UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

Facultad de Ingenierías

Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ.

"*IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE INYECCION MULTIPUNTO CONTROLADO POR COMPUTADORA PROGRAMABLE EN UN VEHICULO DATSUN 1000."*

AUTORES:

José Luis Idrovo González

William Hernan Pérez Pérez

Roberto Carlos Puma Agudo

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Paúl Narváez

Cuenca, Marzo del 2011

DECLARATORIA

Nosotros; José Luis Idrovo G., William Hernan Pérez P. y Roberto Carlos Puma A., declaramos que los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de nosotros los autores.

Cuenca, Marzo 03 del 2011.

(f)_____ (f) _____ (f) _____

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Paúl Narváez. Certifico que el presente trabajo de tesis fue desarrollado bajo mi supervisión y responsabilidad, por los señores:

José Luis Idrovo González

William Hernan Pérez Pérez

Roberto Carlos Puma Agudo

_____

Ing. Paúl Narváez
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA:

Esta tesis está dedicada en primer lugar a Dios y a la Virgen del Cisne, que gracias a sus bendiciones me han llenado de fortaleza para seguir adelante a lo largo de mi carrera como estudiante, a mis papás, José Luis y Anita, por su amor, apoyo y esfuerzo realizado día a día, a mis hermanas, Silvana, Verónica, Karina y Daniela, por su amor y apoyo incondicional, a mis sobrinos, Estefanía, Gabriela, Bernardo y al próximo angelito que le estamos esperando en casa por llenarme de alegría y felicidad.

A mis compañeros y amigos de tesis, Roberto, William, Luis, Álvaro y Fausto, por su apoyo y responsabilidad a lo largo de los años compartidos como compañeros de curso, así también, como en el trabajo de tesis.

José Luis

DEDICATORIA:

Dedico este proyecto al ser supremo Dios, por darme la vida y permitirme cumplir, este sueño….

Con todo el cariño del mundo a estos dos seres q me dieron la vida, mis padres, Alfredo y Fabiola; me faltará toda mi vida para poder agradecerles todo el enorme sacrificio que hacen por mí, a ti padre que tuviste que alejarte de nosotros en busca de un mejor porvenir para nosotros, gracias por todo tú apoyo y tus consejos. A ti madrecita porque sin ti esto no hubiera sido posible, tú que me enseñaste, me aconséjate y me educaste de esa forma que hoy me permite cumplir este sueño, esta meta que Uds. padres son los pilares importantes para este logro, mil gracias.

A mis hermanos Geovanny y Ximena por haberme apoyado y aguantado todo este tiempo, y aunque hemos pasado buenos y malos ratos saben que los quiero, gracias por todo...

A mis primos Ricardo, Damian, Cristian, Valeria, Cumanda, Prisila, Nelly, Maribel Omar, con quien he compartido los mejores momentos de mi vida, a Cumanda por apoyarme y estar cuando más lo necesitaba.

A mis amigos y amigas que han estado siempre conmigo en los buenos y en los momentos tristes, gracias por su amistad, a mis compañeros de tesis Roberto y José por soportarme todos estos años de estudio, y que a pesar de los desvelos, las desilusiones logramos cumplimos nuestra meta.

Y finalmente a mi pequeña niña María Paula, gracias por existir y llegar a este mundo a alegrarme la vida.

William Hernan

DEDICATORIA:

El desarrollo de la presente Tesis quiero dedicar a Dios y la Virgen Inmaculada de Saymirin, en quienes tengo mucha fe, y sé que me guiaron en mis pasos día a día para lograr culminar esta nueva etapa de mi vida.

A mis padres, FRANCISCO Y CARMEN, quienes durante toda mi carrera universitaria me apoyaron de una u otra manera en los momentos más difíciles y alegres con el cariño, dedicación y amor que los caracteriza, gracias a esto he podido conseguir un sueño más en mi vida.

A mis hermanos, MONICA Y ANDRES, les agradezco por ese apoyo incondicional que me brindaron en mi vida estudiantil.

A toda mi familia, quienes me brindaron consejos y apoyo para concluir mi carrera universitaria, espero no defraudarles.

A mis compañeros de la Tesis, que siempre me dieron su apoyo, a todos mis amigos de la Universidad, en especial Álvaro, Fausto, Luis, quienes me supieron guiar y aconsejar todos estos años de estudio…

Roberto Carlos

AGRADECIMIENTOS:

Nosotros los autores de esta tesis queremos agradecer primeramente a Dios por darnos el valor y fortaleza para realizar este proyecto.

A nuestros padres por apoyarnos incondicionalmente todos estos años de estudio, gracias por todo su esfuerzo y sacrificio.

A nuestro director de Tesis Ing. Paul Narváez por guiarnos y apoyarnos durante la ejecución de este proyecto. Al Ing. Álvaro Espinoza por ayudarnos con sus conocimientos y facilitarnos con los materiales para este proyecto. Al Ing. Vimos por darnos una mano con la construcción de algunas piezas mecánicas.

A nuestros profesores de la carrera por cumplir con su labor de educadores, quienes nos han guiado con sus conocimientos y consejos durante estos años de estudio.

Y finalmente a todas las personas que nos has apoyado y ayudado de alguna u otra manera para cumplir nuestro sueño.

Gracias a todos Ustedes…..

Los autores

INDICE|

TABLAS.....XIII

INTRODUCCION ……..XV

CAPITULO 1

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN A CARBURADOR DEL MOTOR A10

1.1 GENERALIDADES DEL MOTOR NISSAN A10..... - 16 -
1.2 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR NISSAN A10..... - 17 -
1.2.1 Medición de la compresión..... - 18 -
1.2.2 Medición de fugas en los cilindros..... - 20 -
1.2.3 Medición del Vacío del motor..... - 22 -
1.2.4 Sistema de refrigeración..... - 24 -
1.2.4.1 Comprobación de los elementos del sistema de refrigeración..... - 25 -
1.3 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN..... - 31 -
1.3.1 Depósito de combustible..... - 31 -
1.3.2 Bomba mecánica de combustible..... - 32 -
1.3.3 Cañerías de Alimentación..... - 34 -
1.3.4 Carburador DCG 286 del motor A10..... - 35 -
1.3.5 Filtros..... - 42 -
1.3.6 Colector de admisión..... - 43 -
1.3.7 Sistema de encendido..... - 44 -
1.3.8 Diagnostico del sistema eléctrico del motor..... - 45 -
1.3.8.1 Subsistema de Arranque..... - 45 -
1.3.8.2 Subsistema de Carga:..... - 46 -
1.3.8.3 Subsistema de Encendido..... - 47 -
1.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO CON EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ACTUAL..... - 48 -
1.4.1 Condiciones para realizar las pruebas..... - 48 -
1.4.2 Prueba de consumo de combustible en la cuidad..... - 48 -
1.4.3 Prueba de consumo de combustible en carretera..... - 50 -
1.4.4 Calculo de consumo de combustible..... - 50 -
1.4.5 Pruebas de emisiones contaminantes..... - 52 -
1.4.5.1 Resultado del análisis de gases..... - 53 -
1.4.6 Evaluación e interpretación de la prueba..... - 54 -
1.4.6.1 (CO) MONÓXIDO DE CARBONO..... - 54 -
1.4.6.2 (HC). HIDROCARBUROS..... - 55 -
1.5 PRUEBA DE ACELERACIONES..... - 56 -
1.5.1 Prueba de aceleración en plano..... - 56 -
1.5.2 Prueba de aceleración en pendiente..... - 58 -

CAPITULO 2

CÁLCULOS PARA ESTABLECER EL SISTEMA DE INYECCIÓN ADECUADO

2.1 ANÁLISIS DEL COLECTOR DE ADMISIÓN DE AIRE CON EL SISTEMA A CARBURADOR .... - 59 -
2.1.1 Datos Técnicos del motor .... - 59 -
2.1.2 Calculo de consumo de aire del motor según el régimen de giro .... - 60 -
2.1.2.1 Coeficiente de llenado .... - 60 -
2.1.2.2 Determinación de la cilindrada Unitaria .... - 61 -
2.1.2.3 Resultados Obtenidos .... - 62 -
2.1.3 Análisis del comportamiento del flujo de aire dentro del colector de admisión .... - 62 -
2.1.4 Velocidad Media del flujo .... - 64 -
2.1.5 Viscosidad cinemática del fluido mezcla aire-combustible .... - 65 -
2.1.5.1 Relación Estequiometrica .... - 66 -
2.1.5.1.1 Determinación de la reacción de los elementos .... - 67 -
2.1.5.1.2 Determinación de la masa de la mezcla aire-combustible .... - 70 -
2.1.5.1.3 Determinación de la viscosidad cinemática de cada componente .... - 71 -
2.1.6 Determinación del número de Reynolds .... - 73 -
2.1.7 Formula de Darcy-Weisbach .... - 74 -
2.1.7.1 Cálculo del Factor de Fricción .... - 74 -
2.1.7.2 Pérdida de Carga en el colector de admisión .... - 76 -
2.2 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DEL NUEVO MÚLTIPLE DE ADMISIÓN .... - 77 -
2.2.1 Consideraciones de la Geometría .... - 78 -
2.2.2 Consideraciones de Turbulencia. .... - 79 -
2.2.3 Consideraciones de Longitud efectiva. (Efecto de Golpe de Ariete) .... - 80 -
2.2.4 Consideraciones que debe cumplir un múltiple de admisión con la mezcla .... - 80 -
2.2.5 Material para la fabricación de un colector de admisión .... - 81 -
2.2.6 Consideración según el material de fabricación par la eficiencia de un colector .... - 82 -
2.2.7 Eficiencia del Múltiple de Admisión .... - 82 -
2.3 DISEÑO DEL NUEVO MÚLTIPLE DE ADMISIÓN .... - 82 -
2.3.1 Diseño de los tubos de Alimentación .... - 83 -
2.3.2 Curvas del Múltiple de Admisión .... - 83 -
2.3.3 Longitud efectiva para el nuevo múltiple de admisión .... - 83 -
2.3.3.1 Calculo de la longitud .... - 84 -
2.3.3.1.1 Desarrollo .... - 84 -
2.3.4 Cálculo del tiempo de Golpe de Ariete .... - 87 -
2.3.4.1 Determinación de la celeridad de la onda .... - 87 -
2.4 CONDICIONES DE LAS GUÍAS DEL INYECTOR PARA SU CONSTRUCCIÓN .... - 90 -
2.5 CONDICIONES DEL PLENUM PARA SU CONSTRUCCIÓN .... - 90 -
2.6 CONDICIONES DEL CONDUCTO DE AIRE PARA SU CONSTRUCCIÓN .... - 91 -
2.7 ESQUEMA DEL NUEVO MÚLTIPLE DE ADMISIÓN .... - 92 -
2.7.1 Vistas del Múltiple de Admisión a construir .... - 93 -

CAPITULO 3

SELECCIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN PROGRAMABLE

3.1 SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA .... - 94 -
3.1.1 Sistema de inyección multipunto indirecta para un motor A10 .... - 95 -
3.1.2 Según el número de inyecciones .... - 96 -
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MULTIPUNTO INDIRECTA .... - 96 -
3.2.1 Circuito de alimentación de combustible .... - 97 -
3.2.1.1 Depósito de combustible .... - 97 -

3.2.1.2 Bomba de combustible (Electro-bomba) - 98 -
3.2.1.3 Filtro de Combustible - 100 -
3.2.1.4 Regulador presión de combustible - 100 -
3.2.1.5 Riel de inyectores - 101 -
3.2.1.6 Válvula de inyección - 102 -
3.2.1.7 Múltiple de admisión - 103 -
3.2.2 Componentes del sistema electrónico - 103 -
3.2.2.1 Modulo de control - 104 -
3.2.2.2 Relé - 105 -
3.2.2.3 Sensores de Control - 105 -
3.2.2.3.1 Sensor que mide la presión absoluta en el múltiple de admisión (MAP) - 105 -
3.2.2.3.2 Sensor de posición de la mariposa del acelerador (TPS) - 108 -
3.2.2.3.3 Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) - 109 -
3.2.2.3.4 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT) - 111 -
3.2.2.3.5 Sensor de oxígeno (O2) - 113 -
3.2.2.3.6 Sensor de oxígeno de Zirconio - 114 -
3.2.2.3.7 Sensor posición del cigüeñal (CKP) - 117 -
3.2.2.3.8 Sistema de Encendido DIS - 118 -
3.3 SELECCIÓN DE LA COMPUTADORA PROGRAMABLE PARA EL SISTEMA DE INYECCIÓN MULTIPUNTO INDIRECTA - 120 -
3.3.1.1 Computadora Programable Mega Squirt MS-II - 121 -
3.3.1.2 Características de la computadora Programable Mega Squirt MS-II - 122 -
3.3.1.3 Disponibilidad en el mercado - 123 -
3.3.1.4 Facilidad de programación - 124 -
3.3.1.5 Fiabilidad - 124 -
3.3.1.6 Factor Económico - 125 -
3.3.1.7 Proceso de control de inyección - 125 -
3.3.1.8 Mapeo de inyección - 125 -
3.3.1.9 Dispositivos para la adaptación de una Mega Squirt PCB MS-II - 126 -
3.3.2 Computadora Programable Haltech PLATINUM SPRINT 500 - 126 -
3.3.2.1 Características de la computadora Programable Haltech Platinum Sprint 500 - 127 -
3.3.2.2 Disponibilidad en el mercado - 129 -
3.3.2.3 Facilidad de programación - 129 -
3.3.2.4 Fiabilidad - 129 -
3.3.2.5 Factor Económico - 129 -
3.3.2.6 Proceso de control de inyección - 130 -
3.3.2.7 Mapeo de inyección - 130 -
3.3.2.8 Dispositivos para la adaptación de una Haltech Platinum Sprint 500 - 131 -
3.3.3 Computadora seleccionada - 131 -

CAPITULO 4

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MULTIPUNTO INDIRECTA CONTROLADA POR UNA COMPUTADORA PROGRAMABLE

4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE - 133 -
4.1.1 Modificación del Tanque de Combustible - 133 -
4.1.2 Bomba de combustible - 136 -
4.1.3 Cañería de alimentación y retorno de combustible - 139 -
4.1.4 Filtro de combustible - 140 -
4.1.5 Riel de inyección - 141 -
4.1.6 Regulador de presión de combustible - 142 -
4.1.7 Inyectores - 143 -
4.1.8 Circuito alimentación de combustible - 144 -

4.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ..... - 144 -
4.2.1 Colector de Admisión ..... - 144 -
4.2.2 Cuerpo de aceleración ..... - 147 -
4.2.3 Filtro de aire ..... - 148 -
4.3 IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA ELECTRÓNICO ..... - 148 -
4.3.1 Modulo de Control (Mega Squirt MS II) ..... - 148 -
4.3.2 Cableado Principal ..... - 149 -
4.3.3 Base de fusibles ..... - 150 -
4.3.4 Relé ..... - 151 -
4.3.5 Sonda de Oxigeno (O2) ..... - 151 -
4.3.6 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT) ..... - 152 -
4.3.7 Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) ..... - 155 -
4.3.8 Sensor de posición de la mariposa del acelerador (TPS) ..... - 157 -
4.3.9 Sensor que mide la presión absoluta en el múltiple de admisión (MAP) ..... - 159 -
4.3.10 Sensor de Posición del cigüeñal (CKP) ..... - 160 -
4.3.11 Sistema de Encendido ..... - 161 -
4.3.11.1 Desmontaje del Sistema de Encendido TSZ-i ..... - 162 -
4.3.11.2 Montaje de las Bobinas de Encendido DIS ..... - 163 -
4.3.12 Circuito Eléctrico del sistema de inyección ..... - 165 -

CAPITULO 5

PUESTA A PUNTO DEL MOTOR Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 PUESTA A PUNTO DEL MOTOR DATSUN A-10 ..... - 168 -
5.2 INSTALACIÓN DEL SOFTWARE PARA LA PROGRAMACIÓN DE LA MEGA SQUIRT MS-II - 168 -
5.3 COMUNICACIÓN DE LA MEGA SQUIRT CON EL SOFTWARE TUNER STUDIO ..... - 169 -
5.4 CREACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO DE TRABAJO PARA EL MOTOR A-10 ..... - 172 -
5.5 MODIFICACIÓN EN EL MODULO DE CONTROL (ECU) PARA EL MOTOR NISSAN A-10 - 177 -
5.6 SELECCIÓN DEL TIPO DE ENCENDIDO DEL MOTOR ..... - 177 -
5.7 POTENCIÓMETRO ..... - 178 -
5.8 COLOCACIÓN DE PARÁMETROS EN LA MEGA SQUIRT PARA EL MOTOR NISSAN A-10 - 179 -
5.9 COLOCACIÓN DE MÁS CONSTANTES DEL MOTOR (MORE ENGINE CONSTANTS) ..... - 185 -
5.10 CARACTERÍSTICAS DE LOS INYECTORES ..... - 187 -
5.11 OPCIONES DE INYECCIÓN (TACH INPUT/INJECTION SETTINGS) ..... - 188 -
5.12 CONFIGURACIÓN DE LA RUEDA FÓNICA (TRIGGER WHEEL SETTINGS) ..... - 191 -
5.13 LÍMITES DE REVOLUCIONES ..... - 193 -
5.14 CONTROL DE OXIGENO DEL GAS DE ESCAPE (EXHAUST GAS OXYGEN CONTROL) .. - 194 -
5.15 CALIBRACIÓN DE LA APERTURA DEL CUERPO DE ACELERACIÓN (TPS) ..... - 196 -
5.16 CALIBRACIÓN DE LA TABLA AFR ..... - 197 -
5.17 CONFIGURACIÓN DE ARRANQUE DEL MOTOR ..... - 197 -
5.18 CURVA DE ENRIQUECIMIENTO PARA EL ARRANQUE EN FRIO ..... - 198 -
5.19 ENRIQUECIMIENTO DE ACELERACIÓN (ACCEL ENRICH SETTINGS) ..... - 200 -
5.20 CORTE DE INYECCIÓN EN DESACELERACIÓN ..... - 200 -
5.21 MAPA DE INYECCIÓN ..... - 201 -
5.22 TABLA DE AVANCE AL ENCENDIDO ..... - 203 -
5.23 TABLA DE PORCENTAJE DE AIRE-COMBUSTIBLE ..... - 204 -
5.24 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN MPFI ..... - 205 -
5.24.1 Condiciones para realizar las pruebas ..... - 205 -
5.24.2 Prueba de consumo de combustible en la cuidad ..... - 205 -
5.24.3 Calculo de consumo de combustible en Carretera ..... - 206 -
5.24.4 Prueba de consumo de combustible en carretera ..... - 206 -
5.24.5 Calculo de consumo de combustible en Carretera ..... - 207 -
5.25 PRUEBAS DE EMISIONES CONTAMINANTES ..... - 208 -
5.25.1 Resultado del análisis de gases ..... - 208 -

5.25.2 Tabla comparativa de resultados - 209 -
5.26 EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA PRUEBA - 209 -
5.26.1 (CO) MONÓXIDO DE CARBONO - 210 -
5.26.2 (HC). HIDROCARBUROS - 210 -
5.27 PRUEBA DE ACELERACIONES - 212 -
5.27.1 Prueba de aceleración en plano - 212 -
5.27.2 Prueba de aceleración en pendiente - 213 -
CONCLUSIONES 215
RECOMENDACIONES 217
BIBLIOGRAFIA 218
ANEXO A 219
ANEXO B 220

TABLAS

Capitulo 1

Tabla 1.1 Especificaciones Principales ..... - 16 -
Tabla 1.2 Presión de Compresión kg/cm^2 (lb/sq in) a rpm ..... - 18 -
Tabla 1.3 Valores Obtenidos durante la medición [PSI] ..... - 19 -
Tabla 1.4 Resultado de la Prueba en el orden de encendido ..... - 21 -
Tabla 1.5 Rango de Medición del Vacio del motor a nivel del mar ..... - 23 -
in Hg (cm Hg) ..... - 23 -
Tabla 1.6 Valores Medidos del vacío del motor en la ciudad de Cuenca in Hg (mm Hg) ..... - 23 -
Tabla 1.7 Valores de Temperatura de abertura del termostato °C (°F) ..... - 28 -
Tabla 1.8 Presión de referencia para la tapa del radiador kg/cm^2 (lb/sq in) ..... - 30 -
Tabla 1.9 Rango de Presión de la bomba de combustible ..... - 32 -
Tabla 1.10 Rango de Presión de la bomba de combustible ..... - 33 -
Tabla 1.11 Caída-Recuperación de Tensión de la Batería [V] ..... - 46 -
Tabla 1.12 Inspección del Subsistema de Encendido ..... - 47 -
Tabla 1.13 Resistencia de cables [KΩ/m] ..... - 47 -
Tabla 1.14 Resistencia de cables [KΩ] ..... - 47 -
Tabla 1.15 Datos Obtenidos ..... - 49 -
Tabla 1.16 Datos Obtenidos ..... - 50 -
Tabla 1.17 Valores Obtenidos ..... - 53 -
Tabla: 1.18 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor a gasolina. Marcha mínima o ralentí (Prueba estática) ..... - 54 -
Tabla: 1.19 Condiciones para realizar la prueba aceleración en plano ..... - 57 -
Norma SAEJ1491 MAR95 ..... - 57 -
Tabla: 1.20 Condiciones para realizar la prueba aceleración en plano ..... - 57 -
Tabla: 1.21 Resultados de la prueba aceleración en plano ..... - 58 -
Tabla: 1.22 Resultados de la prueba aceleración en pendiente ..... - 58 -

Capitulo 2

Tabla 2.1 Datos Técnicos del motor ..... - 59 -
Tabla 2.2 Rendimiento volumétrico (η_v) ..... - 61 -
Tabla 2.3 Consumo de aire según el régimen de Giro ..... - 62 -
Tabla 2.4 Velocidad Media de flujo ..... - 65 -
Tabla 2.5 Pesos moleculares de los componentes ..... - 69 -
Tabla 2.6 Valores de Viscosidad Cinemática ..... - 72 -
Tabla 2.7 Valores del Número de Reynolds ..... - 73 -
Tabla 2.8 Factor de fricción según el régimen de giro ..... - 76 -
Tabla 2.9 Perdidas de Carga según el régimen de giro ..... - 76 -
Tabla 2.10 Factores de fricción para el hierro fundido ..... - 85 -
Tabla: 2.11 Perdida de Carga según el régimen de giro y la longitud del tubo ..... - 86 -
Tabla: 2.12 Tiempo en que la onda de sobrepresión va y vuelva de una extremidad a otra de la tubería ..... - 89 -
Tabla: 2.13 Datos para la construcción del nuevo múltiple de admisión ..... - 92 -

Capitulo 3

Tabla 3.1 Comportamiento de la Señal ..... - 107 -

Tabla 3.2 Parámetros para el Mapeo de inyección ..... - 125 -
Tabla 3.3 Parámetros para el Mapeo de inyección ..... - 130 -

Capitulo 4

Tabla 4.1 Rangos de Medición del sensor ECT ..... - 153 -
Tabla 4.2 Rangos de Medición del sensor IAT ..... - 156 -
Tabla 4.3 Rangos de Medición del Sensor TPS ..... - 158 -

Capitulo 5

Tabla 5.1 Datos Obtenidos ..... - 206 -
Tabla 5.2 Consumo de Combustible ..... - 206 -
Tabla 5.3 Datos Obtenidos ..... - 207 -
Tabla 5.4 Consumo de Combustible ..... - 207 -
Tabla 5.5 Valores Obtenidos ..... - 208 -
Tabla: 5.6 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor a gasolina. Marcha mínima o ralentí (Prueba estática) ..... - 209 -
Tabla 5.7 Tabla Comparativa de resultados ..... - 209 -
Tabla: 5.8 Resultados de la prueba aceleración en plano con el sistema a inyección- 213 -
Tabla: 5.9 Resultados de la prueba aceleración en plano con un sistema a Carburador---------- 213 -
Tabla: 5.10 Resultados de la prueba aceleración en pendiente con el sistema a inyección ..... - 213 -
Tabla: 5.11 Resultados de la prueba aceleración en pendiente con el sistema a carburador ..... - 214 -

INTRODUCCIÓN

Debido a la necesidad de mejorar el desempeño del motor de combustión interna a carburador y la disminución del consumo de combustible, del vehículo Datsun 1000 con un motor A10, nos lleva al estudio y a la aplicación del sistema a inyección multipunto que supera en gran medida al tradicional carburador que en su momento solucionó el problema de la alimentación al motor, sin embargo por su dificultad de controlar el consumo de combustible y por no logar una disminución de la contaminación del aire será desplazado por sistemas electrónicos que logran mantener una eficiencia en el consumo con disminución de gases procedentes de la combustión, con la cual la mezcla aire–combustible se realiza de manera más homogénea y dosificada, así llegando a aprovechar al máximo el combustible y su poder de combustión en los diferentes estados de funcionamiento del motor, así también nos lleva al estudio y diseño del múltiple de admisión el cual nos permitirá el funcionamiento adecuado del sistema a implementar.

Por lo tanto, el estudio realizado es cumplir una disminución en el consumo de combustible y gases contaminantes, como son CO, CO2, HC., los mismos que dependen directamente de la proporción aire-gasolina que ingresa al motor en los diferentes estados de carga, por lo que se utilizará un sistema de inyección con una computadora programable, el que permite ajustar la cantidad necesaria de combustible respecto a la cantidad de aire que entra en el motor y además una dosificación adecuada de la mezcla aire-gasolina, con lo que se conseguirá una mejor respuesta del motor en las diferentes condiciones de funcionamiento.

Capitulo 1

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN A CARBURADOR DEL MOTOR A10

1.1 Generalidades del motor NISSAN A10

El motor NISSAN A10 de cuatro tiempos (4T) ciclo Otto de combustión interna, con sistema de alimentación a carburador tiene el siguiente funcionamiento.

Funcionamiento

1. Tiempo de admisión – La mezcla aire- combustible se realiza en el carburador, para pasar mezclados hacia la válvula de admisión

2. Tiempo de compresión - La mezcla aire-combustible es comprimida y encendida mediante la bujía.

3. Tiempo de combustión – La mezcla se inflama y el pistón es empujado hacia abajo.

4. Tiempo de escape - Los gases de escape se conducen hacia fuera a través de la válvula de escape

Para el análisis del sistema de alimentación actual es necesario conocer las especificaciones técnicas de funcionamiento, que manda el fabricante. Ver Tabla 1.1

Tabla 1.1 Especificaciones Principales	
Modelo de Motor	A10
Numero de cilindros en línea	4
Disposición de las válvulas	Válvula sobre culata
Calibre mm (in)	73 (2.874)
Carrera mm (in)	59 (2.323)
Cilindrada cc (cu in)	988 (60.3)
HP	62 HP

RPM	6000 rpm
Ratio de compresión	9,0:1
Capacidad del recolector de aceite (*) litros (qts.U.S, qts. Imper)	3.0 (3 1/8 ,2 5/8)

Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, sección Generalidades del motor, Pág. EG2

1.2 Parámetros de Funcionamiento del Motor Nissan A10

El motor de un vehículo, para su funcionamiento está equipado de elementos que tienen un periodo de vida determinado; por lo que cuando el motor del vehículo ha entrado en operación y después de años de funcionamiento, estos elementos tiende a desgastarse. Los desgastes que experimentan el o los elementos del motor pueden ser leves o graves.

Por lo que en el motor NISSAN A10 del año 1971 será sometido a comprobaciones de funcionamiento mecánico, para la ejecución de las comprobaciones mecánicas del motor nos basaremos en parámetros técnicos de funcionamiento, del fabricante los mismos que serán los rangos que nos ayudaran a verificar el estado y rendimiento del motor. También se realizara comprobaciones de los sistemas auxiliares al motor.

Para la realización de las diferentes comprobaciones, se realizó un ABC de motor y la calibración de las válvulas de admisión y escape con el motor caliente con las siguientes holguras, admisión 0,35mm, escape 0,35mm.[1]

Entiéndase como ABC de motor, el cambio de los diferentes elementos auxiliares para el funcionamiento, como es filtro de aire, combustible, bujías, cables de bujías, Aceite Motor.
Los instrumentos que utilizaremos para las comprobaciones mecánicas son:

1. Manómetro: Mide presión y compresión.
2. Vacuometro: Mide depresión en un motor.

[1] Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10; Puesta a Punto del Motor

3. Fugómetro: Mide fugas en un motor.
4. Analizador de gases: Mide los niveles de gases emitidos por la combustión de un motor.

1.2.1 Medición de la compresión

La compresión correcta en un motor, de gasolina es imprescindible para su buen funcionamiento, ya que así se evitarán problemas como la falta de rendimiento, consumo excesivo de aceite, mal arranque en frío, etc.

Con esta verificación diagnosticaremos el estado del motor antes de la implantación del sistema de inyección, para asegurarnos que en el motor no existan fugas internas.

Para la realización de la medición se utilizara un Compresímetro o manómetro, tubería neumática con adaptador para la rosca de las bujías.

Presión de compresión que manda el fabricante. Ver Tabla 1.2

Tabla 1.2 Presión de Compresión kg/cm^2 (lb/sq in) a rpm		
A10	Standard	Mínima
	11.0/350	10.0/350
	(157/350)	(142/350)

Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, sección Puesta a Punto del Motor, Pág. ET-5

Procedimiento de Medición

Para realizar la medición el vehículo debe estar en la temperatura de funcionamiento entre 90°C- 95 °C, una vez con la temperatura en su rango apague el motor y siga los siguientes pasos:

1. Colocar en neutro el vehículo y accionar el freno de parqueo
2. Desmonte la tapa del depurador y filtro; para facilitar la entrada del aire a los cilindros.
3. Desmonte todas las bujías.
4. Desconecte el terminal eléctrico de la bobina para evitar que se produzcan chispas en los cables de las bujías.
5. Conecte al acople adecuado del medidor de compresión en el lugar de la primera bujía.
6. De arranque al motor, y manténgalo activado por un tiempo de 5 segundos, pise el pedal del acelerador a fondo para que se abra por completo la mariposa.
7. Proceda de la misma forma con los demás cilindros, es importante que tome nota de los valores.
8. Una vez que obtuvo el valor de todos los cilindros, conecte el socket del distribuidor e instale las bujías.
9. Con los datos obtenidos compárelos, si existe una diferencia de más de "15 psi", entre las lectura será indicio de desgastes en los cilindros, rines, válvulas u otros elementos.

Tabla 1.3 Valores Obtenidos durante la medición [PSI]

Cilindro	**1**	**2**	**3**	**4**
Valor 1	120	120	120	120
Valor 2	120	120	120	120

Fuente: Autores

La comprobación de compresión de los cilindros del motor nos indica que el motor esta dentro de los rangos de funcionamiento.

Fig. 1.1 Manómetro indicador de presión de cilindros
Fuente: Autores

1.2.2 Medición de fugas en los cilindros

Esta prueba es complemento de la medición de compresión para un diagnóstico más profundo del estado de desgaste del motor.

Para esto utilizamos un detector de fugas, "Fugómetro" o el "Medidor de fugas"; es un manómetro que se conecta por un lado, a una toma de presión de aire (aproximadamente 4 a 8 bares), y por el otro, se enrosca al orificio de una bujía, se debe colocar el pistón en PMS (Punto Muerto Superior) al final de la compresión.

Un detector de fugas debe poseer dos cápsulas de medida, la primera que controla la entrada del aire a presión (se debe calibrar a 2,5 bar); y la segunda capsula debe indicar la lectura en porcentaje de pérdida de presión; la pérdida no debe superar el 20 %.[2]

En caso de que haya fugas, para localizarla debe ubicar su oído lo más cerca posible en los siguientes elementos:

1. Por el carburador, ó entrada de aire del sistema de inyección; esto indicará que existe fugas por la válvula de admisión y sus anexos.

[2]Manual del Fugometro

2. Por el tubo de escape; esto indicará que la válvula de escape no está sellando bien ó esta quemada.

3. Por la boca de llenado del aceite o el orificio de la varilla para el nivel de aceite, esto nos indicará que existen desgastes entre paredes del cilindro, rines y pistón.

4. Por la boca del llenado del radiador, o por el orificio del siguiente cilindro al de la medición; esto nos indicará que el empaque del cabezote está roto, ó que el cabezote ó el bloque está trisado.

Procedimiento de Medición

1. Desmotar todas las bujías
2. Retire el filtro de aire, tapón de llenado de aceite y tapa del radiador
3. Colocar el primer pistón en el PMS al final de compresión
4. Colocar el Fugómetro en la cavidad de la primera bujía
5. La medición se debe realizar en el orden de encendido para la medición de los cilindros restantes

Tabla 1.4 Resultado de la Prueba en el orden de encendido

Cilindro	**1**	**3**	**4**	**2**
Estado	LOW	LOW	SET	LOW
Porcentaje	20 %	20 %	9%	20%

Fuente: Autores

En la tabla 1.4 se observan los resultados de la prueba, e indicándonos que existe una buena hermeticidad en los componentes del motor con un valor de 20% de perdidas, este porcentaje es un valor aceptable de pérdidas en el motor, si se llegara a superar este valor el motor daría problemas de comprensión. El cuarto cilindro da un valor de 9% de pérdidas lo que indica que su estado de trabajo es óptimo en la fase de comprensión.

Fig. 1.2 Fugómetro indicando el estado del cilindro
Fuente: Autores

1.2.3 Medición del Vacío del motor

La medición del vacío es muy importante para la detección de fallas tanto de un motor a inyección electrónica como de un motor a carburador es la medición del vacío en el múltiple mediante el uso de un vacuometro. Este instrumento permite, verificar fallas de nuestro motor como problemas de encendido, fugas por juntas en el múltiple de admisión y problemas en válvulas.

Cuando el vacío sea irregular en la admisión, pueden presentarse los siguientes problemas:

- Alto consumo de combustible
- Alta temperatura de motor
- Ralentí inestable por mezcla inadecuada
- Problemas de arranque en frío
- Paradas bruscas del motor

Cuando conectamos el vacuometro al múltiple de admisión, no solo debemos leer el valor de vacío sino también el comportamiento dinámico de la aguja, para lo que un vacío normal debe de estar en los rangos de funcionamiento. Ver Tabla 1.5

Tabla 1.5 Rango de Medición del Vacio del motor a nivel del mar in Hg (cm Hg)		
Valor de vacio a nivel del mar	17.7 – 21.6 in Hg	45 – 55 cm Hg

Fuente: Guía Práctica Mantenimiento del sistema de Alimentación de un motor térmico de Gasolina, sección Comprobación de Vacio.

La comprobación de vacío para el motor será un aspecto que nos indicara el estado de grado de estanqueidad, o dicho en otras palabras el estado de unión de los diferentes tramos de la línea de admisión de aire.

Procedimiento de Medición

1. Ponga en neutro la trasmisión y de marcha al motor
2. Caliente motor hasta su temperatura de funcionamiento
3. Desconecta la manguera del colector de admisión, e instale el vacuometro
4. Con el motor funcionando en ralentí, lea el valor en el vacuometro

Tabla 1.6 Valores Medidos del vacío del motor en la ciudad de Cuenca in Hg (mm Hg)		
Valor de vacío	12 – 14 in Hg	320 – 360 mm Hg

Fuente: Autores

La comprobación fue realizada en la cuidad de cuenca a 2581 m.s.n.m., esta lectura disminuye 1 in Hg por cada 500 metros sobre el nivel del mar, por lo que nuestro valor de vacío sería de 14 in Hg.

Fig. 1.3 Vacuometro indicando el vacio en el motor
Fuente: Autores

El comportamiento oscilatorio de la aguja del vacuometro nos indica que el sistema de alimentación a carburador no está funcionando correctamente, debido a que los muelles de válvula podrían estar fatigados.

Al momento de aumentar las revoluciones del motor el valor de vacío cae 2 in Hg, con lo que el aire ambiente está libre de llenar el múltiple de combustible, aumentando la presión que llena el vacío lo que el carburador agrega el combustible a la circulación de aire en proporción correcta, proporcionando energía al motor. Al llegar las revoluciones al estado de ralentí el valor de vacío da un valor estable de 14 in Hg.

Fig.1.4 Vacuometro indicando el vacio en el motor a 3342 rpm
Fuente: Autores

1.2.4 Sistema de refrigeración[3]

El sistema de refrigeración del motor A10 es del tipo de presión cerrada con una capacidad de enfriamiento muy alta. El agua de enfriamiento que fluye a través de

[3] Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10; Sistema de Enfriamiento

pasos de agua están libres de resistencia en la culata del cilindro y en el bloque de cilindros se mantiene a una temperatura adecuada en todo momento mediante una bomba de agua de capacidad amplia, con un radiador de tipo de aletas corrugadas con una gran eficiencia de enfriamiento y un termostato del tipo de gránulos.

Del sistema de refrigeración empleado y de su rendimiento, dependerá pues el rendimiento y durabilidad del motor. El sistema de refrigeración está compuesto por los siguientes elementos:

a) Radiador
b) Bomba de agua
c) Termostato
d) Ventilador
e) Tapa del Radiador
f) Cañerías

1.2.4.1 Comprobación de los elementos del sistema de refrigeración

La comprobación de los elementos de refrigeración nos ayudara para saber el estado de funcionamiento del sistema.

a) Radiador

El radiador es de tipo de flujo descendente con un depósito de expansión situado en la parte superior de la sección tubular. La comprobación del radiador se realizó aplicando presión con un presurizador y verificar la variación de presión y verificando que si existe fugas de refrigerante. La presión aplicada fue aproximadamente de 0.9 kg/cm^2 (13 lb/sq.in) Ver Figura 1.5

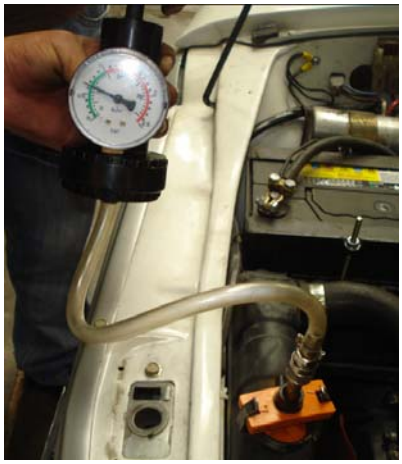


Fig. 1.5 Medición de fugas en el radiador
Fuente: Autores

Con el sistema presurizado se pudo observar que no varió la presión, por lo que nos indica que está funcionando correctamente

b) Bomba de agua

Es una bomba de tipo centrífugo, que tiene la misión de realizar la circulación del líquido refrigerante a través del motor, se revisó si existen fugas entre la bomba y el bloque, dando como resultado un buen funcionamiento

c) Termostato

Es un termostato de tipo de gránulos en el paso de salida de agua para controlar el flujo de líquido de enfriamiento, proporcionando un calentamiento del motor rápido y con regulación de temperatura de enfriamiento.

Los gránulos de cera del termostato se expanden cuando se calientan y se contraen cuando se enfrían. Los gránulos están conectados atreves de un pistón a una válvula de de diafragma de caucho y válvula se abre. Al enfriarse los gránulos la contracción permite que el resorte cierre la válvula, el resultado es su funcionamiento correcto.

Fig. 1.6 Termostato del tipo de gránulos
Fuente: Autores

Desmontaje del termostato

1. Drenar el líquido refrigerante
2. Sacar la tubería flexible del radiador
3. Desmontar el codo de salida del agua
4. Desmontar el termostato

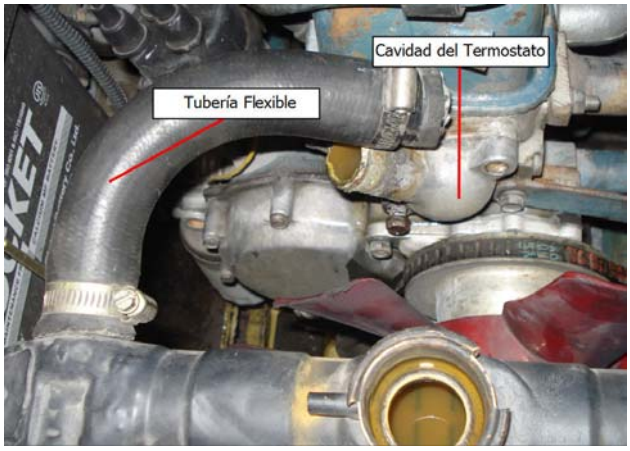


Fig. 1.7 Remoción del Termostato
Fuente: Autores

Procedimiento de Medición

Para comprobar la temperatura de abertura del termostato, sumérjalo en un recipiente con agua resistente a altas temperaturas. Caliente el agua y observe la temperatura de abertura.

Tabla 1.7 Valores de Temperatura de abertura del termostato °C (°F)	
Temperatura de abertura	82°C ± 1,5 °C (179,6 °F ± 2,7 °F)
Elevación máxima de la válvula	8 mm - 95 °C 0,315 in – 203 °F

Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, sección sistema de enfriamiento, Pág. CO-3

Al comprobar el termostato se observó que empieza su abertura de la válvula a los 71 °C, y llegando a su abertura máxima de la válvula de 8 mm a los 93 °C, la abertura se lo comprobó con un desarmador de punta plana.

Fig. 1.8 Temperatura de abertura de la válvula
Fuente: Autores

Fig. 1.9 Medición de la abertura de la válvula
Fuente: Autores

d) Ventilador

El ventilador accionado por el motor se encuentra acoplado a un cubo en el eje de bomba de agua y es impulsado por una banda desde la polea del cigüeñal, es de tipo mecánico cuyo objetivo es hacer circular una corriente de aire alrededor del motor, y también absorbe el aire de la atmósfera y lo hace pasar a través del núcleo del radiador a mayor velocidad, el ventilador está diseñado para proporcionar un flujo de aire suficiente y así proporcionar adecuado enfriamiento en todas las velocidades del motor.

La comprobación se hizo de forma visual, observando que el ventilador no cuenta con una aleta, también se comprobó la tensión de la banda siendo la adecuada.

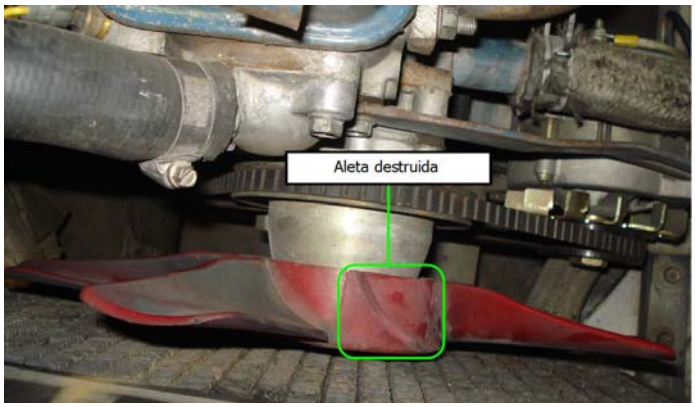


Fig. 1.10 Comprobación visual del ventilador
Fuente: Autores

e) Tapa del radiador

La tapa del radiador tiene incorpora dos válvulas, una de alivio de presión y la otra de ventilación de vació. Lo cual ayuda que cuando el líquido refrigerante se expande lo suficiente como para causar que la presión del sistema se eleve por encima de la presión de diseño de la tapa, la válvula de presión se abre.

