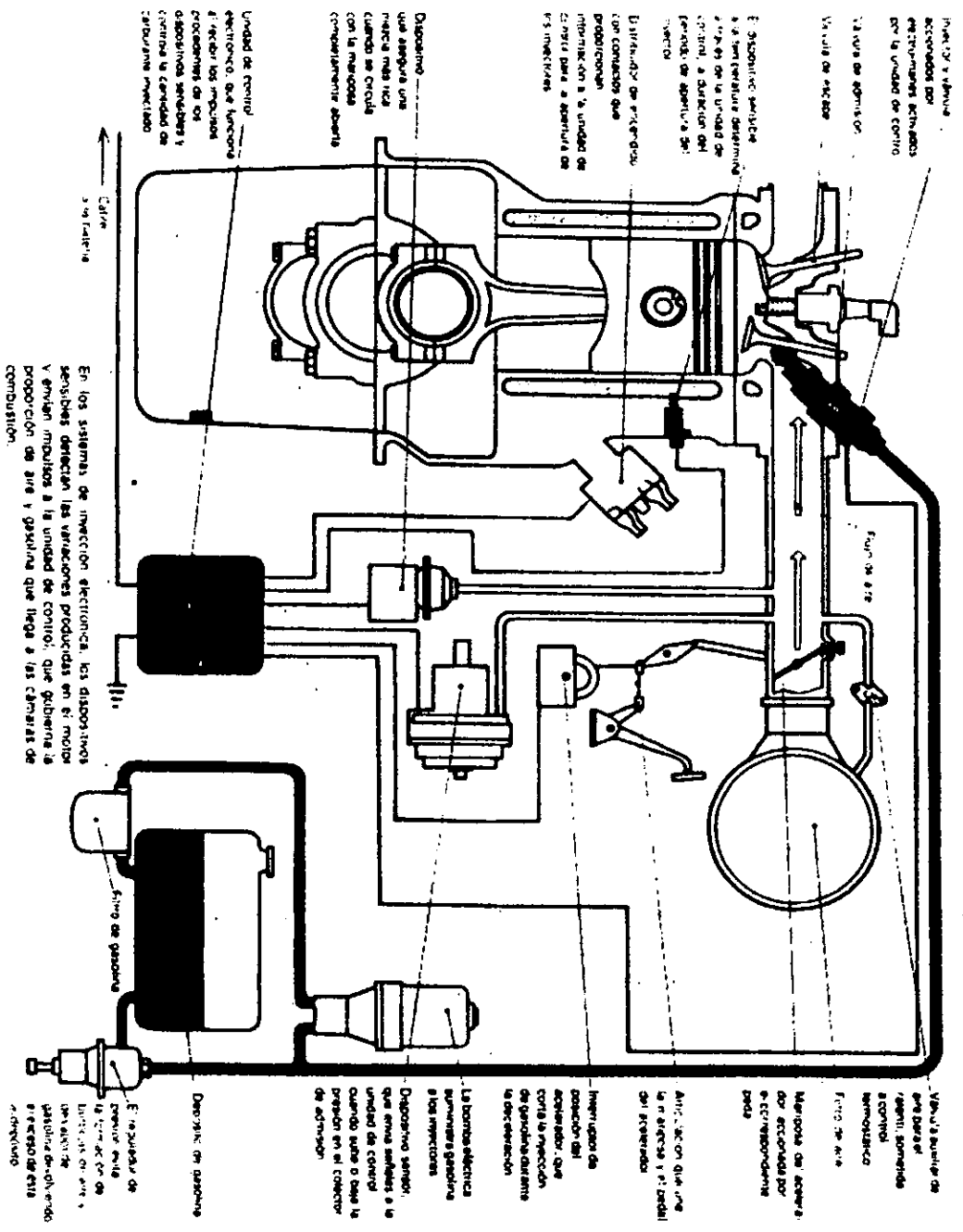
Sistema de inyección directa Bosch.

Provisto de abundante experiencia adquirida en época de guerra con motores de 4 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 4 cilindros, de 1767 cc, 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 r.p.m.

El nombre de Mercedes Benz no se puede desligar del desarrollo y las aplicaciones de los varios sistemas de inyección directa, hechos por Bosch. El trabajo que se desarrolló en Bosch, en el período inicial de la posguerra, fue dirigido y supervisado por dos ingenieros de gran experiencia, W. Voit y H. Stoll.

Los motores de aviación Mercedes Benz eran unidades de velocidad media, regidas por un máximo de 1500 r.p.m., que tenían sus bombas ajustadas para una inyección de carga completa de 400 cc por carrera adaptar los principios anteriores a los motores de automóvil que corrían cuatro veces más rápido y necesitaban 1/20 de la cantidad de combustible, no era tarea fácil. No se necesitaba ser un experto en mercadotecnia para ver que esa no era tarea urgente. En la Alemania de la posguerra agobiada por la escasez, las soluciones de alta tecnología interesaban poco a la gente que clamaba por un transporte básico.

SISTEMA DE INYECCION ELECTRONICA BOSCH



Inyectores y válvulas accionados por electroimanes activados por la unidad de control.

La válvula de admisión y la válvula de escape.

El distribuidor suministra a la inyectora derivada a través de la unidad de control, la duración del periodo de apertura de la inyectora.

El distribuidor de corriente con contactos que proporcionan información a la unidad de control para la apertura de los inyectores.

Dispositivo que asegura una mezcla más rica cuando se cruza con la manivela (compensación abierta).

Unidad de control electrónica que funciona a través de los impulsos procedentes de los dispositivos sensores y controla la cantidad de carburante inyectado.

Figura 28. 872

En los sistemas de inyección electrónica, los dispositivos sensores detectan las variaciones producidas en el motor y envían impulsos a la unidad de control, que gobierna la proporción de aire y gasolina que llega a las cámaras de combustión.

Válvula de admisión de aire y válvula de escape, accionadas por electroimanes activadas por la unidad de control.

Manivela de accionamiento accionada por el electroimanes.

Air filter and air valve, controlled by the electronic control unit.

Interruptor de posición del cigüeñal, que corta la inyección de gasolina durante la deceleración.

La bomba eléctrica suministra gasolina a los inyectores.

Dispositivo sensor, que envía señales a la unidad de control cuando sube o baja la presión en el colector de admisión.

Distribuidor de gasolina.

El sistema de inyección de gasolina de inyección electrónica.

CAPITULO VI.

SISTEMAS ELECTRONICOS DE INYECCION DE GASOLINA.

El objetivo es conocer los diferentes tipos de inyección electrónica y sus diferencias entre estos mismos y sus componentes.

Inyección electrónica de combustible.

El principio de la inyección electrónica de combustible es muy sencillo. Los inyectores se abren no sólo para la presión del combustible que está en las líneas de distribución, sino también por los solenoides accionados por un unidad electrónica de control. Puesto que el combustible no tiene que vencer una resistencia que no sea las insignificantes pérdidas debidas a la fricción, la presión de la bomba puede fijarse en valores muy bajos, compatibles con los límites para obtener automatización completa con el tipo de inyectores utilizados.

La cantidad de combustible por inyectar, la calcula la unidad de control con base en la información que se le alimenta en relación con las condiciones de funcionamiento del motor. Esta información incluye la presión del múltiple, enriquecimiento del acelerador, requerimientos para el arranque en frío, condiciones de funcionamiento de vacío, temperatura ambiente y presión barométrica. Los sistemas trabajan con presión constante inyección variable sincronizada o flujo continuo.

Comparada con los sistemas de inyección mecánica, la inyección electrónica tiene un impresionante número de ventajas. Tiene menos partes móviles, no necesita estándares ultraprecisos de maquinado, funcionamiento más tranquilo, menos pérdida de potencia baja demanda de electricidad, no necesita impulsores especiales para la bomba, no tiene requerimientos críticos de filtración de combustible, no tiene sobrevoltajes o pulsaciones en la línea de combustible, y finalmente, el argumento decisivo para los fabricantes de autos. Su costo es más bajo. Desafortunadamente, su precio es todavía muy elevado si se compara con el carburador aún cuando Bendix no pudo tener éxito en Detroit, el grupo británico Associated Engineering (AE) sintió que la estructura industrial de Europa y su mercado crearon condiciones diferentes a las que había en América. En 1966 la compañía decidió ofrecer su inyección electrónica de combustible Brico a ciertos fabricantes seleccionados, de autos de gran prestigio y alto rendimiento.

Después de dos años de pruebas Aston Martin hizo opcional el sistema Brico en el modelo DB6 Mark II de 1969. La potencia y el convertidor de par se mantuvieron sin cambio a partir de los motores Vantage con la misma relación de compresión 9.4:1 y carburadores Weber triples, de dos gargantas: 330 HP a 5750 r.p.m., 397.3 Nm de convertidor de par a 4500 r.p.m.. Aunque fueron pocos

clientes los que compararon la versión de inyección de combustible, la siguieron ofreciendo durante la producción del motor de seis cilindros y cuatro litros (1975).

El sistema Brico de AE presentaba como novedad la distribución sincronizada de combustible a los puertos, con válvulas accionadas por solenoides cuya duración de apertura regida por pulsos eléctricos desde la unidad de control determinaba la cantidad de combustible a inyectar. La unidad de control electrónico se hacía en dos secciones, por un lado un generador de pulso y por el otro una computadora, combinados utilizando transistores y circuitos impresos.

Los cálculos para dosificar el combustible, estaban basados en mediciones de presión absoluta del múltiple y temperatura de aire de combustión. Las boquillas se conectaban en paralelo a través de una línea en forma de anillo, e inyectaban un rocío de forma cónica a los puertos de entrada. Una bomba impulsada por el motor suministraba combustible a la taza del flotador. Esta taza aseguraba un suministro constante a la bomba de alta presión activada eléctricamente, que mantenía el combustible circulando en la línea en forma de anillo, a una presión inferior a 25 psi.

La industria automotriz de Francia observó y desaprobó un sistema rival inventado por Louis Monpetit. Al amparo de una serie de patentes que se otorgaron entre 1967 y 1973, el Sistema Sopromi de Monpetit utilizaba una unidad de control electrónico para activar unos solenoides montados en inyectores tipo puerto. La unidad de control recibía señales de un sensor mecánico de r.p.m. montado en el árbol de levas, un sensor de temperatura del enfriador montado en la cubierta de la bomba de agua, un sensor de vacío múltiple y un barómetro para indicar la presión atmosférica.

En 1969 se obtuvo los derechos mundiales de la patente de Bendix para la inyección electrónica de combustible.

Este arreglo se apresuró en parte por la presión de la Volkswagen. Temerosos de que las nuevas leyes de anticontaminantes en EE.UU. Pudiesen obstaculizar las ventas de exportación de sus autos equipados con carburador, pidieron a la Bosch que les sugiriera una solución. Los departamentos de pruebas de ambas compañías abordaron el problema. Debido a un programa dirigido por Hermann Scholl por parte de Bosch, y por Warner Bottgreit, en Wolfsburg, hizo posible adaptarse en tiempo récord los principios de la inyección de combustible al motor VW 1600 de cuatro cilindros enfriado por aire.

Puesto que el objetivo había sido reducir las emisiones en el escape y no aumentar la generación de potencia, la potencia siguió siendo el mismo (54 DIN a 4000 r.p.m.). Esta versión entró en la producción en el verano de 1967, para los VW 1968 destinados al mercado de Estados Unidos.

El equipo real de entonces correspondía en grandes rasgos con el sistema Bendix de inyección en puerto sincronizado por computadoras analógicas.

El sistema Jetronic de VW Bosch se apoyaba en los sensores de presión de aire para dosificar el aire y medir la carga para que el combustible presurizado corriera por los colectores o rieles y fuera dosificado por la válvula de solenoide en cada inyector y que el combustible excedente volviera al tanque por la línea de retorno.

Los principales parámetros para calcular la cantidad de combustible fueron: velocidad del motor y presión absoluta del múltiple. Debido a que la presión en la línea de combustible era constante, la tasa de dosificación en el puerto de descarga no variable de los inyectores, era constante. Para obtener más combustible, los inyectores se mantenían abiertos durante más tiempo.

Los datos sobre la velocidad del motor se alimentaban continuamente a la unidad de control desde un generador de pulso en el distribuidor de encendido. Este pequeño dispositivo también medía la posición angular del cigüeñal, lo cual determinaba la sincronización de la inyección (después del punto muerto superior).

El suministro de combustible a la línea de presión se aseguraba por medio de una bomba giratoria, de aletas con rodillos, que se adaptó con una válvula de alivio para limitar la presión a 28 psi. La bomba accionada eléctricamente se activaba con la llave del encendido más el funcionamiento del motor de la marcha y arranque con empujón, con una velocidad de motor de al menos 200 r.p.m..

Después de pasar por un limpiador de aire, en baño de aceite, el aire fresco era dirigido por un cuerpo de mariposa hasta un distribuidor de aire de inducción, alimentándolo a un múltiple de entrada de cuatro brazos. La presión del aire en el ducto de admisión era monitoreada por un sensor de presión inductivo sin partes mecánicas, insertado en la sección del distribuidor.

Se programaron cinco sistemas de corrección en la unidad de control. Esto aseguraba una mezcla más rica para los arranques en frío, enriquecimiento durante el calentamiento, durante la operación de apertura completa de la válvula del acelerador y cierre del combustible en la desaceleración (más de 1000 r.p.m.).

Para el arranque en frío y calentamiento, una válvula de derivación de purga de aire, accionada por un elemento bimetálico sensible a la temperatura, ubicada en el interior del cárter se abría para admitir una cantidad suplementaria de combustible en marcha en vacío. Arriba de los 10°C se ignoraban las señales del sensor del cigüeñal, mientras que un sensor secundario de temperatura en la cabeza del cilindro proporcionaba información a la unidad de control.

Este sistema carecía de corrección de altitud, pues las pruebas mostraron que la presión absoluta del múltiple respondía automáticamente a las variaciones en la presión barométrica.

Bosch no perdió tiempo en desarrollar un sistema Jetronic en un paquete general que fuera apropiado para motores de cuatro tiempos enfriados por agua o aire.

Identificando por algunos usuarios como D-Jetronic, se adaptó al Opel Admiral modelo 1969, Citroen DS21, Volvo P-1800E, Saab 99E, y Mercedes Benz impulsados por motores V-8 de 3.5 y 4.5 litros. Siguieron el Lancia Flavia en 1970 y el Renault 1971.

Carburadores controlados electrónicamente

Preocupada por la pérdida del mercado debido a la inyección de combustible, la industria mundial de carburadores se dedicó afanosamente a la electrónica, como una arma importante para defender su propio producto básico. Los mismos sensores y el sistema de control que se utilizaba para dosificar el combustible podrían aplicarse directamente a los carburadores.

A principios de 1975, los más importantes fabricantes de carburadores como Weber, Solex, Zenith, Stromberg, Carter y Holley estaban experimentando con carburadores controlados electrónicamente; Ford y GM comenzaron a producir su primera generación de carburadores electrónicos en 1977. Los adaptaron a los motores que no cumplían con las normas de control de emisiones que tenían carburadores del tipo común. Los mismos autos fueron equipados también con convertidores catalíticos de tres vías y retroalimentación de lazo cerrado.

Cuando la EPA (Environmental Protection Agency) nuevamente endureció sus normas para 1981 aparecieron los carburadores electrónicos de la segunda generación. Al sistema GM se le conoció como CCC (Computer Control). Delco hizo el equipo electrónico y Rochester el carburador. El flotador del carburador no controlaba el flujo del combustible por medios convencionales, sino que enviaba señales eléctricas a la unidad de control, que a su vez, daba órdenes a un solenoide montado en la línea de suministro de combustible. La unidad de control comparaba la posición del flotador con la información de entrada desde el vacío del múltiple, temperatura del enfriador, ángulo de placa de la mariposa y sensores lambda-sond, calculando la cantidad correcta de combustible y sincronización de la chispa.

Por coincidencia, Bosch abastecía la microelectrónica para un nuevo carburador Pierburg. Presentado primero en 1981, había madurado a través de los años en un carburador que se vendía bajo el nombre de Ecotronic. El prefijo Eco se suponía que se refería tanto a economía como a ecología.

Volkswagen introdujo la estabilización digital en vacío, en su motor de cuatro cilindros, enfriado por aire, del microbús transporte de 1979. La unidad de control recibía información de entrada relacionada con la placa de la mariposa y la r.p.m., pero no manejó la función de dosificación del combustible. En vez de ello, se ajustó al carburador para la mezcla más pobre posible de acuerdo con las condiciones. Luego, el control sincronizaba la chispa (con encendido transistorizado y distribuidor sin ruptor), para un funcionamiento constante en vacío al nivel más económico, y siempre listo para evitar que se parase cuando de súbito se aumentaba la demanda de convertidor de par. La estabilización digital en vacío también probó ser efectiva para reducir las emisiones de monóxido de carbono.

El empleo de controles electrónicos capacitó a Nissan, para desarrollar un carburador sí ahogador, y en 1984 se incluyó en los modelos Sentra y Pulsar, para su exportación a los EUA. Los ingenieros de la Nissan, ayudados por especialistas en carburadores de la Hitachi, admitieron que los carburadores controlados electrónicamente no permitían el mismo grado de precisión en la dosificación de combustible en arranque en frío y calentamiento que los sistemas de inyección de combustible. En opinión de la Nissan, esto se debía a que el enriquecimiento de mezcla en los carburadores se lograba por medio de una válvula ahogadora. Así, el objetivo principal de la Nissan fue eliminar el ahogador.

La válvula ahogadora y la leva de marcha rápida en vacío se sustituyeron con dos válvulas de solenoide y un activador de control de velocidad en vacío, ambos bajo el control de un cerebro electrónico, de acuerdo con los datos de entrada, en relación a las r.p.m., del motor y el flujo masivo de aire. Además, la proporción aire/combustible y la sincronización de la chispa se calculaba con la base en las temperaturas del aire, del enfriador, presión atmosférica, velocidad del vehículo, selección del mecanismo de la transmisión y estado del encendido/apagado del acondicionador de aire.

La proporción de aire/combustible se determinaba por la acción de dos válvulas solenoides. Una válvula era del mismo tipo de las que se usaban por lo general en carburadores de retroalimentación y se llamaba válvula de aire/combustible. Controlaba el vacío en el pasaje de purga lenta de aire y el suministro de combustible en la línea principal del lado primario, de acuerdo con las señales provenientes de Lambda Sond. El segundo solenoide era una válvula de enriquecimiento de combustible con control directo sobre el abastecimiento de combustible a través de un pasaje abierto de la válvula secundaria de mariposa.

El activador de control de velocidad en vacío constaba de un diafragma de control y un diafragma de potencia. Este último se desplazaba por acción del vacío combinado del múltiple de admisión y el orificio de filtración, y una varilla de empuje, unida a su centro, empujaba la válvula de mariposa para abrirla. El diafragma de control dependía del vacío desde una válvula de vacío controlada

electrónicamente de acuerdo con las r.p.m. del motor, según lo determinaba la unidad de control. Puesto que no hay vacío antes de un arranque en frío, la placa de la mariposa se ajustaba automáticamente a un ángulo adecuado. Una vez que el motor había arrancado, el activador comenzaba a funcionar.

Control electrónico del tren de potencia y diagnóstico.

Algunos autos combinan ahora las funciones de control automático de la transmisión con la sincronización de la chispa y la lógica de dosificación de combustible en la misma unidad de control electrónico.

La BMW no pudo mantener el Monotronic para su uso exclusivo por mucho tiempo, por que su empleo se había extendido a otros fabricantes de autos como Mercedes-Benz y Opel. Y la misma idea básica fue adoptada también por Marcelli/Weber en Italia, Renault en Francia, y Lucas-CAV en Inglaterra.

A pesar del avance de la Renault en el control electrónico de la transmisión, no fue hasta que la compañía fundó la Renix en 1987, que Renix se comprometió a utilizar la inyección electrónica de combustible. Cuando el sistema Renix apareció en el modelo R-25 de 1984, combinaba no solo el encendido electrónico, sino también el cambio electrónico de transmisión opcional automática. Desde entonces, Renault, vendió su participación en Renix a la Bendix-Francia que proporciona el nuevo R-21 turbo, un sistema mejorado, de control electrónico de inyección de combustible y chispa.

El sistema digital de inyección de combustible, de partes integradas, del Cadillac 1981, fue el primero, en ofrecer una verdadera rutina de diagnóstico interconstruida. tenía cuatro tipos de pruebas programadas que podían hacerse siempre que la situación las requiriera: pruebas del mal funcionamiento del motor, pruebas de interruptores, pruebas de display de información, y pruebas de ciclado y potencia generada.

Las pruebas de mal funcionamiento del motor detectaban fallas del sistema o anomalías. Cuando ocurría un mal funcionamiento se encendía una luz de aviso y aparecía un letrero que decía "check engine" en el tablero de instrumentos. La memoria del módulo de control tenía cierta cantidad de claves de problemas para cada tipo de mal funcionamiento.

Si falla un sensor de información, el módulo de control insertaba un valor correctivo de "fail-soft" en sus cálculos y continuaba activando el motor. Si el defecto se eliminaba por sí mismo, la luz de aviso y la indicación de verificación del motor se apagaba, pero la clave del problema seguía activada en condición de "intermittent failure" (falla interna).

Las pruebas de interruptores verificaban el funcionamiento de los que proporcionaba entrada al módulo de control. Los displays de información estaban programados para compararlos con un motor que funcionara normalmente. Finalmente, las pruebas de ciclado potencia generada verificaban los solenoides y lámparas.

Desde aquel entonces, la BMW ha progresado mucho, agregó un programa completo de mantenimiento a sus funciones de diagnóstico, que también están más elaboradas que los de Cadillac. El programa de mantenimiento indica cuándo hay que cambiar el aceite, bujías o llevar a cabo alguna otra rutina para la cual los fabricantes fijan un determinado kilometraje, independientemente de las condiciones de funcionamiento. La computadora a bordo del BMW toma en cuenta todas las variables de modo que el mantenimiento innecesario se proponga cuando un auto viaja largas distancias, y necesita que los trabajos se hagan más pronto cuando el auto pasa todo el tiempo en el tráfico citadino donde frecuentemente se detiene y sigue, con largos periodos de funcionamiento en vacío con aceleraciones.

Los controles recientes del motor desarrollados en Gran Bretaña e Italia son compatibles con dichos sistemas de monitoreo. Lucas-CAV desarrollo un nuevo sistema de inyección electrónica de combustible con suministro en secuencia a inyectores individuales de solenoides montados en los puertos para el Jaguar V-12XJR-6, de 1985, prototipo de carreras. Este sistema ha sido adoptado desde entonces por Austin-Rover para el Metro-MG 6R4 V6 4V prototipo de rally en el que se hace todo el control de dosificación de combustible y sincronización de chispa dentro de un microprocesador intel 8032.

La unidad de control electrónico dirige el suministro de combustible a seis inyectores en base individual (no agrupados). Los inyectores son tipo estándar con solenoide, alimentados con combustible proveniente de un colector o riel a presión constante (80 psi) y cada inyector toma aproximadamente 2 amperios cuando se energiza. Los periodos de apertura alcanzan 12 milisegundos para proporcionar suficiente combustible para que el motor desarrolle más de 400 hp (potencia al freno) a 9000 r.p.m. Un amplificador de encendido Lucas tipo 35C6 y un distribuidor sencillo de alta tensión está montado en el frente del motor y es impulsado por uno de los cuatro árboles de levas.

La cantidad de combustible se determina por la duración de apertura del inyector de solenoide, que se ajusta en una carta como función de la velocidad del motor y el ángulo de la mariposa. Lucas eligió utilizar un sensor de ángulo de mariposa para los datos de entrada de la carga en vez de un sensor de presión del múltiple, debido a la naturaleza resistente de dicho sensor y la respuesta rapidísima de la mariposa que se obtiene.

Las cantidades básicas se refinan modificando funciones, que toman en cuenta la presión y temperatura del aire ambiente, temperatura del motor y voltaje de suministro de la batería. Estas modificaciones hacen posible que el motor produzca la máxima potencia disponible a grandes altitudes y altas temperaturas del aire ambiente, y aseguran también que el arranque del motor se optimice en condiciones muy frías.

Otra característica muy particular de este sistema es la capacidad de la electrónica para calcular la cantidad de combustible que se requiere para el encendido de cada cilindro, sólo unos milisegundo antes de lo que se necesita. Esta rápida actualización elimina cualquier retraso en el sistema debido a una información fuera de fecha y es vital si se va a realizar todo el rendimiento potencial temporal de ejecución del motor.

Varias funciones auxiliares se incluyen en el sistema para aprovechar la potencia de los modernos microprocesadores. Ejemplo de éstos son:

Una instalación límite de revoluciones para proteger el motor contra la velocidad excesiva.

Detección de fallas que monitorea cada sensor para valores fuera del límite. Detección de un sensor dudoso que conduce a su sustitución por un valor "ahora esperado", y la falla se registra para el diagnóstico la lectura del diagnóstico por medio de una luz indicadora de "check engine" (verificar motor), para indicar la existencia de muchas fallas y un código para identificar el componente. El sistema recuerda las fallas intermitentes.

La lógica de control de la bomba de combustible que limita su operación a una condición de "cuando se necesite" en caso de un accidente que origine un paro de el motor, se cierra el paso del combustible para evitar el riesgo del incendio.

En septiembre de 1986, Lucas CAV anunció un nuevo inyector de solenoide adaptable a todos los motores turbo cargados con inyección simultánea, intermitente o secuencial. Comparado con la boquilla común de tipo aguja el LD-100 presenta como innovación una escala más amplia de flujo dinámico y mejora el acceso desde el tapón del depósito de combustible. Fue desarrollado en el departamento de investigaciones de Lucas, en Greenville, Carolina del sur, donde se había confinado su fabricación inicial.

Cuando Austin-Rover estaba preparando su auto de serie 800 (Sterling) planearon dos versiones del motor de 4 cilindros de dos litros 16 válvulas, de levas gemelas, uno con inyección en un solo punto el otro con inyección en varios puntos.

Austin Rover desarrolló su propio sistema de inyección en un solo punto a partir de la tecnología que existía en su división SU-Butec, pero se dirigió a Lucas para obtener el sistema de varios puntos estos dos sistemas no se pueden intercambiar.

En el sistema de un solo punto la unidad de control electrónico computa las señales a partir de una pluralidad de sensores para proporcionar la sincronización y duración del pulso de inyección de combustible, la sincronización de la chispa y la estabilización a velocidad en vacío.

Este sistema tiene los seis sensores siguientes:

1.- El sensor de presión absoluta del múltiple de entrada está colocado dentro de la unidad de control y está conectado por un tubo al múltiple de entrada.

2.- El sensor del cigüeñal proporciona las señales de velocidad del motor y ángulo de manivela.

3.- El sensor de temperatura del aire de entrada mide la temperatura del aire de la entrada del múltiple.

4.- El sensor del aire ambiente monitorea la temperatura del aire fresco y proporciona información para enriquecer la mezcla aire/combustible para arranque en frío.

5.- El potenciómetro del ángulo de la placa de mariposa percibe la apertura de ésta y registra sus cambios de posición.

6.- El sensor de detonaciones envía señales a la unidad de control para indicar cuando ocurre la detonación y en que cilindro.

Las órdenes que proviene de la unidad de control van a la bomba de combustible, la cual alimenta gasolina a baja presión a los inyectores. Un interruptor de presión del aceite desactiva la bomba de combustible en caso que el motor no tenga la presión adecuada de aceite para funcionar confiablemente.

Los inyectores proporcionan pulsos debidamente sincronizados de suministro de combustible a una garganta del cuerpo de la mariposa. El cuerpo de la mariposa lleva un motor de velocidad gradual para mantener una velocidad constante de marcha en vacío bajo condiciones variantes de carga, sin importar la temperatura del motor.

Un interruptor de la mariposa indica a la unidad de control cuándo cortar el combustible para desacelerar y cuándo mantener la velocidad de marcha en vacío. Un sensor de calor del múltiple conecta su calentador eléctrico para

favorecer la evaporación en condiciones de calentamiento. Un conector seriado de diagnóstico proporciona comunicación necesaria para monitorear y diagnosticar el status (estado) del sistema.

Con el sistema de un solo punto, el motor proporciona 120 HP a 5600 r.p.m. con un par pico de 162 Nm a 3500 r.p.m. Con la inyección en varios puntos el mismo motor proporciona 140 HP a 6000 r.p.m., con 179 Nm par a 4500 r.p.m.

El sistema Lucas de varios puntos combina las válvulas de aguja montadas en puerto, operadas por solenoide, con la unidad de control basada en el microprocesador que se explicó al principio. Recibe señales de entrada con relación al flujo de aire, posición de la mariposa, velocidad del vehículo, temperatura del enfriador, temperatura del vehículo, temperatura del enfriador, temperatura del combustible (en el colector o riel de combustible) ángulo de manivela y r.p.m.. Una bomba eléctrica de combustible proporciona gasolina a presión a los inyectores combinación de una válvula de aire y un motor de velocidad gradual proporciona el enriquecimiento para marcha rápida en vacío. El potenciómetro de la mariposa proporciona las señales para indicar no solo la posición de la misma en cada momento, sino también la velocidad de su movimiento. Se utiliza un conector de eslabón en serie solamente para el diagnóstico, que permita usar un equipo específico para el diagnóstico, sin tener que desconectar cualquier componente. Sin embargo, el sistema carece de monitoreo continuo a bordo en su forma estándar, en el Rover 800 (Sterling).

Spica, como subsidiaria propiedad de Alfa Romeo, tenía la ventaja de poder aplicar libremente la nueva tecnología desarrollada por la organización matriz. A su vez, tenía la obligación de proporcionar los componentes necesarios, siempre y cuando Alfa Romeo prepara un programa para una producción del sistema de combustible mejorado.

En 1975, se ordenó a Spica que desarrollara un sistema de motor (digital) controlado electrónicamente para los motores Alfa Romeo. Después de casi cuatro años de trabajos experimentales, propuso un sistema de la primera generación. Alfa Romeo rechazó después de un programa completo de pruebas, pero se dedicó de lleno a desarrollar una segunda generación.

Una patente de Alfa Romeo ampara un sensor de ángulo de válvula de mariposa para cuatro gargantas. Utiliza una conexión mecánica a un disco de clave gris, montado entre un fototransistor y un fotodiodo. El cambio de ángulo en las placas de mariposas se reproducen fielmente por medios fotoeléctricos y se reproduce fielmente por medidores fotoeléctricos y se retransmite al microprocesador.

La válvula de presión de la línea de combustible es también una innovación de Alfa Romeo. Toma en cuenta la presión atmosférica para mantener la proporción

deseada de aire-combustible a cualquier altitud. Esta válvula trabaja con la presión de línea más practica para sostener períodos prolongados de inyección y permitir también las proporciones más pobres de aire-combustible.

El control del inyector se aseguraba por medio de un circuito doble con dos niveles de corriente: Un nivel bajo de "conmutación" y una ráfaga de alto voltaje para cada abertura de la válvula. Este arreglo requería de una electrónica muy avanzada, particularmente porque el espacio disponible para la instalación en los autos Alfa Romeo estaba muy restringido y las temperaturas abajo del cofre tendían a elevarse mucho.

Cuando Alfa Romeo estaba probando los sistemas de control para operar sus motores de 4 cilindros de 1500 cc, y dos litros, en dos cilindros sólo bajo carga baja para ahorrar combustible, se desarrolló un interesante software en conexión con el concepto de motor modular.

El sistema Spica de la segunda generación se probó en cinco diferentes tipos de motor, en un período de dos años: el cuatro cilindros en línea, dos litros; la versión de Estados Unidos de motor V-6 de 2.5 litros; y el turbocargado de dos litros, cuatro cilindros en línea. El de cuatro cilindros, dos litros con inyección de combustible Spica entro a producción limitada en 1983, seguido del V6 de 2 litros de 1984.

El sistema de la segunda generación tenía el elemento para hacer un diagnóstico de todo el vehículo, pero nunca se aplicó a un modelo en producción.

Spica adoptó un sensor de flujo de aire de película caliente y agregó sensores para el engranaje del embrague y selección de velocidades, con una disposición para un sistema automático futuro de arranque/parada. Los sensores de rotación de las ruedas propulsoras permiten la extensión de la lógica de control para controlar el giro sin avance.

En motores turbocargados, la abertura y cierre de la válvula de derivación estaban bajo la orden del mismo microprocesador. También se desarrolló un medio de hacer la interface de éstos con un sistema de control de crucero.

Desde que Fiat tomó a su cargo Alfa Romeo, a Spica le dieron otros proyectos y su actividad en sus sistemas de combustibles se interrumpió. Las necesidades de combustible se interrumpió. las necesidades futuras del grupo tendrán que ser llenadas por Marelli/ Weber.

K-Jetronic de Bosch.

Es posible que uno se engañe con el nombre de K-Jetronic porque el nombre de fábrica de Jetronic se identificó con los sistemas electrónicos antes de introducir el K-Jetronic en 1973. El K-Jetronic no se controla electrónicamente porque es un sistema mecánico. De hecho es uno de los sistemas de inyección no electrónicos más sencillos. Difiere de otros sistemas mecánicos de inyección en tres puntos:

- 1.- El combustible se inyecta continuamente.
- 2.- No se usa una impulsión mecánica.
- 3.- La medición de combustible se basa en la medición del flujo de aire.

Después de ver todos los medios posibles para eliminar la impulsión mecánica, los ingenieros de la Bosch, Heinrich Knapp, Reinhard Sachwarz y Gerhard Stumpp llegaron a la conclusión que lo mejor sería adoptar la inyección continua. Esto quería decir que se desarrollaría un método de medición continua del flujo de aire, así como una medición del combustible.

Los sistemas de control mecánica no son capaces de contar con tolerancia de consumo de vacío de aire del motor, y tampoco permiten los efectos de la recirculación parcial del gas de escape (como lo necesitaban muchos sistemas de control de emisiones). Por otra parte, la medición de flujo de aire teóricamente permitirían al menos que estos factores influyeran en la medición del combustible en el grado apropiado. La validez de esta teoría se probó con experimentos básicos.

Se eligió también la inyección continua porque un sistema mecánico no puede aliarse fácilmente con el disparo eléctrico de la inyección, que podría hacerse, por ejemplo, alambrando el sistema al distribuidor de encendido para obtener una lectura de r.p.m..

Los ingenieros de la Bosch pensaron además que el ingrediente esencial para controlar adecuadamente las proporciones aire-combustible, en una amplia gama de condiciones operacionales, era medir el flujo de aire que se enviaba al motor.

Este flujo no puede medirse por peso, pero sí puede medirse con exactitud en pies cúbicos por minuto. Sin embargo, para la operación adecuada del motor, los números no importan. Lo que se necesita es un dispositivo que transmita con exactitud una señal, en una escala dispuesta en progresión lo que hace básicamente un carburador, pero el K-Jetronic no es un carburador.

Al medir el flujo de aire, los ingenieros de la Bosch eligieron el principio de control que prometía dar la concordancia más próxima con lo que sucede en el motor, para poder ofrecer la mejor oportunidad de controlar las emisiones de escape.

El flujo másico de aire es proporcional al área de corte transversal a la que tiene acceso, la densidad del aire y la velocidad. De acuerdo con la fórmula comprobada, $M = \rho AV$, siendo A (el área anular alrededor de la placa), V (la velocidad) y ρ (la densidad del aire).

Midiendo exactamente el volumen de flujo de aire que va al interior del motor, se puede automatizar la medición de combustible cuando se hace en vacío constante o carburadores con válvula de aire. Ese tipo de carburador servía realmente como modelo para la primera versión experimental, llamado sistema KA (K para continuo, A para sin conducción).

La válvula de aire o carburador de vacío constante trabaja con un flujo de aire de 30:1 (una velocidad máxima de flujo treinta veces mayor que el mínimo). Por comparación, el carburador de venturi tiene una escala de flujo de aire de 900:1 que impide el grado de exactitud que Bosch contemplaba como necesaria para un sistema competitivo de inyección.

En la primera etapa de la experimentación se probó un arreglo de pistón que imita un carburador de SU. También se probaron y evaluaron muchas otras configuraciones. Pero el tipo de pistón era menos firme y menos inmune a los efectos de la fricción que el sistema de palanca que se seleccionó para un posterior desarrollo.

El medidor de flujo de aire, de modelo de producción, se construyó alrededor de un venturi que contiene una placa metálica circular que se suspende en una palanca contrabalanceada. La placa suspendida es forzada hacia atrás por el flujo de aire que entra, levantándose e inclinándose de su pivote. La deflexión ocurre a una velocidad lineal en relación al flujo de aire, balanceando continuamente su ángulo y abriéndose contra la fuerza del flujo de aire.

Esta relación lineal entre el flujo másico de aire y la medición de combustible es la clave para mantener una proporción constante aire/combustible, sin importar las condiciones de operación en los motores modernos que tiene una escala de carga de 4:1 y de velocidad de 8:1. Después de haber experimentado considerablemente, la Bosch diseñó un dispositivo que transfería fielmente esta relación al movimiento de una palanca sencilla.

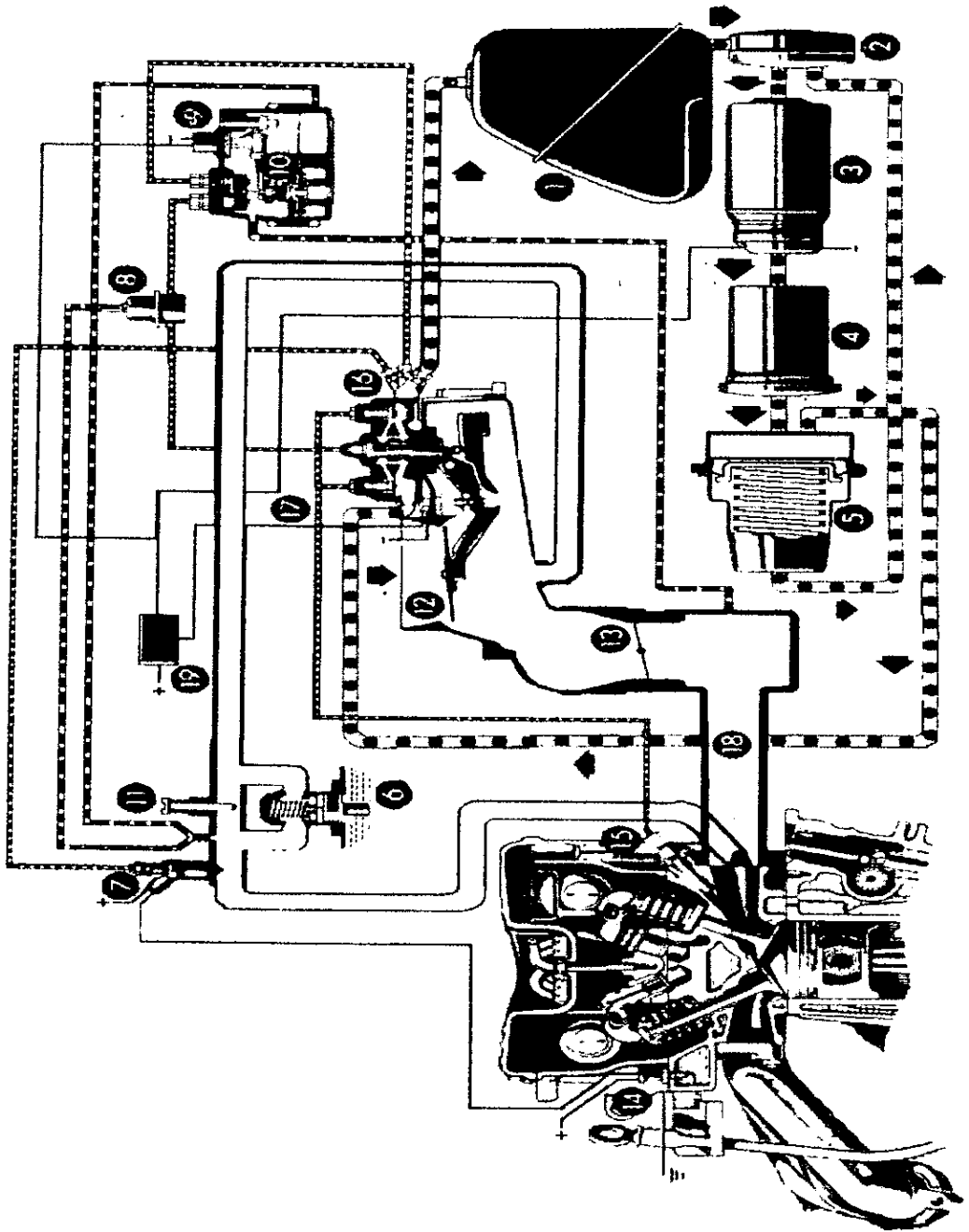
Al dar forma cónica al pasaje de aire, la Bosch aseguró que el aumento en área es exactamente proporcional al cambio en el ángulo de la placa. Así, la relación

entre el flujo de aire y el área de corte transversal estará en proporción lineal directa, puesto que la velocidad de flujo del aire permanece constante.

