

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Implementación de un Sistema de Inyección Multipunto
Programable en un vehículo a carburador**

Diego Fernando Armas Vásquez

Alberto Esteban Vallejo Delgado

Gonzalo Tayupanta, MSc, Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de
Licenciado en Electromecánica Automotriz

Quito, Noviembre del 2013

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Implementación de un Sistema de Inyección Multipunto
Programable en un vehículo a carburador**

Diego Fernando Armas Vásquez

Alberto Esteban Vallejo Delgado

Gonzalo Tayupanta, MSc.
Director de Tesis.

.....

Eddy Villalobos, MSc.
Miembro del Comité de Tesis.

.....

Ximena Córdova, Ph.D.
Decano del Colegio de Ciencias
e Ingeniería

.....

Quito, Noviembre del 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Diego Fernando Armas Vásquez

C. I.: 171638348-2

Firma:

Nombre: Alberto Esteban Vallejo Delgado

C. I.: 0604333609

Quito, Noviembre del 2013

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios, por darnos la vida, salud y por permitirnos aprovechar de mejor manera las oportunidades que se nos van apareciendo en el transcurso del tiempo.

De manera muy especial a nuestros padres, por el gran esfuerzo que han realizado, para que tengamos la mejor educación, y las facilidades para lograrlo. Quienes han sido nuestro principal apoyo en esta carrera hacia las metas que nos hemos señalado y que jamás dejaran de velar por nosotros.

A la Universidad San Francisco de Quito, por darnos mayores expectativas de las que esperábamos de nuestras vidas, haciéndonos ver nuevos horizontes. Por su gran equipo de trabajo, el cual nos facilitó nuestra permanencia dentro de la institución.

A nuestros profesores, que nos supieron brindar su conocimiento y amistad, para formar profesionales competitivos, eficaces y eficientes en lo que nos desenvolvemos

A nuestros compañeros, con los cuales se compartió muchas anécdotas, se realizó un muy buen ambiente de trabajo y se aprendió de ellos también.

Quisiéramos agradecer de manera especial al Ing. Juan Carlos Ponce, el cual fue nuestro guía en la realización del proyecto práctico, y también por facilitarnos las instalaciones y herramientas de su taller “POWERING Performance Modifications” para realizar el proyecto de tesis.

RESUMEN

Este proyecto está enfocado en el cambio del sistema de carburación de un vehículo Land Rover Serie IIA del año 1968, para adaptar un sistema de inyección multipunto controlado electrónicamente, el cual se realiza con la finalidad de disminuir la contaminación y el consumo de combustible para ayudar de alguna manera al medio ambiente.

El vehículo de prueba necesitó de componentes como: bomba de gasolina, sensores, computadora programable, inyectores, riel de inyección, cuerpo de aceleración, bobina, arnés y cables. Con los cuales se realiza la modificación del auto antiguamente a carburador, para controlarlo electrónicamente, y darle una inyección dosificada en cada cilindro.

Mediante la adaptación del sistema de inyección programable aplicamos conocimientos fundamentales, que los obtuvimos en la Universidad y parte de las pasantías empresariales que realizamos, como lo es la parte eléctrica y electrónica, funcionamiento y comportamiento de un motor, fallas o defectos que pueden existir, la búsqueda de problemas y la solución de los mismos.

ABSTRACT

This project is focused on changing the fuel system of a Land Rover Series IIA 1968 to a multipoint injection system electronically controlled, which is done in order to reduce pollution and fuel consumption to help the environment.

In order to accomplish this project some important materials were needed such as: fuel pump, sensors, programmable computer, injectors, rail injection, throttle body, coil, and wire harness. These materials were used to modify the carburetor car to control it electronically and provide a metered injection into each cylinder.

During this final project, of adapting a programmable injection system to a carburetor car, we were able to apply fundamental knowledge that we obtained at the University and at our internships. The main concepts and knowledge that we applied were concerning electrical and electronics operations and engine performance. Moreover we were able to identify the mistakes or defects of the processes and find the way to solve them.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
Tabla de contenidos	8
Tabla de gráficos	14
Tabla de fotografías	17
Tabla de tablas	19
Tabla de ilustraciones	20
CAPÍTULO I	21
MARCO TEÓRICO	21
1. El Carburador	21
1.1. Historia	21
1.2. Carburación	22
1.2.1. Sistema de Carburación	22
1.2.2. Principios de la Carburación	23
1.3. Funcionamiento del Carburador	24
1.3.1. Mezcla Aire-Combustible.	27
1.3.2. Condiciones requeridas para la mezcla de combustible	27
1.3.2.1. Relación aire-carburante	27
1.4. Componentes de un carburador	30
1.5. Características Principales de un Carburador	33
1.5.1. La cuba	33
1.5.2. El surtidor	34
1.5.3. El difusor	35
1.5.4. Efecto Venturi	35
1.6. Sistema automático corrector de mezcla (compensador)	37
1.7. Corrector de mezcla por compensación en el surtidor principal	38
1.8. Corrector de mezcla con surtidor auxiliar y pozo de compensación	39

1.8.1. Funcionamiento	40
1.9. Economizadores	41
1.9.1. Economizadores por freno de combustible	42
1.9.2. Economizador por regulación de aire de compensación	44
1.10. Bomba de aceleración:	44
1.11. Dispositivos Auxiliares de un Carburador	46
1.11.1. Dispositivos de arranque en frío	47
1.11.2. Electroválvula de corte de ralentí	47
1.11.3. Resistencia de calentamiento	48
1.12.1. Sistema de Alimentación	49
1.13. Suministros de Gasolina	50
1.13.1. El depósito de gasolina	50
1.13.2. Filtros de Gasolina	51
1.14. Suministro de combustible:	51
1.14.1. Bomba Mecánica	51
1.14.2. Bomba Eléctrica	53
1.14.3. El Filtro de Aire	53
1.14.4. Colector de Admisión	55
1.15. Tipos de carburadores	56
1.15.1. Tipos y utilidades del Carburador	56
1.15.2. Carburador de difusor fijo:	57
1.15.3. Carburadores dobles:	59
1.15.4. Carburación de doble cuerpo o escalonados:	60
1.15.5. Carburadores cuádruples:	61
<i>CAPITULO II</i>	64
<i>2. Sistemas de Inyección Electrónica de Combustible</i>	64
2.1. Introducción a los Sistemas de Inyección	64
2.2. Componentes y Funcionamiento del Sistema de Inyección electrónica	65
2.3. Diferencias entre Carburador e Inyección Electrónica	66
2.4. Ventajas de los Sistemas de Inyección	67
2.4.1. Consumo reducido de combustible	67
2.4.2. Mayor potencia del motor	67

2.4.3. Gases de escape menos contaminantes _____	68
2.4.4. Mejor arranque en frío y fase de calentamiento _____	68
2.5. Clasificación de los Sistemas de Inyección _____	68
2.5.1. Según el funcionamiento _____	68
2.5.2. Según el tipo de inyección _____	68
2.5.3. Según el número de inyectores. _____	69
2.5.4. Según el número de inyecciones. _____	69
2.6. Sistemas de Inyección Monopunto _____	69
2.6.1. Características generales _____	70
2.6.2. Componentes Principales _____	70
2.6.2.1. Unidad Central de Inyección o Cuerpo de Mariposa _____	71
2.6.2.2. Regulador de Presión _____	71
2.6.2.3. Posicionador de Mariposa de Marcha Lenta _____	72
2.6.3. Sistema Bosch Mono-Jetronic _____	73
2.6.3.1. Componentes del sistema Mono-Jetronic _____	73
2.6.3.1.1. Bomba de Gasolina _____	74
2.6.3.1.2. Bujía _____	74
2.6.3.1.3. Caudalímetro _____	76
2.6.3.1.4. Cuerpo de la mariposa _____	76
2.6.3.1.5. Interruptor de la mariposa _____	76
2.6.3.1.6. Sensor de temperatura del refrigerante _____	77
2.6.1.7. Sistema de Admisión _____	78
2.6.3.1.8. Sistema de Alimentación _____	78
2.6.3.1.9. Sonda Lambda _____	80
2.6.3.1.10. Unidad de Control Electrónica (ECU) _____	80
2.7. Sistemas de Inyección Multipunto _____	81
2.7.1. Sistemas Inyección Indirecta (Bosch D y L-Jetronic) _____	81
2.7.2. Sistema de encendido Directo (DIS) _____	84
2.7.2.1. Ventajas del Sistema (DIS) _____	85
2.7.2.2. Componentes del Sistema (DIS) _____	85
2.7.2.2.1. Batería _____	85
2.7.2.2.2. Bobina _____	87
2.7.2.2.3. Bujías _____	88
2.7.2.2.4. Arco de Corriente _____	88
2.7.2.2.5. Cables _____	89
2.7.2.2.6. Componentes Electrónicos _____	90

2.7.2.2.6.1. Unidad de Control (ECU)	90
2.7.2.2.8. Funciones de la (ECU)	92
2.7.2.3. Control de la inyección de combustible	93
2.7.2.4. Módulo Electrónico de Encendido	95
2.8. Tipos de Sensores y Funcionamiento	96
2.8.1. Sensor MAP (Multiple Pressure Admission)	96
2.8.2. Sensor CKP (Crankshaft Position Sensor)	97
2.8.3. Sensor CMP (Camshaft Position Sensor)	98
2.8.4. Sensor de posición de mariposa (TPS)	98
2.8.5. Sensor de oxígeno	99
2.8.6. Sensor HALL	100
2.8.7. Sensor de temperatura del motor	100
2.8.8. Sensor de temperatura del aire (IAT)	101
2.8.9. Sensor de flujo de aire (Mass Air Flow)	102
2.8.10. Válvula de Control de Aire (Idle Air Control)	103
CAPITULO III	104
3. Analisis de gases contaminantes	104
3.1. Principales gases tóxicos	106
3.1.1. Monóxido de Carbono (CO)	106
3.1.2. Hidrocarburo (HC)	106
3.1.3. Oxido de Nitrógeno (NOx)	107
3.3. Medios para evitar la contaminación de gases del vehículo	108
3.3.1. Emisiones por el bloque	108
3.3.2. Emisiones por evaporación	108
3.4. Medios para evitar la contaminación de gases del escape	110
3.4.1. Emisiones por escape	110
3.4.1.1. Sonda Lambda	111
3.4.1.2. Válvula EGR	113
3.4.1.3. Catalizador	114
3.4.1.3.1. Tipos de Catalizador	115
Catalizador oxidante:	115
Catalizador de dos vías:	116
3.4.1.4. Sistema de diagnóstico OBD (on board diagnostics)	118
3.5. Análisis de gases	119

3.5.1. Interpretación de Averías _____	119
3.5.1.1. En el caso de vehículos sin catalizador _____	119

CAPITULO IV _____ 123

4. Cambio de sistema de carburación a sistema de inyección multipunto, con computadora programable _____ 123

4.1. Elección del vehículo _____ 123

4.2. Adaptación del subsistema de alimentación de combustible. _____ 124

4.2.1. Modificación del tanque de combustible _____	125
4.2.2. Adaptación de la bomba de combustible _____	126
4.2.3. Adaptación de filtro de combustible _____	129
4.2.4. Adaptación del riel de inyección _____	130
4.2.5. Adaptación de la válvula reguladora de presión _____	131
4.2.6. Adaptación de los conductos de gasolina _____	132

4.3. Adaptación del subsistema electrónico _____ 134

4.3.1. Selección y adaptación de la ECU _____	135
4.3.2. Selección y adaptación de los distintos sensores _____	137
4.3.2.1. Sensor de posición del cigüeñal CKP _____	137
4.3.2.2. Sensor de posición del acelerador TPS _____	141
4.3.2.3. Sensor de temperatura del aire ATS _____	141
4.3.2.4. Sensor de temperatura del agua WTS _____	142
4.3.2.5. Sensor de oxígeno _____	144
4.3.2. Selección y adaptación de los distintos actuadores _____	147
4.3.2.1. Selección y adaptación de los inyectores _____	147
4.3.2.2. Ubicación del relé principal _____	149
4.3.2.3. Adaptación del sistema de encendido _____	150
4.3.2.3.1. Adaptación de módulo de encendido _____	153
4.3.2.3.1. Adaptación de la bobina _____	154

4.4 Adaptación del subsistema de aire _____ 156

4.4.1. Construcción de la entrada múltiple _____	156
4.4.2. Adaptación del sistema de aceleración _____	157
4.4.2.1. Adaptación del cuerpo de aceleración _____	157
4.4.2.2. Acople del cable de aceleración _____	157
4.4.2.3. Adaptación de bases para cable de aceleración _____	158

CAPITULO V _____ 160

5. Puesta en funcionamiento y pruebas del nuevo sistema	160
5.1. Encendido del motor	160
5.2. Programación de la computadora programable	161
5.2.1. Características de la MicroSquirt	163
5.2.2. El proceso de ajuste	163
5.2.3. Etapas de comportamiento	165
5.2.4. Tablas de configuración	169
5.2.4.1. Tabla de Eficiencia Volumétrica	170
5.2.4.2. Tabla de relación aire-combustible	172
5.2.4.3. Tabla de avance al encendido	173
5.2. Pruebas realizadas	175
5.2.1. Pruebas de ruta	175
5.2.1.1. Comportamiento del vehículo	175
5.4.1.2. Consumo de combustible	176
5.4.2. Medición de gases	178
5.4.2.1. Análisis de gases con Carburador	179
5.4.2.2. Análisis de gases con MegaSquirt V2.2	179
5.4.2.3. Análisis de gases con MicroSquirt V3 (sin calibrar)	180
5.4.2.3. Análisis de gases con MicroSquirt V3 (Calibrada)	181
5.3. Dificultades para su puesta en marcha	182
5.3. Ajustes realizados	183
5.3.1. Ajustes mecánicos del motor	183
5.3.2. Ajustes del sistema eléctrico	184
5.3.3. Ajustes del sistema hidráulico	184
CONCLUSIONES	185
RECOMENDACIONES	187
Glosario de términos	188
BIBLIOGRAFÍA	190
Anexos	193
1. Revisión Vehicular (No pasó)	193
2. Revisión vehicular aprobada	194

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 El Carburador	22
Gráfico N° 2 Principios de carburación	24
Gráfico N° 3 Funcionamiento del Carburador	25
Gráfico N° 4 Funcionamiento del Carburador	26
Gráfico N° 5 Componentes del Carburador	30
Gráfico N° 6 Cuba del Carburador	33
Gráfico N° 7 Esquema del Surtidor	34
Gráfico N° 8 Esquema del Difusor	35
Gráfico N° 9 Curva de dosificación con corrección de Mezcla	37
Gráfico N° 10 Compensador de aire Surtidor Principal	39
Gráfico N° 11 Compensador de aire Surtidor Auxiliar	40
Gráfico N° 12 Economizador	42
Gráfico N° 13 Economizador por freno de combustible	43
Gráfico N° 14 Economizador con válvula reguladora de compensación	44
Gráfico N° 15 Bomba de Aceleración	45
Gráfico N° 16 Electroválvula de Corte	48
Gráfico N° 17 Sistema de Alimentación	49
Gráfico N° 18 Depósito de gasolina	50
Gráfico N° 19 Filtro de Gasolina	51
Gráfico N° 20 Bomba Mecánica	52
Gráfico N° 21 Bomba Eléctrica	53
Gráfico N° 22 Filtro de aire	54
Gráfico N° 23 Colector de Admisión	55
Gráfico N° 24 Carburador de difusor fijo	58
Gráfico N° 25 Carburador Doble	59
Gráfico N° 26 Carburador de doble cuerpo	61
Gráfico N° 27 Carburador Cuádruple	62
Gráfico N° 28 Colector de admisión Carburador Cuádruple	62
Gráfico N° 29 Colector de admisión Carburador Cuádruple	63
Gráfico N° 30 Esquema Sistema de Inyección Monopunto	70
Gráfico N° 31 Unidad Central de Inyección o Cuerpo de Mariposa	71
Gráfico N° 32 Regulador de Presión	72
Gráfico N° 33 Posicionador de Mariposa de Marcha Lenta	73
Gráfico N° 34 Sistema Bosch mono-jetronic	73
Gráfico N° 35 Bomba de Combustible Eléctrica	74

Gráfico N° 36 Bujía	75
Gráfico N° 37 Caudalímetro	76
Gráfico N° 38 Potenciómetro de la mariposa	77
Gráfico N° 39 Esquema Sensor de Temperatura Refrigerante	77
Gráfico N° 40 Esquema Sistema de Alimentación Combustible	78
Gráfico N° 41 Sonda Lambda	80
Gráfico N° 42 Unidad de control de encendido	80
Gráfico N° 43 Sistema Bosch D-Jetronic	82
Gráfico N° 44 Esquema Eléctrico Sistema D-Jetronic	82
Gráfico N° 45 Sistema Bosch L-Jetronic	83
Gráfico N° 46 Inyector de combustible	83
Gráfico N° 47 Esquema de los componentes de un sistema de encendido estático (DIS)	84
Gráfico N° 48 Batería	86
Gráfico N° 49 Esquema de una Bobina para el encendido tipo DIS	87
Gráfico N° 50 Diferencia de abertura en los electrodos	89
Gráfico N° 51 Cable de bujía	89
Gráfico N° 52 Unidad de Control ECU	91
Gráfico N° 53 Esquema Unidad de Control ECU	93
Gráfico N° 54 Esquema de encendido ECU	94
Gráfico N° 55 Módulo electrónico de encendido	95
Gráfico N° 56 Esquema de un sensor MAP	96
Gráfico N° 57 Sensor MAP	96
Gráfico N° 58 Sensor de revoluciones del cigüeñal	97
Gráfico N° 59 Sensor de posición de árbol	98
Gráfico N° 60 Señales voltaje Sensor TPS	98
Gráfico N° 61 Circuito del Sensor TPS	99
Gráfico N° 62 Sensor de Oxígeno	99
Gráfico N° 63 Localización sensores de oxígeno	99
Gráfico N° 64 Estructura básica del Sensor HALL	100
Gráfico N° 65 Sensor de Temperatura del Motor	101
Gráfico N° 66 Sensor de Temperatura del Aire	101
Gráfico N° 67 Esquema del Sensor de Temperatura de Aire	102
Gráfico N° 68 Sensor MAF	102
Gráfico N° 69 Flujo de Aire Controlado – Válvula IAC	103
Gráfico N° 70 Gases de escape	104
Gráfico N° 71 Combustión ideal con mezcla estequiométrica	104
Gráfico N° 72 Combustión real	105

Gráfico N° 73 Composición de gases de escape	105
Gráfico N° 74 Combustión incompleta	106
Gráfico N° 75 Elementos que generan contaminación	107
Gráfico N° 76 Análisis del comportamiento	110
Gráfico N° 77 Sonda Lambda	111
Gráfico N° 78 Válvula EGR	113
Gráfico N° 79 Ubicación del catalizador	114
Gráfico N° 80 Estructura del catalizador	114
Gráfico N° 81 Catalizador de oxidación	115
Gráfico N° 82 Esquema del catalizador de dos vías	116
Gráfico N° 83 Catalizador de tres vías	117
Gráfico N° 84 Estructura del catalizador de tres vías	118
Gráfico N° 85 OBD II	118
Gráfico N° 86 MicroSquirt V3.7	135
Gráfico N° 87 Esquema de comunicación	137
Gráfico N° 88 Despiece sistema de refrigeración	143
Gráfico N° 89 MICROSQUIRT V3.7	161

TABLA DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía No. 1: Land Rover Serie IIA</i>	123
<i>Fotografía No. 2: Desmontaje del tanque</i>	125
<i>Fotografía No. 3: Boquilla de retorno</i>	125
<i>Fotografía No. 4: Bomba mecánica</i>	126
<i>Fotografía No. 5: Bomba montada</i>	127
<i>Fotografía No. 6: Desmontaje de la bomba</i>	127
<i>Fotografía No. 7 Tapa para sellar motor</i>	127
<i>Fotografía No. 8 Sujeción de la bomba en la carrocería</i>	128
<i>Fotografía No. 9 Filtro de combustible</i>	129
<i>Fotografía No. 10 Posición del filtro</i>	129
<i>Fotografía No. 11 Puntos de perforación</i>	130
<i>Fotografía No. 12 Múltiple adaptado</i>	130
<i>Fotografía No. 13 Instalación del riel en el múltiple</i>	131
<i>Fotografía No. 14 Instalación en el motor</i>	131
<i>Fotografía No. 15 Válvula reguladora de presión</i>	132
<i>Fotografía No. 16 Conducto original de combustible</i>	132
<i>Fotografía No. 17 Direccionamiento de los conductos</i>	133
<i>Fotografía No. 18 Eliminación de cables eléctricos</i>	134
<i>Fotografía No. 19 Eliminación del cableado del tablero</i>	134
<i>Fotografía No. 20 Cable de comunicación</i>	135
<i>Fotografía No. 21 Arnés</i>	136
<i>Fotografía No. 22 Cableado del arnés</i>	136
<i>Fotografía No. 23 Desmontaje de polea</i>	138
<i>Fotografía No. 24 Adaptación de rueda fónica</i>	138
<i>Fotografía No. 25 Base del sensor CKP</i>	139
<i>Fotografía No. 26 Base con un punto de sujeción</i>	139
<i>Fotografía No. 27 Dos puntos de sujeción</i>	140
<i>Fotografía No. 28 Ajustes en la base</i>	140
<i>Fotografía No. 29 Posición del TPS</i>	141
<i>Fotografía No. 30 Posición del sensor ATS</i>	142
<i>Fotografía No. 31 Adaptación del sensor ATS</i>	142
<i>Fotografía No. 32 Sensor temperatura del Agua</i>	143
<i>Fotografía No. 33 Sensor de oxígeno</i>	144
<i>Fotografía No. 34 Acople del sensor</i>	145
<i>Fotografía No. 35 Perforación del tubo de escape</i>	145

<i>Fotografía No. 36 Medición de posición del sensor</i>	145
<i>Fotografía No. 37 Soldadura de la tuerca</i>	146
<i>Fotografía No. 38 Tuerca soldada al tubo de escape</i>	146
<i>Fotografía No. 39 Sensor en posición de trabajo</i>	146
<i>Fotografía No. 40 Carburador original</i>	147
<i>Fotografía No. 41 Inyector Audi-Volkswagen</i>	148
<i>Fotografía No. 42 Acople de inyectores en riel</i>	148
<i>Fotografía No. 43 Acople de inyectores en múltiple</i>	148
<i>Fotografía No. 44 O´ring a utilizar</i>	149
<i>Fotografía No. 45 Inyector armado</i>	149
<i>Fotografía No. 46 Instalación de relé</i>	150
<i>Fotografía No. 47 Distribuidor original</i>	150
<i>Fotografía No. 48 Desmontaje del distribuidor</i>	151
<i>Fotografía No. 49 Fractura del distribuidor</i>	151
<i>Fotografía No. 50 Tapa para el distribuidor</i>	152
<i>Fotografía No. 51 Esquema básico del módulo de encendido</i>	153
<i>Fotografía No. 52 Instalación de los módulos de encendido</i>	153
<i>Fotografía No. 53 Bobina DIS</i>	154
<i>Fotografía No. 54 Bobina DIS</i>	155
<i>Fotografía No. 55 Instalación de la bobina</i>	155
<i>Fotografía No. 56 Diferente tipo de capuchón</i>	155
<i>Fotografía No. 57 Ducto de aire adaptado</i>	156
<i>Fotografía No. 58 Puntos de sujeción</i>	156
<i>Fotografía No. 59 Instalación del cuerpo de aceleración</i>	157
<i>Fotografía No. 60 Sistema Instalado</i>	157
<i>Fotografía No. 61 Terminal original adaptado</i>	158
<i>Fotografía No. 62 Adaptación del cable de aceleración</i>	158
<i>Fotografía No. 63 Instalación de bases</i>	159
<i>Fotografía No. 64 Revisión del sistema eléctrico</i>	182
<i>Fotografía No. 65 Revisión del sistema hidráulico</i>	182
<i>Fotografía No. 66 Revisión del sistema de aceleración</i>	183

TABLA DE TABLAS

<i>Tabla N° 1 Cuadro comparativo Carburador – Inyección Electrónica</i>	<i>67</i>
<i>Tabla N° 2 Consecuencias de una mezcla incompleta</i>	<i>112</i>
<i>Tabla N° 3 Rango de gases</i>	<i>119</i>
<i>Tabla N° 4 Funcionamiento correcto</i>	<i>119</i>
<i>Tabla N° 5 Fallas de economización</i>	<i>120</i>
<i>Tabla N° 6 Escape roto</i>	<i>120</i>
<i>Tabla N° 7 Fallo de encendido</i>	<i>121</i>
<i>Tabla N° 8 Mezcla rica</i>	<i>121</i>
<i>Tabla N° 9 Mezcla pobre</i>	<i>122</i>
<i>Tabla N° 10 Medición de gases en bajas revoluciones</i>	<i>178</i>
<i>Tabla N° 11 Medición de gases en altas</i>	<i>178</i>

TABLA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Pantalla principal</i>	162
<i>Ilustración 2 Vehículo en contacto</i>	165
<i>Ilustración 3 Vehículo encendido en frío</i>	167
<i>Ilustración 4 Vehículo a temperatura de trabajo</i>	168
<i>Ilustración 5 Datos a corregir</i>	169
<i>Ilustración 6 Programación de la tabla VE</i>	170
<i>Ilustración 7 Simulando la presión absoluta del múltiple</i>	171
<i>Ilustración 8 Información AFR</i>	172
<i>Ilustración 9 Se observa cambios</i>	173
<i>Ilustración 10 Datos en ralentí</i>	173
<i>Ilustración 11 Datos de la ECU programada</i>	174

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. EL CARBURADOR

1.1. Historia

Los orígenes del carburador se remontan a los años 1850, cuando aparece al mismo tiempo que el motor de gasolina – Otto. Este componente era el elemento indispensable para permitir y regular la mezcla de combustible y gases que entraban al motor formando un vapor con las cualidades más idóneas para la combustión. Entonces, dependiendo de la cantidad de vapor de combustión que ingresa a los cilindros, se controlan las revoluciones del motor y con ello la generación de la potencia y velocidad desarrollada del mismo. (KMPH, 2013).

Con los continuos avances tecnológicos de la industria automotriz, el carburador alcanza su apogeo en la década de 1980. En la actualidad, debido a que se busca la optimización de desempeño de los motores modernos, el carburador ha sido reemplazado paulatinamente a partir de los años 1990 por nuevos componentes como son los inyectores o bomba de inyección, para evitar mezclas demasiado pobres o ricas en aire y para reducir a la vez la emisión de gases contaminantes, siguiendo las políticas de protección medioambiental establecidas para la industria, en distintos acuerdos y regulaciones internacionales y estatales. Aun así, los carburadores se siguen empleando en

motores de dos tiempos de máquinas pequeñas, moto sierras, motocicletas scooter, ciclomotores, etc.

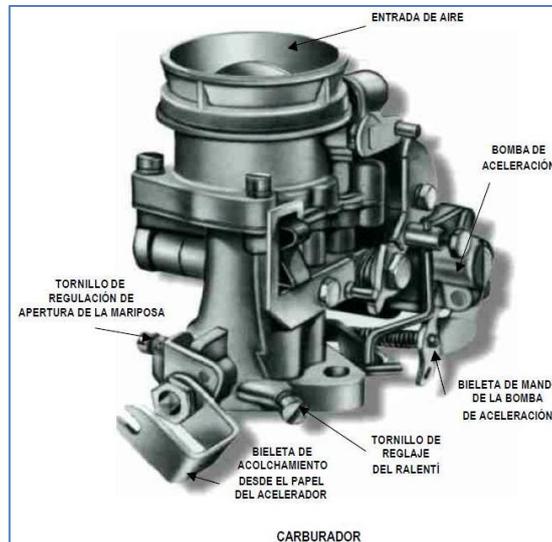


Gráfico N° 1 El Carburador¹

1.2. Carburación

1.2.1. Sistema de Carburación

El Sistema de Carburación, tiene el propósito de mezclar una determinada cantidad de gasolina y una determinada de aire, y al mismo tiempo suministrar una proporción adecuada de esta mezcla vaporizada a cada cilindro para su combustión. El carburador debe ser capaz de mantener la mezcla aire combustible adecuada para los distintos regímenes de funcionamiento del motor. El carburador cuenta con varios circuitos que al funcionar de forma coordinada consiguen una eficacia aceptable (Águeda, 2009).

¹ <http://2.bp.blogspot.com/Carburador1.jpg>

1.2.2. Principios de la Carburación

La carburación consiste en la formación de la mezcla gasolina y aire con fin de obtener un gas combustible. El carburador ejecuta esta función, suministrando una mezcla de combustible de diferentes grados de riqueza, adecuados a las condiciones de funcionamiento del motor. (Crouse, 2003)

La mezcla debe ser rica; es decir debe tener un alto porcentaje de combustible para el arranque, aceleración y funcionamiento a alta velocidad. En cambio, con el motor caliente y funcionando a una velocidad intermedia, es conveniente una mezcla menos rica. El carburador tiene diferentes circuitos por medio de los cuales fluye la mezcla aire-combustible durante las diferentes condiciones de funcionamiento. Estos circuitos producen los diferentes grados de riqueza de la mezcla necesarios para las diferentes condiciones de funcionamiento. (Crouse, 2003)

La carburación del motor se cumple en distintas etapas. Cuando los pistones descienden en el tiempo de admisión se crea un vacío parcial en el cilindro absorbiendo el aire y haciéndolo pasar por el carburador. La cantidad de aire que pasa es limitada por una aleta basculante, llamada regulador de mariposa. La apertura y cierre del regulador son controlados por el acelerador. La gasolina procedente de la cuba del carburador se incorpora a la corriente de aire en el estrechamiento del conducto, llamado Venturi o difusor. Al pasar la corriente de aire por el Venturi aumenta su velocidad y en esta zona de bajas presiones se absorbe la gasolina.

De esta breve descripción, podemos señalar que en la práctica un carburador como este no resultaría satisfactorio ya que el aire y la gasolina no tienen las mismas características de flujo. En consecuencia, la mezcla se enriquecería progresivamente al aumentar el flujo de aire, y llegaría un momento en que la mezcla sería demasiado rica.

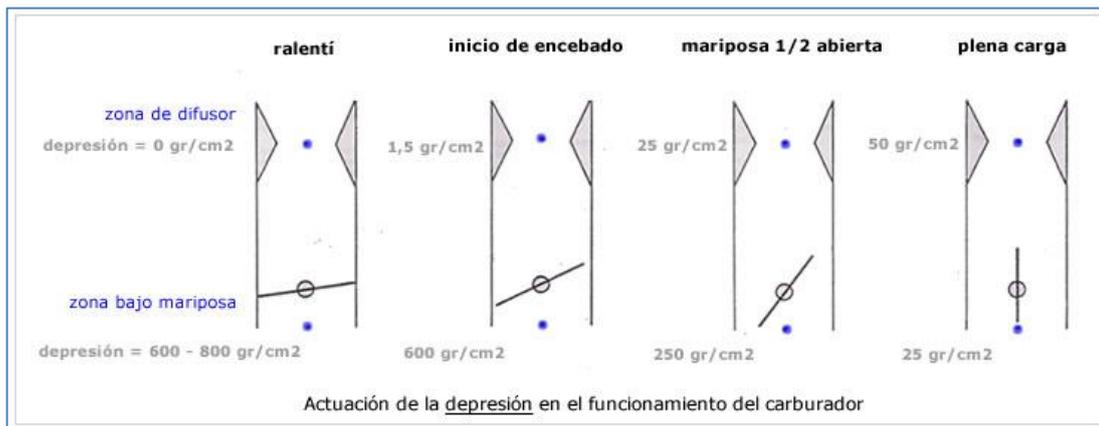


Gráfico N° 2 Principios de carburación²

1.3. Funcionamiento del Carburador

El principio del funcionamiento del carburador se basa en la depresión que originan los pistones del motor en su carrera de bajada hacia el PMI. (Castro, Enciclopedia del Automóvil, 2002)

El objetivo del carburador es conseguir la mezcla de aire-gasolina en la proporción adecuada según las condiciones de funcionamiento del automóvil. El funcionamiento del carburador se basa en el efecto Venturi que provoca que toda corriente de aire que pasa por una canalización, genere una depresión (succión) que se aprovecha para arrastrar el combustible proporcionado por el propio carburador. La depresión creada en el carburador dependerá de la velocidad de entrada del aire que será mayor cuanto menor sea la sección de paso de las canalizaciones.

² <http://2.bp.blogspot.com/Carburador1.jpg>

Conceptualmente, en física, entendemos como depresión, cuando en un determinado punto hay una presión inferior a otra que se toma como referencia. Si entre dos puntos hay distinta presión y están comunicados entre sí mediante una tubería, el aire irá desde el punto de mayor presión al de menor presión. Entonces, el segundo punto estará en depresión respecto al primero.

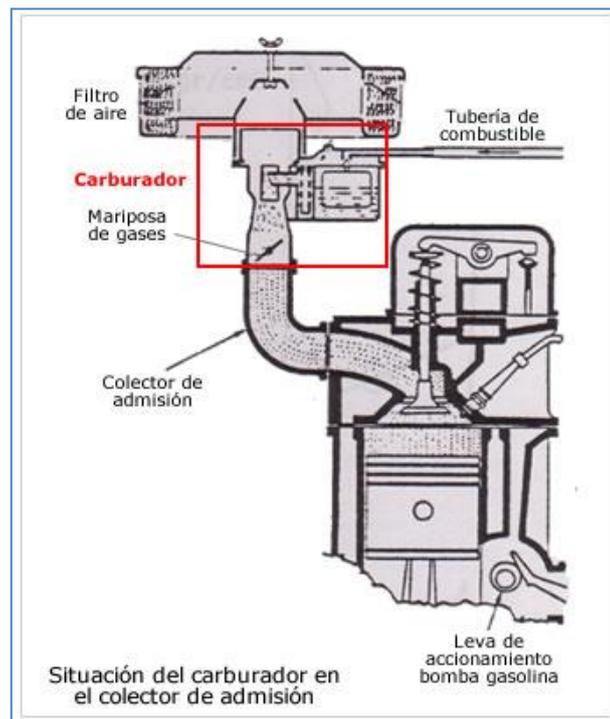


Gráfico N° 3 Funcionamiento del Carburador³

El funcionamiento de un carburador, por ser un elemento mecánico depende de la depresión que crean los pistones del motor. Si dentro de la canalización tenemos un estrechamiento (difusor o Venturi) para aumentar la velocidad del aire y en ese mismo punto se coloca un surtidor comunicado a una cuba con combustible a nivel constante, la depresión que se provoca en ese punto producirá la salida del combustible por la boca del surtidor que se mezclará

³ <http://www.aficionadosalamecanica.net/carburador.htm>

con el aire que pase en ese momento por el estrechamiento, siendo arrastrado hacia el interior de los cilindros del motor.

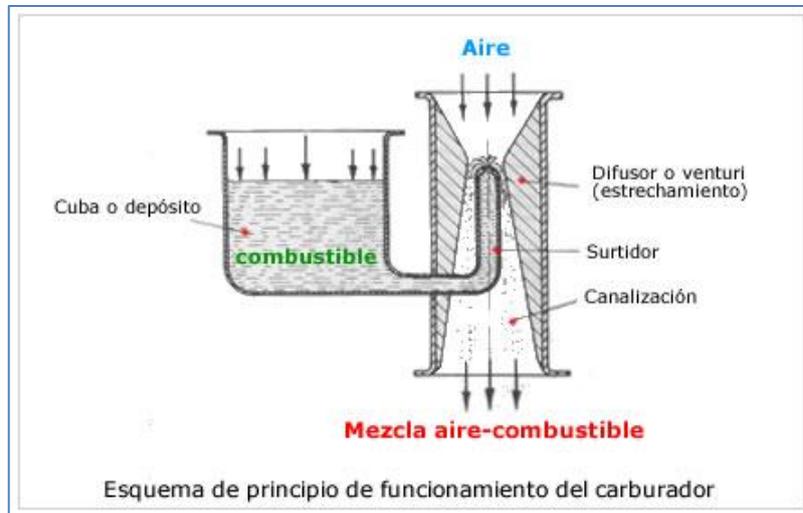


Gráfico N° 4 Funcionamiento del Carburador⁴

Cuando el motor está detenido todos los puntos están a la misma presión (presión = presión atmosférica), con lo que no hay movimiento, ni aspiración de aire o mezcla de combustible. Cuando el pistón realiza su recorrido descendente en el tiempo de admisión se provoca un vacío en la cámara de combustión, por lo que su presión absoluta es muy inferior a la atmosférica, es decir, se produce una gran depresión. Esta depresión se transmite al carburador y hacia el exterior a través de la tubería de admisión, lo que ocasiona la entrada en funcionamiento del carburador proporcionando gasolina que se mezcla con el aire que ingresa debido a la depresión, formando la mezcla que se quemará en el interior de la cámara de combustión del motor. (Palomares, 2007)

La depresión se transmitirá mejor cuando existan menos obstáculos. Si la mariposa del carburador está cerrada, esta actuará como una barrera frente a la misma, por lo que sobre ella la depresión será muy pequeña, es decir, la presión será prácticamente igual a la atmosférica. Sin embargo, por debajo la depresión será muy elevada, aproximadamente entre 600 y 800 gr/cm².

⁴ <http://2.bp.blogspot.com/Carburador1.jpg>

Al irse abriendo la mariposa, la depresión se transmite a la zona del difusor, disminuyendo la misma en la zona por debajo de esta. Al aumentar la sección de paso en la mariposa, el caudal de aire que pasará será mayor y la depresión en el difusor también será mayor por lo que arrastrará más gasolina del surtidor hacia los cilindros.

1.3.1. Mezcla Aire-Combustible.

Es la mezcla aire-gasolina que una vez introducida en las cámaras de combustión; combustiona y se expansiona aprovechándose dicha expansión para, a través de pistones y transmisión, impulsar el vehículo.

La mezcla combustible está compuesta por gasolina (combustible) y aire (comburente).

La energía química de la combustión se obtiene al quemarse el combustible. Luego, sin combustible (sólo con aire) no puede haber combustión. Así mismo es necesaria la presencia de aire para que esta combustión pueda llevarse a cabo. Luego para que la combustión se realice, es necesario que haya una correcta dosificación de aire y combustible. (Palomares, 2007)

1.3.2. Condiciones requeridas para la mezcla de combustible

1.3.2.1. Relación aire-carburante

La mezcla aire-combustible es el fundamento de la carburación que consiste en la relación directa del combustible con su comburente (aire). Esta relación determina la mezcla gaseosa de aire-combustible que se quema en el interior de los cilindros. El combustible más empleado para la alimentación en los motores con carburador es la gasolina.

$$Re = \frac{\text{peso de combustible}}{\text{peso de aire}} = \frac{1}{15,3}$$

La mezcla ideal que debe proporcionarse a los cilindros del motor es de 15 Kg. de aire por 1 Kg. de combustible. Esta relación se le llama punto estequiométrico, es decir, el balance ideal para una buena combustión que dé como resultado una potencia adecuada al motor y una emisión controlada de los gases de escape. Así, se considera como idónea para la completa combustión del carburante, una mezcla de aproximadamente 14,7 partes de aire y 1 parte de gasolina (denominada mezcla perfecta). (Salvat, 2009)

La mezcla debe cumplir con ciertas condiciones fundamentales, tales como: riqueza para el arranque; menor riqueza para ralentí y poca velocidad, mucha riqueza para aceleraciones y velocidades altas. Esta mezcla debe darse dentro de ciertos parámetros, como son los siguientes:

CORRECTAMENTE DOSIFICADA: la dosificación exacta de la mezcla viene determinada por la relación estequiométrica (R_e) o relación teórica que se deriva de la cantidad de aire necesario para quemar una cantidad exacta de combustible.

De manera experimental se ha probado que la dosificación. 1/15,3 (1 parte de gasolina por 15,3 partes de aire) es la que se combustiona en su totalidad. Por consiguiente es conveniente que la mezcla combustible suministrada al motor sea en esa proporción.

La dosificación de combustible puede alcanzar el llamado “límite de inflamabilidad”. Esto sucederá cuando la dosificación de la mezcla llega a un punto en que la mezcla ya no combustiona, ya sea por exceso de gasolina (excesivamente rica) o por defecto de gasolina (excesivamente pobre).

Algunas de las relaciones de equilibrio más importantes de destacar para las dosificaciones de combustible, son las siguientes:

- Dosificación mínima para ralentí $1/22$ ($r = 0,7$)
- Dosificación máxima para arranque en frío $1/4,5$ ($r = 3,3$)
- Dosificación para potencia máxima $1/12,5$ ($r = 1,2$)

- Dosificación para máximo rendimiento 1/18 ($r = 0,85$)

La relación estequiométrica (Re) para los combustibles empleados en motores de explosión debe igualmente enmarcarse en los siguientes parámetros: (Salvat, 2009)

PULVERIZACIÓN O VAPORIZACIÓN: Es una de las características principales de los combustibles empleados en los motores con carburador. La vaporización del combustible durante la carburación se consigue en dos fases:

- En la primera fase, con una eficaz pulverización de combustible a nivel del surtidor, cuando este sale en finas gotas que se mezcla rápidamente con el aire.

- En la segunda fase, durante la admisión, debido al calor cedido por los colectores y cilindro, cuando el motor trabaja a su temperatura de régimen. La vaporización se completa durante la compresión de la mezcla, al absorber ésta el calor desarrollado por la transformación de la energía aportada por el volante.

HOMOGENEIDAD: La mezcla en el interior del cilindro debe ser homogénea en toda su masa gaseosa, para que la propagación de la llama sea uniforme, lo cual se consigue por la turbulencia creada a la entrada por la válvula de admisión y por la forma adecuada de la cámara de combustión.

REPARTICIÓN DE LA MEZCLA: La mezcla debe llegar en las mismas condiciones e igual cantidad a todos los cilindros para cada régimen de funcionamiento, con el fin de obtener un funcionamiento equilibrado del motor. La igualdad en el llenado se consigue con colectores de admisión bien diseñados e igualmente equilibrados. De este modo la velocidad de la mezcla al pasar por ellos es la misma para todos los cilindros. A veces es necesario disponer varios carburadores para un llenado correcto de los cilindros, como ocurre en los motores de alto rendimiento o de muchos cilindros.

1.4. Componentes de un carburador

Según Castro (2006), para lograr obtener dosificaciones de mezcla adaptadas a todas las condiciones de funcionamiento del motor, adicionalmente al carburador elemental, se requieren diferentes dispositivos para la corrección automática de la mezcla, entre las cuales se cuentan:

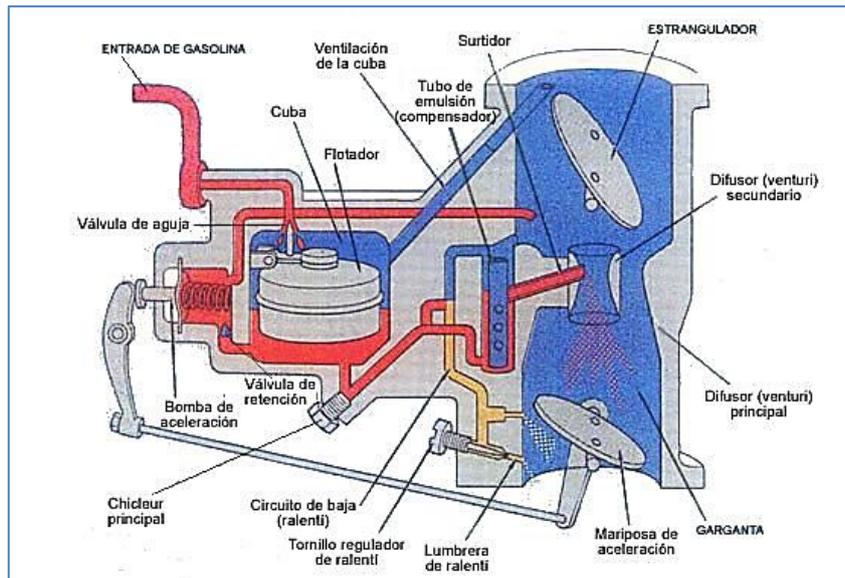


Gráfico N° 5 Componentes del Carburador⁵

Cuerpo: Es la estructura que contiene todos los elementos necesarios para el funcionamiento del carburador. Un carburador puede ser de uno o varios cuerpos. El carburador de un solo cuerpo es generalmente utilizado en los motores en línea hasta 6 pistones. El carburador de dos o más cuerpos es utilizado para para motores en V y horizontales. Los carburadores cuádruple se utilizan en motores de alto rendimiento.