A medida que el líquido refrigerante se enfría, se contrae, creando un vacío resultante en el sistema.

Procedimiento de Medición

Para la comprobación del tapón, se debe utilizar un presurizador con su respectivo acople, entonces se genera la presión máxima ver Tabla 1.8, que soporta la tapa y se observara si mantiene la presión el manómetro, ver Figura 1.11

Tabla 1.8 Presión de referencia para la tapa del radiador kg/cm^2 (lb/sq in)	
Presión a aplicar	0,9 kg/cm^2 (13 lb/sq in)

Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, sección puesta a punto del motor, Pág. ET-6

Fig. 1.11 Prueba de la tapa del radiador
Fuente: Autores

También se realizó una comprobación manual, que consiste en halar la válvula y se revisa que cierre completamente cuando se la suelte.

Fig. 1.12 Comprobación manual de la válvula de presión
Fuente: Autores

1.3 Análisis del sistema de Alimentación

El sistema de alimentación del vehículo Datsun 1000 está constituido por:

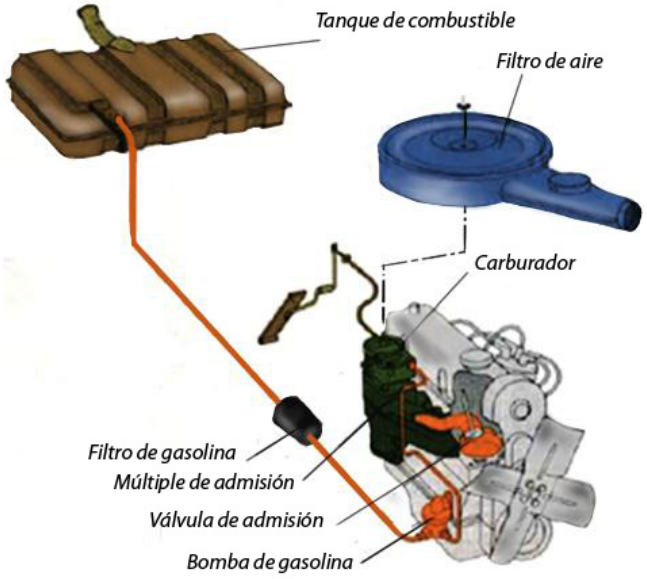


Fig. 1.13 Partes del sistema de combustible con carburador
Fuente: Articulo PDF, Sistemas de combustible, CONAE

1.3.1 Depósito de combustible

Es el encargado de almacenar el combustible en cantidad suficiente para el abastecimiento del motor, No cuenta con rompa olas y tiene una sola tubería de envió de combustible.

Fig. 1.14 Depósito de combustible
Fuente: Autores

1.3.2 Bomba mecánica de combustible

La bomba de combustible transfiere la gasolina desde el depósito al carburador en cantidad suficiente para satisfacer los requerimientos del motor a cualquier velocidad o carga.

La bomba de combustible utilizada en el modelo A10 es de tipo diafragma, la que consta de un cuerpo, brazo de balancín y conjunto de articulación, diafragma de combustible, sello y resorte de diafragma. Figura 1.15

Tabla 1.9 Rango de Presión de la bomba de combustible	
Motor A10	0,18 kg/cm^2 (2,6 lb/sq in)

Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, sección sistema de combustible-bomba de combustible, Pág. EF-3

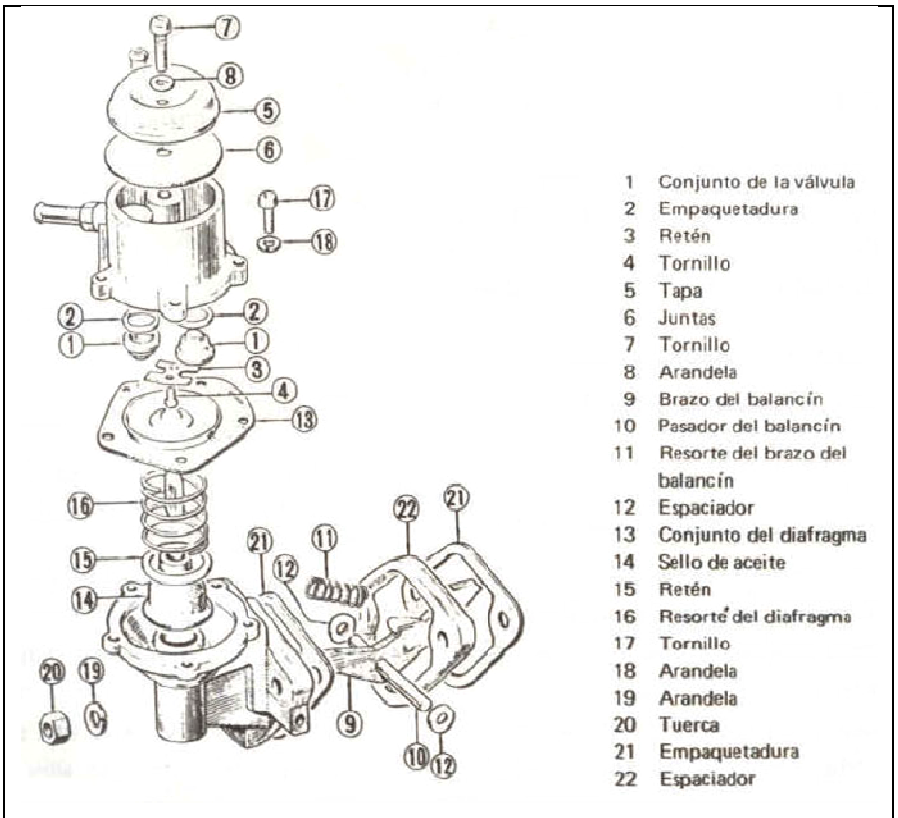


Fig. 1.15 Estructura de la Bomba de Combustible

Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, Sección sistema de combustible-bomba de combustible, Pág. EF-4, Fig. EF-7

Pasos de comprobación de Presión Estática

1. Desconecte la línea de combustible desde la bomba al carburador
2. Instale el manómetro apropiado y el adaptador en "T" a la línea de combustible
3. Arranque y ponga en marcha el motor a diferentes RPM

Tabla 1.10 Rango de Presión de la bomba de combustible	
Motor A10	2 PSI (0,14 kg/cm^2)

Fuente: Autores

Fig. 1.16 Manómetro indicador de presión de la bomba de combustible
Fuente: Autores

El rango de presión de la bomba es inferior al del manual debido a que la bomba ya tiene sus años de funcionamiento y no se lo dado un mantenimiento, originando un desgaste de sus componentes.

Fig. 1.17 Bomba mecánica de combustible
Fuente: Autores

1.3.3 Cañerías de Alimentación

Son las que permiten trasportar el combustible desde el depósito hasta la bomba mecánica y al carburador. Son cañerías metálicas de alta presión.

Fig. 1.18 Cañerías de alimentación
Fuente: Autores

1.3.4 Carburador DCG 286 del motor A10[4]

El sistema de alimentación cuenta con un carburador el que se encarga de dosificar la mezcla aire combustible a la cámara de combustión utilizando el principio de tubo Venturi, es decir, generando un vacío en la parte más estrecha del tubo lo cual provoca la succión del combustible al pasar el aire por este estrechamiento. El control de la dosificación se logra por sistemas de mando mecánico, palancas, émbolos, diafragmas.

El principio de funcionamiento es por la depresión que se genera en el tubo Venturi que es la parte fundamental del diseño.

Este es un carburador de tiro hacia abajo fabricado con la idea de aumentar la potencia y el mecanismo de arranque.

Fig. 1.19 Carburador DCG286
Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, sección sistema de combustible, carburador, Pág. EF-6, Fig. EF-8

Entre las características más importantes se encuentran:

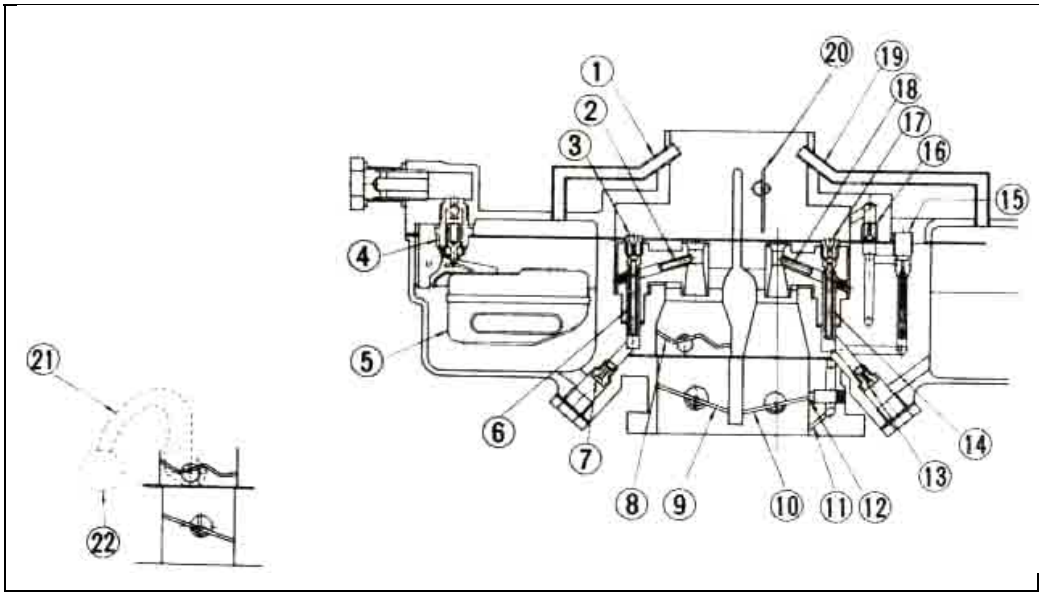
[4] Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, Sección sistema de combustible, Carburador

1. La válvula de obturación secundaria es accionada por la palanca de obturación. Con lo que se logra gran potencia buena aceleración con una combinación de válvula auxiliar.

2. La bomba de aceleración proporciona una desaceleración excelente.

Estructura y operación

Este carburador consta del sistema primario para la marcha y el sistema secundario para la marcha a carga total. El sistema del flotador que se usa comúnmente con los sistemas primario y secundario, el mecanismo de intercambio secundario, etc., también van acoplados. Este carburador es de tipo de dos barriles y tiro hacia abajo.



1. Tubería de ventilación de aire del secundario
2. Boquilla principal del secundario
3. Toma de aire principal del secundario
4. Válvula de aguja
5. Flotador
6. Tubo de emulsión del secundario
7. Surtidor principal del secundario
8. Válvula auxiliar
9. Válvula de obturación del secundario
10. Válvula de activación del primario
11. Orificio de Vacio
12. Orificio de derivación
13. Surtidor principal del primario
14. Tubo de emulsión del primario
15. Surtidor de lenta del primario
16. Toma de aire de lenta del primario
17. Toma de aire principal del primario
18. Boquilla principal del primario
19. Tubería de ventilación de aire del primario
20. Válvula de estrangulación
21. Palanca de contrapeso
22. Contrapeso

Fig. 1.20 Vista seccional del carburador modelo DCG286
Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, sección sistema de combustible, carburador, Pág. EF-7, Fig. EF-9

Sistema principal del primario

Lado del Secundario

1. Boquilla principal del primario
2. Toma de aire principal del primario
3. Toma de aire de lenta del primario
4. Surtidor de lenta del primario

Lado del Primario

5. Válvula de la obturación del secundario
6. Válvula de la obturación del primario
7. Orificio de vació
8. Orificio de derivación
9. Surtidor principal del primario

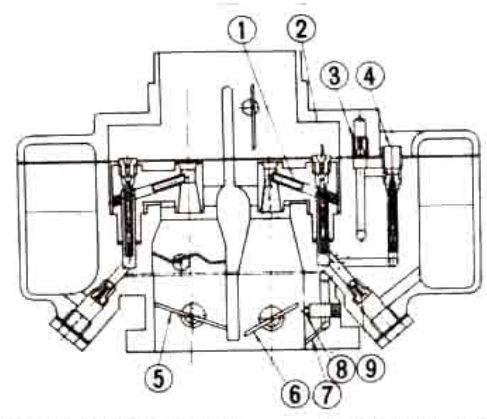


Fig. 1.21 Carga Parcial
Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, sección sistema de combustible, carburador, Pág. EF-8, Fig. EF-10

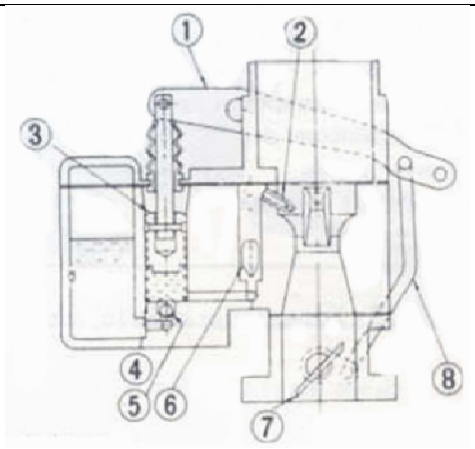
El combustible que fluye saliendo por los pasos en la parte inferior de la cámara del flotador pasa a través del surtidor principal primario, y se mezcla con el aire que viene de la toma del aire principal. La mezcla de gasolina es inyectada al Venturi a través de la boquilla principal.

Cuando la válvula de la obturación está totalmente abierta y el motor necesita una gasolina de mezcla densa, la bomba de aceleración abre su válvula de potencia, desde la que el combustible al sistema principal.

Sistema de lenta y de vació

Pasa a través del surtidor principal, el paso de combustible se separa de la línea principal, el combustible fluye a través del surtidor de lenta, toma aire de lenta de primaria y secundaría y es expulsado por los orificios de derivación y de vacío.

Mecanismo de aceleración



1. Palanca de bomba
2. Boquilla de la bomba
3. Pistón
4. Resorte de retorno del pistón
5. Válvula de admisión
6. Válvula de salida
7. Válvula de la obturación de primaria
8. Varilla de conexión de la bomba

Fig. 1.22 Mecanismo de aceleración
Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, sección sistema de combustible, carburador, Pág. EF-9, Fig. EF-12

Se usa una bomba de aceleración mecánica sincronizada por la válvula de obturación, cuando se cierra la válvula de obturación, la varilla del pistón se empuja hacia arriba con la articulación, que empuja el pistón a través del resorte amortiguador.

Cuando el pistón baja, la válvula de composición de admisión se cierra, la válvula de comprobación de salida se abre, y el combustible dentro de la bomba sale por el surtidor de la bomba mediante el resorte amortiguador comprimido.

El combustible golpea contra la pared lateral del venturi pequeño, convirtiéndose en pequeñas gotas y compensando la falta momentánea del combustible. La cantidad de pulverización del combustible se puede variar seleccionando dos orificios en el brazo de la bomba a los que está conectada la varilla de la conexión.

Mecanismo de arranque

La válvula de estrangulación está provista con un resorte, instalado excéntricamente en el dispositivo de carburación normal y sincronizado con la válvula de obturación.

Cuando se cierra totalmente la estrangulación, se abre la válvula de la obturación 14 grados desde la posición totalmente cerrada. Este es el mejor momento para arrancar el motor. La sincronización de la válvula de estrangulación y de la válvula de obturación se puede mantener correctamente después de haber arrancado al motor.

Mecanismo de la válvula de potencia

El mecanismo de la válvula de potencia, llamado del tipo de refuerzo actuado por vacío, usa la fuerza de tracción hacia debajo de la corriente de aire de debajo de la válvula de obturación.

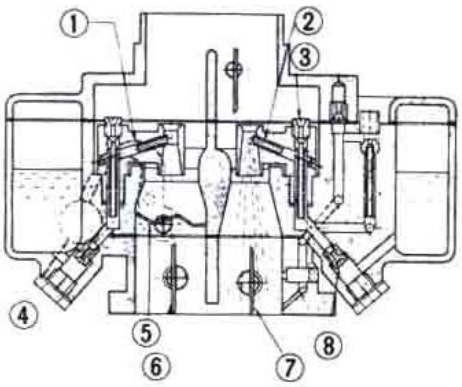
Cuando la válvula de obturación está ligeramente abierta durante la marcha con carga ligera, se crea un gran vacío en el colector de admisión, el vacío tira del pistón

de vacío hacia arriba contra la fuerza del resorte, dejando cerrada la válvula de potencia.

Cuando el vacío de debajo de la válvula de obturación disminuye durante la carga total o la marcha de aceleración, el resorte empuja el pistón de vacío hacia abajo abriendo la válvula de potencia para echar combustible.

Sistema principal del secundario

Además de la función de carburación normal, el combustible que sale por el paso en la parte inferior de la cámara del flotador pasa a través del surtidor principal del secundario y se convierte en gotas pequeñas. El combustible se mezcla con el aire que viene de la toma de aire principal y la mezcla pasa al Venturi a través de la boquilla principal.



Lado del Secundario

1. Palanca del contrapeso
2. Boquilla principal del primario
3. Toma de aire principal del primario
4. Contrapeso
5. Válvula auxiliar

Lado del Primario

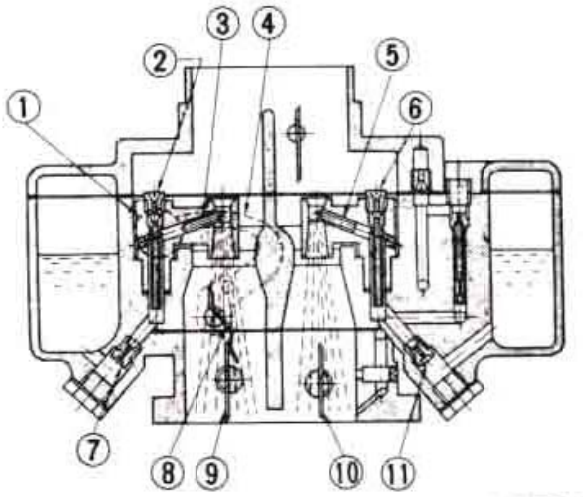
6. Válvula de obturación del secundario
7. Válvula de obturación del primario
8. Surtidor principal del primario

Fig. 1.23 Sistema principal del secundario totalmente abierto, baja velocidad
Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, sección sistema de combustible, carburador, Pág. EF-9, Fig. EF-14

Cuando la válvula de obturación del carburador normal se abre completamente y el motor produce mayor potencia, la válvula de obturación del carburador de potencia comienza a abrirse por la articulación sincronizada.

Sin embargo, en la potencia máxima, la válvula de obturación del carburador funciona como válvula auxiliar que no se abre a baja velocidad con una carga pesada debido a la carga del contrapeso conectado al árbol de la válvula aunque esté abierta la válvula de la obturación.

Cuando el motor aumenta todavía más sus revoluciones, se abre la válvula auxiliar contra la carga del contrapeso y el carburador de potencia comienza a funcionar para una potencia alta. Cuando la válvula de obturación del carburador normal se encuentra en una posición totalmente abierta, la válvula de obturación del carburador de potencia está abierta totalmente.



Lado del secundario

1. Contrapeso
2. Toma de aire principal del secundario
3. Boquilla principal del secundario
4. Palanca del contrapeso
5. Boquilla principal del primario
6. Toma de aire principal del primario

Lado del Primario

7. Surtidor principal del secundario
8. Válvula auxiliar
9. Válvula de obturación del secundario
10. Válvula de obturación del primario
11. Surtidor principal del primario

Fig. 1.24 Sistema principal del secundario totalmente abierto alta velocidad
Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, sección sistema de combustible, carburador, Pág. EF-10, Fig. EF-15

Sistema gradual

La construcción de este sistema puede corresponder al sistema de vacío y lenta del sistema primario.

Este sistema tiene por objeto el llenar el espacio de potencia que existe cuando el suministro de combustible se transfiere del sistema primario al sistema secundario. El orificio gradual está colocado cerca de la válvula auxiliar en su estado totalmente cerrado.

Sistema del flotador

El combustible alimentado desde de la bomba de combustible fluye a través del filtro y de la válvula de aguja en la cámara del flotador. Se mantiene un nivel de combustible constante mediante el flotador y la válvula de agujas.

Como la ventilación dentro de la cámara del flotador es mediante un método de ventilación de aire y la presión dentro del venturi de la cámara del flotador es siempre constante, cualquiera que sea la resistencia siempre económicamente será el consumo de combustible.

1.3.5 Filtros

Son dispositivos indispensables para el funcionamiento del motor, los que retiene las partículas de polvo y otros contaminantes tanto del aire como del combustible. El filtro de combustible es de tipo cartucho, el filtro de aire es del tipo papel viscoso como se observa en las figuras 1.25, 1.26

Fig. 1.25 Filtro de Combustible del tipo cartucho
Fuente: Autores

Fig. 1.26 Filtro de aire del tipo de papel viscoso
Fuente: Autores

1.3.6 Colector de admisión

El colector de admisión es de fundición de aluminio mono-bloque en el que va alojado el carburador para la preparación de la mezcla, la cual es repartida a cada cilindro de una manera desigual, debido a las pérdidas de energía que se producen por las distintas curvaturas que tiene el colector, por lo que los conductos exteriores reciben menos mezcla que los conductos interiores.

Fig. 1.27 Colector de admisión del motor A10
Fuente: Autores

1.3.7 Sistema de encendido

El vehículo constaba con un sistema de encendido por bobina transistorizado sin contactos con generador de impulsos por inducción (TSZ-i).

Fig. 1.28 Sistema de encendido TSZ-i
Fuente: Autores

El principio de funcionamiento consiste en una variación periódica del entre hierro entre los dientes del rotor y los del estator, al girar primero.

1.3.8 Diagnostico del sistema eléctrico del motor

Se realizó el diagnóstico del sistema eléctrico del motor para comprobar su estado de funcionamiento lo que nos indicara si se pueden utilizar para el sistema de inyección.

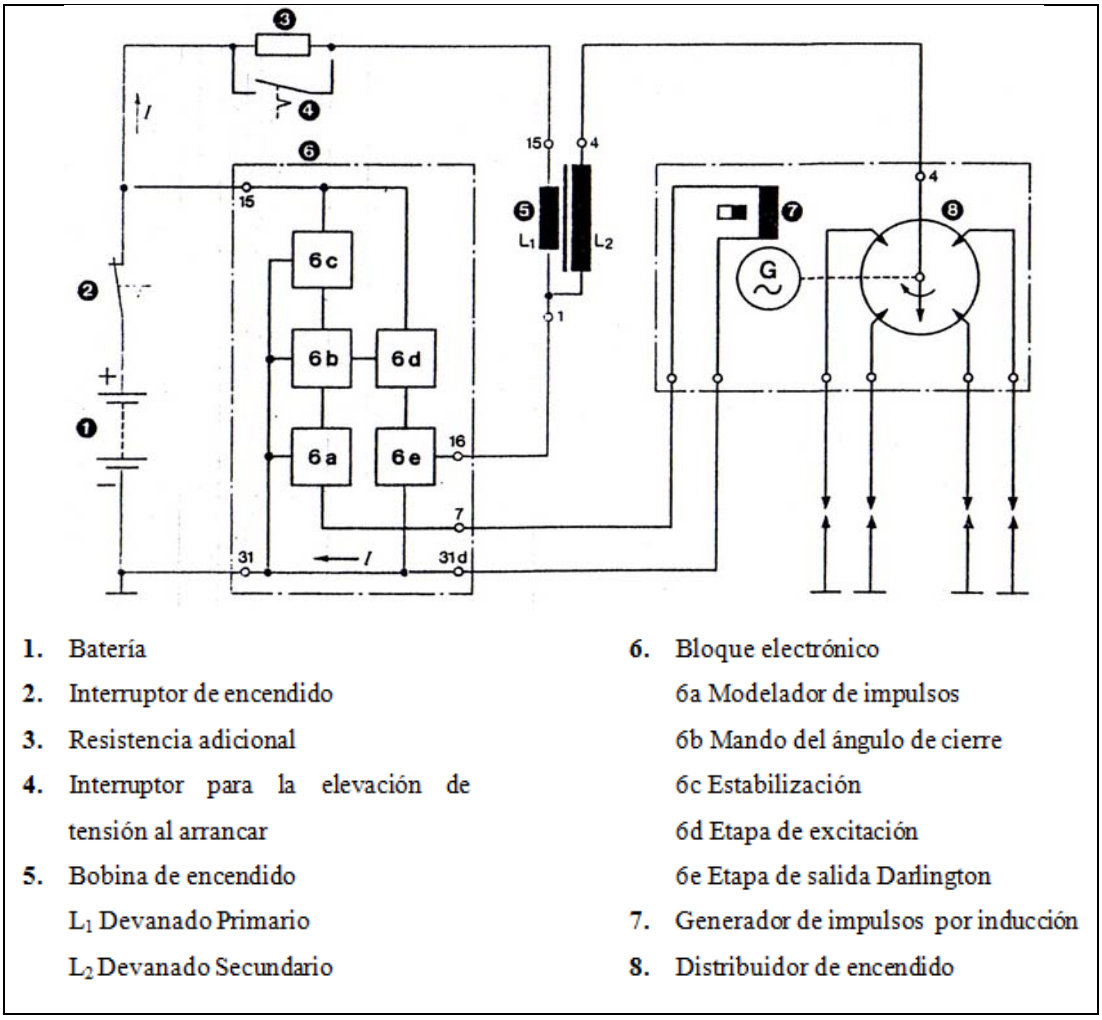


Fig. 1.29 Sistema de encendido por bobina transistorizado sin contactos TSZ-i
Fuente: Introducción a la electrónica de los semiconductores, Robert Bosch, Pág.9, Fig. 10

1.3.8.1 Subsistema de Arranque

Batería: El vehículo cuenta con una batería en perfectas condiciones, es una batería libre de mantenimiento, sus conectores tienen buena fijación. El voltaje de la batería es de 13.68 V.

Fig. 1.30 Batería Libre de Mantenimiento
Fuente: Autores

Motor de Arranque: Se reviso la fijación del motor de arranque con respecto al motor térmico, de igual manera los conectores eléctricos del circuito, dando como resultado en buen estado

1.3.8.2 Subsistema de Carga:

Para comprobar la caída de tensión de la batería se utilizo un multímetro automotriz, el cual se instalo en los bornes y se procedió a dar arranque al motor. Ver Tabla 1. 11

Tabla 1.11 Caída-Recuperación de Tensión de la Batería [V]	
Caída de Tensión [V]	12 V.
Voltaje recuperado [V]	13.68 V. en 1 s.

Fuente: Autores

Fig. 1.31 Medición Recuperación de tensión de la batería
Fuente: Autores

1.3.8.3 Subsistema de Encendido

Se realizó las siguientes inspecciones Ver Tabla 1.12

Tabla 1.12 Inspección del Subsistema de Encendido	
Tiempo de encendido (tim-ing)	15 °
Tensión en el borne 15 de la bobina de encendido [V]	13.1 V
Bujías de encendido	Nuevas
Bobina de encendido [Ω, KΩ]	Primario: 1.4 Ω Secundario: 7.44 KΩ
Distribuidor	Buen estado

Fuente: Autores

También se realizó la comprobación de la resistencia de cables de encendido los que deben estar dentro de los rangos. Ver Tabla 1.13

Tabla 1.13 Resistencia de cables [KΩ/m]	
Resistencia	10 a 20 **KΩ/m**

Fuente: Guía Práctica Mantenimiento del sistema de encendido de un motor térmico de Gasolina, sección diagnostico.

Para la comprobación se utilizó un multímetro y un flexómetro, para la medición de su longitud de cable ya que los rangos de la Tabla 1.13 Están **KΩ/m**.

Tabla 1.14 Resistencia de cables [KΩ]		**[KΩ/m]**
Cable 1 de 20cm	1.042 **KΩ**	5.21
Cable 2 de 30 cm	1,15 **KΩ**	3.83
Cable 3 de 30 cm	1.18 **KΩ**	3.93
Cable 4 de 36 cm	1.42 **KΩ**	3.94
Cable Bobina de 48 cm	1.86 **KΩ**	3.87

Fuente: Autores

La medición de los cables nos indica que están por debajo del rango de funcionamiento y se los debe reemplazar.

1.4 Pruebas de funcionamiento con el sistema de alimentación actual

Para analizar el actual sistema de alimentación del vehículo se utilizara dos pruebas de consumo de combustible que son prueba de consumo en cuidad y carretera. Al realizar estas pruebas se obtendrán datos con lo que podremos determinar el consumo de combustible del motor A10 con el sistema a carburador, y estos resultados serán comparados con el sistema a implementar.

1.4.1 Condiciones para realizar las pruebas

Las pruebas se realizaron en la ciudad de Cuenca, la misma que esta a una altura de 2581 m.s.n.m.

- Temperatura ambiente: 18°C a 22 °C
- Neumático: 175/70 R12 presión de inflado 22 PSI
- Peso Total del vehículo: 1150 kg
- Pista seca asfalto
- Gasolina Extra

1.4.2 Prueba de consumo de combustible en la cuidad [5]

Esta prueba fue basada según la norma FTP (Federal Test Procedure) 75 la que sirve para determinar el consumo de combustible en ciudad, la norma simula una conducción de 17 km con paradas y arranques y una velocidad promedio de 32 km/h, el recorrido toma 23 minutos y tiene 18 paradas. En este procedimiento el 18 por ciento del tiempo es desperdiciado en espera de semáforos y horas de congestionamiento.

[5] Tomado de la página Web http://www.conae.gob.mx

Para la realización de la prueba de consumo de combustible en la cuidad se utilizó un sistema auxiliar de combustible conformado por una caneca de 5 galones la cual llevaba 1.35 galones y una manguera auxiliar conectada a la bomba mecánica de combustible.

Fig. 1.32 Sistema auxiliar de combustible
Fuente: Autores

La prueba se realizó a las 16:00 p.m. con el siguiente recorrido:

Se partió desde la UPS, hacia la avenida España, por consiguiente la avenida Huayna-Capac hasta el puente del Vergel, siguiendo la avenida 12 de Abril hasta la avenida del Estadio para tomar la Remigio Crespo hasta el redondel de los Totems circunvalando y retornar a la UPS, por el mismo recorrido. En la tabla 1.15 se indica el tiempo, kilometraje y velocidad de la prueba recorrida.

Tabla 1.15 Datos Obtenidos

Tiempo de prueba **[min]**	Kilometraje **[Km]**	Velocidad **[Km/h]**
44 min 16 seg	16.4 km	30 – 40 km/h

Fuente: Autores

1.4.3 Prueba de consumo de combustible en carretera

Para la realización de la prueba de consumo de combustible en carretera se utilizó un sistema auxiliar de combustible conformado por una caneca de 5 galones la cual llevaba 2.025 galones y una manguera auxiliar conectada a la bomba mecánica de combustible.

El recorrido se realizó a las 10:00 a.m., se partió desde la UPS, hacia la cuidad de Azogues por la autopista cumpliendo las mismas condiciones de recorrido tanto de ida como su retorno. Ver Tabla 1.16

Tabla 1.16 Datos Obtenidos		
Tiempo **[min]**	Kilometraje **[Km]**	Velocidad **[Km/h]**
40 min	68.4 km	80 – 90 km/h

Fuente: Autores

1.4.4 Calculo de consumo de combustible

- ***Cuidad***

1. Se partió con la transformación de galones a litros del combustible a utilizar

$$1\ gl. \quad 3.785\ lts.$$
$$1.35\ gl. \quad X$$
$$X = 5.105\ lts.$$

2. Con la probeta de capacidad de 100 ml se midió el combustible restante en la caneca.

Combustible restante: 3.35 lts.

Fig. 1.33 Probeta de 100 ml
Fuente: Autores

3. El consumo total de combustible se obtuvo de la diferencia.

$$T_{combustible}=5.105 - 3.35 = 1.75 \text{ lts}$$

4. El cálculo de consumo de combustible por Kilometro:

$$T_{combustible/km} = \frac{1.75\ lts}{16.4\ km}$$

$$T_{combustible/km} = 0.1070 \text{ lts/km}$$

- ***Carretera***

1. Se partió con la transformación de galones a litros del combustible a utilizar

1 gl 3.785 lts.
2.025 gl. X
X= 7.665 lts.

2. Con la probeta de capacidad de 100 ml se medio el combustible restante en la caneca.

Combustible restante: 3.51 lts.

3. El consumo total de combustible se obtuvo de la diferencia.

$$T_{combustible} = 7.665 - 3.51 = 4.155 \text{ lts}$$

4. El cálculo de consumo de combustible por Kilometro:

$$T_{combustible/km} = \frac{4.155\ lts}{68.4\ km}$$

$$T_{combustible/km} = 0.0607 \text{ lts/km}$$

Al realizar la prueba de consumo de combustible, se determinó que en carretera es menor el consumo comparado con el de cuidad, debido a que en la cuidad se tiene más paradas y arranques por el congestionamiento de vehículos y semáforos, mientras que en carretera se desplaza con una conducción constante y sin muchas variaciones al cambio de marchas.

1.4.5 Pruebas de emisiones contaminantes

En motores ciclo Otto durante la combustión del combustible se forman gases de escape, que contienen diferentes productos de la combustión los que son emitidos por el tubo de escape, como Monóxido de carbono CO, Bióxido de Carbono CO2, Óxidos de Nitrógenos NOx e Hidrocarburos no quemados HC, los mismos que se producen por una combustión incompleta.

Para el análisis de los gases de escape se acudió al Centro de Revisión Vehicular Cuenca Aire ubicada en el sector vía Mayancela, empresa que controla que las emisiones de gases de los vehículos se encuentren dentro de las normas ambientales.

Se realiza la prueba de emisiones de gases contaminantes para medir el nivel de contaminación que produce el motor con el sistema a carburador en dos fases de

funcionamiento como en ralentí y a 2500 rpm estos datos emitidos por Cuenca Aire serán comparados según la norma INEN 2204:2002-09.

La importancia de realizar el análisis de emisiones gases es para determinar el grado de contaminación del vehículo hacia el medio ambiente.

1.4.5.1 Resultado del análisis de gases

Los parámetros que se analizaran son, CO, HC, los mismos que se indican a continuación ya que son los únicos que están avalados por la norma INEN. Ver Tabla 1.17

Tabla 1.17 Valores Obtenidos

Cliente:		KMS:	35364.1
Modelo:	Datsun A-10 1971	Fecha:	26/07/2010
Matricula:	ABE-970	Hora:	10:00

Parámetros	**Ralentí**	**2500 rpm**
CO % vol	10,52	6,46
CO2 % vol	5,6	9,23
CO corregido	8,327	6,193
HC ppm	8715	1123
O2 % vol	5,7	1,07
NOx ppm	------	------
λ	0,83	0,80
N° rpm	630 min^{-1}	2580 min^{-1}
Tem. Aceite	18 °C	18 °C

Fuente: Medición en el Centro de Revisión Vehicular Cuenca Aire

Los Valores de la tabla 1.17 se comprobaran con los datos de la Tabla 1.18

Tabla: 1.18 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor a gasolina. Marcha mínima o ralentí (Prueba estática)				
	% CO*		**ppm HC***	
Año Modelo	**0 – 1500 ****	**1500 – 3000 ****	**0 – 1500 ****	**1500 – 3000 ****
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200
* volumen ** Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm)				

Fuente: Norma NTE INEN 2204: 2202-09

1.4.6 Evaluación e interpretación de la prueba

Los parámetros que se analizaron son CO, HC gases que están normados por el instituto ecuatoriano de normalización.

1.4.6.1 (CO) MONÓXIDO DE CARBONO

Es un gas inodoro e incoloro que se obtiene como producto intermedio en la combustión de un hidrocarburo. Se produce cuando la combustión tiene lugar en un motor con menos volumen de oxígeno que el ideal (mezcla rica de combustible), combinando un átomo de Carbono con uno de Oxígeno. El Carbono en la cámara de combustión viene del combustible hidrocarburado, y el Oxígeno del aire inducido.

Una mezcla rica de combustible en la cámara de combustión (más HC, menos aire), da lugar a una concentración alta de CO en el escape. Por lo tanto, en el motor de nuestro vehículo existe una relación rica de aire/combustible por lo que produce un contenido alto de CO en el escape. La figura muestra la relación existente entre el CO y la relación aire/combustible (Lambda).

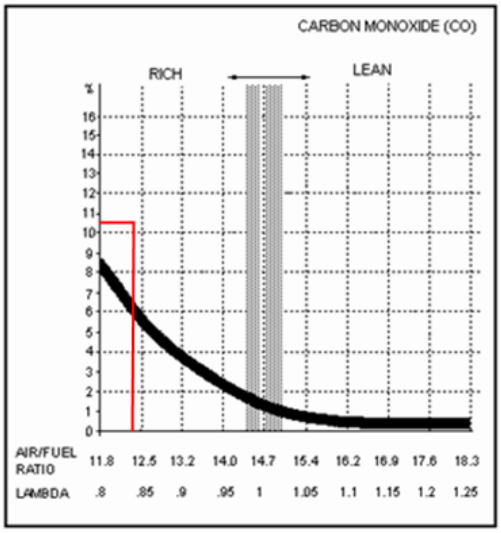


Fig. 1.34 Relación Lambda - aire combustible para CO
Fuente: Articulo CENTRALAUTO, Manual del usuario, analizador de gases, Pág. 34

La figura 1.34 muestra que el nivel de CO de nuestro motor es alto porque se está teniendo una la relación de aire/combustible cerca de 12.3: 1 "Mezcla Rica", teniendo un porcentaje de CO de 10,52% el que supera a los valores indicados por la norma.

El CO es un buen indicador de la riqueza de la mezcla, es uno de los gases extremadamente peligroso para la salud y por ello se consideró en primer lugar cuando se verifico los gases de emisión en el automóvil.

1.4.6.2 (HC). HIDROCARBUROS

Se produce la emisión de HC sin quemar o quemados parcialmente por una falta de aire que origina una combustión incompleta. Están constituidos por átomos de Carbono e Hidrógeno.

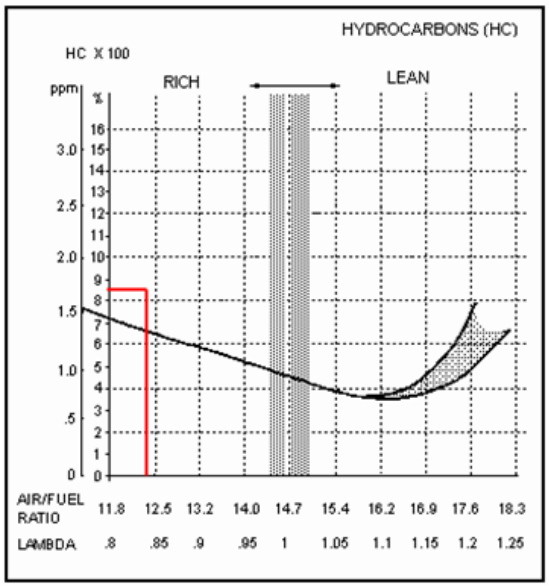


Fig. 1.35 Relación Lambda - aire combustible para HC
Fuente: Articulo CENTRALAUTO, Manual del usuario, analizador de gases, Pág. 35

El nivel de HC en el escape de un motor varía con la relación de aire/combustible. La figura 1.35 nos muestra la relación de nuestro motor, el mismo que está superando los valores indicado por la norma.

1.5 Prueba de aceleraciones

Las pruebas de aceleración nos sirven como referencia al momento de comparar el sistema actual del motor con el sistema de inyección a implementar, siendo así algunas variables que se pueden considerar, aceleración en plano y pendiente.

1.5.1 Prueba de aceleración en plano

La prueba de aceleración en plano consiste en llevar el vehículo desde el reposo hasta alcanzar una velocidad final a lo largo de un terreno plano. Como resultados se reportan los tiempos requeridos para alcanzar diferentes velocidades. Se debe tener en cuenta las condiciones para realizar la prueba Ver. Tabla 1.19

Tabla: 1.19 Condiciones para realizar la prueba aceleración en plano Norma SAEJ1491 MAR95	
Temperatura ambiente	**-1°C a 32 °C**
Clima	La prueba no debe realizarse con lluvia o niebla
Velocidad del viento	No debe ser mayor a 24 km/h
Condición Pista	Pista seca, limpia, lisa con superficie de concreto o asfalto

Fuente: Norma SAE J1491 MAR95, Norma colombiana

Para realizar la prueba con nuestro vehículo también se tomo en cuenta otras condiciones que se ven en la Tabla 1.20

Tabla: 1.20 Condiciones para realizar la prueba aceleración en plano	
Estado del neumático	Tener al menos un 75 % de labrado
Peso del vehículo	Peso del vehículo más el conductor y un acompañante no debe sobrepasar los 1150 kg
Presión de los neumáticos	22 PSI para un neumático 175/70 R12
Accesorios del vehículo	Apagados
Ventanas	Cerradas

Fuente: Autores

La prueba de aceleración en plano se realizó para tres velocidades, 0- 40 km/h, 0- 60 km/h y 0-80 km/h, que se realizaron en la autopista Cuenca-Azogues, con pista de asfalto seco, a las 16:00 p.m. el día lunes 13 de septiembre con las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura ambiente 20 °C
- Velocidad del viento de 4 km/h [6]

[6] Tomado de la página Web http://www.meteored.com.ec/tiempo-en_Cuenca-America+Sur-Ecuador-Azuay--12-20244.html

Tabla: 1.21 Resultados de la prueba aceleración en plano			
Velocidad (Km/h)	Tiempo 1 (s.)	Tiempo 2 (s.)	Tiempo 3 (s.)
0-40 km/h	12 (s.)	13 (s.)	12 (s.)
0-60 km/h	14 (s.)	15 (s.)	15(s.)
0-80 km/h	18 (s.)	16 (s.)	17 (s.)

Fuente Autores

1.5.2 Prueba de aceleración en pendiente

Para la prueba de aceleración en pendiente se lleva el vehículo desde el reposo hasta conseguir la velocidad de 0- 40 km/h, 0- 60 km/h y 0-80 km/h, a lo largo de un terreno inclinado cuya pendiente sea de 6 ± 1°.[7], se reportan los resultados de las velocidades alcanzadas en la prueba. La prueba fue realizada en la Avd. Las Américas, sector Parque industrial.