La presión en la placa se determina por la velocidad de flujo de aire y la densidad de acuerdo con esta fórmula: $P = 1/2\rho V^2$ y donde P es presión, ρ densidad y V velocidad.

Instalación del k-Jetronic en un Mercedes Benz.

- 1.- Tanque de combustible .
- 2.- Recipiente amortiguador.
- 3.- Bomba eléctrica de combustible.
- 4.- Filtro de combustible.
- 5.- Recipiente para combustible.
- 6.- Válvula adicional de aire.
- 7 - Válvula eléctrica de arranque.
- 8.- Amortiguador de presión.
- 9.- Control de calentamiento.
- 10.- Muelle bimetálica.
- 11.- Tornillo de marcha mínima.
- 12.- Válvula de retención.
- 13.- Válvula de mariposa.
- 14.- Interruptor térmico de retardo.
- 15.- Válvula de inyección.
- 16.- Control de presión, tipo émbolo.
- 17.- Unidad medidora de combustible.
- 18.- Tubo de admisión.
- 19.- Relevador.



Durante el trabajo de prueba, los ingenieros de Bosch llegaron a las dimensiones apropiadas siguientes para la placa medidora de aire:

60 a 80 mm para motores de cuatro cilindros desde 40 hasta 120 HP.

80 a 85 mm para motores de seis cilindros desde 130 hasta 200 HP.

110 mm para motores de 8 cilindros hasta 300 HP.

Para motores más grandes se necesitó una placa de diámetro mayor debido a una pérdida de exactitud cuando se fuerza la placa a ángulos extremos. Eso a su vez impone un límite a la caída de presión que se puede considerar tolerable. Las pruebas han probado que las velocidades de flujo masivo de aire y los ángulos elevados de placa ocasionan que haya separaciones en la corriente de aire, lo que origina una palanca inestable.

Oponiendo la presión del flujo de aire contra la placa, por medio de una fuerza hidráulica constante de control, se creará una situación en la que cualquier aumento en la fuerza del flujo de aire doblará la placa, por medio de un ángulo que aumenta el área de corte transversal del pasaje anular alrededor de ella lo suficiente para regresar la velocidad a su nivel inicial.

Una pieza puente abajo de la placa activa un interruptor eléctrico que desconecta el circuito de la bomba de combustible siempre que el aire no entre al ducto. Cualquier petardeo en el múltiple de admisión podría alterar seriamente el funcionamiento del medidor de flujo de aire. Por ese motivo el medidor tiene un soltador de seguridad que le permite girar y liberarse de aliviar la presión hacia el ducto de entrada.

El desplazamiento fuera del centro de la placa se restringe por medio de un cojín de hule, y un muelle de hojas ajustable fija la placa en su posición neutral correcta, necesaria para un arranque normal.

El medidor de flujo del aire tiene un cuerpo de aluminio moldeado a presión. La placa también es de aluminio, de modo que las dos sean completamente compatibles en términos de expansión térmica o contracción, durante las variaciones de temperatura en el aire de carga.

El diseño del venturi se hizo con todo cuidado para asegurar que todo el aire que entra ejerza presión en la placa. Por la misma razón, se descartó el ajuste acostumbrado de velocidad mínima por derivación de aire con una válvula de mariposa tipo tornillo, en favor de la articulación mecánica tipo tornillo, en favor de la articulación mecánica entre el medidor de aire y el émbolo medidor. Bajo condiciones de flujo pulsante es amortiguado el movimiento de la placa del sensor por medio de la mariposa de aguja de calibrador fijo.

El eje pivote para la placa es de acero inoxidable que descansa en cojinetes recubiertos de teflón. Un rodillo de velocidad mínima está montado en un rodillo de velocidad mínima está montado en un brazo intermedio que se puede ajustar con relación al brazo principal. El ajuste de la velocidad mínima puede hacerse con el motor funcionando.

La distancia entre cojines en el pivote ha sido ampliada al máximo, con mucho juego axial. El rodillo de salida corre sobre un cojinete de rodillos de agujas de acero inoxidable con desviación radial mínima. El tornillo de ajuste de velocidad mínima es de trabajo automático y tiene una superficie de impacto pulido. La palanca de salida es una pieza fundida a presión, de aluminio dimensiones.

El movimiento proporcional de esta palanca de la placa de presión puede transferirse mecánicamente a un émbolo medidor de combustible, con la relación instantánea a los cambios en el flujo másico de aire.

El émbolo de control de la unidad medidora de combustible está bajo presión hidráulica desde arriba. El émbolo trabaja en una garganta provista de numerosas ranuras estrechas rectangulares y verticales, y aplica una fuerza hidráulica opuesta al flujo de aire, buscando su posición en el punto de igualdad entre el flujo de aire y la fuerza hidráulica. Cuando la palanca levanta el émbolo dosificador, entra más combustible a la unidad.

La unidad de medición y distribución se instala corriente arriba de la válvula de la mariposa. Debe colocarse en posición horizontal, de preferencia con un montaje flexible, de modo que se evite que las fuerzas de aceleración se excedan de 5g. Los inyectores deben instalarse tan cerca de las válvulas de admisión como se pueda de acuerdo con los expertos de la Bosch.

Una condición impuesta por sí misma para el desarrollo del K-Jetronic era que cada puerto de admisión debe tener un control individual de cierre y operar a presión más alta que cualquier cabezal de presión que podría ocurrir normalmente en el múltiple o en las áreas de puerto. Esta condición estimula los requerimientos para un arranque caliente confiable, por ejemplo.

La razón para querer que el inyector esté tan cerca de la válvula de admisión es que este arreglo permite un funcionamiento satisfactorio con una mezcla muy pobre y por ello el consumo más bajo de combustible.

El sistema eléctrico se ha arreglado de modo que la bomba de combustible comience a funcionar cuando se conecta el motor de la marcha. Cuando el motor enciende y se desconecta la marcha, un interruptor eléctrico en la palanca medidora de aire permite que la bomba de combustible continúe funcionando. Al mismo tiempo, se inicia el calentamiento de los alambres de resistencia para la válvula de calentamiento y la válvula auxiliar de aire.

La válvula de enriquecimiento para el arranque que se conecta al interruptor de calor tiempo en la camisa de agua, es activada por el funcionamiento del motor de la marcha.

K-Jetronic incluye dos circuitos de combustible: el primario y el secundario. El circuito primario es el de suministro. Comienza con una bomba eléctrica sumergida, del tipo de rodillos, que alimenta combustible a un acumulador. Los ingenieros de la Bosch tenían razón para colocarlo ahí, porque retarda la formación de presión durante la secuencia de arranque y después que el motor se desconecta. También ayuda a amortiguar el ruido de la bomba de combustible fluye a través de un filtro a la unidad combinada medidora y distribuidor. El combustible excedente se regresa al tanque por medio de un regulador de presión constante.

El acumulador es un tanque con dos cámaras: la cámara elástica y la cámara de combustible, un diafragma de una sola hoja separa las dos cámaras.

El desplazamiento de la cámara es de 20 cc (centímetros cúbicos) aproximadamente y se dispone el resorte para presurizar el combustible contenido allí durante periodos de parada a un nivel de 37 hasta 51.5 psi. Una válvula de resorte con mariposa hace posible que se obtenga un llenado rápido de la cámara de combustible, sin pérdida innecesaria de su contenido efectivo cuando se apaga el motor.

En la unidad medidora y distribuidor, tanto la mitad superior como la inferior del cuerpo son de hierro colado. El diafragma es de acero, que tiene una expansión térmica semejante, para asegurar libertad a las variaciones debido a las fluctuaciones de temperatura.

El cuerpo del distribuidor contiene un juego de válvulas reguladoras de presión, una para cada inyector. Cada válvula consta de dos cámaras. Un diafragma de acero separa las cámaras así como los circuitos primario y secundario.

El circuito secundario es el de distribución. Inicia con la unidad del distribuidor y termina con los inyectores en los puertos. El combustible fluye por canal circular en la unidad del distribuidor, con puertos hasta las cámaras inferiores de las válvulas reguladoras de presión.

La camisa y las válvulas reguladoras de presión están hechas de acero inoxidable. El émbolo se sometió a un tratamiento electroerosivo. Dentro de esta unidad, no hay posibilidad de ajuste. Todo debe satisfacer las tolerancias de producción que se han especificado.

Debido a la diferencia de las fuerzas que actúan en el medidor de aire en motores de cuatro, seis y ocho cilindros, aun con idéntica presión en el sistema,

los ingenieros de la Bosch encontraron que era necesario adaptar pistones de válvulas de diferentes tamaños:

- 10 mm para motores de cuatro cilindros.
- 13 mm para motores de seis cilindros.
- 17 mm para motores de ocho cilindros.

Utilizando pasajes cruzados entre las cámaras individuales, las válvulas funcionan con una conmutación paralela exacta, sin pérdida de presión. Las cámaras de entrada, siguiendo la camisa del émbolo deben tener separaciones perfectamente definidas para evitar reboses. Eso se ha logrado utilizando anillos "O" que sellan radialmente cada ranura.

Para proteger las válvulas que regulan la presión ha sido colocado un filtro de nylon con una malla de 25 micromilímetros de ancho, antes de las ranuras de distribución.

La presión en el canal anular se mantiene constante a 69 psi por medio de un regulador incluido en el circuito primario. Los asientos cortos de las válvulas tubulares están montados en las cámaras superiores de las válvulas reguladoras de presión, del circuito secundario. Sus extremos inferiores se sostiene contra el diafragma, que responde a las variaciones en los diferenciales de presión entre las cámaras superior e inferior.

Debido a deflexiones del diafragma, el diferencial de presión entre las dos cámaras se mantiene a 1.5 psi, una cifra muy baja, que permite ranuras de puerto extremadamente pequeñas, tan sólo de 0.1 a 0.2 mm de ancho.

El combustible entra a los cuerpos de la válvula en cantidades fijadas por el émbolo medidor. Luego el combustible es admitido a través de las ranuras en la camisa medidora hacia los puertos de descarga de las válvulas reguladoras de la presión.

La presión en el circuito secundario varía entre 7.5 y 51.5 psi. Se requiere una presión de 48.5 psi para abrir la válvula en los inyectores. Las válvulas incluyen un filtro miniatura de nylon para el combustible y una válvula de vibración que siente las bajas de flujo y comienza a vibrar para asegurar una atomización adecuada del combustible bajo tales condiciones.

La boquilla del inyector es básicamente la misma que en los sistemas viejos de inyección con bombas en línea. Es una válvula de rociado que abre hacia adelante, con asiento y suspensión esféricos que parte de una base con resorte. Cada inyector está protegido por un filtro de nylon con malla de 15 micromilímetros de ancho.

Al miniaturizar todas las partes móviles se elevaron sus frecuencias naturales lo suficiente como para permitir que se inyectaran cantidades diminutas de combustible. A velocidad mínima, entran 5 cc/min (centímetros cúbicos por minuto) a la aguja de la válvula de lámina cuya frecuencia natural es de 1,500 ciclos por segundo.

El autocentrado estable y sin fricción de la aguja se asegura debido a su construcción diminuta y la interfaz con el muelle al que se le dio la forma de aquélla. Las válvulas se aíslan térmicamente con anillo "O" en los soportes de plástico. No se da la temperatura máxima de la válvula hasta que se desconecta el motor y no debe exceder los 95°C.

El múltiplo de admisión debe arreglarse de acuerdo con tres requerimientos:

- 1.- Llenado óptimo del cilindro.
- 2.- Flujo masivo de aire uniforme para cada cilindro.
- 3.- Duración adecuada de transiciones suaves.

El punto 3 significa que para transiciones fáciles de un conjunto de condiciones de operación a otro, el volumen de la selección del múltiplo entre las válvulas de admisión y la válvula de la mariposa debe ser igual a 1.5 veces el desplazamiento del motor.

Corriente abajo de la válvula de la mariposa el múltiplo contiene una válvula para rociar el combustible, diseñada para proporcionar el enriquecimiento de la mezcla que se necesite para el arranque en frío. Se activa eléctrica mente con un interruptor automático que registra señales tanto de tiempo como de temperatura.

Las válvulas de enriquecimiento para el arranque en frío se conecta al circuito primario del combustible en líneas abiertas. Un tercer circuito juega el papel vital de proporcionar alimentación al émbolo medidor de acuerdo con la elevación de temperatura durante el calentamiento del motor. La presión en el circuito de calentamiento se controla con una mariposa de aguja que se conecta al circuito de control. Esta válvula de mariposa se abría y cerraba con la válvula de enriquecimiento para el arranque en frío.

El combustible fluye a la válvula de calentamiento a través de una línea abierta desde la válvula de enriquecimiento para el arranque en frío, y una muelle bimetalica mantiene abierta la válvula de calentamiento durante los arranques en frío.

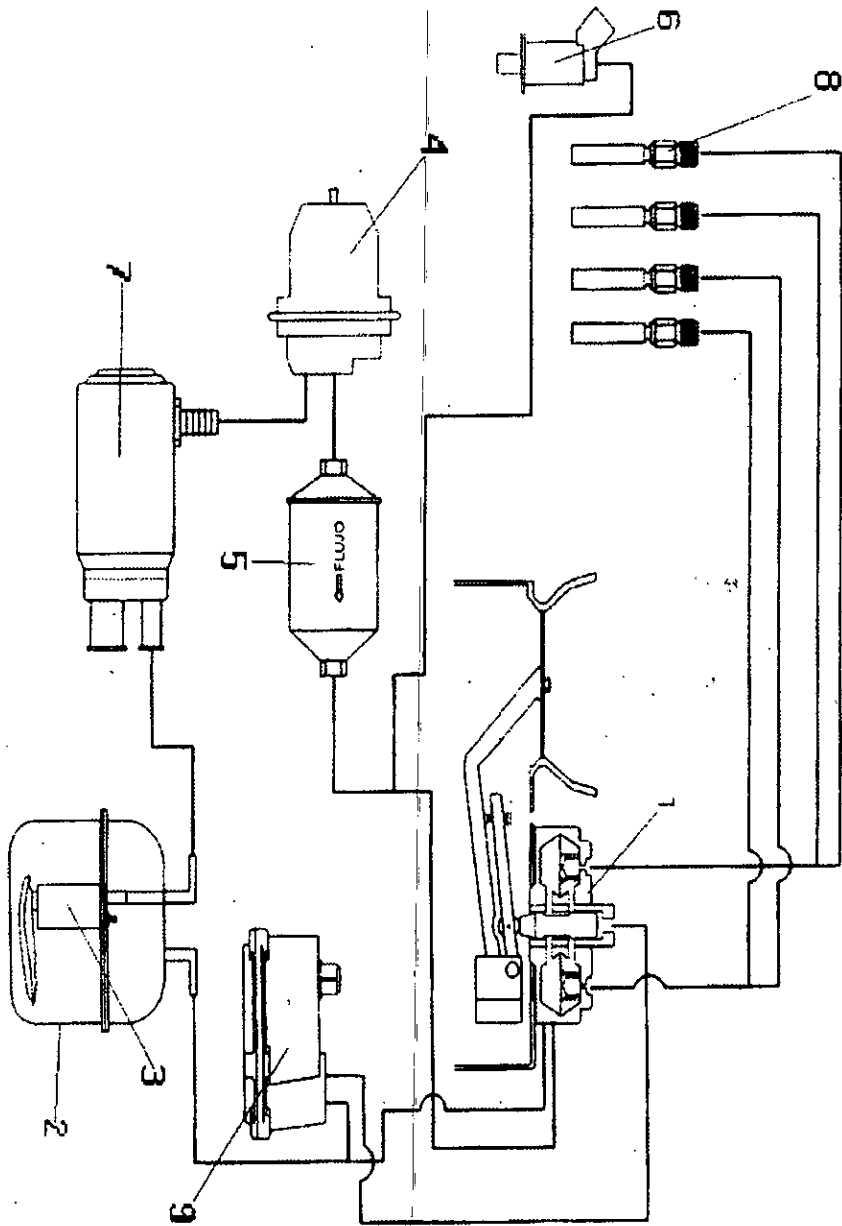
La muelle bimetalica se calienta por medio de un alambre de resistencia eléctrica. Este calentamiento hace que la muelle regrese a su posición inactiva dentro de un tiempo prefijado (sin tomar en cuenta la temperatura del enfriador) y cierra la válvula de calentamiento.

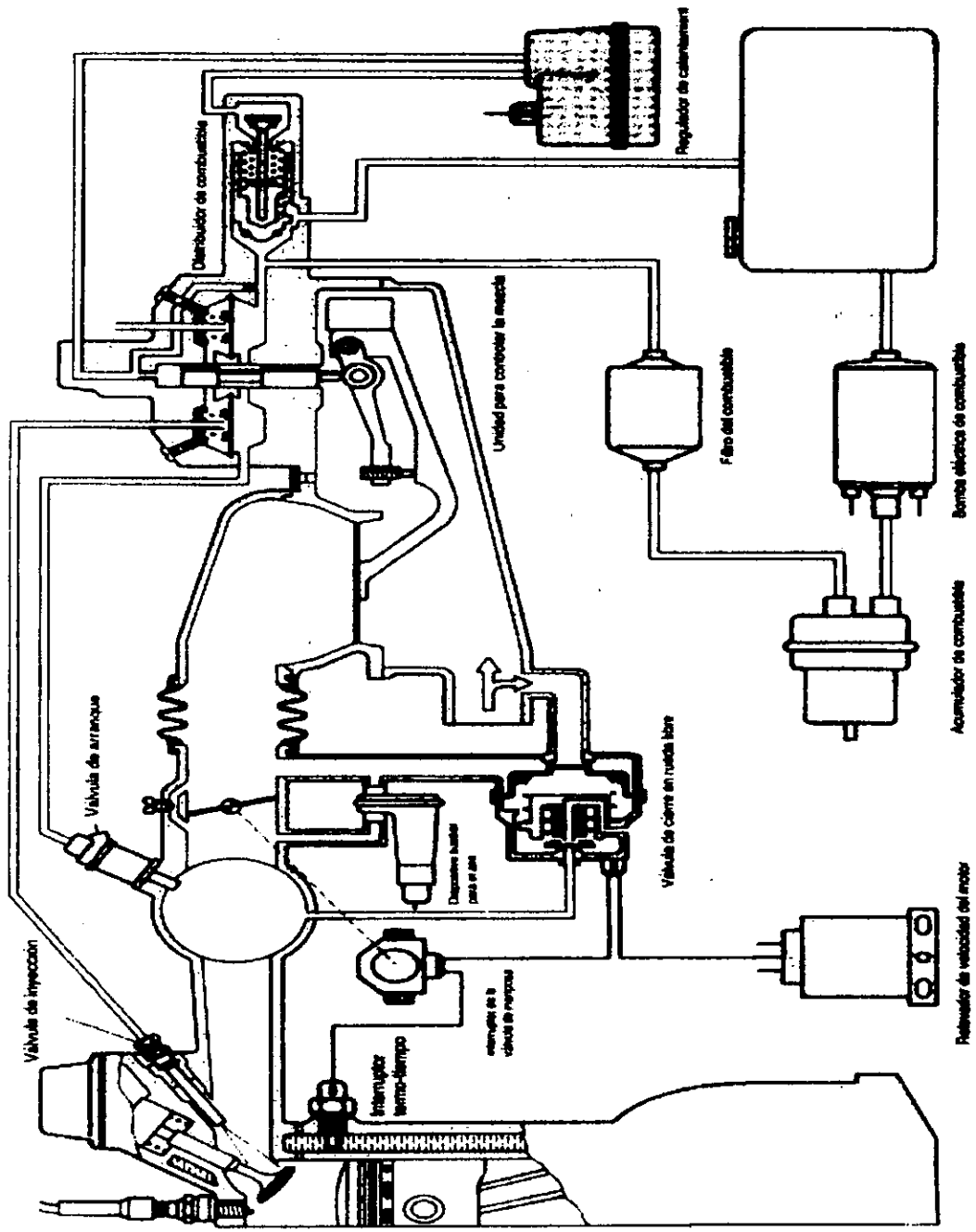
Sistema k-Jetronic.

- 1.- Sensor de flujo de aire.
- 2.- Tanque de combustible.
- 3.- Prebomba de combustible.
- 4.- Acumulador.
- 5.- Filtro de combustible
- 6.- Inyector de arranque en frío.
- 7.- Bomba de gasolina.
- 8.- Inyectores.
- 9.- Distribuidor de combustible.

El sistema K-Jetronic es un sistema mecánico de inyección de combustible. Fue introducido en 1974 y también se le llama Inyección Continua de Combustible (CIS) puesto que una vez que el motor arranca el combustible es rociado continuamente a través de los inyectores hasta que el motor se apaga (ver pagina 156).

El K-Jetronic con interruptor de combustible con rueda libre, permitía economizar combustible y tener un escape más limpio (ver pagina 157).





Durante el calentamiento, la válvula proporciona la presión hidráulica al émbolo medidor. Cuando se alcanza la temperatura normal de operación, la válvula se cierra para mantener una carga hidráulica constante en el émbolo.

Debido a sus principios básicos de operación K-Jetronic tenía que operar sin contener aire, como se usó con los sistemas electrónicos de inyección de combustible. Esto quería decir que tenían que desarrollarse unos métodos para preparar las diferentes mezclas.

El contener aire asegura una excelente preparación de la mezcla en marcha mínima y en las regiones más bajas de carga parcial. Sin embargo, no ayuda a preparar la mezcla con presiones absolutas incrementadas, como en condiciones de carga total o transitoria.

Las variaciones en las proporciones de equivalencia ocurren durante las transiciones. Por ejemplo, la carga se hace rica después de una abertura súbita de la mariposa; eso es necesario y corresponde a la acción de la bomba de aceleración de un carburador. Después de cerrar la mariposa, pero sin disminuir las r.p.m., la carga se hace más pobre. Con una súbita caída en las r.p.m. con la mariposa cerrada, la carga se hace más rica. Estos cambios se deben principalmente a las condiciones que existen en el múltiple de admisión entre la válvula de mariposa y las válvulas de admisión.

El medidor de flujo de aire registra con exactitud el cambio en el llenado que acompaña al cambio en la carga (vacío del múltiple). Por ejemplo, cuando la mariposa se abre de pronto, el medidor de flujo de aire debe admitir la cantidad que se necesita para elevar la presión del múltiple a su nivel.

La condición más difícil para que el sistema se adapte es la abertura súbita de la mariposa, poco después de un arranque en frío, desde la operación más baja en r.p.m., bajo esta situación, una parte considerable del combustible inyectado terminará como combustible crudo, gravitando hacia las canales del múltiple. La mezcla será extremadamente pobre. El motor no acelerará y puede ocurrir un paro del mismo.

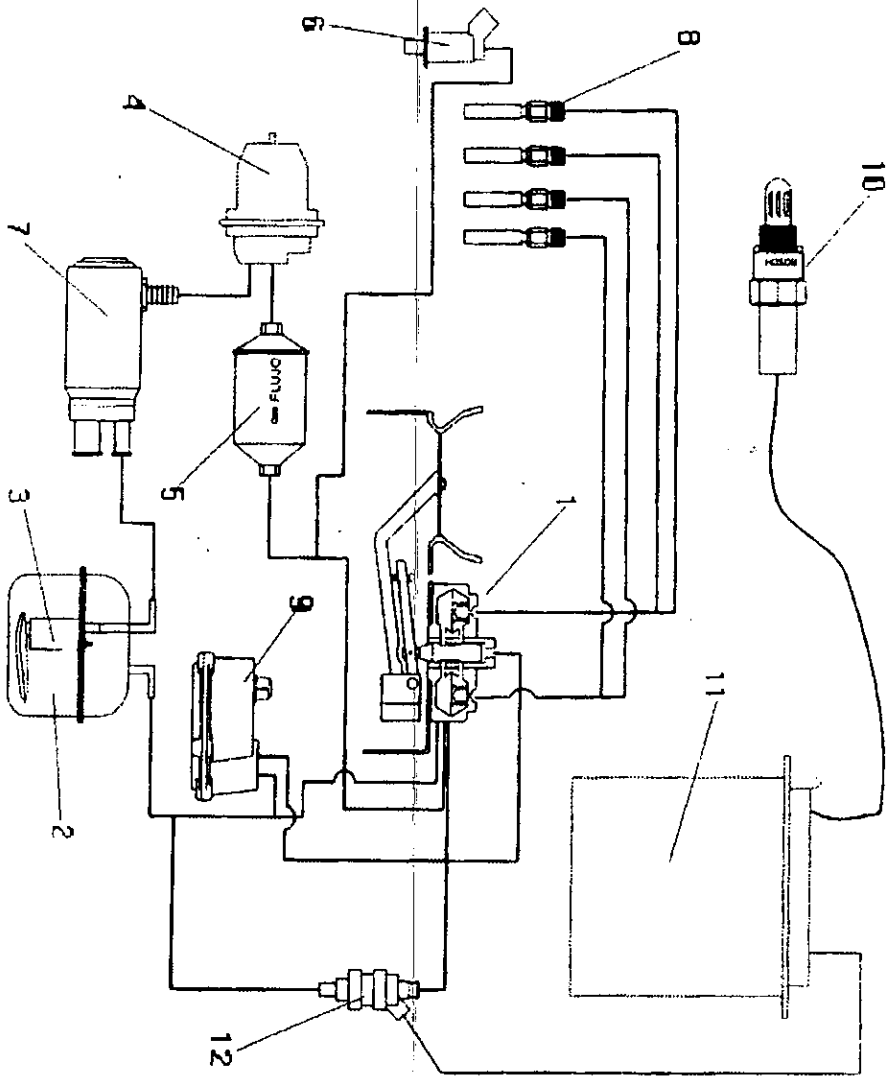
En una serie de experimentos, Bosch demostró que la desviación promedio de la proporción elegida de equivalencia de combustible puede reducirse por medio de dos métodos. El primero es aumentar la velocidad del flujo de aire a través del medidor. El segundo es incluir una zona amortiguadora entre el medidor del flujo de aire y la válvula de mariposa. Ambos métodos sirven para evitar la separación del flujo de aire a través del medidor.

Sistema k-Jetronic con sensor Lambda.

- 1.- Sensor de flujo de aire.
- 2.- Tanque de combustible.
- 3.- Prebomba de combustible.
- 4 - Acumulador.
- 5.- Filtro de combustible
- 6.- Inyector de arranque en frío.
- 7.- Bomba de gasolina.
- 8.- Inyectores.
- 9.- Distribuidor de combustible.
- 10.- Sensor Lambda
- 11.- ECU.
- 12.- Válvula de frecuencia.

El sistema K-jetronic con sensor Lambda es muy similar al sistema K-Jetronic la diferencia principal es la adición de tres nuevos componente:

El sensor Lambda, la ECU y la Válvula de frecuencia (la similitud de la válvula de frecuencia en este dibujo a un inyector EFI es realista).



El K-jetronic puede tener inconvenientes menores, pero el sistema no corre ningún riesgo inmediato de su desplazamiento a larga escala por medio del L-Jetronic o sistemas más nuevos. Es sumamente versátil, dando resultados satisfactorios en motores de tipos muy diferentes, y es totalmente compatible con el turbocargado, por ejemplo. Sobre todo, tiene una tremenda ventaja de costos sobre todos los demás sistemas de inyección, y en los mercados con leyes estrictas anticontaminantes, puede competir en iguales términos con los sistemas de carburador.

En 1973, Porsche eligió el K-Jetronic para sustituir la inyección mecánica (intermitente) de combustible Bosch en sus 911. En 1975, Mercedes-Benz eligió el K-Jetronic como sustitución del D-Jetronic, un paso atrás en la tecnología, por las razones apremiantes de costo, confiabilidad y facilidad de servicio. Saab estaba utilizando el D-Jetronic en su versión US-99 por motivos de control de emisiones, pero adoptó el K-Jetronic para el nuevo 99 Turbo en 1977.

A principios de enero de 1983, K-Jetronic estuvo disponible con cierre de combustible bajo rueda libre en el Audi 80, 100 y 200; BMW 318i, 323i y 520i; y Volkswagen Golf GTI, Scirocco GTI, Jetta GLI y Passat GLI.

Bosch anunciaba la economía de combustible hasta de 5% para esta innovación, que también se ofrecía como equipo de remodelación en la producción en serie. Sus componentes principales eran un interruptor eléctrico en el eje de la válvula unidireccional. Cuando el conductor quitaba el pie del acelerador, el interruptor completa un circuito que cerraba completamente la válvula de combustible si el motor estaba funcionando cuando menos a 1200 r.p.m.. Para evitar una conexión y desconexión demasiado frecuente, la válvula era activada con un retraso de histéresis de aproximadamente 300 r.p.m. Cuando la temperatura del enfriador caía por abajo de los 35°C, el suministro de combustible no se interrumpía, con el fin de lograr un calentamiento más rápido.

KE-Jetronic.

Durante 1981, Bosch comenzó a cultivar la idea de que el K-Jetronic hidromecánico mejoraría sustancialmente adaptándole un sistema de control electrónico. La responsabilidad de desarrollo se le dio a Wolfgang Maisch.

En 1983, ya se tenía una versión para su producción en serie. Pero en vez de ser una instalación de costo bajo a medio, el KE-Jetronic se convirtió en el sistema de inyección más caro de Bosch, que se cotizó por arriba de los L-3 y LH-Jetronics.

La primera aplicación estándar del KE-Jetronic fue en el motor desarrollado por Cosworth para el Mercedes-Benz 190 E2.3-16, que se introdujo en enero de 1984. Después, Rolls-Royce adoptó el KE-Jetronic para su V-8 de 6.75 litros del Silver Spur, y en el Bentley Mulsanne Turbo R en septiembre de 1986.

Más adelante el control electrónico ofrecía ciertas oportunidades de simplificación. La unidad de control digital del KE-Jetronic recibía información sobre las r.p.m. del motor (del distribuidor de encendido) del flujo másico de aire, de la temperatura del enfriador, el ángulo (carga) de placa de la mariposa, interruptor de la marcha, compensador de altitud y sensor de detonación, lo cual significaba que se podían eliminar todos los dispositivos mecánicos de medición.

La única salida del sistema venían en forma de instrucciones a una pequeña válvula de presión que se anexaba a la unidad medidora. Esta válvula de presión hacía redundante el depósito para arranque en caliente del K-Jetronic, aunque se conservaba la válvula eléctrica de arranque en frío que estaba en la corriente de la boquilla del inyector.

La válvula de presión la regula (entre 2.5 y 25 psi contra las ranuras de distribución en el pistón medidor. Esto en realidad, determina la cantidad de combustible y la inyección permanece continua.

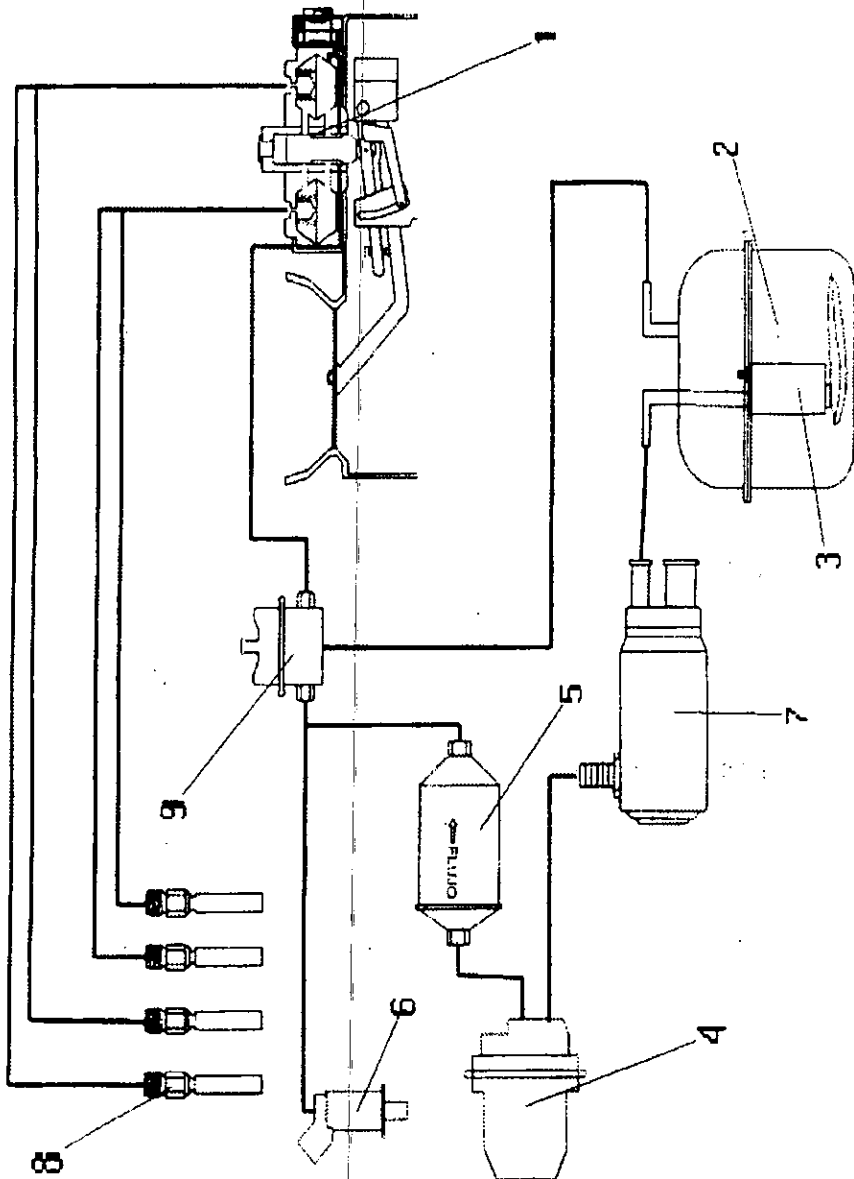
Para el KE-Jetronic se desarrollaron nuevos inyectores con aislamiento térmico al aire (para evitar la evaporación de combustible en el interior del inyector). El aire que se fuga del múltiple de admisión se desvía y hace entrar a la camisa cilíndrica alrededor del núcleo del inyector, donde circula antes de premezclarse con el combustible. También se anuncia este método en el sentido que reduce el tamaño de las partículas de combustible de 0.04 mm a 0.01 mm.

En contraste con el K-Jetronic, el KE-Jetronic es completamente adecuado para su combinación con Lambda-Sond (retroalimentación en circuito cerrado) y la estabilización digital de marcha mínima. La interrupción de combustible en rueda libre es estándar. En caso de falla electrónica, el sistema tiene capacidad para seguir funcionando y llegar a casa y sólo se pierde el ajuste fino.

Sistema KE-Jetronic.

- 1.- Sensor de flujo de aire.
- 2.- Tanque de combustible.
- 3.- Prebomba de combustible.
- 4.- Acumulador.
- 5.- Filtro de combustible
- 6.- Inyector de arranque en frío.
- 7.- Bomba de gasolina.
- 8.- Inyectores.
- 9.- Distribuidor de combustible.

El sistema KE, el control de regulador de presión utilizado en los sistemas K y K Lambda es remplazado por un sistema de regulador de presión. Así, la función de enriquecimiento en el calentamiento es remplazada por un actuador electrohidraulico controlado por computadora.



L- JETRONIC DE BOSCH.

El sistema conocido actualmente como L-Jetronic es el descendiente directo del primer tipo de los sistemas de inyección electrónica de combustible desarrollados por Bosch en el 1966- 1968, bajo las patentes Bendix.

A fines de 1969, Citroen adoptó el Jetronic para su DS-21, preparando el camino para el éxito de Bosch en el mercado internacional, Saab siguió un año más tarde con su 99 E, el sistema Jetronic se identificó después como D-Jetronic, a principios de 1973, el D-Jetronic fue desplazado en favor de L-Jetronic que aprovechó el gran progreso que se logró en la tecnología de semiconductores en los últimos diez o doce años.

Heinrich Knapp desarrolló el L-Jetronic, ingeniero en jefe de la inyección de combustible en Bosch, estaba bajo las órdenes de Hermann Eisele, director de investigación y desarrollo de los sistemas de inyección de diesel y gasolina. Otto Glöckler era el gerente del departamento para los sistemas, y el doctor Rudolf Sauer fue el gerente del departamento para componentes de la inyección de gasolina.

Como ejemplo del tipo de avance que han logrado estos hombres, la unidad de control de L-Jetronic tiene sólo ochenta componentes, en comparación con más de 300 del D-Jetronic. Esta reducción fue posible eliminando tres grupos extensos de componentes y colocando circuitos integrados sencillos.

Además de los tres circuitos integrados, el L-Jetronic contiene sólo unos cuantos elementos semiconductores más una cantidad de condensadores y resistores igualadores. La unidad de control se conecta a la memoria principal con un tapón de contacto multipolo.

Esta tecnología de circuito ofrece gran precisión y un alto grado de confiabilidad. También ofrece amplia flexibilidad en términos de cantidades de entrada y salida.

Pueden introducirse las señales de entrada que imparten información en relación a la temperatura del aire que entra y puede incluirse la compensación de temperatura, por medio de una simple red de resistencia. El sistema es capaz de admitir señales adicionales de salida, concernientes al control de una válvula de recirculación de gas de escape, por ejemplo; y el control Lambda-Sond (retroalimentación con contenido de oxígeno, del sistema de escape) puede integrarse sin mayor complicación o gasto.

Los métodos de dosificación e inyección de combustible en el sistema L-Jetronic corresponden a los desarrollados para el primer D-Jetronic. El regulador

de presión, el sensor de temperatura del enfriador y el interruptor de la mariposa son semejantes.

Al igual que con el D-Jetronic, el L-Jetronic proporciona una inyección intermitente en los puertos de admisión a baja presión. Sin embargo, a diferencia del D-Jetronic, el sistema L-Jetronic se apoyan en el dosificador del flujo masivo de aire como la variable principal de entrada, para determinar la cantidad de combustible que se va a inyectar.

En el sistema D-Jetronic, la dosificación de aire se realizaba por medio de un sensor de presión del múltiple, basándose en el principio de que mientras prevalezca la presión atmosférica ambiente en el frente de la válvula de mariposa, se crea un vacío detrás de ella. Esta vacío del múltiple varía de acuerdo con la posición de la mariposa, se crea un vacío frente de la válvula de mariposa, se crea un vacío detrás de ella. Este vacío del múltiple varía de acuerdo con la posición de la mariposa y puede usarse como parámetro para determinar la carga en el motor, así como el volumen del aire de combustible que se está admitiendo en los cilindros.