Deposito o taza: Es donde se almacena la gasolina que proviene del sistema de alimentación de combustible. Aquí tenemos un punzón o aguja que está unida al flotador que se encuentra en la taza permitiendo la entrada o no de gasolina al interior de la taza.

⁵ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-carburador/carburador-descrip.jpg>

Aguja o punzón: Se encarga de impedir o permitir la entrada de combustible a la taza, tapando o destapando un pequeño orificio, de acuerdo al nivel existente dentro de la taza o depósito del carburador.

Flotador: Este elemento sube o baja dentro de la taza de acuerdo con la cantidad de combustible disponible. Se encarga de ordenar mediante un vástago cuando la aguja debe permitir o impedir la entrada de combustible a la taza.

Surtidor o “chicler”: Es una pieza metálica atravesada por un pequeño orificio calibrado por donde pasa aire o gasolina. Algunos carburadores modernos incluyen chicler eléctricos o electrónicos.

Boquilla de inyección: Forma parte del cuerpo del carburador, tiene un estrangulamiento llamado Venturi que tiene como función acelerar la salida de aire y crear una depresión necesaria para la aspiración de la gasolina.

Lamina de gases: Es una pequeña lámina metálica ubicada en la base del carburador. Se encarga de regular el volumen de gas carburado que debe ingresar al motor luego de atravesar el sistema múltiple de admisión.

Choke: Este componente se encarga de alterar la entrada de aire que se debe mezclar con la gasolina para enriquecer la mezcla carburada aumentando la proporción de gasolina que permite obtener un mejor encendido en frío. El sistema de choke puede ser accionado de manera mecánica o por un efecto térmico que lo activa abriéndolo progresivamente mientras el motor se calienta.

Difusor: Permite que la corriente de aire aumenta la velocidad al pasar por este, creándose una fuerte depresión que produce la aspiración de la gasolina.

Centrador-surtidor: Actúa cuando se produce la depresión en el difusor, esta hace que salga del centrador la gasolina.

Calibre del circuito principal: Su misión es regular el caudal que llega al surtidor de gasolina.

Flotador: Su misión es abrir o cerrar el sistema de aguja.

Calibre soplador: Toma aire por encima de la mariposa de estrangulación y lo introduce en el surtidor principal.

Surtidor principal: Tiene unos orificios por los que se mezcla el aire con la gasolina y a su vez se regula.

Calibre de ralentí: Regula la cantidad de gasolina que suministra la cuba al circuito de ralentí. Su orificio tiene un diámetro que hace que solo pueda pasar la mezcla estipulada por el fabricante.

Tornillo de reglaje: Regula la riqueza de la mezcla de gasolina, aportando más o menos aire, dependiendo de la posición del tornillo de riqueza.

Conducto de ralentí: Permite el suministro de la mezcla para el ralentí.

Bomba de aceleración: Es un componente con accionamiento mecánico, que vierte gasolina a la altura del difusor; mediante un sistema ubicado junto a la mariposa de gases.

Econostato: De igual manera que el circuito de la bomba de aceleración, también vierte gasolina por encima del difusor, pero lo hace en función de la depresión que haya en el motor.

Economizador: Su funcionamiento depende de la depresión para suministrar una mayor o menor cantidad de gasolina al surtidor principal.

Conducto del economizador: Toma el vacío generado por el motor del economizador.

Conducto de salida del economizador: Cumple la función de llevar la gasolina desde el economizador hasta el surtidor principal.

Mariposa de arranque en frío: Este elemento proporciona un mayor o menor volumen de aire en función de la temperatura del motor. Se encuentra situada por encima del difusor y permite la entrada en de aire, de forma manual o automática.

1.5. Características Principales de un Carburador

Los carburadores tienen distintas características de acuerdo con los fabricantes de automóviles, pero todos tienen tres elementos esenciales, que son:

- La cuba
- El surtidor
- El difusor
- Efecto Venturi

1.5.1. La cuba

Consiste en un pequeño depósito en el carburador que sirve para mantener en nivel constante el flujo de gasolina en el carburador, la cual es a conducida por la bomba de alimentación. Ese nivel constante se mantiene por medio de un flotador con aguja que abre o cierra el conducto de comunicación, es decir, de alimentación entre la cuba y el depósito de gasolina. (Castro: 2006)

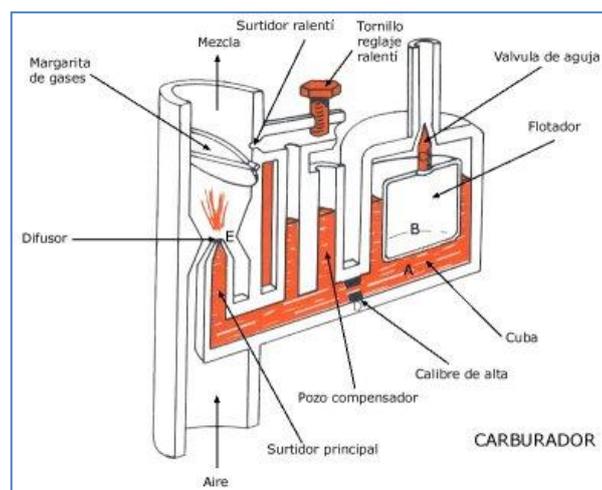


Gráfico N° 6 Cuba del Carburador⁶

⁶ <http://www.almuro.net/sitios/Mecanica/carburacion.asp?sw05=1>

1.5.2. El surtidor

El surtidor es un tubo estrecho y alargado a través del cual pasa la gasolina desde la cuba. El surtidor es comúnmente conocido con el nombre de "gicler". En concreto, el surtidor pone en comunicación la cuba con el conducto de aire, donde se efectúa la mezcla carburada de aire y gasolina. (Castro: 2006)

El vacío parcial tiene lugar en el Venturi, justamente donde está situado el extremo del surtidor de combustible, en el otro extremo se ubica un pequeño depósito de combustible (cuba de flotador). Debido al vacío existente en el extremo superior del surtidor, la presión atmosférica que actúa sobre el combustible a través de un orificio de aireación en la cuba de flotador, empuja al líquido a lo largo de dicho surtidor, ingresando al centro de la corriente de aire, bajo la forma de lluvia fina que velozmente se convierte en vapor.

Cuanto mayor cantidad existe de aire forzado a pasar por el conducto de admisión del carburador, mayor será el grado de vacío en el difusor y más combustible será absorbido del surtidor (Crouse, 2003).

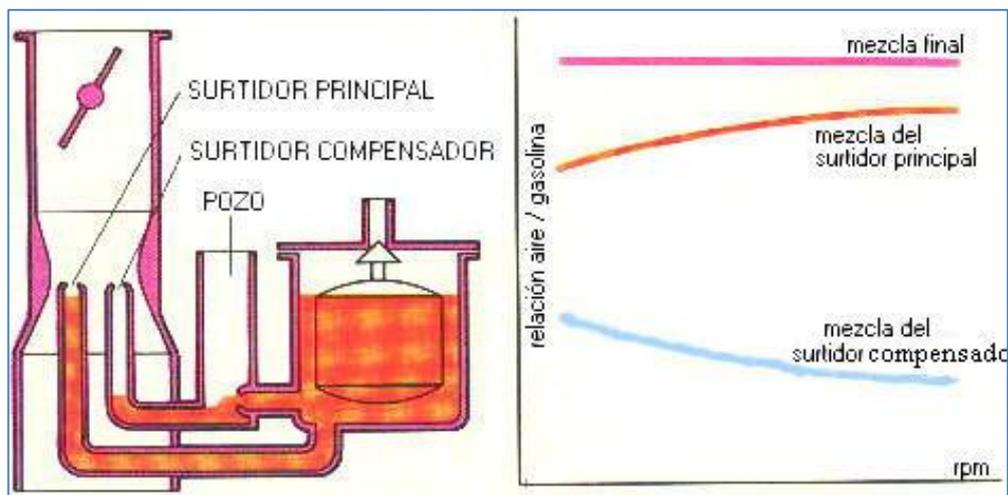


Gráfico N° 7 Esquema del Surtidor⁷

⁷ http://www.cec.uchile.cl/~roroman/pag_2/CARBU/a1.jpg

1.5.3. El difusor

Es un estrechamiento del tubo por el que pasa el aire para efectuar la mezcla. Este estrechamiento se llama difusor o Venturi. El difusor no es más que una aplicación práctica del llamado "Efecto Venturi". (Castro: 2006)

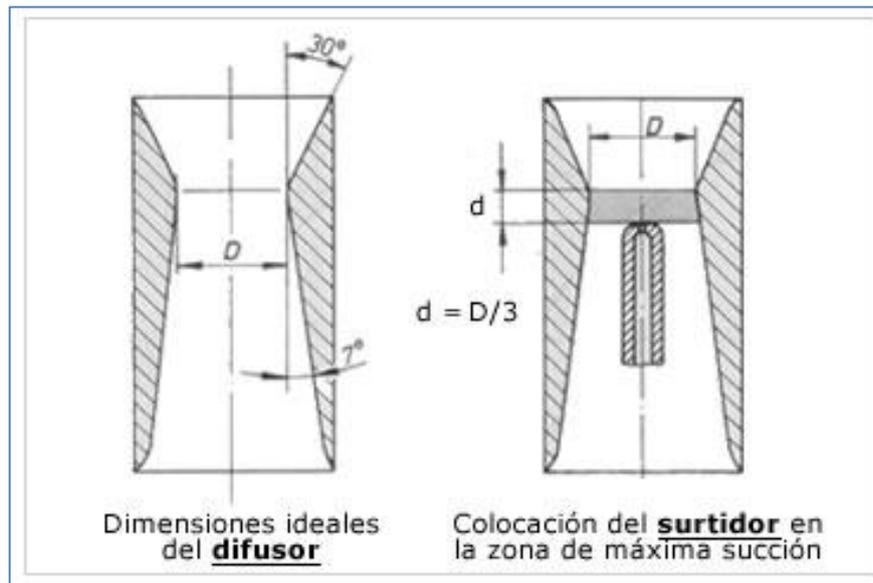


Gráfico N° 8 Esquema del Difusor⁸

1.5.4. Efecto Venturi

Este fenómeno toma su nombre del físico italiano Giovanni Batista Venturi (1746-1822), quien lo descubrió aplicando la ecuación de Bernoulli. Este efecto se produce cuando al circular un fluido por un conducto cerrado que se estrecha en un punto determinado, provoca un aumento de la velocidad del fluido circulante aumentando también la capacidad de succionar otros fluidos que pudieran encontrarse en conductos adyacentes. (Enciclopedia Salvat del automóvil: 2009)

La cantidad de gasolina que pasa con el fin de lograr una óptima proporción (1:14.700), es regulada por el calibrador o el difusor o Venturi.

⁸ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-carburador/difusor-dimensiones.jpg>

Por su parte, el colector de admisión, por donde entra el aire del exterior a través de un filtro, se estrecha a la altura del difusor para activar el paso del aire y absorber la gasolina del difusor que llega ya mezclada a los cilindros. La corriente del colector es producida por los pistones en el cilindro durante el tiempo de admisión.

Una válvula de mariposa sirve para regular la cantidad de mezcla se sitúa a la salida del carburador permitiendo el paso de más o menos mezcla al ser accionada cuando se pisa el pedal del acelerador.

1.6. Sistema automático corrector de mezcla (compensador)

De acuerdo a Castro (2002), para frenar el gasto de combustible cuando el motor se encuentra a altas revoluciones existe el compensador, en este el mismo aire de aspiración que circula a gran velocidad se encargara de frenar la salida de combustible por el surtidor.

Cuando hablamos del carburador elemental, podemos decir que a grandes velocidades y cuando aumenta el número de revoluciones del motor, también aumenta innecesariamente el enriquecimiento de la mezcla, esto significa, que se produce igualmente un incremento innecesario del consumo de combustible. Para poder evitar este inconveniente el aire de aspiración que circula a gran velocidad se encarga de frenar la salida de combustible por el surtidor.

Entonces estamos hablando de la necesidad del sistema corrector de mezcla que puede ser de dos tipos: (Castro, 2002)

- Por compensación del aire sobre el surtidor principal.
- Con surtidor auxiliar y pozo de compensación.

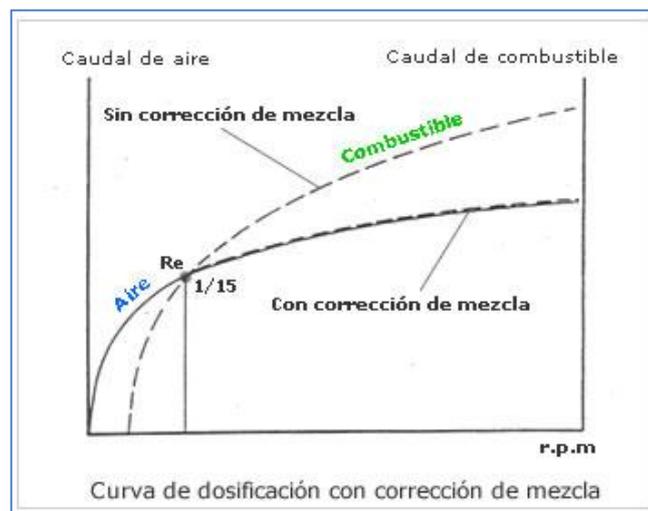


Gráfico N° 9 Curva de dosificación con corrección de Mezcla⁹

⁹ <http://www.naikontuning.com/mecanica/alimentacion-gasolina/carburador/curva-correccion.jpg>

1.7. Corrector de mezcla por compensación en el surtidor principal

Este sistema consiste en que en el surtidor principal se introduce un pequeño tubo llamado pozo compensador o emulsionador. Este componente tiene varios orificios a distintas alturas, y se comunica en su parte superior con el colector de admisión por medio de un orificio calibrado llamado soplador. (Castro, 2002)

Cuando el motor funciona a régimen normal, el calibre principal proporciona un flujo de combustible necesario para el funcionamiento del motor dentro del rango de la dosificación teórica, por lo tanto, el pozo compensador se mantiene se mantiene lleno hasta el nivel establecido y con todos los orificios del tubo compensador tapados.

Cuando aumenta la depresión en el surtidor, debido al mayor número de revoluciones del motor, la succión de combustible es mayor de la que deja pasar el calibre, provocando que el nivel del surtidor baje. Al quedar libres los orificios del tubo emulsionador se establece una corriente de aire que entra por el calibre de aire y sale por los orificios destapados. Esta corriente de aire se mezcla con el combustible que sale por el surtidor y proporciona, de esta manera, un caudal de combustible rebajado a la corriente de aire que pasa por el difusor. (Castro, 2002)

Cuanto mayor sea el número de revoluciones del motor, mayor será la depresión y descenso del nivel del pozo, con lo que al destaparse mayor número de orificios la cantidad de aire que entra por ellos es mayor y, por tanto, la cantidad de combustible que sale por el surtidor se empobrece en la en la misma proporción.

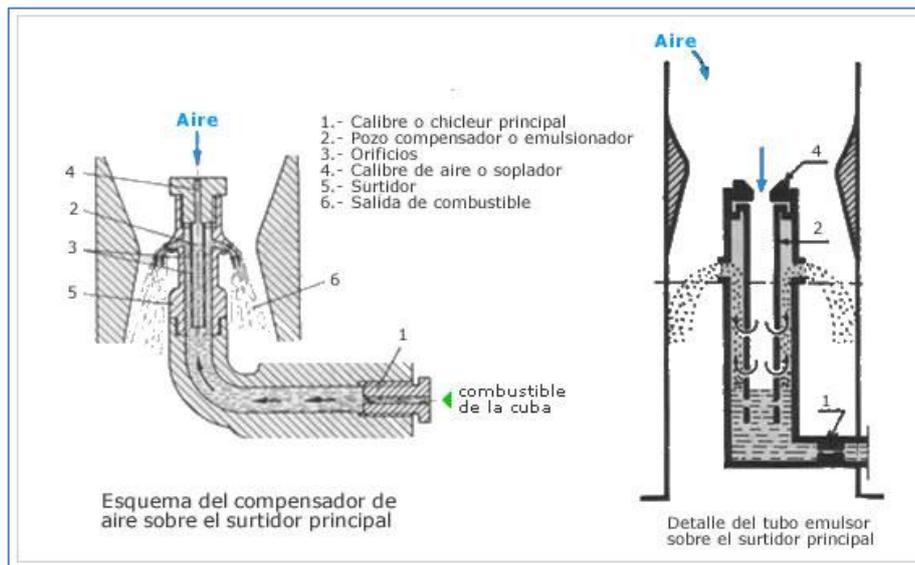


Gráfico N° 10 Compensador de aire Surtidor Principal¹⁰

1.8. Corrector de mezcla con surtidor auxiliar y pozo de compensación

En otros casos el sistema compensador o corrector de mezcla consiste en añadir un surtidor más. En esta situación tenemos además del surtidor principal otro surtidor auxiliar que es alimentado directamente por la cuba cuyo caudal es controlado por un calibre de menor paso y un pozo compensador intermedio que se comunica con la atmósfera a través de un calibre de aire. (Castro: 2002)

¹⁰ http://i200.photobucket.com/albums/aa142/beluch_2007/compensador-esquema.jpg

Ambos surtidores están calibrados, para que en forma conjunta provean un caudal de combustible correspondiente a la dosificación teórica en marcha normal de funcionamiento del motor. Estos surtidores no pueden intercambiarse entre sí.

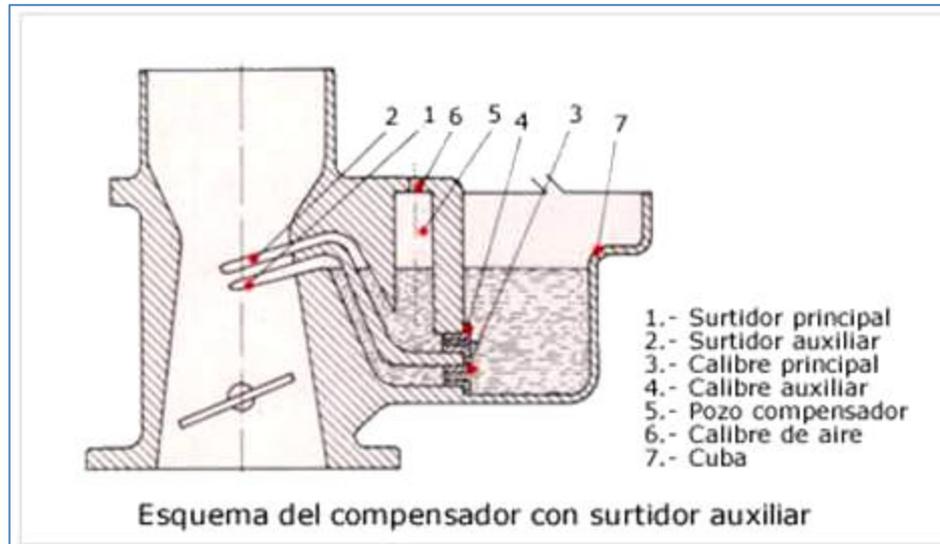


Gráfico N° 11 Compensador de aire Surtidor Auxiliar¹¹

1.8.1. Funcionamiento

Cuando la depresión en el difusor sobrepasa a la de funcionamiento normal, se presenta una aportación de combustible inversamente proporcional a su diámetro para la misma succión, entonces baja el nivel del pozo y al ser mayor el recorrido para salir del surtidor se disminuye el suministro de combustible, con lo cual la mezcla se empobrece progresivamente. (Castro, 2002)

Cuando el pozo compensador se ha vaciado, se produce una corriente de aire que pasa por el calibre arrastrando el combustible para mezclarse con la mezcla del surtidor principal y proporcionando a los cilindros una mezcla de máximo rendimiento en cuanto a la dosificación de la misma.

¹¹ http://i200.photobucket.com/albums/aa143/beluch_2007/compensador-esquema.jpg

1.9. Economizadores

Castro (2006) menciona que la acción empobrecedora del sistema compensador puede ser fortalecida en ciertos momentos a través del uso de economizadores, que funcionan sobre la cantidad de combustible de la mezcla o sobre la cantidad de aire. El sistema compensador de mezcla no toma en cuenta la apertura de la mariposa, enriqueciendo la mezcla para chicas aperturas de mariposa, no obstante para grandes aperturas, la mezcla se empobrece excesivamente al entrar gran cantidad de aire en los cilindros.

Según Castro (2006), los economizadores de combustible actúan cuando se requiere una gran potencia del motor y enriquecer la mezcla cuando se requiere esta fuerza en la zona de máxima apertura de mariposa. Los economizadores tienen la función de compensar la acción empobrecedora del sistema.

Estos componentes actúan sobre la cantidad de combustible de la mezcla o sobre la cantidad de aire. El sistema compensador o corrector de mezclas no tiene en cuenta la apertura de la mariposa, enriqueciendo la mezcla para pequeñas aperturas de mariposa. Sin embargo, para grandes aperturas al entrar gran cantidad de aire en los cilindros la mezcla se empobrece demasiado.

Los economizadores de combustible actúan en los momentos en que no se necesita una gran potencia del motor y enriquecen la mezcla cuando se necesita esta potencia en la zona de máxima apertura de mariposa.

Los sistemas empleados pueden ser de dos tipos:

- Economizador por freno de combustible
- Economizador por regulación del aire de compensación

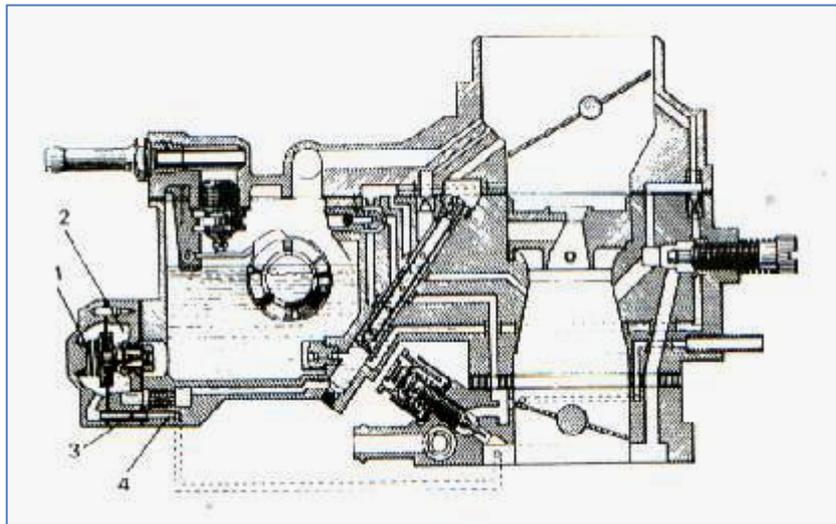


Gráfico N° 12 Economizador¹²

1.9.1. Economizadores por freno de combustible

Tenemos diferentes tipos de economizado es por frenado de combustible, entre estos: (Castro: 2002)

Sistema de econostato simple: es uno de los más utilizados, consiste en un tubo sobrealimentador de paso calibrado, que se halla sumergido directamente en la cuba y desemboca en la entrada de aire principal del colector por encima del difusor.

Este sistema funciona por succión directa del combustible cuando la velocidad del aire a su paso por el colector es lo suficientemente elevado para succionar el combustible por la boca del tubo.

¹² www.mecanica virtual.org

La principal ventaja de este sistema, es que puede utilizar un surtidor principal de menor diámetro, capaz de suministrar un caudal de combustible adecuado y en combinación con el sistema compensador. Se emplea para dosificaciones de máximo rendimiento en el motor (1/18) y en los momentos de plena carga, cuando se solicita la máxima potencia del motor. El econostato suministra el caudal de combustible complementario para una dosificación de máxima potencia (1/12,5), con lo cual se consigue una economía de combustible a bajos regímenes de funcionamiento del motor y una mezcla rica en las máximas prestaciones de potencia.

Sistema de econostato comandado: consiste en un circuito sobrealimentador de combustible en el circuito principal. Está regulado por una válvula de membrana, la que a su vez es controlada por un tubo de vacío situado por debajo de la mariposa de gases.

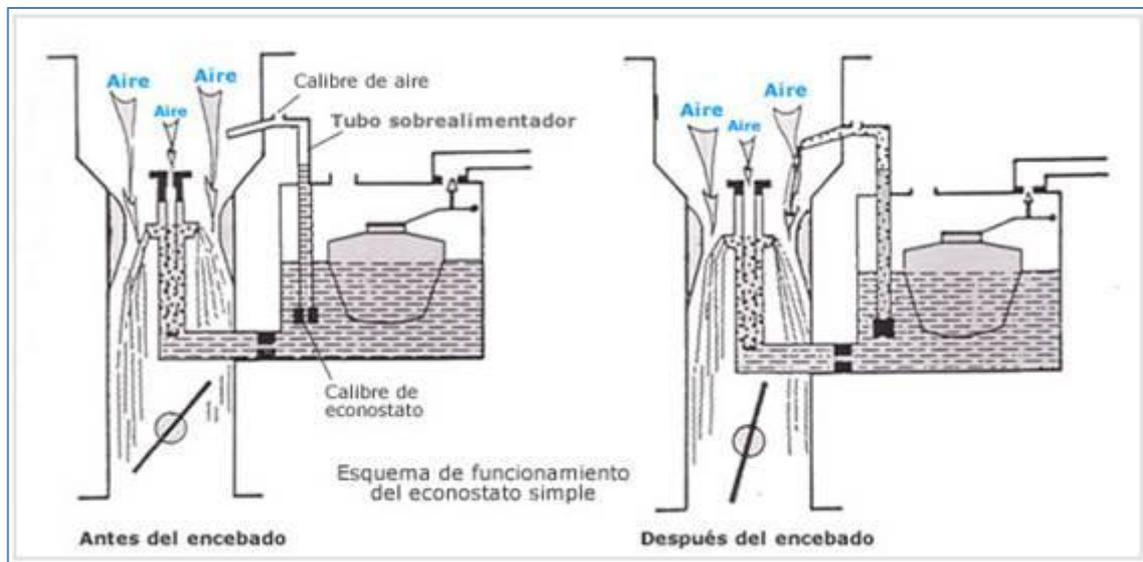


Gráfico N° 13 Economizador por freno de combustible¹³

¹³ Fuente: www.mecanica virtual.org

1.9.2. Economizador por regulación de aire de compensación

En este sistema se dispone del circuito compensador con doble surtidor auxiliar de aire, una válvula que controla la aportación de aire en la corrección de mezcla por compensación. Dicha válvula actúa en función de la depresión existente por debajo de la mariposa de gases, según la apertura de la misma. El pozo compensador dispone de una doble entrada de aire, es decir, dos calibres de aire. (Crouse: 2003)

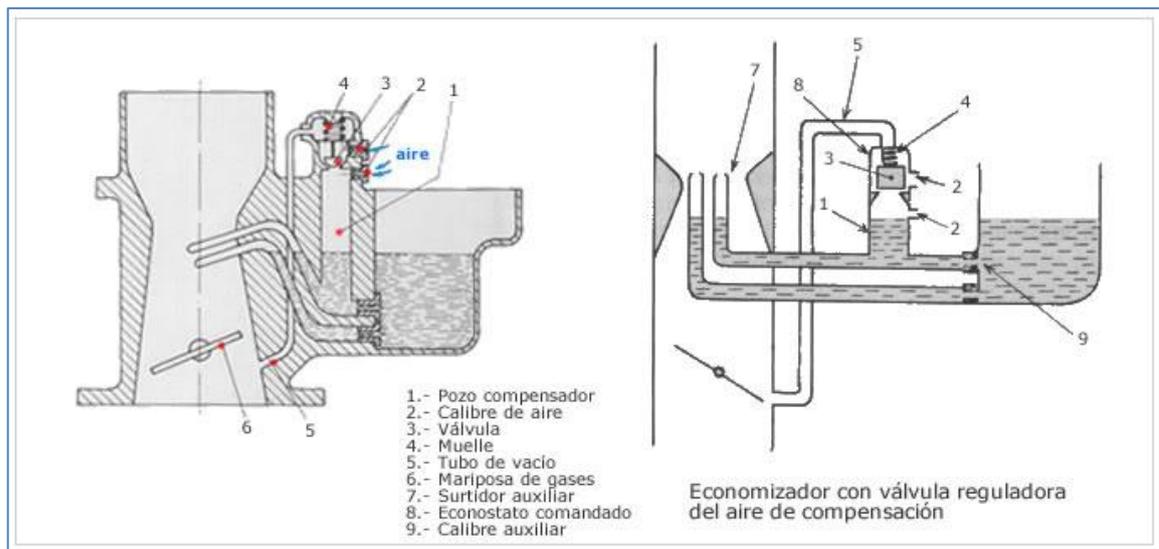


Gráfico N° 14 Economizador con válvula reguladora de compensación¹⁴

1.10. Bomba de aceleración:

Si se requiere una aceleración rápida, se precisa de un dispositivo en el carburador que enriquezca la mezcla de manera inmediata. Cuando se acelera a fondo, la mariposa de gases se abre de golpe, sin embargo, la mezcla no se enriquece al mismo tiempo por efecto de inercia, el combustible se demora más en llegar al surtidor y como el aire reacciona de inmediato, la mezcla se empobrece momentáneamente. (Crouse, 2003)

Para evitar este inconveniente se coloca en el carburador un circuito de sobrealimentación, cuyo fin es suministrar una cantidad adicional de combustible

¹⁴ www.mecanica virtual.org

al circuito principal, con objeto de enriquecer de momento la mezcla y conseguir la potencia máxima instantánea del motor, hasta el momento en que opere el enriquecedor de mezcla. (Crouse, 2003)

Cuando se necesita un aumento instantáneo de la fuerza, casi todos los carburadores actuales poseen una bomba llamada de aceleración que permite enriquecer momentáneamente la mezcla. Una bomba de aceleración generalmente suele ser de pistón, de manera que a partir de cierto punto de apertura de la válvula de mariposa, esta presiona y envía la gasolina al colector para enriquecer la mezcla realizada por el difusor.

Las bombas de aceleración constante de dos válvulas que permiten el paso de gasolina hacia el colector. Una de las válvulas sirve para el llenado de la bomba y la otra para enviarla al colector.

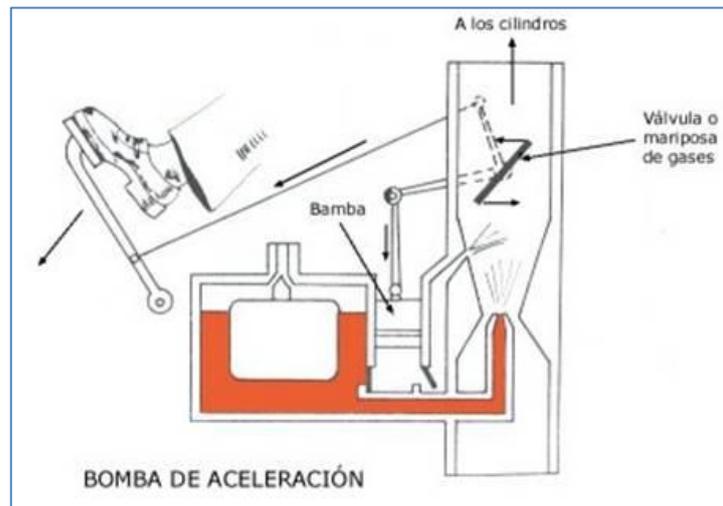


Gráfico N° 15 Bomba de Aceleración¹⁵

¹⁵ <http://www.almuro.net/sitios/Mecanica/carburacion.asp?sw05=1>

1.11. Dispositivos Auxiliares de un Carburador

De acuerdo con los avances tecnológicos en fabricación de automotores, en la actualidad, además de los elementos imprescindibles que forman el carburador, se han ido incorporando otros dispositivos que permiten una mezcla más precisa para cumplir principalmente con las normativas legales de control de la contaminación. Para obtener dosificaciones de mezcla que se adapten a todas las condiciones de funcionamiento del motor, se necesita varios dispositivos para la corrección automática de las mezclas. Entre estos tenemos: (Crouse, 2003)

- Un sistema de funcionamiento para marcha normal, constituido por el carburador elemental, adecuando la dosificación de mezcla en sus calibres a una dosificación teórica de 1/14,7.
- Un circuito que proporciona la cantidad de combustible necesario para el funcionamiento del motor a bajas revoluciones (ralentí).
- Un sistema automático corrector de mezclas, formado por el circuito compensador de aire, para que a bajas y altas revoluciones del motor, la dosificación de la mezcla se mantenga igual a la dosificación teórica.
- Un circuito economizador de combustible, que sirve para adecuar la riqueza de la mezcla a una dosificación de máximo rendimiento, con independencia de la carga de los cilindros.
- Un circuito enriquecedor de mezcla (bomba de aceleración), para casos críticos de funcionamiento a máxima potencia.
- Un dispositivo para el arranque del motor en frío.

1.11.1. Dispositivos de arranque en frío

Si el motor está frío, el combustible que se provee al motor por parte del carburador se concentra en las paredes de los colectores, razón por la cual llega muy poca cantidad de combustible al cilindro. Si a esto se le suma la escasa succión que incitan los pistones cuando el motor de explosión es movido por el de arranque, se presenta una dificultad para lograr que el motor de explosión se ponga en marcha. (Águeda, 2009)

Entonces para asegurar el arranque en frío se instala un sistema que aumente la riqueza de la mezcla lo suficiente, compensando así las pérdidas de combustible por condensación en las paredes. A este sistema de arranque en frío comúnmente se le conoce como starter o estrangulador. (Águeda, 2009)

1.11.2. Electroválvula de corte de ralentí

El circuito de ralentí tiene la misión “de proporcionar el caudal de mezcla preciso para vencer las resistencias pasivas del motor (resistencias debidas a rozamientos internos del motor así como los órganos que lo acompañan como: alternador, servodirección, etc.)” (Águeda: 2009).

El funcionamiento del circuito de ralentí se conservará hasta que entre en funcionamiento el circuito principal del carburador, este funciona entre 700 y 900 r.p.m. del motor (Crouse: 2003). En algunos carburadores podemos encontrar incorporado en el circuito de ralentí una electroválvula capaz de introducir una aguja cónica en el calibre de ralentí, cortando el suministro de combustible cuando es activada la electroválvula.

Cuando se acciona el contacto de encendido del vehículo la electroválvula se activa haciendo que la aguja cónica se retire del calibre de ralentí permitiendo el paso del combustible y consecuentemente el funcionamiento del motor.

Cuando se detiene el motor con la llave de contacto, la electroválvula se desactiva introduciendo la aguja cónica dentro del calibre de ralentí, cortando el

suministro de combustible, de esta manera se evita el arrastre de combustible mientras los pistones siguen moviéndose dentro del motor por la inercia. De no ser así, éste combustible llegaría a los cilindros, donde se depositaría en forma de gotas, produciendo una acción de lavado de los cilindros, que se llevaría el aceite que los protege del desgaste en el próximo funcionamiento del motor.

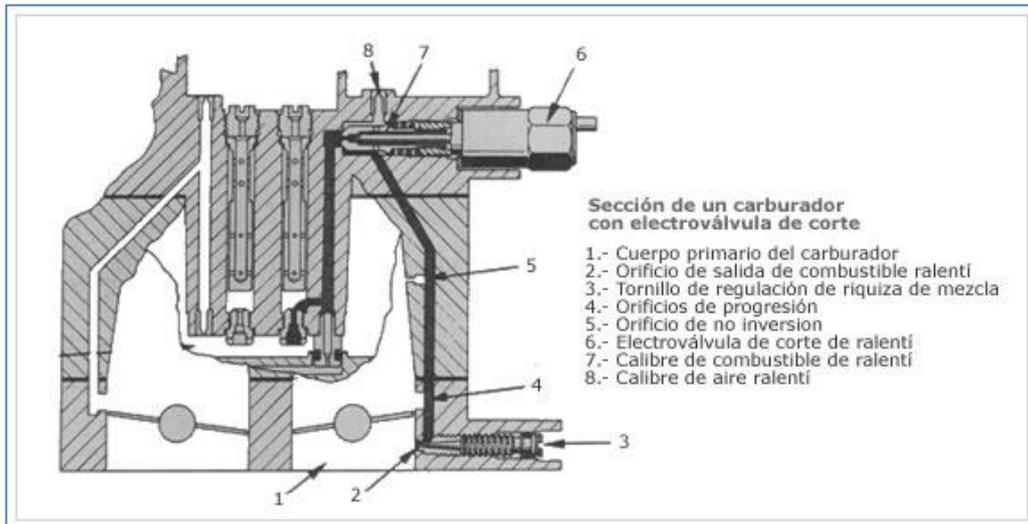


Gráfico N° 16 Electroválvula de Corte¹⁶

1.11.3. Resistencia de calentamiento

En algunos modelos de carburador se dispone de una resistencia eléctrica de calentamiento para evitar el enfriamiento y el posible hielo que se puede formar en esta zona del carburador donde está situada la mariposa de gases, evitando también que se afecte el orificio de salida del circuito de ralentí.

¹⁶ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-carburador/carb-electrovalvula-corte.jpg>

1.12. Sistemas de Alimentación y Carburación

1.12.1. Sistema de Alimentación

El sistema de alimentación tiene como finalidad la de absorber el combustible del depósito y conducirlo a los cilindros del motor, en las mejores condiciones que permitan una combustión correcta. Este sistema puede variar en los diferentes tipos de motor, pero tanto los motores de gasolina como los de gasoil, deben ir provistos de una bomba que extrae el combustible del depósito y lo empuja hacia el resto del sistema de alimentación. Ese componente, es conocido como “Bomba de alimentación”. (Crouse: 2003)

Se emplean distintos sistemas de entrada de carburante en el cilindro, así:

Para diésel: Bomba inyectora.

Para gasolina: Carburador o inyector.

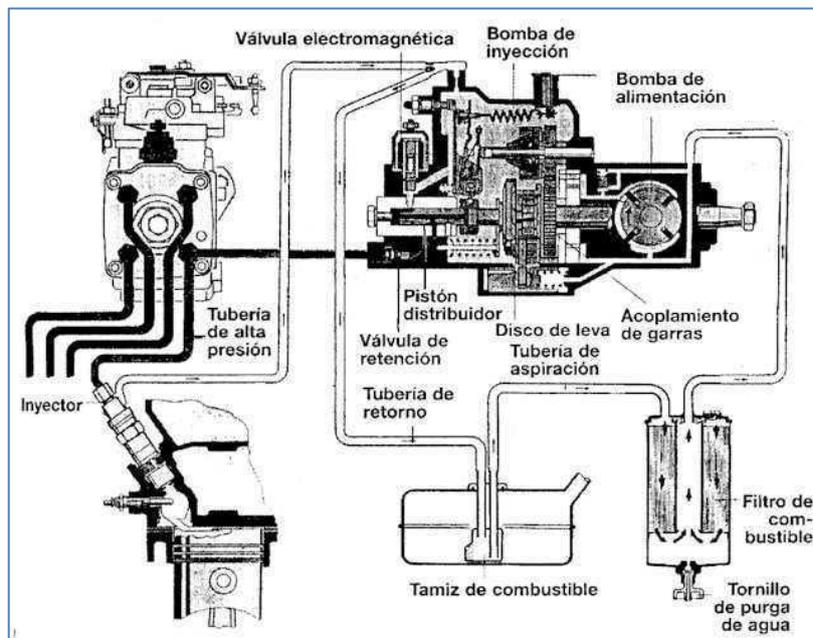


Gráfico N° 17 Sistema de Alimentación¹⁷

¹⁷ <http://4.bp.blogspot.com/s1600/sistema+de+alimentacion.jpg>

1.13. Suministros de Gasolina

1.13.1. El depósito de gasolina

De manera general, es un elemento metálico, con una capacidad que puede variar entre los 18 y los 100 litros; además algunos cuentan con un depósito de reserva. Se encuentran instalados lo más lejos posible del motor, para evitar posibles incendios.

Consiste en un tanque cerrado que posee un tapón provisto de un orificio para permitir el paso del aire y de los gases que allí se forman. Está diseñado de manera que sea posible que el aire pueda entrar en el depósito al tiempo que se consume la gasolina con objeto de evitar formación de vacío.

Como una medida de seguridad para evitar el desplazamiento de combustible por el movimiento del vehículo, el depósito está dividido en su interior, y además está recubierto con un tipo de pintura apropiada para evitar la corrosión.

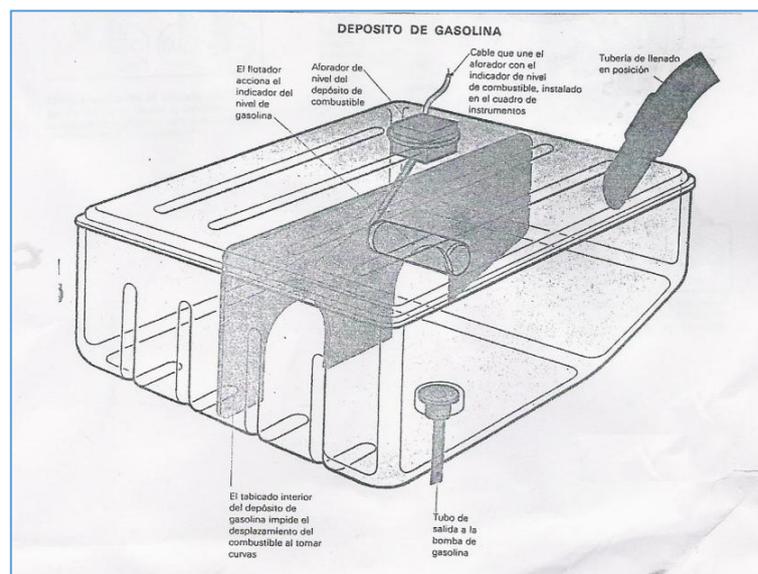


Gráfico N° 18 Depósito de gasolina¹⁸

¹⁸ Mecánica Automotriz. Leonardo Rojas. INACAP. 2001

1.13.2. Filtros de Gasolina

Los filtros de gasolina –de tipo basto– tienen la función de impedir el paso de las partículas extrañas y agua que puede estar presente en el combustible, hacia los conductos internos del motor. Este tipo de filtro se encuentra en la bomba de gasolina. El carburador, por su parte, está provisto de un filtro de malla metálica muy fina colocado en la entrada de la cuba. (López: 2008)

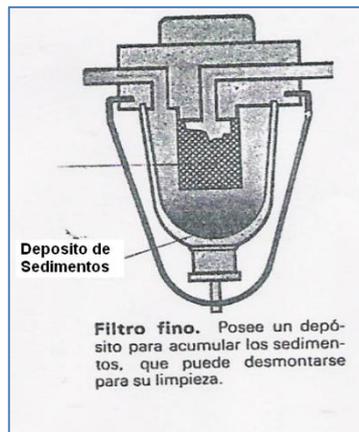


Gráfico N° 19 Filtro de Gasolina¹⁹

1.14. Suministro de combustible:

Se realiza por medio de una bomba que aspira el combustible del depósito y lo envía al carburador. La bomba de combustible, según su funcionamiento, puede ser de accionamiento mecánico o eléctrico.