Tabla: 1.22 Resultados de la prueba aceleración en pendiente		
Velocidad [Km/h]	Tiempo [s.]	Distancia recorrida [m.]
0-40 km/h	16 [s.]	177 [m]
0-60 km/h	20 [s.]	333 [m]
0-80 km/h	26 [s.]	577 [m]

Fuente: Autores

[7] Tomado de un artículo, Evaluación de vehículos en carretera, Pág. 66

Capitulo 2

CÁLCULOS PARA ESTABLECER EL SISTEMA DE INYECCIÓN ADECUADO

2.1 Análisis del colector de admisión de aire con el sistema a Carburador

El múltiple de admisión también interviene en la mezcla y atomización de la gasolina, su función principal es distribuir la mezcla aire combustible en forma equitativa a cada cilindro. No toda la gasolina que suministra el carburador es atomizada adecuadamente, parte de ella se desplaza en forma líquida adherida a la superficie de los ductos. Un buen múltiple de admisión ayuda a vaporizar y atomizar la gasolina. La longitud de los tubos también es importante para evitar las pérdidas de carga en los cilindros.

2.1.1 Datos Técnicos del motor

Tabla 2.1 Datos Técnicos del motor	
Modelo de Motor	A10
Numero de cilindros en línea	4
Disposición de las válvulas	Válvula sobre culata
Calibre mm (in)	73 (2.874)
Carrera mm (in)	59 (2.323)
Cilindrada cc (cu in)	989 (60.3)
HP	62 HP
RPM	6000 rpm
Ratio de compresión	9,0:1

Fuente: Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10, Sección Generalidades del motor, p. EG2

2.1.2 Calculo de consumo de aire del motor según el régimen de giro

$$Ma = \frac{2 * V_h * n_v * n * i * \rho_a}{\tau}$$

Ecuación 2.1[8]

Donde

M_a Masa de aire aspirado por el motor [Kg/s]

V_h Cilindrada Unitaria [m^3]

η_v Coeficiente de llenado de los cilindros ó rendimiento volumétrico

n Régimen de giro [RPM]

i Número de Cilindro

ρ_a Densidad del aire ρ_a @ 2581 m = 0.9489 [Kg/m^3]

τ Número de Tiempos del motor

2.1.2.1 Coeficiente de llenado

El coeficiente de llenado depende de la relación de compresión del motor, según la Tabla 2.2, con una relación de compresión de 9.0:1

[8] Ecuación 2.1; Pankrátov; Problemas de Termotecnia; Ecuación 5.18; Pág. 171

Tabla 2.2 Rendimiento volumétrico (η_v)			
Tipo de motor	**Relación de Comprensión (Rc)**	**Rendimiento Volumétrico (η_v)**	**Presión de Admisión Pi [kg/cm^2]**
Baja Velocidad	4-6 6-8	0.88-0.95 0.91-0.96	0.9-0.95
Media Velocidad	4-6 6-8	0.84-0.91 0.87-0.92	0.84-0.92
Alta Velocidad	7-9.5	0.85-0.93	0.8-0.92

Fuente: Página Web; www.monografias.com; Motores de Combustión Interna I y II

2.1.2.2 Determinación de la cilindrada Unitaria

$$Vh = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

Ecuación 2.2 [9]

Donde

V_h Cilindrada Unitaria [m^3]

D Calibre [m] (0,073 m)

L Carrera [m] (0,059 m)

Remplazo valores en la Ecuación 2.2 se tiene la siguiente cilindrada unitaria

$$\mathbf{V_h} = 2.469E\text{-}4\ m^3$$

[9] Ecuación 2.2; Sanz Gonzales Ángel; Tecnología de la automoción 2.2; Pág. 17

2.1.2.3 Resultados Obtenidos

Remplazando en la Ecuación 2.1 se tiene el consumo de aire *Ma* requerido para el funcionamiento del motor realizado a diferentes RPM. Ver Tabla 2.3

Tabla 2.3 Consumo de aire según el régimen de Giro

Revoluciones [RPM]	Masa de aire aspirado por el motor [Kg/s]	Caudal de aire [m^3/min]
700 rpm	4,645 E-3 [Kg/s]	0,293 [m^3/min]
1200 rpm	7,966 E-3 [Kg/s]	0,503 [m^3/min]
2550 rpm	16,92 E-3 [Kg/s]	1,070 [m^3/min]
3000 rpm	19,91 E-3 [Kg/s]	1,259 [m^3/min]

Fuente: Autores

El caudal se halla directamente dividiendo la masa de aire para la densidad del aire ρ_a@ 2581 m = 0.9489 [Kg/m^3]. Ver Tabla 2.3

2.1.3 Análisis del comportamiento del flujo de aire dentro del colector de admisión

Se va aplicar el principio de la energía de flujos en tuberías, siendo que el flujo de un fluido real es más complejo que de un fluido ideal, debido a la viscosidad de los fluidos reales en su movimiento aparecen fuerzas cortantes entre las partículas fluidas y las paredes del contorno. También se debe tener en cuenta que en el interior de un colector de admisión se pude tener dos tipos de flujos ya sea Flujo Laminar o Flujo Turbulento. Ambos tipos de flujos vienen gobernados por leyes distintas.

En el flujo laminar las partículas fluidas se mueven según las trayectorias paralelas, formando junto de ellas capas o láminas de corriente suave y ordenadas.

En el flujo turbulento las partículas se mueven de forma desordenada en todas las direcciones y es imposible conocer la trayectoria de una partícula individualmente.

Entonces cuando se da el paso de flujo laminar a turbulento depende principalmente de la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas en el fluido por lo que este relación se la llama el número de Reynolds y se expresa para flujo interno en tuberías circulares en flujo a tuberías llena.

$$R_E = \frac{Fuerzas\ Inerciales}{Fuerzas\ Viscosas} = \frac{V_{med} * d}{v}$$

Ecuación 2.3[10]

Donde

R_E Número de Reynolds [Adimensional]

V_{prom} Velocidad media del flujo [m/s]

d Radio de la tubería [m]

v Viscosidad cinemática del Fluido [m^2/s]

Si en caso de conductos no circulares, se utiliza como longitud característica el número de Reynolds, el radio Hidráulico (R), es igual al cociente del área de la sección recta, por el perímetro mojado expresado el cociente en [m] quedando:

$$R_E = \frac{V_{med} * 4R}{v}$$

Ecuación 2.4[11]

Donde

R_E Número de Reynolds [Adimensional]

V_{prom} Velocidad media del flujo [m/s]

[10] Ecuación 2.3; Ronald V. Giles; Mecánica de fluidos e Hidráulica; Pág. 96

[11] Ecuación 2.4; Ronald V. Giles; Mecánica de fluidos e Hidráulica; Pág. 96

d Radio Hidráulico [m]

v Viscosidad cinemática del Fluido [m^2/s]

2.1.4 Velocidad Media del flujo

Para la velocidad media del flujo, se utiliza el caudal y el área del conducto. Cuando sea un conducto no circular se utiliza el área transversal.

$$V_{med} = \frac{Q_{rev}}{A}$$

Ecuación 2.5[12]

Donde

V_{med} Velocidad Media del Flujo [m/s]

Q_{rev} Caudal según las revoluciones [m^3/min]

A Área del conducto [m^2]

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Ecuación 2.6

Donde

A Área del conducto [m^2]

D Diámetro del conducto [m]

Remplazando valores en las ecuaciones se obtienen las siguientes velocidades media de flujo de nuestro colector. Tabla 2.4

[12] Ecuación 2.5; Cengel, Boles; Termodinámica, 4ta Ed.; Pág. 96

Tabla 2.4 Velocidad Media de flujo		
Revoluciones [RPM]	**Caudal de aire [m^3/min]**	**Velocidad Media de Flujo [m/s]**
700 rpm	0.293 [m^3/min]	9,198 [m/s]
1200 rpm	0.503 [m^3/min]	15,790 [m/s]
2550 rpm	1.070 [m^3/min]	33,589 [m/s]
3000 rpm	1.259 [m^3/min]	39,522 [m/s]

Fuente: Autores

2.1.5 Viscosidad cinemática del fluido mezcla aire-combustible

Para encontrar el número de Reynolds es necesario establecer la Viscosidad cinemática del Fluido [m^2/s], para en este caso hay que tener en cuenta que en el colector de admisión se da una mezcla de aire-combustible, por lo que se debe encontrar su viscosidad cinemática. Para lo cual se recurre a determinar la fracción masa (*fm*) de cada componente de la mezcla, y es necesario relacionar con el valor de la viscosidad cinemática (*v*) del componente con la Ecuación 2.7

$$v_{aire-combustible} = \sum_{i=1}^{k} fm_i \; v_i$$

$$v_{aire-combustible} = fm_{aire} v_{aire} + fm_{comb} v_{comb}$$

Ecuación 2.7[13]

Donde

v Viscosidad cinemática de la mezcla [m^2/s]

fm Fracción masa [Adimensional]

Para determinar la fracción masa de los componentes es necesario plantear la relación Estequiométrica.

[13] Ecuación 2.7; Cengel, Boles; Termodinámica, 4ta Ed.; Ecuación 12.19; Pág. 623

2.1.5.1 Relación Estequiometrica

La relación Estequiométrica es útil para que la combustión aire-gasolina se lleve a cabo de forma perfecta, la relación ideal debe ser de 14:1 gramos de aire por cada gramo de gasolina.

La mayoría de combustibles conocidos se componen principalmente de hidrogeno y carbono, y reciben el nombre de combustibles hidrocarburos y se denotan por la formula general:

$$C_nH_m$$

Formula general de los Hidrocarburos[14]

Los combustibles hidrocarburos en todas las fases son el carbón, gasolina y el gas natural, que para nuestro cálculo se utiliza gasolina Extra.

Aunque los combustibles hidrocarburos líquidos son mezclas de muchos hidrocarburos diferentes, por conveniencia se suelen considerar como un solo hidrocarburo, por lo que la gasolina se trata como octano:

C_8H_{18} Gasolina = Octano[15]

Una reacción química durante la cual se oxida un combustible y se libera una gran cantidad de energía recibe el nombre de combustión, por lo que la ecuación química para que se dé la combustión es:

$$\underbrace{C_8H_{18}}_{Octano} + x\,\underbrace{(O_2 + 3{,}76N_2)}_{Aire} \xrightarrow{Igual} y\,CO_2 + z\,\underbrace{H_2O}_{Agua} + x(3{,}76N_2)$$

Ecuación 2.8; Ecuación química de la combustión[16]

[14] Cengel, Boyles; Termodinámica; 4ta Ed.; Pág. 682
[15] Cengel, Boyles; Termodinámica; 4ta Ed.; Pág. 682
[16] Ecuación 2.8; Cengel, Boles; Termodinámica; 4ta Ed.; Ejemplo 14.1; Pág. 685

Como se considera una combustión completa entre el aire y el octano los productos residuales después de la combustión son el dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).

Explicando la ecuación química los términos en paréntesis representan la composición del aire seco que contiene 1 kmol de O_2, y, (x,y,z) representan los números de los moles desconocidos de los gases en los productos y se los determina con la aplicación del balance de masa.

2.1.5.1.1 Determinación de la reacción de los elementos

Carbono

$$C_8 = yC$$

$$y = 8$$

Hidrogeno

$$H_{18} = zH_2$$

$$18 = 2z$$

$$z = 9$$

Oxigeno

$$xO_2 = yO_2 + zO$$

$$2x = 2y + z$$

$$x = \frac{16 + 9}{2}$$

$$x = 12{,}5$$

Nitrógeno

$$x3{,}76N_2 = x3{,}76N_2$$

$$7{,}52x = 7{,}52x$$

Por ser una combustión completa la reacción del nitrógeno son iguales

Con los valores de (x,y,z) se remplazan en la ecuación química de la combustión Ecuación 2.8 se tiene:

$$\underbrace{C_8H_{18}}_{Octano} + 12{,}5\,\underbrace{(O_2 + 3{,}76N_2)}_{Aire} \xrightarrow{Igual} 8\,CO_2 + 9\,\underbrace{H_2O}_{Agua} + 12{,}5(3{,}76N_2)$$

$$\underbrace{C_8H_{18}}_{Octano} + 12{,}5\,\underbrace{(O_2 + 3{,}76N_2)}_{Aire} \xrightarrow{Igual} 8\,CO_2 + 9\,\underbrace{H_2O}_{Agua} + (47\,N_2)$$

Para determinar el número de moles del aire, se considera como aire seco que está compuesto por 20,9 % de oxígeno, 78,1% de nitrógeno, 0,9% de argón y pequeñas cantidades de dióxido de carbono, helio, neón e hidrogeno.

En el análisis de proceso de combustión el argón en el aire se trata como nitrógeno, en tanto que existen en cantidades muy pequeñas se descartan. De modo que el aire seco puede considerarse aproximadamente como 21% de oxígeno y 79 % de nitrógeno en números molares. Por consiguiente cada mol de oxigeno que entre en la cámara de combustión será acompañado por 0,79/0,21= 3,76 moles de nitrógeno es decir:

$$1\,Kmol\,O_2 + 3{,}76\,kmol\,N_2 = 4{,}76\,kmol\,aire$$

Ecuación 2.9[17]

Para obtener la masa de los componentes se debe multiplicar por el peso molecular de cada elemento, teniendo los siguientes resultados: Tabla 2.5

[17] Ecuación 2.9; Cengel, Boles; Termodinámica; 4ta Ed.; Ecuación 14.1; Pag. 683

Tabla 2.5 Pesos moleculares de los componentes	
Componente	Peso molecular [kg/Kmol]
Agua (H_2O)	18 [kg/Kmol]
Carbono (C)	12 [kg/Kmol]
Hidrogeno (H_2)	2 [kg/Kmol]
Aire (O_2+3,76N_2)	28,97 [kg/Kmol]
Dióxido de Carbono (CO_2)	44 [kg/Kmol]
Octano C_8H_{18}	114 [kg/Kmol]

Fuente: Autores

Con los datos de la Tabla 2.5 se obtiene:

$$\underbrace{(12\ x\ 8\ ) + (1\ x\ 18)}_{Octano} + \underbrace{(12{,}5\ x\ 4{,}76\ x\ 28{,}97)}_{Aire} \xrightarrow{Igual} \left(8\ \underbrace{x\ 44}_{CO_2} \right) + \underbrace{(9\ x\ 18)}_{Agua}$$

Masa de los componentes

$$\underbrace{114\ kg}_{Octano} + \underbrace{1723{,}71\ kg}_{Aire} \xrightarrow{Igual} \left(\underbrace{352\ kg}_{CO_2} \right) + \underbrace{162\ kg}_{Agua}$$

La cantidad de aire que requiere 1 kg de combustible para su combustión completa debe dividirse para la masa del octano:

$$\frac{\underbrace{114\ kg}_{Octano}}{114\ kg} + \frac{\underbrace{1723{,}71\ kg}_{Aire}}{114\ kg} \xrightarrow{Igual} \underbrace{\left(\frac{352\ kg}{114\ kg} \right)}_{CO_2} + \frac{\underbrace{162\ kg}_{Agua}}{114\ kg}$$

$$\underbrace{1\ kg}_{Octano} + \underbrace{15{,}12\ kg}_{Aire} \xrightarrow{Igual} \underbrace{3{,}08\ kg}_{CO_2} + \underbrace{1{,}42\ kg}_{Agua}$$

2.1.5.1.2 Determinación de la masa de la mezcla aire-combustible

Para determinar las propiedades de una mezcla es necesario conocer la composición de la mezcla, así como las propiedades de los componentes individuales. Considere una mezcla de gases de *k* componentes, donde la masa de la mezcla (m_m) es la suma de las masas de los componentes individuales, es decir;

$$m_m = \sum_{i=1}^{k} m_i$$

Ecuación 2.10[18]

Donde

m_m Masa de la mezcla [kg]

m_i Masa del componente individual [kg]

Desarrollando la Ecuación 2.10 nos queda;

$$m_m = m_{octano} + m_{aire}$$

$$m_m = 1kg + 15{,}12\ kg$$

$$m_m = 16{,}12\ kg_{mezcla}$$

La relación entre la mas de un componente y masa de la mezcla se conoce como fracción masa (*fm*). Ecuación 2.11

$$fm_i = \frac{m_i}{m_m}$$

Ecuación 2.11[19]

[18] Ecuación 2.10; Cengel, Boles; Termodinámica; 4ta Ed.; Ejemplo 12.1 a; Pág. 616

[19] Ecuación 2.11; Cengel, Boles; Termodinámica; 4ta Ed.; Ecuación 12.2 a; Pag. 616

Donde

fm_i Fracción masa individual [Adimensional]

m_m Masa de la mezcla [kg]

m_i Masa del componente individual [kg]

Desarrollando la Ecuación 2.11 tanto para el octano como para el aire tenemos;

- **Octano**

$$fm_{octano} = \frac{m_{octano}}{m_{mezcla}} = \frac{1\ kg}{16{,}12\ kg}$$

$$fm_{octano} = 0{,}062\ [Adimensional]$$

- **Aire**

$$fm_{aire} = \frac{m_{aire}}{m_{mezcla}} = \frac{15{,}12\ kg}{16{,}12\ kg}$$

$$fm_{octano} = 0{,}938\ [Adimensional]$$

2.1.5.1.3 Determinación de la viscosidad cinemática de cada componente

La viscosidad cinemática se determinara mediante las siguientes tablas;

Octano:

En la tabla 2.6 se escoge gasolina a, porque el análisis se lo hace para gasolina Extra, para saber el valor exacto se realizara una interpolación para 20°C, dando una viscosidad cinemática de;

$$v_{octanaje} = 0{,}846\ x\ 10^{-6}\ \frac{m^2}{s}$$

Tabla 2.6 Valores de Viscosidad Cinemática

Liquid	Temperature		Kinematic Viscosity	
	(°F)	(°C)	m2/seg	Seconds Saybolt Universal (SSU)
Acetaldehyde CH_3CHO	61 68	16.1 20	0.305 0.295	36
Acetic acid - vinegar - 10% CH_3COOH	59	15	1.35	31.7
Acetic acid - 50%	59	15	2.27	33
Acetic acid - 80%	59	15	2.85	35
Acetic acid - concentrated glacial	59	15	1.34	31.7
Acetic acid anhydride $(CH_3COO)_2O$	59	15	0.88	
Gasoline a	60 100	15.6 37.8	0.88 0.71	
Gasoline b	60 100	15.6 37.8	0.64	
Gasoline c	60 100	15.6 37.8	0.46 0.40	

Viscocidad Cinematica = Valor de la Tabla x 10-6

Fuente: www.engineeringtoolbox.com/fluids-kinematiViscosities.htm

Aire:

Se utiliza la Tabla 1 del libro de Ronald V. Giles, Mecánica de Fluidos e Hidráulica, considerando a una temperatura de 20 °C y a 1 Atm.

(A) PROPIEDADES APROXIMADAS DE ALGUNOS GASES

Gas	Peso específico w a 20° C, 1 Atm. kg/m³	Constante R del gas m/°K	Exponente adiabático k	Viscosidad cinemática ν a 20° C, 1 Atm. m²/seg
Aire	1,2047	29,3	1,40	$1,488 \times 10^{-5}$
Amoniaco	0,7177	49,2	1,32	1,535
Anhídrido carbónico	1,8359	19,2	1,30	0,846
Metano	0,6664	53,0	1,32	1,795
Nitrógeno	1,1631	30,3	1,40	1,590
Oxígeno	1,3297	26,6	1,40	1,590
Anhídrido sulfuroso	2,7154	13,0	1,26	0,521

Fuente: Ronald V. Giles, Mecánica de Fluidos e Hidráulica, Tabla 1

$$v_{aire} = 1{,}488\ x\ 10^{-5}\ \frac{m^2}{s}$$

Remplazando valores, en la ecuación 2.7 tenemos

$$v_{aire-combustible} = fm_{aire} v_{aire} + fm_{comb} v_{comb}$$

$$v_{aire-combustible} = (0{,}938\ x\ 1{,}488\ x\ 10^{-5}) + (0{,}062\ x\ 0{,}846x10^{-6})$$

$$v_{aire-combustible} = 1{,}400x10^{-5}\ \frac{m^2}{s}$$

2.1.6 Determinación del número de Reynolds

Con los datos de la velocidad media, diámetro del conducto y la viscosidad cinemática de la mezcla aire-combustible obtendremos el número de Reynolds según el régimen de giro para determinar si el flujo se comporta como laminar o turbulento. Ver Tabla 2.7

Tabla 2.7 Valores del Número de Reynolds

Revoluciones [RPM]	Velocidad Media de Flujo [m/s]	Número de Reynolds (Re) [Adimensional]
700 rpm	9,198 [m/s]	8141,012
1200 rpm	15,790 [m/s]	13975,867
2550 rpm	33,589 [m/s]	29729,97
3000 rpm	39,522 [m/s]	34981,345

Fuente: Autores

Comparando los valores con las siguientes condiciones;[20]

$$Re \leq 2300 \quad Flujo\ Laminar$$

$$2300 \leq Re \leq 4000 \quad Flujo\ Transicional$$

$$Re \geq 4000 \quad Flujo\ Turbulento$$

Con los resultados obtenidos se concluye que el comportamiento del flujo es de tipo Turbulento para los diferentes regímenes de giro.

[20] Cengel Yunus; Mecánica de Fluidos; Pág. 324

2.1.7 Formula de Darcy-Weisbach

La formula de Darcy-Weisbach nos ayuda para saber las pérdidas de carga en el conducto del colector de admisión, debido a que se tiene un flujo de tipo Turbulento el cual genera altos coeficientes de fricción. Entiéndase por perdidas de carga en una tubería, como la pérdida de energía dinámica del fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las contiene. La ecuación es la siguiente.

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{V_{med}^2}{2g}$$

Ecuación 2.12[21]

Donde

h_L Perdidas de carga [m]

f Coeficiente de fricción

L Longitud de la tubería [m]

D Diámetro de la tubería [m]

V_{med} Velocidad media del flujo [m/s]

g Gravedad 9,81 [m/s^2]

2.1.7.1 Cálculo del Factor de Fricción

[21] Ecuación 2.12; Ronald V. Giles; Mecánica de fluidos e Hidráulica; Pág. 98

El factor de fricción de flujo depende del número de Reynolds y la rugosidad relativa (ε/D), donde la rugosidad relativa es la relación entre la altura media de la rugosidad de la tubería y el diámetro de la tubería.

El colector de admisión del motor A10 de aluminio fundido tiene una rugosidad relativa ε = 0,15 mm[22] y con un diámetro medido de 0,026 m. Entonces encontramos la rugosidad relativa, valor Adimensional:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}15\ mm}{26\ mm}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = 5{,}769\ E^{-3}$$

Fig. 2.1 Diagrama de Moody

Para encontrar el factor de fricción f se realiza con la ayuda del diagrama de Moody[23] donde las abscisas representad la escala de la rugosidad relativa (ε/D), y las

[22] Cengel Yunus; Mecánica de Fluidos; Tabla 8-2; Pág. 341
[23] http://www.dem.uc.pt/antonio.gameiro/MF_II/Ficheiros/elementos/moody.jpg

ordenadas el número de Reynolds (Re). En la Tabla 2.8 se observan el factor de fricción según el régimen de giro.

Tabla 2.8 Factor de fricción según el régimen de giro

Revoluciones [RPM]	Número de Reynolds (Re) [Adimensional]	Factor de Fricción (*f*) [Adimensional]
700 rpm	8141,012	0,038
1200 rpm	13975,867	0,034
2550 rpm	29729,97	0,0319
3000 rpm	34981,345	0,031

Fuente: Autores

2.1.7.2 Pérdida de Carga en el colector de admisión

Remplazando valores en la Ecuación 2.12, y con una longitud del colector de L= 210 mm, siendo está su longitud efectiva con todas sus curvaturas, donde se obtiene las pérdidas de carga según las rpm del motor: Ver Tabla 2.9

Tabla 2.9 Perdidas de Carga según el régimen de giro

Revoluciones [RPM]	Factor de Fricción (*f*) [Adimensional]	Perdidas de Carga [m]
700 rpm	0,038	1,323 [m]
1200 rpm	0,034	3,489 [m]
2550 rpm	0,0319	14,815 [m]
3000 rpm	0,031	19,933 [m]

Fuente: Autores

Las pérdidas de carga en el colector de admisión del sistema a carburador con longitudes cortas de tubería nos indican las pérdidas de energía ocasionadas por

flujos turbulentos que se incrementan conforme aumenta el régimen de giro del motor.

Por lo tanto para un sistema de inyección estas pérdidas de energía deben ser menores que un sistema a carburador.

2.2 Consideraciones generales para el diseño del nuevo múltiple de admisión

El conducto de admisión puede ser desde un simple tramo de tubo que tiene en un extremo el carburador y en el otro el acople al motor cerca de las válvulas de admisión para un pequeño motor, hasta un complejo y bien diseñado sistema de tuberías que puede dividirse en dos partes:

- Un haz de tubos que se distribuyen en un extremo a los cilindros del motor y que coinciden en el otro en una cavidad común donde se apoya el carburador o la mariposa del sistema de inyección de gasolina.

- Un conducto más o menos curvo que trae el aire del exterior al filtro y luego lo acopla a la entrada del carburador o a la mariposa del sistema de inyección.

La longitud, forma y diámetro de estos tubos son el resultado de un meticuloso trabajo de experimentación que tiene como objetivo obtener el mejor llenado del cilindro.

Aunque parezca simple, no lo es tanto, estos conductos corresponden a un sistema inter-dependiente y no a la unión de simples piezas, todos ellos hacen un trabajo conjunto que en muchos casos y en determinadas condiciones de funcionamiento, logran llenar el cilindro a presiones mayores que la atmosférica, especialmente en los llamados múltiples de resonancia, donde las ondas de presión generados por el cierre

de unas válvulas de admisión llegan a otras, creando una sobre presión que favorece en mucho el llenado del cilindro. Estos múltiples de resonancia producen una favorable sobrealimentación del motor.

En un sistema sin gran complejidad, el aire del exterior entra directamente al filtro acoplado en un extremo del carburador, debajo de este último, está el múltiple de admisión que se acopla a un costado del motor, justo en la entrada del conducto que conduce a la válvula de admisión.

Las siguientes imágenes, corresponden a múltiples de admisión, como se pueden observar el la figura 2 es un múltiple de admisión simples, mientras que la figura 3 muestra un colector de sistemas de tubos complejos

Fig. 2.2 Múltiple con conductos simples **Fig. 2.3 Múltiple con conductos complejos**
Fuente: www.google.com.ec/colectores-admisión

2.2.1 Consideraciones de la Geometría

Anteriormente se desarrolló el análisis del colector de admisión de aire con el sistema a Carburador del motor en estudio, los resultados indican que existen perdidas por los flujos turbulentos según aumenta el régimen del motor.

La geometría del colector afecta la velocidad de ingreso de los gases de admisión ya que restringe o eleva el flujo másico de ingreso; y al saber que la potencia neta del motor es el producto del valor del flujo másico de ingreso por el trabajo neto, afecta directamente en todos los regímenes de giro los valores de potencia neta del motor;

por ello en el nuevo diseño se deberá de considerar la geometría óptima para que los valores de velocidad de los gases de ingreso sean mayores a los del diseño original, con esto se incrementará el flujo másico de ingreso y por lo tanto la potencia que desarrolla en motor.

Los valores de distribución de presiones dentro del colector también afecta el ingreso del flujo másico, y mediante los datos obtenidos anteriormente, nos damos cuenta que la geometría del nuevo diseño deberá considerar que mientras más depresión exista en el interior del colector, mayor será el flujo másico de ingreso al motor para todos los regímenes de giro, por lo que se obtendrá mayor potencia del motor.

2.2.2 Consideraciones de Turbulencia.

Para que la mezcla se queme de forma más rápida es necesario que esté dotada de un movimiento intenso de revolución sobre sí misma en el momento en que salte la chispa de encendido, pues ello hace que el frente de llama avance de una manera acelerada. Por ello que la geometría de los colectores debe contribuir a generar turbulencia elevada en el ingreso de los gases frescos.

Para obtener mejores efectos de turbulencia se requiere que el aire gire en forma paralela al cilindro (torbellino), es decir su eje de giro sea perpendicular al pistón y al mismo tiempo ruede en dirección hacia la cabeza del émbolo (caída).

Los efectos de torbellino y caída, mejoran la potencia de motor sin aumentar el consumo de combustible. Sin embargo, el efecto de torbellino y caída disminuyen la velocidad lineal que puede alcanzar la mezcla. Un buen sistema de admisión combina apropiadamente torbellino, caída y velocidad lineal.

Otro de los factores importantes por medio de los cuales se inician los movimientos de turbulencia de un motor se debe a la orientación que se le presente a la mezcla desde los conductos de admisión con respecto a las vallas. Se debe provocar una turbulencia desde la misma orientación de entrada hasta las válvulas de admisión.

2.2.3 Consideraciones de Longitud efectiva. (Efecto de Golpe de Ariete)

Se trata sobre el efecto cinético de la materia fluida en movimiento rectilíneo uniforme. El principio dice que si un fluido se hace circular a través de un ducto y se tapa el extremo de salida, el fluido crea en dicha sección un golpe debido a su inercia.

Este efecto se acrecienta cuanto más denso es el fluido, cuanto más largo sea el ducto, cuanto más rápido estuviese circulando el líquido o cuanto más rápido se cierra la salida.

Los múltiples de admisión largos sirven para generar una mayor columna de aire y ayudan mucho en altas r.p.m., es decir que los múltiples largos, proporcionan un mayor rendimiento en altas r.p.m. que los cortos. Cuanto más largo sea el múltiple, más va a tardar la onda en volver a la válvula (bajas rpm), y cuanto más corto menos va a tardar (altas rpm).

2.2.4 Consideraciones que debe cumplir un múltiple de admisión con la mezcla

Para que la combustión se realice en perfectas condiciones y con el máximo rendimiento del motor, la mezcla aire-combustible que llega a los cilindros debe reunir las siguientes condiciones y esto dependerá también del conducto:

- **Correcta dosificación**
- **Finamente pulverizada**
- **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. Como el dimensionado de las válvulas y el grado de aspiración en los cilindros deben ser idénticos, la igualdad en el llenado se consigue con unos 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.

2.2.5 Material para la fabricación de un colector de admisión

Los colectores de admisión además de canalizar, también sirven para soporte del carburador o sistemas de inyección, los colectores se los puede encontrar fabricados de aleaciones de aluminio, plástico y un material que ocupan los diseñadores de colectores para vehículos modificados acero inoxidable 304L.

Los colectores deben contar con un buen acabado superficial por donde ha de desplazarse la mezcla para no producir perdidas de carga.

Fig. 2.4 Múltiple de admisión construido de aleaciones de aluminio
Fuente: www.google.com.ec/colectores-admisión

2.2.6 Consideración según el material de fabricación par la eficiencia de un colector

Actualmente existe una tendencia a la incorporación de colectores que tengan baja conductividad térmica, con lo que se reduce el calentamiento del aire y así poder conseguir un aumento de las prestaciones. Es por eso que los nuevos múltiples de admisión se están construidos de material plástico, que tienen la ventaja de ser livianos que los de aleaciones, además repercute en un mejor llenado, al disponer de excelentes acabados superficiales y al ser de plástico tienen menor conductividad térmica.

2.2.7 Eficiencia del Múltiple de Admisión

El largo y la forma del múltiple de admisión influyen en el desempeño de un motor, la eficiencia de admisión depende en buena parte de los pasajes del múltiple, utilizando fenómenos naturales, cuando un gas se desplaza velozmente dentro de un tubo, el múltiple de admisión termina por homogeneizar la mezcla que llega al cilindro.

Un múltiple de admisión con pasajes de poco diámetro permite generar alta potencia de motor a bajas revoluciones, en cambio, si al mismo motor se le instala un múltiple con pasajes de mayor diámetro la misma potencia se obtendrá a mayor número de revoluciones.

2.3 Diseño del nuevo múltiple de admisión

El múltiple de admisión también interviene en la mezcla y atomización de la gasolina, su función principal es distribuir la mezcla aire combustible en forma equitativa a cada cilindro. No toda la gasolina que sumista el sistema de alimentación

es atomizada adecuadamente. Parte de ella se desplaza en forma líquida adherida a la superficie de los ductos. Un buen múltiple de admisión ayuda a vaporizar y atomizar la gasolina.

2.3.1 Diseño de los tubos de Alimentación

La intención de diseñar es disponer de la mayor superficie posible dentro del múltiple, de manera que la gasolina que se adhiere a los pasajes exponga su masa de la forma más extendida posible al flujo de aire y al calor.

Por lo que nuestro diseño de los tubos será de diámetro circular ya que estos presentan menos superficie interior que uno de sección cuadrada, para lo cual ocupamos el mismo diámetro de los tubos del colector antiguo de 2,6 cm.

Se ocupará el mismo diámetro por la disposición en el motor, ya que si se colocara un conducto de mayor diámetro no calzaría en el cabezote y tampoco se dispone de espacio físico porque los tubos del múltiple de escape no lo permiten.

2.3.2 Curvas del Múltiple de Admisión

El múltiple a diseñarse no contará con ninguna curva ya que se pretende evitar aumentar la presión del combustible en la parte externa de las curvas del conducto de alimentación, y la acumulación de combustible.

2.3.3 Longitud efectiva para el nuevo múltiple de admisión

Al diseñar nuestros tubos de admisión sin curvas se tendrá un movimiento rectilíneo uniforme del fluido, pero se debe tener en cuenta que si el movimiento es rectilíneo se tendrá el efecto de golpe de Ariete ya que su principio dice que si un fluido es hecho circular a través de un ducto y se tapa el extremo de salida, el fluido crea en dicha sección un golpe debido a su inercia, es decir cuánto más largo sea el múltiple,

más va a tardar la onda en volver a la válvula (bajas rpm), y cuanto más corto menos va a tardar (altas rpm).

2.3.3.1 Calculo de la longitud

- Los datos de la masa de aire aspirado y velocidad media de flujo de aire son los mismos para el motor ya que no se han realizado modificaciones en el cilindro-pistón.
- Diámetro de la tubería: 0,026 m
- Material que se utilizara para la construcción será de tubo de hierro fundido
- Reynolds será el mismo ya que no se está cambiado la forma de la mezcla

2.3.3.1.1 Desarrollo

Como se utiliza el mismo número de Reynolds tan solo nos falta encontrar el factor de fricción para el material de tubo de hierro fundido, y encontrar las pérdidas de cargas de acuerdo a la variación de longitud de los tubos a diferentes rpm. en la Ecuación 2.12.

El Factor de fricción está en función de la rugosidad relativa del material, para Tubo de Hierro fundido[24]

$$\varepsilon_{hierro} = 0{,}26 \text{ mm}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}26\ mm}{26\ mm}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = 0{,}01$$

[24] Cengel Yunus, Mecánica de Fluidos; Tabla 8-2; Pág. 341

Con el valor de rugosidad relativa y Reynolds calculamos los nuevos factores de fricción en el diagrama de Moody. Ver Tabla 2.10

Tabla 2.10 Factores de fricción para el hierro fundido

Revoluciones [RPM]	Reynolds [Adimensional]	Factor de fricción [Adimensional]
700 rpm	8141,012	0,046
1200 rpm	13975,867	0,043
2550 rpm	29729,971	0,040
3000 rpm	34981,345	0,039

Fuente: Autores

Fig. 2.5 Diagrama de Moody

Calculamos las pérdidas de carga a diferentes longitudes de los tubos para comparar con las pérdidas de carga del antiguo múltiple, ya que nos indicará cuanto se está bajando las pérdidas debido al material y su longitud sin curvas.

Remplazando valores en la Ecuación 2.12 y teniendo como longitud máxima igual que la del colector antiguo para luego ir variando a longitudes menores se tienen los siguientes resultados

[RPM]	**Tabla: 2.11 Perdida de Carga según el régimen de giro y la longitud del tubo**					
	Colector antiguo [h_L]	**Nuevo colector de hierro Fundido [h_L]**				
	L=210 mm	L= 210mm	L=180mm	L=150mm	L=120mm	L=60mm
700rpm	1,323 m	1,601m	1,373 m	1,144 m	0,915 m	0,457 m
1200rpm	3,489 m	4,413 m	3,782 m	3,152 m	2,521 m	1,260 m
2550rpm	14,815 m	18,577m	15,923 m	13,269 m	10,615 m	5,307 m
3000rpm	19,933 m	25,077m	21,495 m	17,912 m	14,330 m	7,165 m

Fuente: Autores

Como se observa en la tabla 2.11 las pérdidas de carga depende de la longitud del tubo, mientras la longitud sea mayor a los 180 mm las pérdidas ocasionadas por los flujos turbulento generan pérdidas de energía que se incrementa conforme el régimen de giro del motor va aumentando.

Mientras que a longitudes menores a los 150 mm las pérdidas de energía disminuyen conforme el régimen de giro del motor va en aumento pero en este caso se debe tener en cuenta el efecto de golpe de Ariete, es decir cuánto más largo sea el múltiple, más

va a tardar la onda en volver a la válvula (bajas rpm), y cuanto más corto menos va a tardar (altas rpm). Para nuestro nuevo múltiple de admisión queremos que la longitud de los tubos sea funcionable tanto para altas revoluciones como en bajas revoluciones, entonces es donde entra el cálculo del golpe de ariete, ya que esto nos ayudara a conocer el tiempo que tarda la onda de presión en viajar hacia arriba de los tubos hasta la embocadura de los tubos y volver hasta la válvula de admisión.

2.3.4 Cálculo del tiempo de Golpe de Ariete

Se denomina fase o periodo de la tubería el tiempo en que la onda de sobrepresión va y vuelva de una extremidad a otra de la tubería.

$$\mathrm{T} = 2 * \frac{\text{longitud de la tuberia [m]}}{\text{celeridad de la onda de presión [m/seg]}}$$

$$\mathrm{T} = \frac{2\mathrm{L}}{\mathrm{c}}$$

Ecuación 2.13[25]

Donde:

T Tiempo que tardo de la onda [seg]

L Longitud de la tubería [m]

C Aceleración de la onda de presión [m/seg]

Cuando la onda llega, al regresar, ella cambia de sentido, haciendo de nuevo el mismo recorrido de ida y vuelta, pero con signo contrario.

2.3.4.1 Determinación de la celeridad de la onda

[25] Ecuación 2.13; Ronald V. Giles, Mecánica de Fluidos e Hidráulica; Pág. 195

La celeridad se representa como una serie de ondas de presión que oscilan entre valores de (+) y (-) cada vez menores, debido a la disipación de la energía, hasta que finalmente es sistema se estabiliza llegando a tenerse la presión hidrostática.

La celeridad es la velocidad de propagación de la onda, la cual puede ser calculada por la fórmula:

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48{,}3 + G\frac{D}{e}}}$$

Ecuación 2.14[26]

Dónde:

C Celeridad de la onda [m/s]

D Diámetro del tubo [m]

e Espesor del tubo [m]

G coeficiente elasticidad del material del tubo

Par la determinación del coeficiente del material de hierro fundido se utiliza el módulo de elasticidad de 170 GPa[27] que equivale a ε = 1.733E^7 kg/cm^2 en la siguiente fórmula[28]:

$$G = \frac{10^6}{\varepsilon}$$

$$G = \frac{10^6}{1{,}733E^7}$$

$$G = 0{,}0577$$

[26] Ecuación 2.14; Ronald V. Giles, Mecánica de Fluidos e Hidráulica; Pág. 195
[27] B.J. Hamrock, B. Jacobson y S.R. Schmid; Elementos de Máquinas
[28] Ronald V. Giles, Mecánica de Fluidos e Hidráulica; Pág. 195

Con los datos de D= 0,026 m y un espesor e = $3E^{-3}$ tenemos nuestra celeridad que es la velocidad de propagación de la onda

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48{,}3 + 0{,}0577 * \frac{0{,}026}{3E^{-3}}}}$$

$$c = 202{,}86 \ \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Con la celeridad podemos encontrar el tiempo en que la onda de sobrepresión va y vuelva de una extremidad a otra en la tubería. Ver Tabla 2.12

Tabla: 2.12 Tiempo en que la onda de sobrepresión va y vuelva de una extremidad a otra de la tubería

Tiempo de onda del Colector antiguo [s]	**Tiempo de onda del nuevo colector de hierro Fundido [s]**				
L=210 mm	L= 210mm	L=180mm	L=150 mm	L=120mm	L=60 mm
2,08 E^{-3} [s]	2,07 E^{-3} m [s]	1,77E^{-3} [s]	1,48 E^{-3} [s]	1,18 E^{-3} [s]	5,92 E^{-4}[s]

Fuente: Autores

Al determinar los tiempos de la onda de sobrepresión en diferentes longitudes y con material de hierro fundido, se determinó que para longitudes mayores a 150 mm el tiempo de onda es más largo, el tiempo para longitudes menores a 60 mm el tiempo de onda es corto, por lo que se utilizara una longitud de 150 mm, con lo que se conseguirá un tiempo aceptable para el efecto del golpe de ariete.

2.4 Condiciones de las guías del Inyector para su construcción

Las guías sirven para la ubicación del inyector en el múltiple de admisión. Por lo general las guías se cortan a un ángulo de 45 grados de modo que tengan cerca de 1.35 a 1.5 pulgadas de largo. Esto es un buen ángulo de la entrada para muchos inyectores en el tubo y es un ángulo fácil de trabajar. La distancia de la guía del inyector en el tubo generalmente van desde 1.5 a 2 pulgadas.

Fig. 2.6 Guías del Inyector
Fuente: Articulo PDF, colectores de admisión artesanales

2.5 Condiciones del plenum para su construcción

Dependiendo de la disposición del motor y del cuerpo de la válvula reguladora usado, el plenum se construye generalmente de tubería de pared de 0,65 mm y 3 pulgadas de diámetro para los motores debajo de 1600cc o 4 pulgadas para la mayoría de los otros motores. El agujero para la válvula reguladora puede tener dos disposiciones al centro o lateralmente del plenum.

Nuestro plenum será de tubería de hierro fundido de 3 pulgadas de diámetro, el plenum también tendrá 1 pulgadas más larga que la dimensión del frente para alzar

los conductos de admisión para permitir una circulación de aire mejor en los puertos externos. También el plenum sirve para amortiguar las ondas de sobrepresión.

Fig. 2.7 Plenum de Admisión
Articulo PDF, colectores de admisión artesanales

2.6 Condiciones del conducto de aire para su construcción

El conducto de aire sirve para transportar el aire atmosférico que necesita el motor para su funcionamiento, este va a continuación de la válvula reguladora desde el plenum. En el conducto de aire ira alojado un filtro de aire, para su construcción se tendrá en cuenta lo siguiente:

$$Grados = \frac{0{,}012 * N * L}{v_s}$$

Ecuación 2.15[29]

Donde

Grados Extensión biela- pistón según las revoluciones del cigüeñal [80°-90°]

L Largo del tubo [mm]

N Número de revoluciones máximas [6000 rpm]

v_s Velocidad del sonido [334 m/s]

De la ecuación 2.15 despejamos el largo del tubo [*L*]

[29] Ecuación 2.15; Ronald V. Giles, Mecánica de Fluidos e Hidráulica; Pág. 195

$$L = \frac{grados * v_s}{0{,}012 * N}$$

$$L = \frac{90 * 334}{0{,}012 * 6000}$$

$$L = 417.5\ mm$$

2.7 Esquema del nuevo múltiple de admisión

Datos para la construcción. Ver Tabla 13

Tabla: 2.13 Datos para la construcción del nuevo múltiple de admisión	
Material	Hierro Fundido
Longitud -Diámetro de los tubos	L= 150 mm D= 26 mm
Guías del inyector (Longitud y ángulo)	L= 3,14 ’’ a 45°
Plenum (Longitud – Diámetro)	L= 180 mm D= 3’’
Longitud del Conducto de aire	L= 250 mm

Fuente: Autores

En la siguiente grafica podemos observar el esquema del múltiple de admisión diseñado basándonos en los datos y consideraciones ya mencionados.