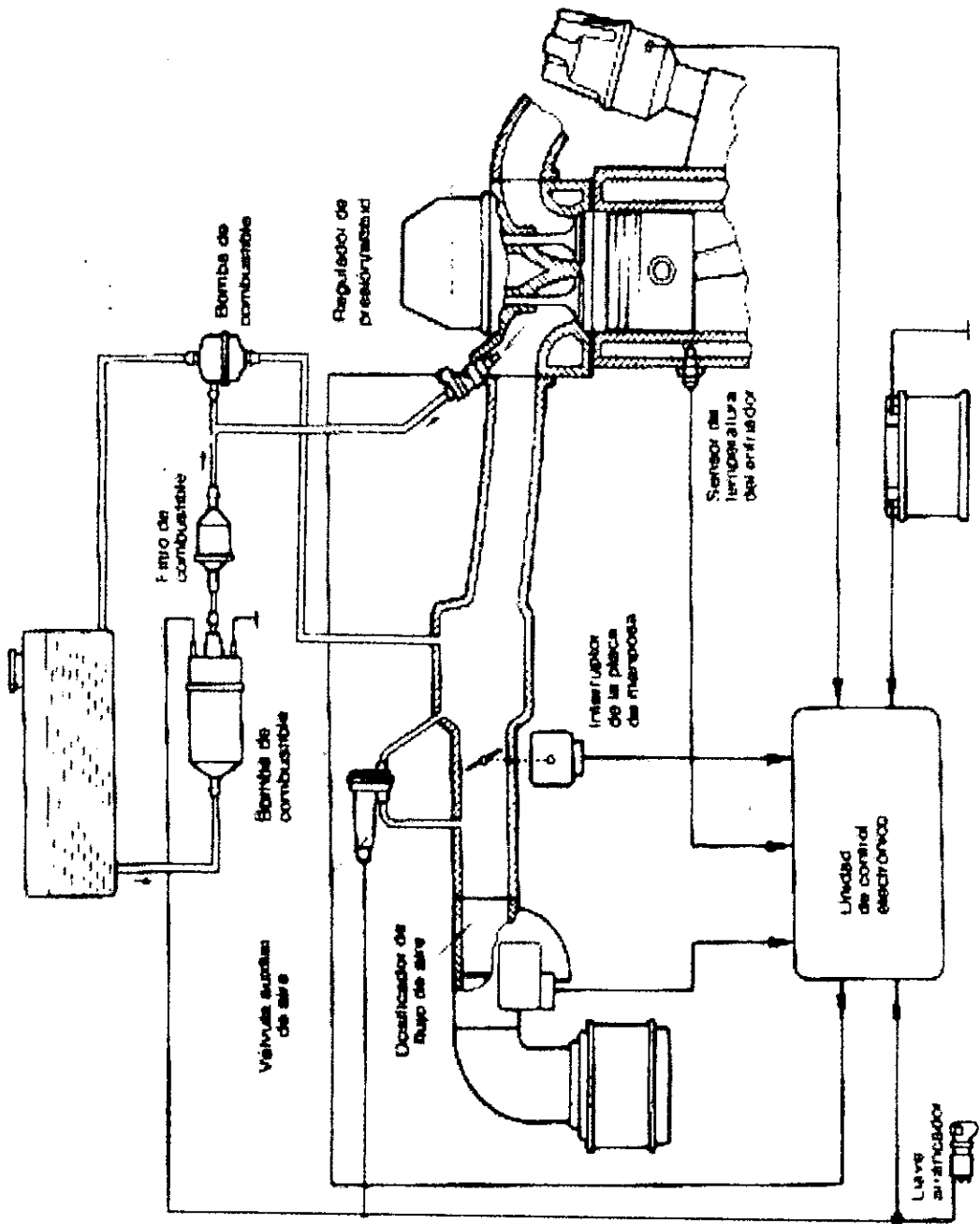
Bosch determinó después que la presión del múltiple es sólo una medida aproximadamente de la cantidad de aire que está consumiendo el motor.

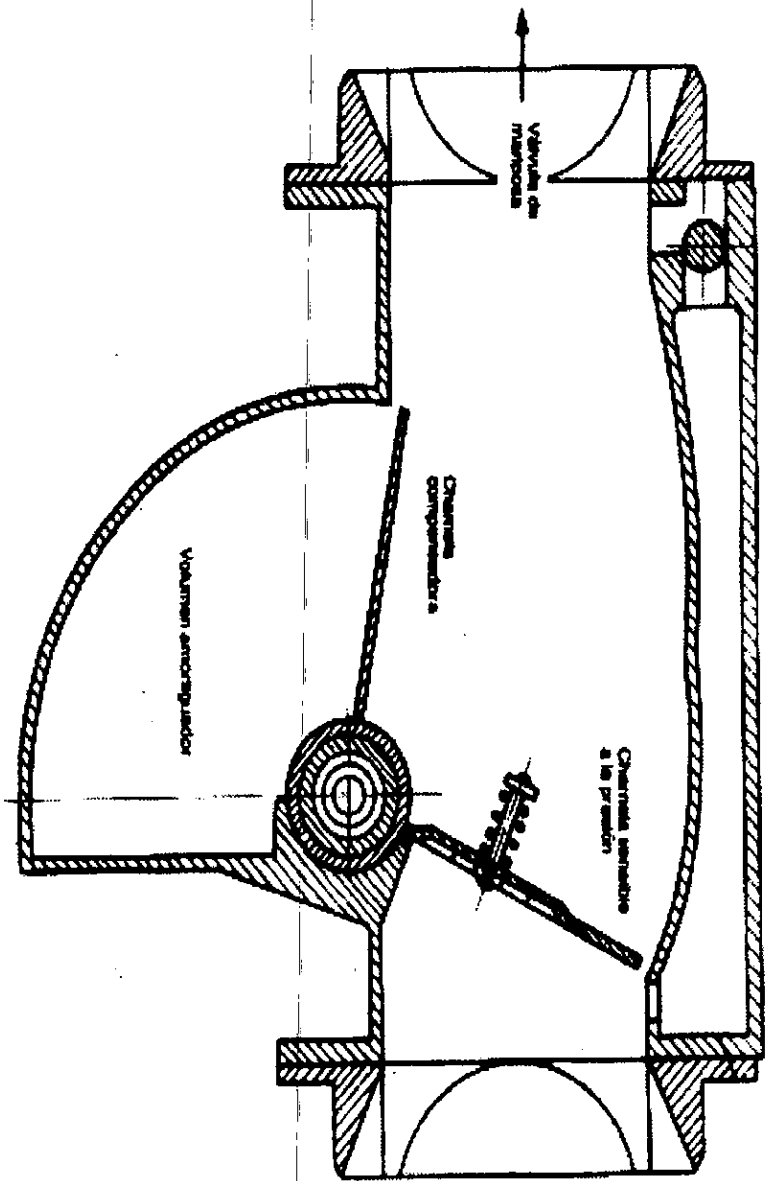
La dosificación de flujo de aire ofrece ventajas vitales para controlar la mezcla. Compensa automáticamente las diferencias en el llenado del cilindro debido a las diferencias de llenado del cilindro debido a las tolerancias de fábrica, desgaste, depósitos en la cámara de combustión, alteraciones en el ajuste de la válvula en un motor o variaciones en la velocidad del mismo. También compensa automáticamente las diferencias en la contrapresión del sistema de escape (como las que originan los convertidores catalíticos).

Hermann Scholl fungió como jefe de grupo en el proyecto de dosificación del flujo de aire. Se desarrolló el dosificador de aire de la primera generación como elemento independiente. Era un ensamble intercambiable montado corriente arriba de la válvula de la mariposa.

El dosificador consistía en una caja ubicada en el ducto de aire, con una charnela pivotada que estaba en el paso del aire, que cedía a la fuerza de la presión del aire. El eje del pivote también llevaba un potenciómetro que convertía el ángulo de la charnela en una señal eléctrica directa del voltaje de corriente.

La relación entre el flujo de aire y el ángulo de la charnela se elegía de modo que se mantuviera constante el error de porcentaje en toda la escala de operación del motor. La charnela estaba embisagrada de modo que el área de abertura aumentaba al incrementarse la formación de vórtice y las pérdidas de presión inducidas durante su trayectoria.





Para evitar reacciones excesivas en respuestas a los cambios súbitos en el flujo de aire, la charnela era activada por un resorte contra la fuerza de la presión de aire. El resorte espiral tenía tensión constante dando una fuerza balanceadora constante y una fuerza de presión constante. La Charnela estaba provista también de un amortiguador en forma de charnela compensadora, conectada por una apertura estrecha a una cámara de amortiguamiento. Estaba montada en el mismo eje de pivote que la charnela dosificadora de aire y minimizada los efectos de las fluctuaciones en la presión del múltiple sobre el ángulo de la charnela. Para evitar dañar el dosificador de flujo de aire en caso de contraexplosión en el múltiple, la charnela tenía una válvula de contrapresión activada por resorte.

La relación entre el flujo de aire y el ángulo de la charnela era logarítmica, lo cual aseguraba una característica no lineal en el potenciómetro. La relación logarítmica que se obtenía de este modo tenía la ventaja de hacer más sensible el dosificador de flujo de aire cuando sus valores eran más bajos y se necesitaba precisión más alta.

El potenciómetro ofrecía la ventaja adicional que la relación entre el ángulo de la charnela y el voltaje podía expresarse en un patrón no lineal que reflejaba el requerimiento real de combustible, eligiendo la geometría correcta para la trayectoria.

La trayectoria del potenciómetro tenía forma de arco con un contorno como de trinquete. Su geometría se determinaba para dar una relación inversa entre el flujo de aire y el voltaje. Un flujo alto de aire daba un voltaje muy alto, y un flujo alto de aire daba un voltaje bajo.

Debido al procesamiento exacto de la señal en la unidad de control, la cantidad de combustible que se descargaba era inversamente proporcional al voltaje del potenciómetro. Eso necesitaba el empleo de un potenciómetro con una curva exponencial, que causaba una curvatura más pronunciada del voltaje y hacía necesario fraccionar la trayectoria en segmentos con una serie paralela de baja resistencia, en las uniones entre los segmentos, para especificar el voltaje para el término de cada segmento. Eso explica el contorno del trinquete.

La serie constaba de una conexión en serie de resistores cermet (mitad cerámica, mitad metal) de gran estabilidad de temperatura. Las relaciones de voltaje. Las relaciones de voltaje en el divisor de la serie estaban desproporcionadas con cualquier temperatura o efecto de envejecimiento, que la serie podía optimizarse basándose estrictamente en máxima durabilidad y mínimo ruido.

Los resistores relativamente planos de cermet, pueden ajustarse a sus valores finales por medio de un rayo láser controlado por computadora. Estos valores

varían de un motor a otro y se almacenan en la computadora. Si el fabricante de autos quiere cambiarlos, puede programarse desde el teclado de la computadora.

Este tipo de circuito abrió el camino para combinar la trayectoria marcada con el divisor en serie en un circuito de película gruesa. Todos los circuitos de resistencia y conductor estaban combinados en un sustrato común de modo que no existían puntos de soldadura difíciles o no confiables. Este grado de solidez podía obtenerse únicamente utilizando las técnicas más avanzadas.

Los ingenieros de Bosch se esmeraron por probar el potenciómetro, esperaban tener problemas tanto con el ruido como con el desgaste. Pero al utilizar un tipo conductor de plástico con bajo coeficiente de fricción, en combinación con contactos de plata-paladio, se eliminó el problema de desgaste, incluso a elevadas temperaturas.

El voltaje proveniente del potenciómetro se recibía en un multivibrador, que también recibía señales de formador de impulso y del ruptor de contacto del encendido. La señal proveniente de la válvula de la mariposa y las señales que provienen del interruptor de arranque y el sensor de temperatura entraban a la etapa del multiplicador, donde eran comparadas con la entrada del multivibrador. La salida del multiplicador iba a la etapa terminal, que dirigía las válvulas del inyector.

El voltaje proveniente del medidor de flujo de aire era una medida de la cantidad de aire por unidad de tiempo. Este voltaje determinaba la frecuencia para el multivibrador, que se disparaba dos veces por cada revolución e árbol de levas.

El multivibrador contenía un condensador. Durante el intervalo entre dos impulsos de encendido, este condensador se cargaba a una proporción constante de modo que al término del período, el voltaje del condensador era inversamente proporcional a las r.p.m..

El sistema manejaba las variaciones de flujo de aire en una escala de 40:1 y las variaciones de r.p.m. en una escala de 10:1. La cantidad de combustible que se inyectaba variaba solo en una escala de 4:1.

El medidor de flujo en el L-Jetronic, se parecía al carburador en que proporcionaba una medición muy exacta de la masa real de aire que entraba a un motor en particular bajo cualquier combinación de velocidad y carga. Al igual que un carburador, respondía automáticamente a las pequeñas diferencias en el volumen de la cámara de combustión, forma del puerto y otros factores que afectan la eficiencia volumétrica.

Esta sensibilidad era buena tanto para la economía de combustible como para el control de emisiones. Pero tenía la misma debilidad inherente al carburador: la

compensación debida a los cambios en la densidad del aire no era completa y por ello el motor tendía a trabajar con mezcla rica a gran altitud, o cuando era elevada la temperatura bajo el cofre.

La fuerza de la mezcla teórica es proporcional a la raíz cuadrada de la densidad del aire, lo que significaba que todos los sistemas que se apoyaban en la medición del flujo de aire están sujetos a los efectos de altitud. Debido a que el aire es menos denso a mayor altitud y la mezcla tiende a enriquecerse.

Para altitudes hasta de 7000 (2,300 m) pies esto prácticamente no tiene importancia. Pero los estándares de control de emisión de Estados Unidos especifican las pruebas de altitud, por tanto el sistema incluía un altímetro en forma de barómetro convertido en potenciómetro. Sus señales alimentaban a la unidad de control que luego ajustaba sus datos desde el medidor de flujo de aire de película caliente, con importantes ventajas sobre el tipo inicial para compensar el cambio de altitud.

Por el lado de suministro de combustible, el L-Jetronic tiene una cantidad de características ingeniosas. La gasolina es alimentada desde una bomba eléctrica de combustible; a través de un filtro, hasta el regulador de presión a ligera sobrepresión.

La bomba de combustible es del tipo de celda rodante, accionada por un imán permanente y un motor. consiste en una cavidad cilíndrica en la que se coloca una placa que gira de forma excéntrica. la circunferencia de la placa tiene muescas para los rodillos de metal. Estas muescas sirven como sellos (debido a las fuerzas centrífugas) y crean una acción de bombeo, ya que el volumen alterna de un máximo a un mínimo al girar la placa excéntrica.

El regulador de presión es una caja metálica dividida en dos cámaras por medio de un diafragma accionado por resortes espiral contra la dirección de la entrada de combustible. La tensión previa en el resorte espiral determina la presión básica en la línea de combustible dependa de la del múltiple de modo que la pérdida de presión sea uniforme en todas las válvulas inyectoras. Cuando la presión se excede del valor prescrito, el diafragma abre una línea de retorno adyacente axial, que no esta presurizada.

Debido a que la bomba suministra constantemente más combustible del que el motor necesita, hay un sobreflujo continuo que se hace regresar al tanque desde el regulador de presión.

Los inyectores activados electrónicamente efectúan la dosificación de combustible. Los ramales de línea van desde el regulador de presión hasta los inyectores individuales. a presión constante de combustible, la cantidad inyectada es proporcional a la duración de abertura de inyector. Esta duración se calcula con

un alto grado de precisión y se optimiza para cada condición del motor por medio de la unidad de control electrónico.

La unidad de control recibe un flujo continuo de señales desde los sensores que mide la temperatura de aire de alimentación, temperatura del enfriador, velocidad y carga del motor.

La presión de inyección es controlada por el regulador de presión de sobreflujo, que se equilibra con el diferencial constante entre la presión del múltiple y la presión de la línea de combustible. Por lo general es aproximadamente de 35 psi.

La cámara de resorte en el regulador de presión está conectada con el múltiple de entrada. Por este método se asegura que la cantidad de combustible inyectado depende sólo del tiempo en que está abierta la válvula del inyector.

El inyector consta de un cuerpo con una aguja surtidora y un electroimán. El electroimán tiene forma de armadura y se coloca a la mitad del cuerpo, cuando las bobinas del imán no reciben corriente, el imán se activa y levanta la aguja surtidora aproximadamente 0.15 mm de su asiento, permitiendo que el combustible corra por una abertura anular calibrada. La punta de la aguja inyectora tiene la forma apropiada para poder rociar el combustible y atomizarlo de la mejor manera posible. Los tiempos de apertura y cierre de la aguja duran aproximadamente un milisegundo.

Para miniaturizar la conmutación electrónica, las válvulas del inyector fueron colocadas en paralelo para que se abrieran y cerraran todas al mismo tiempo y no en secuencia (en orden de encendido). Como resultado, varía el tiempo en que permanece el combustible en cada puerto.

Para contrarrestar esto y tratar de lograr una distribución de combustible totalmente uniforme, los inyectores se ajustan para que suministren la cantidad medida en dos porciones: la cantidad de la dos veces en cada revolución del árbol de levas.

Esta solución evita cualquier relación fija entre el ángulo de la leva y el momento de la inyección por el ruptor de contacto, de modo que para cada segundo encendido (en un motor de cuatro cilindros) hay un impulso de inyección.

Puede ser importante alguna observación sobre la instalación del inyector. Los depósitos de combustible en las paredes del múltiple debe evitarse si se desea un control efectivo de las emisiones. Por tanto, no rocié contra las paredes, sino que mantenga el ángulo de rociado dentro de los 25° o 30°, apuntando directamente atrás de la cabeza de la válvula de admisión.

La válvula debe tener aislante térmico contra el múltiple, para evitar problemas de arranque en caliente, causado por la evaporación del combustible en las áreas del puerto.

La unidad de control electrónico calcula la cantidad de combustible con base en todos los datos de entrada, se da la orden a la válvula en forma de pulsos eléctricos que las activan.

Desde entonces Bosch había desarrollado medidores de alambre caliente y de flujo de aire de película caliente con importantes ventajas sobre el tipo inicial.

Estos pulsos determinan el flujo de combustible con base en todos los datos de entrada. Se da la orden a las válvulas del inyector en forma de pulsos electrónicos que los activan.

Estos pulsos determinan al flujo del combustible por carrera, mientras el medidor de flujo de aire indica éste sólo por unidad de tiempo. Las dos entradas se coordina en una división de acuerdo con las r.p.m.. Esta operación requiere una explicación: Los impulsos de disparo se toman del ruptor de contacto (o de una terminal correspondiente para el encendido sin ruptor) y se conducen al multivibradora a través de un formador de impulsos y la etapa de divisor de frecuencia.

La frecuencia del multivibrador es proporcional al intervalo entre dos impulsos de encendido; en otras palabras, es inversamente proporcional a la velocidad del motor. En consecuencia, la señal de flujo de aire debe dividirse entre las r.p.m., y luego convertirse al mínimo que da la cantidad de aire por carrera.

En su recorrido a través de la unidad de control, los pulsos provenientes del ruptor de contacto, se transforma primero de picos a pulsos rectangulares. Estos pulsos tiene orillas pronunciadas que conmutan la corriente de carga y descarga de un capacitor en alternación, la corriente de carga es constante y la de descarga se determina con el ángulo de la palanca en el medidor de flujo de aire.

El periodo de descarga emite el siguiente pulso de conmutación. Su duración depende sólo de intervalo entre los dos pulsos de encendido y la proporción de corriente de descarga. Esta solución asegura que la velocidad del motor se mida de un modo matemáticamente correcto. También evita la interferencia que causan las fluctuaciones de temperatura en el capacitor y la variación de voltaje con la corriente.

En una segunda etapa se da un proceso similar de carga y descarga con estos pulsos de conmutación. La carga tiene lugar durante el pulso, y la corriente de carga se determina en las condiciones de funcionamiento del motor. Un alambre de resistencia que percibe la temperatura del motor y un interruptor de la mariposa

que da señales de carga del mismo, se conectan de modo que influyan en la corriente de carga.

También se toma un pulso en el momento de la descarga. El pulso de la descarga sigue inmediatamente al pulso de carga, reflejando la información vital como carga y temperatura. El pulso completo atraviesa una etapa de amplificación y luego su señal llega a las válvulas de inyector de combustible.

La mayor parte de los componentes activos están en operación en base en conexión o desconexión, que evita la sensibilidad a la temperatura ambiente y los efectos del envejecimiento.

El modo de operación está adaptado a la función primaria de la unidad de control, que también conduce las operaciones de cambios disparados por los pulsos de encendido a través de varias etapas del convertidor, directamente a las válvulas de suministro de combustible, determinando la operación de su apertura y controlando de este modo la cantidad de combustible al inyector.

El L-Jetronic sale adelante automáticamente con las transiciones, como cuando la válvula de la mariposa se abre de pronto y el motor se enfrenta al riesgo de morir por falta de combustible. Debido a la inmediata reacción a cualquier cambio en el flujo másico de aire, el sistema no necesita dispositivos adicionales para asegurar el suministro adecuado de combustible en esas condiciones.

El enriquecimiento de mezcla para arranques en frío era proporcionado por una válvula magnética ubicada en el centro del múltiple.

La válvula de arranque es activada cuando la temperatura del motor está por debajo de los 15°C y entra en acción simultánea con el acoplamiento del motor de la marcha, un interruptor de termo-tiempo desconecta la válvula de arranque cuando ya no se necesita el enriquecimiento de combustible. Debido a la válvula de arranque, un arranque rápido y seguro se puede lograr a la temperatura ambiente y hasta 30°C.

La válvula de arranque en frío no se diseñó para dar una sincronización exacta, sino para lograr un rociado de combustible lo más fino posible. La boquilla es del tipo giratorio y tiene dos barrenos tangenciales que promueven la rotación (por medio del flujo del combustible). La boquilla proporciona un rociado fino de forma cónica que se extiende no más de 45°. Tiene una válvula solenoide que es accionada por un resorte para volver a su posición de cerrada. La activación del solenoide libera el asiento de la válvula y el combustible comienza a fluir. La válvula de arranque se desconecta después de aproximadamente 30 segundos. Después de esto, la unidad de control proporciona suficiente enriquecimiento.

Un sencillo sensor de temperatura asegura un control preciso de enriquecimiento del combustible durante el calentamiento. El sensor esta montado en una posición apropiada en la camisa de agua o en la cabeza del cilindro y se conecta a la unidad de control electrónico.

Con una carga de aire muy frío, se da un empobrecimiento de la mezcla, debido a las condiciones físicas en el medidor de aire. Esto puede alterar un motor a menos que el fabricante haya previsto el precalentamiento de aire de admisión. Para esos casos, puede ponerse un sensor de temperatura en el ducto de admisión, para proporcionar una señal correctiva a la unidad de control.

En arranques en frío y durante el calentamiento, el motor necesita aire auxiliar para su funcionamiento en vacío debido a las altas pérdidas por fricción que entran en juego. Así, es necesario asegurar un funcionamiento en vacío más rápido. Se suministra aire adicional a través de una válvula desviadora. El área de abertura de la misma se controla por medio de la temperatura del motor y de una bobina eléctrica adicional tiene como finalidad acelerar el calentamiento y acortar el tiempo en el que proporciona la mezcla enriquecida.

En rodada libre u overrun (Cuando el auto se desliza en vacío o se utiliza el motor para frenar), el motor exige ciertas demandas especiales en la proporción aire/combustible. Estas demandas son diferentes de las condiciones cuando el motor está trabajando normalmente.

El L-Jetronic puede ajustarse para cortar el suministro de combustible totalmente por arriba de las r.p.m. elegidas y dar una mezcla más pobre a otras velocidades. La única condición es que la unidad de control debe recibir información del flujo másico de aire y r.p.m. en el contexto apropiado.

Para asegurar el funcionamiento correcto del motor en rodada libre a velocidades muy bajas del auto, el L-Jetronic abre la válvula de derivación para admitir aire adicional que pasa por la válvula de mariposa y evita una caída excesiva de presión en el múltiple.

En muchos casos, es preferible ajustar por separado la carga completa y los ajustes de marcha en vacío desde el amplio espectro de condiciones de operación. Esto es posible con el L-Jetronic, que tiene un interruptor de mariposa que envía señales de la unidad de control siempre que existen condiciones de marcha en vacío o de carga completa, de modo que la proporción aire combustible puede optimizarse para esas condiciones exactas. Para el ajuste de funcionamiento en vacío, el sistema incluye una derivación ajustable al medidor de flujo de aire.

Por razones de seguridad, el L-Jetronic contiene un corte eléctrico que evita el suministro de combustible cuando se conecta el encendido pero el motor no está

funcionando. Esto se logra por medio de un interruptor que corta el suministro de corriente a la bomba de combustible cuando la chapaleta en el medidor de flujo de aire está totalmente cerrada. El interruptor anula al embragar el motor de la marcha.

En un motor cuyo escape es tratado con un convertidor catalítico, no se puede limitar las r.p.m. pico insertando un regulador centrifugo en el distribuidor de encendido, por que al no encender haría que la mezcla no quemada sobrecalentara el catalizador. En el L-Jetronic se asegura un límite superior de las r.p.m. dándoles ordenes a la unidad de control para que restrinja la inyección de combustible una cierta frecuencia máxima. Con esto se logra tener un regulador efectivo de la velocidad sin ningún riesgo para el convertidor catalítico.

Toda la información referente a las funciones del motor se reúnen en las unidades de control, donde se puede hacer que sirva para otros fines adicionales. Por ejemplo: la unión de control puede conectarse para que emita una señal de advertencia de audio o de vídeo al conductor sobre exceso de velocidad, desperdicio de combustible y sobrecalentamiento.

Las pequeñas dimensiones y el peso ligero de los componentes del L-Jetronic facilitan su instalación en un automóvil, debe tenerse cuidado de proporcionar al medidor de flujo de aire las etapas rectificadoras en ambos lados para mantener bien definida las condiciones de flujo en su interior. De otro modo, el fabricante del motor tiene plena libertad de poner los elementos donde sea más conveniente y optimizar el ducto de admisión de aire para el efecto de ariete.

LE -Jetronic y LU-Jetronic.

En 1981 surgió una nueva generación de L-Jetronic, el sistema básico que se conoce como LE-Jetronic. En ese tiempo, el ejecutivo de mayor jerarquía en ingeniería de inyección de combustible de la Bosch era el doctor Hansjörg Manger. Con su asistente, Hermann Eisele, se aseguró la continuidad del desarrollo del equipo para inyección de combustible. Muchos otros aspectos entraron en escena, porque los jóvenes estudiaban más ingeniería electrónica que mecánica.

Era inevitable que el L Jetronic cambiase con el tiempo. Para la versión LE, se agregaron nuevas funciones, hasta se redujo el tamaño de la unidad de control. El costo de todo el sistema disminuyó de manera considerable, principalmente al simplificar la conmutación dentro de la unidad análoga de control y usar boquillas para los inyectores de alta resistencia.

El LE-Jetronic se utilizó primero en el BMW 525i y 528i en 1983.

El LE1 tenía ya la válvula común del arranque en frío con su interruptor termo-tiempo. El LE2 tenía un dispositivo eléctrico para el arranque en frío, para enriquecer la mezcla, que estaba insertado en el ducto de admisión a poca distancia de la placa de la mariposa.

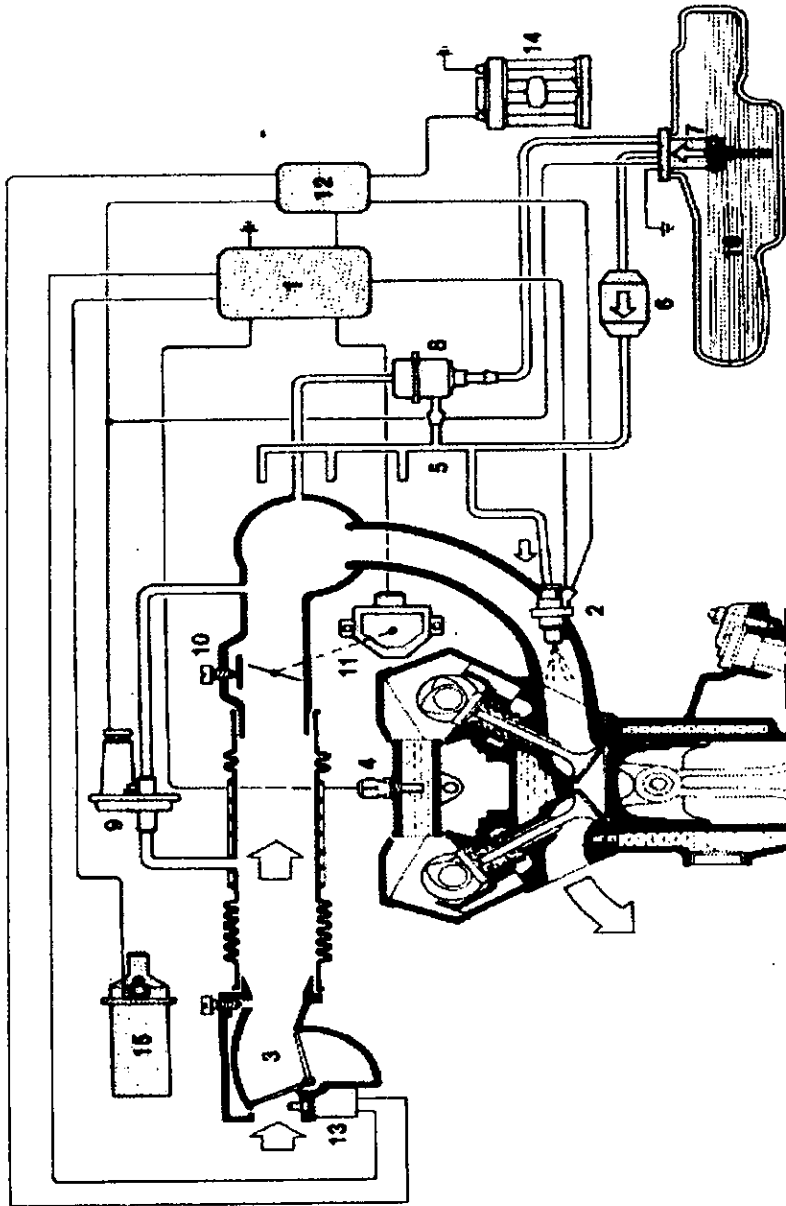
Una versión paralela, LU-Jetronic incluía un Lambda-Soun y todas las funciones que se requerían para satisfacer los nuevos y más estrictos estándares de control de emisiones en Estados Unidos y Japón.

En 1983 agregaron a los LE y LU-Jetronic una función de estabilización de marcha en vacío. La idea era evitar que el motor aumentara su velocidad en forma automática en respuesta a los aumentos súbitos de carga, como cuando se conecta el aire acondicionado o al activar el sistema de dirección hidráulica. Esta función ahorra combustible, reduce el ruido y ayuda a bajar el nivel de emisión.

Sistema LE2-Jetronic.

La instalación del LE2-Jetronic de Bosch en el Fiat Croma Turbo modelo 1986 motor de 4 cilindros, de levas gemelas, de dos litros.

- 1.- Caja de control electrónico.
- 2.- Inyector.
- 3.- Medidor.
- 4.- Sensor de temperatura.
- 5.- Múltiple que transfiere el combustible a los inyectores.
- 6.- Filtro de combustible.
- 7.- Bomba de combustible sumergida.
- 8.- Regulador de presión de combustible.
- 9.- Válvula auxiliar de aire para el arranque en frío.
- 10.- Mariposa.
- 11.- Cambio de posición del acelerador.
- 12.- Interruptor de control remoto.
- 13.- Batería.
- 14.- Bobina.
- 15.- Tanque de combustible.

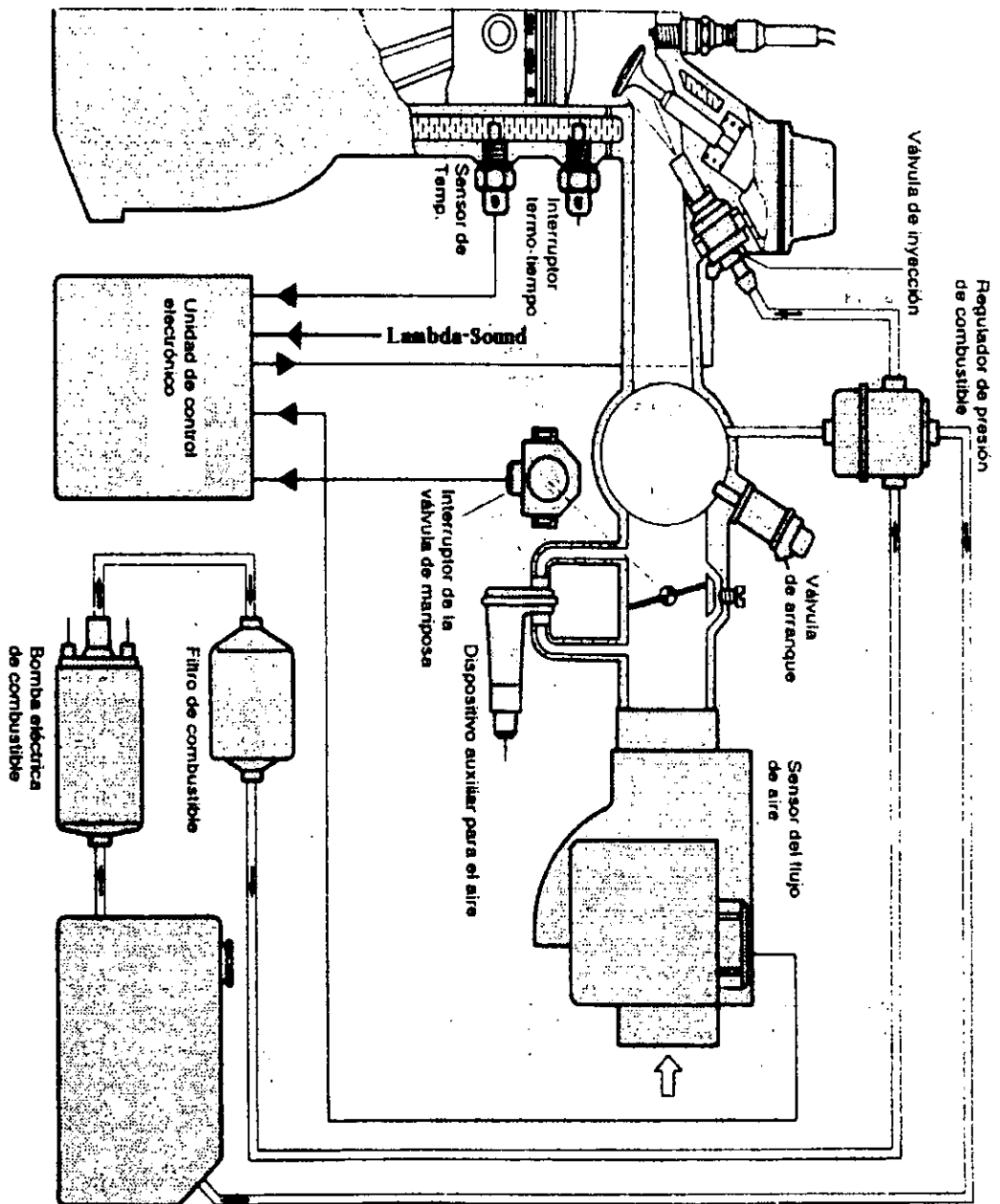


L3-Jetronic.

Los preparativos para presentar la tercera generación del L-Jetronic comenzaron en 1977, cuando I. Gorille se encargó de los estudios del control digital del motor. Utilizando sistemas digitales, Bosch pudo miniaturizar a tal grado la unidad de control que se pudo colocar en el ensamble mismo del medidor de flujo de aire.

En 1986, el nombre de LE-3-Jetronic se simplificó a L3-Jetronic cuando entró en producción. Este sistema lo adoptó Citroen de inmediato para el BXGTi y Opel para su Omega.

Presentación esquemática del sistema de LE-Jetronic con su sensor del flujo de aire tipo chapaleta. Un interruptor termotiempo se agregó en la camisa de agua para ajustar el enriquecimiento del calentamiento.



LH-Jetronic.

La idea que había detrás del LH-Jetronic era hacer una medición de combustible independiente a los cambios en la presión atmosférica y la temperatura ambiente. Esto se logró por medio de un medidor de flujo se mide cuando el aire pasa por un filamento que se calienta por electricidad en el interior de una caja tubular.

El desarrollo del medidor de aire, de alambre caliente comenzó en 1977, y su producción empezó a fines de 1981. Su primera aplicación fue en el Saab 900 Turbo de 1983.

El filamento es un alambre de platino de 100 micrones, que está enrollado alrededor del pasaje. Este es parte de un circuito puente y se calienta a una temperatura constante de 150°C. Una inyección rápida de aire fresco tiene un efecto enfriador en el filamento, que entonces requiere una corriente mayor para restaurar su temperatura al nivel prescrito. Cuanto mayor sea la masa de aire, mayor será la energía que se necesita para mantener una temperatura constante en el filamento.

El microprocesador digital (en la unidad de control) mide el suministro de corriente eléctrica al alambre. Puesto que el consumo de energía es proporcional a la masa de aire que entra al motor, el microprocesador puede cuantificar exactamente el flujo masivo de aire. Al mismo tiempo, el microprocesador recibe información de la velocidad del motor, y puede ordenar la cantidad exacta de combustible que satisfaga mejor los requerimientos del motor.

El filamento se limpia solo, puesto que se calienta en breve tiempo a unos 100°C cada vez que se desconecta el encendido. Esta elevada temperatura quema todos los depósitos que haya en el filamento de modo que su sensibilidad no se ve afectada.

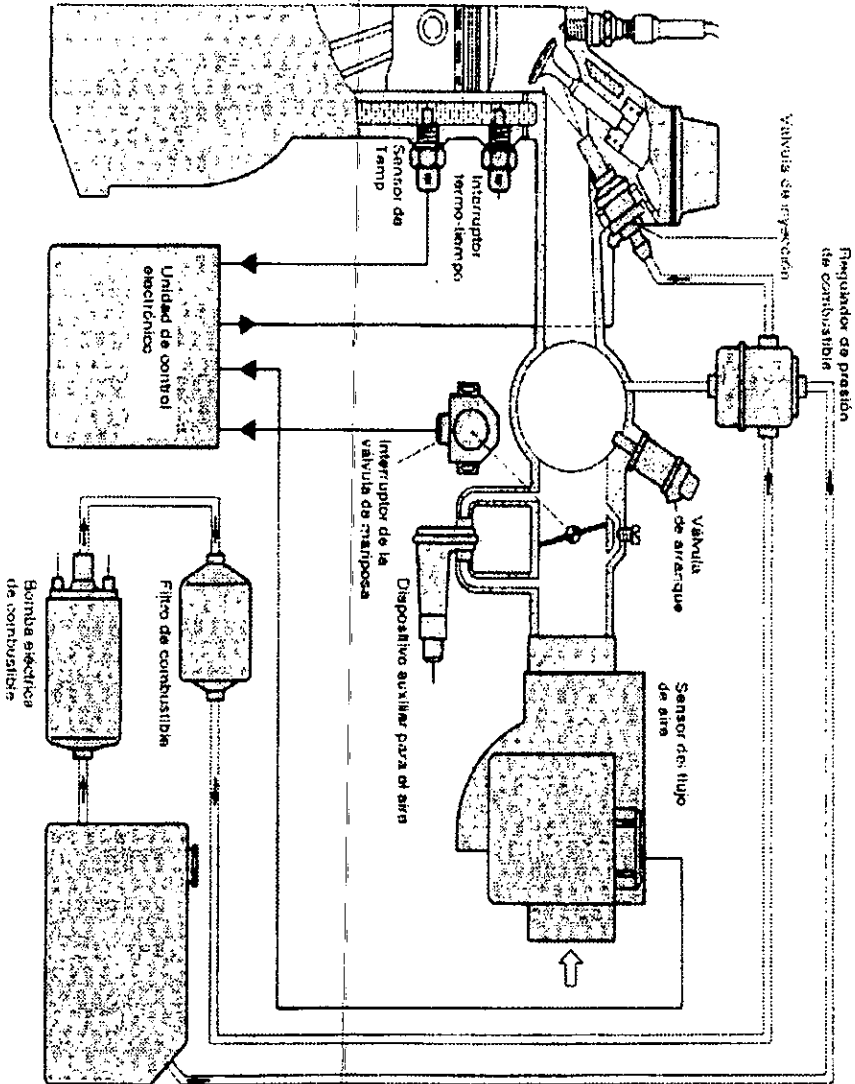
Muy poco tiempo después que empezó a producir el medidor de flujo de aire, Bosch inició sus experimentos de laboratorio con un concepto aún más radical: empleo de una película caliente. Esta es un recubrimiento metálico que se calienta con electricidad, integrado a un sustrato de cerámica, que sustituiría al filamento.

Las dimensiones de la película caliente podrían ser menores que las del alambre caliente, y el número de partes se reduciría al mínimo. La tira de película podría suspenderse en un alojamiento pequeño de plástico de dos piezas. La película no requeriría medir el flujo total de aire, puesto que podría colocarse de modo que midiera una masa de flujo proporcional al total. La película caliente tiene menor pérdida de calor que el alambre caliente, así que podría reducirse la cantidad de consumo de corriente.

Montado en la sección de la corriente de aire descendente del sensor, la película caliente sería inmune a los depósitos de contaminación o de suciedad. Con menos componentes, el medidor de flujo de aire costaría menos producirlo.

Esquema de un sistema LH-Jetronic que incluye un sensor de oxígeno de Lambda-Sond. El sensor del flujo de aire, tipo de alambre caliente, sustituyo a la válvula de chapaleta.

LH-JETRONIC



Mono-Jetronic de Bosch.