1.14.1. Bomba Mecánica

Una parte excéntrica del árbol de levas acciona la palanca número 1, que mueve la membrana número 2, aspirando combustible por efecto de las válvulas 3 y 4, que son de efecto contrario.

¹⁹ Mecánica Automotriz. Leonardo Rojas. INACAP. 2001

Cuando la leva no acciona la palanca, esta vuelve a su sitio por el resorte número 5, impulsando la membrana y con ella el carburante que sale hacia los cilindros por el número 4.

La membrana está constituida por un tejido de plástico o de caucho sintético. Esta membrana es accionada por un sistema mecánico, además de un sistema eléctrico para hacerla mover y aspirar.

Un daño de la membrana provocará fallos en el sistema de alimentación, impidiendo que el combustible llegue normalmente a los cilindros.

Entre estos sistemas se encuentran varios filtros que retienen las impurezas del combustible.

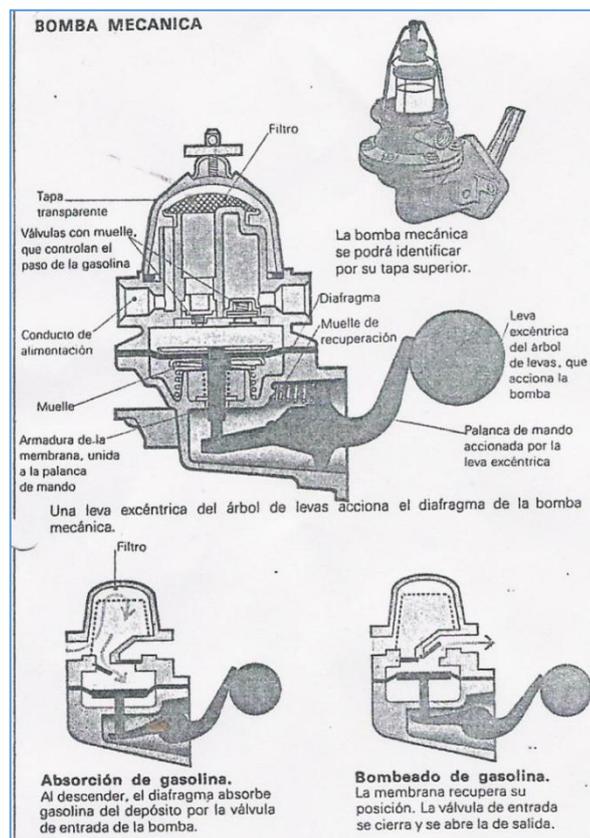


Gráfico N° 20 Bomba Mecánica²⁰

²⁰ Mecánica Automotriz. Leonardo Rojas. INACAP. 2001

1.14.2. Bomba Eléctrica

La bomba eléctrica funciona bajo el mismo principio que el de la bomba mecánica, pero a diferencia de ésta última, el diafragma es accionado por un solenoide (electroimán), en lugar del árbol de levas.

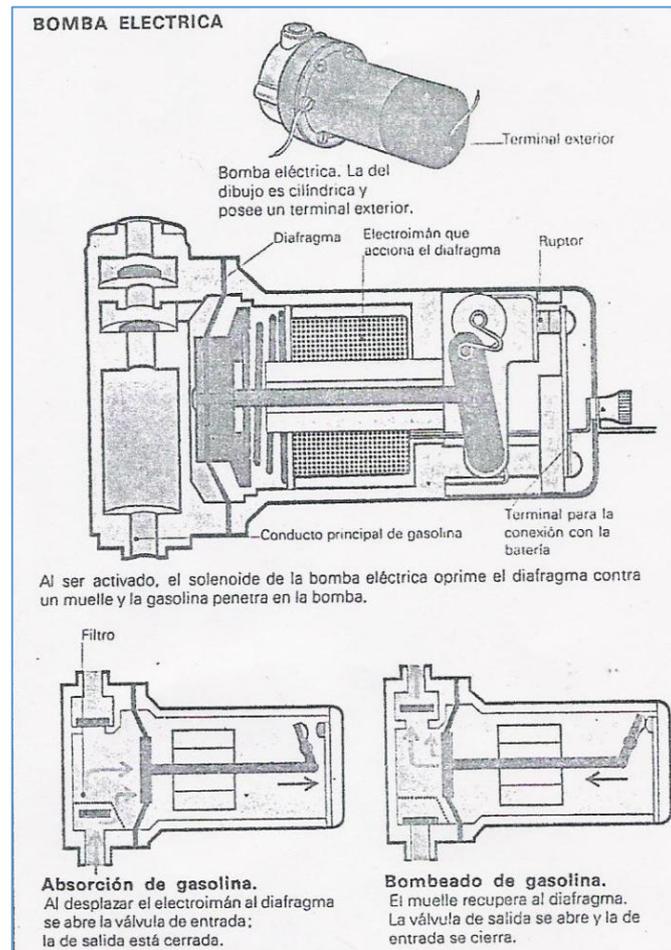


Gráfico N° 21 Bomba Eléctrica²¹

1.14.3. El Filtro de Aire

El filtro de aire cumple la indispensable función de evitar que las partículas de polvo obstruyan los pasos de aire o arañen los pistones y cilindros del motor, considerando que motor corriente utiliza de 2000 a 5000 litros de aire por minuto. Este componente también actúa como silenciador amortiguando el ruido que produce el aire al entrar al carburador. (Castro: 2003)

²¹ Mecánica Automotriz. Leonardo Rojas. INACAP. 2001

La cantidad de flujo de aire que pasa a través de los filtros, provoca la acumulación de polvo aumentado la resistencia al paso del aire, lo cual afectaría progresivamente a la carburación. Por esto, es necesario limpiarlos o sustituirlos periódicamente, de acuerdo a las regulaciones de los fabricantes.

Los filtros comunes incluyen un elemento de papel que puede sustituirse cuando este demasiado sucio, o también están recubiertos con una capa de aceite que cumple la función de filtrado. En filtros más modernos encontramos elementos plásticos que actúan como elemento filtrante, a la vez que no se corroen, son más ligeros y silenciosos que los metálicos.

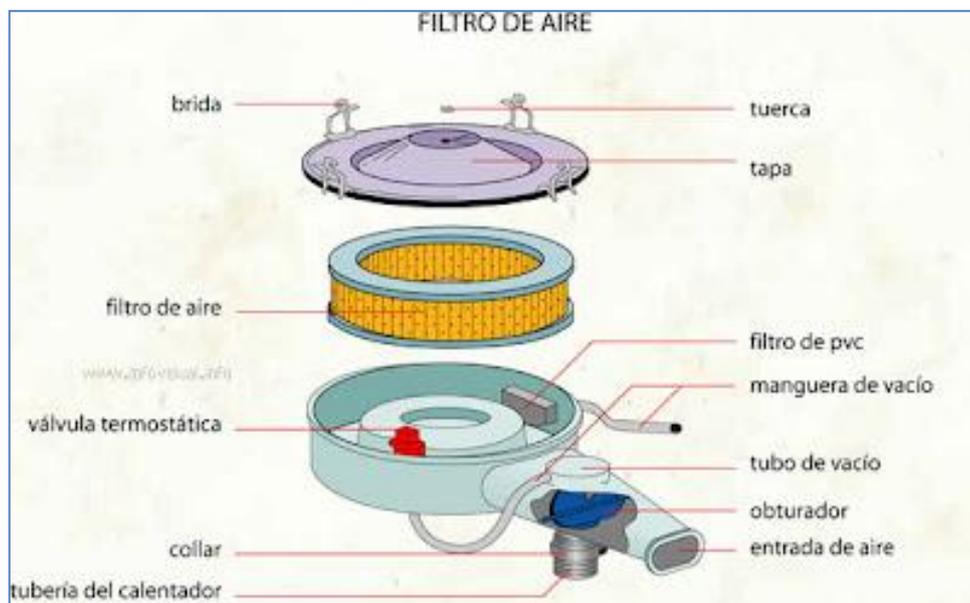


Gráfico N° 22 Filtro de aire²²

²² <http://jufreoilservice.blogspot.com/2012/05/filtro-de-aire.html>

1.14.4. Colector de Admisión

Este componente tiene fundamentalmente dos funciones: facilitar la vaporización de la mezcla en el carburador y la distribución de la misma a cada cilindro del modo más uniforme posible. (Castro: 2003)

Sin embargo, generalmente una parte de la gasolina llega al colector en estado líquido; lo que significa que si el carburador tiene que alimentar a más de un cilindro, entonces se hace necesario un sistema adicional de vaporización para mejorar la distribución de la mezcla. Esto se puede lograr con la ayuda de un foco calorífico que se encuentra en la zona central del colector, en contacto con el de escape.

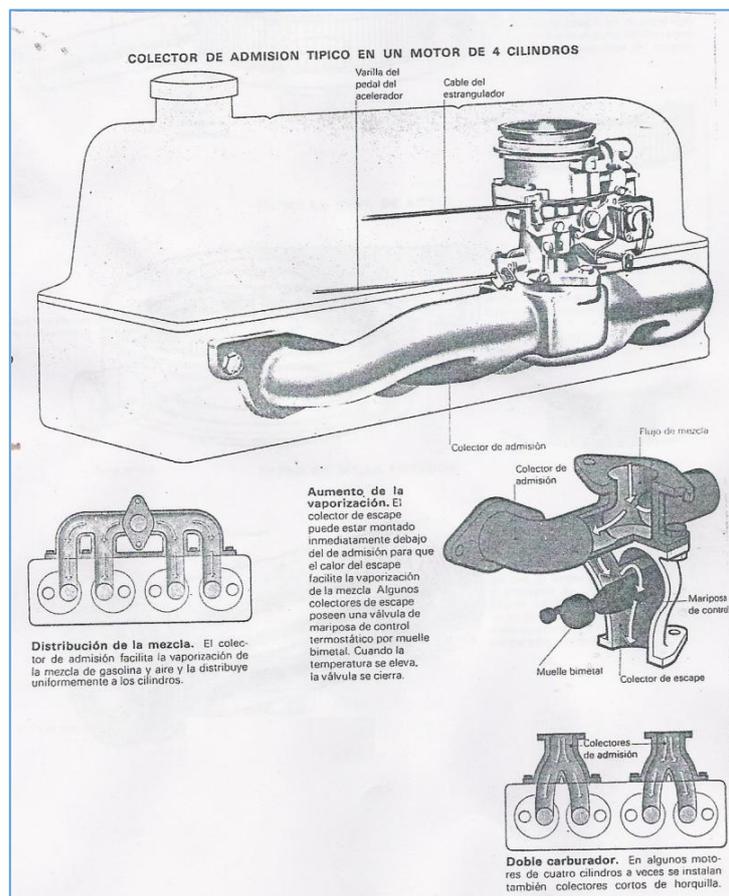


Gráfico N° 23 Colector de Admisión²³

²³ Mecánica Automotriz. Leonardo Rojas. INACAP. 2001

1.15. Tipos de carburadores

1.15.1. Tipos y utilidades del Carburador

En el mercado automotriz podemos encontrar varios tipos y marcas de carburadores. Entre los principales podemos mencionar los siguientes: Solex, Weber, Zenith, Stromberg, Carter, etc. Los carburadores pueden clasificarse de acuerdo a su forma y la disposición de sus elementos constructivos. La categorización de los distintos tipos de carburadores se realiza en base de diversos criterios como: la aspiración del aire, el número y función de los cuerpos o cámaras de mezcla, así como, el tipo de regulador de mezcla.

Para hablar del sistema de carburación de los motores de autos, es necesario conocer que existen dos tipos de carburador, el de Venturi fijo y el de Venturi variable (VV). El Venturi o difusor es el lugar restringido en el paso de aire del carburador a través del cual debe fluir el aire. Esta restricción o estrechamiento produce un vacío parcial. El vacío hace que una boquilla descargue gasolina en el aire que pasa por ella. La gasolina se mezcla con el aire y produce la mezcla combustible que necesita el motor para poder funcionar (Crouse, 2003).

Dentro de la clasificación general más conocida se puede señalar los siguientes tipos de carburador:

Carburador compensado: En este tipo, la cuba del flotador descarga en la boca de entrada de aire para compensar los posibles efectos de un filtro de aire obstruido.

Carburador de difusor variable: Está provisto de una abertura que aumenta o disminuye su tamaño mediante un control que emite una señal de vacío en el colector de admisión.

Carburador de aspiración ascendente: Posee un flujo de aire ascendente.

Carburador de calibre ensanchado: Consta de cuatro cuerpos, divididos en dos primarios que son los más pequeños, y dos secundarios que son más grandes.

Carburador de diseño lateral: Consta de uno o varios cuerpos horizontales.

Carburador de tiro descendente: Posee un flujo de aire descendente.

Carburador presurizado: Es el componente de un motor sobrealimentado que mezcla combustible y aire bajo presión a través del turbo.

1.15.2. Carburador de difusor fijo:

Según Crouse (2003), un carburador de Venturi fijo elemental podría obtenerse de un cilindro de revolución con una sección estrechada, una boquilla o surtidor de combustible y un disco circular o válvula. El cilindro se denomina “tubo de admisión de aire o bocina de aire”, la sección estrechada es llamada “Venturi o difusor” y la válvula es conocida como “la válvula de mariposa”. Esta puede ser inclinada más o menos para abrir o cerrar el tubo de admisión de aire.

En posición horizontal cierra totalmente el flujo de aire a través del tubo de admisión. Cuando la mariposa es girada a partir de esta posición, se establece el flujo de aire a través del tubo de admisión.

Este tipo de carburadores el más conocido y se encuentra en la mayoría de los modelos de autos de todas las marcas (excepto los carburadores S.U). Su característica principal es la de mantener constante el diámetro del difusor o Venturi, lo que permite que la velocidad del aire y la depresión creada a la altura del surtidor sean siempre constantes para cada régimen del motor, que depende de la mayor o menor apertura de la mariposa de gases.

Los diferentes tipos de carburadores basan su funcionamiento en los principios teóricos. Se diferencian esencialmente en la forma de realizar la regulación de la mezcla, empleando varios dispositivos. De manera general, la toma de aire en los circuitos y la aireación de la cuba se realizan a través del colector principal, asegurando así el paso de aire y la purificación del mismo a través del filtro.

Dentro de los carburadores de difusor fijo, se puede hacer también una subclasificación relacionada con la posición del colector de aire y su difusor:

- Vertical ascendente
- Vertical descendente o invertido (el más utilizado)
- Horizontal o inclinado

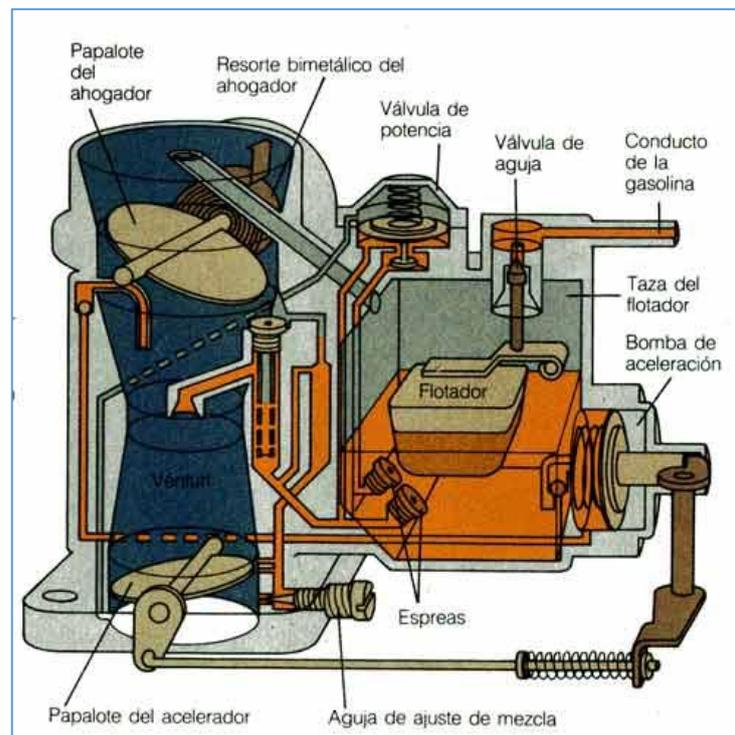


Gráfico N° 24 Carburador de difusor fijo²⁴

²⁴ http://i1209.photobucket.com/albums/cc391/rodri_leiva/carb-escalonado-dibujo.jpg

Crouse (2003) señala que los carburadores de Venturi variable (VV) tienen un diseño en que el tamaño del Venturi puede cambiar. El tamaño del Venturi varía cuando cambian las condiciones de funcionamiento. Este tipo de carburador puede ser del tipo de válvula Venturi rectangular o de pistón redondo.

1.15.3. Carburadores dobles:

Este tipo de carburadores es utilizado en autos de alto rendimiento y de competencia. Está formado por dos carburadores simples unidos en un cuerpo común. Un carburador doble consta de dos colectores de aire y cada uno de sus componentes tiene todos los circuitos correspondientes para la realización de la mezcla. Esto permite un mejor llenado de los cilindros y un perfecto equilibrio en relación con la mezcla, ya que cada uno de los colectores desemboca por separado en un colector de admisión independiente para alimentar con cada uno de los carburadores a la mitad de los cilindros del motor. (Crouse, 2003)

La alimentación de un carburador doble se produce a través de una cuba "común", mediante la cual se suministra las cantidades de combustible equivalentes para cada uno de los carburadores. El control de estos carburadores se realiza con el acelerador del vehículo, que acciona simultáneamente las dos mariposas de gases, unidas por un eje común.

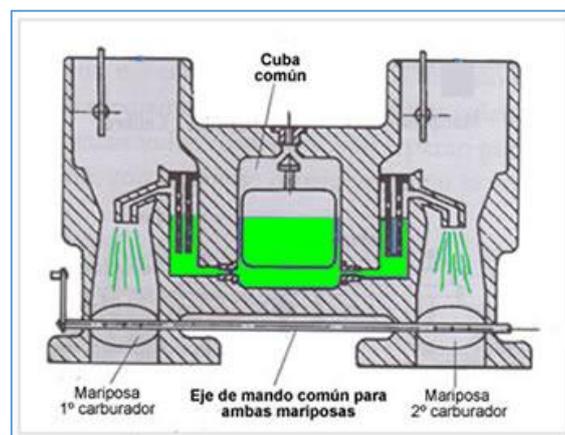


Gráfico N° 25 Carburador Doble²⁵

²⁵ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-carburador/carb-doble.jpg>

1.15.4. Carburación de doble cuerpo o escalonados:

Cuando la cilindrada de un motor ronda los 1.5 litros, el volumen de mezcla a suministrar para alimentar el motor es apreciable. Esto puede provocar varios inconvenientes, por una parte es conveniente que el diámetro del difusor sea estrecho para cuando se circula a bajas revoluciones por minuto con objeto de que el aire se acelere y vaporice la gasolina que aspira del surtidor. Sin embargo, cuando se necesita potencia, si el difusor es muy estrecho se limita el paso de aire por el colector. (Castro: 2006)

Los carburadores de doble cuerpo sirven para solucionar este tipo de inconvenientes, ya que tienen una sola entrada de aire por un filtro de aire único, así mismo tienen una sola cuba de combustible y un único sistema de arranque en frío. Por otra parte, los demás elementos y circuitos del carburador son independientes.

Los cuerpos que forman el carburador, pueden describirse como "principal" (se caracteriza por tener la mariposa de gases más pequeña y un diámetro menor). El cuerpo principal proporciona toda la mezcla necesaria al motor mientras el acelerador se pisa hasta un tercio o la mitad de su recorrido; si se pisa más a fondo empieza a abrirse rápidamente la mariposa del segundo cuerpo (secundario). Con esto, se proporciona un gran volumen de mezcla para grandes cargas del motor (cuando el acelerador es pisado al máximo). En algunos casos, en este tipo de carburadores el estrangulador para arranque en frío, va montado en el cuerpo principal; en otros casos, existe una mariposa estranguladora en ambos cuerpos. Los cuerpos de estos carburadores pueden tener diferentes dimensiones y se utilizan especialmente con motores de 4 y 6 cilindros. (Castro: 2006)

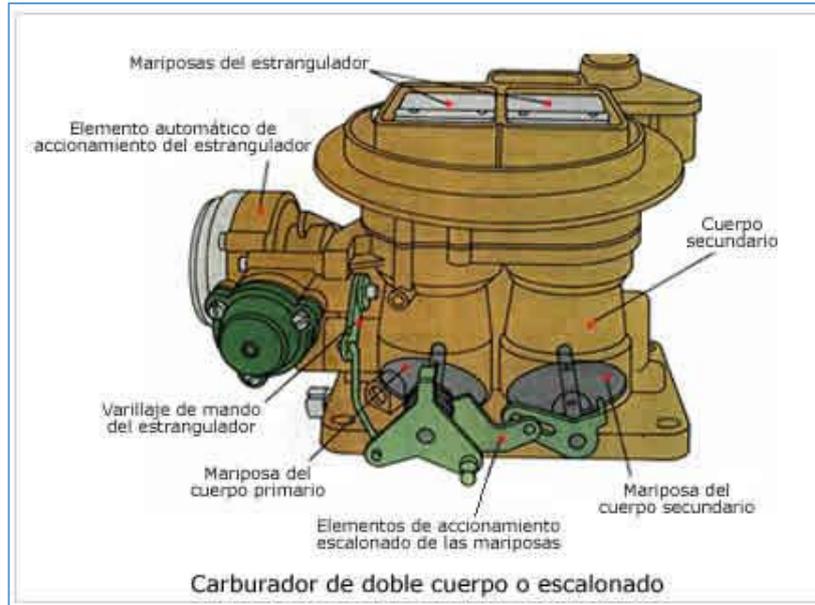


Gráfico N° 26 Carburador de doble cuerpo²⁶

1.15.5. Carburadores cuádruples:

Este tipo de carburadores es una mezcla de los dos anteriores. Consisten en la unión de dos carburadores de doble cuerpo para formar un carburador cuádruple. Estos carburadores son utilizados principalmente en motores en V de 8 cilindros.

Un carburador cuádruple, está formado por cuatro cuerpos con cuba de combustible y filtro de aires únicos y comunes para todos. Dos de los cuerpos son principales, y cada uno sirve para alimentar a 4 cilindros del motor. Los cuerpos principales tienen las mariposas de gases unidas físicamente para poder abrir y cerrar a la vez como en el caso del carburador doble. Los otros dos cuerpos son secundarios de los principales, y en estos las mariposas de gases de los cuerpos funcionan de manera dependiente de las primarias. (Castro, 2006)

La suma de carburadores y el colector admisión es fundamental para el diseño de motores, especialmente cuando se quiere conseguir el máximo rendimiento. Eso es precisamente lo que se logra con la utilización de un carburador por cada cilindro del motor. Sin embargo, este diseño exclusivo para

²⁶ http://i1209.photobucket.com/albums/cc391/rodri_leiva/carb-doblecuerpo-dibujo.jpg

los automóviles de competencia. Para vehículos de uso regular tenemos configuraciones más sencillas, que igualmente ofrecen muy buenas prestaciones, que buscaba mejorar el rendimiento del motor.

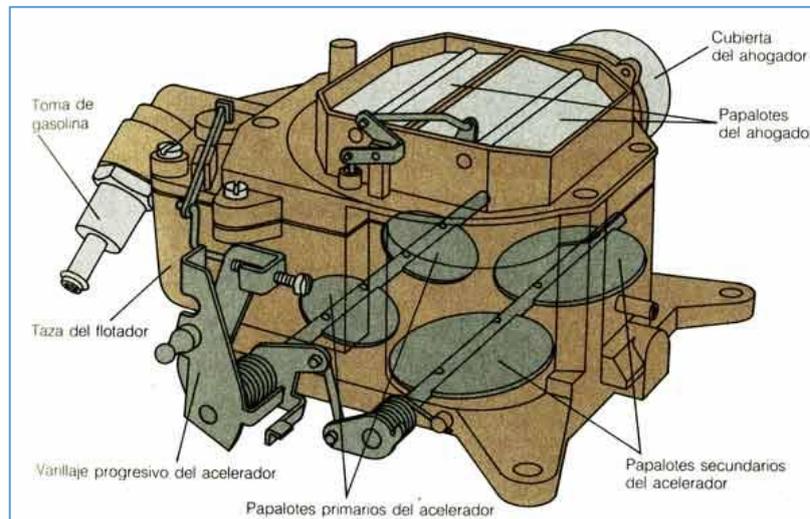


Gráfico N° 27 Carburador Cuádruple²⁷

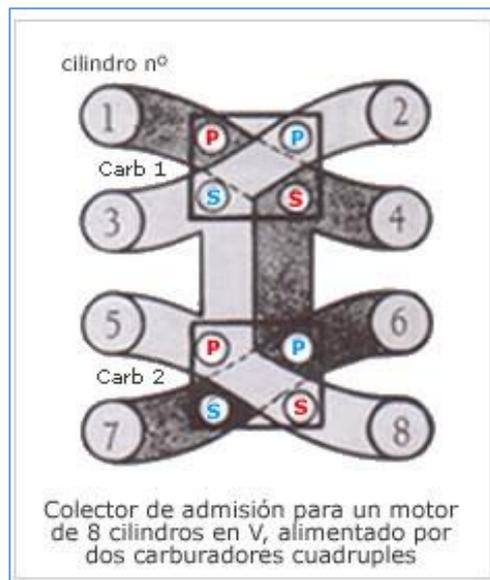


Gráfico N° 28 Colector de admisión Carburador Cuádruple²⁸

²⁷ Fuente: http://i1209.photobucket.com/albums/cc391/rodri_leiva/carburador-4mariposas.jpg

²⁸ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-carburador/carb-cuadruple-admision.jpg>

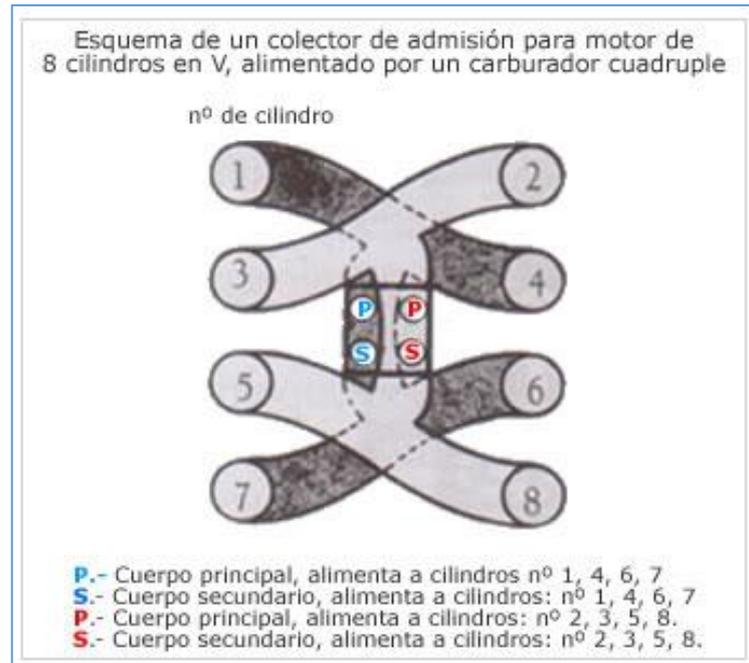


Gráfico N° 29 Colector de admisión Carburador Cuádruple²⁹

²⁹ Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-carburador/carb-cuadruple-admision-2.jpg>

CAPITULO II

2. SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE

2.1. Introducción a los Sistemas de Inyección

Los sistemas de inyección de combustible son desarrollados para eliminar los antiguos carburadores que tenían muchas desventajas, tales como: constantes averías y mucho desgaste de sus componentes. Los primeros sistemas que aparecieron se accionaban mecánicamente. Luego encontramos los sistemas electromecánicos, pasando posteriormente a los sistemas completamente electrónicos. (Arias, 2004)

Los sistemas de inyección electrónica surgen como una alternativa para solucionar los inconvenientes de la inyección mecánica. La inyección electrónica se basa en la preparación de la mezcla por medio de la regulación electrónica de la inyección de combustible que permite proporcionar a cada cilindro la cantidad exacta de combustible necesario, lo que representa una mejor utilización y consumo y al mismo tiempo se logra mayor potencia y rendimiento del motor. Por otra parte, también se mejora el arranque en frío y la fase de calentamiento del motor, lo que contribuye a la reducción de gases contaminantes del medio ambiente.

De manera concreta podemos decir que las principales ventajas de los sistemas de inyección electrónica son: reducción de gases contaminantes, más potencia con un menor consumo y un mejoramiento de la marcha del motor en cualquier régimen de funcionamiento del mismo.

2.2. Componentes y Funcionamiento del Sistema de Inyección electrónica

- *Acumulador de combustible:* asegura la presencia de combustible en el circuito, acumulándolo cuando no es necesario.
- *Batería:* suministra corriente eléctrica a la bomba de combustible, al distribuidor de encendido y las bujías.
- *Bobina:* permite el paso de corriente eléctrica proporcionando al vehículo la fuerza electromotriz necesaria.
- *Bomba de combustible:* es accionada eléctricamente para proveer de combustible al motor.
- *Captadores de Régimen y de Referencia Angular:* envían una señal a la unidad de control, para determinar el número de revoluciones del motor.
- *Caudalímetro:* consta de un potenciómetro que envía una señal eléctrica a la unidad de control, para determinar el caudal de gasolina que se inyectará en los cilindros.
- *Contacto de mariposa:* se encuentra acoplado al cuerpo de la mariposa, para determinar la posición de apertura de la mariposa de gases.
- *ECU:* Unidad de Control Electrónica es la que analiza las señales que recibe de diversos sensores y responde enviando nuevas señales para el funcionamiento del motor.
- *Depósito de combustible:* sirve para almacenar el combustible que es absorbido por la bomba.
- *Dispositivo de aire adicional:* hace variar la sección de paso de aire, abriendo o cerrando el paso de un canal.
- *Filtro de combustible:* está formado por capas de material que permite la retención de las partículas extrañas que pueden encontrarse en el combustible.
- *Inyector:* recibe una señal electrónica para abrir o cerrar el orificio de salida del combustible, para inyectar combustible en los cilindros del motor.

- *Mariposa de Gases*: se conecta al acelerador, que lo controla mediante un cable, haciendo que la mariposa se abra para permitir el paso de una mayor o menor cantidad de aire.
- *Riel común*: Es un conducto que reparte el combustible a los inyectores.
- *Regulador de Presión*: controla la presión del combustible para evitar una sobrepresión que causaría daños en todo el sistema.
- *Sonda de temperatura del aire*: envía una señal a la unidad de control informando acerca de la temperatura del aire.
- *Sonda Lambda*: Está constituida por dos electrodos que están en contacto con los gases atmosféricos y del motor.

2.3. Diferencias entre Carburador e Inyección Electrónica

En los sistemas de inyección mecánica, el carburador permitía la mezcla aire combustible necesaria para el funcionamiento del motor. Sin embargo, su desempeño no era muy eficiente y además era muy propenso a los fallos derivados del constante desgaste de sus componentes. Para resolver estos inconvenientes aparecen los sistemas de inyección electrónica, mediante los cuales se facilita el proceso de combustión de la mezcla que necesita el motor. (Arias, 2004)

Los sistemas de inyección de combustible ofrecen muchas ventajas en relación con las exigencias de potencia, consumo, rendimiento, así como la reducción de contaminantes en los gases de escape. Éstos objetivos se alcanzan mediante una dosificación muy precisa del combustible, utilizando un inyector para cada cilindro; así se consigue una mejor distribución de la mezcla en función de los estados de marcha y de carga del motor. En relación con el medio ambiente, se minimiza la cantidad de elementos contaminantes en los gases de escape.

SISTEMA DE CARBURADOR	SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA
Alto consumo de combustible	Menos consumo de combustible
Mayor contaminación	Disminución de la contaminación
Mezcla desigual de aire-combustible	Exacta dosificación de aire-combustible
Baja potencia que perjudica el rendimiento del motor	Mejor potencia que incrementa el rendimiento del motor
Inyección indirecta en la cámara de combustión	Inyección directa o indirecta en la cámara de combustión
Deficiencias en el sistema de arranque en frío	Mejor arranque en frío
Menor costo de mantenimiento	Altos costos de mantenimiento

Tabla N° 1 Cuadro comparativo Carburador – Inyección Electrónica

2.4. Ventajas de los Sistemas de Inyección

Entre las principales ventajas de los sistemas de inyección, en función de la eficiencia y rendimiento del motor, podemos señalar los siguientes: (Castro, 2002).

2.4.1. Consumo reducido de combustible

Los sistemas de inyección permiten una dosificación exacta de combustible para cada cilindro haciendo mucho más eficiente el consumo, y al mismo tiempo garantizando el correcto funcionamiento del motor.

2.4.2. Mayor potencia del motor

Los sistemas de inyección optimizan la forma de los colectores de admisión lo que contribuye al mejor llenado de los cilindros, permitiendo una mayor potencia y aumento del par motor.

2.4.3. Gases de escape menos contaminantes

La regulación exacta de la cantidad necesaria de combustible evita la emisión de gases contaminantes producidos por una inadecuada distribución en la proporción de aire combustible para el motor.

2.4.4. Mejor arranque en frío y fase de calentamiento

La dosificación del combustible acorde con la temperatura del motor y el régimen de arranque, permite arranques más breves y una aceleración más rápida y segura desde el ralenti. En la fase de calentamiento, se ajustan las condiciones necesarias para una marcha ordenada del motor y una correcta admisión de gases.

2.5. Clasificación de los Sistemas de Inyección

Los sistemas de inyección se pueden clasificar en función de cuatro características distintas: (Castro, 2002)

2.5.1. Según el funcionamiento

- Inyección Mecánica
- Inyección Electromecánica
- Inyección Electrónica

2.5.2. Según el tipo de inyección

- *Inyección Directa*: Los inyectores se encuentran dentro del cilindro e introducen directamente el combustible en la cámara de combustión.
- *Inyección Indirecta*: Los inyectores se encuentra fuera del cilindro e introducen el combustible en el colector de admisión, el paso del combustible se hace a través de la apertura de la válvula de admisión.

2.5.3. Según el número de inyectores.

- *Inyección Monopunto*: tiene un solo inyector, que introduce el combustible en el colector de admisión ubicado atrás de la mariposa de gases.
- *Inyección Multipunto*: tiene un inyector para cada cilindro. Pueden ser del tipo de "inyección directa o indirecta".

2.5.4. Según el número de inyecciones.

- *Inyección continua*: Los inyectores introducen el combustible, de forma continua y a presión constante o variable, en los colectores de admisión.
- *Inyección intermitente*: Los inyectores introducen intermitentemente el combustible. El inyector se abre o se cierra según las órdenes de la unidad de control. Esta inyección puede ser a su vez de tres tipos:
 - *Inyección secuencial*: los inyectores funcionan sincronizadamente, de uno en uno inyectando el combustible en el cilindro, con la válvula de admisión abierta.
 - *Inyección semisequencial*: los inyectores se abren y cierran de dos en dos, inyectando el combustible en los cilindros.
 - *Inyección simultánea*: todos los inyectores se abren y se cierran al mismo tiempo, inyectando el combustible en los cilindros.

2.6. Sistemas de Inyección Monopunto

Estos sistemas son desarrollados con el propósito de optimizar el uso de combustible, además de eliminar el empleo del carburador y al mismo tiempo cumplir las regulaciones de control de la contaminación ambiental. Por otra parte, tienen un menor costo en comparación con los sistemas de inyección multipunto. (Palomares, 2007)

2.6.1. Características generales

Los sistemas de inyección monopunto se caracterizan por el empleo de un solo inyector, que está ubicado antes de la mariposa de gases. La dosificación de combustible es determinada por la unidad de control (ECU) a partir de la información que ésta recibe de diferentes sensores.

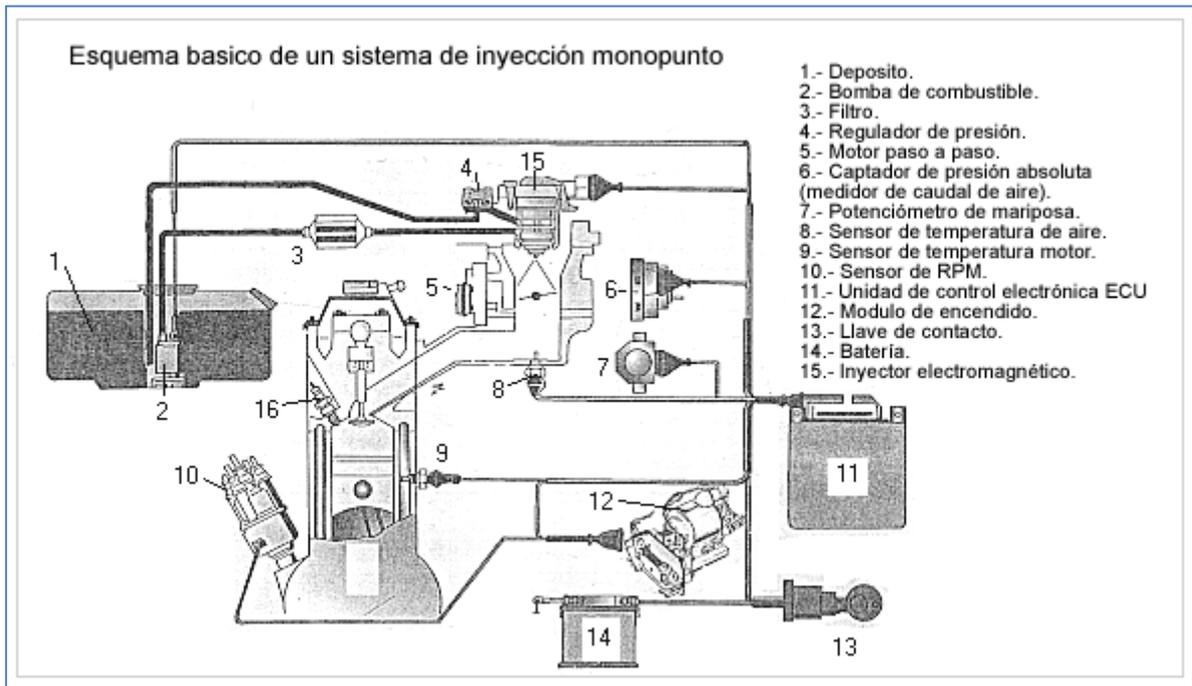


Gráfico N° 30 Esquema Sistema de Inyección Monopunto³⁰

2.6.2. Componentes Principales

De manera general, se pueden enumerar los principales componentes del sistema de inyección monopunto, de la siguiente forma:

- *Unidad central de inyección*
- *Regulador de presión*
- *Posicionador de mariposa de marcha lenta*

³⁰ <http://www.aficionadosalamecanica.net/imagesartic/monopuntoSPI.gif>

2.6.2.1. Unidad Central de Inyección o Cuerpo de Mariposa

La "unidad central de inyección" o "cuerpo de mariposa" es el componente principal de este sistema. Además del inyector, está compuesta por varios dispositivos: mariposa de gases, regulador de presión de combustible, regulador de ralentí, sensor de temperatura de aire, sensor de posición de la mariposa, y en ciertos casos también el caudalímetro de aire. (Arias, 2004)

Entre los datos analizados por la ECU para regular la apertura del inyector y distribuir la cantidad exacta de combustible, se necesita: la información de la cantidad de aire que ingresa en el colector de admisión, la temperatura del motor, el régimen de funcionamiento, la posición de la mariposa de aceleración, y la composición de la mezcla indicada por medio de la Sonda Lambda.

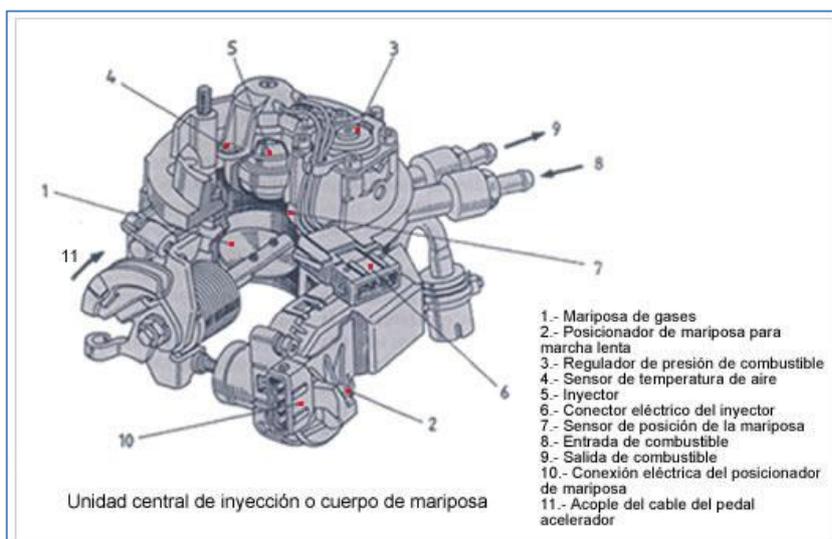


Gráfico N° 31 Unidad Central de Inyección o Cuerpo de Mariposa³¹

2.6.2.2. Regulador de Presión

Este componente forma parte del cuerpo de inyección. El regulador de presión consta de una cubierta contenedora, un dispositivo metálico móvil y una membrana accionada por un muelle calibrado. El dispositivo móvil se desplaza, cuando la presión del carburante sobrepasa el valor determinado, abriendo la válvula para permitir la salida del excedente de carburante y su retorno al

³¹ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-inyecc/cuerpo-mariposa.jpg>

depósito. La cámara de regulación se conecta con el tubo de retorno a través de un orificio calibrado en el cuerpo de mariposa, reduciendo la carga hidrostática sobre la membrana. La presión normal regular de funcionamiento es de 0,8 bares. (Arias, 2004)

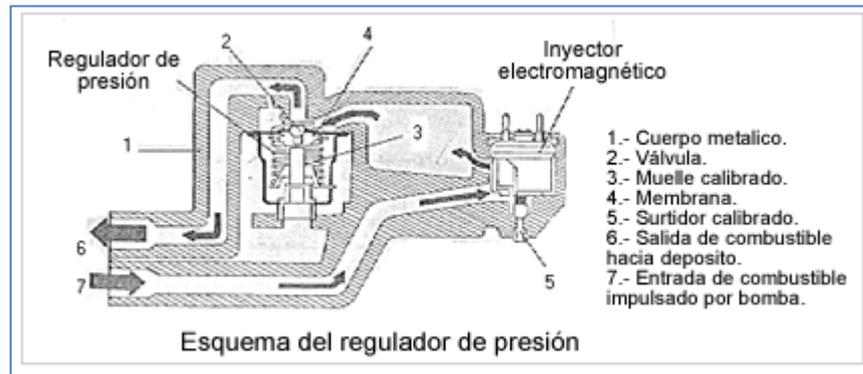


Gráfico N° 32 Regulador de Presión³²

2.6.2.3. Posicionador de Mariposa de Marcha Lenta

El posicionador de mariposa de marcha lenta, llamado también “*motor paso a paso*”, regula el régimen de ralentí del motor. Actúa sobre el caudal de aire conjuntamente con la mariposa, controlando la cantidad de aire que pasa a los conductos de admisión sin pasar por la válvula de mariposa. (Arias, 2004)

El motor paso a paso recibe señales de la unidad de control ECU que le permiten controlar el movimiento del obturador con mejor precisión. Se desplaza en distintos sentidos en función de la necesidad de incrementar o disminuir el régimen de ralentí.