Fig. 2.8 Múltiple de admisión
Fuente: Autores

2.7.1 Vistas del Múltiple de Admisión a construir

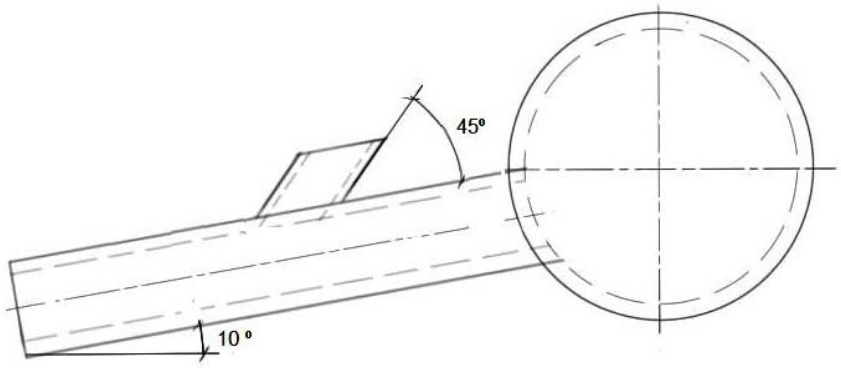


Fig. 2.9 Múltiple de Admisión, vistas lateral
Fuente: Autores

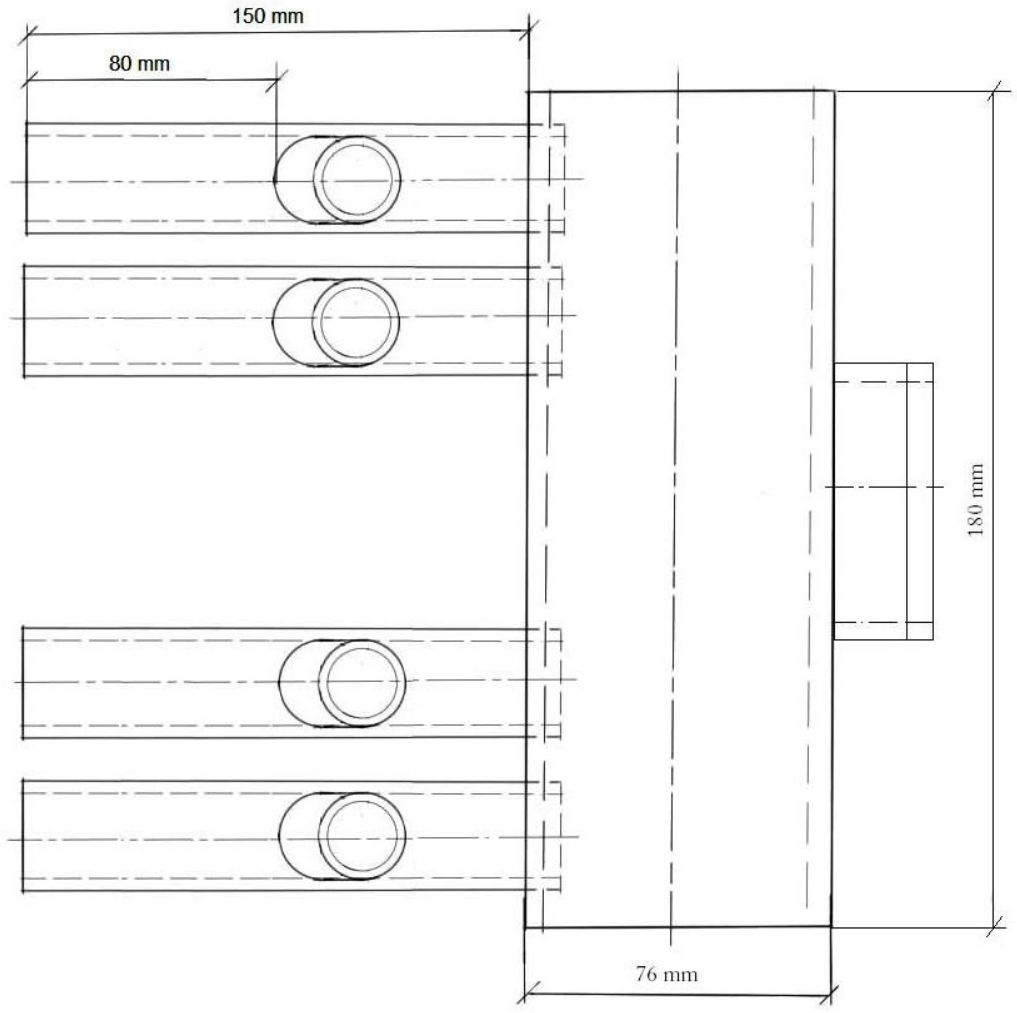


Fig. 2.10 Múltiple de Admisión, vista superior
Fuente: Autores

Capitulo 3

SELECCIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN PROGRAMABLE

3.1 Sistema de inyección electrónica

Con la rápida evolución de los motores de los automóviles, el viejo carburador empezó a no suplir las necesidades de los nuevos vehículos, en lo que se refiere a la contaminación, ahorro de combustible, potencia, respuestas rápidas en las aceleraciones, etc.

Por tanto se han desarrollado sistemas de inyección electrónica de combustible, que tienen por objetivo proporcionar al motor un mejor rendimiento con más ahorro, en todos los regímenes de funcionamiento.

Para que el motor tenga un funcionamiento suave, económico y no contamine el medio ambiente, necesita recibir una mezcla aire/combustible perfecta, en todos los niveles de rotación.

Un carburador, por mejor que sea y por mejor que esté su regulación, no consigue alimentar el motor en la proporción ideal de mezcla.
Los sistemas de inyección electrónica permiten que el motor reciba solamente el volumen de combustible necesario.

3.1.1 Sistema de inyección multipunto indirecta para un motor A10

Se dispone de un inyector de combustible para cada cilindro, la inyección se produce después de la mariposa de aceleración fuera de la cámara de combustión, cerca de la válvula de admisión. Figura 3.1

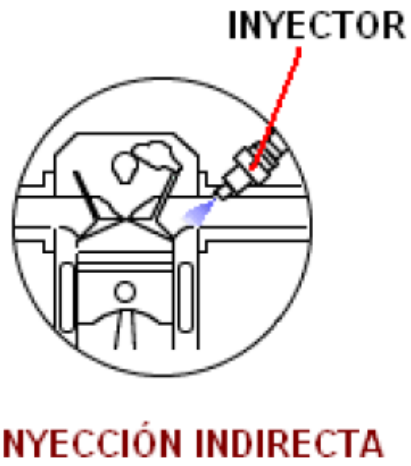


Fig. 3.1 Sistema de inyección multipunto indirecta
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

3.1.2 Según el número de inyecciones

Inyección secuencial: Hay una inyección de combustible para cada cilindro, antes de que se abra la válvula de admisión. Figura 3.2

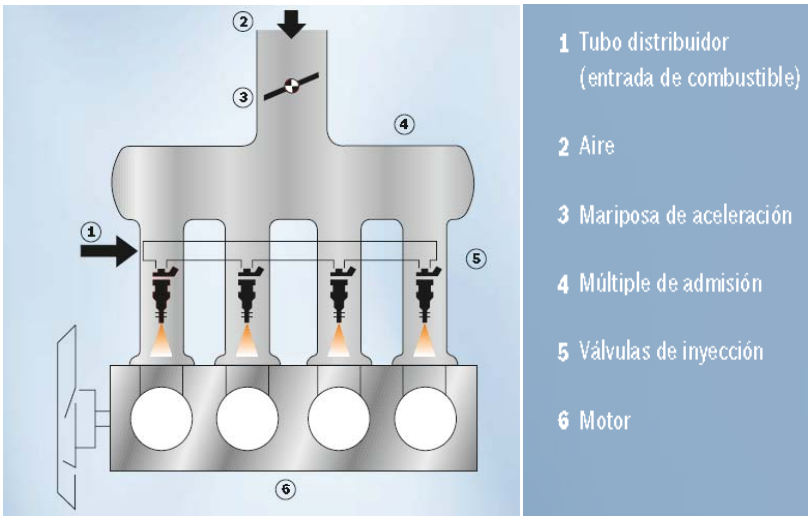


Fig.3.2 Sistema de inyección multipunto indirecta
Fuente: Sistemas de inyección electrónica BOSH

3.2 Descripción de los componentes del sistema de inyección multipunto indirecta

Los sistemas de inyección de combustible permiten mejorar la dosificación del combustible debido a que el combustible es inyectado a una presión mayor en la corriente de aire, esto permite un mejor mezclado del aire con el combustible y generalmente se tiene un mejor aprovechamiento del combustible y un nivel menor de emisiones.

Los inyectores utilizados en los motores de gasolina, generalmente son controlados electrónicamente lo cual permite tener un control muy preciso del tiempo de inyección y de la cantidad de combustible inyectada.

3.2.1 Circuito de alimentación de combustible

El combustible es succionado del tanque de combustible por la bomba la cual se encuentra dentro del tanque, pasando por el filtro de combustible.
La bomba incrementa la presión y envía el combustible a través de la línea de combustible hacia el regulador donde se controla la presión a la cual será inyectado. El regulador se encarga de enviar el combustible hacia el tren de inyectores y de éste al inyector el cual se encuentra en el puerto de admisión.

El aire entra a través del filtro de aire y pasa a través del cuerpo de aceleración donde se tiene la válvula de aceleración la cual está acoplada al pedal del acelerador.

La posición de esta válvula definirá la potencia demandada, la cantidad de combustible necesaria será definida por la computadora y suministrada a través del inyector. La cantidad de combustible que no sea requerida se envía al tanque a través de la línea de retorno. Figura 3.3

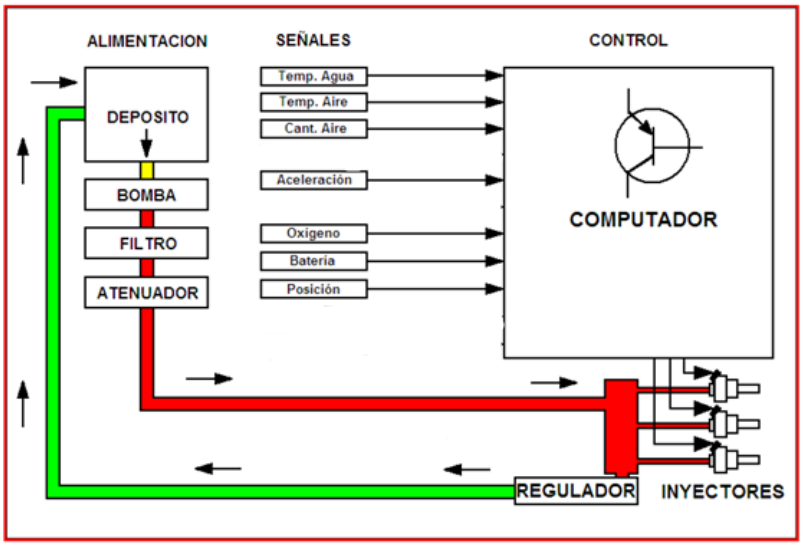


Fig. 3.3 Circuito de Alimentación
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

3.2.1.1 Depósito de combustible

A diferencia de los depósitos utilizados en los sistemas a carburador, en un sistema de inyección a gasolina se utiliza un depósito presurizado, con el objeto de evitar la

fuga peligrosa de los vapores que se generan con el movimiento y el aumento de temperatura, así como con la permanente circulación del combustible. En su interior está alojada la bomba de combustible y el indicador de nivel.

Adicionalmente el depósito está diseñado con algunas divisiones interiores, las cuales evitan las "olas". También se ha diseñado un depósito pequeño interior, dentro del cual está alojada la misma bomba, el cual, en conjunto con las divisiones, evita que la bomba pueda succionar aire hasta en condiciones extremas, como en el caso de nivel muy bajo.

Ahora se lo diseña de materiales plásticos, evitando la corrosión que se producía en los anteriores metálicos. También se ha pensado en la seguridad, instalando válvulas de presión máxima y válvulas "anti-vuelco", para que el combustible no se derrame inclusive en condiciones muy severas. Figura 3.4

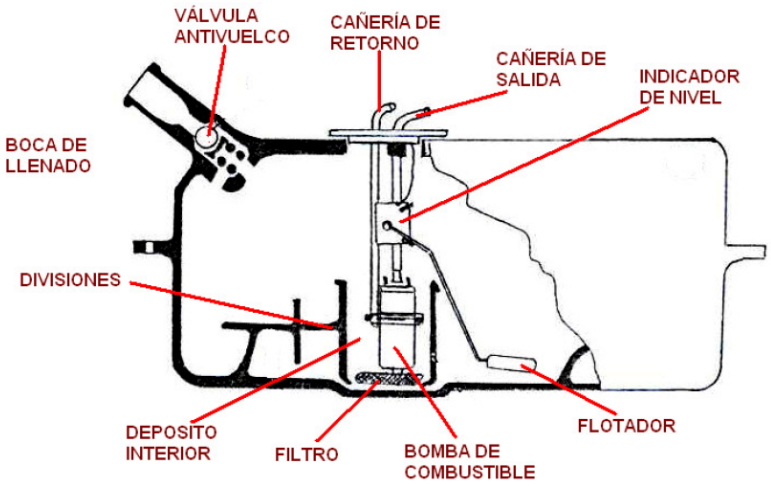


Fig. 3.4 Depósito de combustible
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

3.2.1.2 Bomba de combustible (Electro-bomba)

El combustible es aspirado del tanque por una bomba eléctrica, que lo suministra bajo presión a un tubo distribuidor donde se encuentran las válvulas de inyección.

La bomba provee más combustible que lo necesario, para mantener en el sistema una presión constante en todos los regímenes de funcionamiento, lo que sea excedente

retorna al tanque, la bomba no presenta ningún riesgo de explosión, porque en su interior no hay ninguna mezcla en condiciones de combustión.

En la bomba no debe hacerse ningún mantenimiento, ya que es una pieza sellada, en el sistema, la bomba está instalada dentro del tanque de combustible. Figura 3.5

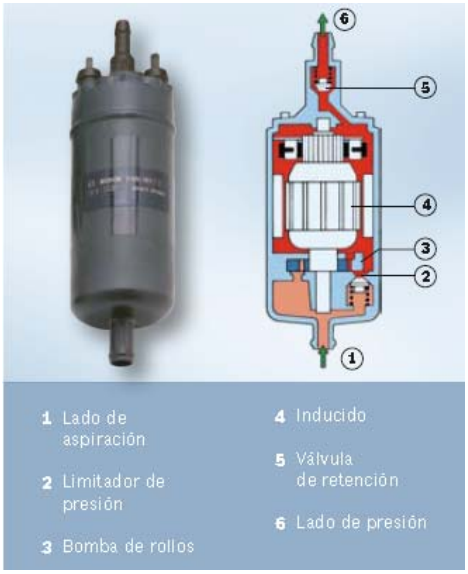


Fig. 3.5 Bomba de combustible
Fuente: Sistemas de inyección electrónica BOSH

También el pre-filtro se encuentra antes de la bomba, se recomienda no reemplazarlo puede quemar o dañar la bomba. Bombas funcionando sin el pre-filtro pueden aspirar impurezas contenidas en el combustible. Figura 3.6

Fig. 3.6 Pre-filtro
Fuente: Sistemas de inyección electrónica BOSH

3.2.1.3 Filtro de Combustible

El filtro está instalado después de la bomba, reteniendo posibles impurezas contenidas en el combustible. El filtro posee un elemento de papel, responsable de la limpieza del combustible, y después se encuentra una tela para retener posibles partículas del papel del elemento filtrante.
Es el componente más importante para la vida útil del sistema de inyección. Se recomienda cambiarlo a cada 20.000 km en promedio. Figura 3.7

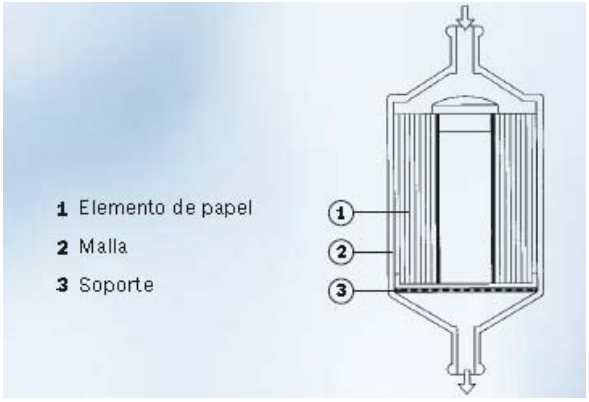


Fig. 3.7 Filtro de combustible
Fuente: Sistemas de inyección electrónica BOSH

3.2.1.4 Regulador presión de combustible

El regulador mantiene el combustible bajo presión en el circuito de alimentación, incluso en las válvulas de inyección, va instalado en el tubo distribuidor o en el circuito junto con la bomba, es un regulador con flujo de retorno.

Él regulador mantiene presión uniforme y constante en el circuito de combustible, lo que permite que el motor tenga un funcionamiento perfecto en todos los regímenes de revoluciones.

Cuando se sobrepasa la presión, ocurre una liberación en el circuito de retorno. El combustible retorna al tanque sin presión. Si hay problemas en este componente, el motor tendrá un mal funcionamiento. Figura 3.8

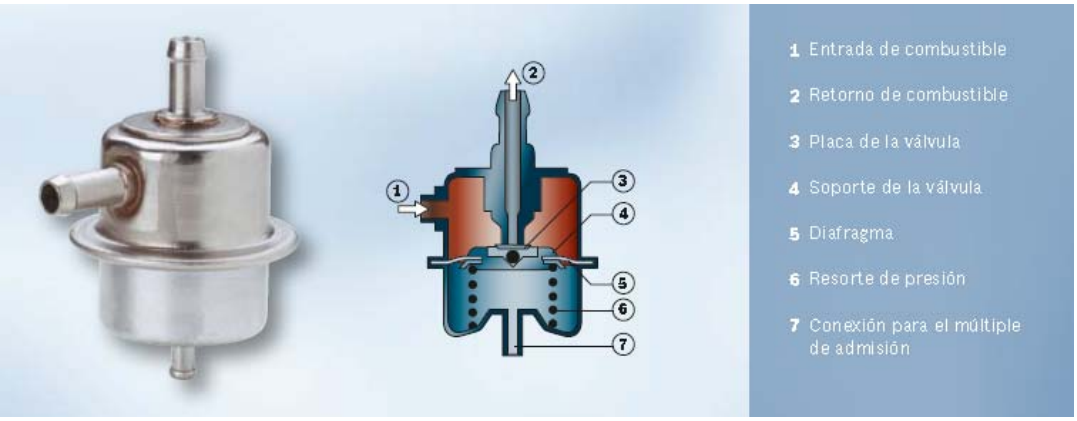


Fig. 3.8 Regulador de presión de combustible
Fuente: Sistemas de inyección electrónica BOSH

3.2.1.5 Riel de inyectores

Llamado también rampa o riel de inyectores, tiene como finalidad distribuir el combustible en todos los inyectores, sin variaciones de presión. El riel sirve como acumulador de presión debido a que su volumen es muy grande a comparación del volumen inyectado. El riel facilita el montaje y desmontaje de los inyectores, en el va montado el regulador de presión en sistemas con retorno, su construcción puede ser de materiales plásticos o metálicos. Figura 3.9

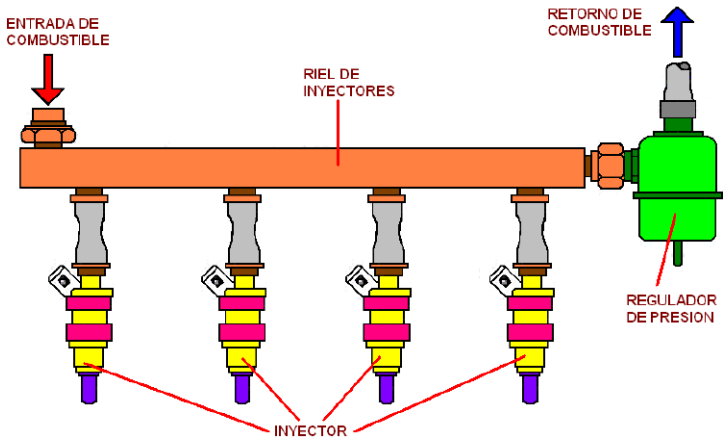


Fig. 3.9 Riel de inyectores
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

3.2.1.6 Válvula de inyección

En los sistemas de inyección multipunto, cada cilindro utiliza una válvula de inyección que pulveriza el combustible antes de la válvula de admisión del motor, para que el combustible pulverizado se mezcle con el aire, produciendo la mezcla que resultará en la combustión.

Las válvulas de inyección son comandadas electromagnéticamente, abriendo y cerrando por medio de impulsos eléctricos provenientes de la unidad de comando.

Para obtener la perfecta distribución del combustible, sin pérdidas por condensación, se debe evitar que el chorro de combustible toque en las paredes internas de la admisión, por lo se puede encontrar inyectores de aguja, usados para sistemas multipunto, y son de alimentación superior.

Por lo tanto, el ángulo de inyección de combustible difiere de motor en motor, como también la cantidad de orificios de la válvula. Para cada tipo de motor existe un tipo de válvula de inyección. Figura 3.10

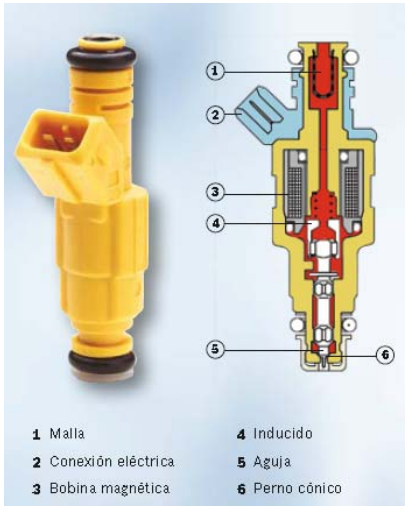


Fig.3.10 Válvula de inyección
Fuente: Sistemas de inyección electrónica BOSH

3.2.1.7 Múltiple de admisión

El múltiple de admisión interviene en la mezcla y atomización de la gasolina. Su función principal es distribuir la mezcla aire combustible en forma equitativa a cada cilindro.

El largo y la forma del múltiple de admisión influyen en el desempeño de un motor. La eficiencia de admisión depende en buena parte de los pasajes del múltiple. Utilizando fenómenos naturales, cuando un gas se desplaza velozmente dentro de un tubo, el múltiple de admisión termina por homogenizar la mezcla que llega al cilindro. Figura 3.11.

Fig. 3.11 Múltiple de Admisión
Fuente: www.google.com.ec/imagenes/colectores-admision

3.2.2 Componentes del sistema electrónico

Son componentes que están instalados en varios puntos del motor y sirven para controlar y enviar información del funcionamiento del motor en diferentes estados de funcionamiento.

3.2.2.1 Modulo de control

Es el cerebro del sistema que determina el volumen ideal de combustible a ser pulverizado, con base en las informaciones que recibe de los sensores del sistema. De esta forma la cantidad de combustible que el motor recibe, se determina por la unidad de comando, por medio del tiempo de apertura de las válvulas, también conocido por tiempo de inyección. Figura 3.12.

Las señales enviados por los sensores a la unidad de comando son:

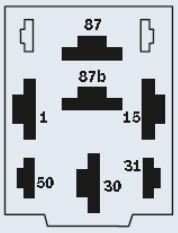
- Medidor de flujo de aire (cantidad y temperatura del aire aspirado por el motor)
- Potenciómetro de la mariposa de aceleración
- Sensor de temperatura del motor
- Revoluciones del motor
- Señal de arranque
- Señal del sensor de oxígeno

Fig. 3.12 Unidad de comando
Fuente: Sistemas de inyección electrónica BOSH

3.2.2.2 Relé

El relé de comando es el responsable por mantener la alimentación eléctrica de la batería para la bomba de combustible y otros componentes del sistema.

Si ocurre un accidente, el relé interrumpe la alimentación de la bomba de combustible, evitando que la bomba permanezca funcionando con el motor apagado. La interrupción ocurre cuando el relé no recibe más la señal de revoluciones, proveniente de la bobina de encendido. Es un componente que cuando está dañado puede parar el motor del vehículo. Figura 3.13



Señal de entrada:

15	positivo llave encendido
1	señal de revoluciones (borne 1 de la bobina de encendido)
50	positivo que acciona el motor de arranque
31	tierra (masa)
30	positivo

Señales de salida:

87b	positivo que alimenta la bomba auxiliar y la bomba de combustible
87	positivo que alimenta el adicionador de aire, interruptor de la mariposa de aceleración, resistores de las válvulas de inyección, medidor de flujo de aire y unidad de comando

Fig. 3.13 Denominación de señales del Relé
Fuente: Sistemas de inyección electrónica BOSH

3.2.2.3 Sensores de Control

Son elementos que envían señales eléctricas a la central de mando, transmitiendo información del funcionamiento del motor. Los sensores son transductores, es decir los sensores transforman magnitudes físicas (como temperatura, presión, revoluciones, etc.) en señales eléctricas.

3.2.2.3.1 Sensor que mide la presión absoluta en el múltiple de admisión (MAP)

Es un sensor que mide la carga del motor, la función del sensor MAP es enviar una señal a la central de mando de acuerdo a la presión absoluta del múltiple de admisión e informa a la central la carga del motor.
La central de mando utiliza esta información para:

- Establecer la dosificación de combustible
- Establecer el avance del encendido

Las características de un sensor MAP es que puede estar ubicado en la carrocería, en el cuerpo de aceleración o en otra parte del compartimiento del motor. El sensor es accionado por vacío, tiene una manguera de vacío conectada al múltiple de admisión, entre el cilindro y la mariposa de aceleración. Existen algunos modelos de vehículos que tienen el sensor montados directamente al múltiple de admisión, eliminando de esta manera la conexión de la manguera de vacío. Algunos fabricantes ubican el sensor MAP dentro de una caja de control que contiene varias mangueras y solenoides de vacío o inclusive dentro de la central de mando electrónico. Figura 3.14

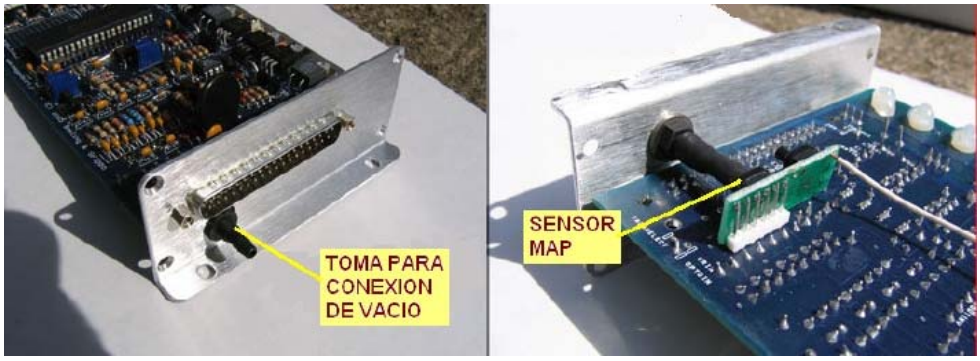


Fig. 3.14 Ubicación del Sensor MAP en una computadora programable
Fuente: www.megasquirt.com

Un sensor MAP externo tiene tres terminales de conexión:

- 1° terminal es para la alimentación de tensión al sensor
- 2° terminal es para la masa electrónica del sensor
- 3° terminal es para la señal variable que entrega el sensor

Fig. 3.15 Terminales del sensor MAP
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

Su funcionamiento está basado en valores de presión absoluta en el múltiple de admisión se relacionan directamente con la carga del motor.

Si la presión en el múltiple es baja, es decir hay mucho vacío, entonces la carga del motor es pequeña y la señal entregada por el sensor será baja.

Si la presión en el múltiple es alta, es decir hay poco vacío, entonces la carga del motor es grande y la señal entregada por el sensor será alta. Ver Tabla 3.1

Tabla 3.1 Comportamiento de la Señal

Estado del motor	Vacío del motor	Señal
Apagado	Nulo	Muy alta
Ralentí	Alto	Baja
Marcha crucero	Alto	Baja
Aceleración súbita	Bajo	Alto
Desaceleración	Muy alto	Muy baja

Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

El voltaje de alimentación necesario para su correcto funcionamiento debe estar entre 4.8 a 5.2 voltios

3.2.2.3.2 Sensor de posición de la mariposa del acelerador (TPS)

Tiene la función de enviar una señal de tensión proporcional al ángulo de apertura de la mariposa de aceleración. También para informar de situaciones como aceleración rápida o aceleración gradual.

La central de mando utiliza esta información para:

- Corregir la dosificación de combustible
- Corregir el avance del encendido
- Control de la marcha ralentí
- Control de la EGR
- Control del Canister
- Control de los cambios de la A/T (Transmisión Automática)
- Corte del A/C (aire acondicionado) en aceleración súbita

Está colocado en el cuerpo de la mariposa de aceleración, al lado opuesto de los mecanismos del cable del acelerador se puede encontrar sensores TPS de:
Tres terminales de conexión:

- TPS del tipo interruptor
- TPS del tipo potenciómetro o de resistencia variable

Cuatro terminales de conexión:

- TPS del tipo potenciómetro combinado con un interruptor de marcha en ralentí

Su funcionamiento está de acuerdo a los estados del motor como ralentí, carga parcial y plena carga.

Ralentí: El módulo de control al recibir señal en estado de ralentí aumenta mínimamente la cantidad de combustible a inyectar para mantener la

estabilidad del motor y no tener una marcha irregular. Además usa la señal para cortar la inyección en desaceleración.

Carga parcial: Cuando la carga empieza a elevarse el sensor da señal y la central de mando interpreta que es una situación de carga parcial y mantiene la mezcla estequiometria.

Plena carga: La central de mando recibe señal del contacto de plena carga y libera la inyección hasta los límites establecidos por el fabricante.

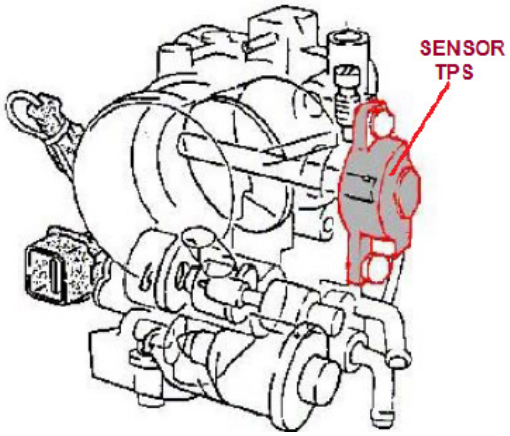


Figura 3.16. Mariposa de aceleración, sensor TPS
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

El voltaje de alimentación necesario para su correcto funcionamiento debe estar entre 4.8 a 5.2 voltios.

3.2.2.3.3 Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT)

Tiene la función de monitorear y enviar a la central de mando una señal eléctrica en base a la temperatura del aire que está ingresando al motor, la densidad del aire varía con la temperatura, cuando tenemos aire más caliente hay menos cantidad de oxígeno por lo que la central de mando utiliza esta información para:

- Regular el suministro de combustible

- Regular el tiempo de encendido
- Control de la recirculación de los gases de escape

Por lo general va montado en el tubo de admisión de aire, entre el filtro de aire y la mariposa de aceleración, aunque también se puede encontrar en el múltiple de admisión. Además el sensor IAT puede encontrarse integrado dentro de otro sensor, como el sensor MAP o en el sensor MAF.

Fig. 3.17 Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT)
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

Cuenta con dos terminales de conexión, ambos conectados a la central de mando:

- 1° terminal es la masa electrónica del sensor
- 2° terminal es el de alimentación y señal variable

El sensor IAT envía una señal de 3 a 4V con el motor frío y a temperatura normal de funcionamiento entrega una señal de 1 a 2V. El voltaje de alimentación necesario para su correcto funcionamiento debe estar entre 4.8 a 5.2 voltios

3.2.2.3.4 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Es el encargado de censar y enviar una señal a la central de mando en lo que respecta a la temperatura del refrigerante del motor. Internamente posee una resistencia NTC, y su valor se altera de acuerdo con la temperatura del agua (líquido de enfriamiento).

La central de mando utiliza esta información para:

- Regular el suministro de combustible
- Corrección del tiempo de encendido
- Control de la marcha en ralentí
- Control de la válvula EGR
- Control de la purga del canister
- Control del electro ventilador

Puede ir ubicado en la carcasa del termostato o en algún punto del circuito de refrigeración del motor.

Cuenta con dos terminales de conexión que están conectados a la central de mando

- 1° terminal es la masa electrónica del sensor
- 2° terminal es el de alimentación y señal variable

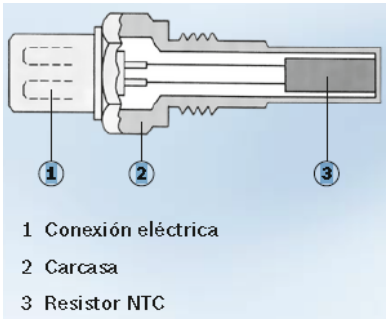


Fig. 3.18 Sensor ECT
Fuente: Sistemas de inyección electrónica BOSH

La alimentación es suministrada por el Módulo de Control Electrónico del Motor (Voltaje de Referencia **V-Ref.**), donde la masa es suministrada por el Módulo de Control Electrónico del Motor (Masa Electrónica), el valor de la resistencia del termistor es afectada por la temperatura del líquido refrigerante, con el motor frío, la temperatura del refrigerante será baja y la resistencia del termistor será alta. Con el motor frío, la temperatura del refrigerante será baja y el voltaje de la señal alta. A medida que el motor y el refrigerante aumentan su temperatura, el valor de la resistencia y el voltaje disminuyen. Figura 3.19

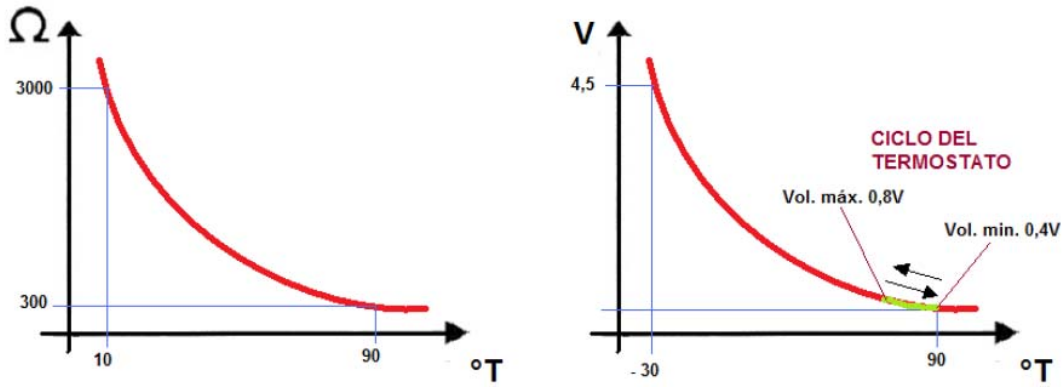


Fig. 3.19 Valor de la resistencia y el voltaje
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

Cuando la central de mando recibe una señal de 5V interpreta que el motor está a una temperatura de -40°C, cuando la central de mando recibe una señal de 0V interpreta que el motor está a una temperatura de 130°C. Figura 3.20

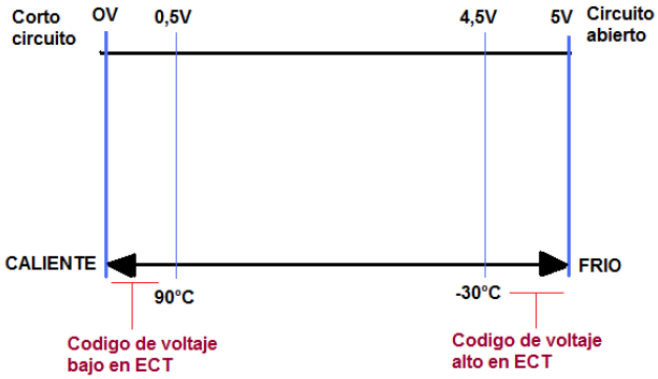


Fig. 3.20 Código de Voltaje de la ECT
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

El voltaje de alimentación necesario para su correcto funcionamiento debe estar entre 4.8 a 5.2 voltios

3.2.2.3.5 Sensor de oxígeno (O2)

La sonda lambda está instalada en el tubo de escape del vehículo, en una posición donde se logra la temperatura ideal para su funcionamiento, en todos los regímenes de trabajo del motor. La sonda está instalada de una forma que un lado está permanentemente en contacto con los gases de escape, y otro lado en contacto con el aire exterior.

Si la cantidad de oxígeno en los dos lados no es igual, se producirá una señal eléctrica que será enviada a la unidad de comando. Por medio de esta señal enviada por la sonda lambda, la unidad de comando podrá variar el volumen de combustible pulverizado. La sonda es un componente de mucha importancia para el sistema de inyección, y su mal funcionamiento podrá contribuir para la contaminación del aire.

Fig. 3.21 Sonda lambda
Fuente: Sistemas de inyección electrónica BOSH

El sensor de oxígeno establece la condición de riqueza o pobreza de la mezcla.

La central de mando utiliza esta información para:

- Corregir la dosificación del combustible, variando el tiempo de activación de los inyectores.
- La información de la misma es esencial para controlar que el sistema trabaje en la zona de relación estequiométrica.

Características:

- El sensor de oxigeno o sonda lambda, está colocado en la tubería del escape o en el colector de escape
- Pueden existir dos sensores de oxígeno, colocados antes y después del catalizador.

- Se puede encontrar sensores de oxígeno de uno hasta 4 cables de conexión.
- El sensor de oxígeno está en contacto con los gases que hay en el interior del escape.
- El sensor necesita calentarse a una temperatura superior a los 300ºC, para empezar a generar la señal variable.
- La sonda también está en contacto con el oxígeno de la atmósfera. La diferencia de concentración entre ambos porcentajes de O2 genera una señal de tensión eléctrica que oscila entre 0 y 1 voltio

3.2.2.3.6 Sensor de oxígeno de Zirconio

Es la sonda Lambda más usada en los modelos actuales pudiendo tener 1 hasta 4 cables de conexión. Genera su tensión de señal indicando la relación entre el oxígeno en escape y aire externo. Está formada por un elemento de cerámica recubierto interna y externamente por platino (Pt). Esta capa metálica cumple la función de electrodo.

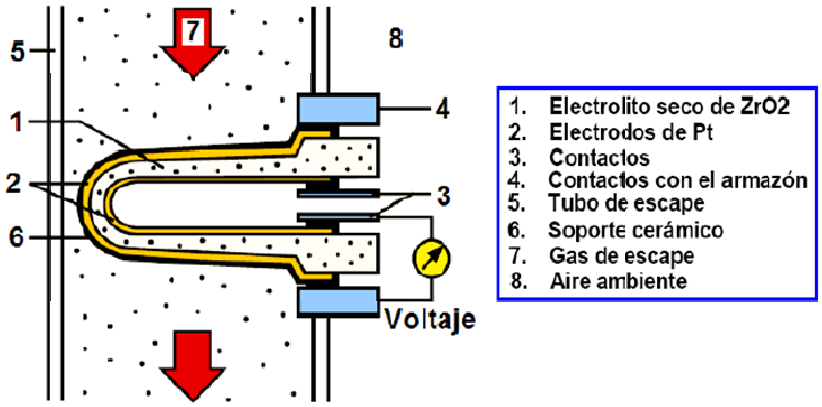


Fig. 3.22 Sensor de Oxigeno de Zirconio
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

La parte externa de la sonda está en contacto con los gases de escape y la interna con la atmósfera. Como la concentración de O2 a ambos lados de las caras cerámicas es diferente se genera una tensión entre ellas.

Mide la concentración de oxígeno en gases de escape. Esta medición le sirve a la central de control para realizar el control del sistema por lazo cerrado.

Funcionamiento de la Sonda Lambda de Zirconio

La Sonda Lambda de Zirconio cambia en forma brusca su señal al pasar de mezcla rica a pobre. Esta circunstancia es aprovechada por la central para detectar cambio en la relación aire-combustible.

1.- Durante el funcionamiento en frío, el sistema permanece en lazo abierto hasta que la sonda alcance un valor de temperatura adecuado. En este caso pueden darse dos situaciones, según el tipo de sistema.

a.- La central asume un valor de 0 Volt.
b.- La otra posibilidad es que la central asuma un valor de 0,45 voltios, como es en la mayoría de los sistemas.

2.- Durante el funcionamiento de motor en lazo cerrado, la sonda de oxígeno envía una señal como se ve en la grafica. La misma se obtiene en un osciloscopio, tomando de su cable de emisión de señal.

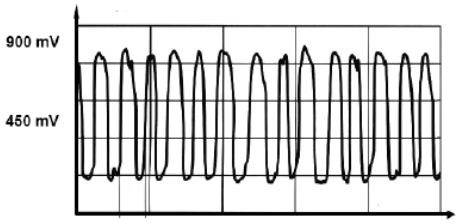


Fig. 3.23 Señal enviada por el sensor
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

- Si la concentración de oxígeno en el escape es inferior a 0,3% la tensión es mayor que 0,8 voltios, esto ocurre para factores lambda inferiores a 0,95.
- Si la concentración de oxígeno en el escape es mayor que 0,5% la tensión es menor que 0,2 voltios, esto ocurre para factores lambda superiores a 1,05
- La variación de tensión es brusca para una relación lambda de 1.