Alrededor de 1978, los ingenieros de la Volkswagen comenzaron a investigar cuál podría ser la pérdida de rendimiento si se retiraban de los puertos las cuatro boquillas inyectoras de un L-Jetronic instalado en un motor Golf de 1.6 litros, y se volvieran a colocar en la entrada del múltiple.

El incentivo provenía debido a una presión constante para reducir costos. Comparando con el carburador convencional, podía contarse aun con la inyección en un solo punto con control electrónico para lograr una mezcla más homogénea aire-combustible, y con ello hacer que el motor fuera más económico sin perder su capacidad de conducción.

Los especialistas en motores, en Wolfsburg, comenzaron a trabajar. La primera serie de pruebas indicó que cuando las cuatro boquillas se alejaban hacia atrás de los puertos, tenían que colocarse todas muy juntas. Pareció obvio, de hecho, que podrían reemplazarse con un único inyector.

La Bosch no tenía duda que anteriormente había tenido la misma idea e iniciado el desarrollo básico de un sistema de inyección en un solo punto. Pero desde el punto de vista de Bosch este sistema será una amenaza para su mercado del K-Jetronic, tan consiente del precio. Bosch hizo toda clase de esfuerzos para asegurarse que sus clientes vieran el sistema de inyección en un solo punto como una alternativa del carburador; un paso adelante del carburador, y varios pasos abajo del K-Jetronic o del L-Jetronic.

Cuando la investigación de Volkswagen llegó a la casa matriz de Bosch, resultó muy fácil darle servicio rápido. El sistema ya existía y era muy fácil de producir.

El sistema, que después salió al mercado como Mono-Jetronic, se construyó alrededor de una unidad mezcladora, con una válvula inyectora accionada por un electroimán, colocada inmediatamente arriba de la placa de la mariposa. El cuerpo de la unidad mezcladora está equipada con una desviación para el aire auxiliar, y tiene también un regulador de presión del combustible. Los cálculos para medir el combustible se realizan electrónicamente con base en la carga (ángulo de la placa de la mariposa) y velocidad del motor, flujo de aire y temperatura del enfriador.

Por supuesto que con la inyección en un solo punto no hay necesidad de sincronizar el suministro de combustible. Puesto que el sistema L-Jetronic trabaja bajo presión constante y sólo la duración de la apertura de la válvula inyectora puede producir variaciones en la cantidad de combustible que se suministra, se adoptó el principio de la inyección intermitente para el Mono-Jetronic.

En vez de la usual boquilla inyectora, Bosch desarrolló una válvula de baja presión, de conmutación rápida. Esta se monta directamente arriba de la válvula

de la mariposa en el punto de velocidad máxima del flujo de aire. La válvula es accionada por un solenoide y enfriada por el combustible. La presión se regula automáticamente dentro de una estrecha gama de 10 a 14.7 psi que ha permitido el uso de una bomba y filtro de bajo costo.

Los primeros prototipos del Mono-Jetronic utilizaban el medidor de aire tipo chapaleta, pero las versiones para la producción en serie han sido equipadas con el sensor de alambre caliente, el cual es más sencillo, pequeño, liviano, menos caro y más fácil de instalar.

En 1984, la producción de Mono-Jetronic tuvo en Volkswagen su primer usuario. Inició con el Polo 1985, con la versión de gasolina sin plomo del motor de 1.3 litros que contaba con un convertidor catalítico y un Lambda-Sond. Se mantuvo la proporción de compresión de 9.5: 1 y tampoco disminuyó el rendimiento máximo de 55 HP.

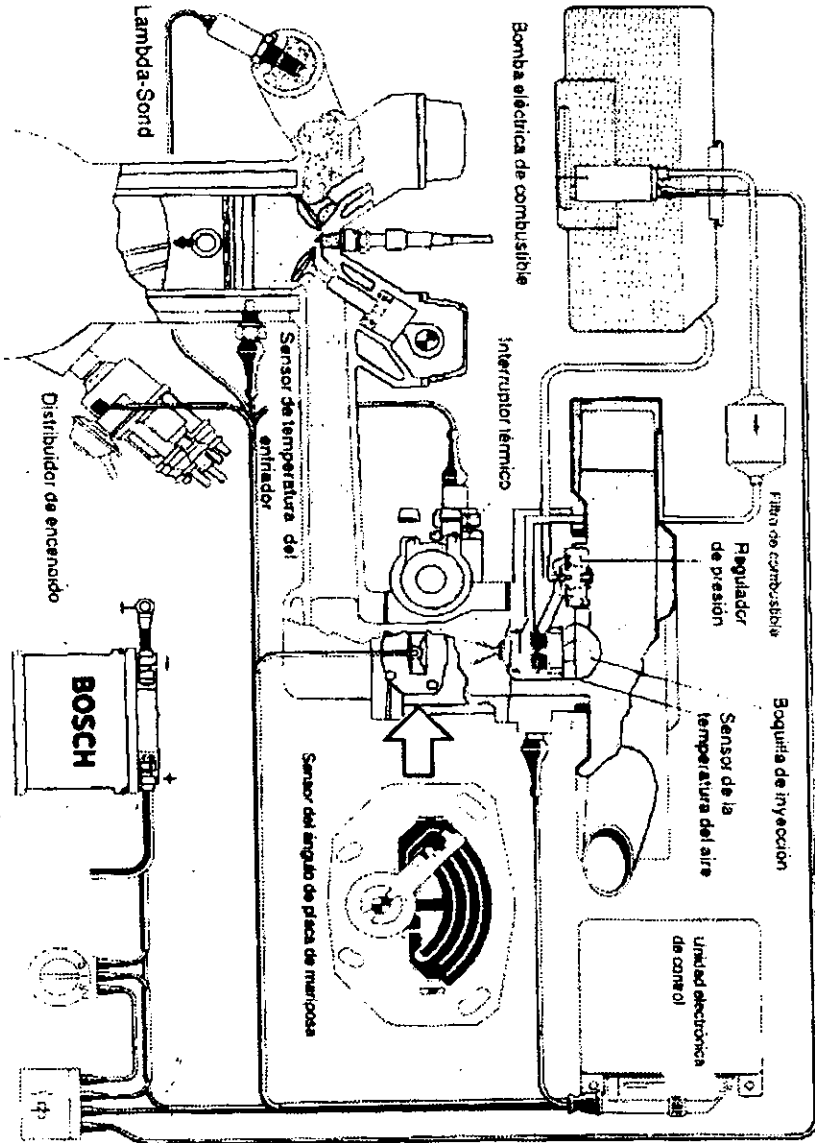
Ford hizo lo mismo con su Fiesta 1989, que usa gasolina sin plomo, y que viene también con su convertidor catalítico y Lambda-Sond. Pero Ford descubrió que era necesario hacer la proporción de compresión del motor CVH (Ángulo hemisférico de válvula compuesta) de 1.4 litros de 9.5 hasta 8.5: 1 perdiendo 5 HP en el proceso (70 HP en vez de 75 HP)

Para el Polo G40 Coupé introducido en 1985, Volkswagen combinó la sincronización de chispa con la unidad de control Mono-Jetronic, que dio origen a un nuevo sistema: Digifant. Equipado con el G-Lader (compresor en espiral) esta versión del motor de 1.3 litros produce 112 HP con gasolina sin plomo (Magna sin de 87 octanos o Premium con 93 octanos) a 115 HP.

En diciembre de 1987, Fiat puso a disposición el Mono-Jetronic en su FIRE (Motor totalmente ruborizado integrado) 1000 para el Panda y el Uno. Esta Unidad de gasolina sin plomo tiene compresión reducida (9.0 en vez de 9.8:1) convertidor catalítico y Lambda-Sond, pero el par máximo cayó de 80 a 74 Nm con 500 r.p.m. a la velocidad de par pico.

Esquema de un sistema Mono-Jetronic de Bosch con retroalimentación de lazo cerrado (ver pagina 177).

MONO-JETRONIC DE BOSCH



Monotronic de Bosch.

Lanzando primero por BMW para el modelo 732i en noviembre de 1977, el sistema Monotronic no era un tipo nuevo de inyección de combustible, sino una combinación de sincronización de chispa electrónica con la última versión digital de L-Jetronic.

La raíz del encendido electrónico se remontan más allá de lo que pudiera uno pensar. Delco-Remy inició sus experimentos con descarga capacitiva en 1936-37, y las pruebas en los sistemas automotrices comenzaron en 1948, y para 1955 Delco-Remy ya utilizaba semiconductores.

Pero la primera aplicación a la vida real la llevó a cabo Lucas. Después de cuatro años de desarrollo, en 1962 se adaptó a los motores V-8 de carreras Formula Uno de Coventry Climax y BRM, un sistema transistorizado de encendido con colector de pulso inductivo sin ruptor y un generador de chispa de tipo transformador.

Los Pontiac de 1963 y los Ford 1965 disponían de sistemas de encendido ayudados por transistores, pero ninguno podía adaptarse con facilidad al control electrónico centralizado. Estos sistemas no se ofrecieron sino hasta 1971-1972, cuando Chrysler tomó la delantera, pero esto sucedió mucho después que la inyección electrónica de combustible había llegado al mercado.

La Bosch fue formando sus propios ricos antecedentes en encendido electrónico, y en 1975 comenzó por proporcionar a Volvo y a Mercedes-Benz en 1976, un sistema digital de estado sólido sin ruptor.

A petición de BMW, la Bosch se dio a la tarea de poner las funciones de encendido en la unidad de control de inyección de combustible. Esto condujo al desarrollo del Monotronic original.

En las aplicaciones electrónicas previas, se ajustaba el sistema de encendido para sincronizar mejor la chispa para un encendido seguro en todas las condiciones. Sin embargo, esto se podía lograr únicamente dentro del marco de los ángulos de ajuste controlados por los mecanismos de avance de la chispa centrífugos y operados en vacío en el distribuidor de encendido. Estas aplicaciones no podían tomar en cuenta la fuerza de la mezcla; en consecuencia, el sistema de medición de combustible y el de encendido ocasionalmente trabajan con propósitos cruzados.

El Monotronic une señales de todas las funciones del motor e integra el control de sincronización de la chispa y medición de combustible en el mismo microprocesador. Esto es un excelente adelanto para mantener el motor muy bien ajustado en todas las combinaciones posibles de velocidad y carga. También

permite que el motor se someta a un ajuste óptimo y continuo con relación a la combustión eficiente (Consumo mínimo de combustibles), la compresión de los gases de escape, el potencial de rendimiento del automóvil y la conductibilidad del automóvil.

Siguiendo el curso del interruptor desde el control analógico hasta el digital, se pudieron conservar todos los sensores del estándar L-Jetronic. Se agregó un nuevo sensor, el contador combinado de r.p.m. y el sensor de la marca de sincronización.

Este es un sensor de tipo de inducción de imán permanente. Lleva un engrane anular cuyos dientes modulan las señales desde el emisor para establecer una corriente inducida de donde se establece una señal senoidal. Esta corriente da una lectura que representa velocidad de motor, que se necesita tanto para la medición de combustible como para la sincronización de la chispa. Un colector esta en el engrane anular (o un disco separado que gira a la misma velocidad) registra con marcas de sincronización fijas en secuencia y produce otra corriente inducida con señales intermitentes.

El medidor del flujo de aire es el mismo que en los sistemas L-Jetronic estándar. Pero para el Motronic, el voltaje del potenciómetro no inicia una curva hiperbólica de declinación cuando aumenta el ángulo de la placa, en vez de ello, el voltaje sufre un aumento lineal en la misma situación. Este cambio se hizo necesario al adoptar el microprocesador.

La unidad de control electrónico se compone de una unidad procesadora central que maneja la lógica y los cálculos, como dos bancos de memorias y una celda de entrada y salida que maneja todas las comunicaciones con el mundo exterior.

Una memoria de lectura (ROM) y la otra es de acceso libre (RAM). Cuando entran en juego los programas que están almacenados en la memoria, empleando los elementos lógicos, se retroalimenta al circuito de conmutación. Desde ahí salen en forma de impulsos físicos para medir el combustible y sincronizar la inyección y la chispa. Las señales son débiles cuando salen pero pasan a través de un amplificador que las prepara para activar la bobina de encendido y las válvulas del inyector.

EL Monotronic, como lo utilizó BMW, está programado para cortar el suministro de combustible en una mariposa cerrada. Sólo cuando la velocidad del motor ha bajado 1200 r.p.m., la unidad de control ordena las válvulas del inyector para reanudar el suministro de combustible. Este ajuste ha sido calculado para economizar entre 3% y 5% de gasolina sin afectar el comportamiento del automóvil o su facilidad de conducción.

El Monotronic no requiere ningún mantenimiento. Se eliminan las afinaciones y todo lo que el propietario del automóvil tiene que recordar es que tienen que cambiarse las bujías en los tiempos recomendados. BMW desarrolló un sistema que permite que el microprocesador calcule la duración de la bujía con base en las condiciones reales de operación más un factor de tiempo en vez de contar simplemente el kilometraje. La computadora emite un recordatorio en forma escrita en el tablero de instrumentos.

A través de los años, Monotronic ha evolucionado, manteniéndose al paso con la evolución de la tecnología de la inyección de combustible de Bosch. Ahora existe en las versiones L3-Jetronic y LH-Jetronic.

Desde abril 1987, la Bosch ofreció también un KE-Monotronic, basado en el sistema KE-Jetronic, con un sensor de detonaciones y Lambda-Sond. El KE-Monotronic puede ampliarse e incluir la estabilización digital para velocidad mínima, la ventilación electrónica al tanque de combustible y un sistema de diagnóstico a bordo, de acuerdo con las especificaciones del cliente (el fabricante del automóvil).

En 1987, se perfeccionó también el pedal electrónico para gas "drive by wire" de Bosch en el BMW 750i. Los mecanismos mecánicos de la mariposa se sustituyeron por cables eléctricos directos del acelerador a la unidad de control del Monotronic. Esta unidad está programada con una lógica que no tiene fallas, y en caso de haber un mal funcionamiento, asegura el retorno de todas las funciones al ajuste para velocidad mínima.

Junto con Bosch y ZF (Zahnradfabrik Friedrichshafen), BMW perfeccionó también una transmisión automática de cuatro velocidades cuyas funciones de control eran manejadas por el microprocesador Monotronic. Este no es único.

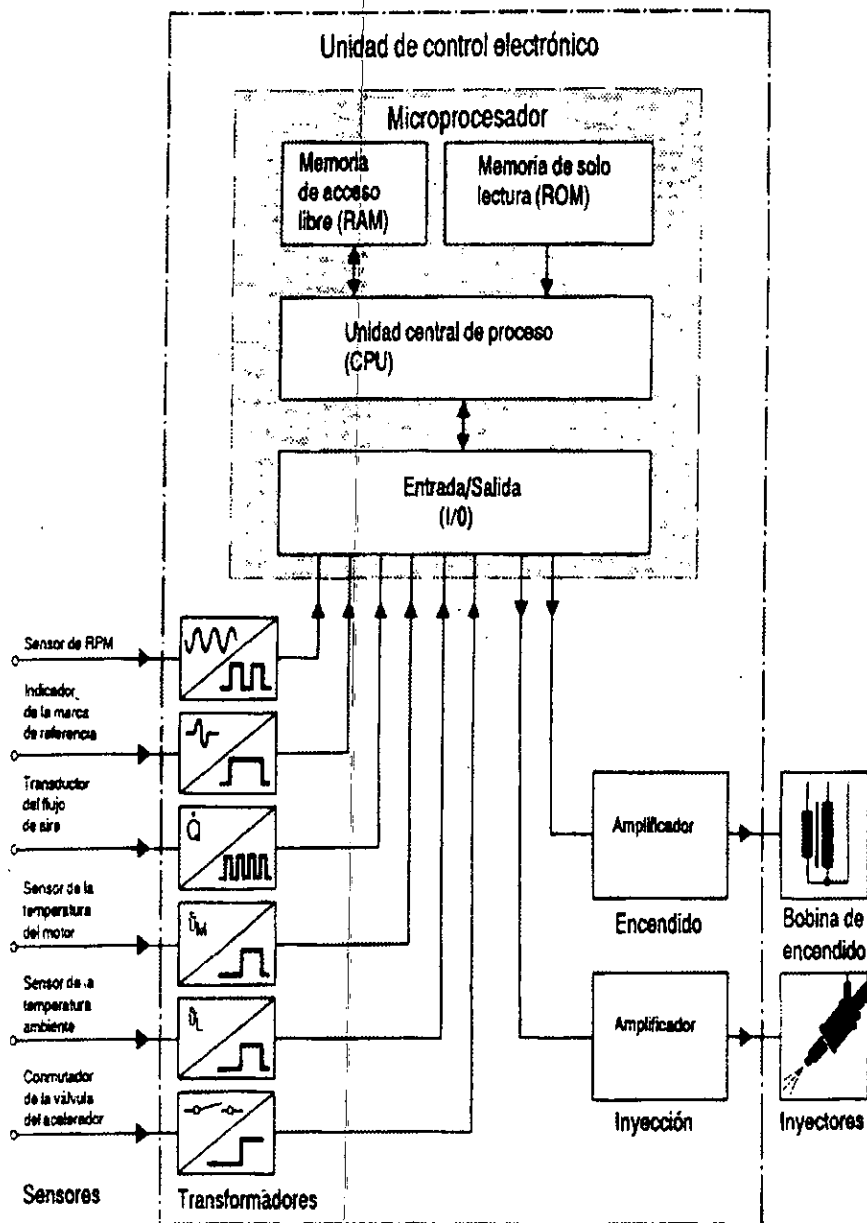
Renault fue el primero que lanzó la transmisión automática controlada electrónicamente, la cual ofrecieron en el R-16 de 1969. Toyota tenía lista en 1970 su transmisión automática electrónica y la combinó en 1971 con la inyección electrónica de combustible de Nippondenso con licencia de la Bosch.

El sistema BMW-Bosch-ZF es sin lugar a dudas el más avanzado en la actualidad. Proporciona una transmisión automática de cuatro velocidades con tres programas separados de cambio.

Estos programas se controlan electrónicamente en coordinación total con la medición de combustible y sincronización de la chispa, de acuerdo con los ajustes manuales para E (Economía), N (Normal), y S (Deportivo). Para una posición determinada del pedal, E proporciona los primeros cambios a alta y la respuesta más descansada a los cambios automáticos aumenta las revoluciones del motor antes de subir a alta, hace los primeros cambios de alta a baja y ofrece una

respuesta inmediata a los cambios automotrices. N es una relación, aproximadamente a la mitad entre E y S.

Diagrama de conmutación para el sistema Motronic. La unida procesadora central está acoplada a dos memorias, RAM y ROM, y un elemento de entrada/salida. Las entradas viene del sensor de rpm (de la parte superior a la inferior), indicador de marca de referencia, transductor del flujo de aire, sensor de la temperatura del motor, sensor de la temperatura ambiente y conmutador de la válvula del acelerador. Las salidas van a los inyectores y a la bobina de encendido.



BENDIX.

La conexión francesa fue Renix, una contracción de los nombres de los socios en una aventura conjunta. Renault y Bendix.

Renault no era un neófito en los negocios de la electrónica; en 1966, había desarrollado la transmisión automática controlada electrónicamente, que fue opcional en el modelo R-16 de 1969. La compañía inició su intenso programa de electrónica para estudiar el amplio campo de las aplicaciones potenciales en automóviles. Fuera de este programa se originó una alianza con Bendix para tener acceso a su tecnología y sus conocimientos prácticos de producción. Esta asociación originó la formación de Renix en 1978, con una pequeña fábrica en el área de Tolosa en Francia.

En 1980, la fábrica Renix producía la unidad de control para la transmisión automática, el regulador para el control en velocidad de cruceo normal y la electrónica integral para el sistema de encendido de Renault. Al año siguiente se agregó un sistema de inyección de combustible, basado en su trabajo recién hecho por Renix, en un esfuerzo renovado por bajar el costo de la inyección electrónica de combustible, pero sin perder sus beneficios. Alentada por un compromiso con la Renault, la Bendix comenzó sus estudios encaminados a obtener un sistema de inyección de combustible aplicable al automóvil compacto con nivel de base.

Eso condujo a adoptar el concepto de TBI (Throttle Body Injection) con un inyector sencillo; que podría hacerse mejor para satisfacer los estrictos objetivos de costos. Los requerimientos de rendimiento se cumplieron con menos dificultad de lo que se esperaba. Instalado en el Renault Alliance de 1983, el TBI proporcionó una excelente economía de combustible, un rendimiento adecuado, y satisfacía los estándares de control de emisiones de EPA con un convertido catalítico relativamente pequeño.

Este sistema tenía control digital. La boquilla del inyector estaba montada arriba de la placa de la mariposa, y se aseguraba la medición por medio de un microprocesador programado con una estrategia de control de velocidad/densidad, de lazo cerrado. El flujo de gasolina a través del inyector era proporcional al ancho del pulso de la señal enviada a la válvula del inyector.

Además de la válvula del inyector de un solo punto, en ensamble del cuerpo de la mariposa incluía un regulador de presión de combustible y un activador de velocidad mínima. En el tanque estaba inmersa la bomba de combustible de baja presión.

Era una bomba de aletas con rodillos accionada por un motor eléctrico, controlada por el microprocesador por medio de un relevador. Los sensores

informaban sobre la presión del múltiple, las temperaturas del aire ambiente y del enfriador. Tenía lugar para controles adaptadores como estabilización de velocidad mínima y diagnóstico a bordo.

El sistema TBI de Bendix resultó ser extremadamente versátil y términos de programabilidad, lo cual aseguraba su fácil adaptación a una variedad de tamaños de motores y vehículos. También podía ser modificado con facilidad para satisfacer los requerimientos de una instalación existente.

El paso siguiente fue lo que Bendix llamó IEC (Integrated Engine Control). Basándose en el TBI de Alliance de 1983, IEC abrió un nuevo camino en la consolidación de los sensores, la electrónica y el inyector de combustible en el cuerpo de la mariposa. Se probaron los sistemas prototipo en el invierno de 1983-1984, con resultados muy promisorios.

La clave para una aplicación exitosa, informó Bendix a sus clientes potenciales descansaba en el uso de módulos sensores de temperatura híbridos, de película gruesa, que se podían producir de manera económica y en gran volumen. Bendix había determinado que comparados con otros sensores los elementos de níquel de película gruesa podían percibir la temperatura con mayor exactitud, con respuesta más rápida, mayor duración y resistencia mejorada con el choque mecánico y efectos químicos.

Las aplicaciones de película gruesa habían sido desarrolladas desde 1979, especialmente para componentes pasivos como los resistores. En el IEC, Bendix utilizaba la tecnología híbrida de película gruesa con chips de semiconductores no encapsulados. Estos chips estaban montados en un sustrato de cerámica, previamente impreso con un patrón de alambrado y luego los cables eran fijados a la trayectoria del circuito. Los módulos se encapsulaban en paquetes con buena resistencia, y proporcionaban una rápida transferencia de calor y alta tolerancia y las vibraciones.

En el TBI con IEC, se utilizó la tecnología más avanzada de película no solo en el diseño de nuevos sensores, sino también como parte del proyecto de integración que combinada la electrónica con los sensores en el ensamble del cuerpo de la mariposa. La División de Electrónica de Control de Bendix produjo el TBI-IEC y lo adoptaron al Renault Alliance (R9) modelo 1986 y al Encore (R-11) fabricado por la American Motors Corporation.

Para las aplicaciones del mercado Europeo, el sistema TBI-IEC fue superado por un sistema más avanzado y sumamente versátil, conocido como Fénix. Ese sistema fue desarrollado con estrecha colaboración con los especialistas en motores de Renault y American Motors y los ingenieros en electrónica y software de Renix. Fénix se presentó en mayo de 1984 como el sistema de control electrónico de motor total mente digital. inmediatamente fue adoptado para el

Renault 25 GTX, equipado con motor de 2.2 litros de cuatro cilindros, con inyección intermitente de muchos puntos.

Al igual que en el D-Jetronic original y el sistema Weber de inyección secuencial, los cálculos para la medición de combustible en el sistema Renix, se hicieron con base en mediciones continuas y análisis de la relación entre las presiones en el múltiple de entrada y la velocidad del motor. También se coordina la sincronización de la chispa, de acuerdo con las señales de entrada de la velocidad-densidad y de detonaciones del motor.

Renix eligió una proporción de velocidad-densidad como base para los cálculos de medición del combustible, en vez de la medición del flujo de aire, principalmente por que costaba menos, Bendix determino que el método de proporción de velocidad-densidad daría una respuesta excelente momentáneamente siempre que el sensor de temperatura de aire este montado en un buen lugar. Su estrategia de EGR (recirculación de gas de escape) debe determinarse cuidadosamente para motores con sistemas de lazo cerrado.

La unidad de control Motorola calcula la cantidad de combustible principalmente con base en la velocidad del motor, presión absoluta del múltiple y temperatura del aire, con factores correctivos como la temperatura del enfriador, voltaje de la batería presión atmosférica y ángulo de manivela que entran en juego en un segundo papel. Los interruptores para avisar si una mariposa esta completamente abierta y completamente cerrada también envían señales a la unidad de control electrónico. Sus señales de salida ajustan el ancho del pulso del inyector y de la transmisión. Los cuatro inyectores hacen su suministro al mismo tiempo una vez durante cada revolución del cigüeñal.

La misma unidad de control ordena la sincronización de la chispa y envía órdenes a la bobina. La curva de avance de la chispa se modela en el mapa de inyección con correcciones para la temperatura del enfriador, temperatura ambiente y velocidades de elevación aguda y caída en las r.p.m.

Un detector de detonaciones montado en la cabeza del cilindro, proporciona señales para cada cilindro individual. La relativa severidad de estas señales se evalúa antes de que se retarde realmente la chispa. La evaluación toma sólo unos milisegundos, y la idea es evitar el retardo de chispa sin necesidad, pues el motor funciona más eficientemente en el límite de la detonación.

Se desarrolló una versión de Fénix de un solo punto pero aun no sea ha aplicado. Bendix (único dueño de Renix puesto que en 1986 Renault vendió su parte en aras de su economía) desarrolló también una versión secuencial de la inyección del Fénix de puntos múltiples, que adoptaron para el Jeep Cherokee de 1987 accionado por un motor AMC de seis cilindros, cuatro litros. Finalmente en

septiembre de 1987, Renault cambió del KE-Jetronic de Bosch en la inyección de R-25 V-6 al sistema Fénix intermitente de múltiples puntos.

Modificaciones de Bendix.

Para la temporada de 1985, Renault cambió de Kugelfiser a la inyección electrónica de Renix para sus motores de autos de carreras de Grand Prix, turbo V-6, de 1500 cc, turbo-interenfriados. Este sistema se desarrolló con base en los componentes de Renix en el departamento de investigación electrónica de Renault.

EL motor de Fórmula Uno de Renault, fue un V-6 de veinticuatro válvulas con una escala de velocidades que se extiende hasta 12,000 r.p.m.. Así, los ingenieros querían doce boquillas de inyección electromagnética (una por puerto de admisión) para satisfacer la necesidad del motor de tener combustible fresco en un mínimo de tiempo. La composición mecánica de este motor puede compararse con dos medios motores, cada uno con tres cilindros en línea, múltiple de entrada separada, y su propio turbocargador montado en su múltiple de escape.

La unidad de control electrónico recibía un flujo continuo de información de entrada relacionada con el ángulo de placa de la mariposa (carga), la velocidad de rotación del cigüeñal (r.p.m.) y la posición exacta del mismo. Los sensores específicos proporcionaban a la unidad de control señales indicadoras de presión y temperatura en el múltiple de admisión, pero se eliminó el resto del circuito sensor del motor del automóvil.

El mismo cerebro electrónico controlaba también la sincronización de la chispa. Además, el conductor contaba con un dispositivo especial que le indicaba visualmente las funciones principales del motor. Finalmente, un emisor inalámbrico daba la información sobre el comportamiento del motor, a los mecanismos del pit, quienes podían preparar la acción correctiva del pit, quienes podían preparar la acción correctiva a tiempo, en caso de un malfuncionamiento del motor.

El inyector de la serie Deka.

Bendix introdujo el inyector de la serie Deka en mayo de 1986. Proporcionó una versión de un solo punto a Chrysler y una versión de puntos múltiples a American Motors, para utilizarse en los modelos de 1987 con inyección de combustible.

La serie Deka surgió de un programa de investigación bien definido con el propósito de crear un inyector de alto rendimiento con un costo considerablemente más bajo que el de los sistemas existentes. Las condiciones para producirlo eran que fuera adaptable a las instalaciones para muchos puntos y también para un solo punto, totalmente intercambiable con los tipos de inyectores viejos y compatible con los ensambles automatizados.

Los ingenieros de la Bendix llegaron a la conclusión que podrían bajar el costo del inyector únicamente con una simplificación total. En el lenguaje de Detroit, que está muy inmerso en la economía de la producción en masa, eso significaría: combinar varias funciones en una sola parte. Pero Bendix había emprendido esa tarea mucho antes; y esta vez parecía que lo indicado era tomar el rumbo opuesto.

Los ingenieros dividieron las funciones entre un número separado de partes no caras, cuyo costo combinado era mucho menor que el de las partes que funcionaban mal y que el de las partes que funcionaban mal y que se sustituyeron. Este método abrió la puerta para utilizar materiales menos caros en algunas partes y reducir las operaciones de maquinado de alta precisión para las partes que lo requerían.

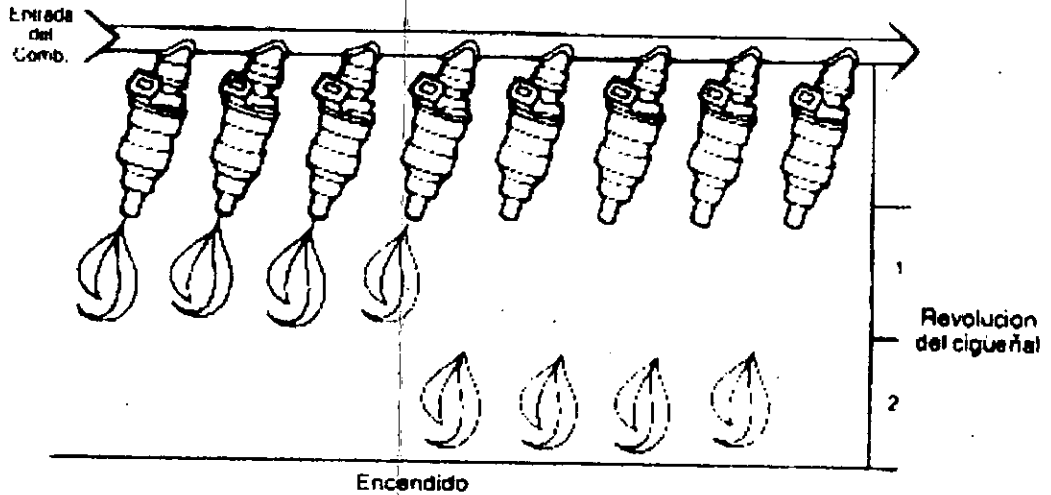
El inyector de varios puntos de la serie Deka consiste en una válvula solenoide convencional, pero en vez de usar el diseño común de boquilla de aguja, produce un rociado en un haz fino circular. En contraste, el inyector de un solo punto rocía en el cuerpo de la mariposa, en forma cónica hueca, arriba de su placa.

La boquilla de un solo punto trabaja a presión relativamente baja (10 a 20 psi), mientras que el combustible que entrega la boquilla de varios puntos se presuriza de 35 a 90 psi.

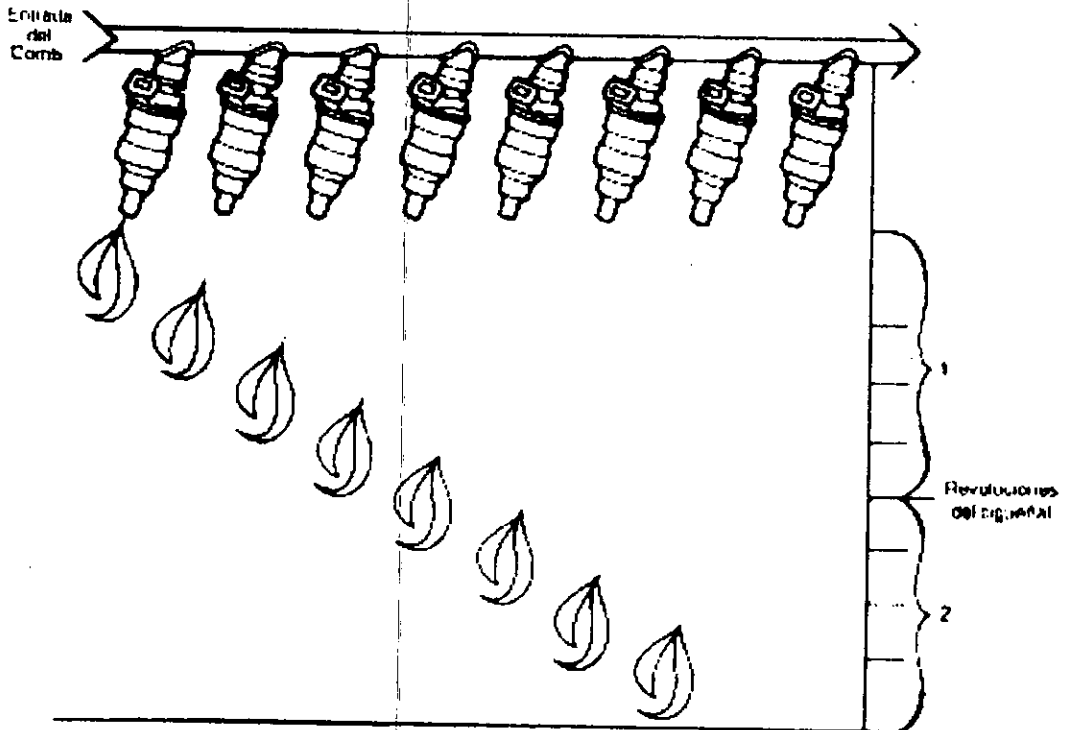
Una cosa común a las dos versiones es el método de medición. La primera medición se lleva a cabo con un disco delgado de acero inoxidable, con un orificio de precisión en su centro. Esta tecnología del disco delgado con orificio proporciona al inyector de la serie Deka un aumento de diez veces en la resistencia al taponamiento, comparado con los tipos de inyectores de la competencia.

La Bendix había estado experimentando con la inyección secuencial en varios puntos y había probado sus ventajas sobre el método de inyección en dos grupos, pero Cadillac escogió una mayor simplificación y optó por los inyectores en el cuerpo de la válvula del acelerador.

Inyección de dos grupos



Inyección secuencial en varios puntos



SISTEMA ANALÓGICO BENDIX Y CADILLAC.

En 1974, Bendix firmó un contrato con General Motors para proporcionar sistemas electrónicos de inyección de combustible para incorporarlos a los autos Cadillac que saldrían en 1975. En aquel entonces, Bendix, Bosch y General Motors firmaron un contrato triple de proveedor-concedente-concesionario, con el fin de cumplir con los requisitos del equipo de inyección de combustible de GM, a principios de los ochentas.

Debido a gastos imprevistos en el programa de Cadillac, su presentación se retardó hasta septiembre de 1975, cuando se adoptó el sistema analógico de inyección de combustible como estándar en el Cadillac Seville modelo 1976, y como una opción de producción regular para todos los Cadillac 1976.

Bosch proporcionó a la Bendix algunos inyectores, reguladores de presión, sensores de posición de la mariposa y bombas de combustible para incluirlos en los sistemas que vendió a Cadillac. Bendix diseñó y produjo las unidades de control electrónico, otros sensores, cuerpos de mariposa y colectores o rieles de distribución de combustible.

Cadillac nunca había intentado usar el sistema mecánico de inyección de combustible de flujo continuo de Rochester. El ingeniero en jefe, Carlton Rasmussen, estaba convencido que ese sistema sólo podía dañar y no realzar la reputación de Cadillac.

En los principios de control de emisiones, Cadillac no tenía incentivo alguno para cambiar su carburador Quadrajet.

Pero después de 1970, Cadillac comenzó a sufrir con los mismos problemas en la conducción que afectaban a la mayor parte de los motores estadounidenses de esa época: vacilaciones y pérdidas de velocidad, jaloneo en los cambios de la transmisión automática, dificultades para el arranque en frío y en caliente, y autoencendido. El consumo de combustible aumentó considerablemente en los modelos 70-73. En marzo de 1973, Cadillac inició un serio programa de pruebas con el último sistema de inyección electrónica de combustible Bendix.

Bendix había dejado dormir al Electrojector hasta 1967, cuando sus ingenieros vieron la oportunidad de emplearlo mediante las normas aún pendientes sobre el control de emisiones del escape.

"Comenzamos a darle un nuevo enfoque al trabajo que habíamos hecho en nuestros sistemas de inyección de combustible porque sentimos que con su potencial para controlar con exactitud, podría contribuir a disminuir las emisiones", dijo John Campbell, entonces Gerente General de la División de componentes de Motor, de la Bendix.

"Después de ver los fantásticos avances en electrónica que se habían hecho en la década, decidimos desempolvar nuestra información y efectuar un avance adicional para ver exactamente en qué podía contribuir el sistema electrónico a disminuir las emisiones".

En 1986 se formó un grupo de ingeniería en la planta de Elmira, para estudiar el potencial del sistema. "Nuestros estudios dieron a conocer que si teníamos potencial para proporcionar a los fabricantes de autos las herramientas que ellos necesitaban para ayudar a cumplir con la legislación sobre emisiones, y al mismo tiempo favorecer la economía de combustible, el rendimiento y buena conductibilidad", explicó John Campbell.

En 1970, el grupo trasladó sus operaciones a Detroit para mantenerse en estrecho contacto con los fabricantes de automóviles. En 1972, se estableció la División Electrónica de inyección de Combustible, con la casa matriz en Michigan.

En ese tiempo, la tecnología del semiconductor y los técnicos de fabricación de sistemas electrónicos se habían desarrollado hasta el punto de hacer una realidad el sistema electrónico de inyección de combustible.

William L. Miron, delineó las razones comerciales y técnicas de la nueva situación " Con los transistores, circuitos integrados, película gruesa, recubrimiento amoldado, etc., se ha disminuido notablemente el costo y la complejidad, mientras que el precio y complejidad del carburador de catorce dólares se había elevado exageradamente. Con una producción de alto volumen, el diferencial de costo entre la inyección electrónica de combustible y la carburación es virtualmente cero, cuando consideramos el sistema completo del vehículo ".

El contrato con Cadillac se hizo posible, primero porque la división más prestigiosa de GM se encontraba bajo presión para mejorar la conductividad y economía del combustible, y segundo, porque Bendix no estaba ofreciendo partes sino un sistema electrónico completo de control de combustible.

Según la definición de Bendix, el control electrónico de combustible es el empleo de la electrónica para conocer los requerimientos de combustible como una función de las condiciones medidas del motor, para calcular la cantidad de combustible que se necesita para satisfacer esos requerimientos y controlar exactamente el flujo del mismo en proporción a la admisión de aire para lograr un nivel aceptable de combustión.

Comparado con el Electrojector, el nuevo sistema difería en cuando a sus componentes pero no en el principio. "Sus principios fueron siempre sólidos", dijo un ingeniero de Cadillac. "Era sólo un asunto de afinar las funciones para lograr mayor exactitud y confiabilidad y disminuir el costo del sistema ".

Algunas de las diferencias principales tenían que verse dentro de la unidad de control, en sus componentes y circuitos. También es digno de notar que casi se duplicaba la presión de la línea de combustible hasta 39 psi. Con relación a la sincronización se requería una nueva adaptación porque Cadillac había adoptado en 1975 el sistema Delco de encendido electrónico de alta energía, y tenía que inventarse un medio para hacer posible que el distribuidor sin ruptor sirviera como sensor de r.p.m., con ensambles de imán y de interruptor de lámina.

Dentro de la placa que cubre la caja, está un par de imanes que giran sobre el eje del distribuidor, e interactúa con un par de interruptores de lámina, que generaban una corriente ruptora-disruptora del distribuidor de encendido, contando exactamente las revoluciones del motor. Porque los inyectores se dividían en dos grupos, que También se sincronizaban por separado.

La sincronización de la inyección se modificó de modo que se eliminaran las diferencias en principio del sistema, proveniente de un sistema de inyección continua. Los inyectores de los cuatro cilindros centrales se ajustaron para rociar al mismo tiempo en una revolución; los cuatro cilindros en los extremos delantero y trasero recibían combustible fresco, en la siguiente revolución, todo al mismo tiempo.