Por otra parte, también actúa como un regulador del funcionamiento del sistema de climatización, para incrementar el régimen de ralentí en 100 rpm.

³² <http://www.aficionadosalamecanica.net/imagesartic/spi-reg-pres.gif>

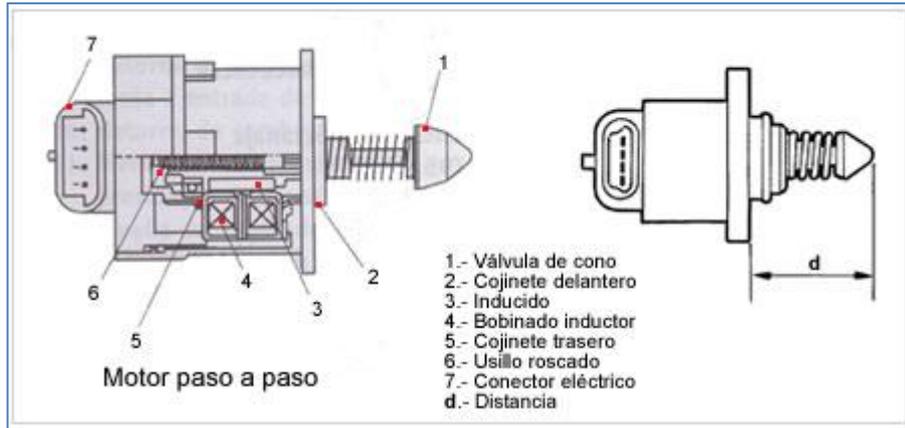


Gráfico N° 33 Posicionador de Mariposa de Marcha Lenta³³

2.6.3. Sistema Bosch Mono-Jetronic

Este sistema es desarrollado por el fabricante automotriz Bosch. Sus componentes principales son similares a los de otros sistemas de inyección multipunto, especialmente el llamado L- Jetronic.

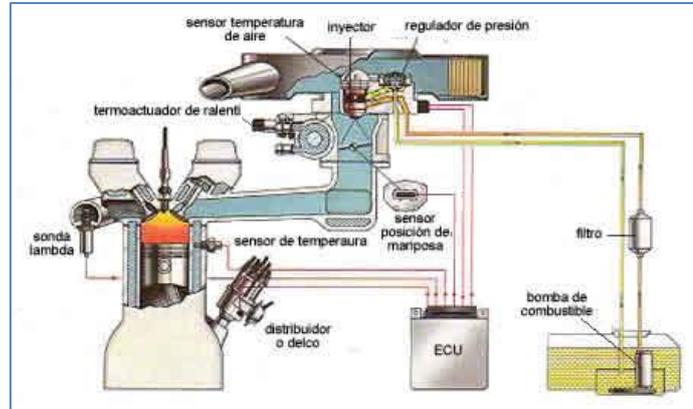


Gráfico N° 34 Sistema Bosch mono-jetronic³⁴

2.6.3.1. Componentes del sistema Mono-Jetronic

Este sistema tiene diversos componentes característicos que también se encuentran en otros sistemas. Entre ellos podemos enumerar los siguientes: bomba de gasolina, bujía, cámara de combustión, caudalímetro, cuerpo de la mariposa, distribuidor, distribuidor de encendido, regulador de presión, interruptor

³³ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-inyecc/motor-paso-paso.jpg>

³⁴ http://www.todoautos.com.pe/mono_jetronic.jpg

de la mariposa, múltiple o lumbrera de admisión, sensor de temperatura del refrigerante, sistema de admisión, sistema de alimentación, sonda lambda, unidad de control electrónica (ECU), válvula de admisión, válvula de escape. (Arias, 2004)

A continuación se realizará una descripción de cada uno de ellos.

2.6.3.1.1. Bomba de Gasolina

Este componente se acciona mediante el acelerador del vehículo, y su función es la de extraer el combustible del depósito para enviar al sistema de inyección. Puede encontrarse dentro del depósito de combustible ó fuera del mismo.

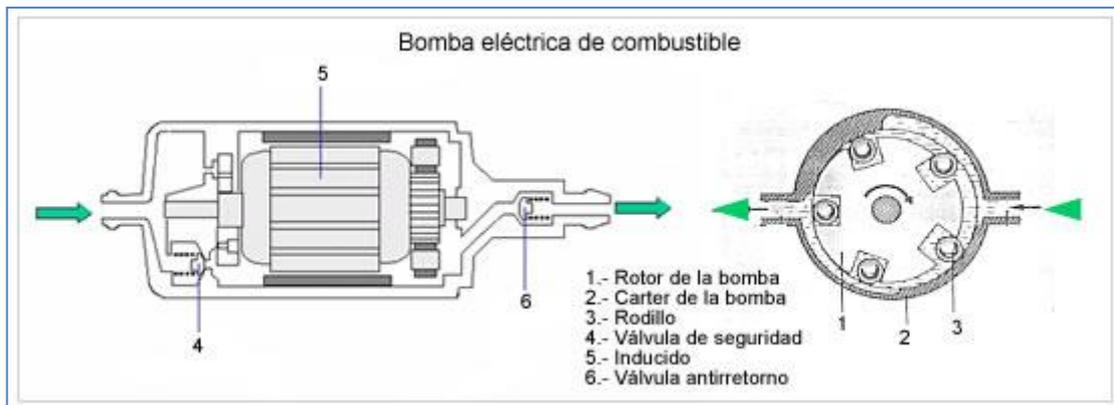


Gráfico N° 35 Bomba de Combustible Eléctrica³⁵

2.6.3.1.2. Bujía

Este componente consiste en un electrodo recubierto con un material aislante de cerámica. En su extremo superior se conecta con uno de los cables de alta tensión o voltaje del distribuidor, y recibe una carga eléctrica de entre 15 mil y 20 mil volt aproximadamente. En el otro extremo, posee una rosca metálica que la ajusta en la culata del motor, y un electrodo que queda dentro de la cámara de combustión. (Arias, 2004)

³⁵ <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>

Su función es producir la chispa que provoca la explosión de la mezcla aire-combustible dentro de la cámara de combustión del cilindro, cuando recibe la carga de alta tensión de la bobina de ignición y el distribuidor. Se necesita una bujía por cada cilindro del motor.

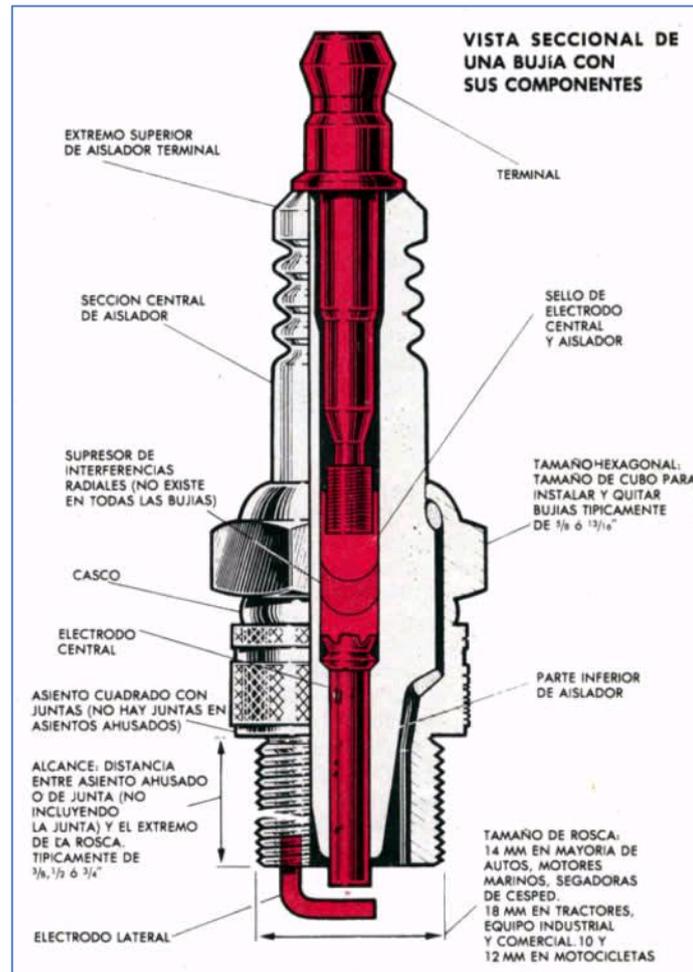


Gráfico N° 36 Bujía³⁶

³⁶ http://www.gnceros.com.ar/bib/mecanica/diagnostico_bujias_01.png

2.6.3.1.3. Caudalímetro

Su función es la de medir el caudal de aire. Este elemento puede ser del tipo "hilo caliente", o del tipo "plato-sonda oscilante". El de hilo caliente, ofrece un diseño más compacto del sistema de inyección, ya que forma parte del "cuerpo de mariposa". El caudalímetro de plato-sonda, por su parte, forma parte de la unidad de control ECU.

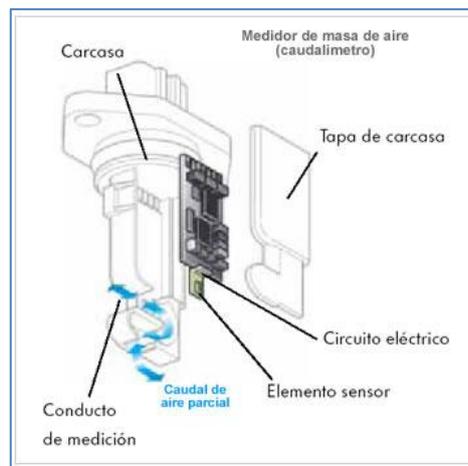


Gráfico N° 37 Caudalímetro³⁷

2.6.3.1.4. Cuerpo de la mariposa

Contiene el regulador de presión del combustible, el posicionador de la mariposa, el sensor de temperatura de aire y el inyector. El interruptor o potenciómetro de la mariposa se encuentra ubicado sobre el eje de la mariposa y envía una señal a la ECU indicando su posición, para modificar la cantidad de combustible inyectado. (Crouse, 2003)

2.6.3.1.5. Interruptor de la mariposa

Es un potenciómetro que controla la posición de la mariposa logrando que demanda de combustible sea la adecuada a esta y al régimen del motor. La demanda de combustible es determinada por la unidad ECU, a partir de 15

³⁷ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-inyec-direct/caudalimetro.jpg>

posiciones diferentes de la mariposa y 15 regímenes diferentes del motor almacenados en su memoria. (Crouse, 2003)

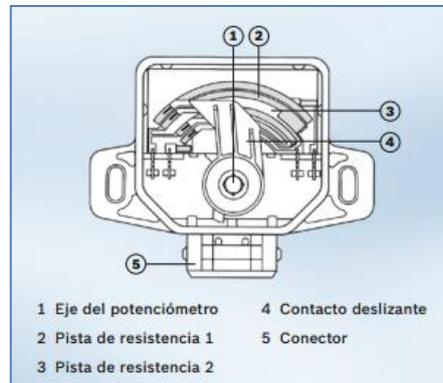


Gráfico N° 38 Potenciómetro de la mariposa³⁸

2.6.3.1.6. Sensor de temperatura del refrigerante

Este sensor de temperatura o sonda térmica del refrigerante envía señales a la unidad ECU cuando se necesita combustible extra para el arranque en frío, de acuerdo con cada estado de funcionamiento.

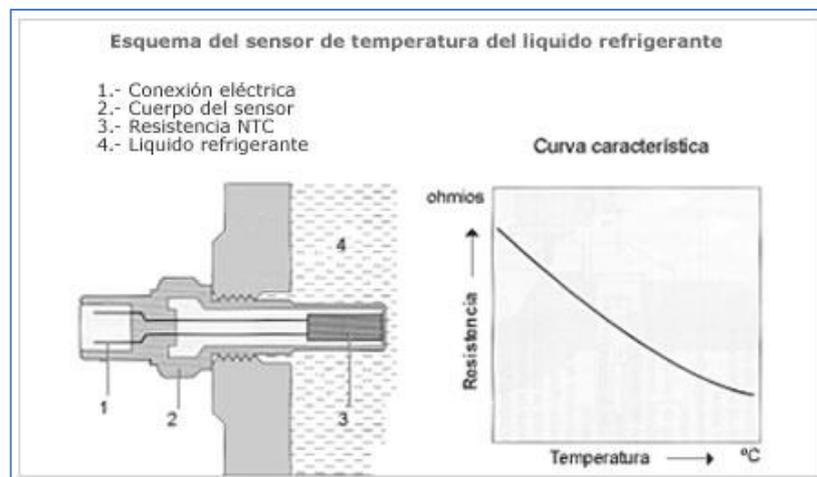


Gráfico N° 39 Esquema Sensor de Temperatura Refrigerante³⁹

³⁸http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Inyecci%C3%B3n/Sistemas_de_Inyecci%C3%B3n.pdf

³⁹<http://www.aficionadosalamecanica.net/imagescommon/common-ntc.jpg>

2.6.1.7. Sistema de Admisión

Se compone de un filtro de aire, colector de admisión, cuerpo de mariposa-inyector y los tubos de admisión conectados a cada cilindro. El sistema de admisión permite el ingreso de la cantidad necesaria de mezcla aire-combustible a cada cilindro del motor.

2.6.3.1.8. Sistema de Alimentación

Suministra la cantidad de combustible necesaria para el motor de acuerdo a su estado de funcionamiento. En el sistema de alimentación encontramos: el depósito de combustible, la bomba de combustible, el filtro de combustible, un inyector y el regulador de presión.

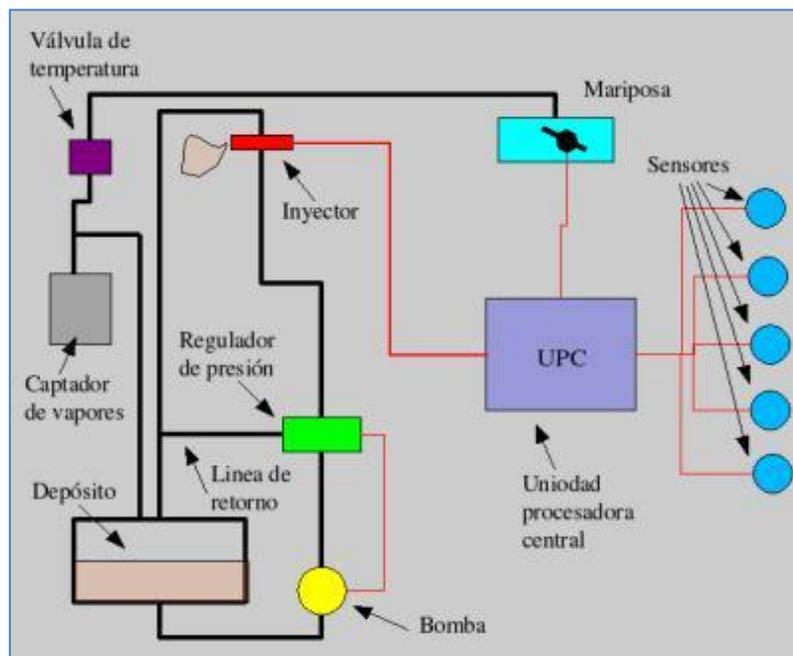


Gráfico N° 40 Esquema Sistema de Alimentación Combustible⁴⁰

La bomba ubicada en el depósito de combustible, conduce el mismo bajo presión, a través de un filtro hasta el regulador de presión y el inyector. El regulador de presión mantiene la presión constante a 0,8-1,2 bar. El inyector se

⁴⁰ <http://www.sabelotodo.org/automovil/inyecciongasolina.html>

encuentra en el cuerpo de la mariposa y consta de una boquilla o tobera especial con seis agujeros dispuestos radialmente. Esta boquilla pulveriza el combustible en el espacio que se encuentran entre la mariposa y la pared del Venturi. (Crouse, 2003)

El inyector recibe un flujo constante de combustible, asegurándose su mejor refrigeración y rendimiento durante el arranque en caliente. El combustible pasa del filtro al inyector y luego al regulador de presión. La bobina recibe señales de la unidad de control ECU y crea el campo magnético necesario para determinar la posición del núcleo que controla la presión del muelle. El muelle presiona sobre la válvula que impide la salida del combustible fuera de su circuito. (Crouse, 2003)

La apertura del inyector es "sincronizada", es decir, opera conjuntamente con el encendido. En cada impulso del encendido, la unidad de control envía un impulso eléctrico a la bobina, donde se genera el campo magnético que atrae la válvula de bola levantándola hacia el núcleo.

Al cortarse el impulso eléctrico, un muelle de membrana devuelve la válvula a su posición y asegura el cierre de los orificios. El exceso de carburante es enviado hacia el regulador de presión a través del orificio superior del inyector. De esta manera se evita la posible formación de vapores.

2.6.3.1.9. Sonda Lambda

La sonda lambda o sonda de oxígeno, se encuentra ubicada en el sistema de escape. Su función es detectar la cantidad de oxígeno que hay en los gases de escape. Esta sonda transmite señales hacia la unidad ECU, cuando la mezcla aire-combustible es demasiado pobre o demasiado rica, haciendo que se aumente o se disminuya la cantidad de combustible inyectada, en función de las condiciones presentes. (Crouse, 2003)

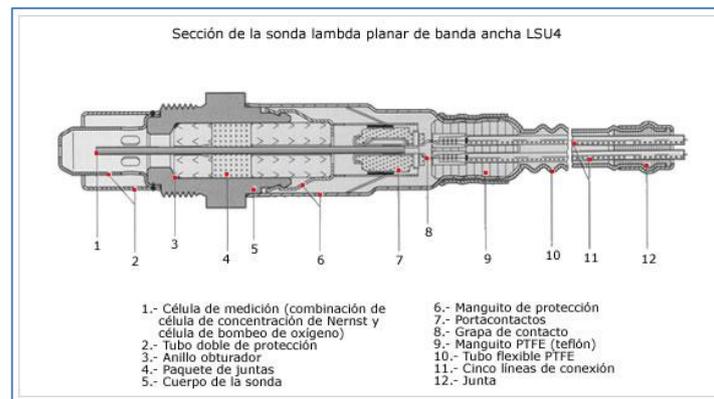


Gráfico N° 41 Sonda Lambda⁴¹

2.6.3.1.10. Unidad de Control Electrónica (ECU)

Conocida también como “centralita”; se conecta con los cables por medio de un enchufe múltiple. Consta de un programa y una memoria, mediante los cuales analiza las señales enviadas por los sensores del sistema. Tiene además una memoria de auto diagnóstico que detecta y guarda un registro de las averías. Además, enciende una alerta en el tablero de instrumentos del vehículo cuando se produce un mal funcionamiento. (Crouse, 2003)

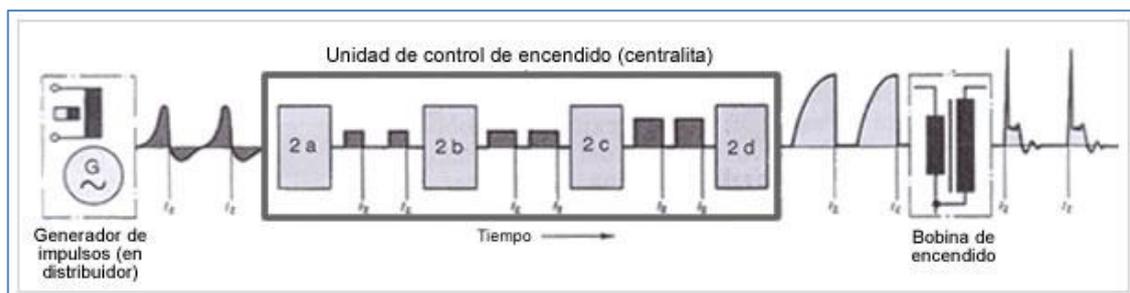


Gráfico N° 42 Unidad de control de encendido⁴²

⁴¹ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-sensores/sonda-lambda-lsu4.jpg>

2.7. Sistemas de Inyección Multipunto

2.7.1. Sistemas Inyección Indirecta (Bosch D y L-Jetronic)

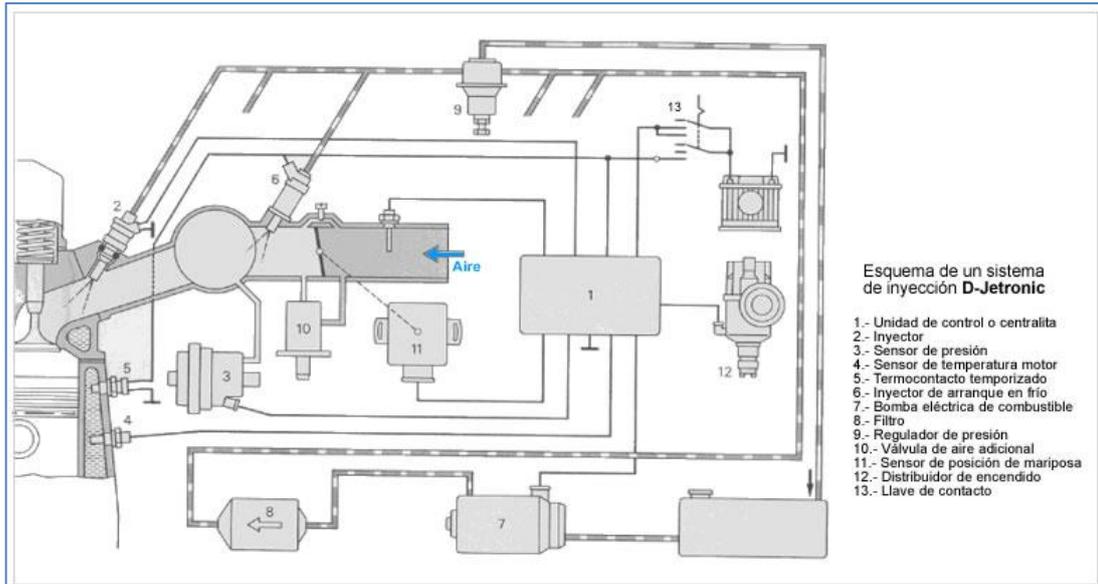
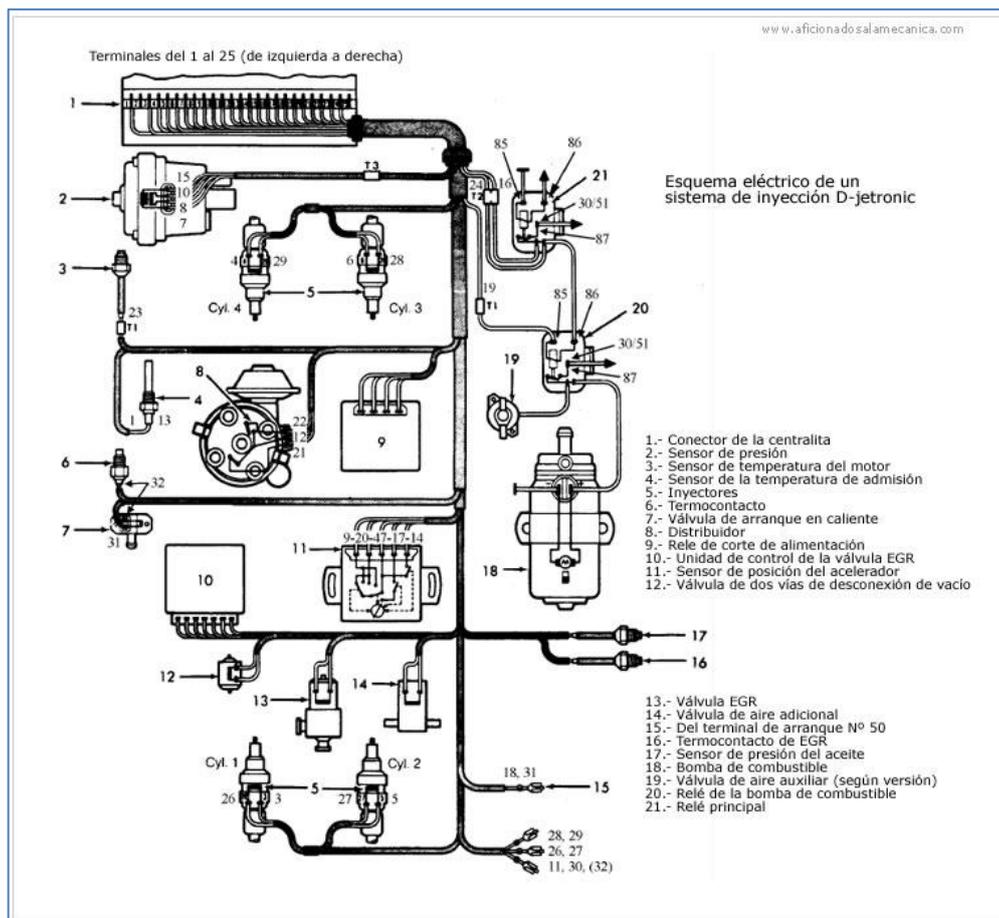
En los sistemas D y L-Jetronic, se efectúa la regulación y administración del carburante a través de una central electrónica (ECU). La central regula a cada electro inyector mediante una válvula interna de los mismos, que es accionada por un solenoide. (Palomares, 2007)

Las condiciones de trabajo del motor son determinadas mediante sensores de medida. Estos sensores envían señales eléctricas a la central electrónica y desde esta se determina las necesidades de combustible y se controla los inyectores que sirven para dosificar e inyectar la cantidad justa para el motor.

La regulación electrónica es más precisa y evita daños mecánicos. Esto permite que los inyectores al abrirse eléctricamente tengan una presión adecuada. La distribución de combustible a los cilindros es más precisa. (Palomares, 2007)

La central recibe una señal desde el contacto del distribuidor de encendido y responde regulando la cantidad de combustible inyectado. La duración de inyección depende principalmente de la señal enviada por el medidor del caudal de aire, pero se relaciona también con señales de otros sensores. La velocidad del motor es determinada por la frecuencia de los contactos del distribuidor de encendido. En condiciones de plena carga o en ralentí, interviene un interruptor unido a la válvula de mariposa para permitir enriquecimiento de la mezcla. Por otra parte, a través de un sensor de temperatura se corrige la duración de la inyección en relación con la densidad del aire. (Palomares, 2007)

⁴² <http://www.aficionadosalamecanica.net/encendido-electronico-sin-contactos.htm>

Gráfico N° 43 Sistema Bosch D-Jetronic⁴³Gráfico N° 44 Esquema Eléctrico Sistema D-Jetronic⁴⁴

⁴³ <http://www.aficionadosalamecnica.net/images-inyeccion/d-jetronic.jpg>

⁴⁴ <http://www.aficionadosalamecnica.net/images-inyeccion/d-jetronic-esquema-electr.jpg>

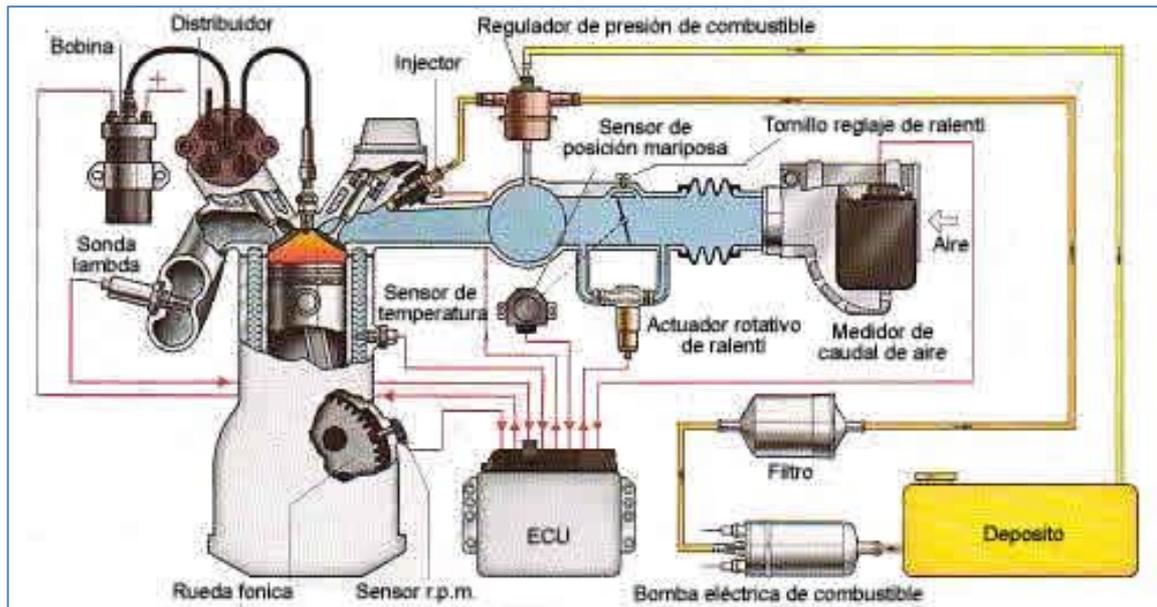


Gráfico N° 45 Sistema Bosch L-Jetronic⁴⁵

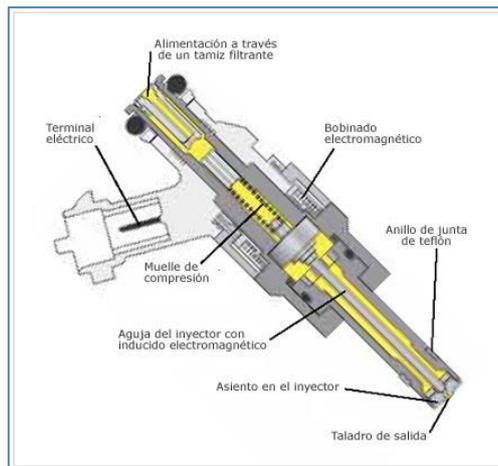


Gráfico N° 46 Inyector de combustible⁴⁶

⁴⁵ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-inyecc/d-jetronic-esquema-electr.jpg>

⁴⁶ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-inyecc-direc/injector.jpg>

2.7.2. Sistema de encendido Directo (DIS)

El sistema de encendido DIS, conocido así por sus siglas en inglés (Direct Ignition System), constituye un significativo avance tecnológico en el desarrollo automotriz moderno. Está diseñado para trabajar de manera más eficiente que el sistema de encendido mecánico, porque elimina el distribuidor, disminuyendo al mismo tiempo los desgastes y averías, muy comunes en ese. (Castro, 2006)

El sistema DIS (Direct Ignition System) tiene como propósito provocar la chispa para producir la combustión de la mezcla aire-combustible dentro del motor. Pero este proceso lo realiza con la ayuda de la computadora del vehículo, sensores, bobinas especiales y principalmente un módulo de encendido, de manera que se logra un trabajo más eficiente. De esta manera se obtiene un desempeño muy exacto y preciso mediante la aplicación de la electrónica en todos los procesos de funcionamiento del sistema. (Castro, 2006)

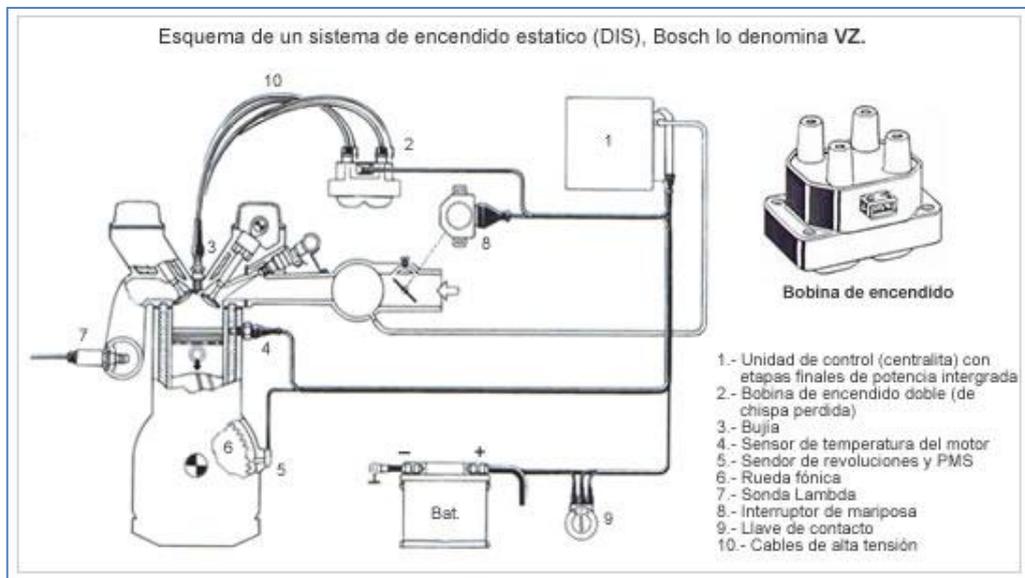


Gráfico N° 47 Esquema de los componentes de un sistema de encendido estático (DIS)⁴⁷

⁴⁷ http://www.aficionadosalamecanica.net/imagescurelec/esquema_elet_dis.jpg

2.7.2.1. Ventajas del Sistema (DIS)

Entre las principales ventajas de la utilización del sistema DIS, podemos señalar las siguientes:

- Mejor control sobre la generación de la chispa ya que la bobina puede producir de mejor manera la chispa necesaria para la inflamación de la mezcla, reduciendo significativamente las fallas de encendido a altas revoluciones en los cilindros del motor.
- Se eliminan las interferencias eléctricas del distribuidor favoreciendo el adecuado funcionamiento del motor, al mismo tiempo se optimiza la ubicación de las bobinas cerca de las bujías reduciendo la longitud de los cables de alta tensión o incluso llegando eliminarlos.
- Mayor precisión en el control del encendido.

2.7.2.2. Componentes del Sistema (DIS)

Los principales componentes de un sistema de encendido DIS, pueden variar en su configuración de acuerdo a las subdivisiones del sistema, si consideramos los diferentes tipos que se conoce: tipo simultáneo (chispa perdida), independiente o integral. A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de estos componentes.

2.7.2.2.1. Batería

La batería eléctrica o simplemente acumulador, es un dispositivo que a través de procedimientos electroquímicos almacena energía eléctrica, para posteriormente devolverla casi en su totalidad; en un ciclo que puede repetirse por un determinado periodo de tiempo. Para su correcto funcionamiento se requiere de un generador eléctrico secundario o alternador que realiza el proceso de carga de la fuente.

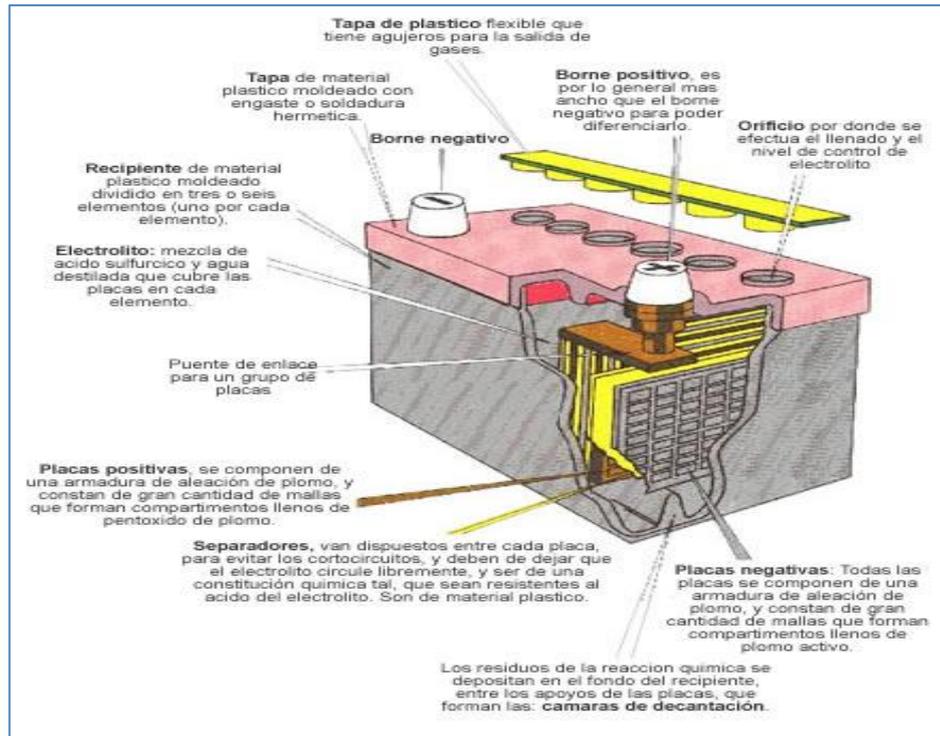


Gráfico N° 48 Batería⁴⁸

La batería es la fuente de alimentación para todos los circuitos eléctricos del automóvil. En el caso del sistema de encendido, actúa alimentándolo desde el momento en que se pone en contacto el interruptor de encendido. Así, se permite el paso de una corriente de 5V al módulo electrónico, a través del cual se alimenta o se corta el paso de corriente al inducido primario de la bobina mediante el control de la computadora (ECU). El voltaje nominal de una batería correctamente cargada es de aproximadamente unos 12.5 a 13.5V. (Castro, 2006)

⁴⁸ [://www.areatecnologia.com/baterias-y-acumuladores.htm](http://www.areatecnologia.com/baterias-y-acumuladores.htm)

2.7.2.2.2. Bobina

La bobina de ignición del sistema de encendido DIS, es controlada electrónicamente a través del sensor de posición del cigüeñal y el árbol de levas. Este componente consiste en un bobinado helicoidal que genera inducción electromagnética. Este componente se puede definir como un transformador que tiene dos partes: el bobinado primario, que posee aproximadamente unas 250 vueltas con alambre grueso y genera unos 12 voltios de energía; y el bobinado secundario que puede tener hasta 20000 vueltas de alambre muy fino y genera una energía de alto voltaje. (Castro, 2006)

La función de la bobina es transformar la corriente almacenada en la batería. En ciertos casos se puede llegar a generar unos 45.000 voltios, necesarios para provocar chispa en las bujías.

En el sistema de encendido DIS encontramos varias bobinas pequeñas. Una bobina por cada bujía, cuando se trata de un tipo independiente o también una bobina que sirve para dos bujías cuando se trata de un tipo simultaneo.

Las bobinas pueden estar ubicadas lejos o sobre el tope de las bujías; en el último caso, estamos hablando de un sistema en donde se suprimen los cables de las bujías.

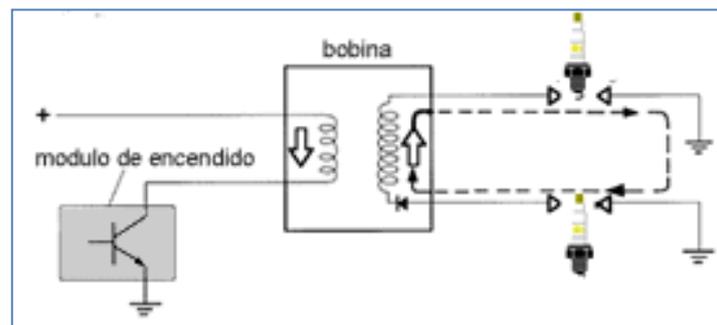


Gráfico N° 49 Esquema de una Bobina para el encendido tipo DIS⁴⁹

⁴⁹ <http://josemaco.wordpress.com/2010/03/31/sistema-de-encendido-dis-direct-ignition-sistem/>

2.7.2.2.3. Bujías

Las bujías son las componentes en donde se produce la chispa que permite el encendido de la mezcla. Las bujías se encuentran en contacto con la cámara de combustión en la culata del motor. Este componente es fundamental para el buen rendimiento del motor, por esto, se necesita que la chispa siempre se produzca en buenas condiciones cualquiera que sea el régimen (velocidad del motor) y la carga (posición del acelerador) del motor. (Castro, 2006)

La conexión eléctrica entre la bobina secundaria de alta tensión del transformador de encendido y las bujías se efectúa mediante el módulo electrónico de encendido. Las bujías utilizadas en el sistema de encendido DIS se componen de electrodos de platino, que permiten una mayor estabilidad en las distintas situaciones de funcionamiento del motor debido al elevado voltaje de la bobina. (Arias, 2004)

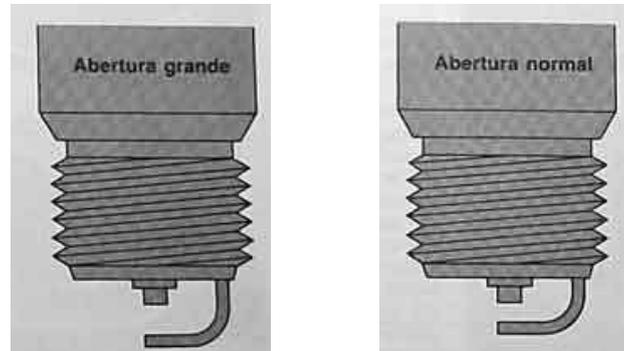
Por regla general, debemos observar las siguientes características que determinan el funcionamiento normal de las bujías, en el rango término correcto: Coloración gris blanco/amarillo a marrón. Mínimo desgaste del electrodo, sin ningún tipo de humedad en su periferia ya sea agua, gasolina o aceite.

Cuando una bujía se encuentra trabajando en forma defectuosa aumenta el consumo de combustible, enriqueciendo la mezcla; al mismo tiempo que altera el funcionamiento de los sensores y actuadores en el sistema de inyección y por lo tanto, también del sistema de encendido.

2.7.2.2.4. Arco de Corriente

El llamado arco de corriente es la chispa que se forma, cuando la corriente salta desde el electrodo central al electrodo lateral. En los encendidos convencionales el arco de corriente salta un espacio de hasta 0.035 pulgadas; mientras que en el encendido DIS, donde se utiliza una bujía de abertura grande la corriente puede saltar hasta 0.080 pulgadas. (Arias, 2004)

En el sistema de encendido DIS, se utilizan bobinas de alta inducción o de alto voltaje para alcanzar un mayor arco de corriente. La corriente salta hacia el electrodo donde encuentre menos resistencia, es decir al que esté más cerca.



Encendido convencional

Encendido DIS

Gráfico N° 50 Diferencia de abertura en los electrodos⁵⁰

2.7.2.2.5. Cables

Los cables cumple la función de trasladar el potencial de voltaje hacia la bujía. En el sistema de encendido DIS, algunos cables se encuentran junto con la bobina y para otros tipos de DIS, como en el caso de los encendidos directos, se suprimen totalmente los cables. (Arias, 2004)

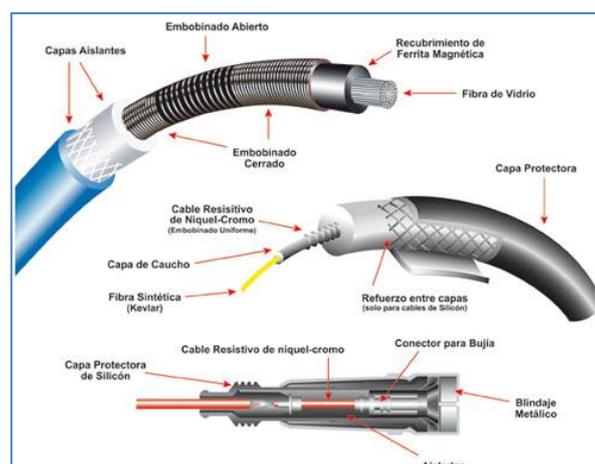


Gráfico N° 51 Cable de bujía⁵¹

⁵⁰ www.aficionadosalamecanica.net

⁵¹ http://www.ngkntk.com.mx/userfiles/image/cables_.jpg

2.7.2.2.6. Componentes Electrónicos

El sistema de encendido DIS, está conformado por diferentes componentes electrónicos que aseguran su eficacia y eficiencia en cuanto al rendimiento y productividad del motor automotriz. Los más importantes de estos son detallados a continuación.