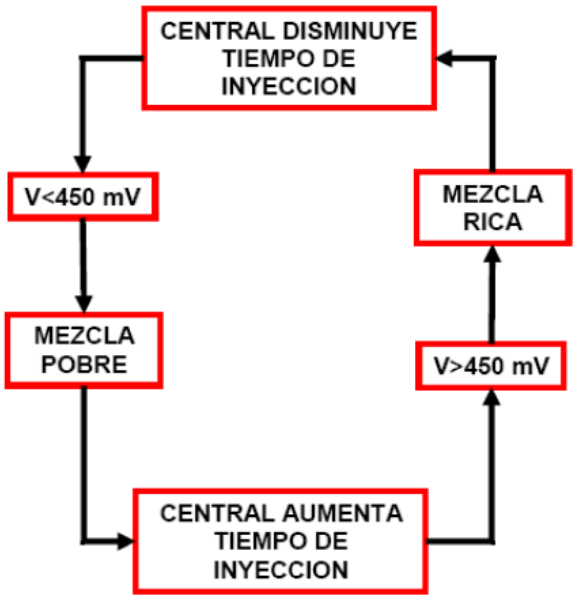


Fig. 3.24 Función de la Centralita
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

Conexión:

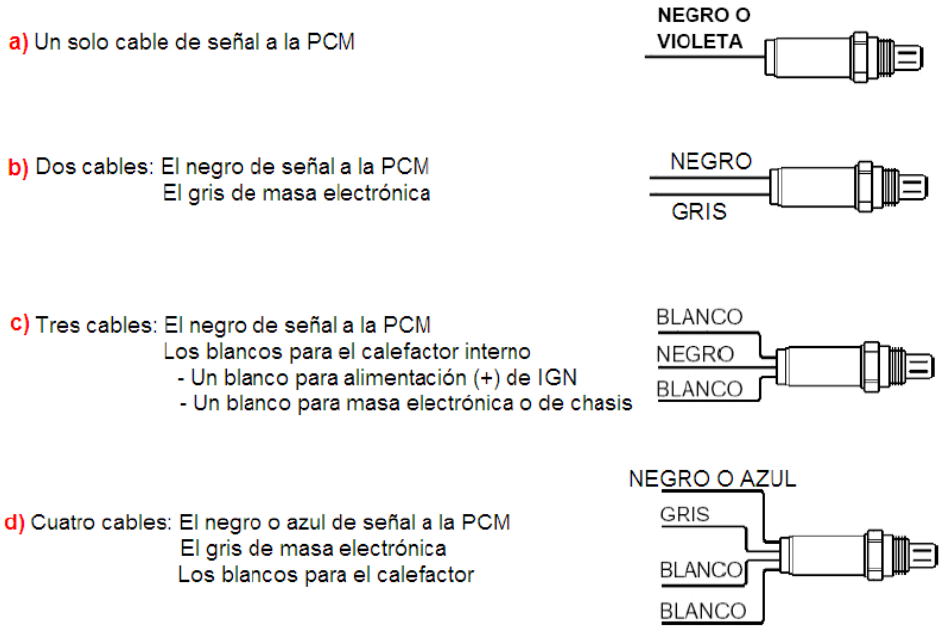


Fig. 3.25 Conexión de la Sonda
Fuente: Artículo PDF Inyección a Gasolina

Aspectos eléctricos

Para evitar interferencias y funciones erróneas del sensible elemento de control motivadas por variaciones del voltaje, ya no se usa la masa común del vehículo para la calefacción y el voltaje de la sonda, sino un cable separado para masa y señales conectado directamente a la centralita electrónica.

3.2.2.3.7 Sensor posición del cigüeñal (CKP)

El sensor CKP envía la información a la central de mando, en lo que respecta a la posición del cigüeñal (primer cilindro) y el régimen del motor (rpm).

La central de mando utiliza esta información para:

- Calcular las repeticiones de la inyección

- Regular el avance del encendido
- Para la sincronización del encendido en sistemas sin distribuidor

Características:

- Se encuentra ubicado a la altura de la polea del motor, a la altura del volante motor o en el centro del motor aproximadamente.
- Es un sensor del tipo inductivo
- Posee dos cables de conexión, en donde se genera la corriente alterna
- Existen sensores con tres cables de conexión, en donde el tercer cable conecta un blindaje de los cables con masa; esto para evitar interferencias eléctricas.

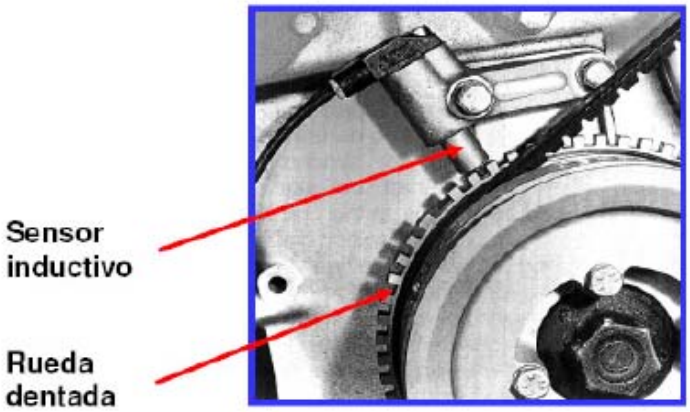


Fig. 3.26 Sensor CKP
Fuente: Sistemas de inyección electrónica BOSH

3.2.2.3.8 Sistema de Encendido DIS

Se utiliza bobinas dobles de encendido o también llamado encendido estático, donde se mantenían los cables de alta tensión. A este sistema de encendido se le denomina sistema de encendido sin distribuidor.

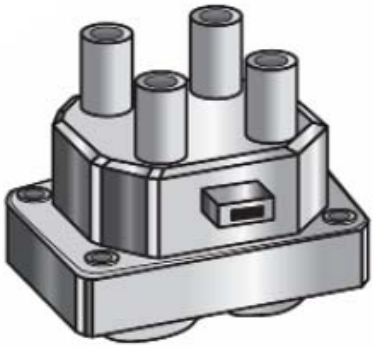


Fig.3.27 Bobina de Encendido doble
Fuente: Articulo PDF, Evolución de los encendidos

A este sistema de encendido también se le denomina de "chispa perdida" debido a que salta la chispa en dos cilindros a la vez, cada bobina se conecta a 2 bujías (1-4 y 2-3), donde la chispa salta en el cilindro 1 en fase de compresión mientras que el cilindro 4 esta al final del escape.

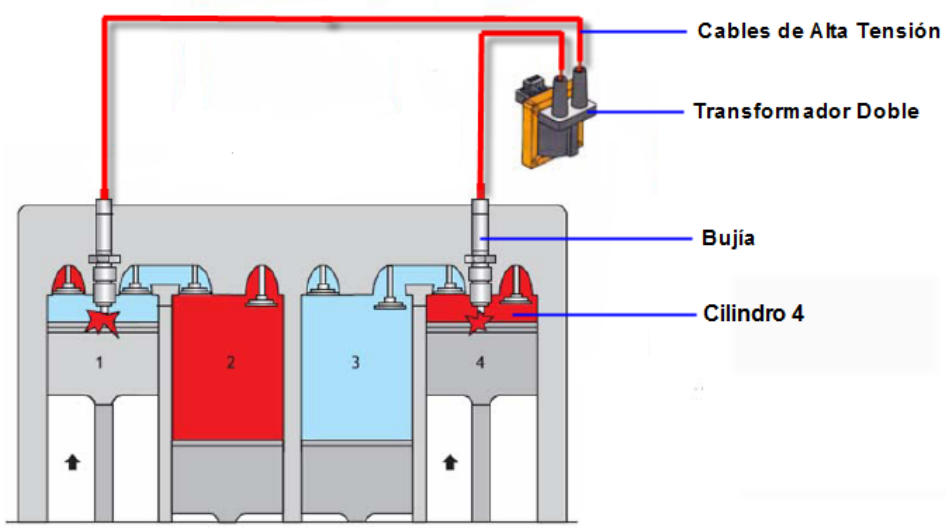


Fig. 3.28 Detalle de Salto de chispa en un encendido DIS
Articulo PDF, Evolución de los encendidos

Al producirse la chispa en dos cilindros a la vez, solo una de las chispas será aprovechada para provocar la combustión de la mezcla, y será la que coincide con el cilindro que está en la carrera de final de "compresión", mientras que la otra chispa

no se aprovecha debido a que se produce en el cilindro que se encuentra en la carrera de final de "escape".

Ventajas del Sistema de encendido DIS

Cabe acotar algunas ventajas al colocar este sistema de encendido en nuestro motor, frente al sistema convencional:

- Mayor tiempo para que la bobina genere el suficiente campo magnético para hacer saltar la chispa que inflame la mezcla, lo que reduce el número de fallos de encendido a altas revoluciones en los cilindros por no ser suficiente la calidad de la chispa que impide inflamar la mezcla.

- Menor interferencias eléctricas del distribuidor por lo que se mejora la fiabilidad del funcionamiento del motor, las bobinas pueden ser colocadas cerca de las bujías con lo que se reduce la longitud de los cables de alta tensión, incluso se llegan a eliminar estos en algunos casos.

- Mayor margen para el control del encendido, por lo que se puede jugar con el avance al encendido con mayor precisión.

3.3 Selección de la computadora programable para el sistema de inyección multipunto indirecta

La nueva tecnología en computadoras programables para vehículos son los nuevos caminos para tener el control de funcionamiento del motor, siendo así productos totalmente programables, prácticamente se pueden realizar funciones ilimitadas como modificación y ajuste del vehículo. Los sistemas programables nos permiten extraer todo el rendimiento del motor, precisamente mediante la entrega de la cantidad requerida de combustible y la sincronización del encendido de que su motor requiere para un máximo rendimiento en todas las condiciones de funcionamiento. Para la selección se realizara la comparación entre dos grandes familias de

computadoras programable la Mega Squirt de serie MS-II versus la Haltech Platinum Sprint 500.

3.3.1.1 Computadora Programable Mega Squirt MS-II

Mega Squirt familia de controladores EFI es una serie experimental (responsable para solucionar algunos detalles de la inyección de combustible que son específicas para su aplicación y equipos) universal programable de inyección de combustible para los reguladores electrónicos de encendido por chispa.

Mega Squirt EFI es un sistema de control sencillo que proporciona un control de inyección de combustible que se puede adaptar a cualquier aplicación, sin tener que escribir código incrustado o entender la función del control motor.

Mega Squirt-II en 2005, fue un reemplazo de MegaSquirt-I, donde incluye un procesador más rápido y de mayor capacidad de memoria, y también incluye opciones de control para los controladores paso a paso IAC y sistemas de encendido CAN (Controller Area Network, Red de área de control)

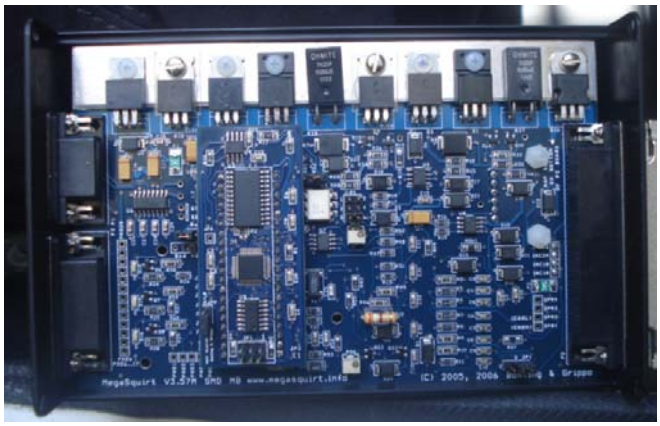


Fig. 3.29 Computadora Mega Squirt MS-II
Fuente: Autores

El controlador de EFI Mega Squirt utiliza sensores estándar, como temperatura del refrigerante, temperatura del aire de admisión, posición del acelerador, gases de escape, pulso de inyección existente para llevar a cabo la inyección de combustible y el ancho de pulso.

3.3.1.2 Características de la computadora Programable Mega Squirt MS-II

Mega Squirt PCB ó MS-II (Printed Circuit Board) puede controlar la inyección de combustible en motores desde 1 hasta 12 o más cilindros. Los inyectores a controlar pueden ser de alta o baja impedancia, para cualquier número de cilindros, aún motores de 3 y de 5 cilindros, incluso motores con sistema de encendido por chispa perdida (odd-fire).

Mega Squirt soporta un gran número de sistemas de encendido, ya sea directamente o por modificaciones al circuito, como alternativa es posible controlar una bobina directamente, hasta un máximo de seis.

Megasquirt es una controladora de inyección de combustible y controla el tiempo del motor (ignición/chispa), ésta puede controlar la forma en que los inyectores de un motor distribuyen el combustible y el avance del encendido para poder mejorar el rendimiento del motor.

Mega squirt PCB MS-II es completamente programable, la misma provee una conexión serial para interface con una PC o NOTEBOOK y toda la información está disponible en línea. Por lo tanto se ha convertido en un 'Stand- Alone Engine Management System' es decir, un sistema completamente independiente que no necesita o depende de la computadora actual de un motor para poder llevar a cabo su función. El sistema operativo que utiliza una mega Squirt PCB es como minino, Windows 95 o superior, tener un puerto serial para configurar y ajustar la Mega Squirt.

Ventajas

Una de las principales ventajas del sistema Mega Squirt es la posibilidad de tomar una lectura de datos en tiempo real de todos los parámetros del motor en

funcionamiento Datalog, tanto así RPM vs MAP, avance de encendido, temperatura de admisión, motor, refrigerante, etc.

El usuario no tiene que preocuparse por hacer los famosos chips, ya que bastara con conectar una pc o notebook para la reprogramación la misma que es instantánea y constante mientras el vehículo está funcionando, otra ventaja, es la función del transductor MAP (maindflor Air pressure) que lee constantemente la presión en el múltiple fundamental para un motor ya que la apertura del inyector depende en gran parte de este valor, también con mega Squirt se consigue un mapeado perfecto tanto en motores turbo como Aspirados.

Desventajas

Para describir como desventaja se basara en una mega Squirt PCB 2.2 ya que esta no tiene un área de prototipo, no controla en forma directa inyectores que sean "low" o baja impedancia. Tampoco cuenta con un controlador de bobina (coil) en su forma original, si se requiere controlar una bobina hay que añadir un transistor (vb921).

Otra desventaja es que se requiere la utilización de un módulo para poder convertir la señal magnética a formato digital ya que no cuenta con un convertidor de señal análoga a digital.

3.3.1.3 Disponibilidad en el mercado

En el mercado se puede encontrar diferentes series de computadoras Mega Squirt de controladores EFI, desde una PCB 2.2 hasta la reciente PCB 3.57 MS-II de alta velocidad que utiliza un chip MS-II que es más rápido, más poderoso y trae más funciones como un driver para la IAC. En ecuador se pueden conseguir la Mega Squirt, específicamente en la ciudad de Quito a través de un distribuidor llamado “Dinamyca”

3.3.1.4 Facilidad de programación

El usuario no tiene que preocuparse por hacer los famosos chips, ya que bastara con conectar una PC o Notebook para la reprogramación, la misma que es instantánea y constante mientras el vehículo está funcionando.

El software al estar en lenguaje ensamblador está escrito y cargados, y la interfaz de sintonía es a través de una sencilla aplicación para Windows. Puede, por supuesto, concebir, escribir y carga su propio código si lo desea.

Quemador de PROM sirve para hacer cambios de sintonía, con una conexión de puerto serie permite el ajuste de todos los parámetros de ajuste. Las actualizaciones de software son hasta recargables a través de la conexión en serie.

3.3.1.5 Fiabilidad

La comprensión de cómo los controles de Mega Squirt PCB ayudan al funcionamiento del motor para probar y afinar su rendimiento, son sus principales características a tener en cuenta para garantizar el producto contra daños o fallas en el procesamiento de información.

Al disponer la unidad de control electrónico con microcontroladores Motorola que funciona a una velocidad interna de 24 MHz y 16 bits de resolución (MS-II), juntada con la programación en lenguaje ensamblador, da a Mega Squirt su poder. Además, la memoria flash integrada al microprocesador logra una disposición monopastilla verdadera, reduciendo costos y ampliando confiabilidad.

También, usa tecnología de destello, lo que permite la reprogramación instantánea, constante, mientras el vehículo está funcionando. El procesador se puede incluso recargar con otro código de control usando un interfaz de programación simple.
El flash se puede reescribir por lo menos 10.000 veces y tiene una duración de retención de datos de al menos 20 años.

3.3.1.6 Factor Económico

Es la computadora programable más económica, la misma que se vende por kit donde incluye la placa, el microprocesador y un MAP de 250KPa absolutos (1,5 bar por encima de la atmosférica). Su precio no supera los 1000 dólares

3.3.1.7 Proceso de control de inyección

Los procesos de control que puede realizar la mega Squirt PCB es de dos tipos ya sean estos en lazo abierto o en lazo cerrado (con sonda lambda). Para pretender realizar el control de los sistemas de inyección y encendido electrónicos obligatoriamente la computadora necesita tener una fuente de información que le permitan a la unidad electrónica tomar decisiones para el abastecimiento de combustible. Los encargados de proporcionar esta información son los diferentes sensores que estarán instalados en el vehículos, ya que estos le informan a la ECU que tanto combustible y avance de ignición debe agregarse.

3.3.1.8 Mapeo de inyección

El proceso de mapeo de inyección es realizado a través de un proceso de interpolación, se conoce como proceso de interpolación a la obtención de nuevos puntos partiendo del previo conocimiento de un conjunto de puntos dados. La interpolación es la metodología empleada para la construcción de los mapas de inyección, por lo tanto, si una determinada función no tiene exactamente un valor determinado en la tabla será hecha una interpolación para producir el valor exacto entre los puntos más próximos en la tabla, esto la ECU lo hace internamente. Los parámetros que utiliza la Mega Squirt PCB son los que se ven en la tabla 3.2

Tabla 3.2 Parámetros para el Mapeo de inyección
Parámetros
Tipo de motor
Numero de cilindros

RPM mínimas - máximas
Tipo de inyección
Tipo de encendido
Modo de aspiración

Fuente: Taller "Dinamyca" ubicada en la ciudad de Quito

3.3.1.9 Dispositivos para la adaptación de una Mega Squirt PCB MS-II

Para el correcto funcionamiento de la Mega Squirt MS-II necesita de los siguientes dispositivos:

- Sensor de temperatura de Refrigerante
- Sensor de temperatura del aire
- Sensor de oxígeno ya sea de banda estrecha o banda ancha
- Sensor TPS
- Inyectores de baja o alta impedancia
- Bomba de alta presión de combustible
- Un Regulador de presión de combustible
- Sensor MAP
- Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)

3.3.2 Computadora Programable Haltech PLATINUM SPRINT 500

HALTECH es una computadora programable en "tiempo real" de inyección de combustible y sistema de encendido con controlador EFI, La Platinum 500 Sprint puede interactuar directamente con algunos dispositivos CAN. La PLATINUM SPRINT 500 le permite aumentar o disminuir la cantidad de combustible entregado o avance de encendido en puntos de carga y RPM.

Fig. 3.30 Computadora Programable Haltech Platinum Sprint 500
Fuente: Manual del usuario Haltech

3.3.2.1 Características de la computadora Programable Haltech Platinum Sprint 500

Haltech Platinum Sprint 500 puede controlar la inyección de combustible en motores desde 1 hasta 8 cilindros, normalmente aspirados o forzado. Los inyectores a controlar pueden ser de alta o baja impedancia, para cualquier número de cilindros, También controla la carga de detección de posición del acelerador o la presión del múltiple (MAP), es adaptable para sistemas de inyección Secuencial o Semi-secuencial, y para sistemas de inyección multipunto.

Los tipos de encendido compatibles son de efecto Hall Óptica, inductivo, la Haltech Platinum Sprint 500 puede ser utilizado en sistemas de algunas marcas como:

- Bosch Motronic
- Ford
- GM
- Honda
- Mazda
- Mitsubishi
- Nissan óptico
- Subaru
- Toyota

Las características para la manipulación son para un sistema operativo Windows 2000, XP, el software compatible con Windows Vista la programación es en tiempo Real de ajuste mientras el motor está funcionando. Cuenta con de 16 x 16 mapas para el usuario controlando el tiempo de Inyección.

Consta con un sensor MAP interno de 150kPa (hasta 1,5 bar o aumentar 22psi). Para la comunicación del módulo de control con el usuario se lo puede hacer a través de una PC o Notebook por medio de un puerto USB y CAN que son puertos de comunicación.

El número de salidas es de 4 salidas para los inyectores de combustible que deben ser inyectores de alta impedancia, es decir por encima de 8Ω, necesariamente necesita un Ventilador eléctrico y un electro Bomba de combustible.

Ventajas

Una de las principales ventajas del sistema Haltech Platinum Sprint 500 es la posibilidad de tomar una lectura de datos en tiempo real de todos los parámetros del motor en funcionamiento.

El usuario tiene la posibilidad de escoger 16 tipos de mapas de inyección, la programación se realizara por medio de una PC o Notebook la misma que es instantánea mientras el vehículo está funcionando, otra ventaja, es la función es la posibilidad de utilizar el MAP (maindflor Air pressure) interno en el módulo.

Desventajas

Platinum Sprint 500 consigue un mapeado perfecto tanto en motores turbo como Aspirados, pero tiene la desventaja que no es exacta y el rango de medición es grande.

Otra desventaja es que al momento de arrancar el motor hay una desconexión del módulo con el software y por lo tanto se debe esperar de 1 a 5 minutos para

establecer conexión. En el software no se puede realizar modificación de los indicadores por que el diseño ya viene por default

3.3.2.2 Disponibilidad en el mercado

En el mercado se puede encontrar diferentes series de computadoras Haltech de controladores EFI, desde una haltech E6X hasta la reciente Platinum Sprint 500 de alta velocidad. En ecuador se pueden conseguir las computadoras haltech, específicamente en la ciudad de Quito a través de distribuidores autorizados por la fábrica como son: "Dinamyca",

3.3.2.3 Facilidad de programación

El usuario no tiene que preocuparse por hacer los mapas ya que cuenta con 16, y bastara con conectar una PC o Notebook para la reprogramación, la misma que se realiza instantáneamente y constante mientras el vehículo está funcionando.

El software al estar en lenguaje ensamblador está escrito y cargados, y la interfaz de sintonía es a través de una sencilla aplicación para Windows. Puede, por supuesto, concebir, escribir y carga su propio código si lo desea.

3.3.2.4 Fiabilidad

Haltech al ser una empresa internacional y preocupada por el buen rendimiento de motores a gasolina dan la garantía de poder afinar el rendimiento del motor, y poder garantizar el producto contra daños o fallas en el procesamiento de información.

3.3.2.5 Factor Económico

La computadora programable se vende por kit donde incluye la, ECU, Sensor de temperatura del Aire, Sensor de Temperatura del agua, Sensor Hall, Cableado Principal, el precio de la computadora esta por los 2000 dólares.

3.3.2.6 Proceso de control de inyección

Haltech Platinum Sprint 500 puede realizar dos tipos de proceso ya sean estos en lazo abierto o en lazo cerrado (con sonda lambda). Para pretender realizar el control de los sistemas de inyección y encendido electrónicos obligatoriamente la computadora necesita necesariamente tener una fuente de información que le permitan a la unidad electrónica tomar decisiones para el abastecimiento de combustible. Los encargados de proporcionar esta información son los diferentes sensores que estarán instalados en el vehículos, ya que estos le informan a la ECU que tanto combustible y avance de ignición debe agregarse.

3.3.2.7 Mapeo de inyección

El proceso de mapeo de inyección es realizado a través de un proceso de interpolación, se conoce como proceso de interpolación a la obtención de nuevos puntos partiendo del previo conocimiento de un conjunto de puntos dados. La interpolación es la metodología empleada para la construcción de los mapas de inyección, por lo tanto, si una determinada función no tiene exactamente un valor determinado en la tabla será hecha una interpolación para producir el valor exacto entre los puntos más próximos en la tabla, esto la ECU lo hace internamente. Los parámetros que utiliza la Haltech Platinum Sprint 500 son los que se ven en la tabla 3.3

Tabla 3.3 Parámetros para el Mapeo de inyección
Parámetros
Tipo de motor
Numero de cilindros

RPM mínimas - máximas
Tipo de inyección
Tipo de encendido
Modo de aspiración

Fuente: Taller "Dinamyca" ubicada en la ciudad de Quito

Las tablas de corrección de inyección de combustible que puede realizar:

- Corrección de temperatura del aire
- Corrección barométrica
- Corrección de la temperatura del refrigerante
- Tiempo Muerto del inyector
- Corrección del mapa
- El primer pulso

3.3.2.8 Dispositivos para la adaptación de una Haltech Platinum Sprint 500

Para el correcto funcionamiento de la Haltech Platinum Sprint 500 necesita de los siguientes dispositivos:

- Sensor de Temperatura del Aire
- Limitador de revoluciones
- Sensor de Temperatura del Refrigerante
- Presión Absoluta del Múltiple
- Velocidad del automóvil
- Posición del acelerador
- Sensor de O2 (de banda estrecha o banda ancha)
- Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)

3.3.3 Computadora seleccionada

Luego de la comparación de dos computadoras programables, se ha optado por Mega Squirt PCB MS-II ya que esta puede controlar la inyección de combustible para nuestro motor que es de 4 cilindros, los inyectores que se pretende utilizar son de alta impedancia, el sistema de encendido actual del vehículo es TSZ-i. por lo que si sería compatible. También se seleccionó Mega Squirt por su facilidad de encontrar información en internet ya sea para su instalación, programación, también por la información que tiene más detallada el proveedor taller Dinamyca, de la cuidad de Quito. El sistema operativo que utiliza una Mega Squirt PCB es también importante para poder configurar y ajustar la Mega Squirt. Dentro de otros ítems que también se tomaron en cuento fue su fiabilidad, factor económico, y los dispositivos de entrada necesarios para su correcto funcionamiento así como su rapidez y perfección con la que se realiza el mapeo de inyección.

Capitulo 4

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MULTIPUNTO INDIRECTA CONTROLADA POR UNA COMPUTADORA PROGRAMABLE

4.1 Implementación del sistema de alimentación de combustible

Antes de realizar la implementación del sistema de inyección se realizará modificaciones en algunos elementos del vehículo que nos permitirá acoplar adecuadamente el nuevo sistema.

4.1.1 Modificación del Tanque de Combustible

El tanque de combustible con el que viene el vehículo es un tanque sencillo, este no cuenta con rompe olas, y el sistema de alimentación es por medio de una bomba mecánica por lo que se procede a desmontarlo para realizar modificaciones.

Pasos para el desmontaje del depósito

1. Desconecte el cable negativo de la batería
2. Drene el combustible por el tapón en la parte inferior del deposito
3. Desconecte el terminal eléctrico del medidor de nivel de combustible
4. Desconecte las diferentes tuberías del deposito
5. Embanque el vehículo para mayor comodidad para el desmontaje
6. Afloje los pernos de sujeción

Fig.4.1 Vehículo embancado para el desmontaje del depósito
Fuente: Autores

Fig.4.2 Depósito de combustible sin modificaciones
Fuente: Autores

Para un sistema a inyección se debe tener en cuenta que el tanque de combustible debe poseer rompe olas, una cubeta para el alojamiento de la bomba eléctrica, un medidor que indique el nivel de combustible, para lo que en el depósito se realizarán todas estas modificaciones. Para realizar todos los trabajos en el depósito se lo debe lavar completamente con agua varias veces y dejarlo secar, ya que se trabajará a altas temperaturas.

Fig.4.3 Tanque de combustible seccionado para la modificación
Fuente: Autores

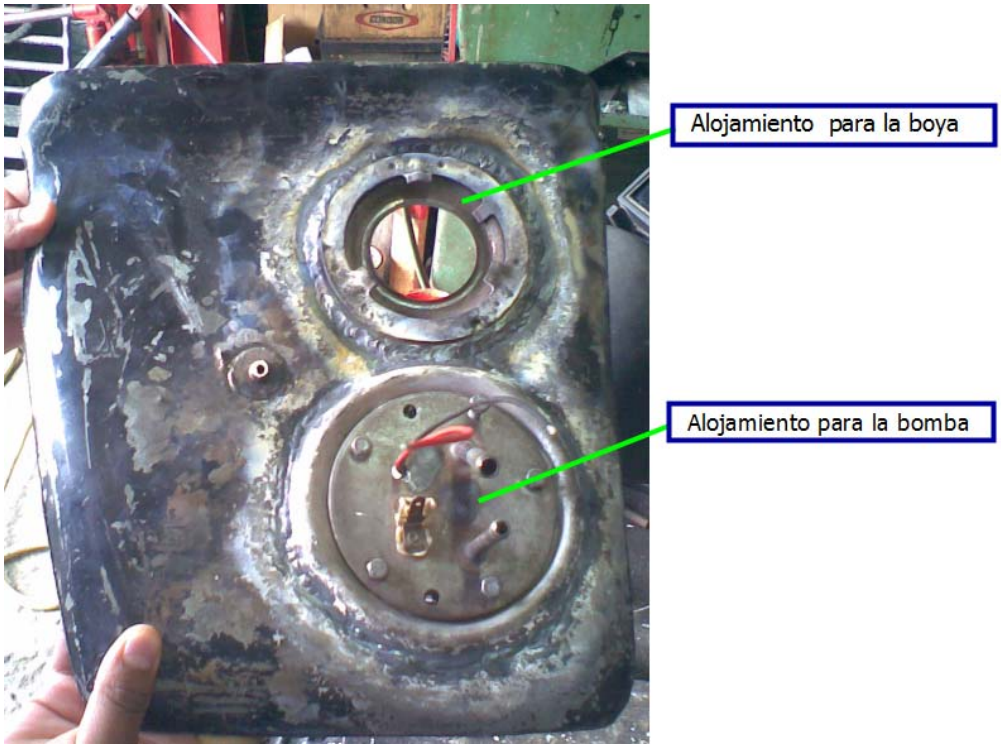


Fig. 4.4 Nuevo alojamiento para la base boya- bomba
Fuente: Autores

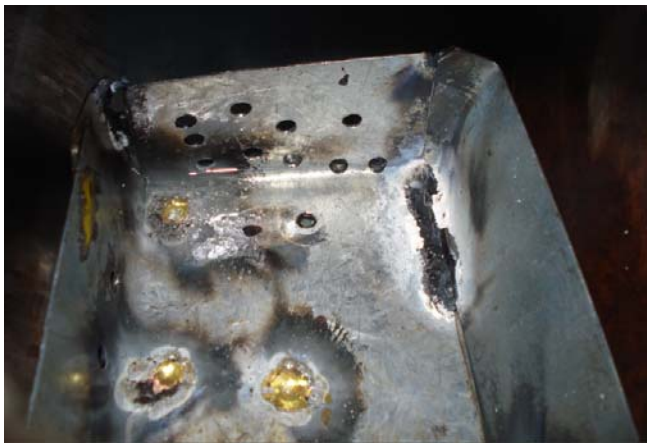


Fig. 4.5 Cubeta para el alojamiento de la bomba
Fuente: Autores

Luego de los trabajos realizados se cubren las uniones de soldadura con pintura sellante para realizar la siguiente comprobación:

- Prueba de estanqueidad: se procedió a tapar el ducto de llenado de combustible y circulación de vapor de gases de combustible, para proceder al llenado con agua para verificar fugas.

Fig.4.6 Depósito de combustible con las modificaciones en perfectas condiciones
Fuente: Autores

Se procede a montar el depósito en el vehículo, se debe tener cuidado al momento de conectar los mangueras, evitar que queden obstruidas o flojas en sus conexiones.

4.1.2 Bomba de combustible

Al ser una bomba que funciona sumergida en el tanque de combustible, fue necesario realizar un nuevo agujero en el tanque para la colocación de la bomba. Figura 4.7

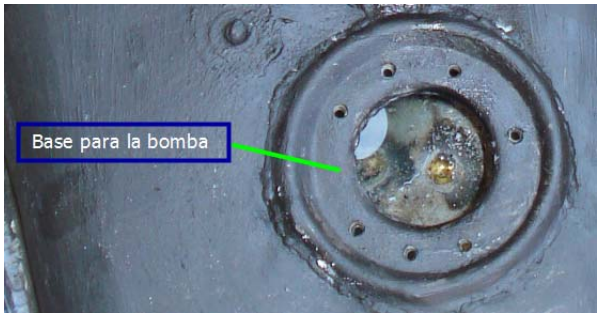


Fig. 4.7 Base para la bomba
Fuente: Autores

Para el montaje de la bomba fue necesario conseguir una base de otro depósito de combustible que tenga tubería de circuito de alimentación y retorno. Figura 4.8

Fig.4.8 Nueva base para la bomba
Fuente: Autores

En la nueva base, se realizó un agujero para los cables de alimentación de voltaje, y se soldó una platina para la sujeción de la bomba con una brida. Figura 4.9

Fig.4.9 Montaje de la bomba eléctrica en su base
Fuente: Autores

Con la bomba en su base se procede a montar en el depósito, y conectar las mangueras de retorno, alimentación de combustible y socket de alimentación de voltaje.

Fig. 4.10 Colocación de la bomba en el depósito
Fuente: Autores

Fig. 4.11 Conexión de las mangueras de combustible y socket de alimentación de voltaje
Fuente: Autores

Luego del montaje se verifica la no existencia de fugas en las conexiones de alimentación y retorno así como su el sellado de la base.

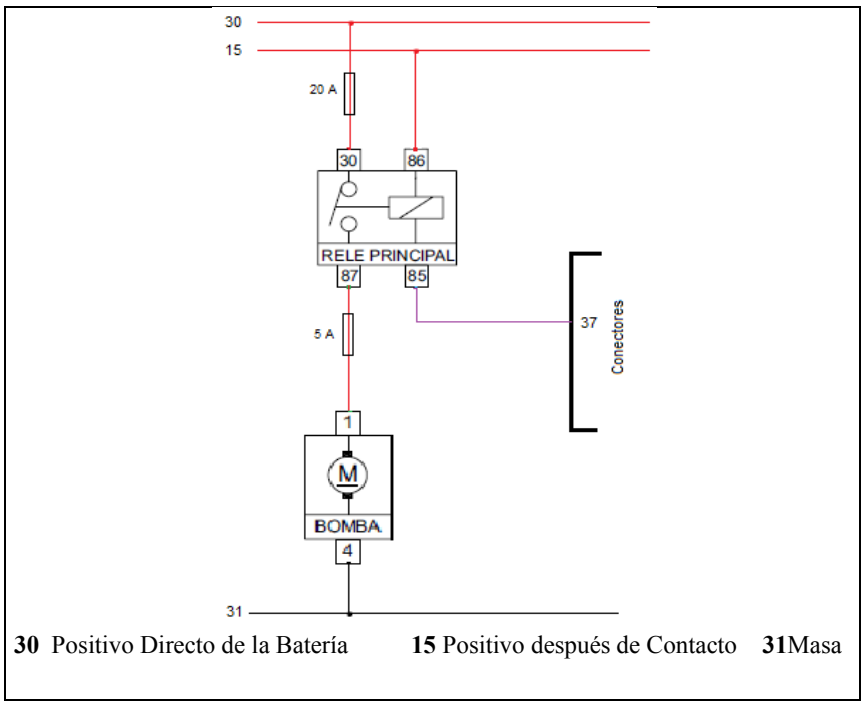


Fig. 4.12 Circuito Eléctrico de la Bomba eléctrica
Fuente: Autores

4.1.3 Cañería de alimentación y retorno de combustible

La cañería de alimentación es la misma con la que estaba funcionando el vehículo, al ser un tubería de acero es adecuada para el nuevo sistema de alimentación, ya que soporta la alta presión que envía el bomba eléctrica.

La cañería de retorno de combustible es de caucho con malla de refuerzo, se coloca esta tipo de tubería por protección ya que se la coloco debajo del vehículo junto a la tubería de acero.

Fig. 4.13 Cañerías de alimentación y retorno de combustible
Fuete: Autores

4.1.4 Filtro de combustible

El filtro está instalado después de la bomba, reteniendo posibles impurezas contenidas en el combustible. Al colocar el filtro se debe tener en cuenta la señal indicada en la carcasa (IN-OUT), siendo IN entrada y OUT salida del filtro. Es el componente más importante para la vida útil del sistema de inyección. Se recomienda cambiarlo a cada 20.000 km en promedio.

En nuestro vehículo, el filtro está instalado debajo del vehículo, cerca del tanque, para que sea fácil su reemplazo. Si el filtro esta taponado el vehículo puede parar y dañar la bomba. Tener cuidado con el apriete de las bridas, al no ser el adecuado puede existir fugas de combustible.

Fig. 4.14 Filtro de combustible
Fuente: Autores

4.1.5 Riel de inyección

El riel de inyección es el encargado de repartir el combustible a los inyectores, el riel utilizado es de un vehículo Onda Civic de material de aluminio que nos facilitara la modificación del mismo.

El riel para nuestro motor fue modificado de acuerdo a la distancia entre los conductos del múltiple de admisión, para lo que fue necesario cortarlo y colocar un nuevo buje realizado en el torno con las características del inyector, y soldarlo. Se tuvo cuidado al momento de cortarlo para no dañar los conductos del regulador de presión que tiene en su interior para el funcionamiento.

Fig. 4.15 Riel de inyectores
Fuente: Autores

Para su sujeción del riel se colocó en el colector de admisión unas bases.

Fig. 4.16 Bases para la sujeción del riel al múltiple
Fuente: Autores

En el riel de inyección se colocó una platina con la punta en forma de "u" para la colocación del cable del acelerador.

Fig. 4.17 Platina en forma de "u" para la sujeción del cable del acelerador
Fuente: Autores

4.1.6 Regulador de presión de combustible

Está instalado en el tubo distribuidor y es un regulador con flujo de retorno. Este garantiza presión uniforme y constante en el circuito de combustible, lo que permite que el motor tenga un funcionamiento correcto en todos los regímenes de revoluciones.

En este elemento va la cañería de retorno, cuando se sobrepasa la presión, ocurre una liberación en el circuito de retorno y el combustible retorna al tanque sin presión, para su correcto funcionamiento es necesaria una toma de vacío para lo que se colocó una cañería en el múltiple de admisión.

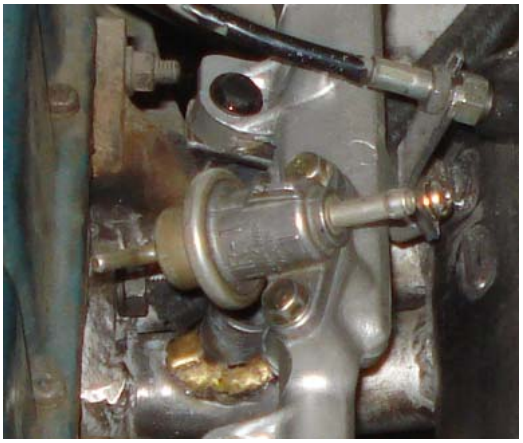


Fig. 4.18 Regular de presión de combustible
Fuente: Autores

4.1.7 Inyectores

En nuestro motor con sistema de inyección multipunto, cada cilindro utiliza una válvula de inyección que pulveriza el combustible antes de la válvula de admisión del motor, para que el combustible pulverizado se mezcle con el aire, produciendo la mezcla que resultará en la combustión.

Para obtener la perfecta distribución del combustible, sin pérdidas por condensación, se debe evitar que el chorro de combustible toque en las paredes internas de la admisión, por lo que el ángulo del inyector es de 40° de acuerdo a lo preestablecido en el capítulo dos.

Fig. 4.19 Inyectores
Fuente: Autores

Al momento de colocar los inyectores en el riel y en el colector de admisión se debe tener cuidado de no destruir los oil-ring, ya que estos permiten tener una buena hermeticidad en sus alojamientos.

Fig. 4.20 Alojamiento para el Inyector
Fuente: Autores

4.1.8 Circuito alimentación de combustible

En la figura se puede observar el circuito de alimentación implementado en el vehículo Datsun con motor 1000.

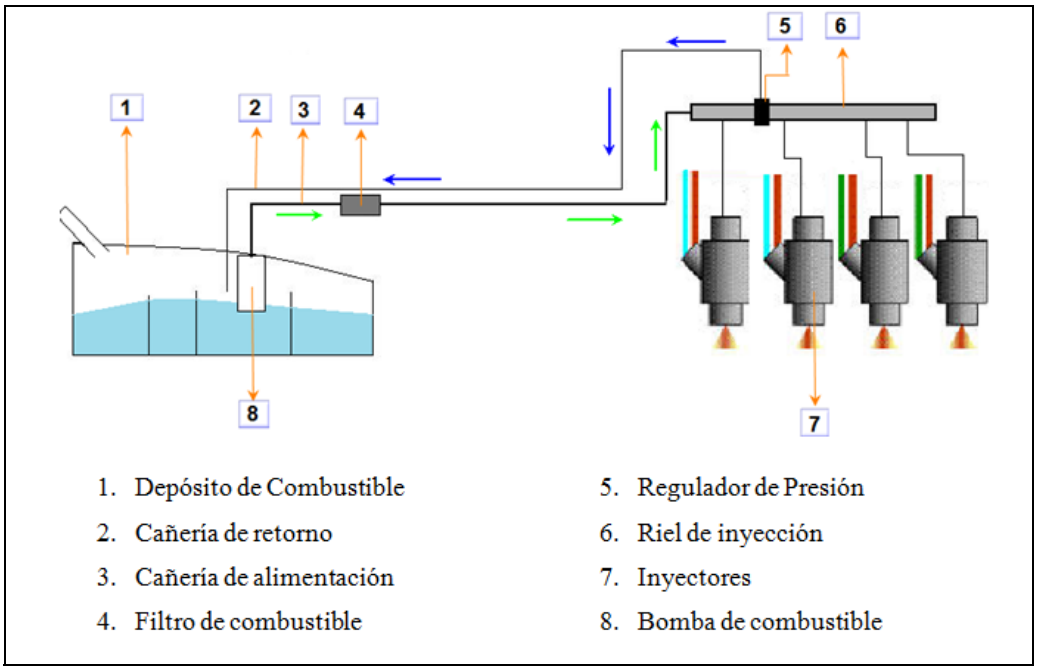


Fig. 4.21 Circuito de alimentación de combustible
Fuente: Autores

4.2 Implementación del sistema de aire

4.2.1 Colector de Admisión

El colector de admisión fue diseñado con los datos obtenidos en el capítulo dos, antes de montarlo en el motor, se debe realizar una limpieza para eliminar todas las partículas de soldadura, se debe hacer un chequeo visual de todos los puntos de unión de soldadura.

Fig. 4.22 Múltiple de admisión
Fuente: Autores

Los agujeros para los inyectores son bujes trabajados en el torno según las características de los inyectores teniendo en cuenta que deben quedar bien herméticos.

Fig. 4.23 Alojamiento para el Inyector
Fuente: Autores

Desmontaje del colector de aluminio

1. Desmonte el depurador y el filtro de aire
2. Desconecte la tubería de combustible

3. Desconecte el cable del acelerador
4. Afloje los pernos de sujeción del múltiple
5. Retire el múltiple de admisión

Fig. 4.24 Desmontaje del colector de admisión de aluminio
Fuente: Autores

Antes de proceder a la colocación del nuevo múltiple, limpie los conductos con un limpiador de carburador, y construya un nuevo empaque con papel garropag, para tener un buen sellado entre el cabezote y los conductos del múltiple, se procede a colocar el nuevo múltiple de admisión, junto a los empaques.