Los inyectores eran del tipo boquilla y aguja, con válvulas operadas por solenoides de encendido y apagado. Los inyectores estaban insertados en los puertos de admisión y apuntaban a la parte posterior de las cabezas de las válvulas. La cantidad de combustible variaba sólo de acuerdo con el tiempo de apertura de la boquilla, lo cual era dictada por la unidad electrónica de control.

La unidad de control electrónico recibía un flujo continuo de información desde cinco sensores: el de presión del múltiple, el de posición de la mariposa, el de temperatura del enfriador, el de temperatura del aire ambiente y el de las r.p.m. del motor.

Se dio el calificativo de analógico al motor porque se confiaba en un dispositivo analógico para medir el flujo másico de aire. Un refinamiento en el Electrojector original consistía en la graduación de la presión en la línea de combustible a la presión absoluta del múltiple.

El sensor de presión absoluta del múltiple tenía un diafragma que comparaba el vacío con la presión barométrica. El sensor analógico generaba un voltaje proporcional al vacío del múltiple, y por consiguiente informaba a la unidad de control de las variaciones de velocidad y carga.

De ese modo, las tasas de flujo de aire podían determinarse dentro de límites estrechamente definidos pues el flujo de aire es proporcional al producto de la densidad del aire del cilindro y la velocidad del motor. La densidad del aire. Esto

se lograba con un par de válvulas convencionales de mariposa conectadas al pedal del acelerador. El cuerpo constante de un canal de aire de marcha en vacío, y un tornillo de ajuste para fijarla (con el motor caliente).

En la parte superior del cuerpo de la mariposa se instaló una válvula de marcha mínima rápida y se dispuso para permitir que entrara aire adicional omitiendo las válvulas de admisión, durante el calentamiento. La válvula tenía su termostato, que cerraba gradualmente la válvula de acuerdo con el tiempo y la temperatura.

Se suministraba combustible desde una bomba eléctrica de refuerzo sumergida en el tanque, hacia la bomba principal colocada fuera del tanque, y accionada por un motor de corriente directa. La bomba principal (con su propio motor de CD) tenía que mantener una presión de 39 psi por todo el sistema, con un regulador de presión ajustado a la presión absoluta del múltiple de admisión.

El sistema de Cadillac tuvo un éxito absoluto y se le mencionaba como uno de los sistemas más avanzados de control de combustible para autos en serie en todo el mundo.

Un ejemplo del esquema de producción, ilustra cómo la participación del proveedor se empalmaba con el interés de la compañía automotriz. Bendix recibía embarques de múltiples de admisión provenientes de Cadillac, en su planta de Troy; instalaba los inyectores, los colectores o rieles de combustible y el cuerpo de la mariposa, probada y calibrada el ensamble completo; y se devolvía el ensamble a Cadillac para montarlo en un motor.

Mientras tanto, los ingenieros de Bendix progresaron rápidamente hacia lo que creían era lo "último" en sistemas de control de combustible.

Inyección digital de Bendix y Cadillac.

Apenas había llegado a producirse el sistema de control analógico cuando los ingenieros de Bendix y Cadillac estaban insistiendo unos y otros, para continuar desarrollando un sistema de control digital. Pero había que vencer muchos obstáculos y tomó algún tiempo antes que Cadillac estuviera seguro que el sistema estaba listo para su venta al consumidor.

Los primeros automóviles de producción en serie de Cadillac equipados con inyección de combustibles y control digital fueron Eldorado y Seville de 1980. Para 1981, la opción se incluyó a todos los automóviles Cadillac con motores de encendido por chispa.

Los ingenieros investigadores de la Bendix tuvieron la idea de emplear circuitos digitales en la unidad de control electrónico mucho antes que Cadillac (y otros

clientes futuros) sugirieron se hicieran las correspondientes pruebas. La compañía había presentado solicitudes de patente para sus sistemas de control digital en 1970, 1971 y 1973.

La programación de un microprocesador digital requiere de una computación en serie en comparación con las computaciones paralelas que desarrollan las computadoras analógicas. El problema principal de la Bendix con este concepto se divide en dos partes: La primera es cómo desarrollar sensores que puedan proporcionar señales analógicas de todos los parámetros de operaciones que tengan conexión con las necesidades de la mezcla aire-combustible. La segunda era, cómo encontrar un modo de manejar la cantidad de datos que se necesita para convertir la información analógica en digital en un mínimo de tiempo.

En 1972, la Bendix, comenzó a probar los sensores miniatura semiconductores deformimétricos de presión. Instaló estos sensores en automóviles con sistemas de encendido de estado sólido, en los que las señales provenientes del distribuidor sin ruptor sustituyeron a los interruptores de lámina activados por imán.

A mediados de 1975, era evidente que la Bendix en poco tiempo sería capaz de sustituir el sistema híbrido analógico con un nuevo diseño basado en la tecnología del semiconductor digital de óxido de metal.

Este concepto de unidad de control permitiría eliminar la red anterior de formación de pulsos y la conmutación electrónica. Sustituiría a un circuito impreso común que consistía en todos los elementos del circuito y las redes, contenido todo en una pequeña caja metálica.

Dicho microprocesador funcionaría por algoritmos y memorias no volátiles de semiconductores de óxido de metal. Debido al alto costo de dichos sistemas, podría llevarse a cabo una importante economía combinando otras funciones de control, como el sistema de encendido, en un sistema electrónico integrado sencillo utilizando el mismo módulo de control.

Este razonamiento condujo a la Bendix a correr dos programas paralelos de investigación, uno para desarrollar el sistema de inyección de combustible mismo y otro para integrar la sincronización de la chispa, la recirculación del gas de escape, la inyección del aire suplementario y otros sistemas de control de emisiones con el módulo de control de inyección de combustible.

Con la inyección de combustible como pilar central para un amplio programa de investigación, los ingenieros de la Bendix descubrieron que la frecuencia ideal de operaciones de la válvula del inyector era una vez por cada revolución del cigüeñal. Descubrieron también que al variar la duración de los pulsos que se aplican a las válvulas de inyección son independientes de la presión del múltiple de admisión. Por supuesto que eso no podía cumplirse sin el control digital.

Una vez que se llegó a un enfoque básico la Bendix modificó el sistema estándar (analógico híbrido) de la inyección de combustible con la inyección secuencial de varios puntos en un Cadillac V8 de 5.7 litros, de 1978, en vez de la inyección sincronizada de dos grupos. Los resultados fueron más que impresionantes. El análisis del escape mostró una mejora de un 43% en las emisiones de monóxido de carbono, una mejora de un 28% en Hidrocarburos no quemados y un 17% en emisiones de óxido de nitrógeno.

La reacción por parte de los ingenieros de Cadillac fue inmediata y favorable. En su entusiasmo conjunto, Bendix y Cadillac trabajaron hombro con hombro con la meta optimista de lograr un sistema para su producción en serie que se pudiera presentar en 1979.

Como cualquier otro proyecto a corto plazo, en éste tuvo que examinarse el costo antes de cualquier aprobación, con lo que se prolongó la vida del carburador. A los ingenieros de Cadillac se les dijo que no se aceptaría un costo extra en la inyección sincronizada en forma secuencial. Con el fin de tomar la mejor alternativa de costo más bajo, quitaron las ocho boquillas de inyección de las áreas de puertos y las sustituyeron con solo dos válvulas inyectoras contenidas en un cuerpo central de la válvula del acelerador que se montaba como un carburador en la parte superior del múltiple de admisión.

Esta fue una desviación importante de lo decidido inicialmente. Se eliminó la etapa de formación de la mezcla de los puertos de entrada hasta una área alejada corriente arriba. Desde un punto de vista puramente técnico, esto podía considerarse como buenas o como malas noticias. Por una parte, al combustible se le da más tiempo para su atomización y se mezclara con el aire, lo cual favorecería una mezcla más pobre. Pero por otra parte, presentaba el riesgo de que se humedecieran las paredes del múltiple con el combustible crudo durante los períodos de enriquecimiento de la mezcla.

Y así, como sucede tan a menudo en Detroit, "lo bastante bueno" sustituyó a "lo mejor".

En el sistema adaptado en Eldorado y Seville de Cadillac de 1980, el combustible se bombeaba desde el tanque y se suministraba al cuerpo de la mariposa después de filtrarlo. La bomba era de tipo turbina doble, impulsada eléctricamente, construida en una unidad con el sistema de flotador de tanque. El funcionamiento de la bomba se controlaba por medio del módulo de control a través de un relevador que entraba en acción cuando se conectaba el encendido.

El cuerpo de la válvula del acelerador contenía un regulador de presión, que la mantenía en la línea de combustible a un valor nominal de 10.5 psi y dos válvulas inyectoras de combustible que lo dosificaban en la corriente de aire. Las válvulas se colocaron arriba de las placas de la mariposa, dirigiendo el combustible

parcialmente atomizado hacia el interior de las gargantas. La cantidad de combustible y la sincronización de la inyección eran manejadas por el módulo de control digital.

El aire entrante pasaba por un filtro y luego entraba al cuerpo de la válvula del acelerador, donde se inyectaba el combustible. Una falda especial de distribución era parte del cuerpo inferior de la válvula, directamente abajo de cada válvula de inyección para asegurar una distribución uniforme a todas las partes del múltiple de admisión. La sincronización no se relacionaba con un cilindro en particular, sino que se calculaba para que correspondiera exactamente con el requerimiento de la mezcla promedio de todos los cilindros.

Las válvulas de mariposa controlaban la velocidad del flujo de aire, respondiendo al movimiento del pedal del acelerador. La velocidad mínima se determinaba con la posición de la válvula del acelerador en combinación con el control de velocidad mínima.

El cuerpo de la válvula del acelerador era una caja de aluminio con dos gargantas y dos hojas montadas en un eje común. Un extremo del eje estaba conectado a la articulación del acelerador y el otro extremo al sensor de la mariposa.

El sensor de presión absoluta del múltiple, el sensor de temperatura del aire del múltiple y el sensor de presión barométrica daban las entradas principales que servían para medir la cantidad de aire que entraba al motor. El sistema Delco de Encendido de Alta Energía, proporcionaba una señal de r.p.m.

Con base en estas entradas, el módulo de control electrónico hacía computaciones digitales de alta velocidad para determinar la cantidad de combustible a inyectar, en forma continua, con respuesta en milisegundos. El regulador de presión era parte integral del cuerpo de la válvula del acelerador. Regulaba la presión por medio de una válvula de alivio activada por un diagrama que equilibraba la presión del combustible para mantener una caída constante de presión a través de los inyectores. La presión nominal de la línea de combustible se mantenía por medio de la precarga de un resorte metálico.

Cualquier cantidad de combustible que no se necesitaba para mantener una caída constante de presión se hacía pasar a la línea de retorno al tanque. La cantidad de combustible que inyectaba dependía solo de la duración de la apertura de la válvula.

Ambas válvulas inyectoras se accionaban electrónicamente con órdenes del módulo de control. El cuerpo de la válvula contenía un solenoide cuyo núcleo era un émbolo que era jalado hacia arriba por medio de la bobina del solenoide, cuando ésta se energizaba. El levantamiento del émbolo hacía posible que el

resorte empujara la válvula de retención de bola fuera de su asiento, permitiendo que el combustible fluyera a través de la válvula.

Durante el arranque, ambos inyectores se activaban simultáneamente para proporcionar una mezcla rica. En la operación normal, los inyectores se activan en forma alterna con cada pulso de referencia desde el distribuidor de encendido. El múltiple de admisión era de diseño específico para usarse con la inyección digital de combustible, y tenía interconstruido un pasaje de cruce para el calor del escape pasa a la válvula elevadora de calor y así enriquecer la mezcla.

De acuerdo con lo sugerido por la Bendix, los cálculos para la medición de combustible incorporaban dos factores principales: posición de la placa de mariposa (carga) y velocidad del motor (r.p.m.). El sensor de la posición de la mariposa era un resistor variable montado en el cuerpo de la válvula del acelerador conectado al eje de la válvula del acelerador. El sensor medio continuamente el ángulo de las placas de la mariposa y enviaba una señal eléctrica al módulo de control, que procesaba la información para ordenar el enriquecimiento de la mezcla durante la aceleración y funcionamiento del sistema de control de velocidad mínima.

Casi igualmente importante, el sensor de presión absoluta del múltiple era similar a la unidad que se utilizaba con el módulo de control analógico. Variaba el ancho del pulso de su señal eléctrica de acuerdo con los cambios en la presión. La temperatura del aire de admisión se medía en el múltiple.

El sensor de la temperatura del aire del múltiple era un termistor cuya resistencia cambiaba como una función de la temperatura. La resistencia subía cuando la temperatura era baja. El sensor de temperatura bajaba cuando subía la temperatura del aire del enfriador, era también un termistor, colocado precisamente abajo del termostato.

El módulo de control electrónico era una caja negra cuyo interior será siempre un misterio para la mayoría de nosotros. Lo que podemos saber de él puede resumirse en una descripción de sus funciones principales. Los sensores de información suministran señales analógicas al módulo de control. Este contiene una batería de dispositivos de entrada y salida que convierten la información entrante en señales digitales para la unidad de procesamiento central la cual puede manejar sólo información digital.

La unidad procesadora central lleva a cabo cálculos matemáticos y las funciones lógicas que se requieren para producir en cualquier momento la mezcla correcta de aire-combustible. También calcula la sincronización de la chispa y la velocidad mínima y comanda la operación de los sistemas de control de emisiones, los diagnósticos del tren de potencia y el control de velocidad de cruce.

Junto con la recirculación del gas de escape y la inyección auxiliar de aire, el módulo de control tiene capacidad para manejar retroalimentación en lazo cerrado, para investigar las variaciones de mezcla basadas en el análisis de las concentraciones de oxígeno en el gas del escape. Bendix comenzó a trabajar en la investigación de Lambda-Sond en 1974. El primer fabricante de autos en utilizarlo no fue Cadillac, sino Volvo, con partes fabricadas por Bosch, en su serie 240 de 1977, de cuatro cilindros, 2.1 litros, equipados con fuel injection D-Jetronic de Bosch, para su venta en California (EE.UU.).

Aplicaciones de la Inyección de combustible de General Motors.

Cadillac instaló un sistema Bendix digital de inyección de combustible en el cuerpo de la mariposa, en el motor V-8 de seis cilindros de Seville y Eldorado modelo 1980. Al año siguiente, ese sistema Bendix se hizo opcional en todos los modelos disponibles con un motor V-8, seis litros. Aun siendo un contrato tan lucrativo, no despertó la euforia de la Bendix, cuyos directores se dieron cuenta que sólo estaban obteniendo beneficios de una bonanza pasajera.

Las proyecciones del mercado indicaron sin lugar a dudas que si remotamente hubieran tenido razón en instalar inyección de combustible en vez de colocar carburadores como equipo original, el volumen hubiera sido tan grande que General Motors no hubiera dejado mucho lugar para un proveedor externo. Con todas sus divisiones de componentes especiales, General Motors se colocó en buena posición para convertirse en su propio proveedor.

A principios de 1978, un grupo dirigido por John Shweikert en la Gerencia de Ingeniería de GM, se dedicó al diseño y desarrollo de los sistemas de combustible para un modelo de producción en serie utilizando componentes hechos para un propósito utilizando componentes hechos para un propósito determinado, así como partes de proveedores externos.

La propuesta de costo mínimo que surgió de este programa era un sistema de inyección de combustible en un solo punto del cuerpo de la mariposa, creando por un solo punto del cuerpo de la mariposa creado por un equipo que trabajaba bajo la dirección de Lauren L. Bowler, ingeniero señor de la división de Cadillac para los sistemas de combustibles y control de emisiones, Charles P. Bolles lo utilizó como base para un sistema de inyección digital de lazo cerrado con dos inyectores accionados electrónicamente en un solo cuerpo de la mariposa.

Este sistema llegó a ser equipo estándar para el nuevo V-6, de 4.1 litros, que sustituyen al motor V-8, de seis litros, en el Cadillac Seville y Eldorado de 1981. Antes de determinar 1980, se habían armado alrededor de 100,000 unidades.

Rochester Products y Delco Electrónicos División, desempeñaron papeles centrales en la producción de este sistema, que tenía un módulo de control mucho

más avanzado, capaz de ajustar la mezcla aire/combustible ochenta veces por segundo. Controlaba la medición de combustible, la velocidad mínima y la sincronización de la chispa.

Este módulo de control electrónico recibía una entrada digital de los sensores que monitoreaba las variables de operación del motor, como presión absoluta del múltiple, temperatura del enfriador del motor, presión barométrica ambiente, velocidad del motor y ángulo del cigüeñal, posición de la mariposa, contenido de oxígeno en el gas del escape y velocidad del vehículo.

El microprocesador fue programado para utilizar toda la información como base para los cálculos que hicieran posible dar órdenes a los inyectores de combustible, motor de control de aire en mínima, distribuidor de encendido, el embrague de enclavamiento del convertidor de par y otras actividades del motor.

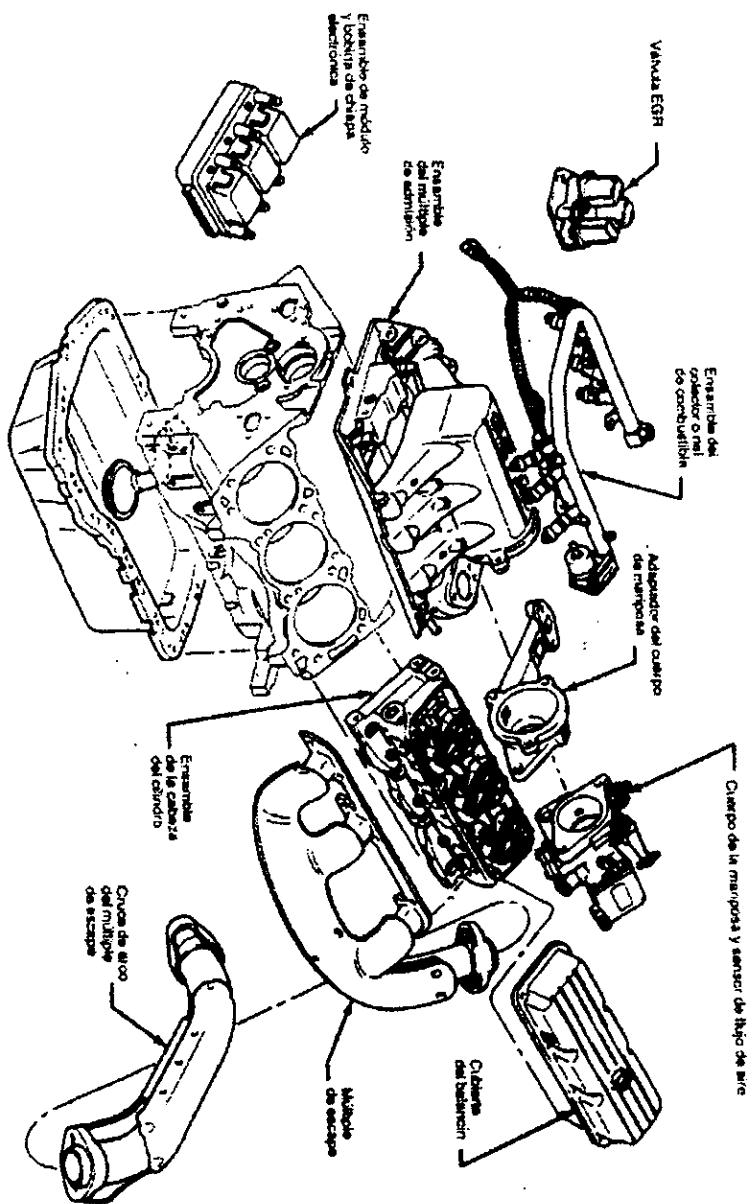
Las señales de r.p.m. y ángulo de control desde el distribuidor de encendido. Para proporcionar una definición más exacta de la posición del ángulo de arranque se adoptó un interruptor electrónico con base en el fenómeno del efecto Hall.

El ensamble del cuerpo de la mariposa contenía las válvulas inyectoras, un regulador de presión de combustible, un sensor de posición de la mariposa y un motor de control de aire para velocidad mínima. La medición de combustible tenía por base las mediciones de velocidad y densidad, utilizando un sensor de presión absoluta del múltiple planeado por AC para controlar la proporción aire/combustible. La entrada de combustible al cuerpo de la mariposa se dirigía al regulador de presión, que constaba de una válvula de alivio operada por un diafragma para mantener una caída de presión constante, a través de los inyectores. El excedente de combustible iba a la derivación y retornaba al tanque.

Los inyectores de combustible abrían y cerraban de acuerdo con las señales provenientes del módulo de control electrónico, y la duración de la apertura determinaba la cantidad de combustible que se entregaba. La duración del pulso variaba entre uno y seis milisegundo, dependiendo de las necesidades de operación del motor.

Como una ventaja adicional, el sistema podía realizar ciertas funciones de diagnóstico. Debido a que el módulo de control electrónico monitoreaba las variables de operaciones del motor podía identificar y memorizar el funcionamiento defectuoso alertando al conductor por medio de una luz en el tablero de instrumentos de revise su motor.

El motor V-6 de 4.1 litros de Cadillac modelo 1983, había aumentado su rendimiento, de 127 HP a 4200 r.p.m. hasta 135 HP a 4400, con una elevación paralela en su par de 258 Nm a 2000 r.p.m. y hasta 272 Nm a 2200 r.p.m. Vista esquemática del motor V-6 de 90° de 3.8 litros modelo 1988, con inyección secuencial de combustible multipuntos (ver pagina 209).



TBI en el Iron Duke de Pontiac.

El motor conocido como Iron Duke era un proyecto de Pontiac para que una unidad de bajo costo de monoblock de hierro con válvulas a la cabeza para que sustituyera el desafortunado motor Vega de Chevrolet con monoblock de aluminio con levas a la cabeza. Las otras divisiones de General Motors lo adoptaron para sus automóviles ligeros, y para 1982, el Iron Duke estaba equipado con inyecciones en el cuerpo de la mariposa.

El sistema incluía un ensamble de cuerpo de mariposa de una garganta, montado en el múltiple de entrada en lugar de un carburador, un módulo de control electrónico, varios sensores, una bomba eléctrica para combustible montada en el tanque, un distribuidor de encendido con control electrónico de sincronía y un convertidor catalítico perlado, de una sola capa, de tres vías.

La experiencia de Pontiac con la inyección de combustible se remonta al uso del Sistema Rochester en 1957. Pero los ingenieros de la división también poseían conocimiento más recientes.

En 1969-70, cuando Hulki Aldeksi era el líder de los sistemas avanzados de encendido, Pontiac estaba probando un motor V-8 de siete litros con válvulas a la cabeza con inyectores de combustible montados en puerto y ocho válvulas individuales de mariposa en los canales de admisión. La bomba de combustible era accionada por el distribuidor de encendido, montado en posición horizontal sobre la cubierta del frente, y la medición de combustible se combina con la sincronización de la chispa. Este motor podía dar 8000 r.p.m., y más. Con una relación de compresión de 12.0:1 se estimaba que producía 650 HP a 7500 r.p.m.. Pero desecharon el proyecto antes de salir del laboratorio de motores.

La decisión de poner el TBI en el Iron Duke de 1982 no se debió en nada a ese experimento, sino se basó en la tecnología más moderna. De cualquier modo, fue una decisión de la compañía, sugerida por Chevrolet, apoyada por Cadillac, Buick y Oldsmobile.

El motor Pontiac de cuatro cilindros de 2.5 litros era la unidad base para los automóviles de carrocería A (Familia de Oldsmobile-Cutlass), los automóviles de carrocería X (Familia del Chevrolet-Citation) y los automóviles de carrocería F (Camaro y Firebird).

El TBI de Rochester se basó en los mismos estudios del cuerpo de ingenieros de la GM que había adoptado Cadillac. En contraste con el V-8 de 4.1 litros de Cadillac, el Iron Duke era un motor producido en serie y el sistema de lazo cerrado se simplificó tanto como lo permitió su utilidad práctica. Su capacidad de conducción, el servicio y su durabilidad.

El cuerpo de mariposa tenía una sola válvula inyectora y el ensamble del inyector recibí el combustible a presión media de (32 psi) que se redujo a 10 psi estables con el regular de presión. Un émbolo de impulso eléctrico en el inyector se abría para que hubiera un rociado cónico de combustible hacia el múltiple de admisión, arriba de la placa de la mariposa, de acuerdo con los pulsos determinados por el módulo de control electrónico. Las veces que se abría controlaba la cantidad de combustible.

El módulo de control electrónico estaba montado dentro del compartimiento de pasajeros para evitar el ambiente que existe debajo del cofre, con sus altas temperaturas. Los diversos sensores proporcionaban información actualizada diez veces por segundo, y tratándose de información crítica referente a condiciones de emisiones y conductividad, cada 12.5 milisegundos.

La velocidad mínima se controlaba con el aire suplementario, alimentando al cuerpo de la mariposa bajo de su palanca un motor de control de aire en velocidad mínima, funcionaba moviendo una aguja ahusada en un orificio para variar la cantidad de aire que se desvía a la palanca de mariposa. Un potenciómetro de posición de la mariposa unido al eje de la palanca, media el grado de giro de la misma y proporcionaba un voltaje que variaba en proporción con el ángulo de la palanca.

Comparado con el V-6 de Cadillac, había varias innovaciones menores. Por ejemplo, el sensor de oxígeno (Lambda-Sond) estaba contenido en un cuerpo de cerámica circónica, en forma de cono, montado en la corriente del múltiple del convertidor catalítico. Otro punto en que difería era la adopción de un nuevo distribuidor de encendido controlado electrónicamente, que no contenía contra pesos convencionales ni mecanismos de avance en vacío.

Con una relación de compresión de 8.2:1, el Iron Duke de 2474 cc con TBI produce 90 HP a 4000 revoluciones por minuto o un aumento 5 HP sin acelerar el motor. Se aumentó el par pico de 170 a 182 Nm a la velocidad sin modificar el cigüeñal de 2400 revoluciones por minuto, este fue realmente el inicio de las cosas para GM Rochester que hizo 600 000 juegos de TBI en 1891 y 800 000 en 1982. Al mismo tiempo, GM comenzó a ajustar el Rochester TBI en el motor de 1.8 litros, 4 cilindros, válvulas a la cabeza construido en Brasil, en autos con carrocería J armados en EE.UU. (Familia Chevrolet-Cavalier).

Con este motor, el Pontiac 2000 modelo 1983, se convirtió en el primer automóvil de GM que rompió la barrera de los 50 mpg en las clasificaciones EPA (Modo de carretera). Chevrolet también había desarrollado un montaje de TBI gemela para el V-8 de 5 litros, adaptado al Camaro y V-8 del Corvette de 5.7 litros. Pontiac adoptó el V-8 de 5 litros para los mismos modelos de Firebird, a partir de 1982.

La instalación del motor V-8 llegó a conocerse como inyección de "fuego cruzado" debido a que los cuerpos de mariposa estaban montados arriba de las márgenes opuestas a las que abastecían, con los ductos cruzados entre sí para proveer la longitud adecuada. Con una relación de compresión de 9.5:1 (y detector de detonaciones) el motor V-8 de 5 litros producía 165 HP a 4200 revoluciones por minuto con un par pico de 326 Nm a 2400 revoluciones por minuto. Eso corresponde a una ganancia de 20 HP sobre la versión de carburador del mismo motor a 4200 r.p.m.

Para 1983, General Motors comenzó a utilizar el TBI en el motor de cuatro cilindros, de dos litros, de Chevrolet, para automóviles de carrocería "J" desde 1981, todos los motores a gasolina de Chevrolet salieron equipados con el CCC (control de mando de la computadora) en el carburador. Controlaba la sincronización de la chispa, así como la medición del combustible, y en algunos automóviles con transmisión automática controlaba la acción del embrague de inmovilización, del convertidor de par. Por tanto, el paso al TBI no fue tan radical como pudiera parecer.

Inyección en muchos puntos en los motores de GM.

Buick quizá se había rehusado a poner atención a la inyección de combustible, para concentrarse en las aplicaciones del turbocargador. El primer Buick con inyección de combustible fue el Skylark de 1982, con el primer Iron Duke equipado con un TBI que Pontiac presentó ya listo para funcionar.

Sin embargo, el trabajo pionero de Buick en el turbocargador aportó a la división basada en el Flint, muchísima experiencia con los controles electrónicos del motor. En 1978, sólo había en el mundo tres automóviles en serie con motores turbocargados: Saab, Porsche y Buick.

El Regal de Buick modelo 1981, con motor V-8, de 3.8 litros, turbocargado, introdujo una especie de sincronización de chispa electrónica; la anterior actuaba sobre el carburador.

Los sensores para la temperatura del enfriador, la presión del múltiple y la presión barométrica, la detonación con información correctiva proveniente del sensor de oxígeno (Lambda-Sond) en el múltiple del escape, proporcionaban entradas que daban a los módulos de control electrónico la capacidad de ajustar la sincronización de la chispa, la proporción aire-combustible y regular el EGR sobre una base continua.

Cuando Buick turbocargó en 1983 un V-6 de 4.1 litros, con base experimental, la División de Electrónica de Delco proporcionaba una nueva computadora a bordo que controlaba todas las funciones del motor, inclusive la válvula de desviación del turbocargador, la inyección secuencial de combustible tipo puerto, y la inyección de agua y metanol.

El sistema de inyección de combustible que era una mezcla de la tecnología de Bosch y de GM que utilizaba inyectores montados en puertos, la electrónica de GM y un esquema general de operación deriva del L-Jetronic. GM le pagó a Bosch los derechos correspondientes para usar sus patentes y compró varios componentes de Bosch.

Se tuvo a disposición un sistema muy similar como una opción para el Oldsmobile Calais, con motor V-6 de 3 lts.

En aquel tiempo, la división de bujías de AC comenzó su producción con un nuevo medidor de aire de flujo másico que utilizaba sensores gemelos y promediaba las lecturas. Buick lo utilizó en el motor V-6 y Chevrolet planeaba utilizarlo en su nuevo motor V-6 de 2.8 lts.

Para 1984, Buick adaptó como equipo estándar su inyección secuencial de combustible tipo puerto al nuevo motor V-6 de 3.8 lts. turbocargado del Regal T. El

mismo motor se ofreció como opción para el Rivera, más tarde también para el Century Custom y el Limited.

Cadillac adoptó un sistema de inyección de combustible muy similar, para el nuevo V-8 de 4.1 lts. con monoblock de aluminio, que sustituyó al V-6 del mismo desplazamiento en el Seville y Eldorado de 1984, rendía únicamente 137 HP a 4400 r.p.m., alcanzando una par máximo (271 Nm) a la mitad de esa velocidad.

Comenzando con el 2000 SE modelo 1984. Pontiac estuvo ofreciendo un motor de cuatro cilindros turbocargados. 1936 cc con levas a la cabeza, que utilizaba un L-Jetronic de Bosch casi recto con electrónica de GM. Además de la medición de combustible el módulo electrónico controlaba también la sincronización de la chispa y el refuerzo de rubo (válvula de derivación). Este motor tenía un rendimiento de 150 HP a 5600 r.p.m., y la curva de par era casi plana a 304 Nm desde 2800 r.p.m. para más de 5000 r.p.m..

La Rochester Products División estaba lista con un sistema de inyección simultánea, en muchos puntos, cuando inició la producción del modelo 1985 en las plantas de GM. Algunas aplicaciones dependían de los colectores e inyectores de combustible de Bosch y todos dependían de la bujía de AC y la electrónica Delco para componentes esenciales.

Cadillac sustituyó al Chevrolet equipado con TBI por un motor de cuatro cilindros en el Cimarrón con el nuevo V-6 de 2.8 lts. de inyección en puerto, multipuntos.

Esto fue un motor Chevrolet, producido en tres paquetes diferentes: uno para el Celebrity (carrocería A); el segundo para Citation (carrocería X), y el tercero para el Cavalier (carrocería J). Con una relación de compresión de 8.4:1, tuvo un rendimiento de 129 HP a 4800 r.p.m. con un par máximo de 216 Nm a 3600 r.p.m. y su uso muy amplio en los automóviles con carrocería A-X- y J-de Pontiac, Oldmobile y Buick.

Para el modelo de 1985, Buick comenzó a fabricar un nuevo motor V-6 de 3 lts., con inyección secuencial de combustible tipo colector o riel y los inyectores de Bosch. La electrónica de Delco y el sensor de flujo másico de aire de AC, la válvula del regulador electrónico de vacío de Delco para EGR y una bomba de alta presión en el tanque, de AC. También tenía el encendido por bobina controlada por computadora, que eliminaba el distribuidor, utilizando un sistema Magnavox introducido primero en el V-6 turbo, de 3.8 litros, modelo 1984, con inyección secuencial.

Este motor se había planeado originalmente para los automóviles de carrocería H modelo 1986 (clase Le Sabre), pero en vez de ello se apresuró en los autos de carrocería modelo 1985 (Grand Am de Pontiac, Calasi de Oldsmobile, Somerset

Regal de Buick) Su rendimiento máximo fue de 120 HP a 4400 r.p.m., con un par máximo de 204 Nm a 2000 r.p.m..

En una acción de consecuencia natural, Chevrolet reemplazó el arreglo de inyección de TBI gemela de "fuego cruzado" en el V-8 Corvette de 1985, con una nueva TPI (Inyección Afinada en Puerto) era básicamente un L-Jetronic de Bosch con un sensor de flujo de aire de alambre caliente, y algunas variaciones proporcionaron la cortesía de GM.

El aire que entraba se acumulaba en una cámara, con canales afinados curvados hacia afuera y abajo, hacia los puertos. Al poner los inyectores en los puertos de admisión se obtuvo una ganancia de 11% en la economía de combustible. Se elevó el máximo rendimiento de 205 HP a 4300 r.p.m., mientras que la curva de par se cambió de un pico de 394 Nm a 2800 r.p.m. hasta 449 Nm a 3200 r.p.m..

A finales de 1985, Buick dio a conocer su Wildecatt, un vehículo experimental accionado por un V-6 de 3.8 lts. de 24 válvulas, 4 árboles, con inyección secuencial del combustible, afinado para producir 230 HP a 6000 r.p.m., con un par máximo de 233 Nm a 4000 r.p.m.. En este tiempo, Buick ya estaba produciendo el V-6 de 3.8 lts. turbo interenfriado, modelo 1986, utilizando los colectores o rieles e inyectores de Bosch. Tenía también una nueva bomba de combustible con aletas de rodillos de desplazamiento positivo, a alta presión colocada dentro del tanque, que proporcionaba una presión de combustible de 28 psi a velocidad mínima, hasta 51 psi de impulso total. El rendimiento total de potencia de interenfriamiento de 200 a 235 HP a 4400 r.p.m., y un par máximo de 408 a 449 Nm a 2800 r.p.m..

En enero de 1986, Chevrolet anunció un prototipo experimental de alto rendimiento, el Corvette Indy, equipado con un V-8 de 2.65 lts., de 4 árboles turbo interenfriado gemelo, 32 válvulas, con inyección de combustible, de aproximadamente 600 HP. tenía un sistema de inducción con 16 canales, uno por cada válvula de admisión y 16 inyectores de combustible Rochester Multec, colocados detrás de los puertos.

Este diseño de motor provino directamente de un motor de carreras de la serie Cart, hecho por Limor Engineering de Brixworth, Inglaterra, para el equipo de carreras Penske-March.

Sin embargo, en un período de unos cuantos meses, Chevrolet mostró una segunda versión del Corvette Indy, impulsado por un V-8 de aspiración natural de dimensiones considerablemente más grandes. Este motor 350/32 era un V-8 de 5.5 lts. con 4 válvulas por cilindro y levas gemelas en cada banco.

Tenia camas de combustión "pentroff" de ángulos cerrados levanta válvulas hidráulicas autoajustables, transmisión de cadena para todos los árboles y un tensionador hidráulico de cadena. Con un sistema de inyección de combustible basado estrechamente en el arreglo del motor V-8 de 2.65 litros, dio un rendimiento de 380 HP, menos de lo que se esperaba, a 6000 r.p.m. con un par máximo de 503 Nm a 3800 r.p.m..

Si el motor estaba mucho más cerca de las especificaciones para producción en serie que para carreras; pero veinte años antes Chevrolet ya había obtenido la misma potencia específica de los V-8 de 16 válvulas, de barra empujadora, con carburadores, eso significaba que había muchísimo espacio para el desarrollo orientado al rendimiento en la unidad de potencia del Corvette Indy.

El inyector multec era un nuevo desarrollo de Rochester que prometía mucho. Diseñado principalmente para la inyección en puerto, también puede adaptarse a la inyección en el cuerpo de la mariposa (un solo puerto). Comenzó a producirse en 1987 en la planta de motores GM-Europe, en Aspern, cerca del aeropuerto de Viena.

Los fabricantes proclaman que proporciona una respuesta más rápida, mejora en la atomización del combustible y control más preciso en el rociado. Funciona con bajo voltaje de operación y asegura que las bujías estén limpias con cualquier mezcla de gasolina.

Su construcción se basa en un nuevo tipo de válvula de bola con una placa interna directora que proporciona una operación más sensible. La abertura de la válvula de bola interactúa con una serie de agujeros que hay en la placa para asegurar un flujo de combustible de 1.95 gramos por segundo.

El combustible medido es forzado a través de seis agujeros que hay en la placa directora. Estos agujeros no son paralelos, sino que están perforados en un ángulo de 10 grados de la vertical, hacia el centro. Cuando se energiza el inyector, el combustible fluye a través de los agujeros, juntándose en el centro, donde es desviado 15 grados en un rociado cónico. Se requiere un maquinado de precisión en la placa y los agujeros para que el rociado sea exacto, lo cual es esencial para lograr las ventajas de operación que se anuncian y para asegurar que la placa directora sea insensible a las propiedades del combustible y al barniz que se acumula. Si el maquinado es correcto, elimina la acumulación de barniz al tener una punta de rociado que sirve de escudo a la placa contra las partículas de combustible que entran desde el múltiple.

Opel comenzó a emplear los inyectores Multec en motores de 4 cilindros para el Corsa y el Kadett en 1987, pero no se colocaron en los automóviles de GM en EE.UU. hasta el modelo de 1988. Sin embargo, mientras tanto se lograron notables adelantos en el producto.

La producción del carburador Rochester bajó de 4.4 millones en 1980 a 1.8 millones en 1986. Para 1986, el rendimiento del motor V-6 de 3.8 lts. con inyección secuencial en varios puntos para el Riviera (obsional el Elektra y Park Avenue) se levó hasta 142 HP. Buick proclamó que el cambio produjo también una respuesta mejorada, una velocidad mínima más suave y menor consumo de combustible. Al mismo tiempo, Cadillac aumento su rendimiento del V-8 de 4.1 lts. de 127 a 132 HP a 4200 r.p.m., con la correspondiente evaluación en la potencia, de 258 hasta 272 Nm a 2200 r.p.m..

En el Fiero GT de 1986, Pontiac obtó por la inyección en varios puntos, con autorización de la Bosch, con un sensor de oxígeno en el convertidor catalítico, de tres vías, EGR e inyección de aire el múltiple de escape, para el V-6 de 2.8 litros de 140 HP.

En el Iron Duke de Pontiac modelo 1987, un sistema de "fuego directo" con bobina doble, producido por Delco, sustituyo el tipo de distribuidor, y se adoptó un TBI mejorado en un nuevo múltiple de admisión. El rendimiento aumentó hasta 97 HP (6.6 % adicional).

En abril de 1987, apareció un nuevo Buick Regal con tracción en las ruedas delanteras, como primero en el programa 10 de GM, con motor Chevrolet V-6 de 2.8 lts. e inyección de combustible en varios puntos, con autorización de la Bosch. Su rendimiento máximo fue de 127 HP a 4500 r.p.m. con una potencia pico de 217 Nm a 3500 r.p.m..

Inyectores Multec y nuevos motores para 1988.

El sistema de inyección en un solo punto en el cuerpo de la mariposa que se utilizó en los motores de cuatro cilindros, dos litros y 2.5 litros se adoptó con inyectores Multec. El combustible era alimentado al inyector a 10.2 psi y al múltiple en un rociado en forma de cono, a un ángulo de 5°. A una señal proveniente del módulo de control electrónico, un electroimán abría la válvula de bola y asiento en la base del inyector, liberando así el combustible.

En el motor de dos litros, cuatro cilindros, de levas a la cabeza que se instaló en los automóviles de carrocería J (Familia Cavalier) la medición del flujo de aire se sustituyó con un sistema de control de velocidad y densidad. El sensor de flujo de aire fue eliminado y el sensor de temperatura del múltiple se movió hacia el purificador de aire.