2.7.2.2.6.1. Unidad de Control (ECU)

Está generalmente ubicado en un espacio entre el motor y el tablero del habitáculo del vehículo. Es el componente electrónico encargado del control de todos los sistemas necesarios para el funcionamiento del vehículo. Su ámbito de acción incluye: inyección electrónica, sistema de encendido, transmisión (control de tracción), suspensión (activa), frenos, luces y accesorios de la carrocería. (Crouse, 2003)

Su operación está determinada por las señales eléctricas de los sensores del automóvil. Estas señales son analizadas y enviadas a los actuadores para cambiar o mantener los parámetros de funcionamiento del sistema, asegurando su correcto desempeño.

Los principales sensores que envía señales a esta unidad de control son: depresión en el múltiple de admisión, temperatura del motor, posición del cigüeñal, árbol de levas y actualmente de la sonda lambda.

La unidad de comando es un agente de medición que puede realizar el control de manera sincrónica; en este caso la unidad de comando es básica para un buen funcionamiento del sistema de inyección.

Representa el cerebro del sistema. Es esta la que establece el volumen perfecto de combustible a ser pulverizado, con base en las informaciones que recibe de los sensores del sistema. La cantidad de combustible que el motor recibe, se establece por la unidad de comando, por medio del tiempo de apertura de las válvulas, también conocido por tiempo de inyección. (Crouse, 2003)

Esta unidad es “un micro-controlador que se encarga de dar ejecución al programa que está almacenado en la memoria” (Santander, 2006, p. 89). A esta se le conoce también como: UCE, ECU, CPU, etc.

Según Santander (2006), la unidad de comando utiliza microprocesadores para reunir información, procesarla y enviar señales para que se activen los diferentes circuitos que actúan. Los tres procesadores primordiales son la RAM o memoria temporal; PROM o programa de sintonía fina; y, ROM13 o programa básico de computadora, siendo estos tres el centro del CPU.



Gráfico N° 52 Unidad de Control ECU⁵²

⁵² <http://www.oocities.org/mecanicoweb/l2.jpg>

2.7.2.2.8. Funciones de la (ECU)

Santander (2006) señala que la Unidad de Comando es apta para controlar algunas funciones, además proporciona un control más preciso, como los que se mencionan a continuación:

- Controla la inyección de combustible, estableciendo la cantidad del mismo que se inyecta, prestando atención a ciertos parámetros. Si el acelerador está presionado a fondo, la UCE inyectará en mayor cantidad obedeciendo de la cantidad de aire que esté pasando por el motor.
- Si el motor no ha llegado a la temperatura suficiente, la cantidad de combustible inyectado será mayor consiguiendo que la mezcla sea más rica hasta que el motor tenga una temperatura adecuada.
- Así mismo la UCE suministra un control minucioso, con la idea de conservar a todo momento una proporción óptima de mezcla en el ralentí.
- Optimizar el flujo de aire que entra en el cilindro, aumentando así la potencia e impidiendo la mala combustión de combustible.
- Controlar el avance de la chispa, la UCE puede ajustar el tiempo exacto de la chispa (llamado tiempo de ignición) para dar una mejor potencia con un menor gasto de combustible. Existen casos en los que la UCE puede detectar un cascabeleo y analizar que puede deberse a que el tiempo de ignición está adelantado al momento de la compresión, en este caso la UCE retardará el tiempo en el que se produce la chispa para prevenir la situación.
- Actuar como control de regulador de presión, su función es aumentar transitoriamente la presión de combustible cuando se pone en marcha el motor con elevada temperatura de refrigerante.
- Controlar la bomba de combustible, el UCE controla, el voltaje aplicado a la bomba de combustible, reduciendo el voltaje aplicado a la bomba de combustible para así reducir el ruido de la bomba de combustible y el consumo de energía eléctrica en ralentí.
- Controlar el régimen de marcha en vacío, este recibe señales de diversos sensores y regula el motor a régimen de marcha en vacío óptimo de acuerdo a la carga del motor.

- Controlar el Ralentí, aumenta el régimen de marcha en vacío cuando el voltaje de la batería es bajo o cuando hay muchos interruptores de carga accionados.
- Verificar si los sistemas de señales de entrada y salida hacia y desde la UCE son normales, obteniendo de esta manera un auto diagnóstico.

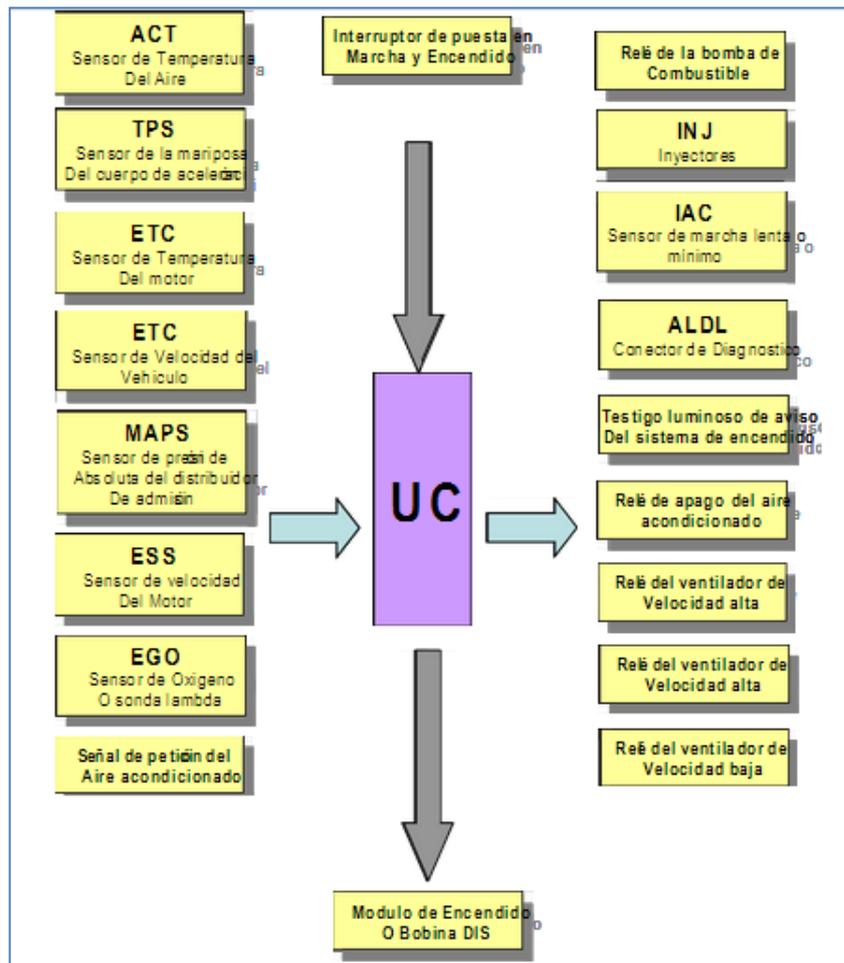


Gráfico N° 53 Esquema Unidad de Control ECU⁵³

2.7.2.3. Control de la inyección de combustible

Para un motor con inyección de combustible, una ECU determinará la cantidad de combustible que se inyecta basándose en un cierto número de parámetros. Si el acelerador está presionado a fondo, el ECU abrirá ciertas entradas que harán que la entrada de aire al motor sea mayor. La ECU inyectará

⁵³ <http://www.scribd.com/doc/92439480/Funcionamiento-Del-Sistema-de-Encendido-Del-Corsa-MPFI>

más combustible según la cantidad de aire que esté pasando al motor. Si el motor no ha alcanzado la temperatura suficiente, la cantidad de combustible inyectado será mayor (haciendo que la mezcla se más rica hasta que el motor esté caliente). (Crouse, 2003)

Un motor de ignición de chispa necesita para iniciar la combustión una chispa en la cámara de combustión. Una ECU puede ajustar el tiempo exacto de la chispa (llamado tiempo de ignición) para proveer una mejor potencia y un menor gasto de combustible. Si la ECU detecta un picado de bielas en el motor, y "analiza" que esto se debe a que el tiempo de ignición se está adelantando al momento de la compresión, ralentizará (retardará) el tiempo en el que se produce la chispa para prevenir la situación.

Una segunda, y más común causa que debe detectar este sistema es cuando el motor gira a muy bajas revoluciones para el trabajo que se le está pidiendo al coche. Este caso se resuelve impidiendo a los pistones moverse hasta que no se haya producido la chispa, evitando así que el momento de la combustión se produzca cuando los pistones ya han comenzado a expandir la cavidad. (Crouse, 2003)

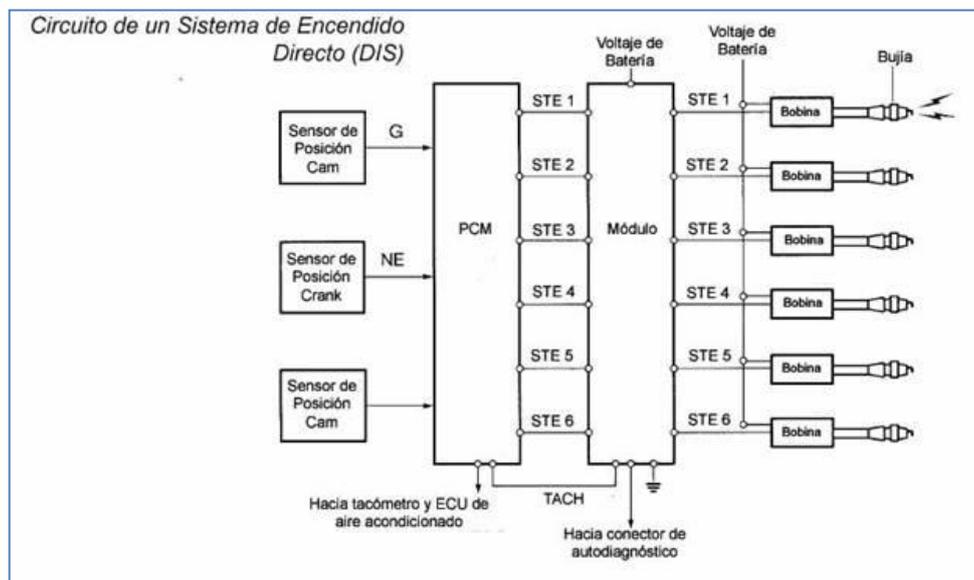


Gráfico N° 54 Esquema de encendido ECU⁵⁴

⁵⁴ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-inyecc/caudalimetro-mas-ECU.jpg>

2.7.2.4. Módulo Electrónico de Encendido

El modulo electrónico recibe la señal del emisor (ECU) para realizar el corte de corriente del negativo de la bobina, es decir, el cierre de circuito del primario de la bobina. (Castro, 2006)

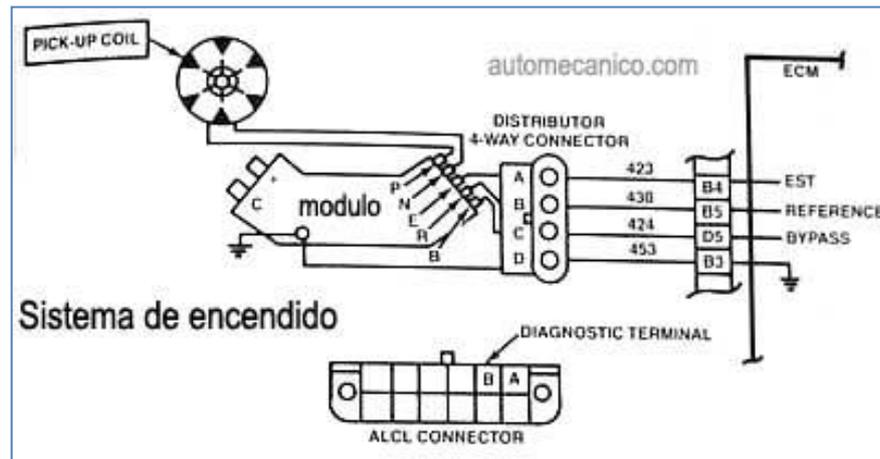


Gráfico N° 55 Módulo electrónico de encendido⁵⁵

Este componente está conformado por transistores que amplifican la señal recibida antes de permitir la alimentación del circuito primario de la bobina de encendido. En la estructura de este módulo, se utilizan diodos, que permiten el paso de la corriente en una sola dirección.

El módulo electrónico en su estructura tiene componentes muy complejos y sensibles que se encuentra sellados y solo se le puede hacer comprobaciones para verificar su correcto funcionamiento, solo para comprobar falta de alimentación de corriente o desconexión de alguno de los dispositivos que forman el equipo. La única parte que puede ser sustituida son las bobinas que están unidas al cuerpo del módulo mediante tornillos en algunos casos. En otros casos el módulo de encendido se encuentra separado de las bobinas. (Castro, 2006)

⁵⁵ http://automecanico.com/auto2002/modulos_de_encendido.html

2.8. Tipos de Sensores y Funcionamiento

2.8.1. Sensor MAP (Multiple Pressure Admission)

El sensor MAP, por sus siglas en inglés (Manifold Absolute Presion), se encuentra en la parte externa del motor después de la mariposa. Es un sensor piezoeléctrico que analiza la depresión en el múltiple de admisión en función de la cantidad de masa de aire admitida al motor cuando es acelerado o desacelerado. Permite conocer si es necesario regular el encendido, de acuerdo con la altitud y la densidad del ambiente; lo que realiza conjuntamente con el sensor de revoluciones. (Arias, 2004)

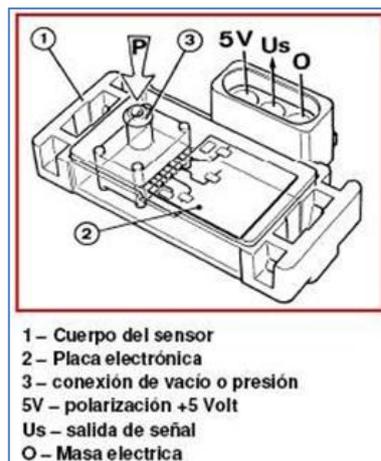


Gráfico N° 56 Esquema de un sensor MAP⁵⁶

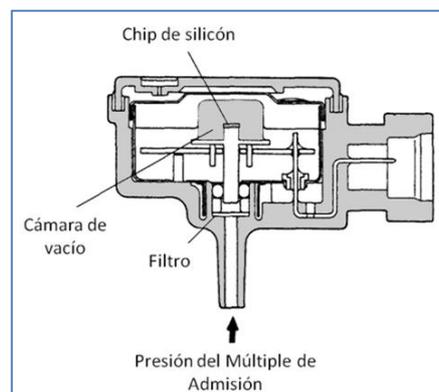


Gráfico N° 57 Sensor MAP⁵⁷

⁵⁶ e-auto.com.mx\Sensor MAP.jpg

⁵⁷ <http://e-auto.com.mx/imagenes/manuales/electronica/varios/MAP-02.jpg>

La señal emitida por el sensor MAP, puede ser analógica o digital. Además, existen dos diferentes:

Por variación de presión: consiste en una resistencia variable que se acciona por el vacío creado por la admisión del cilindro.

Por variación de frecuencia: analizan la presión barométrica además de la presión de la admisión.

2.8.2. Sensor CKP (Crankshaft Position Sensor)

Su función es la de detectar la rotación del cigüeñal y la posición exacta del pistón en el llamado “Punto Muerto Superior” (P.M.S.). Esta función la cumple a través de una especie de rueda fónica acoplada al cigüeñal. Sus señales son enviadas a la ECU y desde esta al módulo de encendido. Este sensor puede ser de tipo inductivo, de efecto hall u óptico. (Arias, 2004)

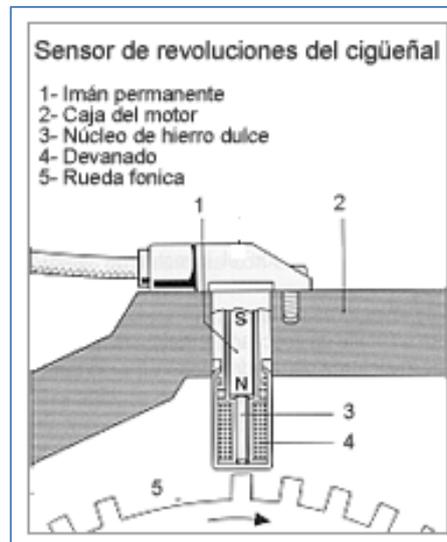


Gráfico N° 58 Sensor de revoluciones del cigüeñal⁵⁸

⁵⁸ <http://www.aficionadosalamecanica.net/imagescommon/common-rpm.gif>

2.8.3. Sensor CMP (Camshaft Position Sensor)

Este sensor recibe la información de la posición y el ángulo del árbol de levas. Su función es la de indicar las fases de funcionamiento del motor según el accionar de las levas. Asimismo, permite conocer la posición angular y ubicación del pistón en el P.M.S. (Arias, 2004)

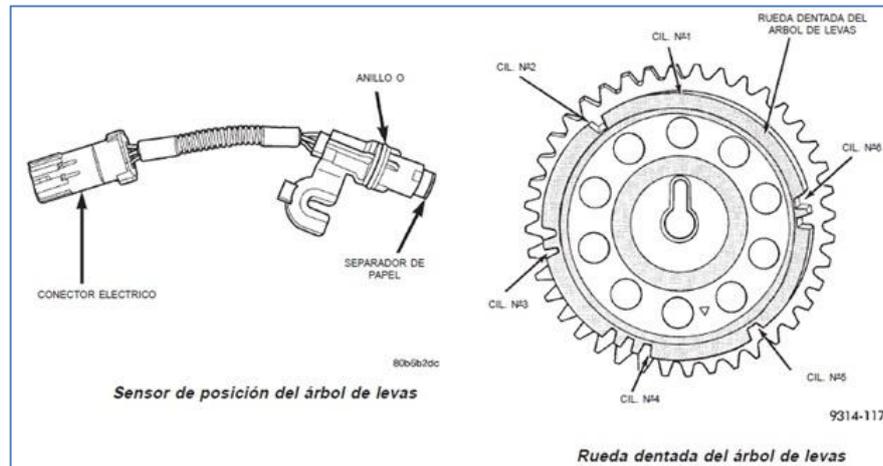


Gráfico N° 59 Sensor de posición de árbol⁵⁹

2.8.4. Sensor de posición de mariposa (TPS)

Conocido como TPS, por sus siglas en inglés "Throttle Position Sensor", se localiza sobre la mariposa de aceleración. Su función es informar a la unidad de control, la posición de la mariposa. El sensor TPS, más conocido es el llamado potenciómetro. (Águeda, 2009)

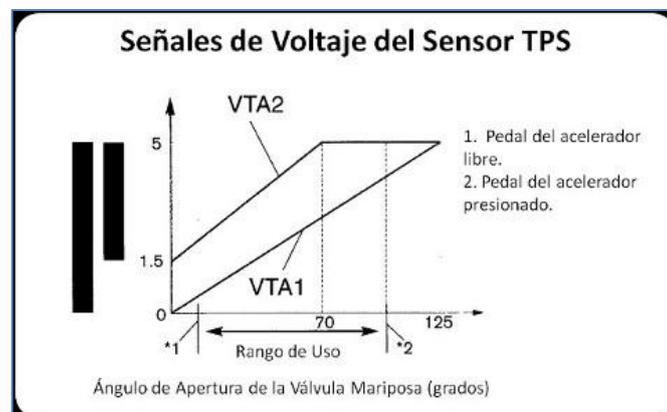


Gráfico N° 60 Señales voltaje Sensor TPS⁶⁰

⁵⁹ <http://guparacing.com.ar/Sensor-de-posicin-delArbol-de-levas.jpg>

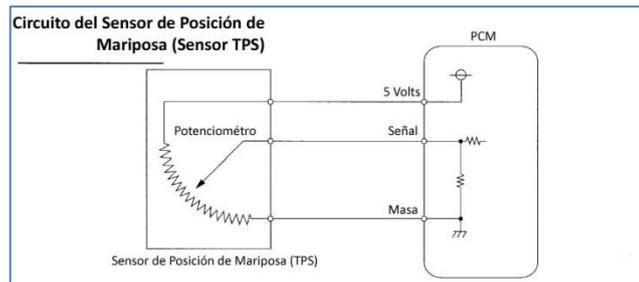


Gráfico N° 61 Circuito del Sensor TPS⁶¹

2.8.5. Sensor de oxígeno

Su funcionamiento se basa en el principio de una célula galvánica de concentración de oxígeno con un electrolito sólido. El electrolito está formado por un compuesto cerámico –dióxido de zirconio estabilizado con óxido de itrio– impenetrable por los gases. La capa cerámica está cerrada por un extremo y por el otro está en contacto con el aire exterior. (Arias, 2004)

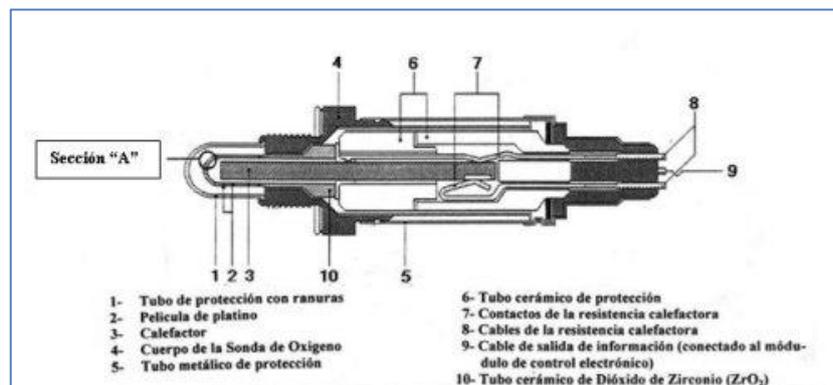


Gráfico N° 62 Sensor de Oxígeno⁶²

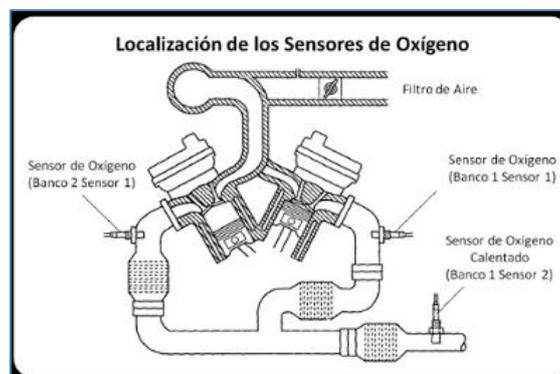


Gráfico N° 63 Localización sensores de oxígeno⁶³

⁶⁰ http://e-auto.com.mx/imagenes/manuales/electronica/varios/tps_06.jpg

⁶¹ <http://encendidoelectronico.com/eadmin/txt/POS-2.jpg>

⁶² http://www.cise.com/portal/images/stories/imagenes_notas/SensorO22.jpg

2.8.6. Sensor HALL

La principal función de este sensor, es la de enviar señales a la unidad de control, para que esta calcule la velocidad de rotación del motor y la posición de los pistones. Así mismo, informa a la unidad de control, la posición instantánea del cigüeñal. (Arias, 2004)

Se encuentra ubicado en el distribuidor. Consta de tres conductores para su conexión:

- Un conductor de masa firme de chasis.
- Un conector que conduce alimentación de +12 volts al sensor.
- Un conductor que envía información a la computadora ECU.

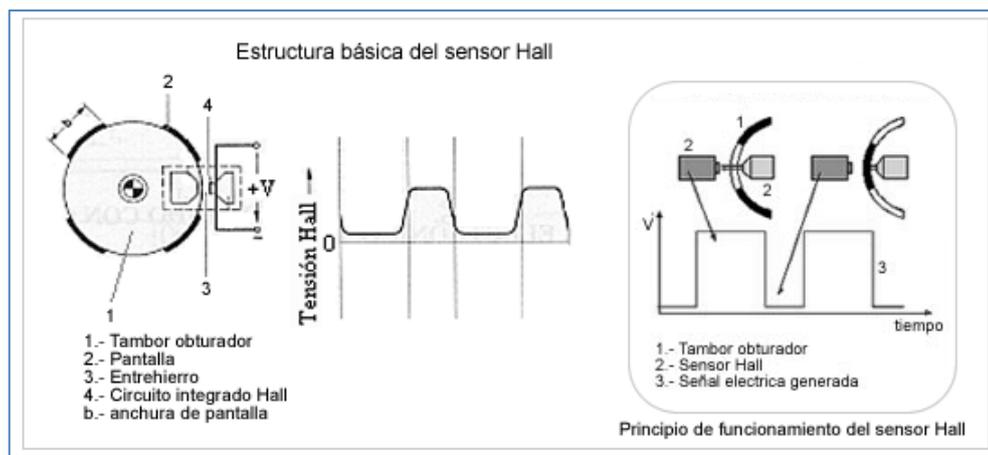


Gráfico N° 64 Estructura básica del Sensor HALL⁶⁴

2.8.7. Sensor de temperatura del motor

El sensor de temperatura del motor se encuentra instalado en el block del motor, cercano a la conexión de la manguera de agua del radiador, en contacto con el líquido de enfriamiento, se encarga de medir la temperatura del motor por medio del líquido (Águeda, 2009).

⁶³ http://e-auto.com.mx/imagenes/manuales/electronica/varios/sensor_o2_01.jpg

⁶⁴ <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-encendido/sensor-hall-completo.gif>

Su objetivo es conocer la temperatura del motor a partir de la temperatura del líquido refrigerante del mismo, informando a la unidad de control para que regule la mezcla y el momento de encendido del combustible.

Las fallas en este sensor pueden ocasionar varios problemas de arranque en frío o en caliente y consumo excesivo de combustible. Así también, puede causar que el ventilador este continuamente prendido o sobrecalentamiento del motor.



Gráfico N° 65 Sensor de Temperatura del Motor⁶⁵

2.8.8. Sensor de temperatura del aire (IAT)

Conocido como IAT, por sus siglas en inglés (Intake Air Temperature), consta de una resistencia que aumenta en relación proporcional al aumento de la temperatura del aire. Se encuentra en el conducto de la admisión del aire, o también dentro o fuera del filtro de aire. (Arias, 2004)

Su función es la de medir la temperatura del aire, permitiendo ajustar la mezcla con mayor precisión. Su correcto funcionamiento evitará fallas del motor, tales como: elevadas emisiones de monóxido de carbono, problemas para el arranque en frío, consumo excesivo de combustible, excesiva aceleración.



Gráfico N° 66 Sensor de Temperatura del Aire⁶⁶

⁶⁵ http://www.bosch.com.mx/content/language1/img_productworlds/sensor_de_temperature.png

⁶⁶ <http://www.mecanicafacil.info/images/SensorTemperaturaAire.jpg>

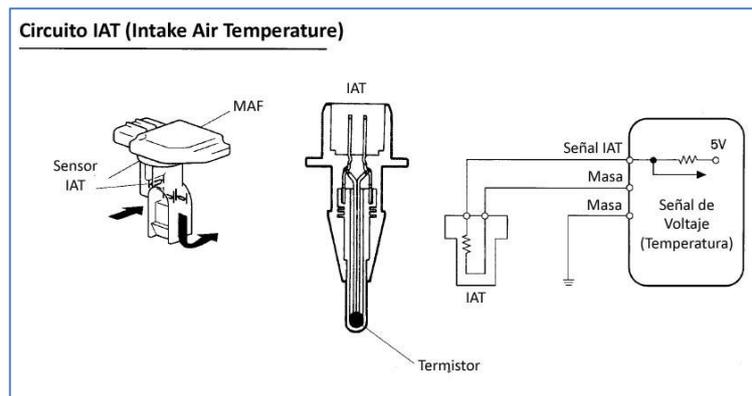


Gráfico N° 67 Esquema del Sensor de Temperatura de Aire⁶⁷

2.8.9. Sensor de flujo de aire (Mass Air Flow)

Conocido como Sensor MAF, por su nombre en inglés “Mass Air Flow”, se ubica entre el filtro de aire y la mariposa. Según Bosch (2010), su función es la de medir la cantidad y temperatura de la corriente de aire aspirada que ingresa al motor, informando a la unidad de control, para que se modifique la cantidad de combustible pulverizado. (Arias, 2004)



Gráfico N° 68 Sensor MAF⁶⁸

Existen dos tipos de sensores MAF: los análogos que producen un voltaje variable y los digitales que emiten señales en forma de frecuencia.

⁶⁷ <http://encendidoelectronico.com/eadmin/txt/TEMP-3.jpg>

⁶⁸ <http://www.mecanicafacil.info/images/SensorMAF.jpg>

2.8.10. Válvula de Control de Aire (Idle Air Control)

La llamada válvula IAC, por su nombre en inglés “Idle Air Control”, es conocida también como “válvula de control de aire-estabilizadora de ralentí”. Consta de un cortaviento que a través del movimiento de la servo válvula, permite controlar el flujo de aire con la válvula de la mariposa cerrada.

La función de la válvula IAC es la de regular el número de revoluciones del motor en relación con el ralentí del sistema de control del motor. Podemos ver la acción de esta válvula, cuando hay variaciones repentinas del estado de carga del motor al ralentí, por tanto, se necesita aire y combustible adicional para evitar que se detenga el motor. Así mismo, si el número de revoluciones del motor desciende por debajo de un valor crítico, entonces, se activa la válvula IAC permitiendo mayor paso del aire, al tiempo que se aumenta el tiempo de apertura de las válvulas de inyección, ajustándose a las necesidades del motor. (Arias Paz: 2004)

La válvula de control de aire IAC, puede ser afectada en su rendimiento por varias causas, como: acumulación de suciedad, cortocircuitos en la bobina, retención del impulsor magnético eléctrico; que alteran la alimentación normal de corriente desde la unidad de control del motor.

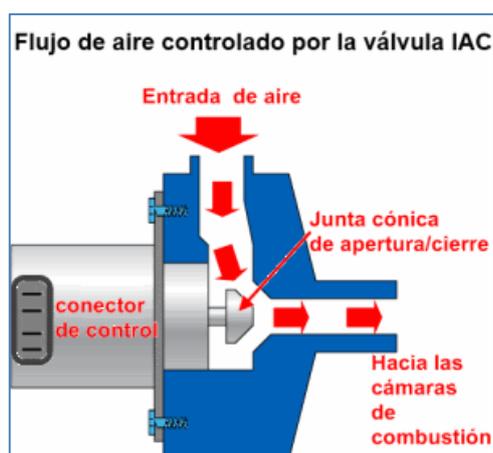


Gráfico N° 69 Flujo de Aire Controlado – Válvula IAC⁶⁹

⁶⁹ <http://4.bp.blogspot.com/flujo-aire-valvula-IAC.png>

CAPITULO III

3. ANALISIS DE GASES CONTAMINANTES

El motor de combustión interna funciona a base de la quema de combustible. Este combustible está compuesto principalmente de Carbono e Hidrógeno. Los compuestos que se unen van formando cadenas de Hidrocarburos. Cada cadena formada por los hidrocarburos forma un compuesto diferente, como el Gasoil, Gasolina, el GLP, etc. (Galicia). Los cuales no pueden utilizarse solos para la combustión, ya que necesitan de la presencia de oxígeno.

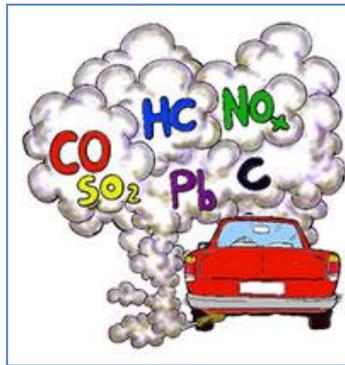


Gráfico N° 70 Gases de escape⁷⁰

“En el caso de una combustión instantánea, con una proporción exacta de aire/gasolina y condiciones ideales en la cámara de combustión, solamente se emitirán a la atmósfera dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua (H₂O) y nitrógeno (N₂). Todos gases que no son tóxicos” (Cesvimap).

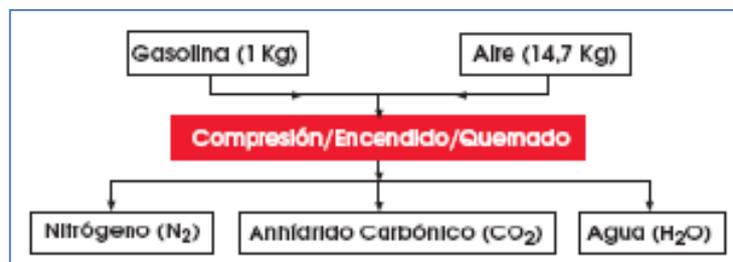


Gráfico N° 71 Combustión ideal con mezcla estequiométrica⁷¹

⁷⁰ <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>

⁷¹ <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

Pero el motor de combustión interna no puede alcanzar las condiciones favorables para quemar todos gases. Ya sea por mayor o menor cantidad de oxígeno que se suministre en la mezcla, siempre será incompleta. Y mientras la mezcla sea más incompleta, mayor será la cantidad de gases contaminantes expulsados al medio ambiente.

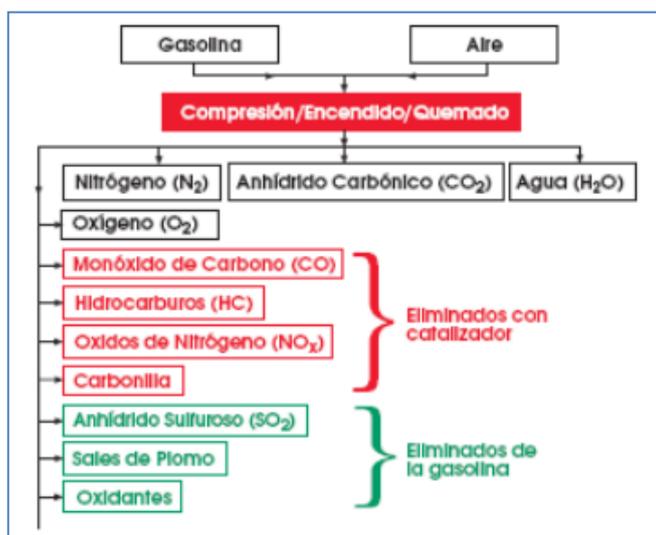


Gráfico N° 72 Combustión real⁷²

Antes de describir las diferentes sustancias que integran los gases de escape, se debe mostrar la composición de los gases que emana un motor a gasolina.

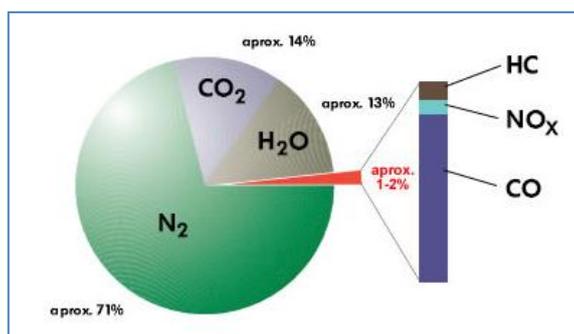


Gráfico N° 73 Composición de gases de escape⁷³

Este gráfico muestra que la cantidad de sustancias nocivas es muy pequeña en comparación con el total de los gases de escape.

⁷² <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

⁷³ <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>

3.1. Principales gases tóxicos

Como se puede ver la combustión incompleta genera la expulsión de gases tóxicos al medio ambiente, estos gases son:

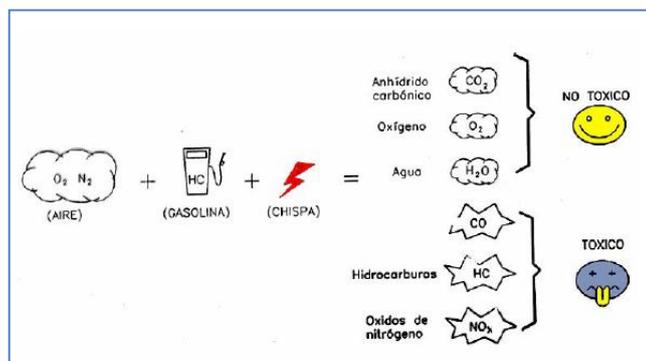


Gráfico N° 74 Combustión incompleta⁷⁴

3.1.1. Monóxido de Carbono (CO)

Es un gas muy peligroso ya que es incoloro, inodoro e insípido y además que una cantidad del 0,3% de CO en la sangre es suficiente para causar la muerte de una persona en poco tiempo.

El monóxido de carbono es producido por la combustión incompleta de la gasolina, que ocurre por la falta de oxígeno en el momento de la combustión. Esta falta de oxígeno evita que todo el carbono sea quemado y los átomos que quedan sin quemar se unan a solo un oxígeno formando CO.

3.1.2. Hidrocarburo (HC)

Los HC son los restos de hidrocarburos sin quemar que salen por el escape. Se produce por la mezcla pobre de oxígeno. Los hidrocarburos irritan los revestimientos de los órganos del sistema respiratorio, ojos piel, etc. La alta exposición a este gas puede causar cáncer.

En pocas palabras este tipo gas es la gasolina cruda que proviene de los siguientes lugares en el vehículo:

⁷⁴http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/Mezclas%20y%20gases%20de%20escape/combustion_mezcla.pdf

- Gas crudo del cilindro causado por el traslape de válvulas.
- Gas crudo en las paredes del cilindro
- Gas no quemado que queda en la cámara de combustión
- Gas evaporado del tanque

3.1.3. Oxido de Nitrógeno (NOx)

Este gas es producido por el nitrógeno y el oxígeno en el aire de la mezcla aire-combustible. Esto se produce a altas temperaturas en la cámara de combustión. (Cesvimap)

Estos gases provocan irritación en los ojos, garganta y hasta puede causar daño en los pulmones.

3.2. Emisión de gases contaminantes

Lo que la mayoría de personas piensan es que los gases contaminantes solo se producen en el escape, también lo hacen en:

- El bloque del motor: vapores de aceite
- Evaporación: vapores de gasolina procedente del tanque
- Escape: gases que son parte de la combustión

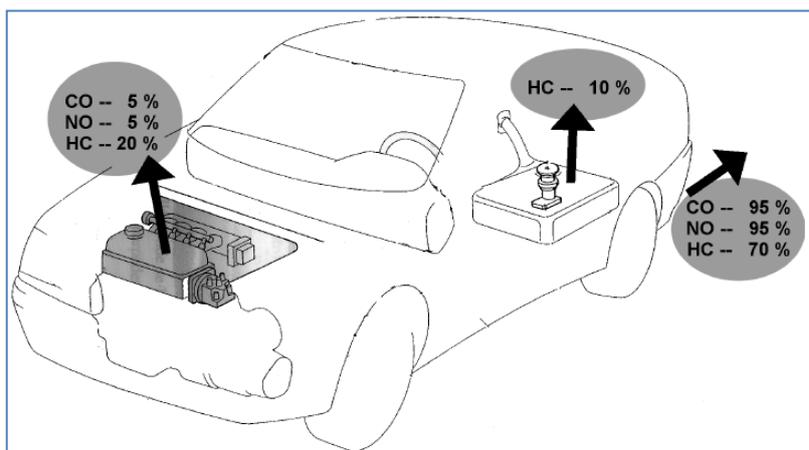


Gráfico N° 75 Elementos que generan contaminación⁷⁵

⁷⁵ <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

3.3. Medios para evitar la contaminación de gases del vehículo

3.3.1. Emisiones por el bloque

Problema.

Debido a que los aros de los pistones deben llevar una holgura de ajuste, los gases de la combustión tienden a desfogar en la fase de compresión y explosión por las holguras de los aros, parte de estos gases logran llegar al cárter del motor. Por lo que estos gases deben ser evacuados del cárter, porque si no se evacúan, esto generaría un aumento de presión en el cárter con lo cual dañaría los retenedores y juntas del motor.

Solución.

Estos problemas se arreglan con desfogue gases hacia la cámara de combustión en la que se quemarán.

3.3.2. Emisiones por evaporación

Problema

Dado que la gasolina es muy volátil, la evaporación se presenta mucho en estos lugares:

- El carburador (en la cuba).- esto en el caso de los sistemas de carburación, pero en el caso de los sistemas a inyección, los inyectores tienen un cierre hermético, lo que se puede ver como una solución.
- El depósito.- estos gases no se pueden evitar, lo único que se podía hacer era descargarlos al exterior del vehículo. En la actualidad no se permite este tipo de emisión de gases, por lo que se han ideado sistemas que ayuden a consumir estos vapores. Los gases en el

depósito se forman debido a que la presión en el tanque aumenta por la evaporación de la gasolina cuando el motor está apagado. (Galicia)

Solución

Existen varias soluciones para el depósito.

a) Válvula de respiración de dos direcciones

- Permite la entrada de gasolina al depósito, dependiendo del consumo de combustible
- Cuando los vapores de gasolina dentro del depósito alcanzan un valor determinado de presión, la válvula evacúa los gases a un depósito llamado cánister

b) Válvula en la boca del depósito de combustible

Impide el desfogue de los gases por la tapa de llenado de combustible, es por eso que le gente recomienda llenar el tanque en la noche o bien en la mañana para que no exista mayor evaporación de los gases. (Galicia)

c) Válvula obturadora de vapores

La válvula tiene la función de abrir paso de los gases almacenados en el cánister, hacia la cámara de combustión. Esto lo realizaba en función del vacío que generaba el colector de admisión, pero en los motores mas modernos, la válvula es controlada por la ECU.

d) Filtro de carbón activo o cánister

Este filtro retiene los vapores de gasolina del depósito de combustible y de la cuba del carburador, mediante un filtro que tiene gránulos de carbón activo.

3.4. Medios para evitar la contaminación de gases del escape

3.4.1. Emisiones por escape

Son las más importantes de controlar, por lo cual se procede a analizar la composición de los gases de escape en función del volumen y de las partes por millón en relación al valor lambda λ el cual nos indica la riqueza de la mezcla. Además de dos curvas, una del par motor y otra del consumo de combustible.

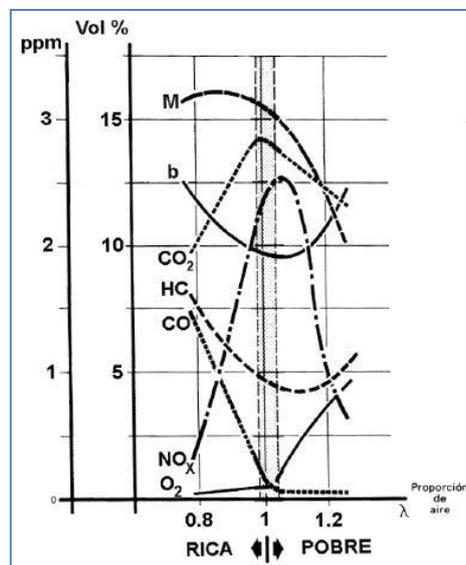


Gráfico N° 76 Análisis del comportamiento⁷⁶

Donde:

$\lambda = 1$ si estamos usando la mezcla teórica de 14,7:1

$\lambda > 1$ si la mezcla es pobre

$\lambda < 1$ si la mezcla es rica

Se puede ver en la gráfica, que los valores de gases contaminantes disminuyen considerablemente mientras más cerca se esté de $\lambda = 1$.

⁷⁶ <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

3.4.1.1. Sonda Lambda

Es el elemento más importante en lo referente al control de gases de escape. Este componente funciona comprobando la diferencia de cantidad de oxígeno que existe en los gases de escape con el oxígeno del aire exterior como ya se explicó en el anterior capítulo.