Fig. 4.25 Conductos de admisión
Fuente: Autores

Fig.4.26 Montaje del nuevo colector de admisión
Fuente: Autores

4.2.2 Cuerpo de aceleración

Para la colocación de la mariposa de aceleración construya un empaque de garropag, y coloque en el plenum del múltiple, y ajustando sus pernos.

Coloque el cable de aceleración en su alojamiento y compruebe su accionamiento desde el pedal de aceleración, este debe ser suave y progresivo, verifique que la mariposa de abra en su totalidad.

Fig.4.27 Montaje de Cuerpo de aceleración
Fuente: Autores

4.2.3 Filtro de aire

Para el cuidado de nuestro motor y para el correcto funcionamiento y evitar posibles averías se debe colocar el filtro de aire. Este elemento es el encargado de eliminar todas las impurezas que puede contener el aire.

El tipo de filtro a utilizar es un Filtro cónico ya que tiene algunas ventajas como dar un sonido más agradable del motor y aumentar los caballos de fuerza del motor, también se debe tener en cuenta que es un filtro muy delicado por lo que se colocará en un lugar donde no tenga contacto con el agua. Para el acople con la mariposa se utiliza un tubo con sus respectivos adaptadores la longitud de la tubería es de 25 cm, debido a que no se dispone de más espació en alojamiento del motor.

Fig. 4.28 Filtro de aire cónico
Fuente: Autores

4.3 Implementación de sistema Electrónico

4.3.1 Modulo de Control (Mega Squirt MS II)

El módulo se colocó detrás del asiento del conductor, se debe tener en cuenta que para su programación se debe sacar su cubierta, también que de este módulo sale la

manguera para el sensor MAP y el cable de comunicación de datos a una computadora portátil y el cableado principal de control.

Se debe tener en cuenta que la computadora este protegida contra la humedad, y sobre todo segura para evitar que se la roben.

Fig. 4.29 Modulo de control (Mega Squirt MS II)
Fuente: Autores

Fig. 4.30 Modulo de control (Mega Squirt MS II) sin cubierta
Fuente: Autores

4.3.2 Cableado Principal

Es el encargado de enviar y recibir las señales del módulo y sensores, es un cable de 12” de longitud de 37 pines, su colocación se la realizo por dentro del tapizado del vehículo y este llega hasta el motor.

Fig. 4.31 Cable Principal de control
Fuente: Autores

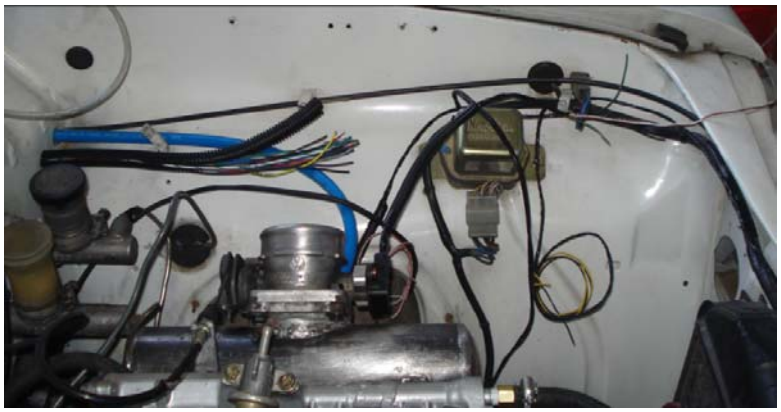


Fig.4.32 Cable Principal de control junto al motor
Fuente: Autores

4.3.3 Base de fusibles

Se la coloco en la carrocería del vehículo, es una base de ocho servicios, donde irán los diferentes fusibles que es necesario para la protección de los elementos de nuestro sistema de inyección.

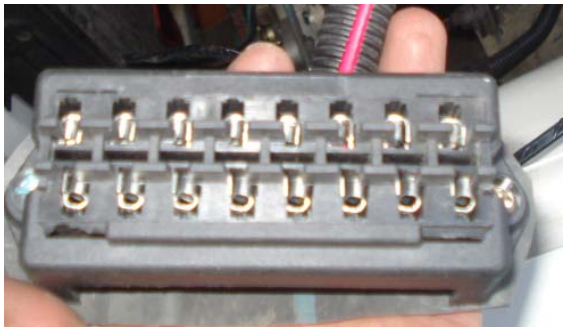


Fig. 4.33 Base de fusibles
Fuente: Autores

4.3.4 Relé

Tanto el Relé principal como el de la bomba de combustible se colocaron junto a la caja de fusibles. La función que cumple el Relé es la de permitirnos controlar grandes consumos eléctricos mediante pequeñas corrientes de activación.

El Relé principal se utiliza para la alimentación de los inyectores y del módulo de control. De esta forma la Mega-Squirt (computadora de nuestro auto) puede comandar a todos estos periféricos sin tener que manejar las corrientes elevadas.

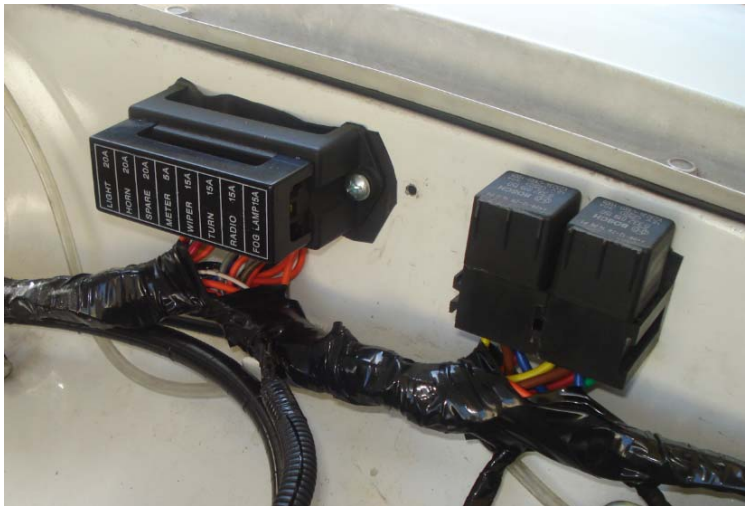


Fig.4.34 Relé principal y la bomba de combustible
Fuente: Autores

4.3.5 Sonda de Oxigeno (O2)

La sonda lambda está instalada en el tubo de escape del vehículo, en la unión de los cuatro tubos de salida de los gases, ya que el motor consta con Heder, al tener este sistema de escape es necesario utilizar una sonda con calefactor con el fin de acelerar el calentamiento de la sonda y para tener lecturas con el motor frio y así reducir las emisiones de gases de escape en la fase de arranque, está la sonda se caliente de 10 a 15 segundos.

Fig. 4.35 Sonda Lambda de Zirconio
Fuente: Autores

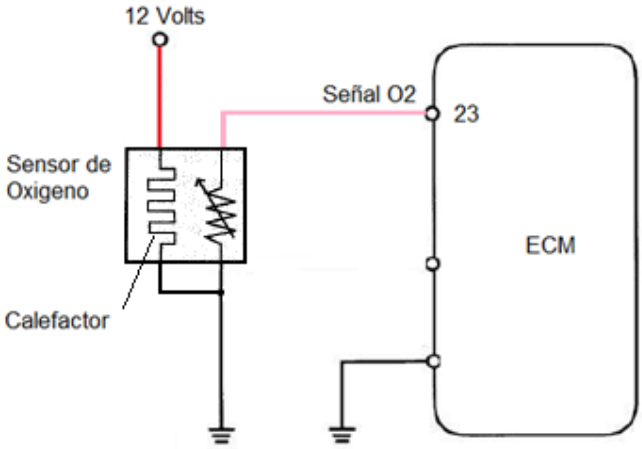


Fig. 4.36 Circuito Sensor O2
Fuente: Autores

4.3.6 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

El sensor de temperatura fue colocado en el lugar del instrumento de temperatura del motor, este sensor se encarga de informarle a la ECU la temperatura del motor, el sensor utilizado es un NTC que es compatible con la Mega Squirt MS II; el sensor ECT con un motor en estado frio, la resistencia del sensor es elevada, a medida que el motor y el refrigerante aumentan su temperatura, el valor de la resistencia disminuye.

Para conocer la forma de la onda del sensor es necesario medir la temperatura y la resistencia, para lo que se utiliza un multímetro en la función de ohmios, para conocer la temperatura del sensor nos ayudamos con el software Tuner Studio donde se tiene un medidor de temperatura del refrigerante.

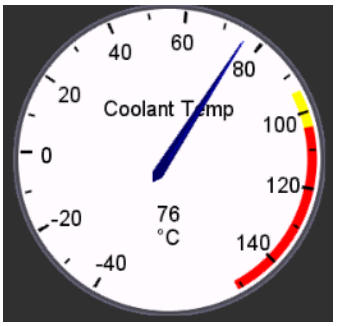


Fig. 4.37 Medidor de Temperatura en el Software Tuner Studio
Fuente: Autores

Tabla 4.1 Rangos de Medición del sensor ECT	
Temperatura (°C)	Resistencia (Ω)
10	5,670
20	3,520
30	2,238
40	1,459
50	973
60	667
76	467
80	332

Fuente: Autores

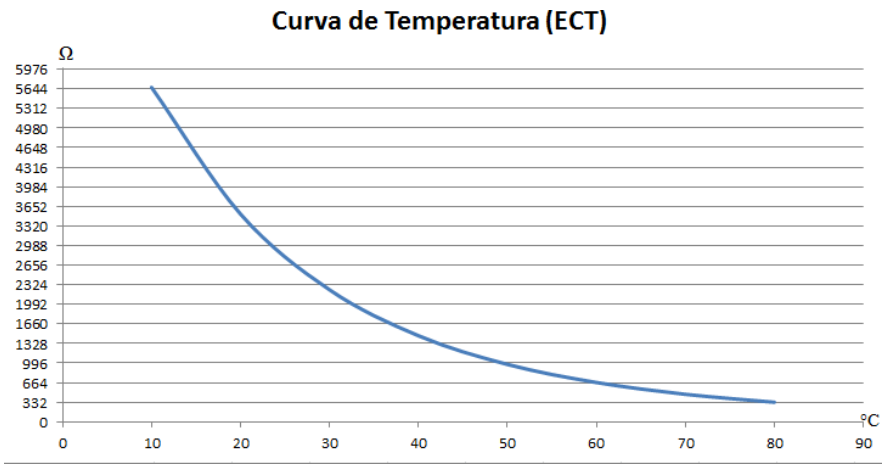


Fig. 4.38 Curva de la Temperatura del sensor ECT
Fuente: Autores

Fig. 4.39 Sensor de Temperatura del refrigerante (ECT)
Fuente: Autores

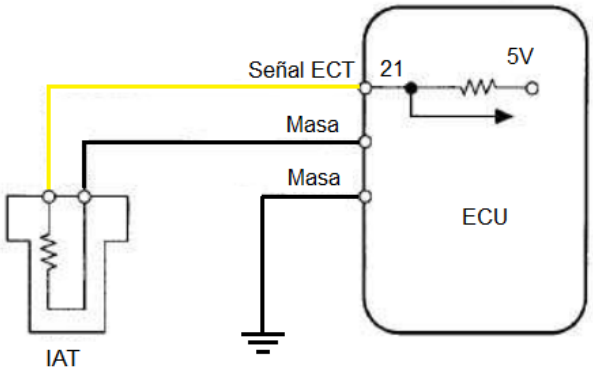


Fig. 4.40 Circuito Eléctrico Sensor ECT
Fuente: Autores

4.3.7 Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT)

Este sensor está colocado en el plenum del colector de admisión, es un sensor del tipo NTC (Coeficiente de temperatura negativo, disminuye la resistencia al aumentar la temperatura), este sensor envía una señal a la ECU de la temperatura del aire de admisión, el sensor IAT al captar la temperatura del aire en estado frio, la resistencia del sensor es elevada a medida que el motor y el aire en el plenum aumentan su temperatura, el valor de la resistencia disminuye, por lo que cuando el aire es muy frio la ECU incrementa los tiempos de inyección para enriquecer la mezcla.

Fig. 4.41 Sensor de Temperatura del Aire (IAT)
Fuente: Autores

Para conocer la forma de la onda del sensor es necesario medir la temperatura y la resistencia, para lo que se utiliza un multímetro en la función de ohmios, para conocer la temperatura del sensor nos ayudamos con el software Tuner Studio donde se tiene un medidor de temperatura del aire.

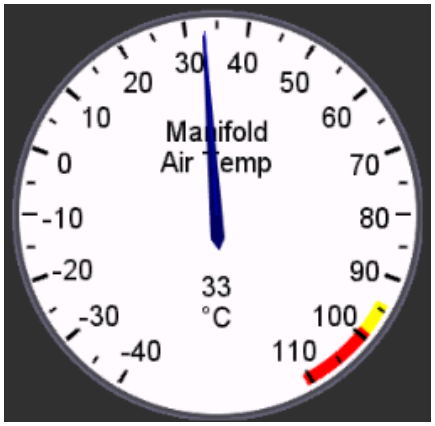


Fig. 4.42 Medidor de Temperatura en el Software Tuner Studio
Fuente: Autores

Tabla 4.2 Rangos de Medición del sensor IAT	
Temperatura (°C)	Resistencia (Ω)
20	2010
25	1550
30	1200
33	750
40	405

Fuente: Autores

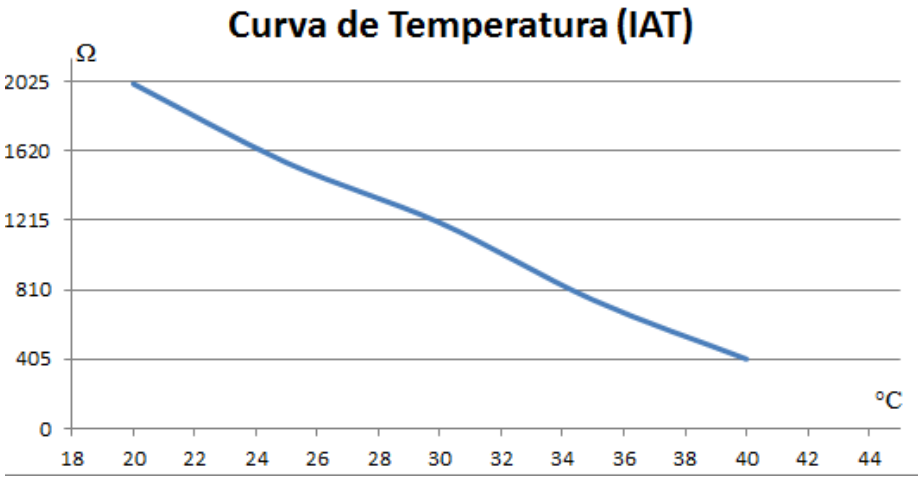


Fig. 4.43Curva de la Temperatura del sensor IAT
Fuente: Autores

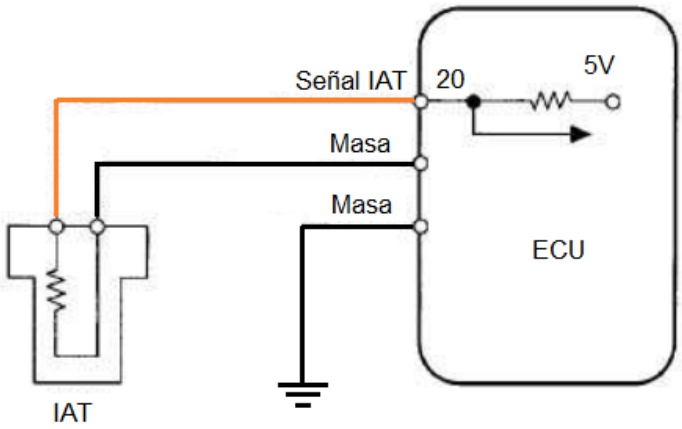


Fig. 4.44 Circuito Eléctrico sensor IAT
Fuente: Autores

4.3.8 Sensor de posición de la mariposa del acelerador (TPS)

El sensor TPS está montado en el cuerpo de aceleración y convierte el ángulo de la mariposa del cuerpo de aceleración en una señal eléctrica. A medida que la mariposa se abre, el voltaje de la señal se incrementa.

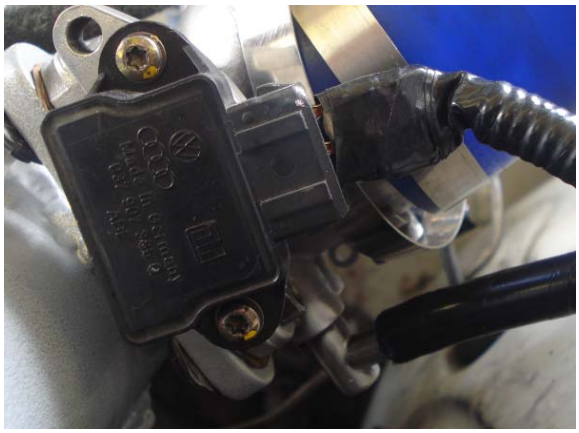


Fig. 4.45 Sensor TPS
Fuente: Autores

La ECU usa la información de la posición de la mariposa para saber:

El modo del motor en:

- Ralentí

- Aceleración parcial
- Aceleración total

En ralentí, el voltaje de la señal del sensor es entre 0.6 - 0.9 Volts. Desde este voltaje, la ECU sabe que la mariposa está cerrada. En aceleración total, la señal de voltaje es aproximadamente 3.5-4.7 Volts.

Tabla 4.3 Rangos de Medición del Sensor TPS	
Voltaje (V)	**Resistencia (KΩ)**
5	0,5
4,5	1
4	1,5
3,5	2
3	2,5
2,5	3
2	3,5
1,5	4
1	4,6
0,5	5
0	5,5

Fuente: Autores

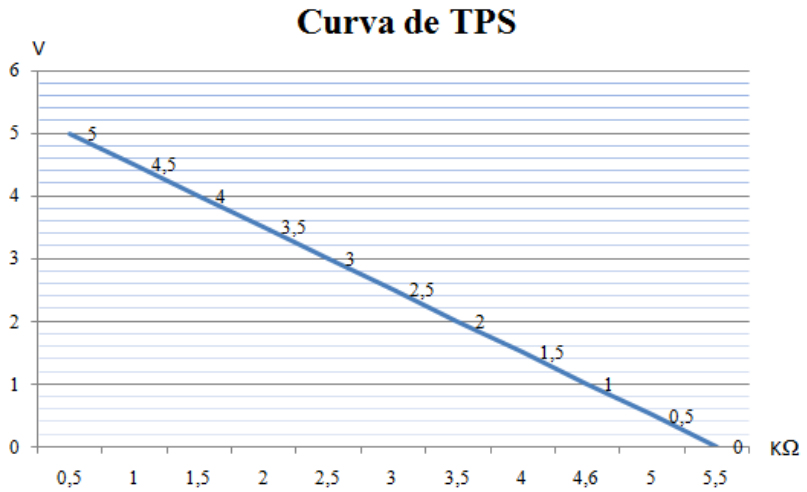


Fig. 4.46 Curva de voltaje del TPS
Fuente: Autores

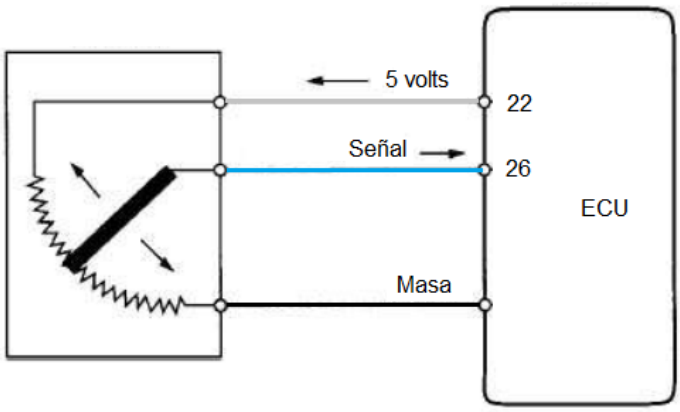


Fig. 4.47 Circuito Eléctrico TPS
Fuente: Autores

4.3.9 Sensor que mide la presión absoluta en el múltiple de admisión (MAP)

El sensor MAP está colocado en el mismo módulo de control, por lo que fue necesario colocar una manguera desde el vacío de la mariposa hacia la ECU.

Fig. 4.48 Manguera de vacío (azul) para el MAP
Fuente: Autores

Fig. 4.49 Manguera de vacío (azul) para el MAP en el módulo de control
Fuente: Autores

4.3.10 Sensor de Posición del cigüeñal (CKP)

Para la implementación del sensor CKP es necesario colocar una rueda fónica de 36-1, que significa una rueda de 36 dientes menos 1, se utiliza esta rueda debido a que es aplicable en motores de cuatro cilindros, la cual va solidaria a la polea del cigüeñal para que pueda girar de acuerdo al movimiento del cigüeñal.

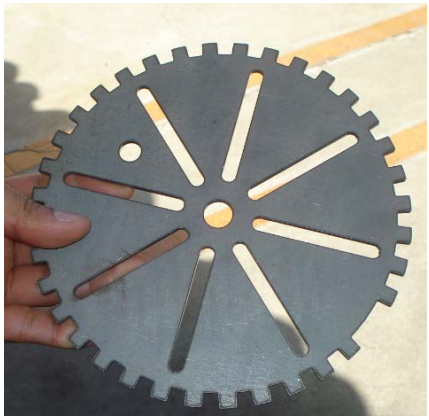


Fig. 4.50 Rueda Fónica
Fuente: Autores

El sensor es de tipo inductivo el cual capta la señal de la rueda según las vueltas del cigüeñal desde las 300 rpm, por lo que nuestro motor tiene 400 rpm en el arranque. La distancia entre el sensor y la rueda fónica debe estar en un rango de 0,6 mm a 1,5

mm. Por lo que se debe considerar que con una distancia más cercana la señal es más exacta.

Fig. 4.51 Rueda Fónica
Fuente: Autores

Para la sujeción del sensor inductivo fue necesario construir un soporte regulable para poder hacer la calibración de la distancia entre la rueda y el sensor.

Fig. 4.52 Rueda Fónica montada en el vehículo
Fuente: Autores

4.3.11 Sistema de Encendido

El sistema de encendido utilizado en el motor A-10 es un sistema DIS (Direct Ignition System) también llamado sistema de encendido sin distribuidor o también llamado por chispa perdida, este encendido se diferencia del sistema de encendido tradicional por suprimir el distribuidor, ya que con esto se consigue eliminar los elementos mecánicos, siempre propensos a sufrir desgastes y averías.

4.3.11.1 Desmontaje del Sistema de Encendido TSZ-i

Distribuidor de Encendido

1. Desconecte la batería
2. Desconecte los cables de Bujía
3. Desconecte los cables del captador de señal
4. Afloje los pernos de sujeción del distribuidor con el motor
5. Desmonte el distribuidor
6. Desmonte el modulo de encendido

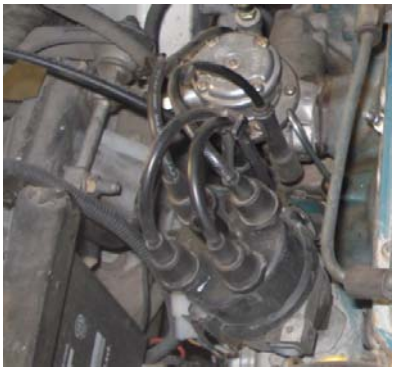


Fig. 4.53 Distribuidor de encendido
Fuente: Autores

Una vez desmontado el distribuidor es necesario tapar el agujero que dejo el distribuidor, para ello se construye una tapa de acuerdo a su medida, para la sujeción de la tapa se realiza un agujero para la sujeción de la tapa. Esta tapa nos servirá para evitar fugas de aceite del motor al momento de poner en marcha.

Fig. 4.54 Tapa del agujero del distribuidor
Fuente: Autores

Desmontaje de la Bobina de Encendido

Al no utilizar esta bobina el nuevo sistema de encendido, se la desmonta de su alojamiento.

1. Desconecte el cable de alta tensión
2. Desconecte los cables de los bornes 1 y 15
3. Desmonte la bobina
4. Desmonte el resistor de protección

Fig. 4.55 Bobina de Encendido
Fuente: Autores

Fig. 5.56 Resistencia de Protección de la Bobina
Fuente: Autores

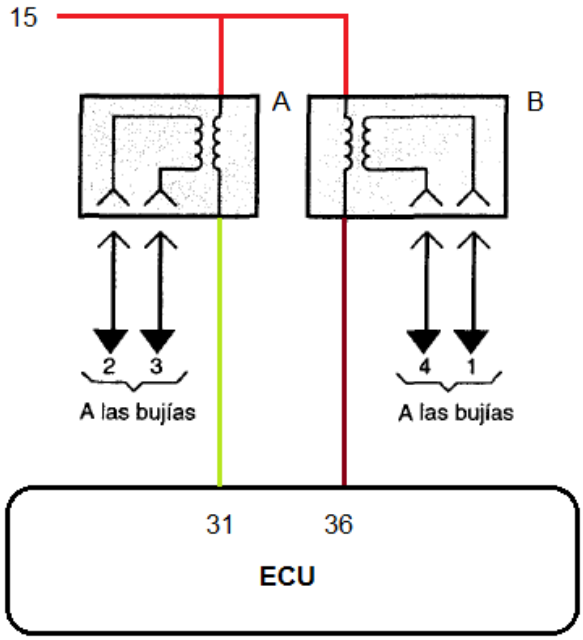
4.3.11.2 Montaje de las Bobinas de Encendido DIS

Las bobinas de encendido utilizadas son del vehículo Hyundai Getz, se utilizo estas bobinas debido a que este motor también utiliza un sistema de encendido DIS y es

compatible con la Mega Squirt ya que tiene la función de activar dos bobinas, por lo que es factible colocarlo en nuestro vehículo.

Las bobinas se las coloco lo más cercano a las bujías, para evitar alargar los cables de bujía y por ende aumentar la resistencia. Los cables utilizados son para alta tensión de 8mm de diámetro del cable.

Fig. 5.57 Bobinas de Encendido
Fuente: Autores

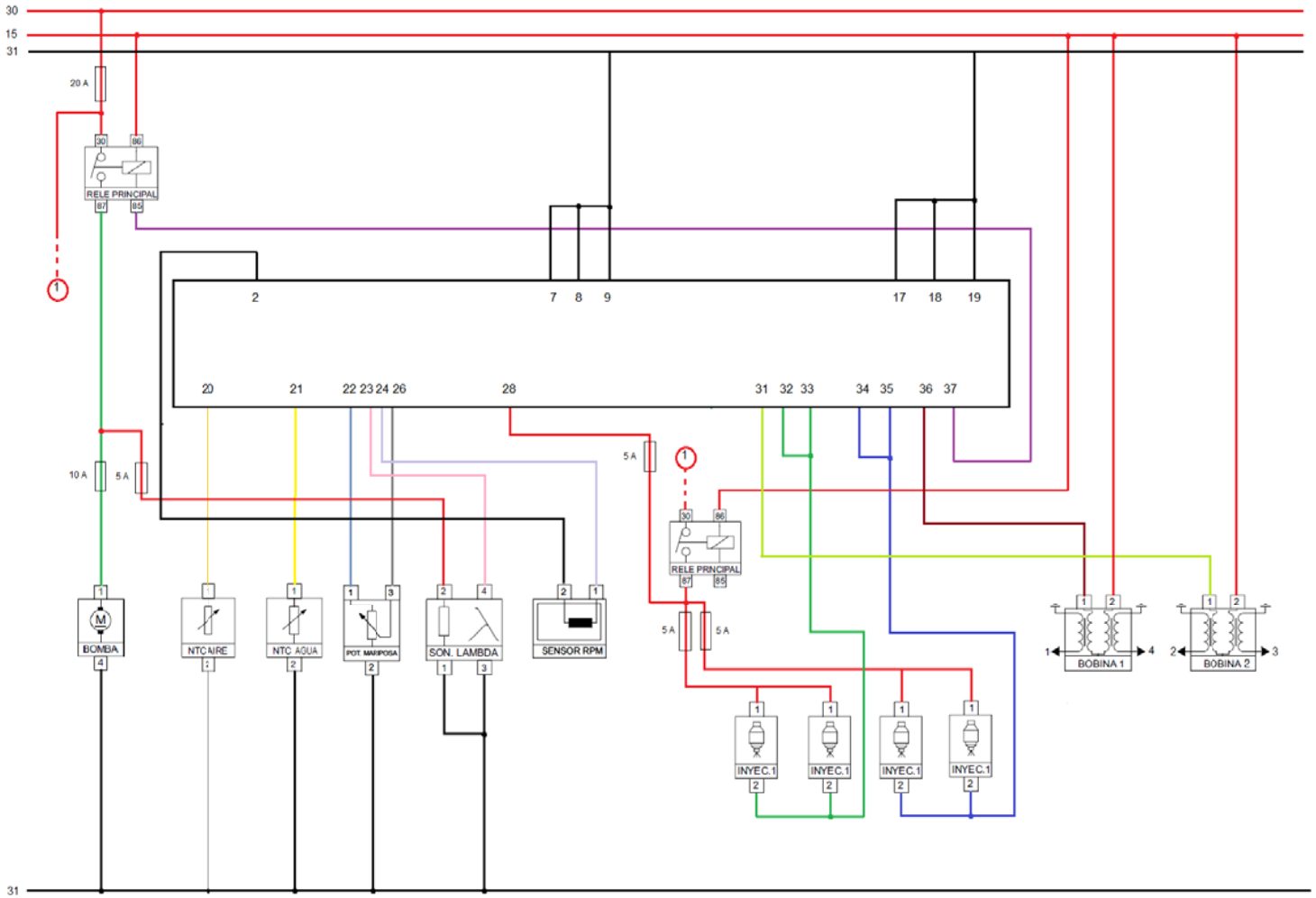


A= Bobina 2 B= Bobina 1
15 = positivo después de contacto

Fig. 4.58 Circuito de las Bobinas de encendido
Fuente: Autores

4.3.12 Circuito Eléctrico del sistema de inyección

El circuito eléctrico de Inyección se puede observar en la figura 4.59 se debe tener mucho cuidado en la conexión para evitar daños en los elementos a implementar, el montaje se lo debe realizar con los bornes de la batería desconectados para evitar cortocircuitos.



30 = positivo directo de la batería **15** = positivo después de contacto **31** = masa

Fig. 4.59 Circuito Eléctrico del sistema de Inyección
Fuente: Autores

Designación de los pines de la ECU

Pin #	Color	Función
2	Negro	Tierra
7-9	Negro	Tierra
17-19	Negro	Tierra
20	Naranja	IAT
21	Amarillo	ECT
22	Azul	TPS (señal)
23	Rosado	O2
24	Blanco de cable coaxial	CKP (inductivo)
26	Gris	TPS (alimentación)
28	Rojo	12 VCD
31	Verde/Blanco	Bobina de encendido 1
32	Verde	Inyector 1
33	Verde	Inyector 2
34	Azul	Inyector 3
35	Azul	Inyector 5
36	Cafre obscuro	Bobina de encendido 2
37	Morado	Bomba de combustible

Capitulo 5

PUESTA A PUNTO DEL MOTOR Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Puesta a punto del motor Datsun A-10

Luego de la instalación de los componentes para un sistema de inyección multipunto indirecta, es necesario realizar una programación del módulo de control para poder encender el vehículo y poner a punto el motor. En este capítulo es necesario realizar las pruebas planteadas para ver el nuevo estado del motor.

5.2 Instalación del software para la programación de la Mega Squirt MS-II

Para la programación del modulo de control de nuestro vehículo es necesario descargar el software, Tuner Studio MS lite, que se lo puede hacer de manera gratuita de la página www.diyautotune.com, sección software/Downloads (Descarga de Software).

Una vez con el archivo se debe realizar la instalación en la computadora siguiendo las instrucciones de instalación.

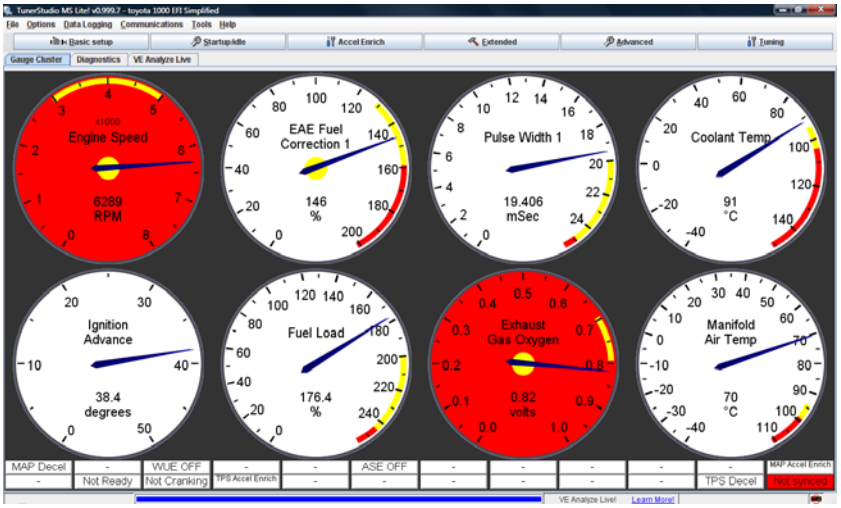


Fig.5.1 Software Tuner Studio MS lite
Fuente: Autores

5.3 Comunicación de la Mega Squirt con el Software Tuner Studio

Para la comunicación de la Mega Squirt es necesario tener un cable de conexión de nueve pines de Serial a USB, y se lo debe instalar en la computadora.

El cable utilizado es un TRENDNET TU-S9 el que tiene las siguientes características para su funcionamiento:

Contenido del Paquete

- Cable TU-S9
- CD-ROM del controlador
- Guía de instalación

Requisitos del Sistema

- Unidad de CD-ROM
- PC con un puerto USB 1.1 ó 2.0
- CPU: 300 MHz o superior
- Memoria de 256 RAM o superior
- Windows vista/2003, XP/2000/ME/MAC
- Dispositivo RS-232

Para realizar la configuración del cable TU-S9 lo debe revisar con la guía de instalación, una vez configurado se debe realizar la comunicación del modulo con el computador.

Para lo que debe colocar el Switch de encendido en posición ON y seguir los siguientes pasos:

Pasos de comunicación:

1. Conecte el cable TU-S9 tanto en la Mega Squirt MS II como en el computador

2. Click derecho en Mi PC y escoja Administrar y continuar

Fig. 5.2 Menu de Mi PC
Fuente: Autores

3. Doble clic en Administrador de dispositivos

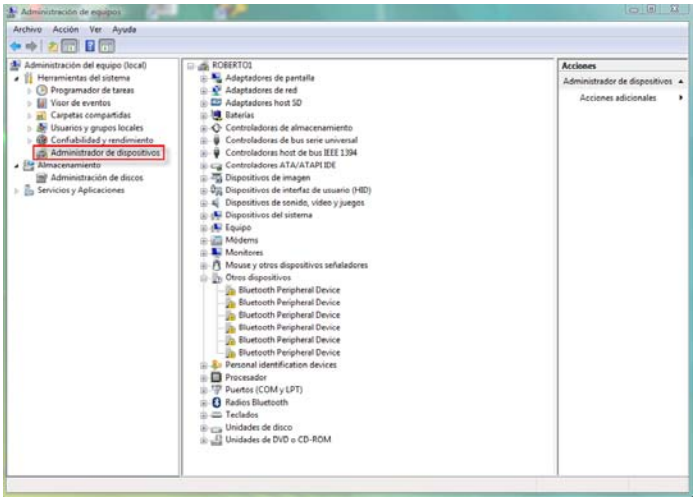


Fig.5.3 Ventana de Administrador de dispositivos
Fuente: Autores

4. Doble click en Puertos COM y LPT
5. Busque TU-S9 puerto serial de comunicación y dele doble click
6. En la nueva ventana click en la pestaña configuración del puerto

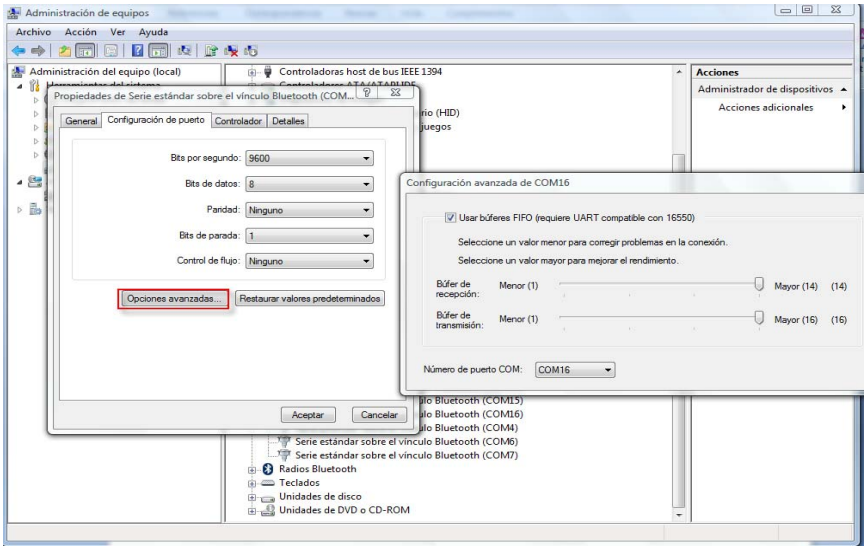


Fig.5.4 Ventana para Configuración de Puerto
Fuente: Autores

7. En el campo de número de puerto COM escoja COM 7 y acepte los cambios
8. Doble click Tuner Studio MS

Fig.5.5 Icono de Tuner Studio MS
Fuente: Autores

9. A contiuación se procede a comprobar el puerto de comunicación, para lo que usted debe dirigirse a la pestaña de Communications(comunicación) y click en Settings (Herramientas) en lo que le aparecera una ventana, donde en el campo PORT (puerto) debe escoger el COM establecido en punto 7. En el campo Baut Rate (Porcentaje de) debe fijarse que este en 115200, para finalizar de click en Test Port (Testear Puerto), para lo que debe salir un mensaje de Success (satisfactorio) si la configuración es correcta.

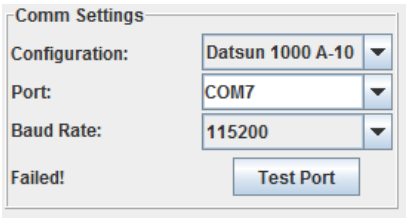


Fig.5.6 Testeando Puerto de comunicación
Fuente: Autores

5.4 Creación de un nuevo proyecto de trabajo para el Motor A-10

1. En el software Tuner Studio click en File (Archivo), luego Project (Proyecto) y en New Proyect (Nuevo Proyecto)

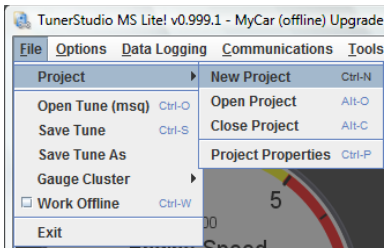


Fig.5.7 Selección de un Nuevo Proyecto
Fuente: Autores

2. En la ventana de New Proyect llene los datos necesarios

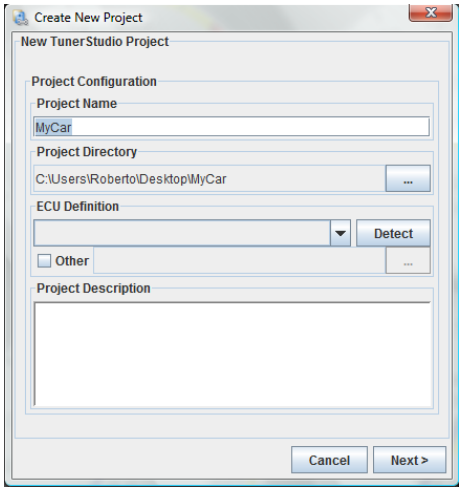


Fig.5.8 Creación de un Nuevo Proyecto
Fuente: Autores

a.- Nombre del Proyecto (Proyect Name): Debe indicar el nombre del proyecto

b.- Dirección del Proyecto (Project Directory): Es la dirección donde usted desea guardar el proyecto

c.- Definir ECU (ECU Definition): Debe buscar la marca de la ECU, en nuestro caso es una MS2 Extra Rel 2.1.0p

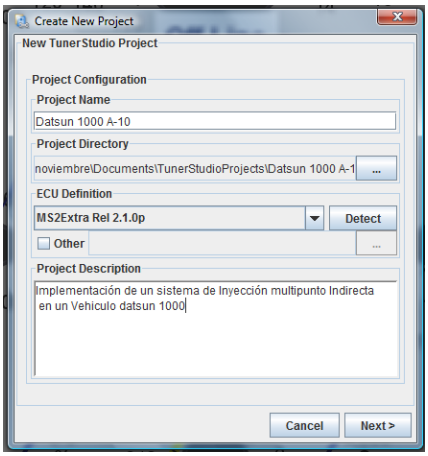


Fig.5.9 Selección de la ECU
Fuente: Autores

d.- Luego de llenar los campos de click en Next (Siguiente)

3. En los siguientes campos escoja los datos de acuerdo a las características del vehículo

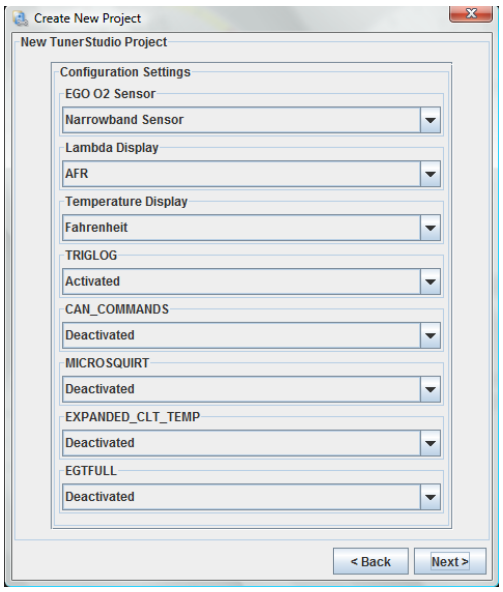


Fig.5.10 Herramientas de Configuración
Fuente: Autores

a.- Sensor EGO O2 (EGO O2 Sensor): Le pide que seleccione el tipo de sensor de O2 que esta utilizando el vehículo, que para nuestro motor se utilizo un sensor Narrowband

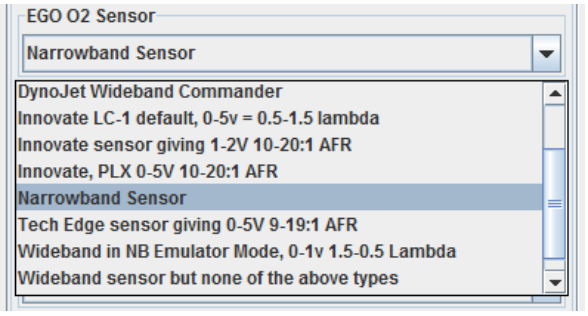


Fig.5.11 Selección de EGO O2 sensor
Fuente: Autores

b.- Lamdba Display: En este campo le pide el tipo de lectura para lambda, que para nuestro proyecto queremos lectura de porcentaje de Aire-Combustible (AFR)

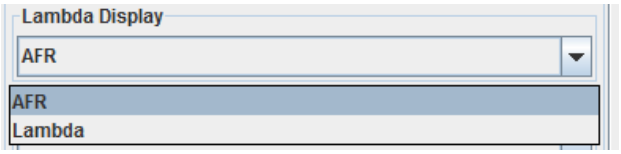


Fig.5.12 Selección de lectura de Porcentaje Aire-Combustible
Fuente: Autores

c.- Temparature Display: Le da opcion de escoger la unidad con la que quiere que se mida la temperatura, que para nuestro motor sera en Celsius

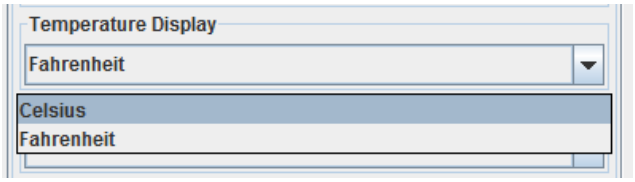


Fig.5.13 Unidad de lectura de la temperatura
Fuente: Autores

d.- Luego de llenar los campos de click en Next (Siguiente)

4. En esta ventana se configura los puertos de comunicación, para lo que usted debe colocar el puerto que configuro en paso 9, COM 7.