Un sensor de presión absoluto en el múltiple determina la densidad del aire que entra y define la condición de carga; el sensor de temperatura del aire del múltiple y el sensor de temperatura del enfriador, emiten pulsos de referencia que proporcionan los factores de corrección necesarios para formar la mezcla de

combustible que se requiere para cualquier velocidad del motor. El distribuidor de encendido proporciona una lectura exacta de la r.p.m..

Las tablas de eficiencia volumétrica están programadas dentro del módulo de control electrónico, con datos específicos para cada combinación en el sistema de inducción y escape del vehículo a varias velocidades del EGR. Estas tablas se comparan con los datos continuos de entrada para hacer el cálculo de masa de aire, lo cual da también la medida de la cantidad de oxígeno que está entrando al motor por cada revolución del cigüeñal.

El cálculo básico de medición de combustible se modifica además con la retroalimentación desde el sensor de oxígeno (Lambda-Sound) con correcciones que permiten un margen para la purga del canister para evitar que se exceda la proporción de mezcla estequiométrica durante las condiciones de conducción con carga ligera en el calentamiento.

El enriquecimiento de potencia se basa en la información que proviene del sensor de posición de la mariposa, y el suministro de combustible se corta en la desaceleración, cuando la posición de válvula cerrada coincide con cierta caída en las r.p.m. del motor (arriba del límite que en general es la velocidad mínima más un 30%) para la temperatura ambiente prevaleciente. El enriquecimiento de arranque en frío se basa en la información de temperatura del enfriador tiempo de funcionamiento del motor, mientras que el enriquecimiento de aceleración se basa en los cambios del ángulo de placa de la mariposa (y la velocidad del cambio de ángulo).

Los inyectores Multec se utilizaron también en el sistema de inyección secuencial de combustible de colectores o rieles Bosch, que se desarrolló para el nuevo motor V-6 de 3.8 litros de 90°, fabricando en Flint para todas las divisiones de autos de GM. El cuerpo de la mariposa se construía con un sensor de flujo integral, que constaba de una cámara de aire que tenía un alambre que se calentaba eléctricamente hasta 75°C arriba de la temperatura del aire ambiente. Permitía que el módulo de control calculara el total de aire de admisión, puesto que la cantidad de corriente que se requería para mantener la temperatura de 75°C en el alambre, era proporcional a la masa de aire que se estaba absorbiendo. EL sensor tarda menos de 50 milisegundos para formar y enviar una lectura de flujo estabilizado al módulo electrónico.

Cada 3.125 milisegundo, el módulo de control electrónico efectúa un cálculo actualizado de flujo de aire y ajusta la medición de combustible según lo requiere la mezcla constante estequiométrica. Se utilizó una boquilla de aguja, de doble inclinación, de 12 mm, para controlar el aire de velocidad mínima con un perfil de aguja calculando para dar las mejores características de mínima velocidad a temperatura baja ambiente. Se aseguró un EGR con una válvula de control triple operada por solenoide. Con un vacío de múltiple de 355.6 mm de mercurio y la

mariposa totalmente abierta, se aseguró una velocidad de flujo de 9.45 gramos por segundo.

Se volvieron a colocar los inyectores de combustible en los puertos para mejorar la respiración y obtener una mayor eficiencia de combustible, y se adoptó el sistema de encendido con bobina Delco (sin distribuidor). Tres bobinas controladas electrónicamente encendían cada vez un pistón que se acercaba al punto muerto superior.

La electrónica digital para el detector de detonaciones era un cristal piezoeléctrico conectado al módulo de control a modo de sensor. A una intensidad de detonación predeterminada, El módulo de control ordenaba que se cortase el avance de la chispa retomando inmediatamente un avance gradual hasta que se registraran las detonaciones.

En comparación con el primer V-6 de 3.8 litros, el cambio a la inyección secuencial de combustible e inyectores Multec, proporcionaron una mejora del 10% en una aceleración de 0 a 60 mph (96 Km); mejora de 1 mpg en el ahorro del consumo promedio de combustible, menos emisiones de escape y funcionamiento más suave en toda la escala de velocidades. Su rendimiento máximo aumentó en un 10% a 165 HP a 4800 r.p.m., mientras el par máximo de 286 Nm a 200 r.p.m. representaba un aumento de 5%.

Al adoptar los inyectores Multec para el sistema de inyección en el cuerpo de la mariposa en el V-8 de cinco litros, Chevrolet se aproximó más a la tecnología del motor de cuatro cilindros que al V-6 más avanzado de Buick. Entre las innovaciones en el sistema de combustible del V-8 de Chevrolet, están el algoritmo de control de combustible para dar más economía de combustible en carretera y un nuevo sistema de lazo semicerrado, para hacer posible que el motor funcione con proporciones más pobres de aire-combustible a velocidad de carretera.

El módulo de control se alambrió para monitorear la temperatura del enfriador y la sincronización de la chispa, la purga del canister y la velocidad constante del vehículo (control de cruce). Bajo ciertas condiciones, el módulo de control cambia a un modo de control de lazo abierto, permitiendo la operación con proporciones de aire-combustible tan pobres como 16.5:1. Periódicamente, regresa a la operación de lazo cerrado y hace funcionar el motor con una mezcla estequiométrica durante un tiempo suficiente, para verificar todas las funciones del motor y luego regresa al modo de operación en lazo abierto.

Oldsmobile eligió los inyectores Multec para su notable motor Quad-4, que presentó en el Calais GT modelo 1988. Es una unidad de cuatro cilindros, de 16 válvulas y levas gemelas, con desplazamiento de 2.3 litros, un rendimiento de 150 HP a 5200 r.p.m., un par máximo de 218 Nm a 4000 r.p.m. en forma estándar, y

relación de compresión de 9.5:1. Cada Cilindro tenía cuatro válvulas en una cámara compacta de combustión con pistones de sumidero. Las bujías de punta extendida, colocadas al centro, del sistema de encendido "Direct Fire" se encendían por medio de bobinas dobles alojadas en una caja con cubierta fundida a troquel que actúa también como disipador térmico. Las bobinas encienden cada bujía a cada revolución del cigüeñal, sin la ayuda de un distribuidor o cables de bujías.

La medición de combustible depende de las mediciones de velocidad y de densidad, utilizando la inyección de combustible tipo puerto, con un múltiple de entrada de aluminio endurecido. Un snorkel montado hacia adelante conduce el aire a un elemento purificador en línea, a través de un tubo y hacia el interior del pleno del múltiple, desde donde los canales individuales van directamente a los puertos. Cada inyector Multec está colocado en un puerto de admisión en el mejor ángulo posible para obtener el máximo rociado de combustible.

En la versión de producción del Quad-4 se fijo con límite de seguridad a 7000 r.p.m., pero Oldsmobile comprometió a dos compañías para que explorasen su potencial. Una lo desarrolló la Batten Engineering de Romulus, Michigan, que redujeron su desplazamiento a dos litros, lo enfriaban por turbo y ponían cuatro inyectores por cilindro: dos para el combustible, uno para el agua y uno para otros aditivos, como el óxido nitroso. Rochesters suministró sus inyectores electrónicos Multec, el colector o riel de combustible, alza válvulas y un cuerpo de mariposa.

El segundo motor se envió a Feuling Engineering, de Ventura, California, donde se le instalaron un turbo gemelo con interenfriador y un sistema de inyección de combustible totalmente mecánico.

Estos dos motores especiales generan 1,000 más HP a 9500 r.p.m.. Fueron probados en el Aerotech aerodinámico experimental y registró velocidades de más de 400 Km/h.

Inyección 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 Electrónicos 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.

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 seguro de haber resultado 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 se estandarizó en motores 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 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 másico 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 de Chrysler mantiene la cantidad 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 para 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, que también contiene el sensor del flujo 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 computadora recibe la información de entrada en tres funciones separadas: El flujo de aire hacia el motor, el flujo de combustible y el contenido de oxígeno en el gas de escape. Compara estas señales con una calibración ideal. Cuando cada una de las señales es diferente de la calibración, la computadora envía la señal al motor que controla la bomba para que entregue más o menor cantidad de combustible, dependiendo de si la mezcla es demasiado rica o pobre.

La bomba en el tanque alimenta la bomba de control la cual toma una pequeña porción de combustible y lo entrega a una presión de 21 psi, a velocidad mínima a través del sensor de flujo de combustible y la válvula reguladora de presión baja a la barra de rociado y luego a las boquillas. La Bomba de control de desplazamiento positivo, tipo deslizador accionada por un motor de corriente directa, de velocidad variable.

Debido a que el tamaño de las aberturas para el combustible es fijo, la presión debe variar para entregar más combustible a velocidades más altas. A velocidad máxima, la bomba de control entrega combustible a una presión superior a los 60 psi. La barra de rociado ha sido diseñada para producir un flujo igual a bajas velocidades. A velocidades más altas, una segunda barra de rociado se abre automáticamente para entregar la cantidad completa de combustible a la presión correcta. El combustible que no se necesita para mantener cierta velocidad. Se regresa automáticamente al tanque a través de una válvula reguladora de presión baja y de la línea de retorno.

Las boquillas están conectadas tanto a la carga ligera como a las barras de rociado de potencia. Un número de boquillas con forma aerodinámica están dispuestas en círculo, alrededor del cuerpo del inyector, para refinar el rociado de combustible de carga ligera. El circuito de carga ligera suministra todo el combustible que el motor necesita hasta una presión de 34 psi para la dosificación.

A presión más alta, el circuito de energía entra en acción, mientras que el de carga ligera continúa rociando al máximo. La barra del inyector de potencia agrega su propio rociado desde un orificio más grande.

El medidor de flujo es de un tipo totalmente nuevo. Consta de un venturi de diámetro grande, montado más cerca de la salida del purificador de aire, corriente arriba desde la mariposa.

Un aro de aletas fijas dispuestas radialmente cerca de la boca del venturi, desvia el aire hacia un patrón de torbellino en el sentido de las manecillas del reloj.

Debido a los efectos centrífugos de este aire en torbellino, la presión del aire es menor en el centro del vórtice que en el exterior.

Este vórtice se parece a un tornado en miniatura con un ojo que parece un hilo finamente enredado extendiéndose a través de lo largo del ducto. Muy cerca de la entrada, el ojo se centra en el ducto. A medida que se acerca al extremo de salida, el vórtice se expande para llenar el ducto que se amplía y se hace inestable, y el ojo entra en órbita alrededor del centro. Lo que importa acerca del desplazamiento del ojo no es la distancia del centro hacia las paredes del ducto, sino la frecuencia de su órbita.

Esta frecuencia es proporcional al volumen de aire que pasa por el ducto por unidad de tiempo. La medición de la frecuencia de las variaciones de presión a lo largo de la órbita, proporciona una lectura analógica para el flujo másico de aire.

Esta medición es tomada por una hilera de tubos verticales en forma de U, como punta de prueba para la presión, colocados cerca de la salida del venturi. Un chip de silicio convierte las lecturas diferenciales de presión baja en señales de alta potencia. Cuando aumenta el volumen de aire, la señal pulsa con mayor rapidez. La frecuencia de pulso le dice a la computadora cuánto aire entra al motor en determinado momento.

El medidor de flujo de combustible consta de una cavidad cilíndrica que contiene una rueda que gira libremente. Esta rueda tiene la apariencia de un engrane, pero sus dientes son en realidad pequeñas aletas curvas. Trabaja como una rueda con paletas. El combustible entra a la cavidad en tangente y su presión llega hasta las aletas. Esto hace girar la rueda a una velocidad proporcional al flujo de combustible. Cuanto mayor sea el flujo, más rápido girará la rueda.

En un lado de la rueda de paletas está un diodo emisor de luz (LED) y en el otro un fototransistor. Cuando gira la rueda de paletas, interrumpe el flujo de luz entre los dos lados y establece una señal que pulso con más rapidez a medida que hay más flujo de combustible. Estos pulsos se envían a la computadora, y su frecuencia le dice qué tan aprisa está fluyendo el combustible.

Para el motor, la información realmente importante no es el volumen de aire o flujo de combustible, sino la proporción aire combustible, ni tampoco la proporción volumétrica. Por tanto, el sistema incorpora tres sensores adicionales que traducen las lecturas de volumen de aire y combustible en lecturas en masa.

Recuérdese que el módulo de control compara la proporción aire-combustible con una proporción ideal. Esto no quiere decir que el sistema de inyección de combustible de Chrysler restrinja la operación con sólo una proporción estequiométrica de aire-combustible.

E.W. Meyer explicó lo siguiente: "Diseñamos este sistema para operar con una mezcla muy pobre de aire-combustible, es decir, una parte de combustible por veintiuna partes de aire. Para operar el motor con una mezcla tan pobre se necesitan tres cosas: primero: distribución uniforme del aire y combustible a cada cilindro; segundo: una distribución uniforme de aire y combustible a cada cilindro de un ciclo a otro; y tercero: una preparación de combustible que de un consumo mínimo específico de combustible y óxidos mínimos específicos de emisiones de nitrógeno, mientras al mismo tiempo controla la producción específica de hidrocarburos."

Básicamente, las señales provenientes de los dos medidores de flujo (aire-combustible) disparan pulsos de un solo tiro de polaridades opuestas: positiva y negativa. Estas señales son alimentadas a un integrador, que controla el motor de la bomba.

Un sistema automático de calibración establece individualmente la proporción aire-combustible en cada automóvil y compensa los cambios en la presión barométrica. Hay un sensor de temperatura en el alojamiento del limpiador de aire, de modo que la computadora de la combustión pueda ajustar los cambios en la temperatura que afectan la densidad del aire. Un sensor de oxígeno en el sistema de escape le dice a la computadora cuándo la mezcla aire-combustible es demasiado rica o pobre.

El flujo del combustible también hace contacto con un termistor de silicio, que percibe la temperatura del combustible. Su conductividad eléctrica varía en proporción con la temperatura del aire, y de ese modo puede enviar las señales de temperaturas del combustible a la computadora.

El dispositivo de control de la mezcla es un diseño convencional en dos partes, de un eje sencillo de mariposa, como la corneta de aire de un carburador, pero con varias diferencias importantes.

- 1.- Todo el combustible se introduce arriba de la placa de la mariposa.
- 2.- Hay dos barras de distribución de combustible en cada puerto: una barra primaria para flujo bajo de combustible y una barra de potencia para mayor flujo de combustible por etapas.
- 3.- La hoja convencional de la mariposa tiene un esparciador de película de combustible, montado arriba de la hoja y un deflector de la mezcla montado abajo.

La corriente de combustible choca contra el esparciador de película, que distribuye la gasolina hacia afuera en películas delgadas. El aire baja a velocidad en la abertura más grande de la hoja, arrastra la película de combustible hacia los extremos afilados de la hoja, lo cual da por resultado una mezcla aire-combustible

altamente atomizada. El deflector más bajo de la mezcla mejora su uniformidad de cilindro a cilindro.

Un alto grado de atomización es vital para una combustión eficiente y uniforme. Una gotita esférica de combustible tiene un área de superficie proporcional al cuadrado del diámetro y un volumen proporcional al cubo del diámetro. Las gotitas atomizadas de combustible más y más pequeñas se evaporan en menos tiempo, con igual cantidad de calor.

Las gotitas de combustible finamente atomizadas, de diez a cincuenta micrones, parecen tener el tamaño exacto. Se mezclan con más facilidad con el aire de admisión y permanecen más tiempo en el múltiple. La acción del aire que corta el combustible en bordes agudos parece ser un dispositivo muy simple y efectivo para lograr estas dimensiones de las gotitas.

En el circuito de control de combustible entre su medidor y el ensamble de inyección se incluyó un interruptor de presión de combustible. Normalmente este interruptor está abierto, lo cual indica que el sistema tiene presión suficiente para que el motor arranque. La válvula se cierra cuando la presión es demasiado baja, y su cierre completa un circuito de demasiado baja, y su cierre completa un circuito de demasiado baja, y su cierre completa un circuito de desviación que impulsa la bomba de control a toda velocidad hasta que se restablece la presión adecuada.

Cuando el motor está arrancando, en velocidad mínima o funcionando bajo una carga ligera, sólo están suministrando combustible las boquillas de la barra principal. A medida que aumenta la velocidad, y el flujo de combustible alcanza aproximadamente treinta y cinco libras por hora, la válvula reguladora de potencia se abre y el combustible comienza a fluir de los orificios de potencia.

La computadora es un centro común para los cuatro circuitos electrónicos separados. El primero es el circuito de inyección de combustible, que da las órdenes de velocidad a la bomba de control y de ese modo proporciona el factor básico para controlar la proporción aire-combustible. El segundo es el circuito automático de calibración, que monitorea la retroalimentación de oxígeno proveniente del gas de escape y sirve para la afinación del primer circuito. El tercero es el circuito de avance del chip, lo cual proporciona la corriente inicial para el encendido y la sincronización de la misma. El cuarto es el circuito automáticamente de velocidad mínima, que entra en acción siempre que la mariposa está cerrada y estabiliza la velocidad mínima.

La versión inicial para producción en serie 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 disponibles 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 boquilla 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 en 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 su sistema de inyección con presión reducida a los motores V-6 de 3.9 litros y a los motores V-8 de 5.2 litros que se instalaron en las camionetas Dodge Ram y los vehículos Ram-Charger.

Comparando 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 motor 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 tiene un cuerpo de mariposa con doble garganta, cada una con su propia boquilla inyectora.

Inyección de combustible estilo Ford.

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

Aparte de esos experimentos en carreras, Ford (tanto en Europa como en Estado 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 XV3i.

En 1988, la Ford de Europa tenía también en producción un Escort RS turbo con KE-Jetronic; un Sierra 2.0 con L-Jetronic; un 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 motor V-8 de 4.9 litros del 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 motor V-8 de 5.8 litros, y el Mercury grande con el mismo, 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 Continental 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 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.

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.

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 del EEC de Ford, para definir los requerimientos del sistema. Las especificaciones técnicas se dejaron a la responsabilidad de los proveedores de 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 Nickol, entonces ingeniero en jefe de transmisiones de potencia de la Ford, explicaba lo que se lograba al pasar de la primera a 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. En ciertas condiciones la purga hacía que el carburador tuviera una mezcla más rica. Sin embargo, cuando eso sucedía, el sistema EEC-II simplemente percibía este cambio a través del sensor del gas del escape y señalaba el ajuste apropiado para el carburador.

Otro beneficio fue que el EEC-II reducía las variaciones en la velocidad mínima, a través del posicionador de la mariposa en velocidad mínima. Por ejemplo, un sensor indicaba si 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 mantenían, una velocidad mínima aceptable. Si no 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 hacia correcciones similares 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 ajuste de velocidad mínima, el sistema percibía la presión barométrica y hacía los ajustes necesarios del motor en forma automática.

El sistema también controlaba el Thermactor (una bomba que agrega aire al sistema de escape) desviando este aire secundario hacia el catalizador o hacia el múltiple de escape, según se requiriera para maximizar el control de emisiones.

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

EEC-III

La diferencia entre el EEC-III y el EEC-II radica en el uso de la inyección electrónica en un solo punto en el sistema más reciente. El sistema de control que incluía sus sensores y salida 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 micropcesador para el sistema EE-II era suministrado por la Shibaura Electric Compañy (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 Compañy (circuitos integrados en pequeña escala y transistores y Fairchild Semiconductor Company) (circuitos integrados en pequeña escala).

En el Corazón de este sistema de inyección electrónica de combustible, la Ford colocó dos válvulas medidoras de combustible activadas electrónicamente cuando se enegizaban estas válvulas rociaban una cantidad precisa de combustible en la corriente de admisión del motor.

Las dos boquillas de inyección estaban montadas en posición vertical arriba de las lacas de mariposa y se conectaban en paralelo con el regulador de presión del combustible de válvula de aguja. Una señal de control eléctrico proveniente del procesador electrónico EEC-III activaba el solenoide. Esto ocasionaba que la aguja se moviera hacia el interior, fuera de su asiento, lo cual permitía que fluyera el combustible. El orificio del inyector era fijo y la presión del suministro de combustible constante por tanto el flujo de combustible hacia el motor era controlado por el tiempo que el solenoide durase energizado.

La presión elevada de combustible, controlada, en los inyectores, junto con un cambio preciso en el volumen de combustible determinado por el EEC-III, mejoraban la distribución de combustible en cada cilindro, en comparación con el carburador que sustituyó. Esto a su vez proporcionaba optima conductibilidad y economía mientras que las emisiones de escape se mantenían a un nivel aceptable.

El combustible que iba a los inyectores era proporcionado por una bomba eléctrica de alta presión montada en el interior del tanque. En la línea de combustible se encontraba colocado un filtro primario especial abajo del compartimiento para pasajeros. En el compartimiento del motor estaba instalado un filtro secundario más pequeño.

Un regulador de presión de combustible, montado en el cuerpo de la mariposa, precisamente adelante de los inyectores, controlaba la presión del combustible a un valor exacto y constante de 39 psi. El combustible excedente que proporcionaba la bomba, pero que no se necesitaba en el motor se regresaba al tanque vía una línea de retorno.

El regulador de presión estaba montado en el cuerpo principal de carga del combustible, cerca de la parte trasera de la superficie de la corneta de aire. El regulador se colocaba de modo que nulificara los efectos de la caída de presión en la línea de suministro. Fue diseñado de modo que fuera muy sensible a la contra presión en la línea de retorno al tanque.

Una segunda función del regulador era de mantener la presión de suministro de combustible, después de haber parado el motor y la bomba. El regulador funcionaba como válvula de retención de corriente abajo y atrapada el combustible entre él y la bomba. El mantener la presión del combustible después de parar el motor evitaba la formación de vapor en la línea y permitía volver a arrancar el motor con rapidez y tener una operación estable en la velocidad mínima.

El flujo de aire hacia el interior del motor era controlado por dos válvulas de mariposa montadas en una caja de dos partes de aluminio fundido y matrizado. Las válvulas de mariposa eran idénticas en su configuración a las placas de mariposa de un carburador y eran activadas por una articulación similar y un cable de pedal.

Un sensor de posición de mariposa (TP) estaba montado en el eje de la misma en el lado del ensamble de carga de combustible y se utilizaba para suministrar una salida de voltaje proporcional al cambio en la posición de la placa de mariposa. El sensor de placa se usaba en la computadora para determinar el modo de operación (mariposa cerrada, semiabierta y totalmente abierta) para elegir la mezcla más apropiada de combustible, la chispa y EGR en los modos seleccionados de conducción.

Para acelerar la marcha mínima antes que el motor alcanzara la temperatura normal de operación la Ford utilizaba un posicionador de leva-tope de mariposa, del mismo tipo del empleado en los carburadores. La leva era colocada por medio de un resorte bimetálico y un elemento eléctrico calentador de temperatura positivo. La fuente eléctrica para el elemento calentador era 7.3 voltios del estrator; el alternador que proporcionaba voltaje únicamente cuando el motor estaba funcionando.

El elemento calefactor fue diseñado para proporcionar el perfil necesario de calentamiento de acuerdo con la temperatura de arranque (motor frío antes de arrancar) y el tiempo después de arrancar, las múltiples posiciones en el perfil de la leva permitían una distribución gradual de la velocidad del motor frío hasta velocidad mínima envolvente, durante el calentamiento. Una segunda característica del control de velocidad de motor frío era la disminución automática de la leva (mínima-rápida) del motor a una velocidad intermedia. Esto se lograba por medio de la señal de vacío de la computadora enviada al motor de paro automático, que movía físicamente la leva de alta velocidad por un tiempo predeterminado después de arrancar el motor.

La característica de control digital interactivo en el sistema fue desarrollada y patentada por la Ford.

EEC-IV.

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 tiene una capacidad de memoria 20% más grande apesar que los chips del circuito integrado eran dos tercios 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 tenía 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 turbo cargado 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.

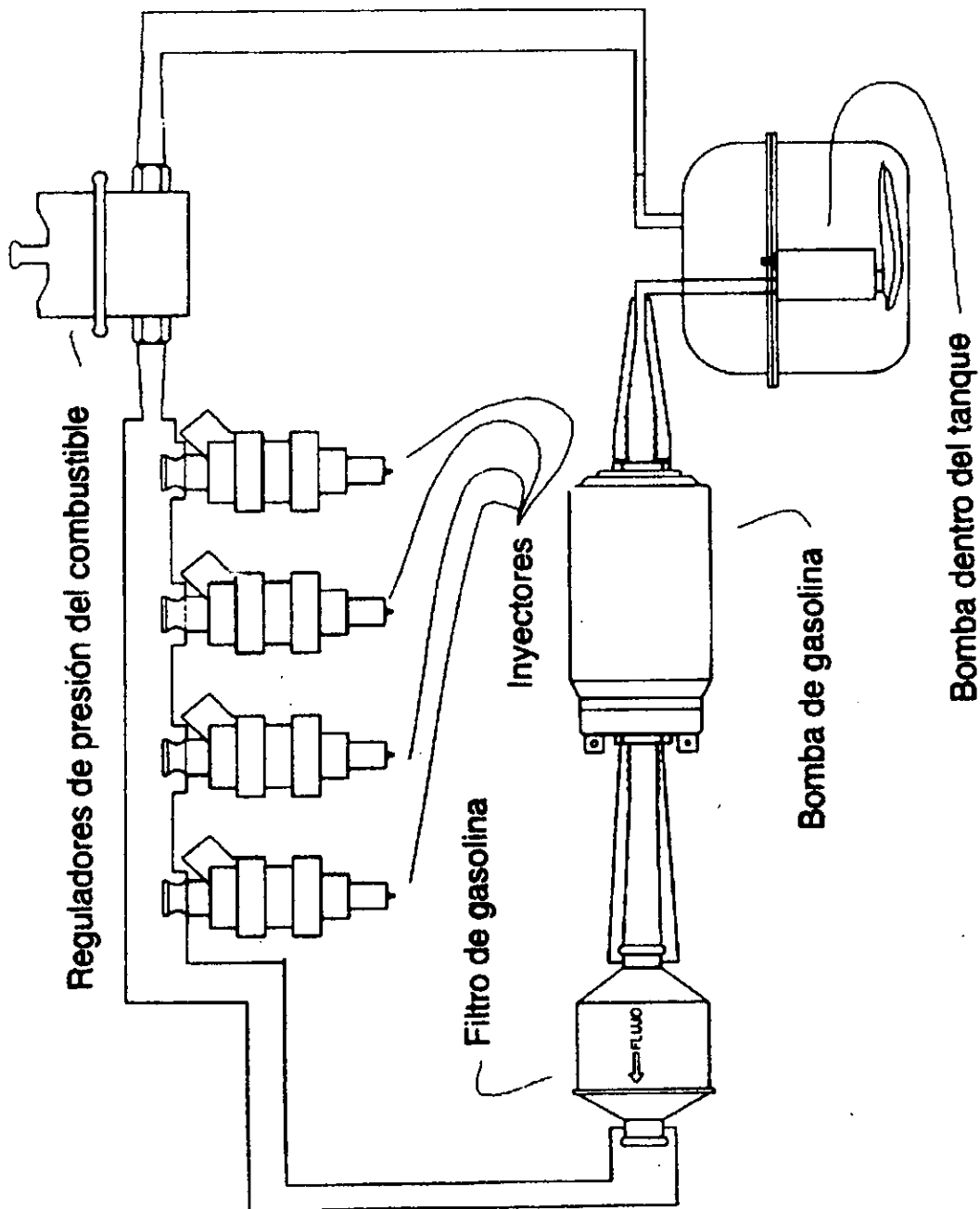
Los inyectores operaban simultáneamente, en pares, una vez en cada revolución del cigüeñal. El EEC-IV también dio origen a conceptos más sofisticados como un control individual de retardo de la chispa basado en el cilindro, control adaptado de flujo de combustible y compensación transitoria del mismo.

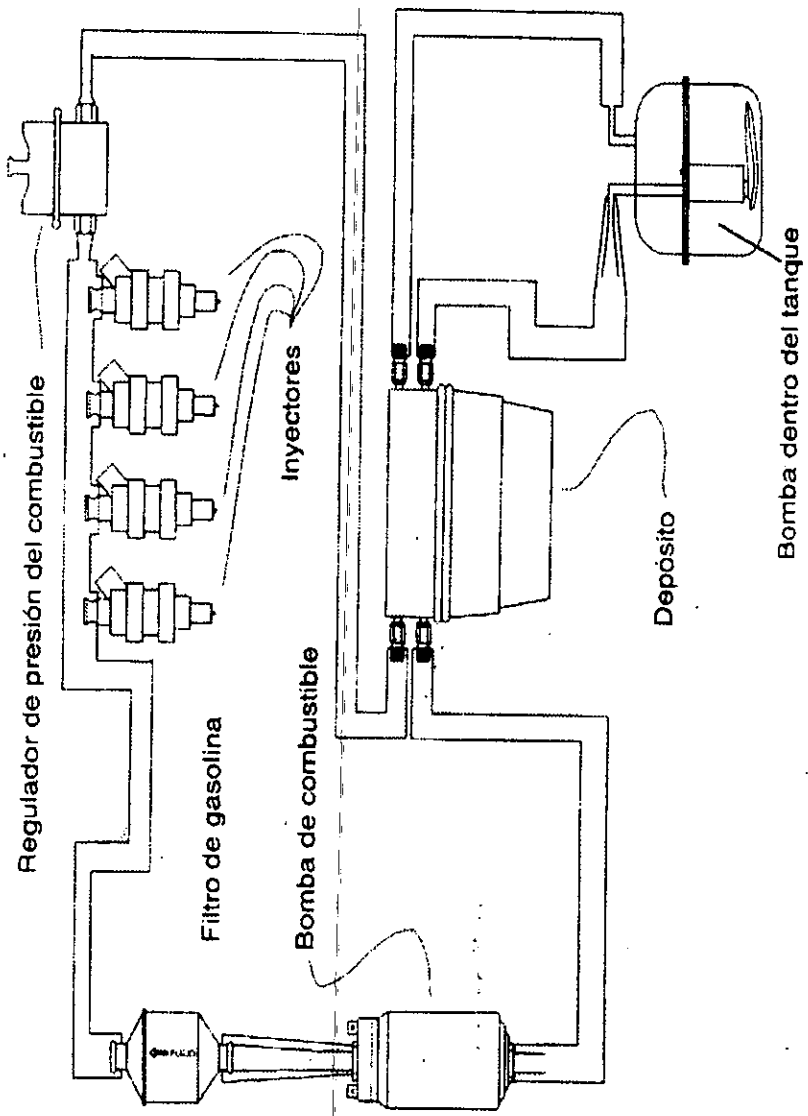
En 1987, la Ford había estandarizado el EEC-IV en todos los motores fabricados en estados unidos, con excepciones, como el motor V-8 de 5.8 litros para uso de la policía, y algunas versiones para camión del mismo motor, que conservaron.

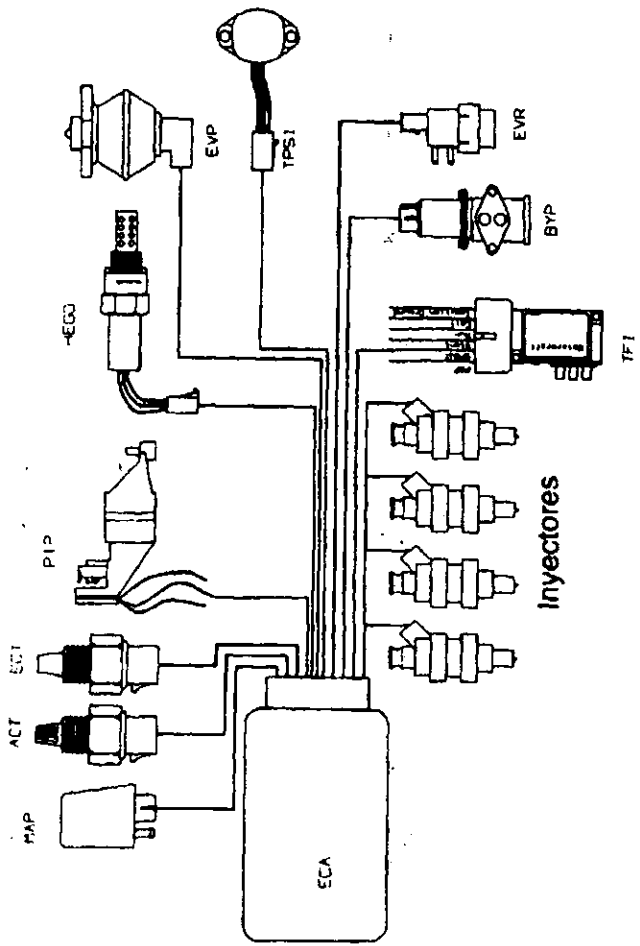
Para 1988, la inyección en puertos múltiples se convirtió en el estándar para el nuevo motor V-6 de 3.8 litros que ofrecía Ford en el Taurus y Mercury Sable, utilizando el módulo de control electrónico EEC-IV. La inyección en varios puertos también se extendió a los motores de cuatro cilindros HSC y 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 utilizado en el Escort, aunque. También se ofreció en este motor la versión de inyección de múltiples puntos. El motor HSC de cuatro cilindros de 2.5 litros para el Tauros de Ford continúa utilizando también la inyección en un solo punto.

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

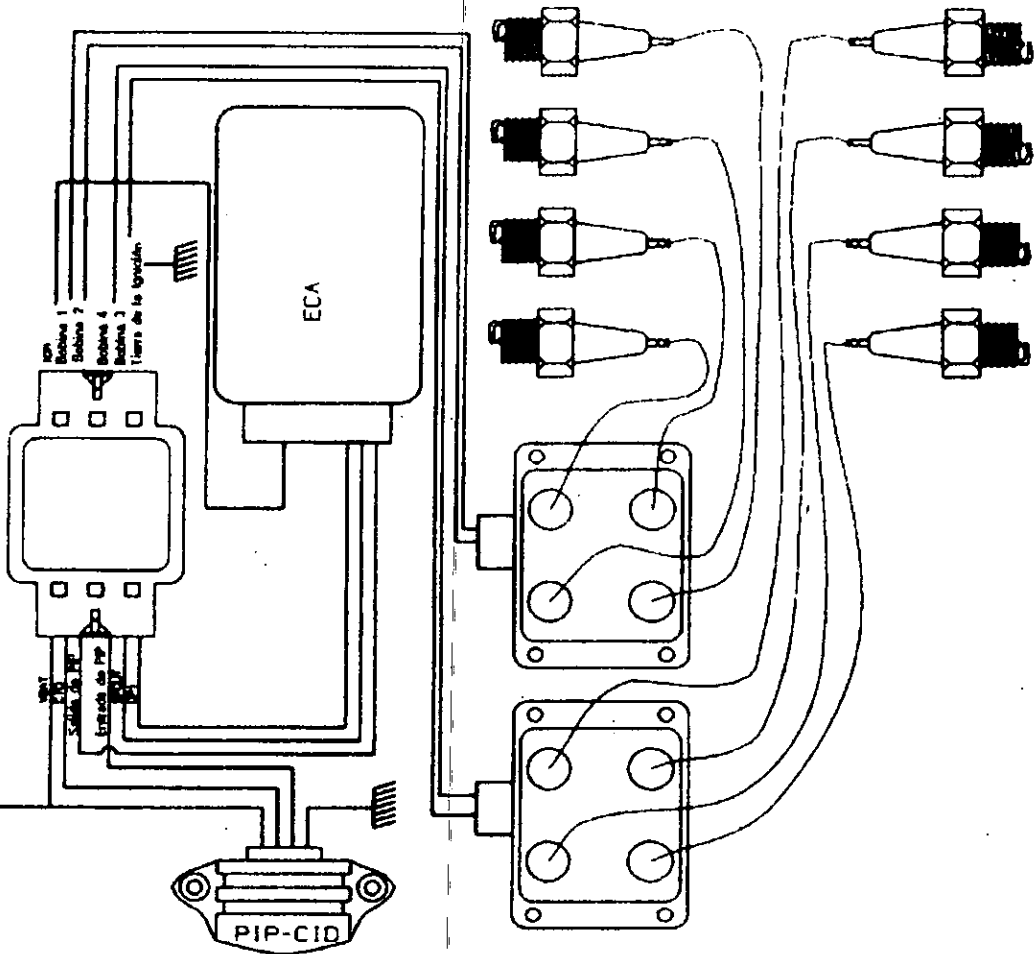
Se desarrolló un sistema secuencial de inyección en varios puntos, en combinación con la recirculación electrónica de onda sónica del gas de escape el termartor controlado electrónicamente, la estabilización del aire de desviación de la velocidad mínima y encendido de película gruesa. Listo para su producción en serie, en 1987, fue adoptado para los motores V-8, de 5 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.







Encendido conmutado



Traectoria de Ecojet de Pierburg.

El Ecojet S de Pierburg actual es un sistema de inyección de un solo punto (múltiple) con control electrónico digital. Anunciado en agosto de 1987, aún no ha sido adoptado como equipo original por ningún fabricante de automóviles. Pierburg es el más grande fabricante de carburadores en Alemania. Anteriormente conocido como Deutsche Vergaser Gesellschaft (DVG), ahora pertenece al grupo Rheinmetall.

Antes que la compañía y todos sus productos fueran conocidos con el nombre de Pierburg, en honor del fundador de la DVG, Alfred Pierburg, los carburadores llevaban las marcas comerciales de Solex y Zenith. Los primeros experimentos de DVG se llevaron a cabo bajo la bandera Zenith.

El primer sistema Zenith, y sus detalles, apareció en 1973, y se le identificó con la letra C. Los dos sistemas precedentes, A y B nunca pasaron de la etapa experimental.

Probablemente fue lo más natural que un fabricante de carburadores ideara un sistema de inyección continua que trabaja a baja precisión en el cual la atomización se inicia dentro de la boquilla del inyector. La amplia experiencia de la empresa con todo tipo de carburadores influyó en su elección de articulaciones mecánicas y conexiones hidráulicas y neumáticas en las que un experto en inyección de combustible utilizaría medios eléctricos o electrónicos.

En el Zenith C, sólo la bomba de alimentación de combustible era eléctrica. Esta bomba extraía el combustible del tanque y lo impulsaba a través de un filtro hasta el regulador de presión.

El regulador de presión constituido por una válvula que nivelaba la presión en la línea hasta un valor constante de 30 a 45 psi (de acuerdo con la instalación) y su línea de salida llegaba directamente a la unidad medidora distribuidora. Esta unidad era el corazón de todo el sistema. Mezclaba el combustible con el aire, de acuerdo con dos dispositivos separados de medición y luego entregaba una mezcla uniforme a un inyector individual para cada puerto de admisión del cilindro.

La traducción de las mediciones de entrada a comandos de salida se centró en un cono excéntrico. Este cono se acoplaba en su husillo para que girase, pero con libertad para moverse axialmente. El cono era desplazado en sentido axial en el eje en proporción directa al movimiento de una bomba de aire, con diafragma impulsada, desde el árbol del motor. La presión del aire desde la bomba servía como medida de velocidad del motor (r.p.m.). Esta presión se canalizaba a un tipo rodante de diafragma en un extremo del husillo del cono desplazándolo contra la carga de un resorte helicoidal en su propio husillo, el cual corría horizontalmente.

La presión de aire se aplicaba en el extremo pequeño del cono y la carga del resorte en el extremo de la base. Un rodillo que corría por la superficie del cono, pero que era mantenido en un arco vertical fijo con una palanca pivoteada, se conservaba en posición elevada por la fuerza del resorte, pero podía descender a menor altura cuando el cono era movido por la fuerza del diafragma. Debido a la excentricidad del cono, su rotación afectaba también la posición de rodillo.

El husillo del cono estaba conectado a la placa de mariposa por medio de un cople mecánico ajustable, que estaba arreglado de forma que diese una indicación de la carga (apertura de la mariposa). El abrir o cerrar la placa de la mariposa producía una rotación en el husillo y junto con él giraba el cono acoplado.

La idea del cono quizá se tomó prestada de Kugelfischer, servía para el mismo fin, es decir, mantener cada posición del rodillo sobre la superficie del cono correspondiente a una combinación específica de la velocidad y carga del motor. En consecuencia, estas dos medidas de entrada se expresarían en un movimiento de un solo plano, el arco vertical, descrito por la palanca de pivote que sostiene el rodillo.