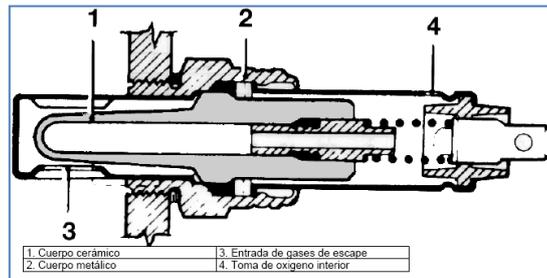


Gráfico N° 77 Sonda Lambda⁷⁷

Su correcto funcionamiento es cuando alcanza la temperatura aproximada de 300°C.

$$\text{La relación lambda es: } \lambda = \frac{\text{Relación peso de aire -combustible admitida}}{\text{Relación peso aire -combustible teórica}} = \frac{X}{14,7}$$

Como ya fue señalada la relación de mezcla aire-combustible teórica es la proporción en peso ideal para la combustión. La relación aire-combustible es 14,7g de oxígeno, por cada 1g de combustible. Como ya se ha hablado en anteriores capítulos y se hablará en los siguientes.

Pero si la relación aire-combustible es menor que la teórica, la mezcla será muy rica y habrá insuficiente oxígeno para la mezcla de todo el combustible. Por ejemplo.

$$\lambda = \frac{10}{14,7} = 0,68$$

$\lambda < 1$ Por lo que la mezcla es rica.

⁷⁷ <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

Pero si por otro lado, la relación es mayor a la teórica, la mezcla será muy pobre y habrá demasiado oxígeno para que la combustión ocurra.

$$\lambda = \frac{20}{14,7} = 1,36$$

$\lambda > 1$ Por lo que la mezcla es pobre.

Es por esto que la sonda lambda está ubicada después del múltiple de escape, para realizar lo siguiente:

La sonda lambda transmite a la unidad de control del motor las señales correspondientes al contenido de oxígeno en los gases de escape. La unidad de control del motor se encarga de mantener ajustada la mezcla de combustible/aire a una proporción "lambda = 1". (Aficionados a la mecánica, 2011)

La combustión incompleta de la mezcla es causada por las siguientes circunstancias, en cada tipo de gas como lo podemos ver en la figura.

Mezcla	%	Consecuencias
Rica	< 0,75	El motor se ahoga y la mezcla no inflama por lo que el motor deja de funcionar
	0,75 + 0,85	Mezcla demasiado rica, que en uso instantáneo proporciona incrementos de potencia
	0,85 + 0,95	Potencia máxima en régimen continuo (pendiente, aceleración,ect.)
Normal	0,95 + 1,05	Conducción normal(régimenes de crucero)
Pobre	1,05 + 1,15	Mínimo consumo con ligera pérdida de potencia
	1,15 + 1,30	Disminución considerable de potencia con aumento de consumo por pérdida de rendimiento
	> 1,30	El motor no funciona, no se propaga la llama

Tabla N° 2 Consecuencias de una mezcla incompleta⁷⁸

⁷⁸ <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

3.4.1.2. Válvula EGR

Esta válvula es utilizada para reducir los gases NOx. Como estos gases se producen por la presencia de exceso de aire, o sea una mezcla pobre y las altas temperaturas de combustión, la válvula EGR trabaja para empobrecer considerablemente la mezcla y disminuir la temperatura de la combustión. (Galicia)

La válvula EGR tiene la función de introducir gases de escape en la admisión mezclando los gases ya combustionados con los gases por combustionar, con el fin de reducir la relación de compresión y el rendimiento de la combustión.

La EGR realiza esto cuando el vehículo esta en ralentí y mientras no se supere un número de revoluciones predeterminado por la ECU, para que el vehículo no pierda potencia cuando es requerida por el conductor.

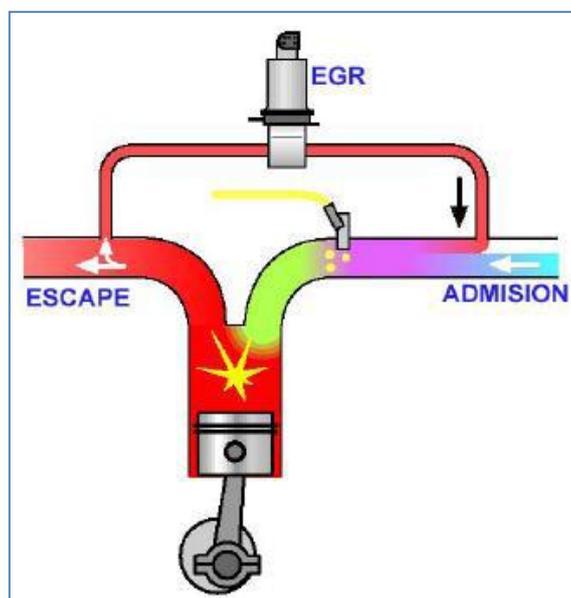


Gráfico N° 78 Válvula EGR⁷⁹

⁷⁹ <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

3.4.1.3. Catalizador

El catalizador o convertidor catalítico es uno de los elementos primordiales para reducir la cantidad de gases contaminantes de los gases de escape, mediante la técnica de catálisis.

El catalizador se encuentra montado en el tubo de escape, después del múltiple de escape, donde la temperatura de los gases se mantiene elevada. Esto se realiza con el objeto de elevar la temperatura del catalizador, circunstancia indispensable para que trabaje de manera óptima. Temperatura que alcanza los 400° a 700°C. (Aficionados a la mecánica, 2011)

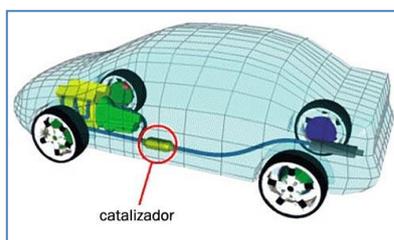


Gráfico N° 79 Ubicación del catalizador⁸⁰

El catalizador está compuesto por una carcasa de acero inoxidable el cual contiene en su interior sustancias químicamente activas, que se posan sobre un monolito (colmena cerámica), recubierta de un revestimiento que protege contra golpes. (Aficionados a la mecánica, 2011)

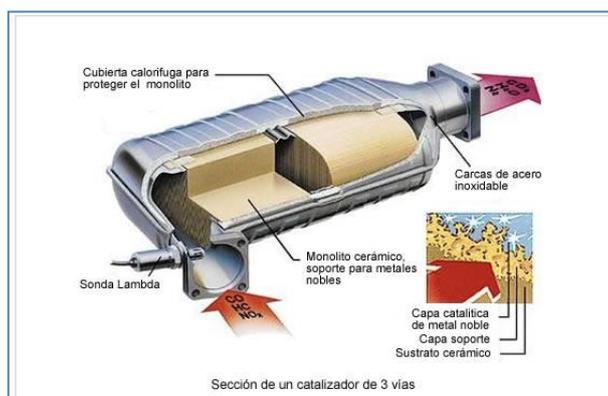


Gráfico N° 80 Estructura del catalizador⁸¹

⁸⁰ http://ideasecundaria.blogspot.com/2011_10_01_archive.html

⁸¹ <http://www.aficionadosalamecanica.net/catalizadores.htm>

La colmena del catalizador está formada por un millar de canales por donde pasan los gases de escape.

La capa de soporte para golpes sirve también para aumentar o retardar la acción catalítica, ya que está formado a base de sustancias activas como óxidos de aluminio, metales nobles (catalíticamente activos) como: Paladio, Rodio, Platino. (Aficionados a la mecánica, 2011)

La depuración catalítica se basa en dos reacciones químicas:

1. Reducción: extracción de oxígeno de los componentes de los gases de escape.
2. Oxidación: adición de oxígeno a los componentes de los gases de escape (recombustión). (Aficionados a la mecánica, 2011)

3.4.1.3.1. Tipos de Catalizador

Según el sistema de funcionamiento, los catalizadores pueden ser de tres tipos:

Catalizador oxidante:

Contiene un solo soporte cerámico, el que permite la oxidación del monóxido de carbono CO y de los hidrocarburos HC. En la figura se ve un catalizador oxidante. El óxido de nitrógeno (Nox) no se ve afectado por este tipo de catalizadores, pero de ello se encarga el sistema EGR.



Gráfico N° 81 Catalizador de oxidación⁸²

⁸² <http://www.aficionadosalamecanica.net/catalizadores.htm>

Catalizador de dos vías:

También llamados de "doble efecto", ya que contiene dos cuerpos catalizadores que manejan los gases de la siguiente manera:

Son en realidad un doble catalizador con toma intermedia de aire. El primer cuerpo actúa sobre los gases ricos de escape, reduciendo el óxido de nitrógeno (Nox), mientras el segundo lo hace sobre los gases empobrecidos gracias a la toma intermedia de aire, reduciendo el monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC). Precisa una mezcla rica o estequiométrica para funcionar. (Aficionados a la mecánica, 2011)

Este tipo de catalizador tiene dos modos de funcionamiento.

Cuando el motor está frío: Como la condición del vehículo se presta para realizar una mezcla rica, la válvula de control de aire envía aire al colector envía aire al múltiple de escape para ayudar a completar la combustión. El oxígeno adicional convierte parte de los HC en H₂O y CO₂. De esta manera evita sobrecargar el catalizador. (Aficionados a la mecánica, 2011)

Cuando el motor se calienta: El catalizador trabaja de manera normal, pero se inyecta aire en la toma intermedia del catalizador para reducir los monóxidos de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC).

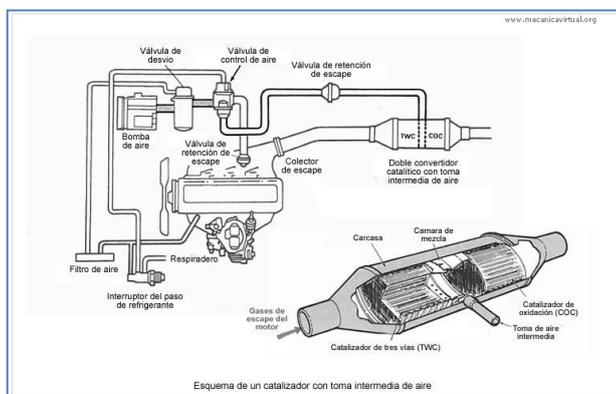


Gráfico N° 82 Esquema del catalizador de dos vías⁸³

⁸³ <http://www.aficionadosalamecnica.net/catalizadores.htm>

Catalizador de tres vías:

Es llamado de “tres vías” ya que reducen los gases nocivos al mismo tiempo. La eficiencia de este catalizador depende de la mezcla, que se acerque a la mezcla estequiométrica. Por lo que se hace necesario el uso de la sonda lambda, para controlar que los gases de escape y realizar correcciones en los gases que van a ser combustionados.

Estos catalizadores son de los más usados hoy en día, pero también son los más caros, por su alta complejidad.

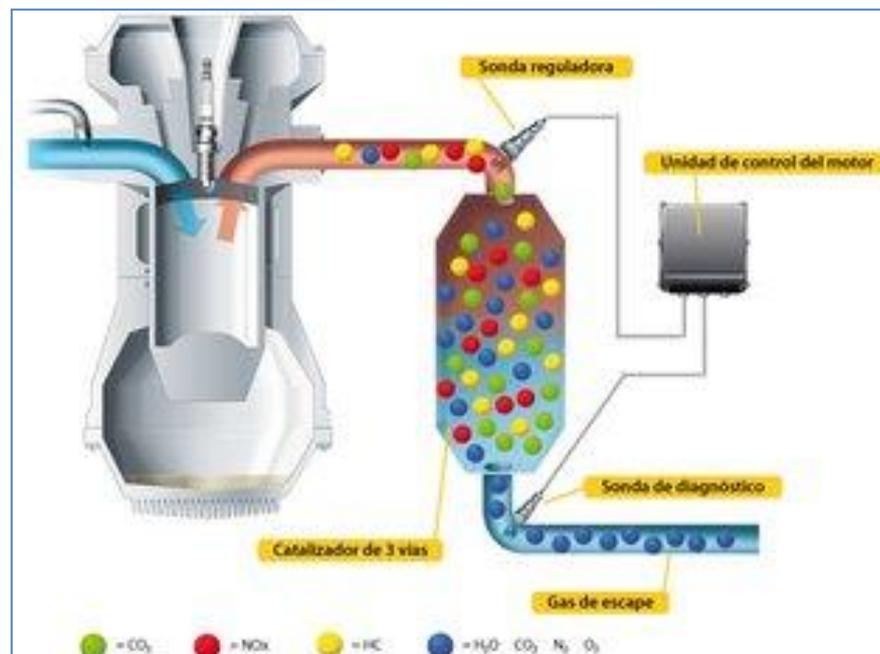


Gráfico N° 83 Catalizador de tres vías⁸⁴

Los catalizadores de tres vías son los utilizados en motores de gasolina alimentados mediante inyección electrónica. El catalizador se compone de un recipiente de chapa como cuerpo (6), un soporte (5) y el recubrimiento catalítico activo de metal precioso (4).

⁸⁴ <http://www.ngk.de/es/tecnologia-en-detalle/sondas-lambda/aspectos-basicos-de-los-gases-de-escape/catalizador/>

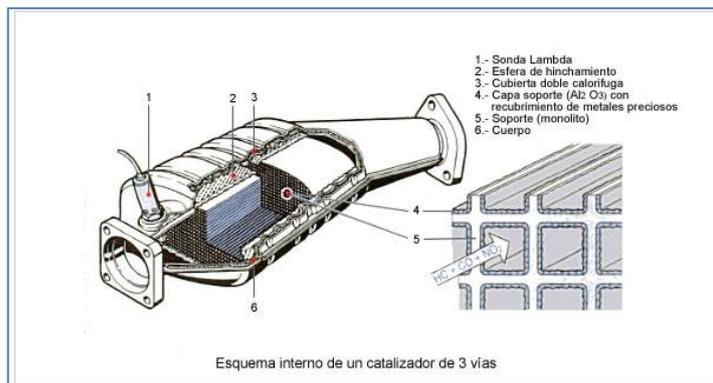


Gráfico N° 84 Estructura del catalizador de tres vías⁸⁵

3.4.1.4. Sistema de diagnóstico OBD (on board diagnostics)

El OBD I es un sistema de diagnóstico a bordo integrado al motor, para supervisar el correcto funcionamiento de los sistemas, que por mal funcionamiento pudieran alterar las emisiones de gases de escape. Está provisto de un testigo luminoso el cual indica si existe alguna anomalía en el motor.

El sistema OBD II es una actualización del OBD I, con la cual se mejoran varios aspectos y se integran otros como:

- Vigilancia de todos los componentes importantes para la calidad de los gases de escape.
- Protección del catalizador ante su puesta en peligro.
- Aviso visual, si hay componentes relacionados con los gases de escape, que presentan fallos en el funcionamiento
- Memorización de las averías.
- Se estandarizan los códigos de fallo.

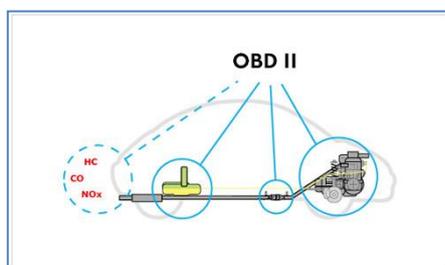


Gráfico N° 85 OBD II⁸⁶

⁸⁵ <http://www.aficionadosalamecanica.net/catalizadores.htm>

⁸⁶ <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>

3.5. Análisis de gases

El análisis de los gases debe realizárselo cuando el motor está a temperatura de trabajo. Los motores que son a gasolina deben realizarse una prueba en ralentí, 2000 y 3000 rpm. Se debe realizar el análisis de los gases con un equipo homologado y se debe realizar el análisis de al menos 4 gases: CO, HC, CO₂, O₂ y el factor λ para motores a gasolina. (Galicia)

Valores dentro de las tolerancias

	CARBURACIÓN	INYECCIÓN SIN catalizar	INYECCIÓN antes del catalizador	INYECCIÓN después del catalizador
CO	Entre 1% y 2%	1 +/- 0.5%	Entre 0.4% y 0.8%	Menor de 0.2%
CO ₂	Mayor que 11%	Mayor que 12%	Mayor que 13%	Mayor que 13.5%
HC	Menor de 400 ppm	Menor que 300 ppm	Menor de 250 ppm	Menor de 100 ppm
O ₂	Menor de 3.5%	Menor de 2.5%	Menor de 1.5%	Menor de 0.2%
λ			Entre 0.99 y 1.02	Entre 0.99 y 1.01
RPM			Ralentí	2000 RPM

Tabla N° 3 Rango de gases⁸⁷

3.5.1. Interpretación de Averías

3.5.1.1. En el caso de vehículos sin catalizador

A continuación se presenta una tabla con los datos de un vehículo en perfecto estado.

	300 ppm	150 ppm	80 ppm
HC	300 ppm	150 ppm	80 ppm
CO	2%	1%	0,8%
CO ₂	12,5%	13%	13%
O ₂	1,2%	0,8%	0,7%
RPM	900	2000	3000

Tabla N° 4 Funcionamiento correcto⁸⁸

- El CO y HC descienden a medida que aumenta las rpm, indicando que el sistema está economizando correctamente.
- El CO₂ tiende a subir a medida que las rpm aumentan.

⁸⁷ <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

⁸⁸ <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

- El O₂ baja porque los gases tienen mejor combustión a mayores revoluciones.

En el siguiente caso se mostrará los datos de un vehículo con problemas de economización de combustible.

HC	300 ppm	250 ppm	200 ppm
CO	2%	3,5%	4%
CO ₂	13%	12,5%	12%
O ₂	1,2%	0,5%	0,3%
RPM	900	2000	3000

Tabla N° 5 Fallas de economización⁸⁹

- CO y HC aumentan conforme se aumenta las rpm, por lo que no economiza, se debería comprobar los elementos que miden la cantidad de aire como: sensor MAF o MAP.

En la tabla siguiente se puede observar que el vehículo tiene fallas con el escape. La tabla solo muestra los datos en ralentí, pero hay que comparar con los datos de la tabla que trabaja en perfecto estado.

HC	300 ppm
CO	1.5%
CO ₂	9%
O ₂	6%
λ	fuera de escala
RPM	ralentí

Tabla N° 6 Escape roto⁹⁰

- El HC con el CO no varían.
- Pero el O₂ aumenta en gran cantidad y CO₂ disminuye indicando que la mezcla no es del todo óptima.

⁸⁹ <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

⁹⁰ <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

En la siguiente tabla se muestra un fallo en el encendido.

HC	1500 ppm
CO	1%
CO ₂	11%
O ₂	6%
λ	fuera de escala
RPM	ralentí

Tabla N° 7 Fallo de encendido⁹¹

- HC y O₂ tienen una cantidad demasiado elevada. Esto indica una falla en el encendido, que puede ser causado por un cable de bujía en mal estado, en el caso de tener distribuidor puede estar en mal estado.
- CO₂ tiende a ser más bajo de lo normal.

En el siguiente cuadro, se muestra una falla por mezcla rica.

HC	390 ppm
CO	5%
CO ₂	12%
O ₂	0,2%
λ	0,92
RPM	ralentí

Tabla N° 8 Mezcla rica⁹²

- CO Está por encima de lo normal. Cuando el CO es muy elevado, es porque existe una deficiencia de O₂.
- En el caso el problema se puede solucionar de esta manera: en un vehículo a carburador se regula es tornillo de la mezcla.
- En un vehículo con catalizador, se necesita revisar la sonda lambda.
- CO₂ casi no varían. Y los HC se incrementan muy poco.

⁹¹ <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

⁹² <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

Otro caso que se muestra es con una falla de mezcla pobre.

HC	250 ppm
CO	0,3%
CO ₂	11%
O ₂	3%
λ	1,2
RPM	ralentí

Tabla N° 9 Mezcla pobre⁹³

- CO demasiado bajo y O₂ tiene una cantidad elevada. Esto nos dice que existe una mezcla pobre.
- HC y CO₂ no varían.
- En el caso de este problema, regulando el tornillo de riqueza de la mezcla solucionaría el problema en el caso del carburador.
- En el caso de ser sistema a inyección, revisar la sonda lambda.

⁹³ <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

CAPITULO IV

4. CAMBIO DE SISTEMA DE CARBURACIÓN A SISTEMA DE INYECCIÓN MULTIPUNTO, CON COMPUTADORA PROGRAMABLE

Cuando se realiza un cambio de sistema de carburación en un vehículo hay que tomar en cuenta las características propias del vehículo, del motor, sus componentes de alimentación de combustible. Es por eso que se detallará a continuación las características generales del vehículo a realizar las modificaciones.

4.1. Elección del vehículo

El vehículo a realizar la modificación es un Land Rover serie IIA, del año 1968, con un motor de 4 cilindros en línea y un volumen en los cilindros de 2250cc aproximadamente.



Fotografía No. 1: Land Rover Serie IIA

Estos son los datos generales más importantes del vehículo, posteriormente se detallará un poco más de los componentes que se suprimieron para realizar la modificación.

El objetivo de este proyecto es reducir considerablemente los gases contaminantes y reducir el consumo de combustible al máximo. No nos

enfocamos mucho en la potencia ya que para este vehículo que es un 4x4 de alto torque, la potencia no marca la diferencia, ya que el vehículo alcanza como máximo los 85 km/h en una carretera inclinada a favor. Y en una carretera inclinada que no esté a favor la velocidad disminuye considerablemente como a unos 40Km/h.

Al realizar el cambio del sistema de carburación a un sistema de inyección electrónica en un vehículo, hay que tomar en cuenta tres aspectos importantes:

- La entrada de aire.
- La entrada de combustible.
- El encendido de la chispa.

Los cuales los dividiremos en subsistemas para detallar los cambios efectuados, las características y los beneficios de la siguiente manera:

4.2. Adaptación del subsistema de alimentación de combustible.

El subsistema de alimentación de combustible es el encargado de suministrar la cantidad suficiente de combustible a los inyectores para las diferentes etapas de conducción. Este sistema lo componen los siguientes elementos:

1. Tanque de combustible
2. Bomba de combustible
3. Filtro de combustible
4. Riel de inyección
5. Válvula reguladora de presión
6. Conductos de combustible

Se realizan cambios y modificaciones en el sistema de alimentación de combustible ya que la diferencia de presiones para la inyección electrónica es mayor y los componentes necesarios para realizarlo tienen sus propias

características de funcionamiento. A continuación se detallarán los cambios efectuados en este subsistema.

4.2.1. Modificación del tanque de combustible

Lo primero que debemos modificar es el tanque de combustible, que es de donde parte el combustible hacia el riel de inyección y retorna al tanque. Para eso, lo que se necesita es adaptar un retorno al tanque. Procedemos de la siguiente manera:

- Desmontamos el tanque de combustible del vehículo.
- Realizamos una perforación en el depósito de combustible, con la finalidad de adaptar un acople para el retorno de la gasolina.



Fotografía No. 2: Desmontaje del tanque

- Acople que se inserta al tanque por medio de una rosca realizada en el tanque.



Fotografía No. 3: Boquilla de retorno

Una vez que ya se encuentra el tanque listo, se lo tiene que lavar para eliminar impurezas y limallas por efecto de la perforación del tanque.

4.2.2. Adaptación de la bomba de combustible

Se elimina la bomba original ya que es una bomba mecánica, la cual trabaja aproximadamente a 1 bar de presión en el mejor de los casos y el nuevo sistema necesita comandar la bomba de combustible y el trabajo lo realiza a mayores presiones.



Fotografía No. 4: Bomba mecánica

Por lo cual se ha seleccionado una bomba de combustible eléctrica proveniente del sistema de combustible del Chevrolet Corsa Wind, que tiene una presión nominal de fábrica de 5.5 a 5.9 bar, suficiente para realizar su trabajo sin tener que forzarla ya que el nuevo sistema requiere de 3 bar de presión para realizar su trabajo.

Con la adaptación de esta nueva bomba se asegura que la cantidad de combustible sea constante, y que la presión de combustible sea controlada eléctricamente.

Como la bomba mecánica se encontraba unida al motor para su funcionamiento, fue necesario realizar algunos cambios que se los detalla a continuación:

- Desmontar la bomba mecánica



Fotografía No. 5: Bomba montada



Fotografía No. 6: Desmontaje de la bomba

- Fabricar y colocar una tapa con su respectivo empaque para sellar el motor.



Fotografía No. 7 Tapa para sellar motor

- Sujetar a la carrocería con una abrazadera



Fotografía No. 8 Sujeción de la bomba en la carrocería

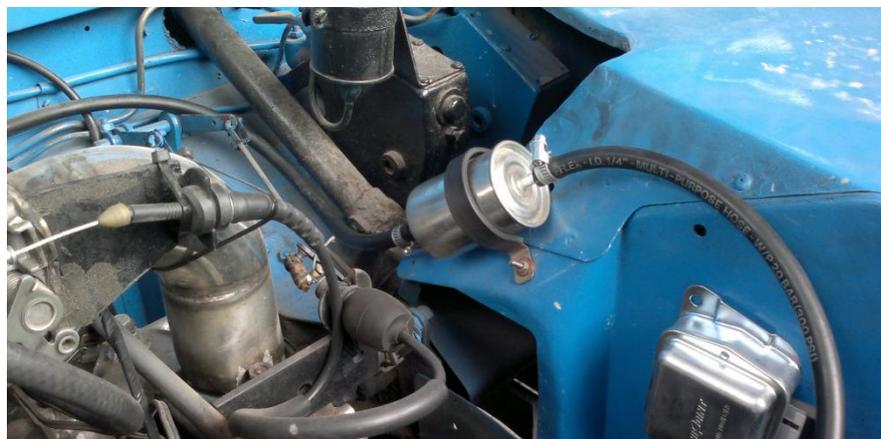
4.2.3. Adaptación de filtro de combustible

Seleccionamos un tipo de filtro común, de un vehículo Chevrolet Corsa Wind, que se encargara de filtrar los residuos de combustible o bases denominados barnices que tiene el combustible, que antes de ingresar al sistema deben ser limpiados para evitar daños en otros componentes.



Fotografía No. 9 Filtro de combustible

A este elemento se lo ubica entre los conductos que llevan el combustible desde el depósito enviado por la bomba hasta la regleta de inyección, como se observa en la figura siguiente, además debemos ubicar el filtro en un lugar que se encuentre totalmente aislado del calor y bien acoplado a la carrocería o al chasis de tal manera que no se encuentre oscilante en ningún momento.

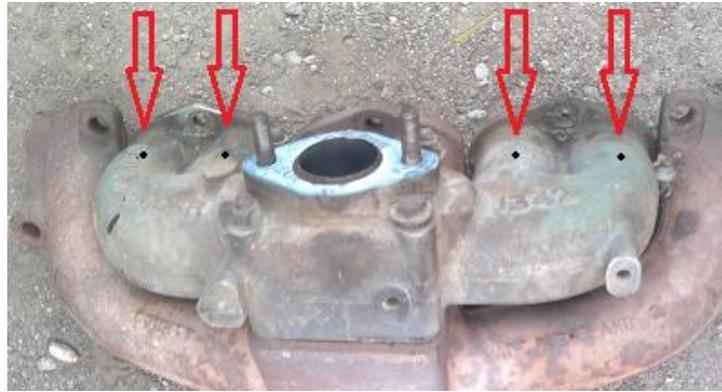


Fotografía No. 10 Posición del filtro

4.2.4. Adaptación del riel de inyección

El riel de inyección debe estar seleccionado de acuerdo a la distancia establecida por el múltiple de admisión, de tal manera que coincidan los elementos de la regleta (inyectores) con los ductos de admisión para cada cilindro. Esto nos ayuda para surtir en igual proporción el combustible a los inyectores.

Se realiza una perforación en el múltiple, en los puntos indicados como se muestra en la figura siguiente.



Fotografía No. 11 Puntos de perforación

Se elabora unos bocines que se insertarán en los orificios anteriormente realizados y se asegura con puntos de solda alrededor del bocín. Hay que tener en cuenta que los bocines deben tener el diámetro dependiendo del diámetro del inyector con su respectivo o´ring, para que no exista ningún tipo de fugas de combustible y realicen un perfecto cierre hermético.



Fotografía No. 12 Múltiple adaptado

Una vez colocado los bocines en posición se procede a instalar el riel de inyección, tomando en cuenta las distancias entre los bocines como ya mencionamos. Y también dependiendo del diámetro del inyector, su respectivo o'ring y posición del seguro del inyector. Como lo podemos observar en las siguientes figuras.



Fotografía No. 13 Instalación del riel en el múltiple

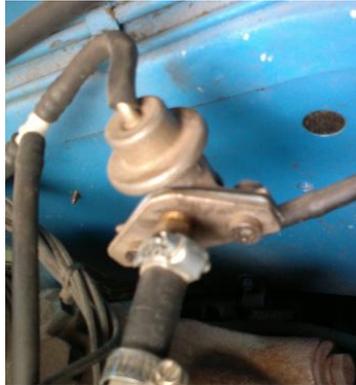


Fotografía No. 14 Instalación en el motor

4.2.5. Adaptación de la válvula reguladora de presión

Esta válvula es muy importante en el sistema de alimentación de combustible, ya que la válvula tiene la función de mantener la presión constante en el riel de inyección. Sin importar la cantidad de combustible que se esté inyectando, ni la cantidad de combustible que la bomba este suministrando. (Aficionados a la mecánica, 2011)

Cuando la cantidad de combustible excede la capacidad del riel, este retorna por medio de la válvula reguladora de presión. La cual es accionada por el vacío generado en el múltiple de admisión, la misma que se encarga de dejar pasar más o menos combustible de acuerdo a la generación de vacío realizada por el múltiple de admisión de acuerdo a la aceleración o desaceleración generada por el conductor.



Fotografía No. 15 Válvula reguladora de presión

4.2.6. Adaptación de los conductos de gasolina

Los conductos originales de combustible se los repuso ya que no iban a tener el mismo recorrido, tenían muchos años de uso y no podían resistir las mismas presiones de combustible. En la fotografía podemos visualizar el conducto de combustible, el cual subía por el lado más cercano al tanque.



Fotografía No. 16 Conducto original de combustible

Se reemplaza por un conducto que desplazará el combustible desde el depósito hasta el riel de inyección, el mismo que; por manejar mayor presión y caudal, se requiere en el nuevo sistema.

El conducto que se instala tiene una medida de $\frac{1}{4}$ " la misma que maneja hasta 300 psi (20,6 bar) de presión para mayor seguridad.

Esta manguera es de uso comercial la misma que de acuerdo a las señas físicas de ubicación del chasis y carrocería del vehículo se la irá situando con sus respectivos soportes y acoples correspondientes, en las imágenes siguientes se muestra un modo perceptivo desde donde y hasta donde van los conductos de combustible.



Fotografía No. 17 Direccionamiento de los conductos

4.3. Adaptación del subsistema electrónico

Se debe destacar que para realizar este tipo de modificación electrónica y eléctrica se cambió todo el cableado eléctrico para seguridad del sistema y de las partes que pueden sufrir averías.



Fotografía No. 18 Eliminación de cables eléctricos



Fotografía No. 19 Eliminación del cableado del tablero

4.3.1. Selección y adaptación de la ECU

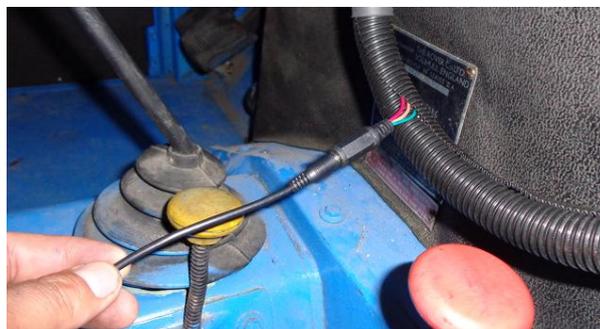
Se selecciona un módulo de control electrónico elaborado por la marca MEGA SQUIRT EFI, llamado MICROSQUIRT V3.7, con dimensiones de 80mm de ancho, 120mm de largo y 43mm de espesor, como se observa en la figura siguiente.

Otra característica importante en esta computadora es que es resistente al agua. Al igual que el arnés. Esto es de gran ayuda, ya que este tipo de vehículos, por su estructura y fabricación de la carrocería tienden con el tiempo a filtrar agua, lo cual sería perjudicial para la computadora del vehículo.



Gráfico N° 86 MicroSquirt V3.7⁹⁴

Además se detallan los elementos como un socket de 35 pines. Un puerto de comunicación que servirá para conectar a una computadora portátil con la ECU y programar la unidad central de proceso. En la siguiente fotografía se puede ver el cable con su conector, con el cual se comunica la ECU con la computadora portátil.



Fotografía No. 20 Cable de comunicación

⁹⁴ <http://trigger-wheels.com/store/contents/en-uk/d31.html>

La Unidad de control electrónica también viene con un arnés, el cual se conecta a través de su conector hembra de 35 pines a la computadora del vehículo, para que la ECU reciba la señal de los sensores y a su vez que envíe señal a los actuadores. En la fotografía siguiente podemos observar el arnés de los cables de la computadora, con su conector hembra de 35 pines.



Fotografía No. 21 Arnés

Una particularidad con este tipo de cables, es que cada cable tiene un color que lo distingue, pero para mayor facilidad de la persona que quiera instalar, los fabricantes inscriben el nombre del propósito de cada uno ellos.



Fotografía No. 22 Cableado del arnés

A continuación se presenta un esquema básico de la comunicación con la computadora, tanto de los sensores y actuadores, como de la portátil.

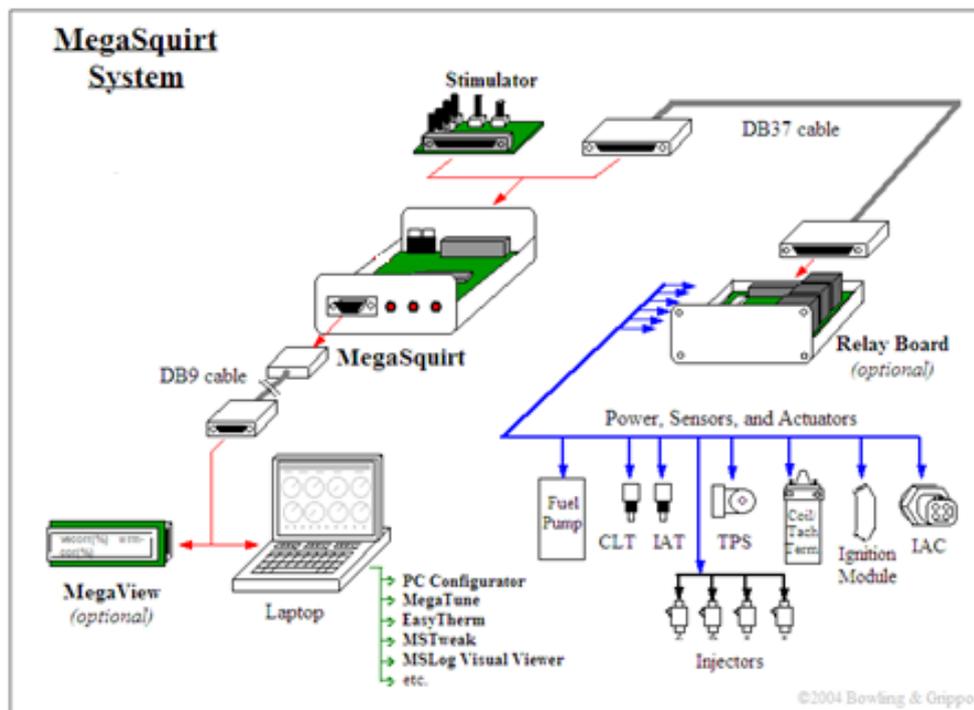


Gráfico N° 87 Esquema de comunicación⁹⁵

4.3.2. Selección y adaptación de los distintos sensores

4.3.2.1. Sensor de posición del cigüeñal CKP

Denominado también sensor de posición o captador de posición del cigüeñal, este sensor trabaja con 5 voltios, se trata de un sensor de efecto hall el mismo que monitoreará la posición del cigüeñal con respecto a la actual posición del pistón. Se toma como referencia al punto insertado en la polea, en este caso la falta de un diente es la referencia del punto muerto superior del primer cilindro, que va acoplada al cigüeñal, en este caso será de la polea de la banda del alternador que tiene acoplado por medio de una chaveta y se acopla en una sola

⁹⁵ <http://www.megamanual.com/index.html>

posición al cigüeñal, por cuanto se podrá poner el punto de referencia en esta polea.

En las siguientes figuras podemos observar los siguientes trabajos realizados:

- El desmontaje de la polea del alternador.



Fotografía No. 23 Desmontaje de polea

- La adaptación de una rueda fónica en la polea del cigüeñal, polea en la que se mide el avance del encendido, la misma que servirá para medir la posición del cigüeñal.
- El punto de referencia para el PMS del primer cilindro.

Cabe destacar que la rueda fónica que se utilizó para adaptar es una del vehículo Chevrolet Corsa.



Fotografía No. 24 Adaptación de rueda fónica

- Se fabrica una base en donde se acoplará el sensor de posición del cigüeñal, esta base se la elaboró tomando en cuenta los puntos de sujeción de la tapa de la cadena de distribución, para facilitar la sujeción de la base con los mismos pernos que sujetan dicha tapa.



Fotografía No. 25 Base del sensor CKP

- En la siguiente figura podemos destacar la adaptación del sensor y las pruebas que se realizaron, con las diferentes bases que se adaptó para darle la mejor posición al sensor y funcione correctamente el vehículo.
- Un problema que se tuvo con esta base que tenía un punto de sujeción, fue que cuando el vehículo se ponía en marcha, por efecto de las vibraciones el sensor se movía y se perdía la señal del sensor, por lo que el vehículo se apagaba.



Fotografía No. 26 Base con un punto de sujeción

- En el caso de la base con dos puntos de sujeción, se notó que en verdad ya no se movía, pero se seguía apagando el motor cuando se manejaba.
- Después de buscar el problema en el cableado, se pudo observar que la base estaba mal fabricada, porque el sensor no apuntaba al centro de la rueda fónica. Esto genera una señal defectuosa.



Fotografía No. 27 Dos puntos de sujeción

- Por eso se procedió a desmontar la base, soldar una platina en la misma base, para darle otro ángulo al sensor y pueda apuntar al centro de la rueda fónica.
- Actualmente el sensor está a una distancia de 1.5mm de distancia con relación a la rueda fónica.



Fotografía No. 28 Ajustes en la base

4.3.2.2. Sensor de posición del acelerador TPS

También denominado sensor de la mariposa de aceleración, es un potenciómetro que mide la posición de la aleta de aceleración. Este sensor es de un vehículo Chevrolet Corsa, el cual tiene tres terminales. Un cable a masa, un segundo cable de voltaje de referencia y otro de señal. Este sensor trabaja con 5V. Es importante destacar, que la calibración de este sensor es muy importante para todo el sistema de inyección electrónica programable.

En la figura podemos apreciar el cuerpo de aceleración, en el cual, en la parte interior se encuentra la mariposa de aceleración y por la parte exterior unido por un mecanismo que hace palanca, gira el mecanismo del sensor TPS, dando así la información necesaria a la ECU.

Como el cuerpo de aceleración y el TPS son de un mismo tipo de vehículo, no existe ningún problema con la instalación del mismo.



Fotografía No. 29 Posición del TPS

4.3.2.3. Sensor de temperatura del aire ATS

El sensor de temperatura del aire es el que se encarga de medir la temperatura del aire que ingresa en el sistema, después de pasar por el filtro del aire. Se lo coloca entre el depurador y el cuerpo de aceleración, adaptado en un ducto de aire, la cual es la unión entre estos componentes.

En la fotografía se puede observar el depurador de aire unido a través de una manguera al cuerpo de aceleración. Y en esta manguera está ubicado el sensor ATS.



Fotografía No. 30 Posición del sensor ATS

Puede ser de dos o tres terminales, en este caso se ha seleccionado de tres terminales ya que el dato que necesitamos es referencial con un hilo caliente que medirá la temperatura al ingreso.

Para la adaptación del sensor en la manguera, se tenía que perforar la manguera con una broca del diámetro del sensor, una vez realizado el orificio se coloca el sensor y se sella con silicón negro, para evitar que se caiga.



Fotografía No. 31 Adaptación del sensor ATS

4.3.2.4. Sensor de temperatura del agua WTS

Este sensor mide la temperatura de líquido refrigerante del motor, registra el dato de la temperatura para que el UCE lo procese. Este sensor también trabaja con tres terminales, de conexión a tierra, de alimentación de voltaje y

terminal de señal. Se lo ubica en el punto de salida del líquido refrigerante ya que el líquido caliente tiende a subir y se lo monitorea a la salida del ducto del termostato como se muestra en la figura siguiente de la ubicación del sensor WTS en el sistema.



Fotografía No. 32 Sensor temperatura del Agua

Como se pudo observar, la forma del conducto de salida del refrigerante hacia el radiador, existía un tapón para la salida del agua, que sirvió como ajuste para el sensor de temperatura, y no hubo la necesidad de realizar una perforación o adaptación. En la siguiente figura podemos ver el despiece del sistema de refrigeración, y la parte donde se ubicó el sensor.

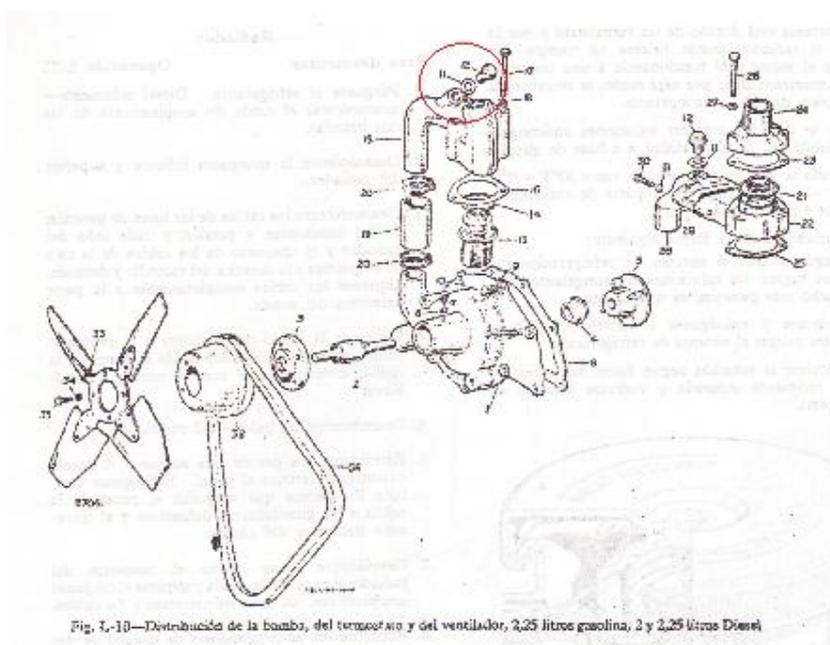


Gráfico N° 88 Despiece sistema de refrigeración⁹⁶

⁹⁶ Manual de Taller Land Rover

4.3.2.5. Sensor de oxígeno

En los vehículos de combustión interna es necesario que la mezcla de aire-combustible tenga una relación estequiométrica. Esto quiere decir que en la cámara de combustión debe haber 1g de gasolina por cada 14,7g de aire.

Si en el proceso de combustión hace falta aire por cualquier razón, este exceso de gasolina se denomina mezcla rica, que es muy contaminante. Pero si el ingreso de aire es demasiado, esta falta de gasolina se la conoce como mezcla pobre, la cual genera mayor cantidad de óxido de nitrógeno NOx que también es un gas contaminante. (Star Media, 2013)

Por esta razón, el sensor de oxígeno está colocado en el tubo de escape, para medir si la mezcla es rica o pobre y enviar la información a la ECU, para que realice correcciones en la inyección de combustible.

Este sensor consta de 4 terminales que se utilizan de la siguiente forma: un terminal positivo y uno negativo para calentar el sensor y alcance la temperatura de trabajo lo antes posible. Y los otros dos terminales sirven, el uno que va a masa y el otro envía el voltaje de señal hacia la computadora.