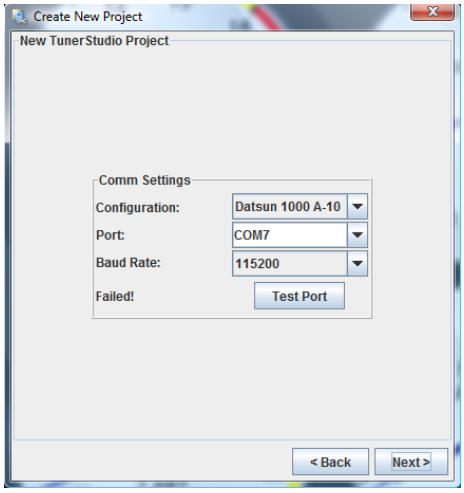


Fig.5.14 Selección del puerto de Comunicación
Fuente: Autores

Aquí también puede configurar los datos de comunicación, y comprobar que el porcentaje de datos en serie sea de 115200, y luego compruebe la

comunicación, para lo que debe dar click en Test Port (Testear el Puerto), si la comunicación es correcta le saldrá una mensaje Success (Satisfactorio), y de click en siguiente

5. En esta ventana tiene la opción de escoger algunos modelos de relojes de visualización de datos del motor, para el motor A-10 se escoge la opción default (Definido)

Fig.5.15 Selección de la visualización de los relojes de medición de datos
Fuente: Autores

6. Para finalizar la creación del proyecto click en Finish (Finalizar) y empezará a la lectura del proyecto y se mostraran los tacómetros de medición ya funcionando. Si no se tiene acceso al software es porque el puerto no es el correcto para lo que debe realizar de nuevo los pasos anteriores.

Fig.5.16 Leyendo Proyecto
Fuente: Autores

5.5 Modificación en el modulo de control (ECU) para el motor Nissan A-10

Antes de empezar a cargar datos en el software es necesario poner a punto el modulo de control, para lo que se debe retirar su cubierta y realizar algunas modificaciones. Para las modificaciones realice sin encender el Switch del vehículo, para evitar cortocircuitos en la placa.

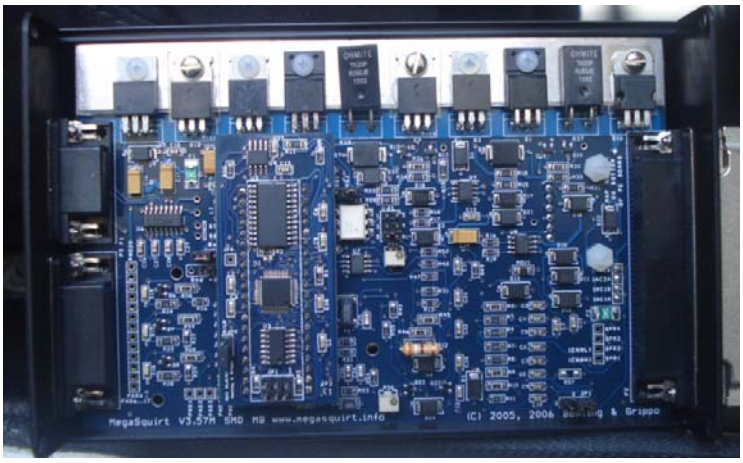


Fig. 5.17 Mega Squirt sin su cubierta
Fuente: Autores

5.6 Selección del tipo de encendido del motor

En la placa del módulo, en la parte inferior derecha vista desde frente en la figura anterior se encuentra unos pines de selección para el sistema de encendido, (JP1), de

fabrica la Mega Squirt viene para un sistema de encendido tipo Hall (2-3), para lo que se debe puentear con un Jamping los pines 1-2 para un sistema de encendido inductivo.

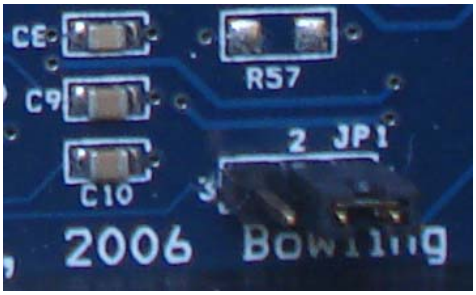


Fig.5.18 Pines para la selección de Encendido
Fuente: Autores

5.7 Potenciómetro

Los potenciómetros R56 y R52 se encuentran en el centro de la placa de la MS-II, Ver Figura 5.19 sirven para afinar el motor con la ECU, por lo que el operador debe escuchar la respuesta de funcionamiento del motor. Para el afinamiento se lo realiza con el motor encendido ya que los potenciómetros actúan directamente sobre la cantidad de voltaje que produce el sensor inductivo y los potenciómetros amplifican o reducen la señal del sensor.

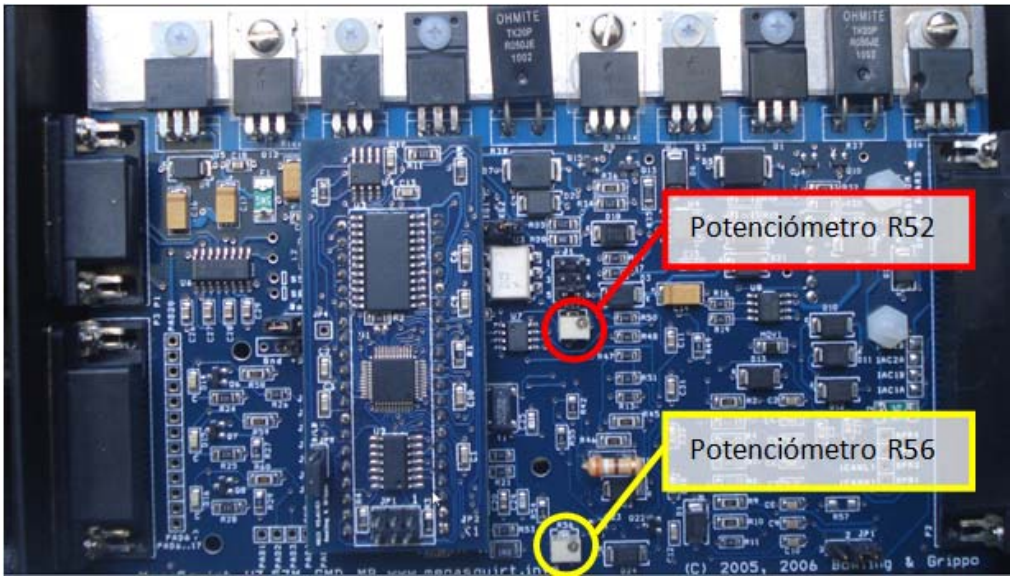


Fig. 5.19 Potenciómetros en la placa MS-II
Fuente: Autores

Fig.5.20 Potenciómetros R56 - R52
Fuente: Autores

Para realizar el giro del potenciómetro R56 se lo debe tener totalmente enroscado, mientras que el potenciómetro R52 totalmente desenroscado. El potenciómetro R56 se lo gira en sentido anti horario de 6 vueltas y al potenciómetro R52 3 vueltas en sentido horario, el giro debe ser progresivo y lento, se debe tener en cuenta que el número de vueltas de los potenciómetros que se dieron son para el motor A-10.

5.8 Colocación de parámetros en la Mega Squirt para el Motor Nissan A-10

En este punto es donde se coloca las constantes básicas para el funcionamiento del motor con el modulo de control, para todos estos cambios debe colocar el Switch en posición ON.

En el software Tuner Studio, diríjase a Basic Setup (Configuración Básica) y click en Engine Constants (constantes del motor) y le aparecerá otra ventana para colocar los datos del motor.

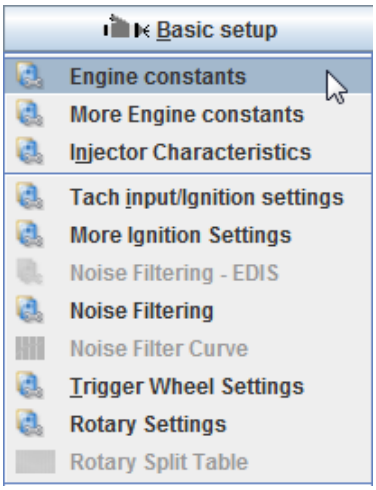


Fig.5.21 Constantes del motor
Fuente: Autores

En la ventana Standard Injection (Inyección Estándar) de click en Required Fuel (Combustible requerido), esto es para poner los datos del motor.

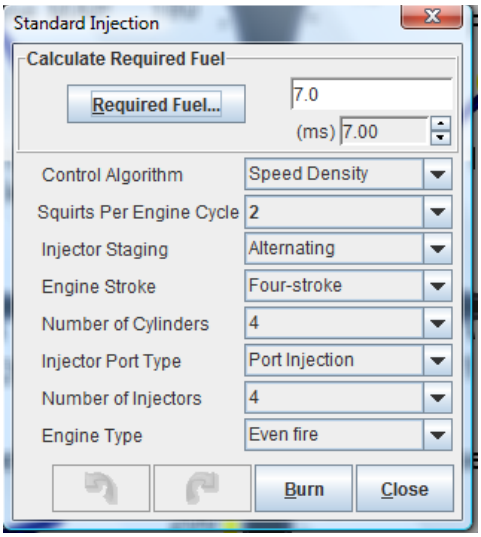


Fig.5.22 Control de Inyección – Pagina 1
Fuente: Autores

En la ventana de la figura 5.22 se muestra los campos para colocar los datos de nuestro motor

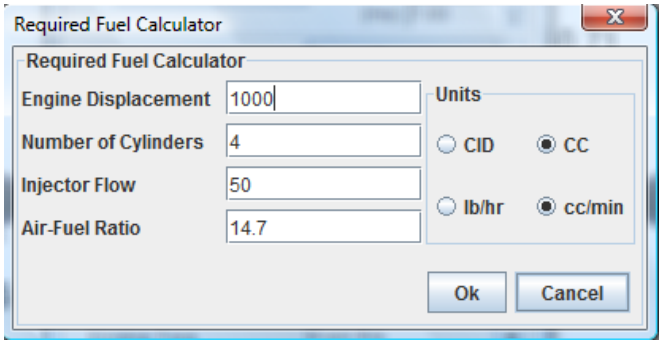


Fig. 5.23 Calculador de gasolina requerido
Fuente: Autores

a.- Desplazamiento del motor (Engine Displacement) (cc): Es el desplazamiento del motor en pulgadas cubicas o en cm^3 para lo que en nuestro caso se colocó en 1000 cc.

b.- Número de cilindros (Number of cylinders): Indica el número de cilindros del motor, para el motor A-10 colocar 4.

c.- Flujo del Inyector (Injector Flow): Es la capacidad de flujo de los inyectores en libras hora o cm^3 por minuto, los inyectores utilizados tienen un flujo de 50 cc/min.[30]

d.- Air-Fuel Ratio: Es la relación de Aire-gasolina deseada, que nosotros lo colocamos de 14:1.

Aplicar los cambios y se muestra la ventana de control de inyección donde se debe realizar las siguientes configuraciones.

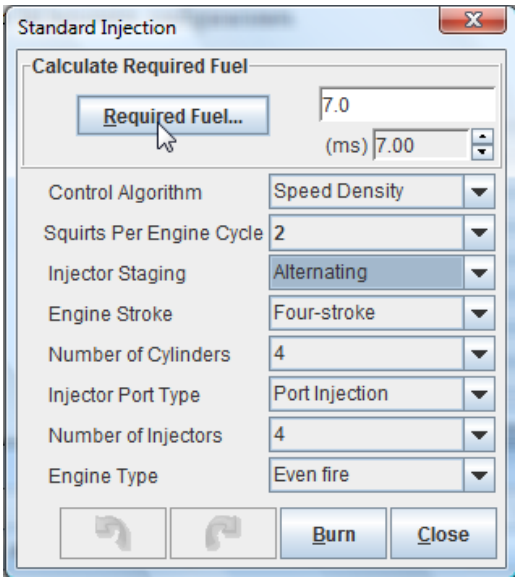


Fig.5.24 Control de Inyección – Pagina 1
Fuente: Autores

a.- Control de Algoritmo (Control Algorithm)

Es un campo donde se encuentra tres opciones, Speed Density, Alpha N y Percent Baro.

- **Speed Density:** Es utilizado para motores con o sin turbo en especial para vehículos de circulación de carretera y se trabaja directamente con el MAP
- **Alpha-N:** Es utilizado para motores aspirados con mucho cruce de válvulas, y donde se dificulta tomar mediciones del MAP.
- **Percent Baro:** Es una combinación de los dos controles de algoritmos

[30] Fuente: Taller Dinamyca competición, Quito-Ecuador

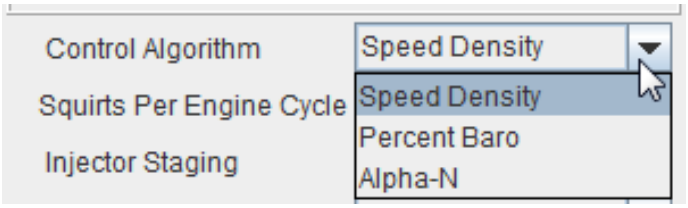


Fig.5.25 Selección del control de Algoritmo
Fuente: Autores

b.- Selección del chorro de inyección para el motor (Squirts Per Engine Cicle)

En este campo se configura cuantos chorros "Squirts" de combustible quiere que de un inyector por cada giro del cigüeñal, el motor al ser de cuatro cilindros y tener una inyección alternativa, es necesario tener dos Squirts, para que en cada media vuelta del cigüeñal se dé un Squirt, antes que la válvula de admisión se abra y el inyector inyecte el 100% de combustible, se quiere que a la mitad del giro inyecte el 50% y a la segunda vuelta el otro 50% de combustible, hay que tener en cuenta que los Squirt se pueden configurar cuando sea divisible para el numero cilindros del motor.

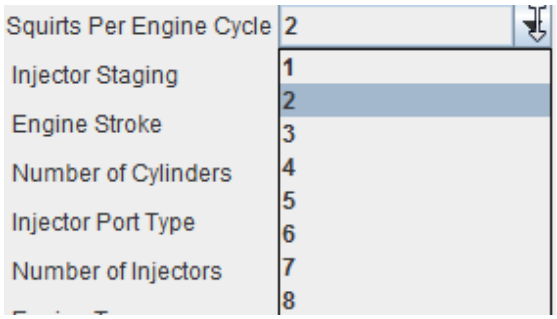


Fig.5.26 Ciclo de inyección para el motor
Fuente: Autores

c.- Control de los inyectores (Inyector Staging)

En este campo se refiere al control de los inyectores y puede tomar dos estados simultáneo o Alternativo. Para nuestro motor se coloca en alternativo porque hay una inyección de combustible para cada cilindro de dos en dos.

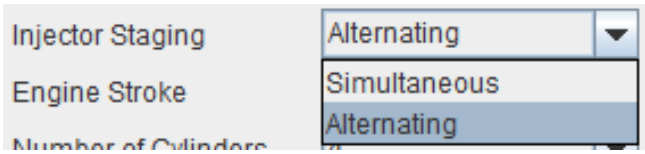


Fig.5.27 Control de Inyección
Fuente: Autores

d.- Tipo de motor (Engine Stroke)

Nos indica el tipo de motor ya sea de 2 ó 4 tiempos, siendo Four Stroke un motor de 4 tiempos

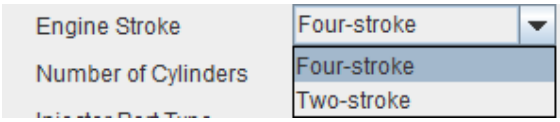


Fig.5.28 Tipo de motor
Fuente: Autores

e. - Número de cilindros (Number of cylinders)

Es la selección del número de cilindros del motor donde nos da la opción desde 1-12 cilindros, siendo para nuestro caso de 4 cilindros.

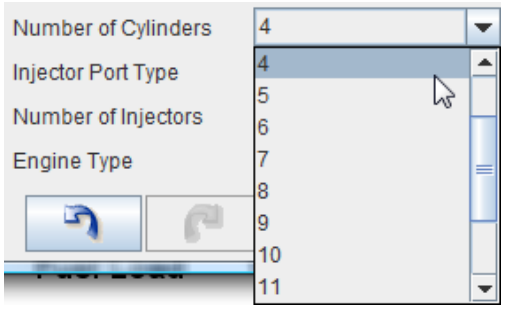


Fig.5.29 Número de Cilindros
Fuente: Autores

f.- Lugar donde se da la Inyección (Inyector Port Type)

En este campo nos indica donde se está realizando la inyección de combustible, puede tener dos opciones en los conductos de admisión o en el cuerpo de aceleración. Para lo que se selecciona Port Inyección, ya que nuestro proyecto es un sistema de inyección MPI.

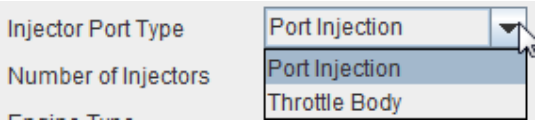


Fig. 5.30 Lugar de Inyección
Fuente: Autores

g.- Numero de Inyectores (Number of Injectors)

Es este campo se selecciona el número de Inyectores utilizados para la inyección, desde 1-12 inyectores, que para nuestro motor es 4 inyectores

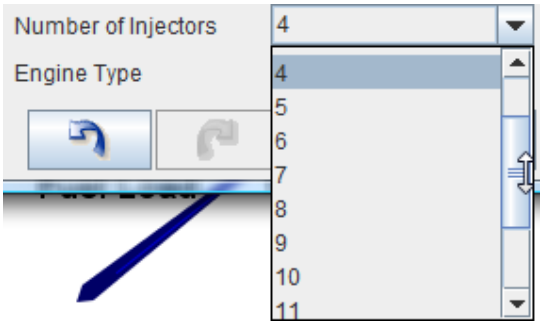


Fig.5.31 Número de Inyectores
Fuente: Autores

h.- Tipo de Motor (Engine Type)

Aquí se define el tipo de motor que va a controlar la Mega Squirt siendo Even Fire para motores Otto y Odd fire para motores estacionarios.

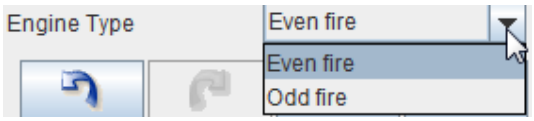


Fig.5.32 Tipo de Motor
Fuente: Autores

Una vez realizada toda la configuración para guardar los cambios en la Mega Squirt es necesario dar click en Guardar en la ECU (Burn)

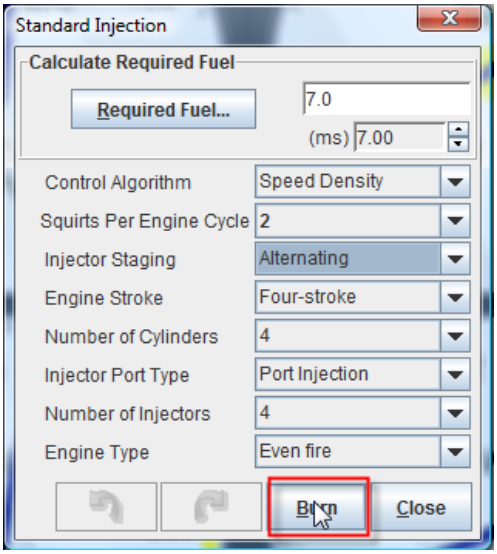


Fig.5.33 Guarda las modificaciones en la ECU
Fuente: Autores

En el campo de Requerimiento de Combustible (Required Fuel), se configura cuanto de combustible necesita el motor, para esta configuración se empezó desde 1 y se fue probando como va reaccionando el motor, teniendo que para el motor A-10 fue de 7,0 de requerimiento de combustible.

5.9 Colocación de más Constantes del Motor (More Engine Constants)

Es necesario colocar más parámetros del motor, para lo que se debe hacer click en Basic Setup y dirigirse a More Engine Constants (Mas Constantes del Motor)

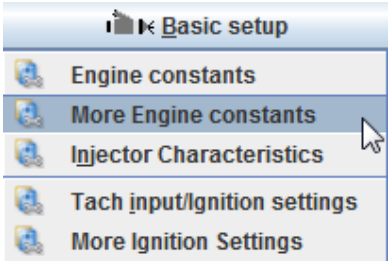


Fig.5.34 Colocación de más constantes del Motor
Fuente: Autores

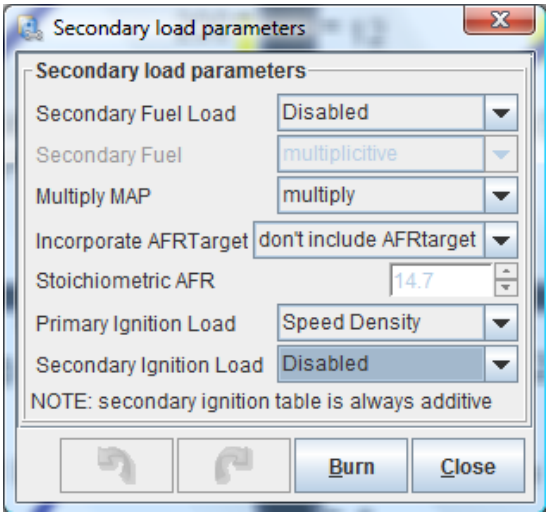


Fig.5.35 Lectura de Parámetros Secundarios
Fuente: Autores

a.- Carga de Combustible Secundario (Secondary Fuel Load): En esta pestaña se puede configurar como una segunda carga de combustible, ya que para nuestro motor está deshabilitado, ya que no cuenta con un segundo riel de inyectores.

b.- Múltiple MAP (Multiply MAP): Se configura si se necesita una lectura total del MAP, de no querer utilizarlo se coloca don't Multiply (No se multiplique), para el motor A-10 es necesario tener una lectura en todos los estados de depresión en el colector de admisión, para lo que se coloca en Multiply (Múltiple).

c.- Carga de Inyección Primaria (Primary Ignition Load): Se configura cual es el tipo de inyección que se utiliza como carga primaría, colocada en el campo constantes del motor, siendo Speed Density el utilizado como carga primaria.

d.- Carga de Inyección Secundaria (Secondary Ignition Load): Se configura cual es el tipo de inyección que se utiliza como carga secundaria, esta configuración es utilizada cuando se tenga un segundo sistema de inyección en un mismo motor, que para nuestro motor se lo deshabilita (Disabled)

5.10 Características de los Inyectores

Para colocar las características principales de los inyectores como, voltaje, tiempo de apertura, periodo de inyección entre otros, se debe hacer click en Basic Setup y buscar Injector Characteristics (Características del Inyector).

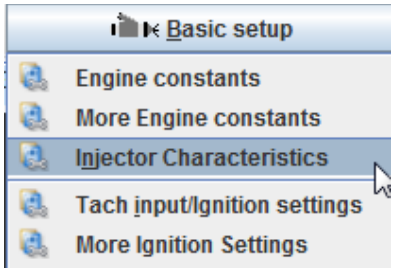


Fig.5.36 Características del Inyector
Fuente: Autores

En la ventana de características nos da la opción de poder configurar dos bancos de inyectores que en el caso se puede utilizar con dos rieles en un motor, para nuestro motor A-10 solo se utilizara el Banco 1 con los siguientes datos.

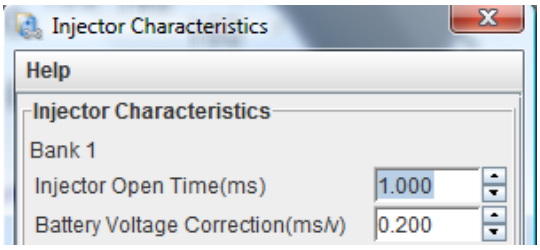


Fig.5.37 Bancos de características del Inyector
Fuente: Autores

a.- Tiempo de Apertura del Inyector (Injector Open Time) (ms): Nos pide seleccionar el tiempo de apertura del inyector en ms, que como dato técnico de tiempo de apertura es de 1ms.

b.- Corrección de Voltaje de la Batería (Battery Voltaje Correction) (ms/v): Corrige el voltaje para cada inyección de combustible

5.11 Opciones de Ignición (Tach Input/Ignition Settings)

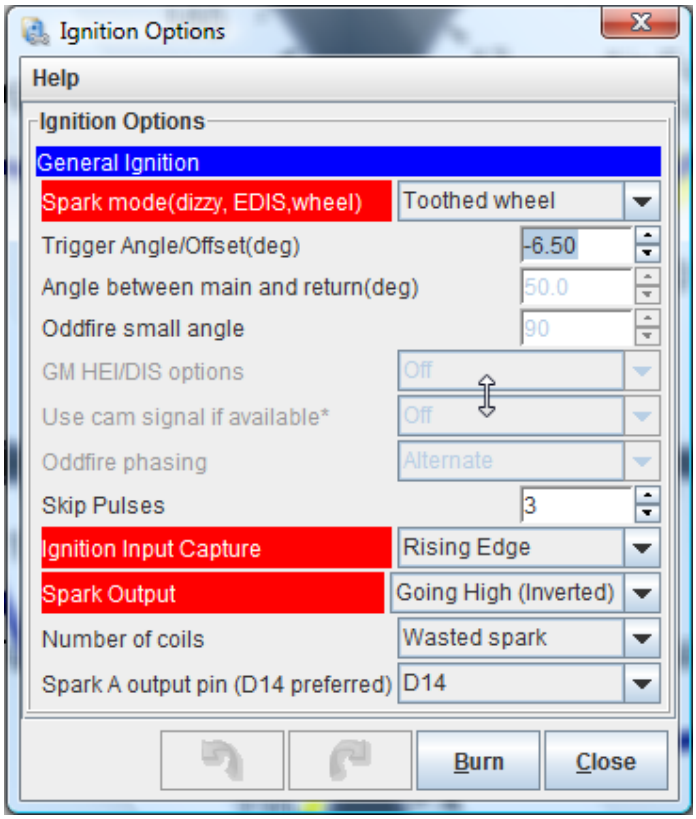


Fig.5.38 Opciones de Inyección
Fuente: Autores

a.- Modo de captación de la Chispa (Spark Mode): Da la opción de elegir opciones de captación para el sistema de encendido. Cuando un motor no tiene sensor de captación de señal es necesario colocar una rueda dentada (Rueda Fónica), por lo que para el motor A-10 se utiliza una rueda fónica (Toothed Wheel).

b.- Ángulo de disparo o desfase (deg) (Trigger Angle/Offset): Con esta opción se iguala el ángulo de avance del motor con el de la ECU. Para realizar la calibración es necesaria la lámpara Estroboscópica.

Fig.5.39 Lectura del ángulo de avance del motor
Fuente: Autores

Una vez conectada la lámpara se acera el ángulo del motor con el ángulo de la ECU, en la opción Tools (Herramientas) del programa Tuner Studio.

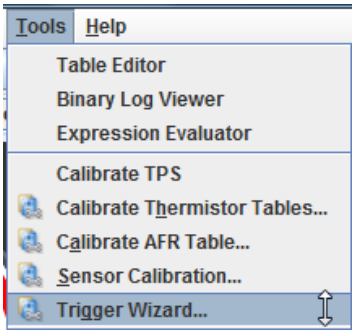


Fig.5.40 Asistente de Salto de Chispa
Fuente: Autores

Se va leyendo los datos del ángulo de avance del motor como de la ECU, en la ventana del asistente de Salto de Chispa.

Fig. 5.41 Asistente de Salto de Chispa
Fuente: Autores

En la opción de desfase del ángulo de Inyección de puede variar los grados hasta igualar el tiempo de encendido.

c.- Salto de Pulsos (Skip pulses): Son los saltos que debe realizar la ECU para llegar a la marca de referencia, como se puede ver la figura 5.41, el número 1 es el diente de la rueda, 2 es el espació entre diente y diente y 3 es la señal que genera el sensor inductivo, para lo que se configura en 3 saltos.

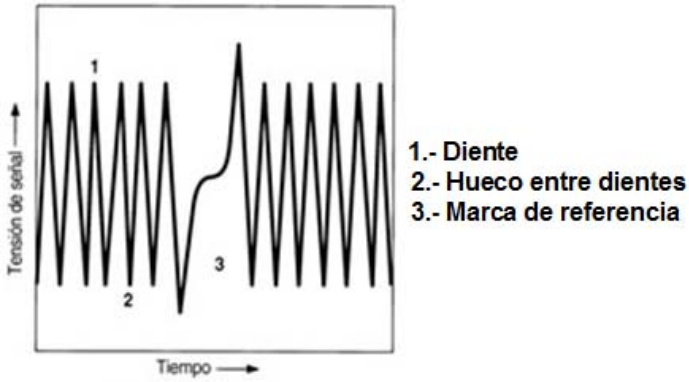


Fig. 5.42 Señal de un sensor inductivo
Fuente: www.mecanicavirtual.org/curso-bomba-inyector6.htm+angulos+de+una+rueda

d.- Entrada de Captura del Encendido (Ignition Input Capture): Aquí se puede configurar donde queremos que se dé la captura de entrada de la señal, como se observa en la figura 5.41 se tiene una curva de doble flanco, sea en el flaco ascendente (Resign Edge) o en el flanco de bajada (Falling Edge). Para la configuración de nuestro motor se requiere que la entrada de la señal se dé en el flanco ascendente, porque se desea que se dé el salto de encendido en el pico alto de la curva.

e.- Número de Bobinas (Number of Coils): Mega Squirt tiene la función de controlar una bobina (Single Coil), bobinas sobre la bujía (Coil on plug) y bobinas de chispa perdida (Wasted Spark), en nuestro motor se va a utilizar bobinas del Hyundai Getz con un sistema de encendido DIS, para lo que se coloca en la configuración Wasted Spark.

f.- Pin de Salida de la Chispa (Spark A output pin): En este campo se configura el pin del transistor para el salto de la chispa, Mega Squirt recomienda que se utiliza el pin D14, para lo que se selecciona lo recomendado.

5.12 Configuración de la Rueda Fónica (Trigger Wheel Settings)

Para el funcionamiento de la rueda fónica es necesario realizar la configuración en el software para especificar el número de ruedas y su número de dientes. Para lo que se debe ir a Basic Setup y buscar Trigger Wheel Settings (configuración de la rueda fónica).

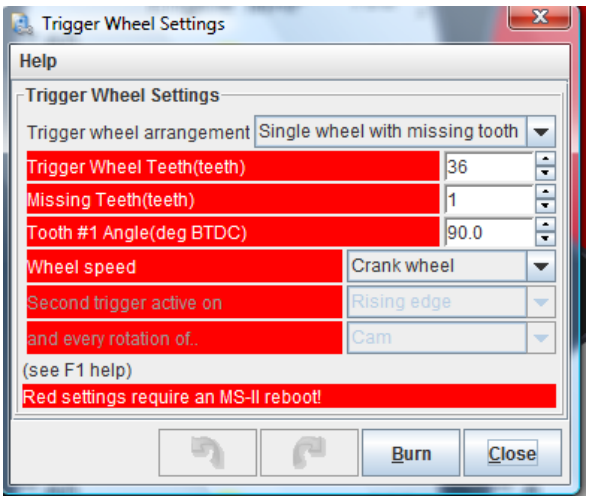


Fig. 5.43 Ventana de Configuración de la Rueda Fónica
Fuente: Autores

a.- Trigger Wheel Arrangement: Nos pide que indiquemos el número de ruedas que se está utilizando, se puede configurar una rueda sin un diente (Single Wheel with Missing Tooth), doble rueda (Dual Wheel) o doble rueda sin un diente (Dual Wheel with Missing Tooth). Para nuestro caso se está utilizando una rueda menos un diente 36-1. Para lo que se selecciona la primera opción.

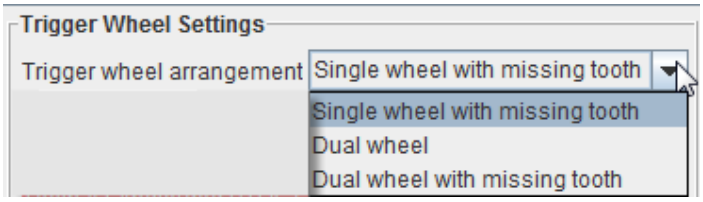


Fig. 5.44 Selección de la rueda fónica
Fuente: Autores

b.- Trigger Wheel Teeth (Número de dientes de la rueda): Se asigna el número de dientes de la rueda fónica (36).

c.- Missing Teeth (Diente Faltante): Se asigna el número de dientes faltantes de la rueda fónica (1).

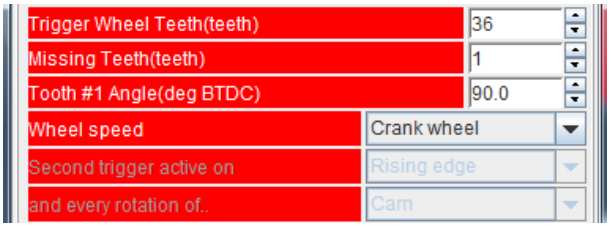


Fig.5.45 Configuración de la rueda fónica
Fuente: Autores

d.- Tooth # 1 Angle (Angulo del Diente): Es el ángulo de desfase de la rueda fónica, que para un motor de cuatro tiempos se utiliza 90°.

e.- Wheel Speed (Velocidad de la rueda): Selecciona la toma de la rotación del motor, puede ser a través del cigüeñal o árbol de levas, que para nuestro motor se colocó en la polea solidaria al giro del cigüeñal (Crank Wheel)

5.13 Límites de Revoluciones

En esta ventana se configura el corte de inyección a ciertas revoluciones.

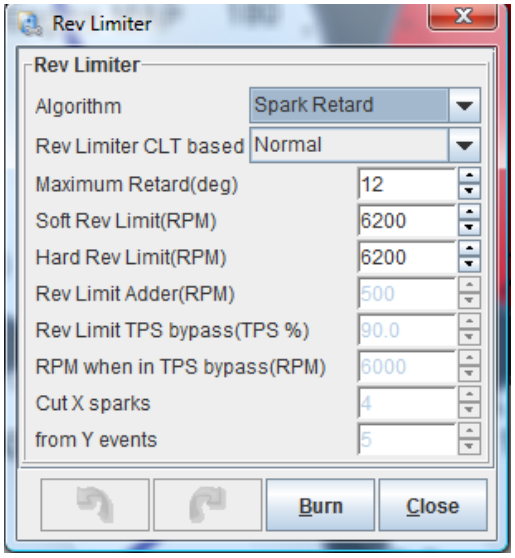


Fig. 5.46 Limite de Revoluciones
Fuente: Autores

a.- Algoritmo de corte (Algorithm): Nos da la opción de escoger que tipo de corte quiere que realice la ECU a las revoluciones restringidas, para nuestro motor se

necesita que se retarde la chispa para poder preservar la vida útil del motor y principalmente que la ECU pueda realizar la sincronización del encendido más de los 6200 rpm.

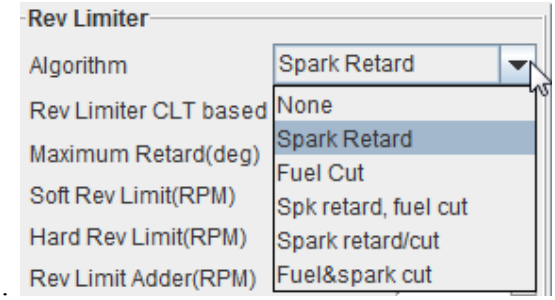


Fig.5.47 Selección de Retardo de Chispa
Fuente: Autores

b.- Retardo Máximo (Maximum Retard) (deg): Se asigna el número de grados a retardar el avance al encendido en las revoluciones restringidas, para cuando el motor tenga las revoluciones >= a 6200 se retarde 12° en el avance, para evitar que el motor se siga revolucionando.

c.- Límite de Revoluciones bajo (Soft/Hard Rev. Limit) (RPM): Se asigna un corte bajo y alto al corte de inyección, se coloco 6200 de límite porque el manual del usuario indica las revoluciones máximas del motor.

Fig.5.48 Límite de revoluciones
Fuente: Autores

5.14 Control de Oxigeno del Gas de Escape (Exhaust Gas Oxygen Control)

En esta ventana se configura el tipo de Sonda y sus características de funcionamiento.

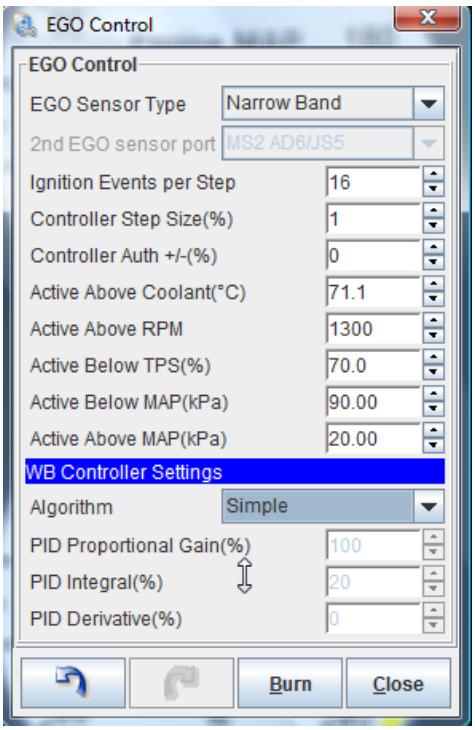


Fig. 5.49 EGO control
Fuente: Autores

a.- Tipo de Sonda (EGO Sensor Type): En este campo se elige el tipo de sonda a utilizar, que para nuestro motor se utiliza una Narrow Band (Banda Estrecha).

b.- Activar por encima de la temperatura del agua (Active Above Coolant) (°C): Nos pide que indique la temperatura a la que va a enviar información a la ECU, se coloco 71°C que es la temperatura de funcionamiento del motor.

c.- Activar a partir de RPM (Active Above RPM): Se coloca a cuantas rpm empieza a captar señal la ECU del sensor, que se estableció desde las 1300 rpm.

d.- Activar por debajo de TPS (Active Below TPS) (%): La ECU deja de tomar información del sensor cuando el TPS esté con un 70% de la apertura de la mariposa.

e.- Activar por debajo del MAP (Active Below MAP) (KPa) : La ECU deja de tomar información del sensor cuando el MAP marque una depresión en el colector de admisión de 90 KPa.

f.- Activar por encima de MAP (Active Above MAP) (KPa): La ECU empieza a tomar información del sensor cuando el MAP marque una depresión en el colector de admisión de 20 KPa.

5.15 Calibración de la Apertura del cuerpo de Aceleración (TPS)

Estos valores son necesarios para que la ECU diferencie cuando el motor está en ralentí como en plena carga. Para lo cual debe ir a Tools en y Calibrate TPS.

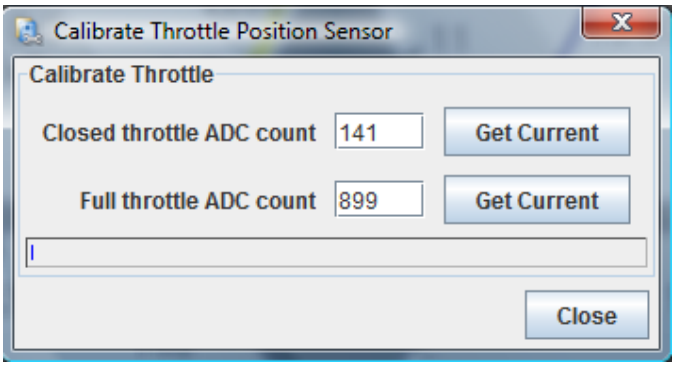


Fig. 5.50 Calibración de la posición del TPS
Fuente: Autores

Para la calibración se lo realiza con el motor apagado, sin pisar el acelerador se da click en Get Current (Obtener Valor Actual) y en Closed Throttle ADC count (Aleta de Aceleración cerrada), nos muestra el valor que para el estado de ralentí deben de estar entre 100 a 150, ahora se pisa el pedal del acelerador a fondo y de click en Get Current y en Full Throttle ADC count (Aleta de Aceleración a Full), nos muestra el valor que para plena carga debe de estar desde 800 a 1000 de apertura del cuerpo de aceleración.

Para calibrar el ralentí del motor, se enciende el motor y se verifica las rpm en el tacómetro del Software Tuner Studio, si el motor en ralentí está muy acelerado diríjase al cuerpo de aceleración y con el tornillo de regulación disminuya hasta tener las rpm deseadas (900rpm), y por ende se debe leer el nuevo valor de apertura de la aleta dando click en Get Current

5.16 Calibración de la tabla AFR

En la barra de menú Tools opción Calibrate AFR Table, se escoge el tipo de sensor de oxigeno a utilizar, dando click en Write to Controller (escribir controlador), para que la ECU realice la respectiva calibración con la tabla del AFR.