Esta palanca transmitía el mensaje de requerimiento de combustible a una válvula de disco circular montada en el eje mismo del pivote. La caja de la válvula de disco estaba insertada en la línea de combustible. Tenía un puerto de entrada y un puerto de salida, que registraban con el canal en disco. La rotación del mismo movía el canal con relación a los puertos para abrir o restringir el flujo de combustible a través de la válvula.

Desde la válvula de disco (medidor), el flujo de combustible continúa a la sección de distribución de la unidad. Esta consistía en una cámara base con un diafragma y una cámara superior con un número de puertos de salida que correspondían con el número de cilindros del motor.

La línea de combustible entra en la cámara base por el lado superior del diafragma, el cual abría y cerraba una válvula a la entrada de la cámara superior. En contra de la presión de la línea de combustible en el lado superior del diafragma estaba otra fuerza, es decir una presión hidráulica secundaria purgada de la válvula de control de presión.

El movimiento del diafragma (y válvula) se transmitía a un bloque de válvulas en el interior de la cámara superior, que tenía un orificio para cada salida. El desplazamiento de este bloque de válvulas regulaba el tamaño de cada orificio de salida. En consecuencia, el diafragma trabaja como válvula diferencial de presión, cuyo papel era igualar la entrega de combustible a cada inyector.

Cualquier cambio en la carga en el motor producía un cambio transitorio en la caída de presión a través de la válvula de disco. Esto resultaba de inmediato en un

desplazamiento del diafragma del distribuidor, de modo que se restableciera una caída constante de presión.

El sistema incluía una forma de bomba de aceleración, la cual trabaja por medio de una leva descentrada en el husillo del cono. La leva respondía a la apertura de la mariposa causando un súbito incremento en la presión del combustible en el interior de la cámara arriba del diafragma del distribuidor. Eso mantenía abierta la válvula de modo que admitiera más combustible al interior de la válvula del distribuidor.

La boquilla del inyector se colocaba muy cerca detrás de la cabeza de la válvula de entrada, montada en una funda y separada del cuerpo de la boquilla por un espacio abierto arriba de su longitud. La boquilla inyectaba un rocío muy fino a baja presión que comenzaba a atomizarse en el interior de la funda incandescente del inyector (una idea que después adoptó Bosch).

Una conexión abierta entre la boquilla y la boca del venturi de la mariposa proporcionaba atomización al espacio interior de la funda. Esta conexión tenía su efecto máximo durante las condiciones de diferenciales de alta presión, como en velocidad mínima y operación con parte de la carga. Las válvulas del inyector estaban cerradas cuando el motor no estaba trabajando. Una vez que el motor arrancaba, la presión de combustible tenía que superar la carga del resorte en la aguja y una presión modulada de resistencia proporcionaba una línea hidráulica desde el regulador de presión. El sistema incluía también un dispositivo de encendido en frío que consistía en una válvula magnética controlada por un interruptor de termo-tiempo. Esto proporcionaba combustible adicional a la línea detrás de la válvula de disco.

Una válvula de calentamiento aseguraba la disminución gradual del enriquecimiento de la mezcla durante el calentamiento. El espacio cerrado abajo del diafragma, en la cámara baja de la sección de distribución, estaba presurizado en temperaturas normales de operación. Esta presión actuaba para cerrar la válvula de calentamiento en respuesta a un termostato sumergido en el enfriador.

El cierre de la válvula de calentamiento reducía la presión en la cara inferior del diafragma, de modo que admitiera más combustible hasta que el motor alcanzara la temperatura normal de operación. Simultáneamente, giraba la placa de la mariposa para agregar suficiente aire. Esto daba un ajuste de velocidad mínima rápida durante el tiempo que fuera necesario.

Una válvula sin retorno en el puerto de entrada al regulador de presión, aseguraba que el sistema quedase presurizado cuando se apagaba el encendido. Esto evitaba la evaporación y la bolsa de vapor, y facilitaba los arranques en caliente.

El Zenith C daba excelentes resultados en aceleraciones con al mariposa totalmente abierta, pero no era satisfactorio en una variedad de condiciones transitorias en la conducción diaria. En consecuencia tendía a ser utilizado solamente en autos de carrera.

En un intento por superar estas objeciones, Pierburg introdujo el Zenith CL la L en alemán significa Luft (aire), para indicar que este sistema utilizaba dosificación de flujo de aire. Aquí nuevamente Pierburg no copió a Bosch, sino que trató de inventar su propio sistema. No Paso mucho tiempo para que se introdujera el sistema CL que hizo que Bosch comprara una buena cantidad de acciones de Pierburg.

En el Zenith CL, Pierburg eligió poner una aleta en el ducto de admisión, corriente arriba de la placa de la mariposa para monitorear el flujo másico de aire. El ángulo de la aleta se determinaba por la presión diferencial entre el área abierta cerca de la entrada y la depresión creada en la sección entre la aleta y la depresión creada en la sección entre la aleta y la placa de la mariposa. Esta presión diferencial se medía a través de un pequeño agujero en la aleta, la cual tenía perfil en forma de L y pivoteaba en un husillo ubicado abajo del ducto. Estaba cargado por resorte, hacia la posición de cerrado, donde una comba en el ducto proporcionaba una forma simple de derivación para el aire de velocidad mínima, etc.

Un fuelle en el lado hacia adentro de la aleta actuaba como amortiguador en el movimiento de ésta durante las fluctuaciones de flujo reacciones de inercia, etc. Los movimientos de una leva tridimensional, montada en el eje de la aleta, eran tomados por una palanca pivoteada con un rodillo en su extremo libre. Este mecanismo sustituyó al cono que se utiliza en el sistema Zenith C. La leva tridimensional reacciona a los cambios en el flujo másico de aire moviéndose radialmente, pivoteando en su eje.

Ya no había ninguna bomba de aire accionada por el árbol de levas para dar lecturas de r.p.m. por medio de un diafragma. Sin embargo, había una conexión de vacío, desde el múltiple, corriente abajo de la mariposa, directamente a un diafragma sostenido en el eje del rodillo que corría en la pista de la leva. El movimiento de este diafragma desplazaría el rodillo en dirección axial para moverlo a una parte diferente de la superficie de la leva.

El brazo pivote que soportaba el rodillo transmitía su movimiento oscilatorio directamente al pistón, en la unidad medidora. Esto era un nuevo diseño basado en el mismo principio de los puertos deslizantes.

El principio básico que se utilizó para medir y distribuir dependía del control de la presión promedio en la unidad distribuidora, que constaba de un pistón, una camisa y un anillo. El pistón era girado por el brazo pivote mientras la camisa

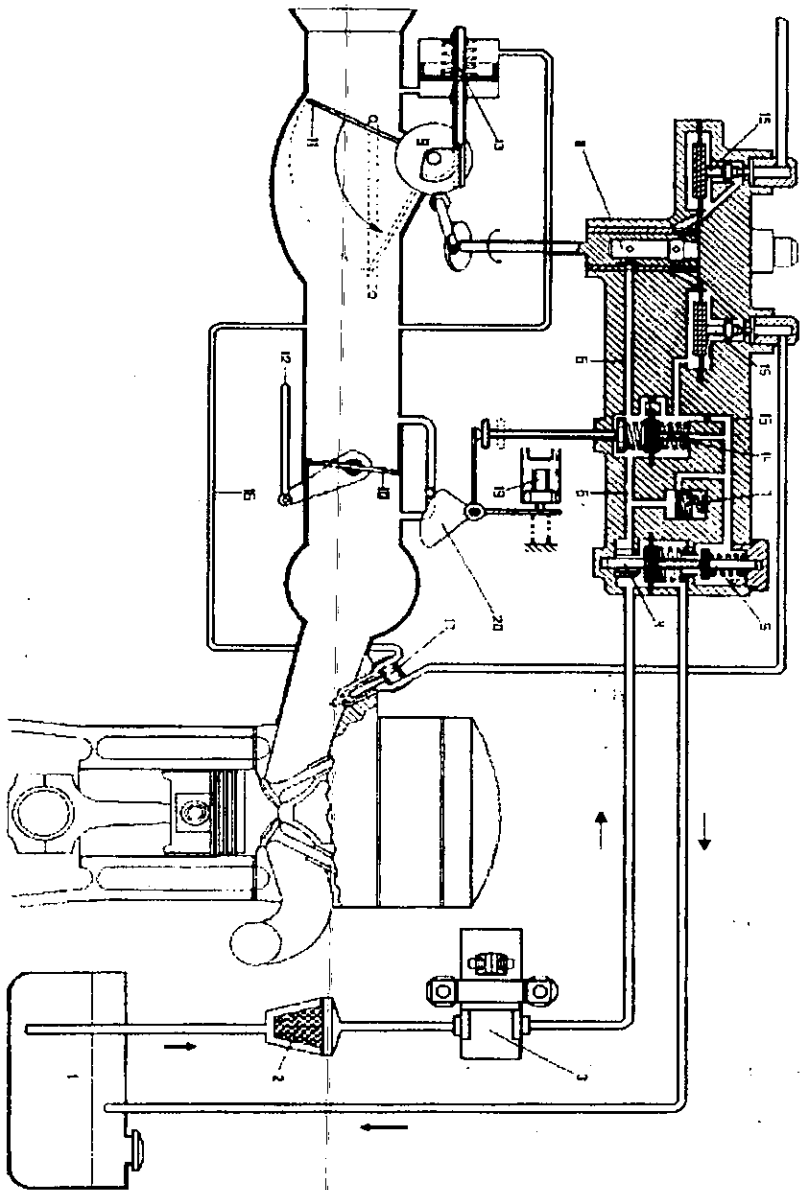
permanecía quieta. Este pistón de control tenía cierto número de ranuras triangulares, una para cada cilindro del motor. La camisa que circulaba al pistón tenía ranuras similares de igual tamaño y número. La rotación del pistón en el interior de la camisa alteraba la sección transversal de las ranuras que se abrían para dejar pasar el combustible, y el área de corte transversal servía para regular la cantidad de combustible que se entregaba a los inyectores.

En 1976, este sistema evolucionó hacia el Zenith DL. Recibía una válvula de arranque separada, que rociaba combustible hacia una comba esférica sobre el múltiple, corriente abajo, desde la mariposa, siempre que una válvula de presión controlada electrónicamente cedía lo suficiente para hacer bajar su presión por abajo de la presión en la línea de combustible, lo cual la abriría.

SISTEMA ZENITH CL

El sistema final de Zenith CL incluía una medición del flujo de aire con una aleta pivoteada colocada corriente arriba de la válvula de mariposa.

- 1.- TANQUE.
- 2.- FILTRO.
- 3.- BOMBA.
- 4.- VALVULA DE RETEN.
- 5.- VALVULA DE RETORNO.
- 6.- LINEA DE SUMINISTRO.
- 7.- VALVULA DE PRESION.
- 8.- DISTRIBUIDOR DE MEDICION.
- 9.- CONO.
- 10.- VALVULA DE MARIPOSA.
- 11.- ALETA PIVOTEADA.
- 12.- ARTICULACION DE LA MARIPOSA.
- 13.- AMPLIFICADOR
- 14.- VALVULA DE PRESIÓN DE CONTROL.
- 15.- VÁLVULA DE PRESIÓN DIFERENCIAL.
- 16.- RESTRICTOR.
- 17.- INYECTOR.
- 18.- LINEA DE AIRE PARA ATOMIZACION.
- 19.- ELEMENTO EXPANSOR.
- 20.- VALVULA SECUNDARIA DE AIRE.



Control electrónico.

En 1977. Pierburg introdujo un sistema de inyección en puerto, de flujo continuo, controlado electrónicamente, para los autos de carreras.

Una bomba accionada electrónicamente extraía el combustible del tanque y lo presurizaba alrededor de 60 psi. Después de filtrarlo, el combustible llegaba a la unidad medidora y era distribuido hacia los inyectores individuales. El combustible excedente era desparramado y regresado a través de una válvula de presión del sistema, una válvula reguladora de presión, y una válvula despresurizadora, hacia el tanque. La unidad medidora contenía un émbolo de rebose articulado con una mariposa principal y un motor eléctrico activado desde la unidad de control electrónico.

Las señales de r.p.m. llegaban a la unidad de control desde el distribuidor de encendido. La unidad de control recibía también la información de la carga, desde la articulación de la mariposa.

Los inyectores tenían boquilla de tipo aguja. Recibían una cantidad pequeña de aire de derivación desde el lado de corriente arriba de la mariposa para asegurar la atomización apropiada durante la operación de carga ligera.

A pesar de las continuas mejoras Pierburg no podía convencer a la industria automotriz de que adquiriese ya sea CL o el DL como equipo original, o como opción para la producción normal en serie. Durante los años en que desarrollo el CL y el DL, Pierburg también jugó con los carburadores electrónico y comenzó el trabajo de desarrollo de un sistema de inyección en un solo punto para competir con Monojetronic de Bosch. A la larga, todos los esfuerzos de Pierburg se dirigieron al sistema de inyección en un solo punto de costo mas bajo.

Ecojet S

A principios de 1980, Pierburg se puso en contacto con los fabricantes europeos de automóviles, para mostrar su sistema de inyección de combustible EL. Desde su exterior, tenía la apariencia de un carburador. De hecho tenía mucho en común con el carburador de válvula de aire, inclusive un pistón amortiguado con aceite que ajustaba su posición en un cilindro de acuerdo con el vacío del múltiple. La medición del combustible se logra por medio del mismo tipo de dispositivos que se usaron en el Zenith DL, aunque la boquilla tenía dimensiones diferentes e incluía un paso para que la atomización del aire entrara a la camisa exterior.

La S en Ecojet significa "un solo punto". El sistema se construyó en torno al concepto de la formación de una mezcla central con una indicación indirecta del flujo de aire. La unidad de control digital está programada para dos criterios

principales: el ángulo de la placa de mariposa y las r.p.m.(con una proporción estequiométrica de aire/combustible).

Con base en la entrada que se recibía, la unidad de control determina no solo la cantidad de combustible, sino también la sincronización de la chispa. La entrada incluye la temperatura del enfriador, la temperatura del múltiple, la temperatura ambiente, el vacío del múltiple, la velocidad del motor (r.p.m.) el ángulo de la placa de mariposa (carga) y la señal Lambda-Sond.

La bobina de encendido esta conectada al circuito de control electrónico que selecciona la sincronización de la chispa con base en la carga, frente a la velocidad modificada por la baja temperatura y la altitud.

Los componentes en gran parte eran herencia del sistema EL. El flujo de combustible comienza con una bomba de alimentación y filtro y continúa hasta la unidad mezcladora con la boquilla del inyector, regulador de presión, válvula de mariposa, potenciómetro, Lambda-Sond, sensor de presión y la unidad de control electrónico, con su microprocesador de 8 bits.

El Ecojet S trabaja con inyección intermitente, no continua. El regulador de presión la mantiene constante en todo el sistema. La válvula del inyector abre de acuerdo con los pulsos basados en la velocidad, dirigidos por la unidad de control; la cantidad de combustible por carrera de encendido, varia al alterar la duración de la apertura de válvula del inyector. El enriquecimiento del combustible para arranque en frío se determina con los datos que se reciben de los tres sensores de temperatura, modificados por el requerimiento de velocidad del motor, para la operación normal durante la fase de calentado. El sobre enriquecimiento después de parar, se evita con un interruptor de termo-tiempo.

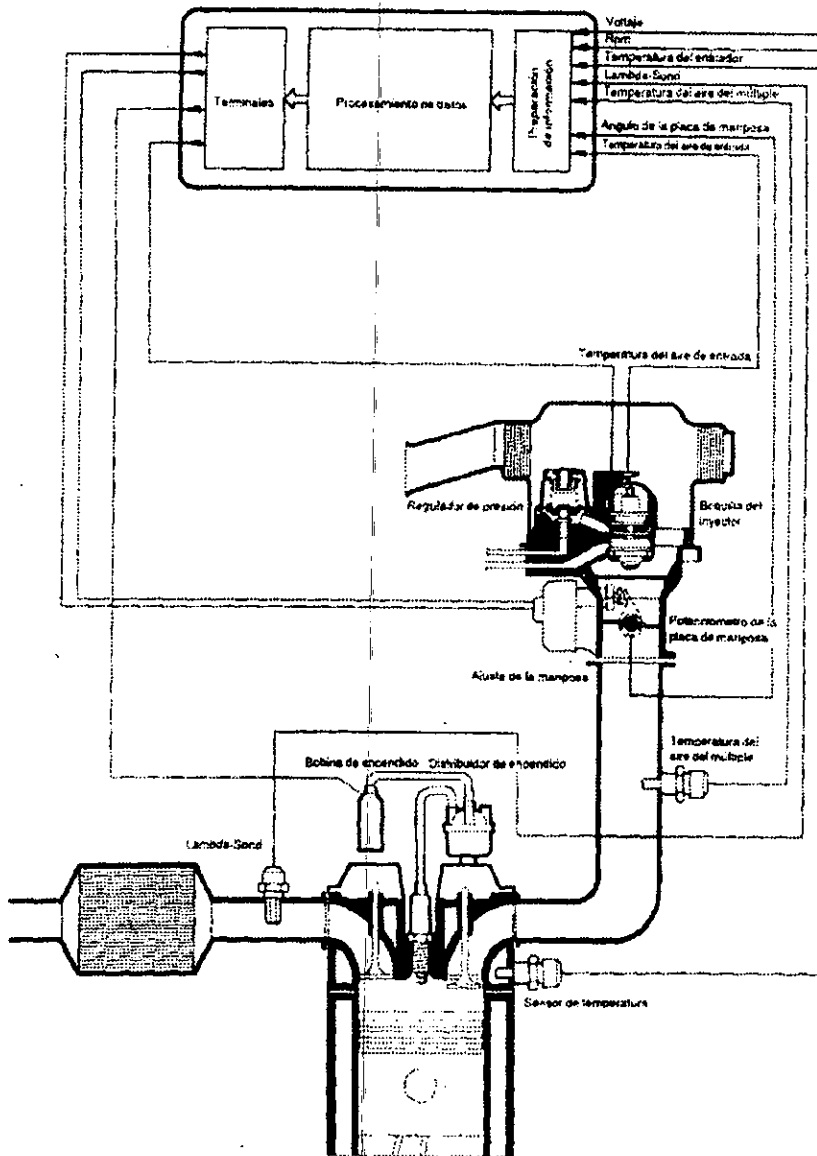
La velocidad mínima rápida se determina por medio de un solenoide conectado a la unidad de control. Este solenoide ajusta a la placa de mariposa a un ángulo suficientemente alto como para admitir un volumen suficiente de aire a una temperatura en particular. Después de calentar, la velocidad mínima se estabiliza con base en la temperatura y se compensa en forma automática para las cargas parásitas externas (acondicionamiento de aire, transmisión automática, etc.). El enriquecimiento para la aceleración se somete a intrincados cálculos que toman en cuenta la velocidad y temperatura del motor así como la abertura de la mariposa.

El enriquecimiento de carga completa se proporciona de acuerdo con el ángulo de placa de mariposa y la entrada de Lambda-Sond. Esto último tiende a minimizar el gasto de combustible, así como mantener bajos niveles de emisión. Para restringir las emisiones en los súbitos cierres de la mariposa, se coloca un amortiguador en la articulación de la mariposa. El amortiguador disminuye la

velocidad de cierre de acuerdo con las r.p.m., al momento en que el pedal del acelerador se libera y el ángulo de la placa de la mariposa sube en ese momento.

Se asegura el empobrecimiento automático de la mezcla en una mariposa que esta rastreando, porque se cierra el paso de combustible durante la propulsión por gravedad o al frenar el motor, se aseguran las transiciones suaves con el retén de tiempo, que impone una demora con base en la velocidad del motor gradientes de r.p.m. (velocidad de ascenso o de caída), y temperatura del motor (enfriador y múltiple).

Esquema para el Ecojet S (ver pagina 246.)



La marca Weber.

Weber, era considerado el más grande fabricante de carburadores en toda Europa, estuvo observando el avance de la inyección por muchos años. El pulso de Weber latió más rápido cuando Ferrari comenzó a probar en 1961, la inyección directa de combustible en sus motores V-6 de Fórmula Uno, de 1550 cc, y presentó los nuevos sistemas de carburador. Pero el recto aún estaba ahí, en 1969 Weber había desarrollado el sistema mecánico de inyección de combustible, tipo puerto, para el motor de carreras Ferrari, de tres litros.

La compañía Weber en Bologna pasó a ser propiedad de Fiat en 1951. Fiat controla también a Magneti Marelli, fabricante de sistemas de encendido y otros equipos eléctricos, Marelli produjo el sistema de encendido electrónico que era equipo estándar en el Fiat Dino de 1967-1969.

En asociación con Magneti Marelli y los laboratorios de investigación de Fiat, Weber comenzó a experimentar con la inyección electrónica de combustible en 1972, utilizando también la tecnología analógica de la computadora.

En 1977, se revelaron los detalles de un sistema experimental. Utilizaba un medidor ultrasónico del flujo de aire inventado por R. Rinolfi del centro de investigación de Fiat y un microprocesador digital desarrollado por los magos de la electrónica de Marelli.

La medición de combustible se calculó en base a las señales que provenían de un sensor de velocidad en el motor, el sensor de carrera del motor (fase), transductor de presión, transductor de temperatura del enfriador y el medidor ultrasónico del flujo de aire, que era el único componente verdaderamente inusual en el sistema.

El medidor de flujo fue desarrollado con el propósito de poder medir la masa de aire que se admitía al motor en cada carrera (una carrera es igual a media revolución). Su cuerpo estaba hecho como un ducto con una sección circular. Dos micrófonos piezoeléctricos estaban montados en puntos fijos a lo largo de su eje. El ducto de entrada al medidor de flujo estaba equipado con aletas-guía para mantener un flujo laminar a través del ducto medidor y obtener la exactitud máxima. Los micrófonos estaban montados en soportes de forma aerodinámica, diseñados para causar el mínimo estorbo en el área del flujo durante su medición.

Cuando se excitaban en un paso en el voltaje suministrado por el circuito de control, los micrófonos emitían energía ultrasónica. La amplitud máxima de la onda ultrasónica ajustada de este modo correspondía a la frecuencia natural de los micrófonos, que era aproximadamente de 300, 000 Hertz (ciclos por segundo). En el momento en que se detenía la emisión ultrasónica de energía, los micrófonos empezaban a funcionar como receptores para las ondas de uno y del otro.

Las dos ondas ultrasónicas eran emitidas simultáneamente, cada milisegundo. La demora relativa entre los momentos de recepción en los micrófonos opuestos, o dicho en otras palabras, la diferencia en el tiempo que transcurría entre el desplazamiento de las dos ondas, proporcionaba información con la cual podía calcularse con exactitud la velocidad del aire. Comparando la señal de velocidad con la presión y temperatura, se podía expresar la onda, una medida de flujo masivo de aire.

Corriente abajo del ducto del medidor esta un filtro acústico, que tenía por tarea proteger los componentes de las perturbaciones sonoras que emanaban del motor. Las pruebas del medidor de flujo demostraron que la unidad podía medir con exactitud (dentro de un margen de error de 1%) las masas de flujo a través de una gama de 0.02 hasta 0.4 libras por segundo con velocidades que variaban entre 4.5 7 165 pies por segundo.

El error se atribuía a las condiciones de la capa límite a través de la sección medida del ducto. La temperatura del aire ambiente no afectaba al patrón de flujo ni la formación de la onda.

El circuito de control recibía las señales de tiempo, que eran amplificadas, luego filtradas, y finalmente alimentadas a los circuitos de comparación lógica, del cual emergían transformadas en onda electrónica cuadrada de longitud específica, proporcional al flujo de aire.

En una segunda etapa, esta onda era procesada más y comparada con entradas provenientes de otros transductores. La salida resultante indicaba el flujo de aire durante una carrera sencilla del motor. Los datos requeridos de la comparación eran suministrados desde los sensores de la velocidad del motor y de la carrera.

El sensor de velocidad del motor era una bobina de inducción que percibían la frecuencia de impulso de las terminales magnéticas unidas a un volante. El sensor de carrera era un dispositivo analógico que emitía un pulso cada vez que detectaba el paso de una marca de referencia sobre el árbol de levas.

Esta marca indicaba que el pistón en el cilindro número uno estaba en el punto muerto superior, lo cual daba a la unidad de control una referencia de las posiciones del pistón, en todos los otros cilindros (a tomar en cuenta las señales de r.p.m.). Las señales del sensor de r.p.m. y el sensor de carrera eran alimentadas a un bloque preprocesador que las convertía en la información básica para sincronizar el sistema completo.

Todos los datos de entrada eran traducidos al código binario antes de entrar en registros especiales donde el microprocesador podía leerlos.

El microprocesador era un computador digital capaz de manejar palabras de ocho bits. Tenía dos memorias separadas, una de sólo lectura programable (PROM) y otra de acceso libre (RAM).

El PROM contenía las instrucciones del programa de control y el RAM almacenaba las variables de entrada que indicaban las condiciones instantáneas del funcionamiento del motor. Las señales de salidas del módulo de control determinaban, tanto el avance de la chispa como la duración de la abertura de las válvulas del inyector.

El combustible era extraído del tanque por medio de una bomba alimentadora electrónica, y era empujado a través de un filtro y alimentado a la válvula reguladora de presión. El aire entraba al medidor electrónico de flujo directamente del purificador de aire y fluía a la válvula de mariposa. Los inyectores estaban montados en los puertos de admisión, que sincronizaban la distribución a través de las válvulas electromagnéticas cuando se dirigía desde la unidad de control.

Los experimentos de Fiat con este sistema, se prolongaron por dieciocho meses de 1978 a 1979, y tenían como finalidad principal reducir los niveles de emisión manteniendo una proporción estrictamente constante de aire/combustible (ayudados por un sensor de oxígeno Lambda-Sond). La experiencia era valiosa: Después de un análisis inicial de los resultados, Weber comenzó un programa de definición, para un modelo del sistema de inyección a producirse en serie en 1980.

Todo prosperó y dio por resultado un programa de desarrollo en gran escala conducido por el Director de Ingeniería Avanzada de Wever, Valerio Bianchi. El programa contaba con un presupuesto generoso y un personal que comenzó con treinta y cinco ingenieros y técnicos, y gradualmente fue aumentado hasta ochenta personas.

En la etapa de concepto, el costo era uno de los siete criterios que debían considerarse y compararse, contra otros seis como: potencia y par, confiabilidad, conductibilidad y la capacidad de operar cuando había un defecto. Weber buscaba la superioridad en un número máximo de áreas, y el análisis apuntaba directamente a una meta: la inyección sincronizada, secuencial en varios puntos, que incluía la correlación de control del encendido entre la medición del combustible y la sincronización de la chispa, para constituir un sistema completo de control del motor, y no sólo algo con qué sustituir al carburador.

Durante la fase de desarrollo, los ingenieros de Weber descubrieron que las dificultades principales no se centaban en el equipo electrónico, sino en encontrar sensores confiables, exactos y de respuesta rápida. Otro aspecto del desarrollo que demandaba considerable tiempo era el de un inyector electromagnético que fuese capaz de abrir y cerrar en menos de un milisegundo.

Gradualmente, fue tomando forma un sistema más que satisfactorio. Después de su bautizo de fuego en los autos de carreras del Grupo C, marca Lancia de 1983, fue adoptado por el nuevo GT Turbo de Ferrari en 1984.

Weber llamó a su sistema "Secuencia de fases" porque el microprocesador pone la secuencia bajo un control separado a partir de la medición. El control de secuencia depende del número de cilindros, mientras que el control de medición está vinculado a la capacidad del sistema para sus variaciones en la sincronización.

El período básico de inyección se calcula a partir de la información sobre la presión absoluta del múltiple, temperatura del aire en el mismo y velocidad del motor. Se modifica de acuerdo con la necesidad, con las entradas de otros sensores, como la temperatura del enfriador durante el calentamiento, aceleración (posición de la mariposa y presión/derivativa del múltiple) desaceleración (posición de la mariposa y velocidad del motor) y arranque (tiempo transcurrido desde la desconexión y temperatura del enfriador).

Con la velocidad y la exactitud como metas principales, Weber no cesaba en su búsqueda de un tipo superior de flujo de aire. Con algunas dudas en relación a ciertos aspectos del medidor ultrasónico del flujo de aire de interés científico, desarrolladas por Fiat y Marelli, Weber exploró instrumentos más sencillos utilizando mediciones de velocidad-densidad, para lograr una lectura precisa de presión absoluta en el múltiple. Tal dispositivo era parte del sistema que utilizaron los autos de carreras Lancia en 1983.

En el sistema de producción en serie, el medidor de flujo de aire se inserta en el extremo del múltiple del ducto de aire fresco del purificador. En el interior del sensor, el efecto piezorresistivo de los elementos depositados por la técnica de película gruesa, asegura una información rápida sobre los cambios de presión.

La detección de un cambio en las condiciones de operación, la alimentación de aire fresco al microprocesador, el procesamiento de la información proveniente de todos los sensores y la emisión de nuevas órdenes se lleva a cabo en un solo ciclo del motor. En un motor de cuatro cilindros, eso significa media revolución. Si el motor está funcionando a 3000 r.p.m., eso corresponde a 0.1 milisegundos.

Con este método para medir la presión del múltiple, Weber obtiene también información de la eficiencia volumétrica del motor. Estos datos se almacenan en la memoria del microprocesador como funciones de revolución y carga, y por tanto sirven para hacer un ajuste a la medición de combustible y el sistema Weber es totalmente compatible. Y el sistema Weber es totalmente compatible con las funciones adicionales como la estabilización automática de la velocidad mínima y el ajuste de proporción de aire/combustible en lazo cerrado.

La comparación del sistema Weber con el Sistema Monotronic de Bosch es que los dos sistemas emergieron debido a diferentes condiciones, Bosch ya tenía años de experiencia con la inyección electrónica y en el encendido, antes de combinarlos, mientras que Weber no tenía ninguna. La existencia de una fábrica industrial específica en las plantas de Bosch puede haber influido en la composición del sistema Monotronic; para Weber y Marelli todo el equipo de fabricación tenía que ser nuevo.

Finalmente, había una diferencia en cuanto a la mentalidad. Monotronic nació a través de una estrecha cooperación con BMW, que nunca vaciló en informar a sus proveedores que sus objetivos de precios. Por el contrario, Weber podía seleccionar con relativa libertad los principios teóricamente ideales en relación a las condiciones de costos.

A pesar de tener el control digital en el Monotronic, que es fácilmente adaptable a la inyección en secuencia, Bosch dispuso las válvulas del inyector en paralelo, de modo que abrieran y cerraran todas al mismo tiempo, sin importar el orden de encendido. Porque daba la posibilidad de que podría miniaturizar la conmutación electrónica.

Como resultado, hay variaciones de cilindro a cilindro en el tiempo de permanencia del combustible inyectado en cada puerto. Para contrarrestar esto, los inyectores se ajustan para medir la cantidad en dos porciones: la mitad de la cantidad dos veces durante cada revolución del árbol de levas. De este modo, Bosch evita cualquier relación fija entre el ángulo de leva y el momento de la inyección, lo cual permite el disparo de la inyección en el interruptor de contacto de encendido.

Las ventajas que tiene el sistema Weber sobre el Bosch depende de las variaciones de un auto a otro. Sin embargo, en los ciclos para probar el consumo de combustible, el sistema Weber le ganaba al Monotronic por márgenes de 0.2 hasta 0.7 litros por 100 Km. (0.007 hasta 0.025 libras por milla) a velocidades de 90 y 120 Kph (56 y 74.5 mph). Esto significa una diferencia promedio de 2.3 millas por galón (33.6 en vez de 31.3) en favor de Weber.

Lancia escogió el sistema de inyección de combustible para el auto rally Delta S.4 que ganó el campamento mundial en 1985. El Delta S.4 tiene un motor de cuatro cilindros de 1.8 litros, de leva gemela que produce más de 400 HP (bajo el impulso de un supercargado de dos etapas (ventilador de Rotos más turbo) e interenfriado de aire).

En 1986, la inyección de combustible Weber llegó a ser equipo estándar para el Lancia Delta GT es decir, accionado por una versión de un motor de 1.6 litros, de levas gemelas de 108 HP y en 1988, Una versión turbocargada de 2 litros con

interenfriamiento, clasificado en 1985 HP, se utilizó en el Lancia Delta HF 4WD (transmisión en las cuatro ruedas).

Ford adoptó la inyección de combustible de Weber para su Sierra RS Cosword modelo 1986, movido por motor de cuatro cilindro, dos litros, turbo cargado, de dieciséis válvulas. Aston Martín escogió el sistema de Weber para su nuevo Coupé con carrocería Zagato, que se dio a conocer en marzo de 1986, movido por un motor V-8 de cuatro árboles de 5.2 litros y clasificado en 432 HP. El mismo motor básico equipado con cuatro carburadores de dos gargantas de aspiración invertida producían 306 HP. El motor de inyección de Weber se extendió al motor V-8 de 1986 Saloon, Volante convertible y la limosina Lagonda de cuatro puertas.

Para el Ferrari F-40, que apareció por primera vez en septiembre de 1987, Weber contribuyó con un sistema de inyección con refinamientos adicionales. El motor V-8 de tres litros tiene cuatro válvulas por cilindro, en consecuencia, Weber puso una boquilla inyectora en cada puerto de entrada (dieciséis en total).

El refuerzo de la turbocarga se coordina con la medición del combustible y sincronización de la chispa, por medio de una válvula de derivación y las señales de presión de turbocarga alimentadas a la unidad de control electrónico, se utilizan en los cálculos de medición de combustible. Con una compresión interna de 7.8:1 y Turbocargadores IHI gemelos (industrias Pesadas Ishikawajima-Harima), más el interenfriamiento aireaire, esta unidad entrega 478 HP a 7000 r.p.m. con un par máximo de 577 Nm a 4000 r.p.m.. La velocidad máxima es aproximadamente de 320 kph (más de 200 mph) y la aceleración de cero a 3,200 kph (124.3 mph) se alcanza en sólo 12 segundos.

Inyección Solex en un solo punto.

A partir de julio de 1986, Solex se asoció con Weber, ambos miembros de un grupo industrial de propiedad de la Fiat (65%) y Matra (35%). El grupo incluye también a Veglia-Borletti y Jaeger (instrumentos). Antes de julio de 1986, Solex y Weber trabajaban en forma independiente tanto en el sistema de inyección en un solo punto como en la inyección de varios puntos a concentrado en el sistema de inyección en un solo punto, mientras Weber decidió no adelantarse más en esa dirección.

Weber presentó su primer sistema de inyección en un solo punto a la prensa técnica en noviembre de 1984. Era un concepto muy sencillo, combinado con la unidad de control electrónico para el sistema de encendido. Las dos entradas básicas para calcular la cantidad de combustible a inyectar eran la velocidad del motor (r.p.m.) y la posición de la placa de mariposa (carga). La medición se corregía con los datos sobre el aire ambiente y la temperatura del enfriador.

El sistema de Weber nunca fue utilizado en automóviles de producción en serie en su forma original, sino que Fiat lo adoptó en una versión de bajo costo, desarrollada por su oficina en los EE.UU., en Detroit. La General Motors aceptó cooperar, y el resultado fue un sistema basado en un cuerpo de mariposa Weber con una boquilla inyectora Rochester. La unidad de control fue fabricada por Delco Electronic, los sensores, por Borletti y la bomba de combustible, por AC Delco. Esto se combinó con el encendido electrónico de Marelli y se adaptó al Fiat Regata 100S como equipo estándar, a partir de junio de 1986.

En 1985, Solex dio a conocer su primera generación del sistema de inyección en un solo punto en la exhibición de Equip-Auto en París. La compañía esperaba atraer negocios con base en las nuevas y más estrictas normas de control de emisiones en varios mercados europeos (Suecia, Suiza y Alemania alentarían el uso de la gasolina sin plomo y los convertidores catalíticos; Francia e Italia se opusieron a las normas y a los dispositivos).

En términos de principios de operación y equipo hardware, Solex no se apartó de las estrechas líneas trazadas por Bendix, pero el personal de Solex se dedicó a desarrollar un nuevo y original software para controlar su sistema de inyección.

El sistema Solex se construyó en torno a un cuerpo de mariposa con una boquilla inyectora única. El cuerpo de mariposa contenía el potenciómetro del ángulo de placa de la mariposa, el regulador de presión del combustible y una derivación auxiliar de aire.

Una bomba de combustible a baja presión (10 psi) ubicada en el interior del tanque, aseguraba un suministro continuo de gasolina. La unidad de control electrónica recibía las señales de entrada en relación a la velocidad del motor, al aire ambiente y la temperatura del enfriador del aire y la presión del combustible. Tenía también un suministro para la retroalimentación en lazo cerrado (Lambda-Sond) sobre la información del contenido de oxígeno del gas de escape. Las señales de salida medían la cantidad de combustible que debía inyectarse y sincronizaba la chispa de acuerdo con las condiciones.

Solex desarrolló además su propio software para controlar el volumen de aire en velocidad mínima (estabilización de velocidad mínima) y funciones específicas de anticontaminación como control de velocidad de desaceleración del motor r.p.m., cuando se suelta el acelerador súbitamente (amortiguador). También incorporó los circuitos de combustible con filtros para control de evaporación.

En la Feria del Automóvil en París, en octubre de 1986, Solex dio a conocer una probable fecha de entrega " a fines de 1988 " para la producción en serie de sus sistemas, pero suministraron los juegos experimentales a la industria automotriz antes de fines de 1987.

El futuro del control de la mezcla de combustible

Los grandes progresos alcanzados en los últimos doce o quince años han sido tan enormes que hemos llegado a una plataforma donde se dispone ya de tecnologías avanzadas, pero sus posibles nexos son los sistemas de combustible existen sólo en la bruma de una sociedad tecnológica. Necesitamos contar con metas más definidas que las actuales, antes que obtengamos una lectura confiable de la brújula hacia la dirección en la que podamos y queramos lograr ventajas tangibles.

Nuestra visión del futuro se limita a un estudio de las ideas que todavía encuentran opositores en los laboratorios, esperando a que llegue su momento, lo que podría conducirnos a conclusiones tentativas con respecto a las tendencias técnicas.

Las tendencias de manufactura y mercadotecnia están sujetas completamente a diferentes leyes. Dependen más de los sucesos económicos y políticos que de un descubrimiento importante en materiales de construcción, química del combustible, electrónica, robótica o física pura.

Por ejemplo, el precio que el dueño de un auto está dispuesto a pagar por un sistema de combustible más eficiente, dependerá del suministro del combustible (lo cual dicta la política del petróleo crudo) y el costo de los combustibles alternativos, lo cual puede requerir grandes diferencias en la metodología y equipo para preparar la mezcla.

Además, la legislación es y seguirá siendo una importante influencia en cualquier cosa que se incluya en nuestros futuros autos. Los cambios que resulten pueden llegar a ser radicales; sean ustedes testigos, por ejemplo, del cambio al gas en Brasil y al mismo tiempo la gran reserva de combustible diesel para vehículos comerciales.

La exposición siguiente ignora estos factores y se concentra en las posibilidades tecnológicas.

Complejidad bajo el sol naciente

Toyota estuvo experimentando con motores que queman una mezcla pobre desde 1972, pero no fue sino hasta 1984 en que dio a conocer la existencia de una versión con inyección de combustible, el motor 4A-ELU con desplazamiento de 1987 cc. Este motor estaba equipado con un catalizador de tres vías y una retroalimentación de lazo cerrado, que podía economizar hasta un 22% de la cantidad de la gasolina quemada por la versión estándar del mismo motor (en el mismo vehículo, en los ciclos de prueba de Estados Unidos). La lógica de control se dispuso de modo que proporcionase una relación aire - combustible de 15.5:1 en velocidad mínima y 16:1 en r.p.m. máxima. A velocidad constante, la mezcla se empobrecía hasta 21.5:1.

En el período de 1979-80, Toyota experimentó con nuevos conceptos en software a fin de obtener una lógica de control asíncrono para los sistemas D-Jetronic y L-Jetronic, adaptados al motor de seis cilindros de dos litros. La idea adyacente era utilizar circuitos de compensación y adaptables juntamente con la sincronización de la chispa para reducir al mínimo las fluctuaciones del par (torque).

En funcionamiento normal, todas las válvulas inyectoras eran operadas simultáneamente en el inicio de la carrera de admisión en los cilindros uno y seis. Además, todas las válvulas inyectoras podían funcionar en forma asíncrona una señal de aceleración. El pulso de inyección de combustibles determinó con la velocidad del motor y la presión del múltiple (D-Jetronic) o el flujo de aire (L-Jetronic) modificado por las condiciones de calentamiento, transistorias y retroalimentación.