Fotografía No. 33 Sensor de oxígeno

Como el sensor de oxígeno comenzó a trabajar desde los años 80's, en el vehículo se necesitaba adaptar de la siguiente manera:

- El sensor tiene una rosca la cual sirve para ajustarse al tubo de escape, pero como el tubo de escape no tiene una rosca donde

ajustar el sensor, se adapta una tuerca con el mismo paso de la rosca del sensor.



Fotografía No. 34 Acople del sensor

Para poner en funcionamiento el sensor de oxígeno, primero se debe ver la posición en que se va a colocar y que no produzca algún tipo de problema con los demás componentes.

- Se realiza una perforación con el taladro, en el tubo de escape sin desmontar, para poder realizar una medición exacta y que no tope con el chasis.



Fotografía No. 35 Perforación del tubo de escape



Fotografía No. 36 Medición de posición del sensor

- Ya que se perforó, y se ubicó el sensor en el escape y no hubo inconvenientes, desmontamos el tubo de escape para soldar la tuerca de acople del sensor.



Fotografía No. 37 Soldadura de la tuerca

- El proceso de soldadura se lo realizó con una soldadora MIG, esto se lo hace con el propósito que el tubo quede sellado con la tuerca herméticamente y no existan fugas.



Fotografía No. 38 Tuerca soldada al tubo de escape

- Una vez terminada la soldadura, se monta el tubo de escape y se realiza los ajustes del sensor, para verificar que no exista problemas con los demás componentes.



Fotografía No. 39 Sensor en posición de trabajo

4.3.2. Selección y adaptación de los distintos actuadores

4.3.2.1. Selección y adaptación de los inyectores

Con la adaptación del sistema de inyección se elimina el uso del carburador, el cual básicamente realizaba la dosificación de la mezcla, con la ayuda de los diferentes mecanismos como: economizadores, circuitos de ralentí, compensadores, etc.

El problema radica en que el carburador realiza una mezcla poco homogénea y de manera desigual para cada cilindro. Realizaba una dosificación excesiva para compensar la desigualdad de llenado en cada cilindro lo cual aumenta el consumo de combustible.

Otro problema que tiene el carburador y siendo este el que más se enfoca en el proyecto, es la emisión excesiva de gases contaminantes. Como ya explicamos anteriormente, la contaminación depende de la proporción de aire/gasolina que entre al motor y la proporción no es la mejor con este tipo de sistema.



Fotografía No. 40 Carburador original

“Los inyectores son válvulas electromagnéticas encargadas de suministrar el combustible al motor de un vehículo”. (Páginas Amarillas, 2008). Cuando la computadora recibe la información de los sensores, calcula todos los datos y envía un pulso eléctrico a cada inyector, para accionarlos y que puedan inyectar la cantidad justa de gasolina pulverizada.



Fotografía No. 41 Inyector Audi-Volkswagen

Los inyectores utilizados para este motor son de la marca Audi-Volkswagen, los cuales se detalla el proceso de adaptación del riel de combustible y los orificios en el múltiple de admisión anteriormente. Pero que necesitaba de los inyectores para poder realizar este tipo de adaptación.



Fotografía No. 42 Acople de inyectores en riel



Fotografía No. 43 Acople de inyectores en múltiple

Se puede considerar a elementos como los O'RINGS utilizados para sellar los inyectores en el riel de inyección, los mismos que se puede seleccionar de acuerdo a la medida del diámetro de los orificios del riel o a su vez de acuerdo al

diámetro de inyector, en este caso las medidas que se seleccionó son medidas de diámetro interno para acoplar al inyector y diámetro externo del O’RING para acoplar al riel de inyección, como se muestra en la figura siguiente.



Fotografía No. 44 O’ring a utilizar

Acotando que las medidas del O’RING son de 8mm de diámetro interior y de 14 mm de diámetro exterior, con estas medidas acopla de forma aceptable en la regleta de inyección como se muestra en la figura siguiente:



Fotografía No. 45 Inyector armado

4.3.2.2. Ubicación del relé principal

El relé en general es un interruptor que controla un circuito eléctrico, capaz de controlar una la salida de mayor potencia, que la de entrada. Que se puede desconectar o conectar con la intervención de la corriente en el circuito eléctrico. Es por eso que los circuitos eléctricos siempre van conectados a un relé.

El relé principal cumple la función mantener alimentado de corriente a la bomba de combustible y también de cortar el paso de la corriente en el caso de un accidente, para que el motor deje de funcionar por cualquier eventualidad. Esta interrupción ocurre cuando el relé deja de recibir la señal de revoluciones del

motor. Se instala un grupo de relés, para accionar diferentes circuitos como: alógenos, luces direccionales, panel de instrumentos, encendedor, etc. (Bosch, 2008)



Fotografía No. 46 Instalación de relé

4.3.2.3. Adaptación del sistema de encendido

Para poder adaptar un sistema de encendido electrónico, se debe eliminar el tradicional sistema de encendido a través de platinos, el cual realiza la misma función. La de generar corriente de alta tensión y distribuirla en el momento exacto a las bujías.

El problema con el sistema de platinos, es “el constante e intermitente contacto de los platinos, calienta los contactos formando una baba metálica que en muchos casos hace que los puntos se queden pegados, dando como consecuencia explosiones y una mala combustión”. (Automecánico.com, 2012). Generando contaminación y que vehículo falle hasta dejar de encender.

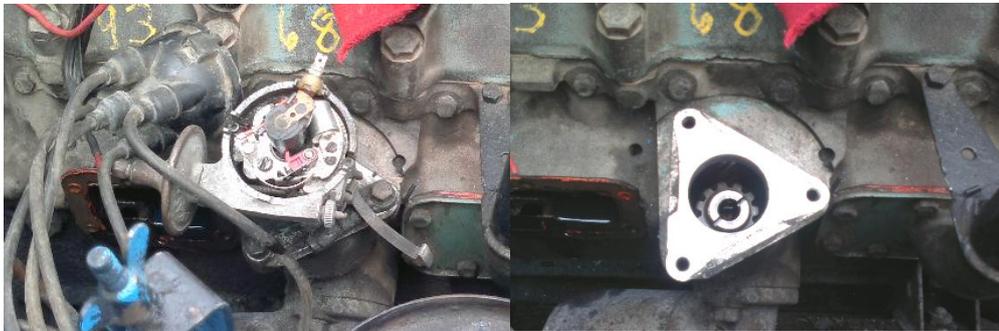


Fotografía No. 47 Distribuidor original

El sistema de encendido electrónico se adapta posteriormente a la adaptación del sistema de inyección electrónica. Este sistema de encendido se lo realiza con una bobina tipo DIS de Chevrolet Corsa Wind, el mismo que funciona con dos módulos de encendido, utilizando la señal de referencia del sensor CKP, sensor que capta la señal de la posición del cigüeñal.

El procedimiento de adaptación del sistema de encendido es de la siguiente manera:

- Desconectar los cables de las bujías
- Desmontar el distribuidor



Fotografía No. 48 Desmontaje del distribuidor

- Se intenta colocar el sensor que mide las revoluciones, para dar la señal de encendido, pero el distribuidor se daña en el intento de adaptar el captador.
- Se fractura la parte señalada del distribuidor, por lo que quedaba inseguro el sensor



Fotografía No. 49 Fractura del distribuidor

Por lo cual se toma la decisión de instalar una rueda fónica en la polea del alternador, proceso que ya se lo menciona anteriormente en la instalación del CKP.

- Ya que el distribuidor no sirvió para nuestro propósito, se procedió a sellar el sitio donde se alojaba, para evitar pérdidas de aceite.

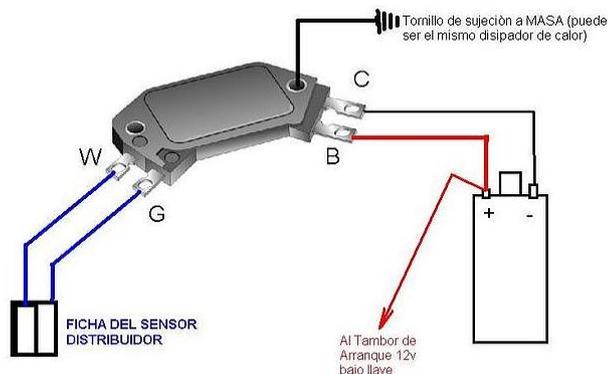


Fotografía No. 50 Tapa para el distribuidor

4.3.2.3.1. Adaptación de módulo de encendido

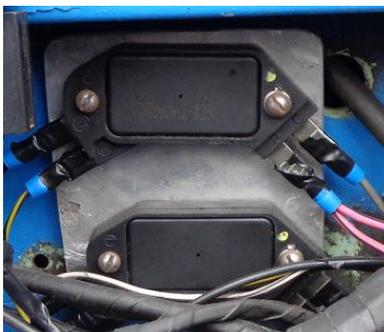
El módulo de encendido básicamente es un interruptor electrónico, “este módulo determina el tiempo que fluye el voltaje a las bujías” (Recambios Coches, 2013). El módulo de encendido recibe señal de la ECU para proceder con el corte de corriente a la bobina, este corte genera que la bobina dispare corriente de alta tensión hacia las bujías, pero en este caso el módulo no envía el corte de corriente a la bobina, sino que lo procesa la computadora y lo controla, para poder realizar ajustes en la programación y enviar a las bobinas.

A continuación se mostrará un esquema básico de conexión del módulo, pero ayudará a entender la diferencia con el trabajo realizado.



Fotografía No. 51 Esquema básico del módulo de encendido⁹⁷

Primero para realizar los ajustes del módulo en el vehículo, se tiene que adaptar una platina, que servirá para disipar el calor generado en los módulos, para empotrarlos y para dar masa a través de los tornillos de sujeción.



Fotografía No. 52 Instalación de los módulos de encendido

⁹⁷ <http://acadiansforo.mforos.com/1938215/9726458-coneccion-modulo-de-encendido-electronico-v8-v6-6/>

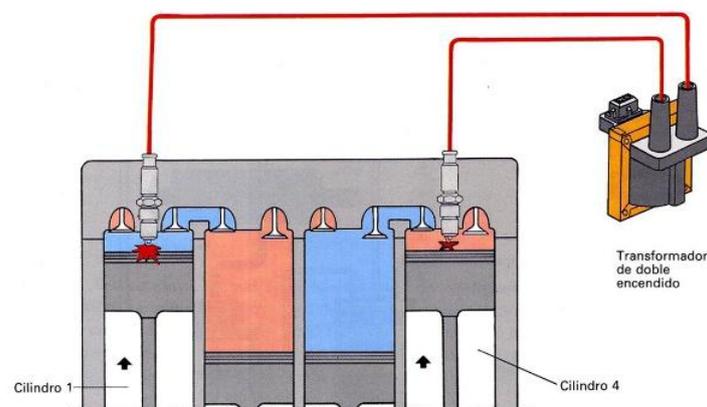
Las conexiones de los 2 módulos son las siguientes:

- W y G reciben la información de las revoluciones a través de la computadora.
- C envía el corte de corriente a la computadora
- B se alimenta de 12V

4.3.2.3.1. Adaptación de la bobina

El sistema de encendido DIS (Sistema de encendido directo) suprime el uso del distribuidor, ya que en el sistema anterior la bobina conducía la alta tensión por el primario, para que el distribuidor reparta la corriente hacia los cables de bujía. En este caso, cada bobina tiene 2 conectores para los cables de bujía, con lo cual existen menos piezas móviles sometidas a desgaste ó que puedan fallar, como el caso de los platinos.

A este sistema también se lo denomina de “chispa perdida” ya que generan la chispa para dos cilindros simultáneamente, esto quiere decir que saltará la chispa en el cilindro 1 y 4 a la vez ó en el cilindro 2 y 3. Como se produce la chispa en dos cilindros, solo se aprovecha en un cilindro y este será el que esté en tiempo de compresión, en tanto que la otra chispa se pierde en el cilindro que está en el tiempo de escape. (e-auto, 2012)



Fotografía No. 53 Bobina DIS⁹⁸

⁹⁸ http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=214

La bobina del tipo DIS, es de Chevrolet Corsa Wind, la cual contiene dos bobinas y cada bobina tiene 2 salidas de alta tensión para conectar hacia las bujías. Consta de tres terminales, uno para la alimentación de corriente y dos para la conexión de la ECU con las bobinas.



Fotografía No. 54 Bobina DIS

Se instala en la carrocería del vehículo, por medio de dos pernos, sujetando de los orificios que contiene la propia bobina.



Fotografía No. 55 Instalación de la bobina

Los cables de bujía también se sustituyeron, ya que los capuchones que se conectaban al distribuidor no tienen la misma forma que las salidas de las bobinas, por lo que no calzaba de una manera adecuada.



Fotografía No. 56 Diferente tipo de capuchón

4.4 Adaptación del subsistema de aire

Se habla de la construcción o modificación del ducto de entrada del múltiple de admisión, donde se detallan algunas modificaciones y adaptaciones realizadas.

4.4.1. Construcción de la entrada múltiple

Utilizando un tubo de acero de 1.20mm de espesor se elabora una toma de aire con una base que se acoplara a donde antes se situaba el carburador como se muestra en la figura siguiente.



Fotografía No. 57 Ducto de aire adaptado



Fotografía No. 58 Puntos de sujeción

4.4.2. Adaptación del sistema de aceleración

4.4.2.1. Adaptación del cuerpo de aceleración

Después de elaborar el conducto de aire hacia el múltiple de admisión, se procede a instalar el cuerpo de aceleración. Componente que es muy importante en el cambio de sistema, ya que contiene en su interior la mariposa de aceleración, mecanismo de apertura de la aleta de aceleración, etc.



Fotografía No. 59 Instalación del cuerpo de aceleración

Este cuerpo de aceleración, es procedente de un Chevrolet Corsa, el cual empata con el sensor TPS, anteriormente mencionado.



Fotografía No. 60 Sistema Instalado

4.4.2.2. Acople del cable de aceleración

Mediante el uso de un cable de aceleración de un Chevrolet Corsa, se da movilidad a la aleta de aceleración, adecuando al sistema original del vehículo. Utilizando un terminal del mecanismo original, se engancha el cable de

aceleración al punto móvil del mecanismo de aceleración original, para darle funcionamiento y el otro extremo se lo engancha al cuerpo de aceleración.

En la figura podemos ver las adaptaciones en los extremos del cable de aceleración.



Fotografía No. 61 Terminal original adaptado



Fotografía No. 62 Adaptación del cable de aceleración

4.4.2.3. Adaptación de bases para cable de aceleración

Se realiza el maquinado de dos piezas de acero con el fin de sujetar el cable de aceleración, para que el funcionamiento del mismo sea preciso. Las bases fueron fabricadas conforme presentaban problemas. Hay que tomar en cuenta, que si el cable se deja sin alguna de las bases, el mecanismo pierde funcionalidad.

Como podemos ver en la figura, las bases son sujetadas por pernos de otros componentes, como las bases del riel de inyección y la base del cuerpo de aceleración.



Fotografía No. 63 Instalación de bases

CAPITULO V

5. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO Y PRUEBAS DEL NUEVO SISTEMA

5.1. Encendido del motor

Para encender el motor se tenía previsto realizar ajustes como los que detallamos a continuación:

- Que el sistema de encendido se encuentre operando de manera eficiente, de donde se puede concluir que al ser un sistema de encendido moderno tipo DIS de Chevrolet Corsa Wind, solo se necesita la señal de la posición del pistón número 1 del motor y esta tarea la realiza la ECU.
- Que exista la presión correspondiente en el sistema hidráulico de combustible, o sea se quiere decir que además de tener la presión correcta de funcionamiento se controle que no existan fugas de combustible.
- Que todas las entradas de aire se encuentren adecuadas de tal manera que no sean obstruidas y que no existan entradas de aire adicionales.
- Que todo lo relacionado al sistema eléctrico se encuentre asegurado, lo que corresponde a terminales de unión y aislamientos.

5.2. Programación de la computadora programable

La programación de la ECU es un proceso muy detallado, de tal manera que en las gráficas que se observarán se muestran las distintas fases de la programación. Además se debe tener la información correcta de la ECU que la detallamos a continuación:



Gráfico N° 89 MICROSQUIRT V3.7⁹⁹

MegaSquirt es un sistema de inyección electrónica que está destinado para proyectos educativos de las personas que quieran aprender acerca de la inyección electrónica de combustible. Dichos proyectos con controladores programables son configurados por la misma persona. Los controladores MegaSquirt funcionan casi en cualquier tipo de motor que tenga encendido por chispa, alimentados con combustible y aspiración de aire naturalmente o reforzado. También hay que tener en cuenta, que cualquier controlador MegaSquirt EFI es un instrumento solamente y que la persona que requiera utilizar el sistema necesita instalar las piezas del sistema de combustible como por ejemplo: de 1 a 16 inyectores, sensores, rieles de combustible, bomba de combustible, etc. (Grippio, 2013)

Este sistema de inyección programable cuenta con un software para realizar dichos cambios en el vehículo. Esta aplicación se ejecuta en un

⁹⁹<http://www.megamanual.com/index.html>

ordenador portátil, que permite al usuario realizar ajustes y guardar un registro de los parámetros de ajuste. Esto se lo realiza a través de un puerto serie, en donde la computadora portátil y la ECU del vehículo lo tienen. Este software es donde se realiza la mayor parte de la interacción con la ECU. Como se muestra en la siguiente figura, es la pantalla principal del programa TunerStudio, que permite realizar los cambios.

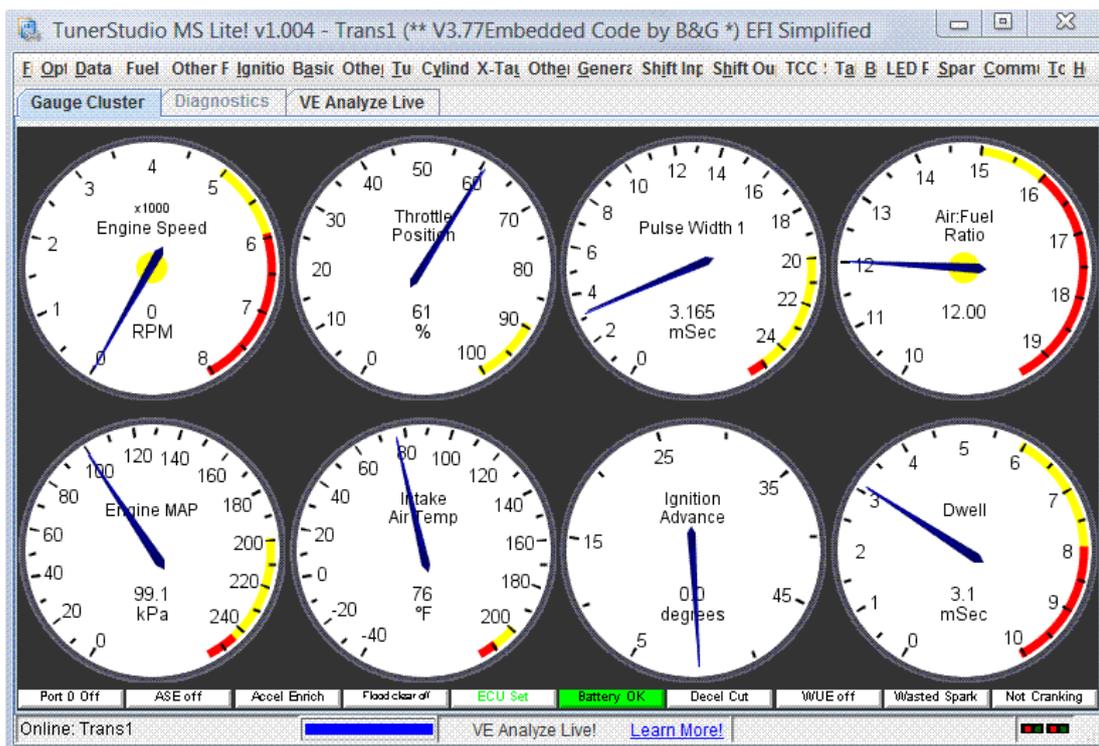


Ilustración 1 Pantalla principal¹⁰⁰

Un motor tiene tres 'parámetros de control' principales que podemos manipular para optimizar la forma en que el motor funciona bajo diversas condiciones:

- La cantidad de aire que entra en el motor,
- La cantidad de combustible que se mezcla con el aire que entra en el motor.
- La sincronización de la chispa para encender la mezcla de aire y combustible.

¹⁰⁰ <http://www.megamanual.com/index.html>

Afinación implica ajustar todos los parámetros que el controlador MicroSquirt ® utiliza para ser óptimo para su motor, controlar la NO contaminación, componentes de inyección, y el estilo de conducción. Estos incluyen cosas como anchos de pulso de arranque en frío y enriquecimientos de aceleración. Los parámetros más fundamentales están en: la tabla de eficiencia volumétrica (VE), la tabla de relación aire / gasolina (AFR), y en la tabla de avance de la chispa. (Grippo, 2013)

5.2.1. Características de la MicroSquirt

El controlador MicroSquirt V3 utiliza un conector de 35 pines, sellado en una caja de plástico, por lo que esta computadora es resistente al agua, de la misma manera que su conector llamado AMPSEAL.

Tiene una nueva característica importante, que es la capacidad de utilizar dos entradas y dos salidas para el encendido llamado Dual Spark Capacity.

No tiene sensor MAP interno, esto se realiza con el fin de eliminar el espacio que podía utilizarlo y poder fabricar una unidad de control más pequeña como lo es la MicroSquirt.

No hay control para una válvula IAC, con el fin de hacer espacio para las entradas y salidas de encendido Dual Spark Capacity.

5.2.2. El proceso de ajuste

El proceso de ajuste empieza con el establecimiento de los parámetros generales para conseguir poner el motor en marcha, y continúa hasta que el motor funciona de manera óptima en todas las condiciones. Para optimizar el rendimiento del motor (incluida la energía, la eficiencia, el rendimiento de arranque en frío, etc.) empezamos con la configuración base, para ir ajustando la configuración y obtener el mejor rendimiento.

Con este tipo de sistema existen dos tipos de inyección comunes que son:

- **Inyección en el cuerpo de aceleración.**- el que tiene uno o dos inyectores por cilindro.
- **Puerto de inyección (multipunto).**- un inyector por cilindro.

Existen tres modos comunes de sincronizar la inyección.

- **Batch (Grupo).**- que todos los inyectores encienden a la vez, pero sin sincronizar con algún cilindro.
- **Bank.**- la mitad de los inyectores encienden a la vez, después se enciende la otra mitad de inyectores y así sucesivamente, pero sin programar con ningún cilindro en específico.
- **Sequential.**- cada inyector enciende en un punto específico en el ciclo de 4 tiempos de cada cilindro.

De esta manera podemos ver, que para realizar este trabajo, nos enfocamos en una sincronización secuencial, los beneficios de esta son:

- Puede conseguir mayor kilometraje y reducir las emisiones a bajas revoluciones.
- Puede ajustar la cantidad de combustible da cada cilindro y sincronización de la chispa de forma independiente.

5.2.3. Etapas de comportamiento

La imagen que a continuación se muestra en la figura es cuando al vehículo se lo pone en contacto, y se conecta el cable serial de la computadora del vehículo en la laptop.

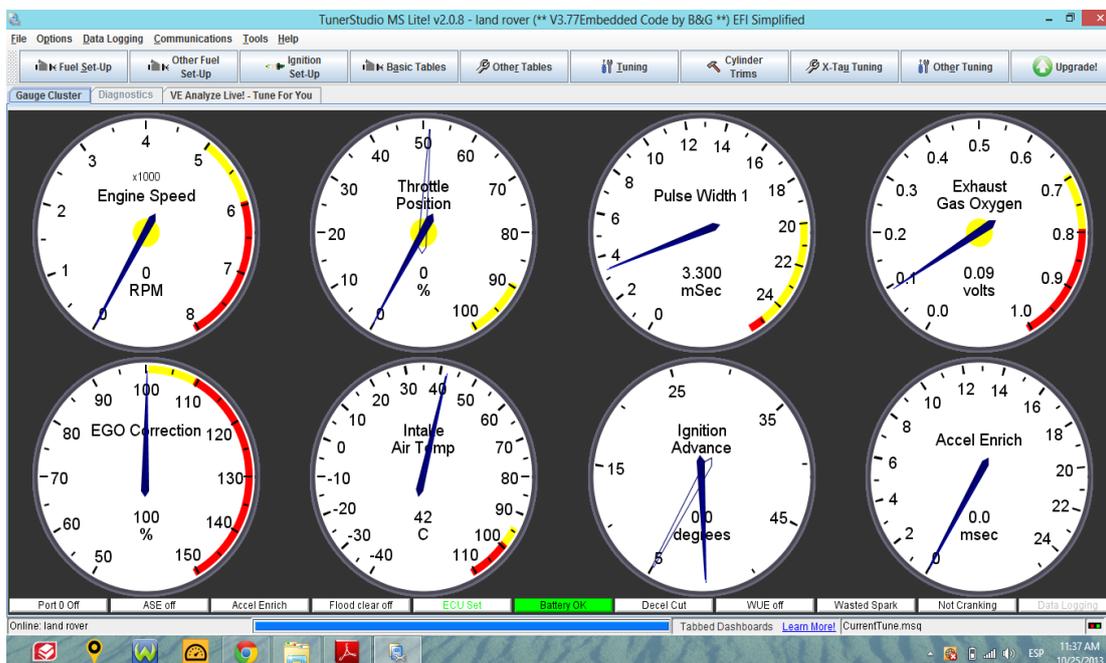


Ilustración 2 Vehículo en contacto

Aquí se puede observar las siguientes características:

- Reloj 1.- Velocidad del motor (rpm) está en cero, esto significa que el motor está apagado, y que la calibración del sensor concuerda con el estado del vehículo en ese momento.
- Reloj 2.- Posición del acelerador se mide en porcentaje, y como se muestra, el acelerador no estaba siendo presionado. Una de las pruebas más importantes y que siempre se debe realizar, es probar que el acelerador al presionar hasta el fondo, el reloj marque el 100 %.
- Reloj 3.- Ancho de pulso mide la cantidad de tiempo que se da apertura a los inyectores, este tiempo se lo mide en milisegundos y como se puede ver en el gráfico, el reloj nos indica, que existe inyección en el motor y que se está accionando la bomba de combustible.

- Reloj 4.- Gases de escape mide el voltaje que genera la cantidad de oxígeno en el escape. El cual podríamos saber si está trabajando de manera correcta, cuando el vehículo esté a temperatura de trabajo normal.
- Reloj 5.- EGO correction muestra el porcentaje de corrección en la mezcla, con la información que envía el sensor de oxígeno. Cuando está en 100% el vehículo se encuentra estable.
- Reloj 6.- Temperatura del aire de admisión mide en grados centígrados la temperatura del aire que ingresa por el depurador. Se puede notar que el sensor se encuentra en perfecto estado, ya que el vehículo muestra una temperatura acorde con la temperatura real del motor, ya que el vehículo tenía pocas horas de estar apagado.
- Reloj 7.- Avance de encendido se mide en grados, como se muestra en el reloj, el sensor se encuentra en perfecto estado, ya que el vehículo está apagado.
- Reloj 8.- Enriquecimiento en aceleración se mide en milisegundos.

Cuando se enciende el vehículo y la temperatura de trabajo es baja o mejor dicho, el motor se encuentra frío. Pero los diferentes datos de los sensores, que están tomando medidas al motor, hacen cambiar las medidas que estaba tomando anteriormente.

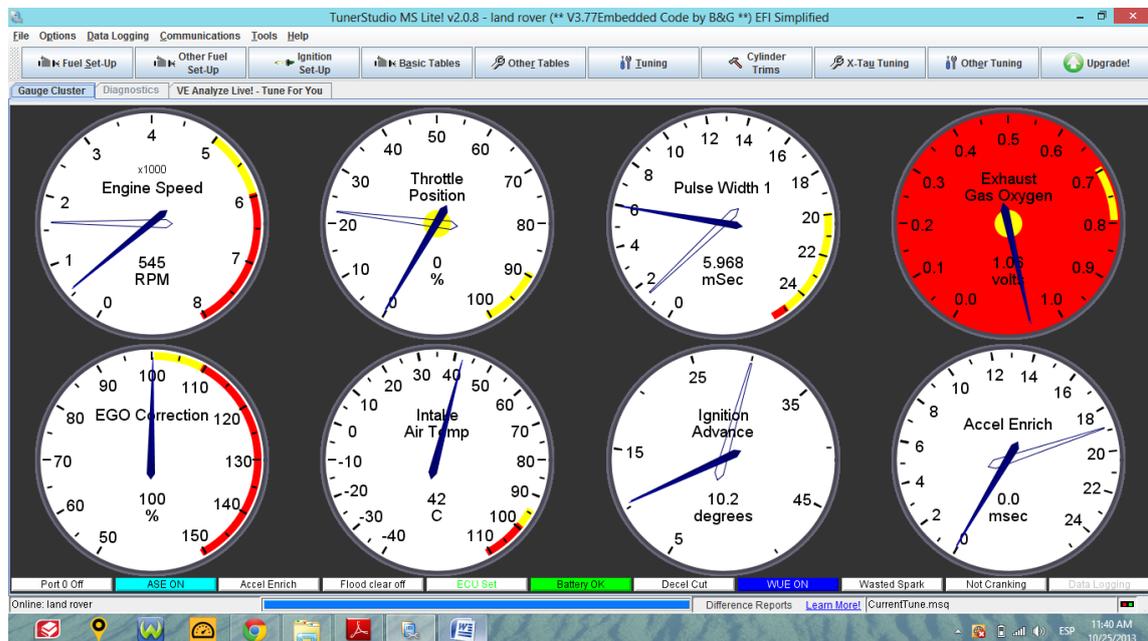


Ilustración 3 Vehículo encendido en frío

En este caso se puede observar las siguientes características:

- Reloj 1.- Velocidad del motor (rpm) muestra en que RPM que se encuentra el vehículo.
- Reloj 2.- Posición del acelerador se mide en porcentaje, y como se muestra, el acelerador no estaba siendo presionado.
- Reloj 3.- Ancho de pulso mide la cantidad de tiempo que se da apertura a los inyectores, como se puede ver en el gráfico, el reloj nos indica, que existe una mayor cantidad de inyección en el motor.
- Reloj 4.- Gases de escape pero como podemos ver, el sensor nos da una medida imprecisa ya que el sensor necesita calentarse y que el vehículo trabaje a temperatura normal para tener una medida real de los gases.
- Reloj 5.- EGO correction no muestra ningún cambio en su comportamiento.

- Reloj 6.- Temperatura del aire de admisión se puede observar que la temperatura no ha variando mucho.
- Reloj 7.- Avance de encendido se nota que hay un cambio y que el vehículo está configurado para tener esa cantidad de avance a esa temperatura de trabajo, a esa cantidad de revoluciones, etc.
- Reloj 8.- Enriquecimiento en aceleración se puede ver que no hay cambios ya que el vehículo se encuentra en ralentí.

Con el vehículo con la temperatura de trabajo

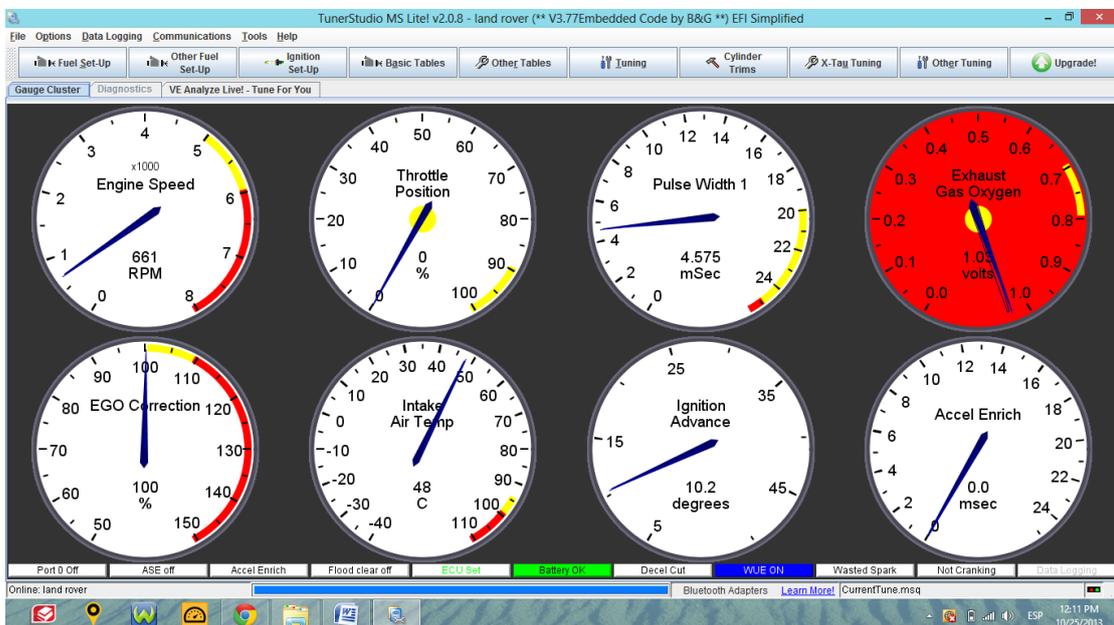


Ilustración 4 Vehículo a temperatura de trabajo

En este caso se puede observar las siguientes características:

- Reloj 1.- Velocidad del motor (rpm) muestra en que hay un aumento de la velocidad del motor conforme va aumentando la temperatura.
- Reloj 2.- Posición del acelerador se mide en porcentaje, y como se muestra, el acelerador no estaba siendo presionado.
- Reloj 3.- Ancho de pulso como se puede ver en el gráfico, el reloj nos indica, que existe una MENOR cantidad de inyección en el motor, ya que el motor está aumentando de temperatura.
- Reloj 4.- Gases de escape

- Reloj 5.- EGO correction no muestra ningún cambio en su comportamiento.
- Reloj 6.- Temperatura del aire de admisión se puede observar que la temperatura ha aumentado ya que la temperatura del motor calienta el aire que está ingresando al motor. Esto sucede ya que el vehículo se encontraba en un lugar cerrado.
- Reloj 7.- Avance de encendido se nota que no hay ningún cambio, esto se debe a que no existe ningún tipo de aceleración.
- Reloj 8.- Enriquecimiento en aceleración se puede ver que no hay cambios ya que el vehículo se encuentra en ralentí.

5.2.4. Tablas de configuración

Esta es la pestaña TUNING donde se encuentran las principales opciones para modificar las características y comportamiento del motor.

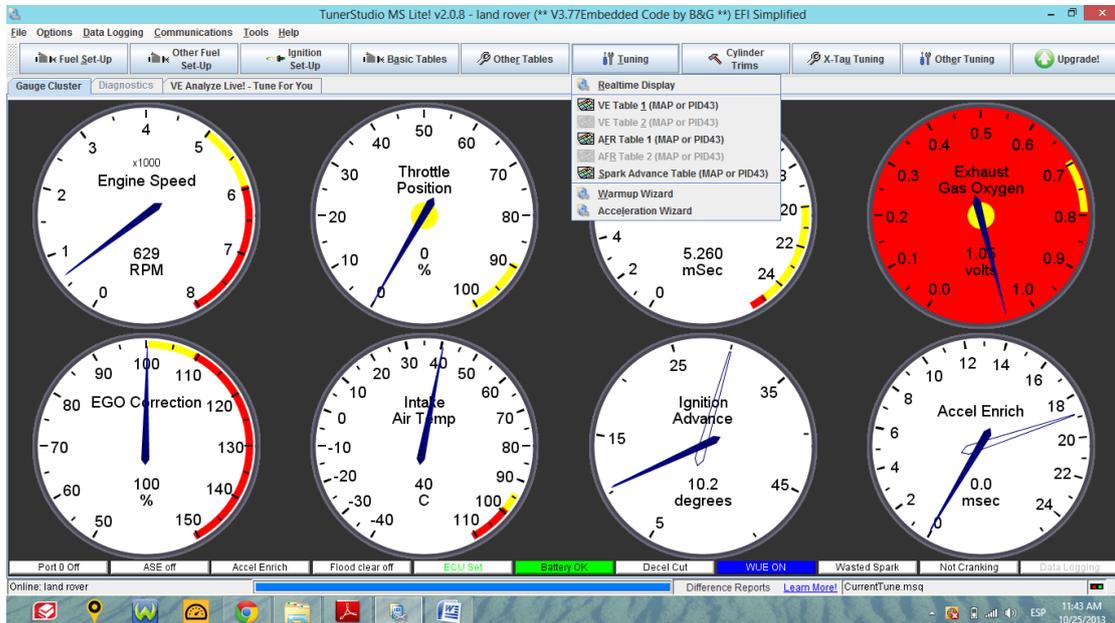


Ilustración 5 Datos a corregir

En esta tabla podemos observar las opciones que nos despliega la tabla, como por ejemplo:

- Tabla VE es la que muestra la eficiencia volumétrica.

- Tabla AFR es la que muestra la relación aire/combustible.
- Tabla Spark Advance es la que muestra avance al encendido de la chispa.

A continuación se puede apreciar cada una de las tablas, con sus características.

5.2.4.1. Tabla de Eficiencia Volumétrica

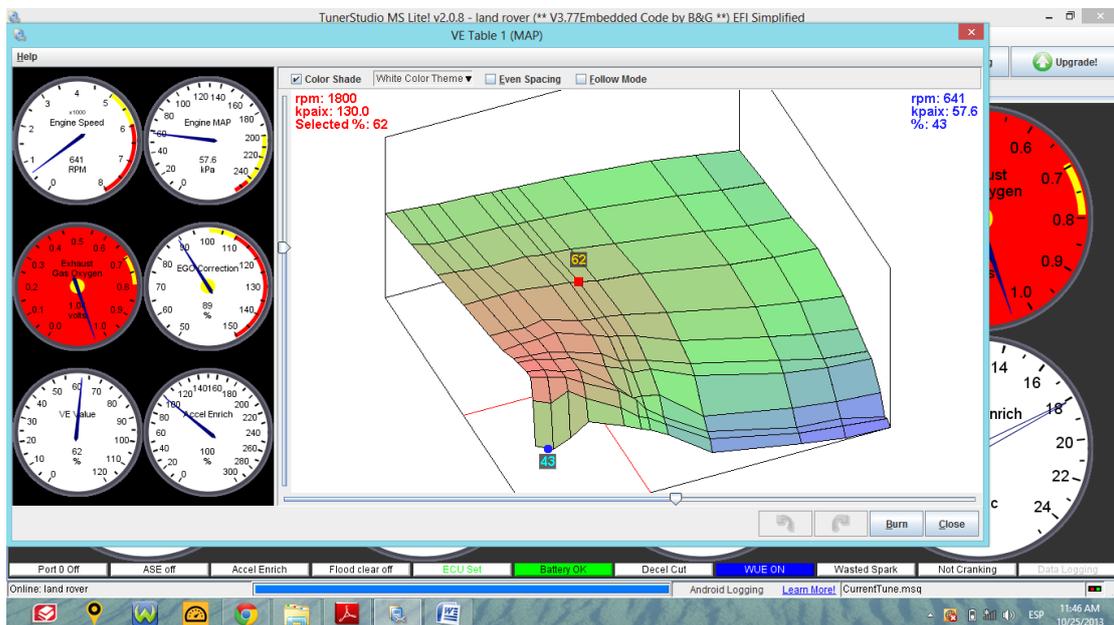


Ilustración 6 Programación de la tabla VE

La primera tabla es la que hace referencia a los datos ingresados para el MAP vs RPM.

- Las RPM están en el eje de las X
- El MAP está en el eje de las Y, se mide en Kpa (kilo pascales)
- Los datos en color rojo, son los datos de donde se encuentra ubicado en la tabla, para realizar la modificación.
- El número que se encuentra encima del punto rojo en la tabla, está en el eje de las Z, es el porcentaje de presión atmosférica que se aplica a una determinada revolución del motor.
- Los datos de color azul, son los datos de donde se encuentra ubicado en ese momento el comportamiento del motor, como podemos ver, el vehículo

se encuentra en: ralentí a 641 rpm, con una presión de 57.6 Kpa y el 43% de la eficiencia volumétrica.

Estos son los datos que da, cuando aceleramos el vehículo, y este se encuentra a unas 2500 revoluciones, con una presión de aire de de aproximadamente 87.6 Kpa.

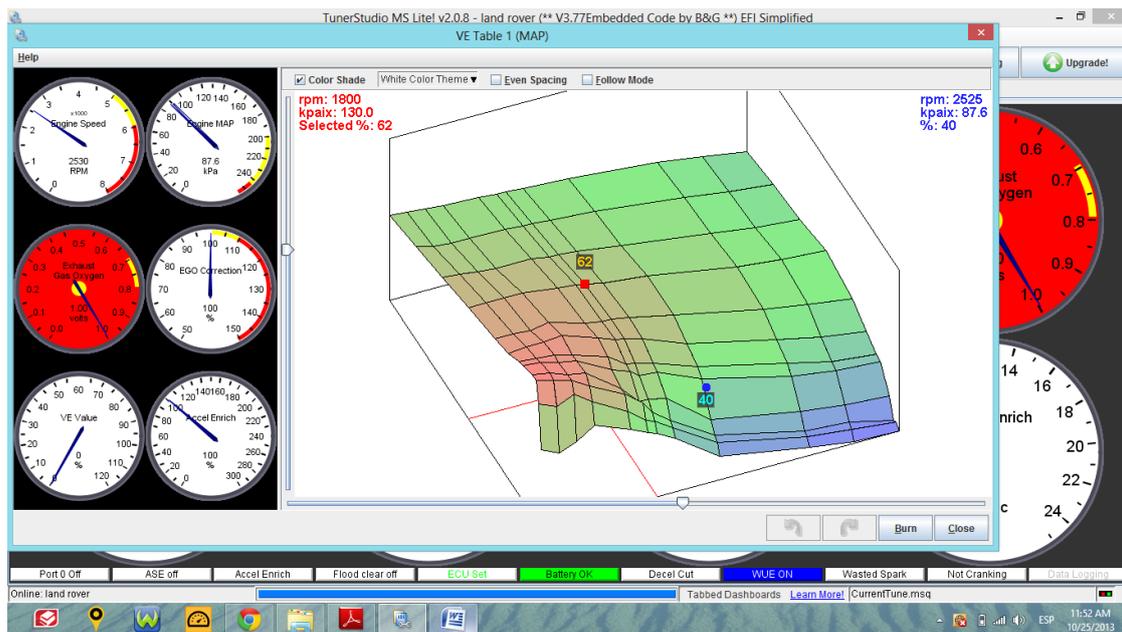


Ilustración 7 Simulando la presión absoluta del múltiple

Como se mencionó anteriormente un dato importante a ingresar, es el del sensor MAP, de la presión absoluta del múltiple, para esto debemos saber cual es su función:

Mide la cantidad y presión del aire según la altitud en la que va a trabajar el automotor, ya que según este parámetro la densidad del aire varía, de hecho, si es un jeep 4X4 comúnmente trabajará en la sierra en un promedio de 2500 metros sobre el nivel del mar, para lo cual se introduce en la memoria de la MicroSquirt V 3.7 este parámetro para que la misma lo procese y pueda ejecutar su tarea como se debe.

5.2.4.2. Tabla de relación aire-combustible

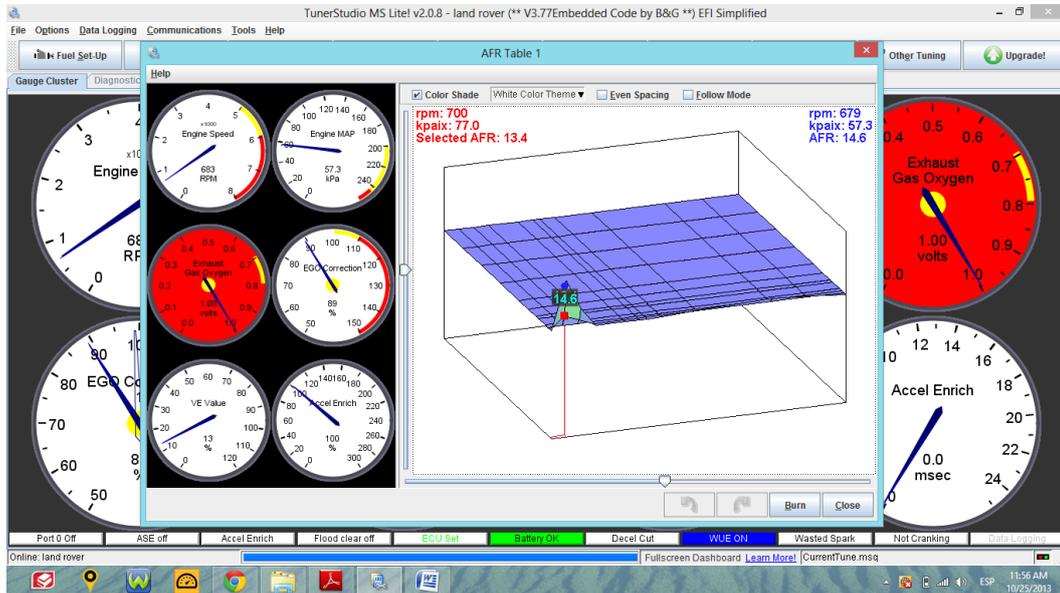


Ilustración 8 Información AFR

Estos son los datos de la segunda tabla importante. AFR

- Las RPM están en el eje de las X
- El MAP está en el eje de las Y, se mide en Kpa (kilo pascales)
- Los datos en color rojo, son los datos de donde se encuentra ubicado en la tabla, para realizar la modificación.
- Los datos de color azul, son los datos de donde se encuentra ubicado en ese momento el comportamiento del motor, como podemos ver, el vehículo se encuentra en: ralentí a 679 rpm, con una presión de 57.3 Kpa y una relación aire-combustible de 14.6:1
- El número que se encuentra encima del punto rojo en la tabla, está en el eje de las Z, es la relación aire-combustible. Como se puede observar, la relación de aire combustible es 13.4:1

Acelerando a 2500 rpm

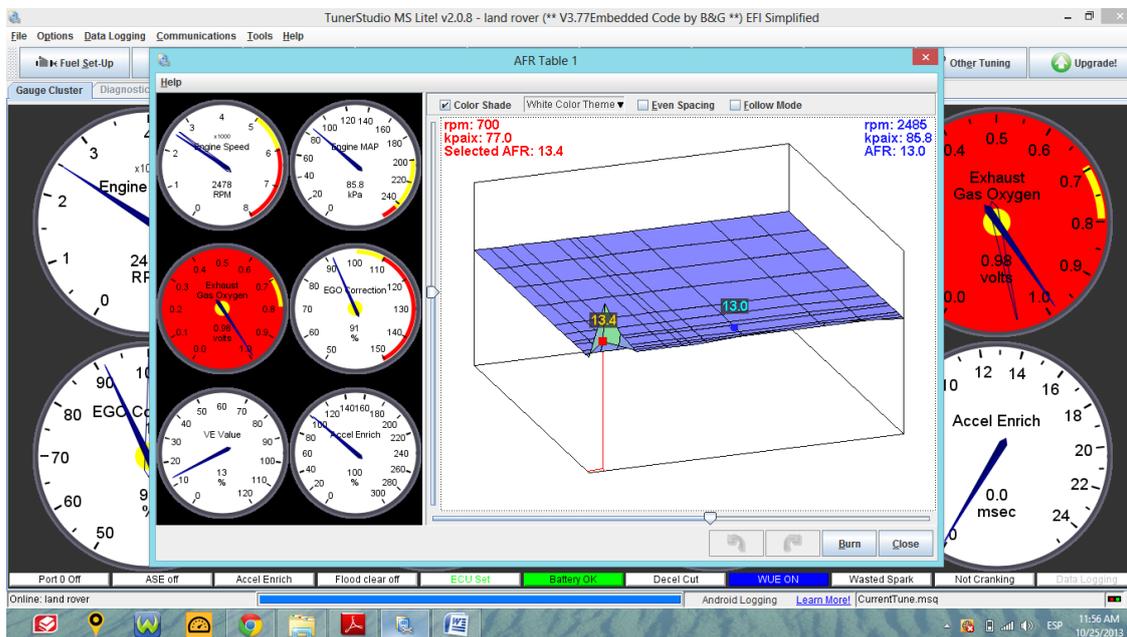


Ilustración 9 Se observa cambios

5.2.4.3. Tabla de avance al encendido

En ralentí

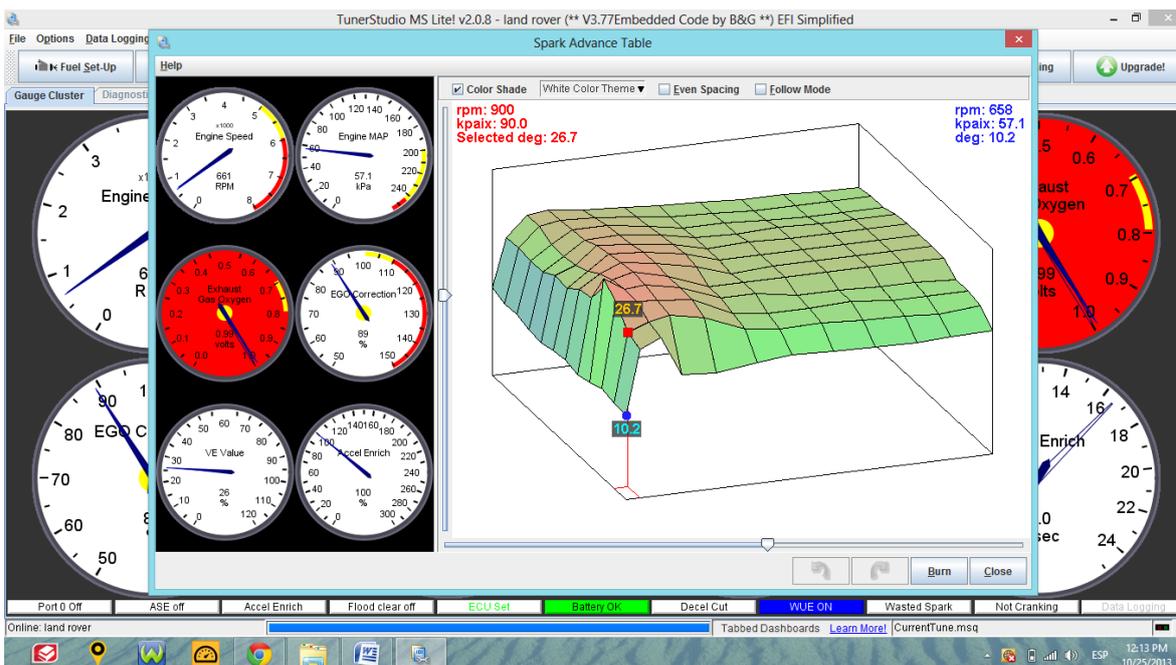


Ilustración 10 Datos en ralentí

Estos son los datos que se obtuvieron en la tabla de adelanto al encendido.

- Las RPM están en el eje de las X
- El MAP está en el eje de las Y, se mide en Kpa (kilo pascales)
- Los datos en color rojo, son los datos de donde se encuentra ubicado en la tabla, para realizar la modificación.
- Los datos de color azul, son los datos de donde se encuentra ubicado en ese momento el comportamiento del motor, como podemos ver, el vehículo se encuentra en: ralentí a 658 rpm, con una presión de 57.1 Kpa y un avance de encendido de 10.2°
- El número que se encuentra encima del punto rojo en la tabla, está en el eje de las Z, es el avance al encendido de la chispa de 26.7°

Esto es a 2500 rpm

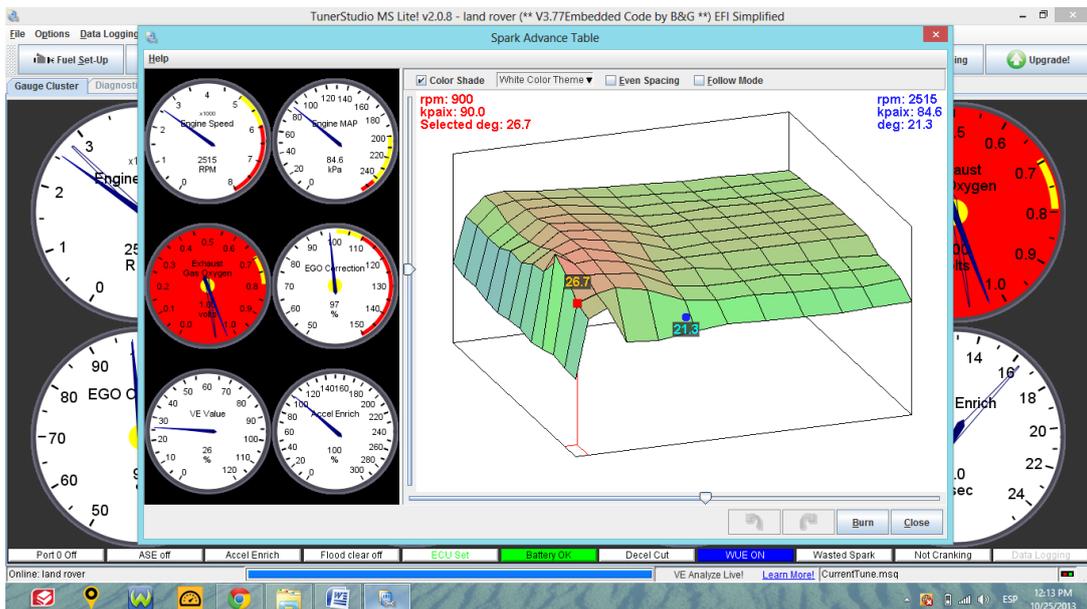


Ilustración 11 Datos de la ECU programada

5.2. Pruebas realizadas

Una vez que se logró encender el vehículo, con un grado de temperatura óptimo de funcionamiento, se realizaron pruebas que se detallan a continuación.

Tomando en cuenta que al implementar un sistema nuevo se puede tener algunos resultados que no se encuentren dentro de lo planeado, pero se ha logrado conciliar varios aspectos importantes como los que a continuación anotaremos.

5.2.1. Pruebas de ruta

Se realizó varias pruebas de ruta, con la finalidad de buscar desperfectos en el funcionamiento, analizar el comportamiento en diferentes tramos de carretera y medir el consumo de combustible para comprobar la eficiencia del sistema a carburador y el sistema a inyección.

5.2.1.1. Comportamiento del vehículo

El sistema a carburador reaccionaba de manera normal en conducción, después de realizar ciertos arreglos en el sistema para comprobar el consumo de combustible, tenía un poco de problemas como:

- Mayor esfuerzo del motor para salir del reposo
- El arranque en frío tomaba tiempo
- Se necesitaba de un promedio de 6 intentos de arrancar, para poner un funcionamiento el motor
- Poca sensibilidad del acelerador
- Mayor presión del pedal de aceleración para recibir respuesta
- Cuando se empezaba a presionar el el acelerador, se sentía un desmayo del vehículo

El sistema a inyección con computadora programable reacciona de la siguiente manera con respecto a los problemas que tuvo a carburación

- Menor esfuerzo para salir del reposo
- El arranque en frío toma la mitad del tiempo
- Se necesita de un intento para arrancar el motor
- Alta sensibilidad del acelerador
- Acelerador responde inmediatamente

5.4.1.2. Consumo de combustible

El consumo de combustible de un vehículo es muy importante, en lo referente a la emisión de gases contaminantes. Es por eso que se tomó en cuenta el detalle del consumo de combustible.

El tanque de combustible que no se realizó ningún tipo de adaptación en su interior, como por ejemplo el colocar una bomba de combustible sumergible, la cual hubiera cambiado el volumen de capacidad. Entonces no existe una variación. Con lo cual se toma el mismo volumen de llenado para realizar la comparación. Este tanque tiene una capacidad de llenado de 12 galones (45,42 litros) aproximadamente.

Como el medidor del tanque tiene una división de 4 partes, podríamos decir que cada $\frac{1}{4}$ de tanque contiene 3 galones y si dividimos el $\frac{1}{4}$ de tanque para tres, se puede decir que cada $\frac{1}{12}$ del tanque lleva un galón.

Entonces para realizar una comparación de consumo de combustible, se realizó lo siguiente:

- Se tomó la misma ruta, desde Carcelén hasta el Secap por la avenida Eloy Alfaro con algo de tráfico y se regresa a Carcelén por la avenida 10 de Agosto. Realizando un recorrido de 20.5km.
- Como la distancia es la misma, lo que varía en el medidor de gasolina del vehículo nos da la diferencia.

- Para realizar la medición del consumo del combustible el vehículo cuenta con un medidor de gasolina nuevo.
- El vehículo consumió alrededor de $1\frac{1}{2}$ galón con el sistema de carburador.
- El vehículo consumió alrededor de $1\frac{1}{4}$ galón con el sistema de inyección.

Reduciendo de esta manera el consumo de combustible. Cabe acotar que estos vehículos en condiciones normales, recorren en el mejor de los casos 24km por galón. Pero debemos tomar en cuenta que las rutas tomadas para realizar nuestra medición, se lo realizó por lugares con pendientes pronunciadas e intentando ir a una velocidad acorde. Con lo cual realiza un mayor esfuerzo y un mayor consumo de combustible.

5.4.2. Medición de gases

De acuerdo a la lectura de analizador de gases podemos decir o relacionar su funcionamiento convencional con el sistema ya instalado o cambiado, como se puede observar en la tabla, tanto en la de revoluciones bajas (ralentí), como en de revoluciones altas (2500rpm).

- Los datos sombreados en color verde están dentro de las tolerancias para este tipo de vehículo.
- Los datos sombreados en color rojo están fuera de las tolerancias para este tipo de vehículo.

Tolerancias	O2	Lambda	CO	HC
	0,00 <= x <= 3,00	0,13 <= x <= 999,99	0,00 <= x <= 5,99	0,00 <= x <= 999,99

En bajas revoluciones	O2	Lambda	CO	HC
Con Carburador	2,47	0,94	4,01	1181,00
Con Mega Squirt V2.2	2,69	0,75	10,54	1394
Con Micro Squirt V3.7 (sin calibrar gases)	2,96	0,94	5,54	558
Con Micro Squirt V3.7 (calibrado gases)	1,61	0,93	4,27	462

Tabla N° 10 Medición de gases en bajas revoluciones

En altas Revoluciones	O2	Lambda	CO	HC
Con Carburador	1,86	0,78	8,38	1008
Con Mega Squirt V2.2	2,48	0,67	11,45	1225
Con Micro Squirt V3.7 (sin calibrar gases)	1,62	0,83	8,20	378
Con Micro Squirt V3.7 (calibrado gases)	0,57	0,89	3,76	436

Tabla N° 11 Medición de gases en altas

En estas tablas podemos observar las diferentes circunstancias en las que se encontraba el vehículo. Y las cuales serán detalladas en la explicación de cada una de ellas.

5.4.2.1. Análisis de gases con Carburador

Todos los valores están dentro del rango normal de emisión, pero el valor de HC está fuera de rango, o sea hay demasiada emisión de HC hidrocarburos no combustiónados.

En bajas revoluciones tenemos los siguientes problemas:

- Como el valor de λ es < 1 esto quiere decir que la mezcla estaba rica.
- Como la mezcla es rica, esto hace que los HC incrementen demasiado, sobrepasando las tolerancias.

En altas revoluciones tenemos los siguientes problemas:

- El valor de λ continúa bajando, esto quiere decir que la mezcla se enriquece más.
- Los HC continúan elevados, por la riqueza de la mezcla.
- Como la mezcla es demasiado rica, los CO aumentan.

5.4.2.2. Análisis de gases con MegaSquirt V2.2

La emisión de CO y de HC, es mayor debido a que el computador tenía problemas con la calibración. Esta computadora perdía comunicación con los sensores, y se desconfiguraba. Por eso los valores de los gases aumentaron en comparación con el sistema a carburación.

En bajas revoluciones tenemos los siguientes problemas:

- Como el valor de λ es < 1 esta relación es demasiado rica, por lo que el vehículo se ahogaba.

- Como la mezcla es rica, esto hace que los HC incrementen demasiado, sobrepasando las tolerancias de una forma desmedida.
- Los CO también aumentaron ya que la mezcla es demasiado rica, y existe insuficiente cantidad de oxígeno en la cámara.

En altas revoluciones tenemos los siguientes problemas:

- El valor de lambda continua bajando, esto quiere decir que la mezcla se enriquece más.
- Los Hc continúan elevados, por la riqueza de la mezcla.
- Como la mezcla es demasiado rica, los CO aumentan considerablemente. Mucho más que en el sistema a carburador.

5.4.2.3. Análisis de gases con MicroSquirt V3 (sin calibrar)

Con el cambio de computadora, por una más actualizada, se logra una configuración favorable para el vehículo, ya que configuración no se realizó en base a la medición de gases, sino en base a lo que el vehículo requería para funcionar en óptimas condiciones. Es por eso que cabe recalcar que la medición de los gases casi nos acerca a las tolerancias requeridas.

En bajas revoluciones tenemos los siguientes problemas:

- Como el valor de lambda es < 1 pero muy cercano a la relación ideal, el vehículo no tiene ninguna clase de problema.
- Todos los parámetros están dentro del margen requerido.

En altas revoluciones tenemos los siguientes problemas:

- El valor de lambda disminuye un poco. La mezcla se enriquece un poco.
- Con este problema, los CO aumentaron por la falta de oxígeno en la cámara de combustión.

5.4.2.3. Análisis de gases con MicroSquirt V3 (Calibrada)

Ya que el vehículo presentó problemas con los CO, se llevó al vehículo a configurar en un taller, donde tenían un medidor de gases, para realizar los cambios necesarios. Con lo que se logró lo siguiente.

En bajas revoluciones tenemos los siguientes problemas:

- Como el valor de lambda es < 1 pero muy cercano a la relación ideal.
- No se tuvo problemas con los gases y se logró disminuir la cantidad de gases contaminantes.

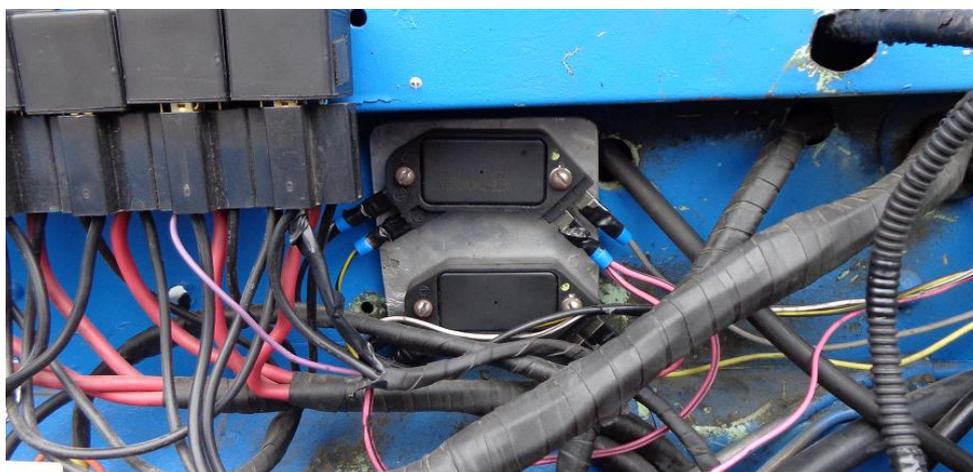
En altas revoluciones tenemos los siguientes problemas:

- El valor de lambda disminuye un poco. La mezcla se enriquece un poco, pero esto no perjudica en la calibración de los gases.

5.3. Dificultades para su puesta en marcha

Una de las mayores dificultades que se encontró en esta parte del desarrollo del trabajo es que requiere de mucho tiempo y mucha precisión la instalación de todos los sistemas, de tal manera que tanto la computadora como sensores y actuadores tengan los datos suficientes para poder tener un desarrollo normal en el trabajo a realizar por el motor de combustión interna.

A continuación se detalla en las imágenes siguientes los ajustes físicos realizados para poder poner a punto el funcionamiento del motor.



Fotografía No. 64 Revisión del sistema eléctrico



Fotografía No. 65 Revisión del sistema hidráulico



Fotografía No. 66 Revisión del sistema de aceleración

5.3. Ajustes realizados

Los ajustes realizados comunmente son aquellos que se revisan constantemente en todo vehículo:

5.3.1. Ajustes mecánicos del motor

- Revisión de la calibración de válvulas de admisión y escape, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Revisión de la presión de aceite del sistema de lubricación, el mismo que deberá ser muy eficiente ya que el motor con el nuevo sistema de inyección electrónica funcionará con mayores solicitaciones que si funcionara con el sistema convencional.
- Revisión del sistema de enfriamiento, que no existan fugas además que sea muy eficiente, ya que como el motor trabajará a mayores solicitaciones que antes. La generación de calor será mayor debido al mejoramiento de la combustión en el sistema.

5.3.2. Ajustes del sistema eléctrico

- Revisión del sistema de arranque, o sea el motor de arranque debe estar funcionando correctamente, lo que quiere decir que no debe tener fugas de corriente ya que los componentes del sistema electrónico también necesitan ser alimentados y si hay fallas en el sistema eléctrico también existirá deficiencias en el sistema electrónico.
- Revisión del sistema de carga, consiste en darle la mayor eficiencia al sistema ya que elementos componentes del sistema electrónico necesitan de energía y el sistema no debe fallar.
- Revisión de todas las instalaciones eléctricas que posiblemente podrían causar problemas, en el caso del aislamiento de los terminales de todos los sistemas componentes, que deben estar bien conectados y bien aislados.

5.3.3. Ajustes del sistema hidráulico

- Revisión del sistema de combustible, o sea desde el tanque de combustible, asegurando su instalación hasta el riel de inyección.
- Verificar que no existan fugas de combustible en los acoples, además que los conductos estén lejos de elementos que generen calor excesivo para su mejor protección.
- Lo acoples de las mangueras (abrazaderas), sean de buena calidad, garantice un ajuste y sellado hermético en el paso del combustible del depósito al sistema de inyección.
- En este punto tanto la medición en altas como en bajas revoluciones se encuentren dentro de los parámetros requeridos para el efecto de pasar la revisión técnica requerida por la CORPAIRE, por lo que se puede decir que el trabajo realizado fue exitoso.

CONCLUSIONES

- Al tratarse de un vehículo con características y componentes que tienen muchos años de diferencia, el vehículo presentó mucha resistencia para acoplarse a un nuevo mecanismo de gobierno. Calibrar el funcionamiento correcto del motor tomó mucho tiempo, ya que el comportamiento propio del motor no brindaba facilidades para lograr un equilibrio del rendimiento. No se llega a explicar el motivo del porque el vehículo necesita de tanta cantidad de gasolina para salir del reposo.
- Como se muestra en las pruebas realizadas, el vehículo consiguió reducir la emisión de gases contaminantes, y se logró dejar el vehículo dentro de los parámetros requeridos para aprobar la revisión vehicular. El vehículo en pruebas realizadas se demostró que se podía manipular los gases hasta el punto de bajar la emisión a los mínimos valores requeridos, pero el vehículo necesitaba obligadamente de ese extra de combustible para mantener el movimiento del motor.
- Las pruebas realizadas acerca del consumo de combustible en la ciudad tiene muchas variantes como: tráfico, horas pico, pendientes, demasiados semáforos, etc. Por lo que realizar una prueba de consumo resultó muy difícil de calcular. Ya que el vehículo no tuvo las mismas condiciones de movilidad.
- El comportamiento del vehículo mejoró de una manera increíble, ya que la respuesta del vehículo a requerimiento de aceleración incremento. Resultaba una poco lenta la respuesta de aceleración con el sistema de carburación.
- El utilizar una computadora programable para el cambio de sistema resultó ser muy didáctico, ya que con el suficiente conocimiento sobre el comportamiento del motor y sus componentes, se puede manipular los mapas de gobierno del vehículo, comparando lo estudiado con lo realizado.
- El sistema eléctrico se lo cambio por un sistema nuevo mas adecuado para el efecto del trabajo a realizar, con la finalidad de no tener inconvenientes como fugas de corriente que podrían incidir en un mal funcionamiento del motor.

- Los componentes utilizados para realizar el cambio de sistema deben ser de preferencia nuevos, para no tener problemas posteriores al armado del cableado. Tanto sensores como actuadores deben estar en perfecto estado para su buen funcionamiento.
- Verificar que los componentes sean los adecuados para ese tipo de motor, y que tengan las características necesarias para la adaptación. Por ejemplo, puede suceder que los inyectores no tienen la suficiente capacidad para realizar el llenado del combustible y esto generaría problemas, tanto en el rendimiento del vehículo, como en la adaptación de los demás componentes.
- Todos los componentes, a excepción de la computadora programable, de preferencia deberían ser de vehículos comunes, lo que hace fácil su reposición en caso de ser necesario realizar reparaciones o cambio de elementos.
- Este tipo de trabajo se puede aplicar a cualquier tipo de vehículo, ya que la ECU al ser programable, se puede introducir datos de cualquier tipo de vehículo como: cilindrada, número de cilindros, tipo de sistema de encendido, por lo tanto es aplicable a cualquier motor convencional.

RECOMENDACIONES

- Previo a la realización de este tipo de adaptación es necesario que el vehículo se encuentre en perfecto estado. De no ser así, se debe realizar las reparaciones necesarias, para que el vehículo opere en óptimas condiciones, si se desea ver cambios significativos.
- En el caso de un vehículo con estas características es mejor realizar el cambio de todo el cableado y componentes eléctricos como: relés, fusibles, cableado de las luces, etc. Para tener la seguridad de que la instalación del cableado no tiene ningún desperfecto por causa de deterioro de los componentes eléctricos.
- Realizar este tipo de adaptación bajo la supervisión de personal con los conocimientos suficientes, para realizarlo de la mejor manera. Y que los componentes como la computadora no sufran graves daños.
- Se debe tener mucha paciencia para resolver los problemas eléctricos que se presenten en el vehículo, cuando se está comprobando su funcionamiento.
- Para comprobar el correcto funcionamiento de la computadora programable, es recomendable tener un banco de pruebas con los sensores y actuadores principales del sistema. Para no sobrecargar el trabajo en componentes externos a los adaptados, los cuales sufren fatiga por el trabajo realizado. Por ejemplo el motor de arranque sufre grandes desgastes e los intentos de encender el vehículo.
- Existen componentes que deben ser maquinados por personal calificado para ese tipo de trabajos como: la soldadura del riel de inyectores, adaptación de los bocines en el múltiple de admisión, etc.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aireación: sinónimo de ventilación, es la renovación de un flujo de aire que actúa como un medio de control de la temperatura, evitando el calor excesivo.

Sincrónico: término que indica que dos o más acciones se producen al mismo tiempo. En nuestro caso nos referimos a funcionamientos mecánicos complementarios que se suceden entre sí.

Consecución: término que se refiere al efecto de conseguir algún propósito. En nuestro caso lo utilizamos para señalar que algún proceso mecánico tiene lugar de acuerdo a lo esperado.

Sokcet: termino de origen inglés, que se refiere a una ranura, cavidad o compartimiento diseñado para insertar algún componente específico para el funcionamiento de una maquina o equipo.

Combustible: Sustancia que reacciona con el oxígeno sustancia produciendo calor y generando energía para el motor.

Volátil: término que se refiere a una sustancia inestable que cambia de estado fácilmente convirtiéndose en vapor o en gas cuando entra en contacto con el aire.

Catálisis: término que se refiere a la acción de los catalizadores que son sustancias que hacen más rápida o más lenta la velocidad de una reacción química.

Gasoil: sustancia líquida que se consigue por la destilación del petróleo, que se utiliza como combustible.

Econostato: Es un dispositivo que suministrarnos combustible adicional al momento de la succión de combustible creada en los cilindros

Termocontacto: Es un interruptor eléctrico que activa el electro-ventilador permitiendo el ingreso de aire a través del radiador, para disminuir la temperatura del líquido refrigerante.

Basculante: término que se refiere al movimiento que un cuerpo unido a un eje vertical, hace de un lado a otro.

Combustible: sustancia que al contacto con el oxígeno se quema produciendo energía. En nuestro caso nos referimos al derivado de petróleo utilizado para el funcionamiento del motor

Comburente: término que se refiere a cualquier sustancia oxidante (oxígeno) que permite la combustión de otra.

Límite de inflamabilidad: se refiere al punto crítico luego del cual se produce la combustión.

La carga hidrostática: se refiere a la fuerza o empuje que un cuerpo aplica sobre otro.

BIBLIOGRAFÍA

Aficionados a la mecánica. (2010). Recuperado el 18 de Enero de 2013, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/carburador.htm>

Aficionados a la mecánica. (2011). Recuperado el 28 de Octubre de 2013, de http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion_directa1.htm

Aficionados a la mecánica. (2011). Recuperado el 07 de Noviembre de 2013, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/catalizadores.htm>

Aficionados a la mecánica. (2011). Recuperado el 07 de Noviembre de 2013, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/catalizadores.htm>

Águeda, E. J. (2009). *Técnicas básicas de mecánica y electricidad*. Madrid: Praninfo.

Arias. (2004). Manual de Automóviles. En Arias. España: Dossat.

Automecánico.com. (2012). Recuperado el 01 de Noviembre de 2013, de <http://automecanico.com/auto2002/sisencendido.html>

Barrio, J. (2010). *Epl. tecnica*. Recuperado el 19 de Enero de 2013, de <http://epll.no-ip.com/tecnica/Carburadores%202.PDF>

Bosch. (2008). Recuperado el 01 de Noviembre de 2013, de http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Inyecci%C3%B3n/Sistemas_de_Inyecci%C3%B3n.pdf

Bosch. (2010). *Sistemas de inyección electrónica*. Recuperado el 2 de Febrero de 2013, de http://www.boschservice.com.pe/informaciones_tecnicas/pdf/sistemas_inyeccion_electronica.pdf

Castro, M. (2002). *Enciclopedia del Automóvil*. España: Grupo CEAC.

Castro, M. (2006). *Manual del automóvil*. Barcelona: Grupo CEAC.

Castro.V. (1998). Nueva enciclopedia del Automóvil. En Castro. Barcelona: CEAC.

Cesvimap. (s.f.). Recuperado el 05 de Noviembre de 2013, de http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1036430

Crouse, W. (2003). *Mecánica del automóvil*. Barcelona: Marcombo.

e-auto. (2012). Recuperado el 02 de Noviembre de 2013, de http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=214

Galicia, X. d. (s.f.). Recuperado el 05 de Noviembre de 2013, de <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS%20DE%20GASES.pdf>

Grippio, B. a. (07 de Julio de 2013). *MegaSquirt*. Recuperado el 05 de Agosto de 2013, de <http://www.megamanual.com/index.html>

Human, D. D. (2003). *Ingeniería mecánica dinámica*. México: Santa Fe.

KMPH. (2013). Recuperado el 31 de Octubre de 2013, de <http://www.kmph.es/la-historia-del-carburador-tipos-y-utilidades-del-mismo/>

Páginas Amarillas. (2008). Recuperado el 28 de Octubre de 2013], de http://www.pac.com.ve/index.php?option=com_content&view=article&catid=54&Itemid=77&id=3676

Palomares. (2007). Motores de Combustión Interna. En Palomares, *Motores de Combustión Interna*.

Pérez, M. (2011). *Sistemas auxiliares del motor*. Barcelona: Paraninfo.

Recambios Coches. (2013). Recuperado el 01 de Noviembre de 2013, de <http://www.recambioscoche.es/pieza-de-repuesto/modulo-de-encendido.html>

Salvat. (2009). Enciclopedia Salvat del autom6vil. En *Enciclopedia Salvat del autom6vil* (págs. 241-250).

Santander, J. (2006). *Manual técnico de Fuel Injection*. Barcelona: Diseli.

Santander, J. (2003). *Manual técnico en mecánica electrónica*. Colombia: Diseli.

Star Media. (2013). Recuperado el 28 de Octubre de 2013, de <http://autos.starmedia.com/taller-mecanico/que-como-funciona-sensor-oxigeno-auto.html>

Aficionados a la mecánica. (2010). Recuperado el 18 de Enero de 2013, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/carburador.htm>

Barrio, J. (2010). *Epil.tecnica*. Recuperado el 19 de Enero de 2013, de <http://epil.no-ip.com/tecnica/Carburadores%202.PDF>

Bosch. (2010). *Sistemas de inyección electrónica*. Recuperado el 2 de Febrero de 2013, de http://www.boschservice.com.pe/informaciones_tecnicas/pdf/sistemas_inyeccion_electronica.pdf

ANEXOS

1. Revisión Vehicular (No pasó)

2626319 REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Quito

Revisión Obligatoria

No. Certificado: 02626319	Marca: LAND ROVER	CONDICIONAL RESULTADO	PCX0872 PLACA 23-Nov-2012 VALIDO HASTA
No. Adhesivo: 00000000	Modelo: JARDINERA		
Fecha Revisión: 09-Oct-2012	Año: 1968	CONVOCATORIA	
 ING. ALEXANDER ROJAS REG. PROF. 04-17-1935 RESPONSABLE	No Chasis: 24505243D	No Defectos TIPO 3: 19	FECHA PRIMERA REVISIÓN Kilometraje: 16,867.00 KM
	Cooperativa:	No Defectos TIPO 2: 07	
	No EMMOP:	No Defectos TIPO 1: 06	
	CENTRO MIXTO CARAPIUNGO		
No Revisión: 0100407568692-01			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL DEFECTO VISUAL		CALIFICACION	UBICACION		
99 01 02 04	VIN ILEGIBLE no se encontro.	***	TIP3			
11 01 04 05	CINT. SEGURIDAD DEL. FALTANTES O INADECUADOS	***	TIP3	13 14		
09 11 02 02	ESTADO CABLERIO TABLERO	***	TIP3			
09 09 02 04	FIJACION INCORRECTA DE ASIENTOS Y/O BUTACAS	***	TIP3	12 13 14		
09 09 01 03	ESTRUCTURA ASIENTO CONDUCTOR FLOJA espaldares flojo	***	TIP3	12 13 14		
09 06 08 02	INEXISTENCIA RETROVISOR EXTERIOR	***	TIP3	14		
09 04 02 04	ACCIONAMIENTO DE PUERTAS DEFECTUOSO O INCORRECTO	***	TIP3	12		
09 04 01 02	MARCOS, O CHAPAS DE PUERTAS/PORTONES EN MAL ESTADO chapas en mal estado	***	TIP3	12 14		
09 03 01 04	GUARDAGOLPES INADECUADOS O MAL POSICIONADO retirar zumbaburros	***	TIP3	09 10 11		
05 02 01 07	AJUSTE INADECUADO EN BUJES DE OJO DE BALLESTA y pasadores flojos	***	TIP3	09 11 15 17		
05 02 01 06	MANOPLAS Y/O GEMELOS EN MAL ESTADO O CONCAVAS y pasadores flojos	***	TIP3	09 11 15 17		
05 01 02 03	FIJACION INCORRECTA DE AMORTIGUADOR POSTERIOR	***	TIP3	15 17		
05 01 01 03	FIJACION INCORRECTA DE AMORTIGUADOR DELANTERO	***	TIP3	09 11		
04 01 01 01	OTROS (A INTRODUCIR POR EL INSPECTOR) freno menos	***	TIP3	15		
03 01 01 02	AJUSTE INCORRECTO DE ROTULAS DE DIRECCION terminales de direccion flojas	***	TIP3	03 10 11		
02 05 01 02	LUZ DE RETROCESO NO FUNCIONA	***	TIP3	15 17		
01 01 01 04	PLACAS ILEGIBLES placa doblada	***	TIP2	10 16		
02 02 03 03	LUZ DE PLACA NO FUNCIONA	***	TIP2	16		
03 08 01 02	AJUSTE INCORRECTO PERNO/BUJE Y/O PUNTA DE EJE	***	TIP2	09 11		
06 02 01 07	FUELLE GUARDAPOLVO DE SEMEJE ROTO O DETERIORADO	***	TIP2	09 11		
06 03 02 02	PISO EN MAL ESTADO	***	TIP2	12 14 15 17		
09 01 01 02	MATERIAL DE CARROCERIA EN MAL ESTADO	***	TIP2			
02 01 01 02	FAROS FRONTALES NO FUNCIONAN desalineados y baja intensidad	***	TIP3			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL DEFECTO MECATRONICO	UNIDAD	VALOR(X)	RANGO NORMAL	CALIFICACION	UBICACION
04 07 03 01	DESEQUILIBRIO FRENO DE SERVICIO OTROS EJES	%	65.00	0.00<=X<=14.99	TIP3	01
10 02 05 01	EXCESIVA EMISION DE CO EN ALTAS RPM	%	8.38	0.00<=X<=5.99	TIP3	
04 04 01 01	BAJA EFICACIA DE FRENO DE ESTACIONAMIENTO	%	10.00	20.00<=X<=100.00	TIP2	
03 09 01 03	DIVERGENCIA EN DIRECCION SUPERIOR AL LIMITE 1 EJE	m/Km	-7.00	-8.99<=X<=-6.99	TIP1	00
05 01 03 01	INCORRECTA EFICACIA DE SUSPENSION EN 1° EJE	%	51.00	60.00<=X<=100.00	TIP1	19
05 01 04 01	DESEQUILIBRIO SUSPENSION 1° EJE	%	26.00	0.00<=X<=14.99	TIP1	
10 02 01 04	EXCESIVA EMISION DE HIDROCARBUROS EN RALENTI	ppm	1,181.00	0.00<=X<=999.99	TIP1	
10 02 05 04	EXCESIVA EMISION DE HIDROCARBUROS EN ALTAS RPM	ppm	1,008.00	0.00<=X<=999.99	TIP1	
04 07 01 01	INCORRECTA EFICACIA DE FRENO DE SERVICIO	%	58.00	60.00<=X<=120.00	TIP1	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS MECATRONICAS	UNIDAD	VALOR(X)	RANGO NORMAL	CALIFICACION	UBICACION
05 01 03	EFICACIA SUSPENSION EN RUEDA DERECHA DEL 1° EJE	%	69.00	60.00<=X<=100.00	OK	18
05 01 05	EFICACIA SUSPENSION EN RUEDA DERECHA DEL 2° EJE	%	54.00	50.00<=X<=100.00	OK	18
05 01 05	EFICACIA SUSPENSION EN RUEDA IZQUIERDA DEL 2° EJE	%	54.00	50.00<=X<=100.00	OK	19
05 01 06	DESEQUILIBRIO DE SUSPENSION EN 2° EJE	%	0.00	0.00<=X<=14.99	OK	
10 03 01	NIVEL DE RUIDO EN EL ESCAPE	dB	73.90	0.01<=X<=74.99	OK	
10 02 01	O2 EN BAJAS	%	2.47	0.00<=X<=3.00	OK	
10 02 01	LAMBDA EN BAJAS	***	0.94	0.13<=X<=999.99	OK	
10 02 01	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	%	4.01	0.00<=X<=5.99	OK	
10 02 04	RPM EN RALENTI	rpm	1,010.00	0.01<=X<=1,200.00	OK	
10 02 05	O2 EN ALTAS RPM	%	1.86	0.00<=X<=3.00	OK	
10 02 05	LAMBDA EN ALTAS	***	0.78	0.13<=X<=99.99	OK	
04 07 02	DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 1° EJE	%	8.00	0.00<=X<=15.00	OK	00

2. Revisión vehicular aprobada

3214733

REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO



Revisión Obligatoria

No. Certificado: 03214733	Marca: LAND ROVER	APROBADO	PCX0872
No. Adhesivo: 00255420	Modelo: JARDINERA	RESULTADO PRIMERA CONVOCATORIA	PLACA
Fecha Revisión: 24-Oct-2013	Año: 1968	No Defectos TIPO 3: 00	31 Dic 2015
	No Chasis: 24505243D	No Defectos TIPO 2: 02	VALIDO HASTA
	Cooperativa:	No Defectos TIPO 1: 04	Kilometraje: 17,052 00 KM
	No EMMOP:		
ING. MARIANO RAMÍREZ JEFE DE CENTRO	CENTRO MIXTO CARAPUNGO No Revisión: 0100409007836-03		FECHA PRÓXIMA REVISIÓN

CODIGO	DESCRIPCION DEL DEFECTO VELA	UNIDAD	VALOR	RANGO NORMAL	CALIFICACION	UBICACION
07-01-01	LUZ DE RETROCESO NO FUNCIONA (mensaje de pda malida)	%			OK	TIP2
03-06-04	ESDOBILLOS LIMP.A.MAYADRIEAS FALTANTES O RUIJAS	%			OK	TIP1
09-10-03	DATIARIODOTAS EN MAL ESTADO (proteccion de las)	%			OK	TIP1
02-00-00	DESCRIPCION DEL DEFECTO NEGATIVO					
05-01-04-01	DESECCILIBRIO SUSPENSION EN EL EJE	%	21.00	0.00-20-4.00	OK	
09-00-01-01	RUIDO DE ESCAPE SUPERIOR AL LIMITE	dB	75.40	0.00-20-14.00	OK	
04-07-05-01	DESECCILIBRIO FRENO DE SERVICIO O OTROS EJE	%	17.00	0.00-20-14.00	OK	
02-00-00	DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS NEGATIVAS					
10-02-01	HIDROCARBUROS NO CONDUCIONADOS (CO) BALENT	ppm	402.00	0.00-20-100.00	OK	
10-02-01	CO EN BALENT	%	0.00	0.00-20-0.00	OK	
10-02-01	AMONIA EN BALENT	%	0.00	0.00-20-0.00	OK	
10-02-01	MONOXIDO DE CARBONO (CO) BALENT	%	0.00	0.00-20-0.00	OK	
10-02-04	EFM EN BALENT	%	730.00	0.00-20-200.00	OK	
10-02-05	HIDROCARBUROS NO CONDUCIONADOS (HC) BALENT	ppm	1.00	0.00-20-0.00	OK	
10-02-05	CO EN ALTAS RPM	%	0.00	0.00-20-0.00	OK	
10-02-05	AMONIA EN ALTAS	%	0.00	0.00-20-0.00	OK	
10-02-05	MONOXIDO DE CARBONO (CO) EN ALTAS RPM	%	0.00	0.00-20-0.00	OK	
08-00-00	ALINEACION (GR) EJE CONVERGENCIA	mm	4.00	0.00-20-0.00	OK	03
03-01-05	EFICACIA SUSPENSION EN RUEDA DERECHA DEL 1º EJE	%	80.00	60.00-20-100.00	OK	18
03-01-05	EFICACIA SUSPENSION EN RUEDA DERECHA DEL 2º EJE	%	80.00	60.00-20-100.00	OK	18
03-01-05	EFICACIA SUSPENSION EN RUEDA IZQUIERDA DEL 1º EJE	%	80.00	60.00-20-100.00	OK	18
03-01-05	EFICACIA SUSPENSION EN RUEDA IZQUIERDA DEL 2º EJE	%	80.00	60.00-20-100.00	OK	18
03-01-05	DESECCILIBRIO DE SUSPENSION EN 2º EJE	%	4.00	0.00-20-14.00	OK	
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE CONDUCTOR	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05	ALINEACION (GR) EJE PASAJERO	%	6.00	0.00-20-100.00	OK	25
03-01-05						