En el sistema se incluía el EGR y control de velocidad mínima. Una válvula eléctrica conmutadora de vacío era controlada por una válvula neumática de EGR, como función de presión del múltiple y r.p.m.. Una válvula auxiliar de aire, accionada eléctricamente controlaba la velocidad mínima, su tarea era modular la cantidad de aire en la desviación en proporción al ancho del pulso dictada por la unidad de control. No solo servía para mantener una velocidad mínima constante durante el calentamiento sino que actuaban también como amortiguador y dispositivo de mínima-rápida.

En su forma original, el sistema no resultó efectivo para controlar las fluctuaciones de par (torque) y dio un pobre factor de conversión en el catalizador de tres vías. Un sistema modificado en que todos los inyectores son accionados simultáneamente cuando se abre la válvula de mariposa, fue la solución para estos problemas, lo suficiente para satisfacer a los investigadores.

Nissan anunció su ECCS (electrónico concentrated engine control system) en 1980. Cuando se aplicó al motor de seis cilindros, de 2.8 litros, produjo una caída

en el consumo de combustible de 7 a 10% satisfaciendo con esto las normas de control contemporáneas emisiones de Japón, California y cuarenta y nueve estados de la Unión Americana.

Básicamente el ECCS era un sistema microprocesador para controlar la producción aire-combustible, sincronización de la chispa y la velocidad mínima. Utilizando un L-Jetronic como base, los inyectores de la Nissan agregaron una válvula modeladora de vacío para controlar el EGR y una válvula auxiliar de aire. El combustible se inyectaba una vez por cada revolución del cigüeñal, con el enriquecimiento de aceleración asegurado por una inyección adicional. Se eliminó del distribuidor el mecanismo de avance de la chispa, y la bobina de encendido obteniendo la corriente para su base de la unidad de control.

La lógica se dispuso de modo que cuando las emisiones de NOx (óxidos de nitrógeno) se quemaban dentro de niveles tolerables, la sincronización de la chispa y la velocidad de EGR se optimizaban para proporcionar la máxima economía de combustible, en condiciones normales, EGR proporcionaba el medio principal para controlar los NOx pero operando a alta velocidad, bajo carga pesada las emisiones de NOx se restringen modificando las sincronización de la chispa y la proporción aire-combustible, para la máxima eficiencia del catalizador.

Toyota dio a conocer su sistema de inyección en un solo punto de CI (inyección central) en el otoño de 1985. Para asegurar la combustión con mezcla pobre, utilizaba una inyección a alta presión (36 psi) y puertos helicoidales de admisión con válvulas de control de remolino.

La razón que sustentaba la elección del sistema de alta presión era el deseo de obtener la atomización apropiada de combustible en un mínimo de tiempo. El inyector estaba colocado arriba de la placa de mariposa, desentrado del eje de la garganta. Tenía una boquilla que proporcionaba un ángulo estrecho del rociado de combustible que tendía a reducir al mínimo la humidificación de la pared.

Los ingenieros de la Toyota proclamaron que su sistema alejaba hasta el máximo la falla de encendido con mezcla pobre. Durante la aceleración normal, el sistema funcionaba con mezcla estequiométrica (14.7 partes de aire por una parte de gasolina). Para una aceleración o con la mariposa totalmente abierta y operando a máxima velocidad, la mezcla se enriquecía hasta 12 o 13:1. Pero en velocidad de cruce, en desaceleración y velocidad mínima, el sistema proporcionaba una mezcla pobre con proporciones aire-combustible entre 16 y 24:1.

Las unidades de control recibían información de entrada al abrir la mariposa, la presión del múltiple de admisión, r.p.m. y velocidad del vehículo, comparada con el sistema de carburador de retroalimentación, el motor de mezcla pobre variable

daba una economía de combustible mejorada en un 10 % instalado en un motor de cuatro cilindros de 1.8 litros.

En el motor CA 16 de cuatro cilindros, de dieciséis válvulas, de 1598 cc del Nissan Sunny GTI 16 S Coupé de 1987, se introdujo un sistema de admisión de aire por etapas. Su objetivo era mejorar el par (torque) mínimo sin alterar las características de rendimiento de potencia más grande en el extremo superior del motor.

El múltiple de admisión se dividió en ramales primario y secundario. Los ramales primarios se ajustaron con válvulas de mariposa controladas por solenoide sensible al vacío de múltiple, pero actuaba bajo las instrucciones de la unidad de control electrónico.

Las válvulas de mariposa estaban montadas a corta distancia corriente arriba de las boquillas inyectoras de combustible. Estaban cerradas a baja velocidad del motor (abajo de las 3800 hasta las 4000 r.p.m.) para crear alta turbulencia en los ramales primarios y generar condiciones favorables para una mejor atomización del combustible.

El motor tenía un rendimiento máximo de 122 HP a 6000 r.p.m., un par (torque) máximo de 138.3 Nm a 5200 r.p.m.. El automóvil pesaba 1,080 Kg y tenía una velocidad máxima de 205 kph. Podía acelerar de 0 a 100 kph en 9.7 segundos y tenía un consumo estable de combustible de 8.6 litros por 100 Km.(27.3 millas por galón) a 120 kph.

En 1985, Toyota desarrolló un inyector de dos orificios para sistemas de inyección en varios puntos. Se empleó en motores con cuatro válvulas por cilindro. Con tales motores, la velocidad del gas en las áreas de puerto puede caer tan bajo que el combustible no se mezcla en forma apropiada con el aire. La inyección prematura no es la solución porque puede originar un aumento en las emisiones y si se alejan corriente arriba las válvulas inyectoras de los puertos disminuirá la eficiencia del motor.

Al generar rociados gemelos, directamente a los puertos de admisión, sin humedecer las paredes Toyota logró un mayor control de la proporción aire-combustible (lo cual es crítico cuando está operando cerca del límite de mezcla pobre del motor) y eliminó la discontinuidad del par y aumentó la eficiencia de conversión en el catalizador de tres vías.

Durante varios años Mitsubishi había estado utilizando el medidor de vórtice de flujo de aire ultrasónico Karman. Desde 1985 Toyota ha empleado un sistema en el que se mide ópticamente el vórtice.

El efecto de vórtice crea presión que incide contra un espejo delgado de metal. Las vibraciones del espejo se pueden medir ópticamente con un diodo emisor de luz (LED) y un fototransistor. Esto se adoptó en el motor en línea 7M GTEU modelo 1986, turbo interenfriado, de leva gemela de tres litros, seis con cuatro válvulas por cilindro, instalado en el Coupé Toyota Supra.

El sistema de inyección de combustible L-Jetronic se dividió en tres grupos, de modo que cada par de cilindros se le suministra combustible una vez a cada dos revoluciones. Equipado con dos boquillas de agujeros gemelos, produce 230 HP a 5600 r.p.m. con un par (torque) máximo de 324 Nm a 400 r.p.m..

La Mazda Motors ha aplicado con todo éxito el sistema de inyección de combustible basado en el L-Jetronic, al motor tipo 13 Rotary (Wankel) de RX-7, auto deportivo, que empezó a producirse en serie en febrero de 1986.

El motor 13 B es de diseño de motor gemelo, con un volumen de celda de 654 cc. Tiene seis puertos de admisión y un sistema de múltiple que se conoce como DEI (Inducción de efecto dinámico). El uso de tres puertos laterales por cámara permite un mayor control sobre las variaciones del flujo en interés de proporcionar eficiencia de combustible y par (torque) en todas velocidades con transiciones suaves. La curva del par (torque) es casi una línea recta entre 2500 y 5000 r.p.m.

Cada cámara tiene dos inyectores. Uno, el primario, está montado tan cerca del puerto primario como resulta práctico. El otro inyector está instalado a considerable distancia, corriente arriba, en el duelo de admisión.

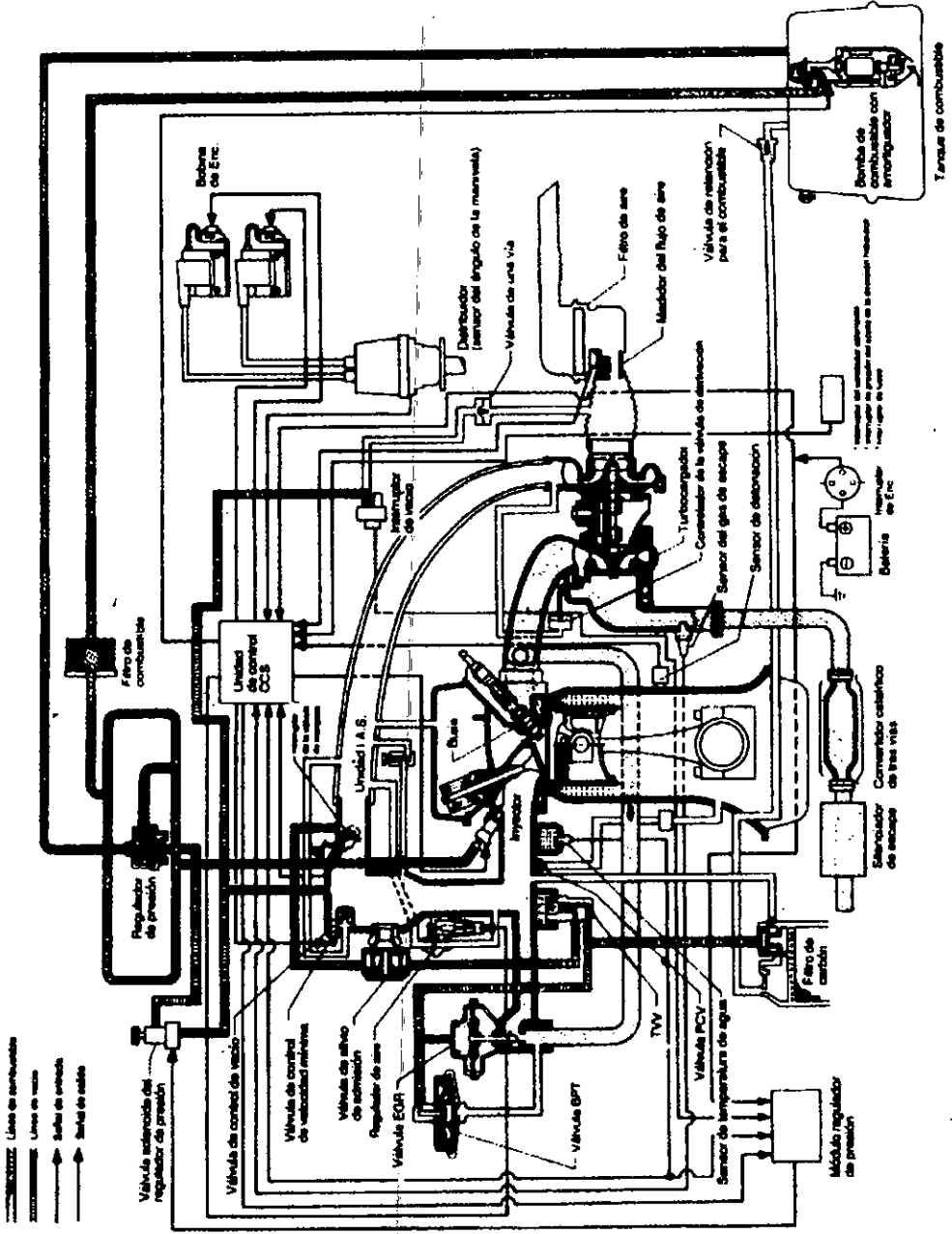
El movimiento del rotor está en fase de modo que haya cierto traslape entre las fases de admisión. Siempre que termina una fase de admisión, se origina una onda de presión, con un efecto de rebote que se sincroniza para agregar su fuerza al flujo de aire precisamente cuando empiezan la siguiente fase en la otra cámara.

El inyector primario entrega una cantidad cuidadosamente medida de combustible al puerto primario. Los inyectores secundarios están inactivos durante el cruce, en una pendiente, sin motor, en desaceleración, y en velocidad mínima. Sin embargo, proporcionan enriquecimiento de la mezcla para la aceleración en respuesta a las órdenes provenientes de la unidad de control electrónico, lo cual equilibra el cambio en el ángulo de placa de mariposa contra otra entrada como r.p.m., velocidad del vehículo, temperatura del enfriador, flujo y temperatura del aire.

La unidad de control electrónico también recibe señales del contenido de oxígeno (Lambda-Sond) desde el reactor término montado en las sección delantera del tubo de escape. Esto se toma en cuenta para el ajuste continuo de la proporción aire-combustible. Finalmente, la unidad de control sincroniza la chispa y estabiliza la velocidad mínima.

Con turbocarga en dos etapas e interenfriamiento, este motor produce 182 HP a 6500 r.p.m., con un par máximo pico de 247 Nm a 3500 r.p.m..

Diagrama E.C.C.S.-Motor CA18ET



Rompiendo la barrera del costo.

A veces los sueños se hacen realidad, pero el sueño de inventar un sistema de inyección de combustible que no cueste más que un carburador, está muy lejos de lograrse a partir de la etapa del hardware. Dos sistemas creados con ese propósito son el Pijet y el Volkswagen.

El sistema de inyección electrónica de combustible de Pijet fue inventado por Robert J. Gayler de Piper FM Limited. Se desarrolló de 1980 a 1983 como un dispositivo de bajo costo para autos livianos y económicos.

Este sistema se basaba en la premisa de que los motores prefieren una proporción constante de aire/combustible en su carga completa y, escala de velocidades. Puede describirse como una carburación electrónica en muchos puertos con válvulas inyectoras a baja presión, montadas en puerto.

El combustible se presurizaba a 30 psi por medio de una bomba excéntrica de aspas en rodillos, sumergida en el tanque y accionada eléctricamente con la corriente de la batería. Partiendo de la bomba, el flujo de combustible pasaba a través de una caja de control hasta un pulsador. La caja de control servía como dispositivo de medición primario, que coordinaba el ángulo de placa de mariposa con el movimiento de la válvula de camisa.

La segunda etapa medidora era manejada por el pulsador, que consistía en una válvula de aguja accionada por solenoide, que era regresada a su posición de cerrada por medio de un resorte. La aguja era levantada de su asiento cuando el núcleo se imantaba, dejando pasar así cierta cantidad de combustible. El ancho del pulso de la corriente era determinada por la unidad de control electrónica de acuerdo con la información de entrada proveniente de un número de sensores.

La válvula de aguja tenía una frecuencia muy alta de oscilación con periodos energizados de entre tres y diez milisegundos. El control de frecuencia dependía exclusivamente de la velocidad del motor, y el periodo de inyección era controlado por el ancho del pulso energizante.

El pulsador estaba integrado con un acumulador de combustible que regulaba la presión de entrega a un máximo de 10 psi. El acumulador podía mantener esa presión en el rebose o durante el cierre de combustible.

Los inyectores montados en puertos eran válvulas de purga de aire que respondían a un flujo de aire en los ductos individuales de entrada. Puesto que este flujo de aire era proporcional a la velocidad de aspiración de un cilindro en particular, el suministro de combustible se restringía al período de apertura de la válvula de admisión para ese cilindro. Esto aseguraba un equilibrio natural en la distribución de combustible.

Las instalaciones experimentales de Pijet fueron probadas en cierto número de autos con motores de 1100 cc y dos litros de desplazamiento. Los resultados indicaron un cambio de sistema de carburadores a un sistema típico de inyección electrónica, en términos de economía de combustible, así como con relación a los niveles de emisiones.

Como comprador en gran escala del equipo K-Jetronic de Bosch, Volkswagen había estado explorando arduamente desde 1975 nuevos modos de reducir el costo del sistema de inyección de combustible mecánico-hidráulico. A partir de la idea de usar aire comprimido en lugar de la acción de bombeo mecánico, un grupo de ingenieros de Wolfsburg desarrollaron el sistema de inyección aire forzado, de 1984 a 1985. Las aplicaciones experimentales se hicieron en el motor Volkswagen Polo de un litro.

Tomaba una pequeña cantidad del flujo del aire entrante que era drenado y se conducía a la línea de suministro de combustible, donde aumentaba el volumen del pequeño flujo de combustible a una gran masa de mezcla de combustible, lista para ser distribuida a cada cilindro. Su puestamente, esto sería posible sin utilizar inyector; pero debido a la inmensa variedad de patrones que pueden ocurrir siempre que el aire y combustible se mezclan, se determinó que era una meta difícil de lograr.

Los autos económicos no poseen en general una fuente de suministro interconstruida de aire comprimido, y por ello el sistema tenía que incluir su propio compresor. Después de probar quince tipos diferentes, los ingenieros de la Volkswagen se decidieron por un compresor pequeño, tipo pistón, de aproximadamente 8 cc derivado de una unidad refrigeradora.

El diseño de la primera generación puso de relieve serios problemas con relación al tamaño y selección de la tubería para las conexiones entre la bomba y el distribuidor de la mezcla y de allí hacia los puertos de entrada. El diseño del distribuidor mismo de la mezcla reveló que había varias dificultades.

Después de muchos meses de pruebas, se obtuvo suficiente experiencia como para realizar otro diseño para la segunda generación del sistema. Aquí, el aire fresco pasaba sobre la placa estranguladora para el arranque en frío y calentamiento, antes de llegar a un venturi con ranuras en la garganta.

El venturi servía para el mismo fin que el de un carburador típico. Sus ranuras transmitían una señal de presión al orificio medidor entre la varilla medidora y el chorro dosificador (ambos derivaban de la práctica con el carburador). La carrera de la varilla dependía del ángulo de la placa de la mariposa, y el chorro registraba el nivel de combustible en la cámara del flotador. Al mismo tiempo, todo esto cumplía con la tarea de medir el combustible.

Las ranuras en el venturi dejaban pasar aire a la cámara de mezcla a través de un pasaje con baja pérdida de presión. También formaban pasajes de aire que conducían hacia el compresor, que pasaba aproximadamente 15% del flujo de aire de combustión a velocidad mínima. El compresor era accionado por un motor eléctrico. Tenía una capacidad de aproximadamente 400 cc por segundo en velocidad mínima, y proporcionaba presiones pico hasta de tres bar para ayudar a atomizar las partículas de combustible.

La cámara mezcladora tenía que ser bastante grande como para evitar una caída importante de presión. El fondo de la cámara mezcladora tenía el puerto de entrada al compresor en un lado y un puerto de entrada para el combustible en el otro lado. El suministro de combustible se cortaba mediante una válvula durante la parada y el rebose.

Tuvo que adaptarse una bomba de acelerador separada, porque el sistema básico no era capaz de responder a cargas súbitas a partir de una de carga baja. Se agregó una bomba normal de tipo diafragma, accionada por una leva en el eje de la mariposa, con su propio canal de inyección que se dirigía hacia el distribuidor de mezcla.

Las pruebas del equipo mostraban que el sistema proporcionaba de manera automática una proporción estequiométrica de aire/combustible, con sólo pequeñas desviaciones. En términos de rendimiento, las emisiones de escape, arranques en frío y en caliente, economía de combustible y conductibilidad, mostró la equivalencia con los sistemas establecidos de inyección de combustible no eléctrica, intermitente, en varios puntos (K-Jetronic)

CONCLUSIONES

En base a la investigación documental hemos llegado a la conclusión de que realmente hemos evolucionado para un mejor aprovechamiento del combustible, también como reducir las emisiones de contaminantes pero nos hace falta seguir desarrollando una tecnología cada vez más eficiente en todos los aspectos para aprovechar al máximo la energía y no tengamos pérdidas de esta pensando siempre en no afectar a la naturaleza para no romper el equilibrio ecológico que ya está bastante deteriorado por nuestra falta de consideración, ante poniendo situaciones económicas que ambientales, con las cuales hemos generado el efecto invernadero debido a la gran cantidad de contaminantes que se depositan en la atmósfera como la contaminación de agua, aire y del suelo.

La solución está en nuestras manos tomando conciencia de lo que nos estamos haciendo a nosotros mismos al no defender con más conciencia al medio ambiente.

También es importante mencionar que el motor de combustión interna resulta un tanto ineficiente, por que de la energía total que produce el combustible se aprovecha aproximadamente un 25% de la energía la cual se convierte en trabajo útil como potencia motriz en el cigüeñal, tomando en consideración que el objetivo real sería aprovechar toda la energía a un 100% sin desperdiciar nada, claro está que en el mundo real no existe ningún sistema ideal.

Se tendría que desarrollar un sistema que absorbiera la energía calorífica que desprende el motor para aprovecharla y darle un uso adecuado con lo cual obtendríamos un porcentaje más alto de aprovechamiento de la energía del combustible.

También es importante que el sistema de escape este constituido de mejores sistemas reductores de contaminantes que son expulsados al medio ambiente que perjudican a nuestro planeta y en consecuencia a los organismos que lo habitan.

"Desde el punto de vista global, situaciones como la contaminación en el Valle de México se refieren a un problema muy localizado; basta considerar las dimensiones del área, de unas cuantas decenas de kilómetros, que representan una parte muy pequeña de toda la superficie terrestre. Pero hay que tomar en cuenta que más del 95% de la masa de nuestra atmósfera se encuentra en los primeros 20 kilómetros por encima de nosotros, mientras que la distancia entre los dos polos de nuestro planeta es de 20 mil kilómetros, lo cual quiere decir que desde un punto de vista cósmico, es sumamente frágil".

Los resultados de un trabajo de investigación realizado sobre el efecto de los clorofluorocarbonos (CFC) en el ozono de la estratosfera, el ozono bueno que desde las alturas nos protege de la radiación ultravioleta del Sol, la cual sin ese filtro, nos produciría cáncer en la piel, amenazado al resto de la vida sobre el planeta.

"Hace apenas 20 años nos empezamos a dar cuenta de que efectivamente, hay problemas ambientales en el ámbito global, situación que en lo tocante a la capa de ozono, en realidad se remonta a principios de siglo, cuando se empezaron a desarrollar los primeros refrigeradores domésticos. El problema con estos nuevos aparatos era que en un principio sólo funcionaban con bloques de hielo, lo cual los hacía costosos e imprácticos. En los años 30, con tecnologías más refinadas, surgen los compresores que facilitaron enormemente la refrigeración casera, pero con un nuevo problema: los refrigeradores funcionaban con un fluido interno, un compuesto químico comprimido que al vaporizar enfriaba pero en algunas circunstancias había fugas y esos compuestos químicos, bióxido de azufre o amoníaco, muy tóxico, causaban severos daños a la salud de las personas. La solución consistía en cambiar el fluido refrigerante por uno que no fuera tóxico, con compuestos muy estables, los CFC".

"Los CFC fueron producidos en gran escala en los años 60 y 70, además de que hubo otros usos para ellos, en la fabricación de hule espuma o como propelentes en las latas de aerosol. El problema con todas estas aplicaciones es que al ser los CFC tan estables, poco a poco terminaron en el medio ambiente".

"En los años 70, los Doctores Rowland y Molina investigaron que les sucedía a esos compuestos en la atmósfera, sometidos a propiedades como el perfil de temperatura, lo que quiere decir que la temperatura disminuye con la altura, ya que el calentamiento de la atmósfera ocurre, sobre todo, en la superficie terrestre; sin embargo, también vemos que se presentan inversiones de temperatura, donde el fenómeno se da a la inversa y a grandes alturas tenemos zonas calientes que contribuyen a estabilizar enormemente a la atmósfera, como en las inversiones térmicas que ocurren en el valle de México, cuando se cuela aire frío debajo del aire caliente, y los contaminantes quedan atrapados. Todo el globo terrestre tiene una zona de inversión de temperatura que el revés de las inversiones térmicas urbanas, esta por encima de una capa inestable llamada troposfera. La cual donde la temperatura está invertida se llama estratosfera. Otra propiedad importante, que también tiene analogías con lo que pasa en la ciudad de México, es que en la capa inferior o troposfera hay un mecanismo muy eficiente para limpiar contaminantes que se emitan a la atmósfera: la lluvia. En cambio, en la estratosfera no ocurre así. De esta manera, la contaminación en la estratosfera puede tener consecuencias muy graves".

El doctor Molina señalo que "en la estratosfera hay otro mecanismo de calentamiento de la atmósfera y es la existencia del ozono, gas que absorbe energía solar. Casi todos los componentes de la atmósfera son transparentes a la luz que emite el Sol con mayor intensidad pero la radiación ultravioleta se absorbe muy eficientemente por el ozono, con la consecuencia adicional, muy importante, de que no llega a la superficie terrestre, dañina como es para los sistemas biológicos".

Aunque los CFC se emiten en la superficie terrestre, su estabilidad química impide que sean afectados por los mecanismos naturales de limpieza de la atmósfera, "de tal manera que pueden difundirse hacia la estratosfera, y cuando llegan por encima de la capa de ozono, es cuando la luz solar destruye a las moléculas de los CFC generando productos de descomposición, que incluyen átomos de cloro, en forma de compuestos que se llaman radicales libres, químicamente muy reactivos, que si se emitieran en la baja atmósfera durarían muy poco tiempo ya que serían destruidos por la lluvia, pero que en la estratosfera se mantiene por varios años. Y aquí se da un fenómeno de amplificación, de tal manera que un átomo de cloro puede destruir decenas de miles de moléculas de ozono. Es así que la actividad industrial tiene efectos en el ámbito global, en parte por la fragilidad de la estratosfera y en parte por la cantidad de tiempo que los CFC y sus productos de descomposición permanecen en la atmósfera, con una vida media del orden de 50 a 100 años".

El "efecto de invernadero" del gas carbónico.

El gas carbónico o dióxido de carbono no solo sirve para permitir el desarrollo de la vida vegetal. Produce además un efecto levemente calorífugo sobre la Tierra al frío del espacio. Esto se debe a la propiedad que posee este gas de absorber la radiación infrarroja en la longitud de onda aproximada de 15 micrones, o con más exactitud, entre 14 y 16.5 micrones. Se puede calcular así que la temperatura media de la baja atmósfera, con la concentración actual de gas carbónico de 0.035% en volumen (también se dice 350 ppm, que significa 350 partes por millón), disminuiría 5 grados centígrados en las regiones polares y un grado en la región ecuatorial, si todo ese gas carbónico desapareciera.

En estas condiciones, es evidente que no se puede predecir cuál será el clima de las próximas décadas. Nos encontramos pues frente a una situación curiosa en materias de previsión de climas: podemos hacerlas a muy largo plazo no a muy corto plazo, pero no a mediano o largo plazo.

Desde luego que el gas carbónico no es el único gas que produce un "efecto de invernadero" semejante. El vapor de agua atmosférica, en particular absorbe también parte del infrarrojo irradiado por la Tierra, pero para longitudes de onda superiores a 20 micrones aproximadamente. En la concentración media actual del vapor de agua, que es inferior al 1%, este

efecto de invernadero complementario, de por sí, mantiene en la baja atmósfera alrededor de un 27% del calor que el sol terrestre irradiaría al espacio si no existiera este vapor de agua.

Se han volcado a la atmósfera cantidades de gas carbónico en aumento incesante, provenientes de la combustión de carbono "fósil", es decir de carbono contenido carbón, el petróleo y el gas natural. Este carbono fósil nació de una materia orgánica "viva" hace millones de años, de la que como es naturales el carbono 14 desapareció después por completo. Fue esa la primera vez que se puso de manifiesto, por medio de mediciones exactas, una perturbación introducida por el hombre en la concentración natural de un componente atmosférico.

En la actualidad se queman alrededor de 5.4 miles de millones de toneladas (gigatoneladas) de carbón fósil por año, liberando cerca de 20 gigatoneladas de gas carbónico en la atmósfera. Y se espera que el consumo de combustibles fósiles se triplique durante los próximos cincuenta años.

Un cálculo rápido que tenga en cuenta los probables aumentos del consumo de carbón fósil y la deforestación nos lleva a un resultado espectacular por que antes de 30 años habremos duplicado el contenido de gas carbónico de la atmósfera, si todo el gas que introducimos permanece allí. El efecto de invernadero provocado por esta duplicación generará un aumento sensible de la temperatura de la atmósfera, en especial en sus capas bajas (entre cero y un kilómetro de altitud). Según los teóricos del clima, la temperatura de la baja atmósfera debería así elevarse en 1.5° en promedio siendo ese efecto mucho más acentuado en las regiones de alta latitud del hemisferio Norte (+3 o 4°) y más débil, por el contrario, en las regiones ecuatoriales y tropicales (+1°)

La organización Meteorológica Mundial y al programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente (PNUMA). Es pues muy difícil hacer previsiones cuantitativas con respecto a esta eventual subida de nivel marino y si bien la mayoría de los climatológicos piensan que el peligro no es inminente, otros, en cambio, temen una catástrofe que se desarrollaría en cierto modo con lentitud, pero que al fin sería de gran magnitud.

Por fortuna la Tierra ha comenzado ya a servirse de mecanismos reguladores que disminuyen este incremento amenazante del gas carbónico atmosférico, lo que retarda en la misma proporción los plazos catastróficos. Este fenómeno se puso de manifiesto porque, desde hace alrededor de 25 años, se han instalado de manera progresiva en la superficie del globo estaciones que miden, día por día, el contenido local del gas carbónico de la atmósfera. Esta medición se efectúa con una precisión muy grande, llegando a una décima de parte por millón (abreviatura: 1/10 de ppm). La más antigua de estas estaciones, instalada en el Mauna Loa, en las islas de Hawaii en medio del Pacífico y, por consiguiente, muy alejada de los centros industriales, nos

muestra que desde hace un cuarto de siglo el aumento de anual del contenido de gas carbónico sólo es de alrededor de 1.5 ppm. Como el contenido actual es de 340 ppm, se observa que el incremento anual sólo es del 0.44% en tanto que las evaluaciones que hemos citado antes daban cuenta de un 1% como mínimo.

Esto significa que a medida que se introduce en la atmósfera la mitad, por lo menos, del gas carbónico va a otra parte. Es muy simple, a los otros dos depósitos que intercambian rápidamente CO₂ con la atmósfera: el océano y la vegetación.

El otro ozono: contaminante al nivel del suelo.

Por otra parte, en la baja atmósfera, debido a la emisión de compuestos de descomposición de hidrocarburos, como los óxidos de nitrógeno, se produce ozono: el bióxido de nitrógeno, que en la estratosfera reacciona con átomos de oxígeno, destruyen moléculas del ozono protector, en la baja atmósfera, al absorber luz, se rompe y produce el ozono que respiramos en las grandes ciudades y que es dañino para la salud humana, animal y vegetal. "Tenemos así al ozono jugando un papel doble, protegiéndonos en las alturas y afectándonos al nivel del suelo. De la misma manera, los óxidos de nitrógeno tienen doble función, y dependiendo de su altura y concentración, destruyen o forman al ozono".

"La secuencia de eventos es que primero se emiten estos compuestos, los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, que luego reaccionan en presencia de luz solar; la luz es la que descompone al bióxido de nitrógeno para producir el ozono, que después de varias horas se acumulan en el aire. La química básica de este proceso está bien entendida, pero todavía hay muchas dificultades, porque las mezclas de hidrocarburos pueden ser muy complicadas y los hidrocarburos más grandes, como los que se usan en la gasolina, derivan en gran número de compuestos adicionales que se forman en la atmósfera, como el nitrato de peroxiacetilo, que es lacrimógeno, y es el que nos irrita los ojos cuando hay mucho smog".

Soluciones.

El problema de la contaminación del aire es muy difícil de atacar, ya que controlar sólo la emisión de uno u otro de los precursores del smog no es suficiente. En sitios como la ciudad de México resulta más eficiente controlar los óxidos de nitrógeno que los hidrocarburos, pero resulta más caro, de modo que se hace necesario volver a investigar sobre el tema para tomar las decisiones más acertadas.

Porque de nada nos servirá sirviendo que en la Ciudad de México se les haga pasar a los automovilistas periódicamente una verificación de emisión de gases para detectar hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno

y partículas a través de analizadores de gases computarizados sumamente precisos, conocidos como BAR-90 sino se toma conciencia del mal que nos estamos haciendo a nosotros mismos por eso si su coche no paso la verificación, lo más probable es que se encuentre en malas condiciones mecánicas.

Si su auto no pasa la prueba visual, arregle el desperfecto o instale el equipo faltante antes de someterlo a la verificación. Tenga en cuenta que muchos mecánicos afinan los vehículos con el objeto de darles mayor potencia. Así afinado, el automóvil consume más gasolina y no necesariamente pasa la prueba de emisión de contaminantes, también pueden castigar el motor con una mezcla pobre de gasolina y rica en aire para tratar de engañar el sistema, Por ello asegúrese de que la afinación se haga con un analizador de gases para que tenga la certeza de que su auto aprovechara mejor el combustible que quema y contaminara menos a la atmósfera claro independientemente de pasar la verificación porque si dentro de la inspección se detectan lecturas altas de HC (hidrocarburos), se relacionan con presencia de gasolina no quemada, es usual por problemas de encendido (malas bujías, cables de bujías o bobinas dañadas, fuera de tiempo el motor, etc.); lecturas altas de CO (monóxido de carbono), se relacionan con la falta de suficiente oxígeno durante la combustión de la gasolina. Ello usualmente se debe a mezclas muy ricas en el carburador, inyectores con fugas, filtros de aire sucios, válvulas de PCV dañada u operación defectuosa del sistema de abastecimiento de combustible (bomba de gasolina, mangueras, etc.); el bióxido de carbono (CO₂), aunque no está normado es un elemento importante para determinar la eficiencia en la combustión. Una máquina bien ajustada nos puede dar lecturas de CO₂ entre 13 y 15% (ideal) con valores de HC y CO cercanos a cero; si el valor de CO₂ es demasiado bajo, indica posibles ruptura en el sistema de escape u otros problemas que causan una dilución en la mezcla de escape. El Oxígeno (O₂) es porcentaje de este gas que queda en el escape después del proceso de combustión de la gasolina. Este valor puede usarse para determinar el ajuste del carburador o la mezcla aire/combustible que está manejando la computadora del coche. El oxígeno es muy útil para determinar fugas en el sistema de vacío y problemas de fallas de encendido como cascabeleo. El rango ideal para O₂ está entre 1.5 y 0, dependiendo del vehículo y los sistemas de control de aire que posee; y revoluciones muy altas en ralenti, lo que indica que el vehículo se encuentra constantemente muy acelerado, consumiendo más gasolina de la que requiere necesariamente.

Adicionalmente, la contaminación en la ciudad de México tiene implicaciones que están más allá de dimensión científica: Por un lado sabemos que hay soluciones muy malas, como en el caso de Bangkok, donde el uso indiscriminado de motonetas se consideró como una solución al problema del transporte local, pero no tiene sistemas de control y son altamente contaminantes. Hoy en día, en Los Ángeles ya están muy controlados todos esos motores de combustión interna a los anteriormente no se les hacía mucho

caso, como los que sirven para las cortadoras de pasto: entonces no sólo hay que regular a los automóviles, sino a toda la gama de actividades humanas potencialmente contaminantes.

Necesitamos cambiar en la dirección de ser más eficientes en el uso de energía. En la medida en que la eficiencia aumente podremos contribuir tanto al mejoramiento del problema local como al del problema global. Desgraciadamente no hay soluciones sencillas, no hay una serie de medidas que desde luego se pueden tomar, pero la situación es que ya existen automóviles que contaminan mucho menos que otros. Lo que está muy claro es que la contaminación de una ciudad como Los Ángeles se debía en una gran proporción al uso de automóviles viejos, y en la ciudad de México con el programa Hoy no circula se terminó adquiriendo más vehículos de modelo antiguo, pero la situación actual es que si se tiene un automóvil que no contamine, ya no es necesario sacarlo de la circulación un día a la semana. Ese es un incentivo en una dirección apropiada para disminuir el número de automóviles que contaminan. El asunto de fondo desde el punto de vista social es un problema de costo, un problema económico: ¿quién paga y cuándo? Y aquí hay una semejanza con el problema de los CFC, cuando se empezaron a hacer negociaciones respecto de qué se iba a hacer en el mundo para controlar la emisión de estos compuestos, los países en vías de desarrollo señalaban que los países industrializados eran los responsables de contaminar con los CFC y objetaron él tener que empezar a usar tecnologías más caras y menos dañinas al ambiente. La solución tuvo una salida creativa: los países industrializados formaron un fondo multilateral, que desde el punto de la economía global representó una cantidad mínima. Y ese fondo se destinó para que los países en vías de desarrollo pudieran hacer la transformación de tecnologías obsoletas a tecnologías no contaminantes. Hay que tomar en cuenta no sólo el costo inmediato de los carros y de los refrigeradores, sino el costo ambiental; es muy importante hacerlo por anticipado, y el problema claro, es un problema de escala de tiempo, el impacto de los CFC no se iba a ver en el corto plazo, sino con efectos en todo el sistema global en años posteriores."

Es muy importante ver con claridad: estaremos siempre frente a un problema social en la medida en que se exija que haya automóviles nuevos que no contaminen. Hoy, con catalizador de tres vías, por ejemplo, los vehículos de modelos recientes contaminan hasta 20 veces menos que los automóviles antiguos. Realmente no tiene sentido hacer inversión que tome en cuenta esta diferencia de tecnología y, por otro lado la gran dificultad esa: a la gente con menos recursos se le discrimina en cuanto a su acceso para automóviles nuevos. Y aquí, desde luego, una solución evidente es mejorar el transporte colectivo, entre otras muchas posibilidades. Si se toma en cuenta el costo social, no resulta más barato usar carcachas; a la larga resulta más barato que los coches sean menos contaminantes. Una solución extrema, pero aclaro que no se trata de un problema científico sino social, desde el punto de vista del costo total, considerando el impacto en la salud y en el medio

ambiente, es que se otorgue subsidios a la gente con menos recursos para adquirir automóviles que no sean contaminantes. Un error sería dar prestamos, con intereses bajos para que la gente compre coches baratos, en una inversión a corto plazo; al final, con este mecanismo todo termina saliendo más caro. Finalmente, hay que tomar en cuenta que estos conflictos no sólo son locales, sino también en el ámbito de gobiernos, como se vio con los CFC. Y aquí, como colofón, es importante destacar que los CFC nos demostraron que la humanidad puede afectar a todo el globo y, por otro lado, vimos una solución que, si bien no es perfecta demuestra que es posible que distintos sectores de la sociedad el industrial, el científico, las personas que toman decisiones políticas, las organizaciones de protección al medio ambiente trabajen en una misma dirección de tal manera que se pudieron instrumentar regulaciones que hoy se están aplicando para hacer más armónica nuestra relación con el entorno.

BIBLIOGRAFIA.

ALBERT MARTI PARERA.
INYECCION ELECTRONICA EN MOTORES DE GASOLINA.
EDITORIAL MARCOMBO S.A.
MEXICO D.F.
1992.

DY E PETIT.
EL MOTOR DE EXPLOSION.
QUINTA EDICION.
BARCELONA ESPAÑA.
EDITORIAL GUSTAVO GILI, S.A.

EDWARD F OBERT.
MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.
DECIMA EDICION.
MEXICO D.F.
EDITORIAL C.E.C.S.A.
1978.

EVEREST RHALP JAL.
MANUAL PARA EL AFINAMIENTO DE MOTORES.
19ª IMPRESIÓN.
MÉXICO, D.F.
ED. PRENTICEHALL HISPANOAMERICANA
1991.
3V.

HUGHES JAMES G.
MANUAL DE DIAGNOSTICOS Y AFINACIÓN DE MOTORES AUTOMOTRICES.
MEXICO, D.F.
ED PRENTICEHALL HISPANOAMERICANA.
1989.

HERSCHEL Y RAY WHITTINGTON
CARBURADORES
QUINTA REIMPRESION
MEXICO. D.F.
CONCEPTO, S, A.
1989.

IGNITION MANUFACTURERS INSTITUTE.
PROCEDIMIENTO DE AFINACION Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN
AUTOMOTRIZ.
MEXICO, D.F.
ED. DIANA.
1974.

JAN P NORBYE
MANUAL DE SISTEMAS DE FUEL INYECTION
MEXICO. D.F.
ED. PRENTICE-HALL HIPANOAMERICANA, S.A.

LESTER C. LICHTY.
PROCESOS DE LOS MOTORES DE COMBUSTION
MADRID, ESPAÑA.
ED. McGRAM-HILL.
1970.

MIGUEL DE CASTRO.
INYECCION DE GASOLINA.
4ª EDICION.
ESPAÑA.
EDICIONES C.E.A.C.S.A
1989.

P. M HELDT.
MOTORES RAPIDOS DE COMBUSTION.
15ª EDICION.
MADRID ESPAÑA.
ED. AGUILAR S.A.
1956.