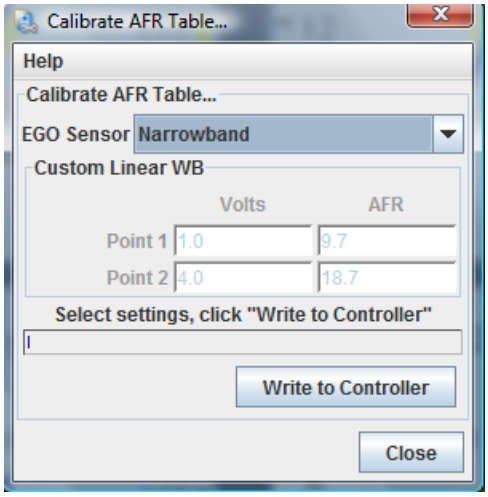


Fig. 5.51 Calibración de la Tabla AFR
Fuente: Autores

5.17 Configuración de Arranque del Motor

En esta opción se configura la rotación del motor al arranque, con lo que empieza a captar la señal el sensor CKP y con esta información, la ECU diferencia el estado de arranque con el de ralentí. Para la configuración diríjase a la pestaña Startup/idle (Arranque del motor en reposo), seleccione Cranking Settings (Herramientas de Arranque).

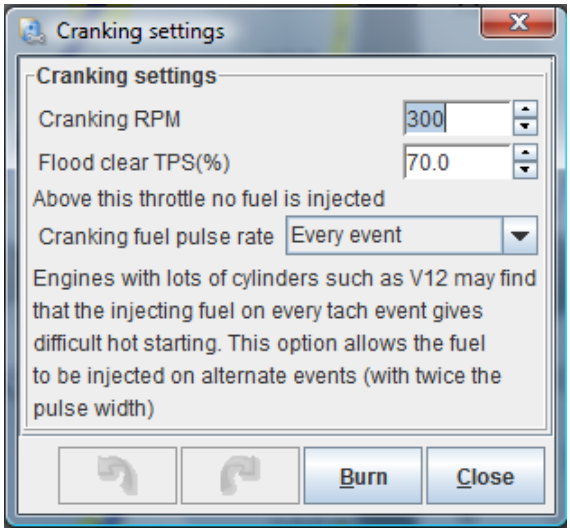


Fig. 5.52 Herramientas de Arranque
Fuente: Autores

a.- Arrancando (Cranking) RPM: Seleccionar las rpm de arranque del motor, se coloco 300rpm debido a que son las revoluciones dadas por el motor de arranque al momento del encendido, que son leídas con el tacómetro del Tuner Studio.

b.- Control de Ahogamiento (Flood Clear) TPS (%): Inyecta combustible hasta un 70% de apertura de la mariposa, cuando sea >= a este valor se corta la inyección, este parámetro es para evitar ahogamiento en el motor al arrancar.

5.18 Curva de Enriquecimiento para el Arranque en Frio

Esta curva es importante para el arranque en frío del motor, ya que el motor necesita más combustible que aire al arrancar en temperaturas bajas.

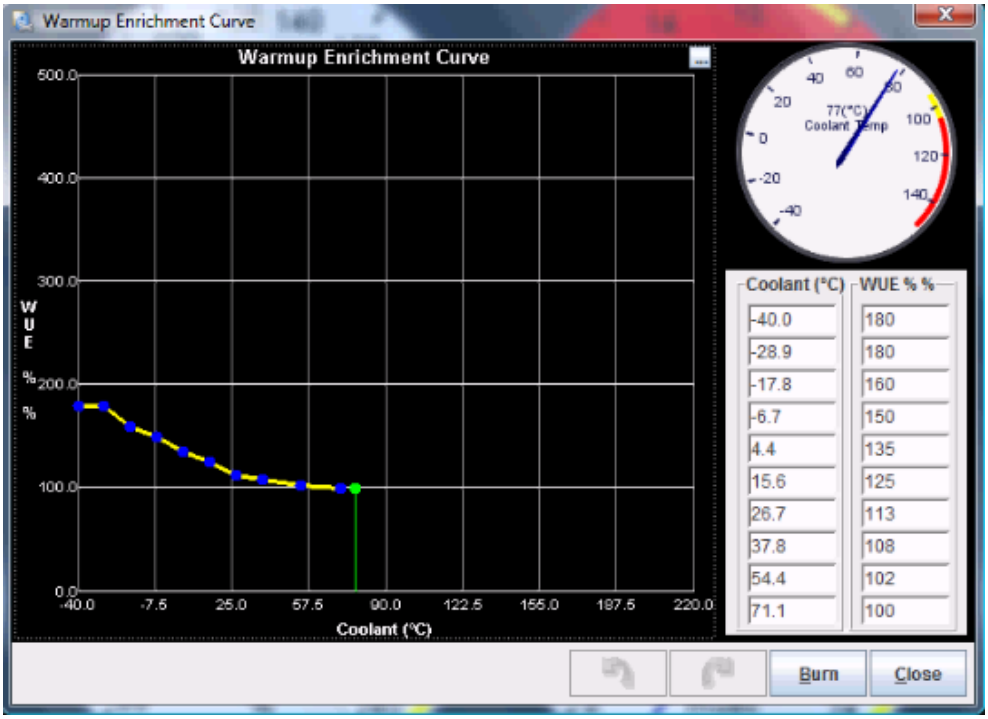


Fig.5.53 Curva de Enriquecimiento para el Arranque en Frio
Fuente: Autores

Para eso se utiliza la opción Warmup Enrichment Curve (Curva de enriquecimiento para el calentamiento), ubicada en la opción Startup/idle, en esta curva se tienen el eje de las "x" que es la temperatura del agua del motor (°C) y en el eje "y" el porcentaje de combustible que se quiere adicionar al arrancar el motor.

Para la configuración de la curva se lo realiza en horas de la mañana por tener temperaturas bajas de 10°C a 20°C, donde es difícil arrancar el motor.

Como primer paso se conecta la ECU con el Software Tuner Studio, y se dirige a la curva de enriquecimiento y se observa la temperatura del agua en el tacómetro, se da un Start al motor si no prendió se procede a mover la curva más del 100% para darle más porcentaje de combustible, (siendo 100% el porcentaje normal a la temperatura de funcionamiento del motor) siempre tratando de tener una curva progresiva según la temperatura del agua.

5.19 Enriquecimiento de Aceleración (Accel Enrich Settings)

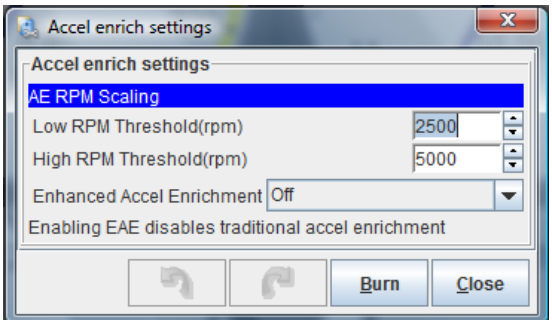


Fig. 5.54 Enriquecimiento en Aceleración
Fuente: Autores

En la pestaña Accel Enrich (Enriquecimiento Aceleración), opción Accel Enrich Settings (Herramientas de Enriquecimiento Aceleración), se configura desde cuantas rpm se quiere que se dé el enriquecimiento hasta un umbral alto de rpm.

5.20 Corte de Inyección en Desaceleración

Estos valores son necesarios para la ECU, para el estado de desaceleración del motor, para lo cual debe ir a Extended (Extender), en la opción Over Run Fuel Cut (Corte de Combustible en Carrera encima de), para lo cual se establece lo siguiente.

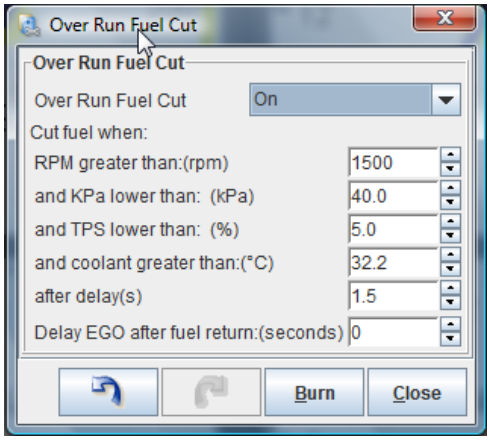


Fig. 5.55 Corte de Combustible en Carrera
Fuente: Autores

Para que realice el corte de inyección se debe activar la opción de corte en la pestaña de Over Run Fuel Cut (ON), donde se activan los demás campos. Entonces el corte de combustible se va a dar cuando se suelta el acelerador por lo que deja de inyectar en este lapso, esta función es para ahorrar combustible en desaceleración:

Para que se de el corte de inyección se tiene que cumplir todas las variables configuradas, empezando desde el apagado de los inyectores en el lapso de desaceleración hasta las 1500 rpm, entonces cuando sea <= a 1500 rpm los inyectores se vuelven a prender para que el motor quede en el estado de ralentí, y que los KPa sean más bajos que 40 KPa para el corte de inyección, y el TPS indique que el cuerpo de aceleración sea más bajo que un 5% de apertura se activa el corte de inyección, y la temperatura del refrigerante este mayor a 32°C se cortará la inyección.

5.21 Mapa de Inyección

En este mapa los parámetros fundamentales son, presión aire de admisión, como parámetro "x" y régimen motor como parámetro "y", dando como resultado un tiempo de inyección dado "z". Siendo estos parámetros lo que definen la carga motor, para la realización del mapa se debe realizar con el motor encendido ya que la Mega Squirt tiene la ventaja de realizar el mapeo en tiempo real, realice los siguientes pasos:

1. Establezca conexión de la ECU con el Software Tuner Studio
2. Arranque el motor
3. Diríjase a la pestaña Tunning opción Fuel VE Table 1
4. Con el mapa en pantalla figura 5.54, puede realizar el mapeo

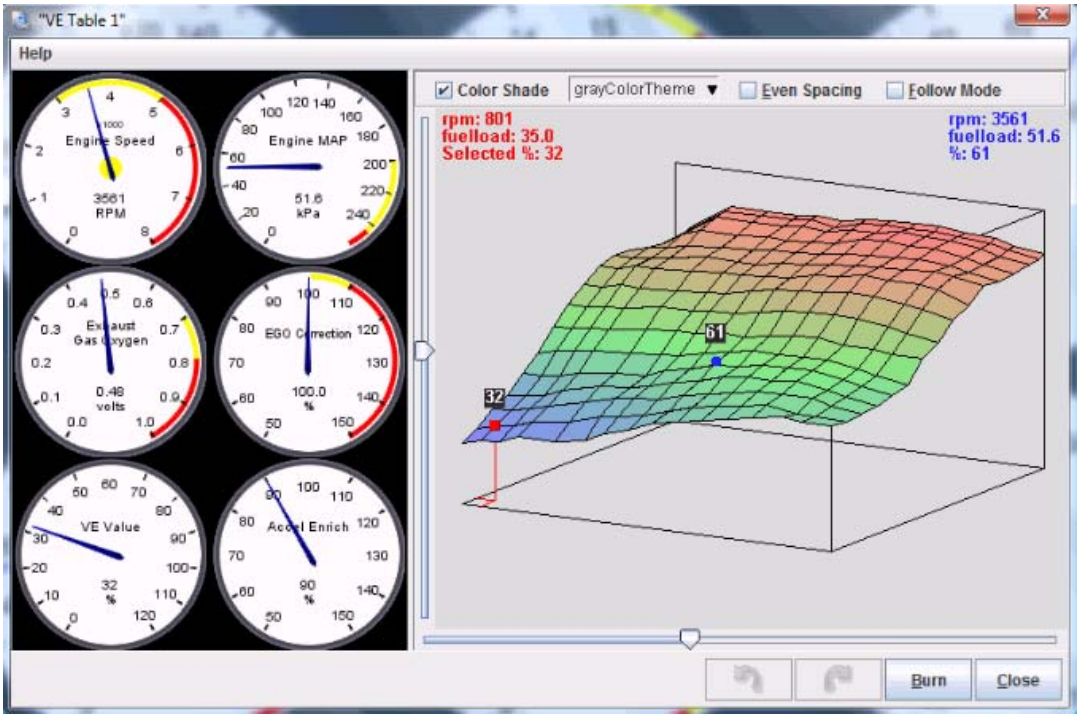


Fig. 5.56 Mapa de inyección
Fuente: Autores

5. Para mover el mapa ayúdese de las flechas del teclado usted puede moverse en todo el mapa, en el mapa se tiene dos puntos de referencia siendo el punto rojo donde se encuentra usted en el mapa, y el punto azul donde se encuentra el funcionamiento del motor. Para mover un punto seleccionado presione Shift en el teclado seguido de la flecha hacia Arriba o Abajo, y se podrá ir dando cuenta que va sucediendo con el funcionamiento del motor, se recomienda realizar un mapa con una cartografía progresiva.

6. Una vez realizada el mapeo es necesario llevar al vehículo a diferentes estados que se puede dar en una carretera, como en, plano, pendiente, bajada, frenado, acelerado e ir observando el mapa y sintiendo cual es la respuesta del vehículo, si el vehículo no responde al 100% se debe mover los puntos del mapa ya sea hacia arriba o abajo y volver a realizar la comprobación.

7. Una vez con el mapa deseado y el motor con su perfecto funcionamiento se debe hacer click en BURN para guardar el mapa en la ECU.

5.22 Tabla de Avance al Encendido

En esta tabla nos permite operar los grados de avance del motor según las revoluciones "x" respecto al porcentaje de carga del motor "y". Para conocer los grados que el motor va tomando cuando se acelera es necesario utilizar una lámpara estroboscópica, entonces conociendo estos datos procedemos a llenar la Tabla Spark Advance (Avance a la Chispa) ubicada en la pestaña Basic Setup opción Ignition Table 1 (Tabla de Encendido).

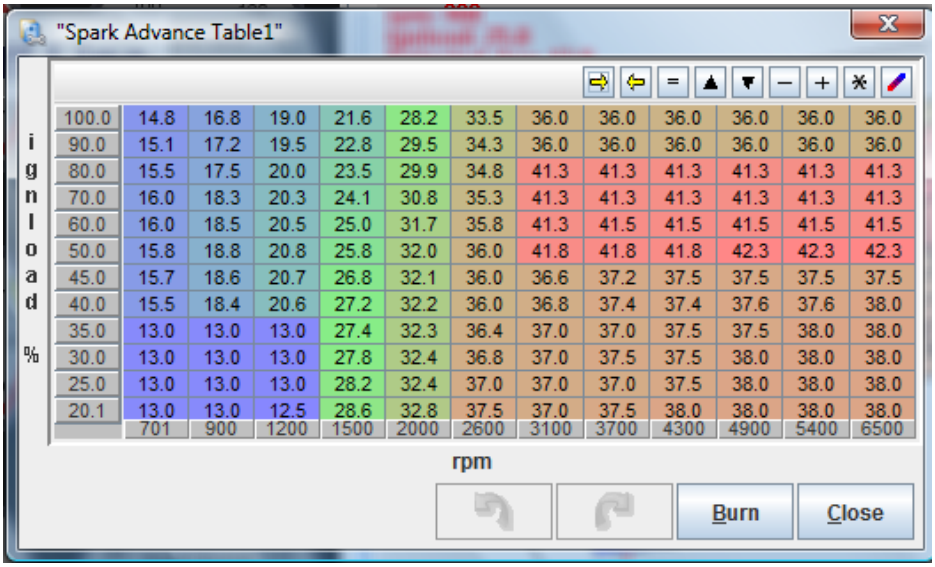


Fig.5.57 Tabla de Avance al Encendido
Fuente: Autores

Al ir modificando la tabla de encendido se hace que la chispa salte antes de que el pistón llegue PMS, de tal forma que la mezcla se empieza a quemar antes y cuando el pistón este en el PMS.

Se tomo algunas consideraciones al modificar el avance:

1. Con un avance muy alto la explosión se haría antes de llegar el pistón al PMS y sería muy malo ya que el pistón sube y la explosión ya se está dando esto es lo que se llama Picado. Esto a la larga influye en la vida útil de los pistones, bielas, cigüeñal del motor.

2. Con poco avance no se llegaría aprovechar la fuerza de la explosión del motor y el vehículo se quedaría sin fuerza.

Para motores de 1000 cc., se aconseja un avance de 10º-15° a 800 rpm. Para lo que en nuestra tabla empezamos desde 13° a bajas rpm y con 20KPa, y según se fue acelerando el motor fuimos modificando valores de avance más altos y verificando cual es la respuesta del motor, hasta un valor máximo de 41° hasta un valor de 80 KPa.

5.23 Tabla de porcentaje de Aire-Combustible

En esta tabla nos permite establecer la relación aire-combustible según el régimen del motor eje "x", en el eje "y" el porcentaje de carga de combustible. En nuestro motor queremos que tenga una AFR rica en todas las cargas del motor menores a 1100rpm, pasada de este valor hasta las 3100 rpm, queremos tener una mezcla pobre para tener menos contaminación de gases de escape. Cuando tengamos rpm mayor a 3600 la mezcla se vuelve rica.

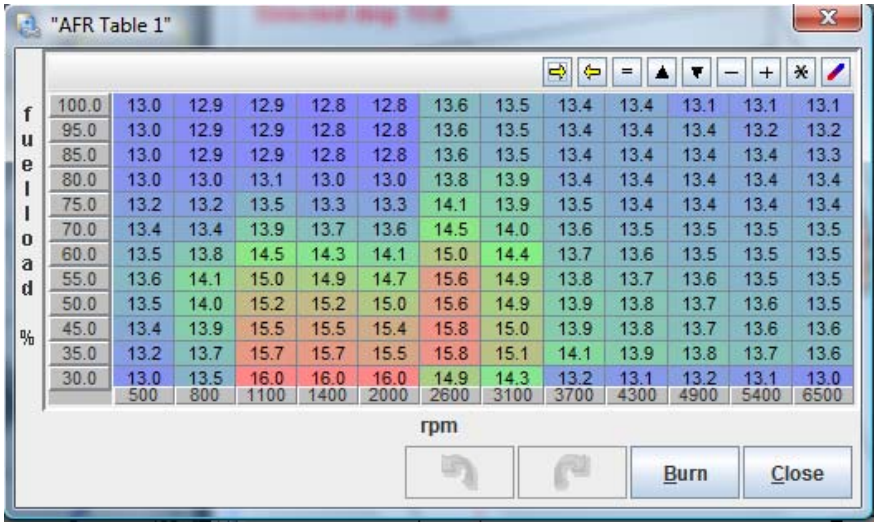


Fig.5.58 Tabla de Porcentaje Aire-Combustible
Fuente: Autores

5.24 Pruebas de funcionamiento con el sistema de inyección MPFI

Para analizar el actual sistema de alimentación del vehículo se utilizara dos pruebas de consumo de combustible que son prueba de consumo en cuidad y carretera. Al realizar estas pruebas se obtendrán datos con lo que podremos determinar el consumo de combustible del motor A10 con el sistema de inyección, y estos resultados compararlos con el sistema a carburador.

5.24.1 Condiciones para realizar las pruebas

Las pruebas se realizaron en la ciudad de Cuenca, la misma que esta a una altura de 2581 m.s.n.m.

- Temperatura ambiente: 18°C a 22 °C
- Neumático: 175/70 R12 presión de inflado 22 PSI
- Peso Total del vehículo: 1150 kg
- Pista seca asfalto
- Gasolina Extra

5.24.2 Prueba de consumo de combustible en la cuidad

Esta prueba fue basada según la norma FTP (Federal Test Procedure) 75, utilizada en el Capítulo I.

Para la realización de la prueba de consumo de combustible se utilizo el tanque de combustible lleno a su capacidad y al termino de realizar la prueba se lo completo al tanque a su capacidad lo que nos indicaba el consumo de la prueba.

La prueba se realizó a las 16:00 p.m. con el mismo recorrido del sistema a carburador, teniendo el siguiente resultado

Tabla 5.1 Datos Obtenidos		
Tiempo de prueba **[min]**	Kilometraje **[Km]**	Velocidad **[Km/h]**
45 min 16 seg	16.4 km	30 – 40 km/h

Fuente: Autores

5.24.3 Calculo de consumo de combustible en Carretera

Consumo de Combustible en la Cuidad = 0,44 galones

Para transformar de galones a litros:

1gl 3.785 lts

0,44 gls. X

X= 1,66 lts.

El cálculo de consumo de combustible por Kilometro:

$$T_{combustible/km} = \frac{1.66\ lts}{16.4\ km}$$

$$T_{combustible/km} = 0.1012 \text{ lts/km}$$

Tabla 5.2 Consumo de Combustible		
Sistema a Carburador	Sistema de Inyección MPFI	Ahorro (Litros)
1,75 lts. @ 0,1070 lts/Km	1,66 lts @ 0,1012 lts/Km	0,084 lts.

Fuente: Autores

5.24.4 Prueba de consumo de combustible en carretera

Para la realización de la prueba de consumo de combustible se utilizo el tanque de combustible lleno a su capacidad y al termino de realizar la prueba se lo completo al tanque a su capacidad lo que nos indicaba el consumo de la prueba.

El recorrido se realizó a las 10:00 a.m., se partió desde la UPS, hacia la cuidad de Azogues por la autopista cumpliendo las mismas condiciones de recorrido tanto de ida como su retorno. Ver Tabla 5.3

Tabla 5.3 Datos Obtenidos		
Tiempo **[min]**	Kilometraje **[Km]**	Velocidad **[Km/h]**
41 min	68.4 km	80 – 90 km/h

Fuente: Autores

5.24.5 Calculo de consumo de combustible en Carretera

Consumo de Combustible en Carretera = 1,07 galones

Para transformar de galones a litros:

1gl 3.785 lts

1.07 gls. X

X= 4.04 lts.

El cálculo de consumo de combustible por Kilometro:

$$T_{combustible/km} = \frac{4.04\ lts}{68.4\ km}$$

$$T_{combustible/km} = 0.059 \text{ lts/km}$$

Tabla 5.4 Consumo de Combustible		
Sistema a Carburador	Sistema de Inyección MPFI	Ahorro (Litros)
4.155 lts. @ 0,0607 lts/Km	4.04 lts @ 0,059 lts/Km	0,115 lts.

Fuente: Autores

Al realizar la prueba de consumo de combustible, con el sistema implementado se obtuvo un menor consumo de combustible tanto en cuidad como en carretera.

5.25 Pruebas de emisiones contaminantes

Para el análisis de los gases de escape con el sistema implementado se acudió al Centro de Revisión Vehicular Cuenca Aire.

5.25.1 Resultado del análisis de gases

Los parámetros que se analizaran son, CO, HC, los mismos que se indican a continuación ya que son los únicos que están avalados por la norma INEN. Ver Tabla 5.5

Tabla 5.5 Valores Obtenidos

Cliente:		KMS:	37869
Modelo:	Datsun1000 año 1971	Fecha:	11/01/2011
Matricula:	ABE-970	Hora:	11:00

Parámetros	**Ralentí**	**2500 rpm**
CO % vol	0,15	0,21
CO2 % vol	13,03	12,61
CO corregido	0,171	0,246
HC ppm	401	182
O2 % vol	2,63	2,98
NOx ppm	------	------
λ	1,115	1,146
N° rpm	850 min^{-1}	2560 min^{-1}
Tem. Aceite	21 °C	21 °C

Fuente: Medición en el Centro de Revisión Vehicular Cuenca Aire

Los Valores de la tabla 5.5 se comprobaran con los datos de la Tabla 5.6

Tabla: 5.6 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor a gasolina. Marcha mínima o ralentí (Prueba estática)				
Año Modelo	**% CO***		**ppm HC***	
	0 – 1500 **	**1500 – 3000 ****	**0 – 1500 ****	**1500 – 3000 ****
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200
* volumen ** Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm)				

Fuente: Norma NTE INEN 2204: 2202-09

Se utiliza la misma tabla del Capítulo 1, debido a que en Cuenca Aire se basan en el año de fabricación de vehículo y no el sistema utilizado en el motor, pero el sistema implementado en nuestro vehículo estaría dentro de los rangos de la Norma que se utilizan para vehículos de año modelo, 1990 a 1999 y 2000 y posteriores.

5.25.2 Tabla comparativa de resultados

En la siguiente tabla se puede observar los datos del análisis de los gases con el sistema a carburación y el sistema a inyección emitidas en el centro de revisión vehicular Cuenca Aire.

Tabla 5.7 Tabla Comparativa de resultados				
	Sistema a Carburación		**Sistema a Inyección**	
Descripción	Ralentí	2500 rpm	Ralentí	2500 rpm
CO % vol.	10,52	6,46	0,15	0,21
HC ppm	8715	1123	401	182
λ	0,83	0,80	1,115	1,146

Fuente: CRTV Cuenca Aire

5.26 Evaluación e interpretación de la prueba

Los parámetros que se analizaron son CO, HC gases que están normados por el instituto ecuatoriano de normalización.

5.26.1 (CO) MONÓXIDO DE CARBONO

La figura muestra la relación existente entre el CO y la relación aire/combustible (Lambda).

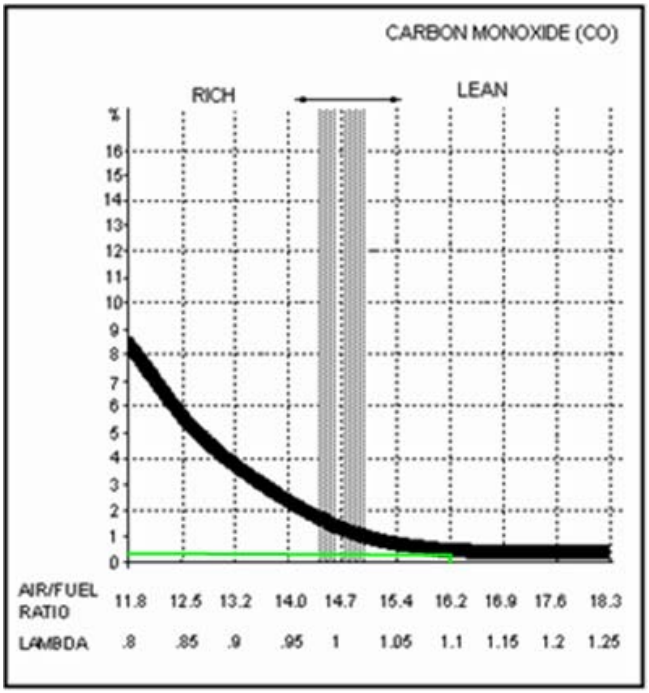


Fig. 5.59 Relación Lambda - aire combustible para CO
Fuente: Articulo CENTRALAUTO, Manual del usuario, analizador de gases, Pág. 34

La figura 5.57 muestra que el nivel de CO de nuestro motor bajó con el sistema implementado, ya que se está teniendo una relación de aire/combustible cerca de 16,2:1, con un porcentaje de CO de 0,11%, valor que está dentro de los valores indicados por la norma.

5.26.2 (HC). HIDROCARBUROS

Para tener emisiones más bajas de HC se trata de tener una relación de aire/combustible sobre 16,2:1, por lo que en nuestro motor con una Lambda de 1,115 se puede ver en la figura la cantidad de HC sin quemar la que indica una relación de 16.2:1, siendo una mezcla pobre.

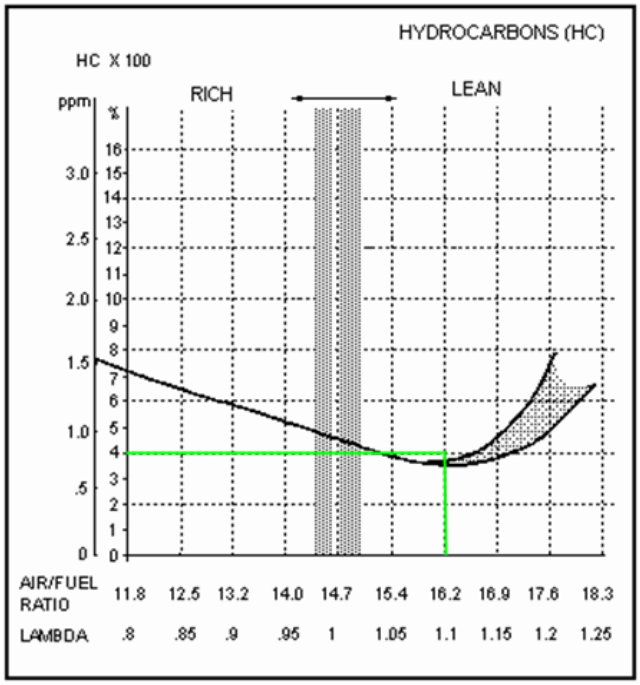


Fig. 5.60 Relación Lambda - aire combustible para HC
Fuente: Articulo CENTRALAUTO, Manual del usuario, analizador de gases, Pág. 35

Fig. 5.61 Medición de los Gases de Escape
Fuente: Autores

Fig.5.62 Tabla de Resultados de emisiones de Gases
Fuente: Autores

5.27 Prueba de aceleraciones

Las pruebas realizadas con el nuevo sistema implementado serán comparados con el sistema anterior, como: aceleración en plano y pendiente, con la que nos indicara la respuesta del vehículo a distintas velocidades, con las mismas circunstancias y condiciones descritas en el Capitulo 1

5.27.1 Prueba de aceleración en plano

Para realizar la prueba con nuestro vehículo también se tomo en cuenta otras condiciones que se ven en la Tabla 5.8

La prueba de aceleración en plano se realizó para tres velocidades, 0- 40 km/h, 0- 60 km/h y 0-80 km/h, que se realizaron en la autopista Cuenca-Azogues, con pista de asfalto seco, a las 15:00 p.m. el día Miércoles 05 de Enero del 2011, con las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura ambiente 21 °C
- Velocidad del viento de 7 km/h [31]

[31] Tomado de la página Web http://www.meteored.com.ec/tiempo-en_Cuenca-America+Sur-Ecuador-Azuay--12-20244.html

Tabla: 5.8 Resultados de la prueba aceleración en plano con el sistema a inyección			
Velocidad (Km/h)	Tiempo 1 (s.)	Tiempo 2 (s.)	Tiempo 3 (s.)
0-40 km/h	6 (s.)	6 (s.)	6 (s.)
0-60 km/h	10 (s.)	9 (s.)	10(s.)
0-80 km/h	14 (s.)	14 (s.)	15 (s.)

Fuente Autores

Tabla: 5.9 Resultados de la prueba aceleración en plano con un sistema a Carburador			
Velocidad (Km/h)	Tiempo 1 (s.)	Tiempo 2 (s.)	Tiempo 3 (s.)
0-40 km/h	12 (s.)	13 (s.)	12 (s.)
0-60 km/h	14 (s.)	15 (s.)	15(s.)
0-80 km/h	18 (s.)	16 (s.)	17 (s.)

Fuente Autores

5.27.2 Prueba de aceleración en pendiente

La prueba fue realizada en la Avd. Las Américas, sector Parque industrial.

Tabla: 5.10 Resultados de la prueba aceleración en pendiente con el sistema a inyección		
Velocidad [Km/h]	Tiempo [s.]	Distancia recorrida [m.]
0-40 km/h	8 [s.]	88 [m]
0-60 km/h	12 [s.]	200 [m]
0-80 km/h	14 [s.]	311.11 [m]

Fuente Autores

Tabla: 5.11 Resultados de la prueba aceleración en pendiente con el sistema a carburador		
Velocidad [Km/h]	Tiempo [s.]	Distancia recorrida [m.]
0-40 km/h	16 [s.]	177 [m]
0-60 km/h	20 [s.]	333 [m]
0-80 km/h	26 [s.]	577 [m]

Fuente Autores

Al término de las pruebas de aceleración se observo el estado de la bujía, teniendo como resultado una combustión optima de la mezcla aire-combustible.

Fig.5.63 Estado de la Bujía con el sistema a inyección
Fuente: Autores

CONCLUSIONES

El desarrollo de este trabajo de tesis sirvió para resolver el problema de consumo de combustible y contaminación de los gases de escape, teniendo en cuenta que se instaló un sistema a inyección, el cual nos permite controlar el consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes, para que el vehículo este dentro de los rangos permitidos de contaminación.

Al realizar el análisis del sistema de alimentación con el que contaba el vehículo, como: bomba mecánica de gasolina, carburador, múltiple de admisión, distribuidor, con lo que se partió para la implementación del nuevo sistema; también se realizaron pruebas de los parámetros de funcionamiento del motor para determinar el estado del motor, consumo de combustible, tiempos de aceleración, y la pruebas de gases realizada en el Centro de Revisión Vehicular de la Ciudad de Cuenca, tal prueba nos daba referencia del grado de contaminación elevada que tenía el vehículo.

Fue necesario realizar el análisis del sistema de alimentación de aire con el que contaba el motor A-10, haciéndose referencia al consumo de aire, tipo de flujo de aire generado por el múltiple de admisión y la relación estequiometria, sirviéndonos este análisis para determinar el diseño del nuevo múltiple de admisión, para lo que es necesario considerar la geometría del nuevo múltiple, la turbulencia que debe generar, la longitud de los tubos de admisión, el golpe de ariete, y datos obtenidos en internet para el diámetro del plenum del múltiple de admisión recomendaba para un motor de cilindrada de 1000cc, así mismo como el tipo de material a utilizarse en la construcción del múltiple de admisión.

Habiéndose seleccionado el sistema de inyección multipunto indirecta por las condiciones y la geometría del motor, se analizo este tipo de sistema tales como los componentes y la disposición del mismo para la implementación en el vehículo.

Para selección de la computadora programable se tomo en cuenta el tipo de inyección que se estaba implementando, para este caso una inyección indirecta el cual la computadora programable nos permite controlaba todos los elementos de este sistema de inyección, otros factores importantes para la selección de la computadora

programable fueron la disponibilidad en el mercado, la facilidad de programación y el factor económico.

En la implementación del los elementos del nuevo sistema de alimentación se tuvo que realizar varias modificaciones mecánicas y eléctricas, para la instalación de los sensores tales como, IAT, ECT, sensor de oxigeno, CKP con su rueda fónica, y la instalación y conexión de todos estos elementos con la ECU.

Para el correcto funcionamiento del sistema a inyección debe tener en cuenta una adecuada e idónea programación, esto se logra mediante pruebas en carretera para alcanzar un mejor desarrollo y respuesta del motor a las diferentes condiciones de trabajo.

Al realizar la comparación de resultados con el sistema a carburador con el sistema implementado, se observa claramente la disminución de la contaminación de los gases de escape y una mejor respuesta del motor.

Con la finalización de la Tesis y la realización de las diferentes pruebas y comparaciones de resultados se puede concluir que el sistema a inyección puede reemplazar al sistema a carburación, y ser aplicable en el medio automotriz.

RECOMENDACIONES

Para la implementación de un sistema de inyección se recomienda que el motor deba de estar dentro de los parámetros de funcionamiento que manda el fabricante.

Al momento de implementar los elementos para el sistema a inyección en el motor se debe tener cuidado en el ámbito electrónico para no quemarlos por cortocircuitos, en lo mecánico se debe tener cuidado para que los elementos colocados tengan una buena hermeticidad y así evitar problemas de funcionamiento.

Durante la programación se debe tener en cuenta que al realizar un mínimo cambio, el motor tiene otra respuesta, por lo que se recomienda ser minucioso.

Una recomendación muy importante es en el numero de vueltas de los potenciómetros ya que es totalmente subjetivo, ya que por más que usemos dos sensores idénticos no necesariamente podrían estar configurados de la misma manera, es importante decir que si estamos trabajando con sensores de tipo Hall los potenciómetros quedan deshabilitados.

Para futuros trabajos relacionados con el tema se puede analizar la potencia del motor para verificar si el sistema a inyección incrementa en comparación con un sistema a carburación mediante el uso de equipos adecuados.

BIBLIOGRAFIA

Libros

- Ronal V. Giles, MECÁNICA DE FLUIDOS E HIDRÁULICA; Mc Graw Hill
- Fuel Inyection/Sistema Universal, "INYECCIÓN ELECTRÓNICA
- Yunus A. Cengel, Boles; TERMODINÁMICA; 4ta Ed, Mc Graw Hill; 2000
- Manual de Servicio NISSAN MOTOR CO, MOTOR A10

Artículos PDF

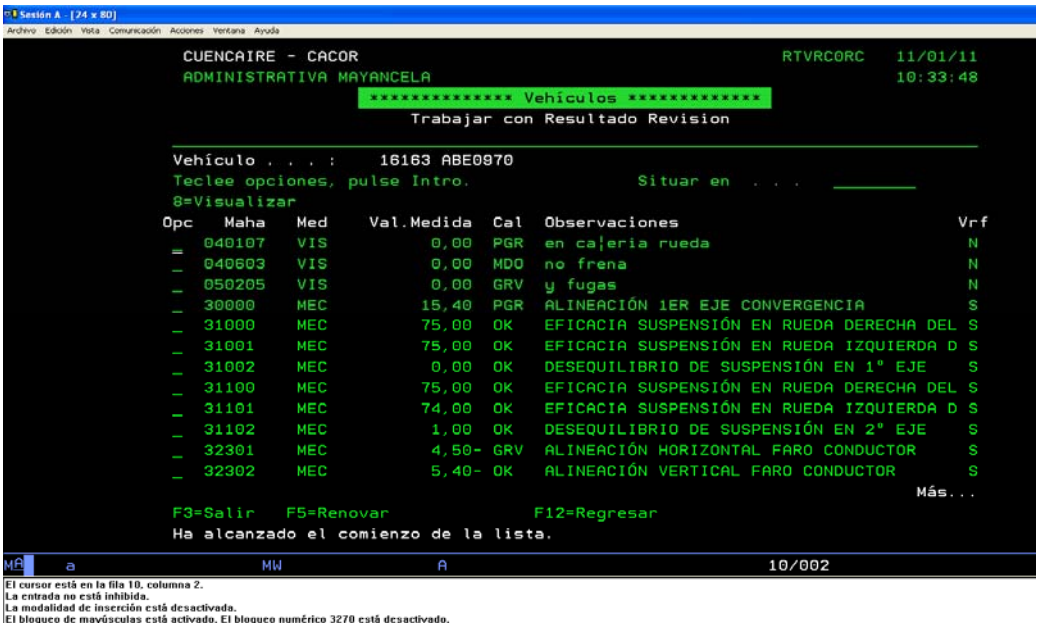
- Artículo PDF Inyección a Gasolina
- Sistemas de inyección electrónica BOSH

Páginas Electrónicas

- www.mecanicavirtual.com
- www.megasquirt.com
- www.meteored.com.ec
- www.diyautotune.com
- www.dinamyca.com.ec

ANEXO A

Tablas emitidas por el Centro de Revisión Vehicular Mayancela (Cuenca Aire), Resultados generales de la Revisión con el sistema a carburación.



```
Sesión A - [24 x 80]
Archivo  Edición  Vista  Comunicación  Acciones  Ventana  Ayuda

CUENCAIRE - CACOR                                   RTVRCORC   11/01/11
ADMINISTRATIVA MAYANCELA                                       10:33:48
                    ********** Vehículos **********
                       Trabajar con Resultado Revision

Vehículo . . . :     16163 ABE0970
Teclee opciones, pulse Intro.              Situar en . . .  _______
8=Visualizar
Opc    Maha    Med     Val.Medida  Cal  Observaciones                    Vrf
 _   040107    VIS           0,00  PGR  en ca¦eria rueda                  N
 _   040603    VIS           0,00  MDO  no frena                         N
 _   050205    VIS           0,00  GRV  y fugas                          N
 _   30000     MEC          15,40  PGR  ALINEACIÓN 1ER EJE CONVERGENCIA  S
 _   31000     MEC          75,00  OK   EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL S
 _   31001     MEC          75,00  OK   EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA D S
 _   31002     MEC           0,00  OK   DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN EN 1º EJE    S
 _   31100     MEC          75,00  OK   EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL S
 _   31101     MEC          74,00  OK   EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA D S
 _   31102     MEC           1,00  OK   DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN EN 2º EJE    S
 _   32301     MEC           4,50- GRV  ALINEACIÓN HORIZONTAL FARO CONDUCTOR    S
 _   32302     MEC           5,40- OK   ALINEACIÓN VERTICAL FARO CONDUCTOR      S
                                                                        Más...
F3=Salir   F5=Renovar              F12=Regresar
Ha alcanzado el comienzo de la lista.
MA  a                  MW              A                    10/002
El cursor está en la fila 10, columna 2.
La entrada no está inhibida.
La modalidad de inserción está desactivada.
El bloqueo de mayúsculas está activado. El bloqueo numérico 3270 está desactivado.
```

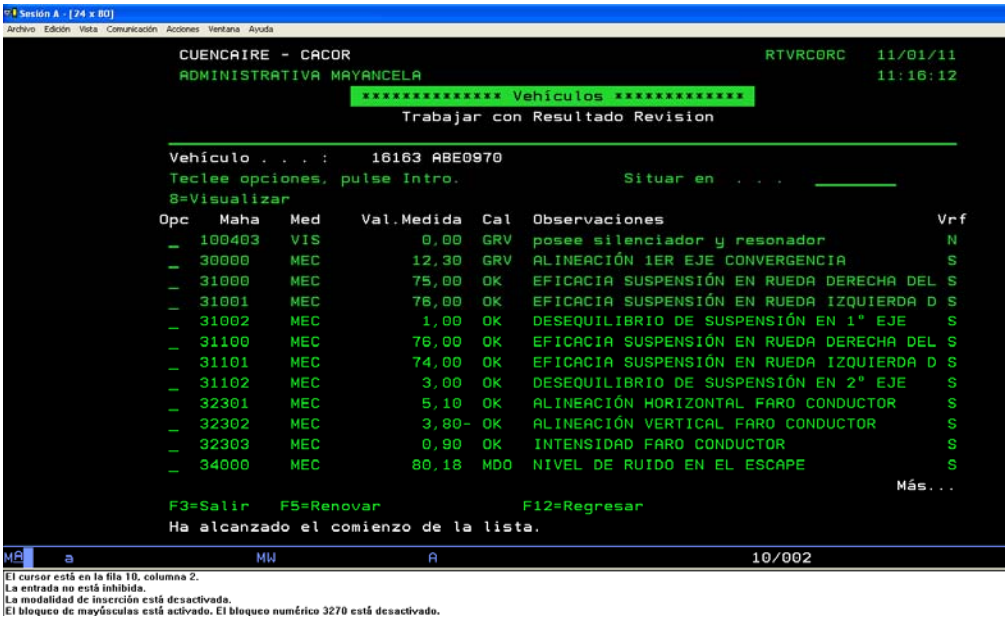
```
Sesión A - [24 x 80]
Archivo  Edición  Vista  Comunicación  Acciones  Ventana  Ayuda

CUENCAIRE - CACOR                                   RTVRCORC   11/01/11
ADMINISTRATIVA MAYANCELA                                       10:34:28
                    ********** Vehículos **********
                       Trabajar con Resultado Revision

Vehículo . . . :     16163 ABE0970
Teclee opciones, pulse Intro.              Situar en . . .  _______
8=Visualizar
Opc    Maha    Med     Val.Medida  Cal  Observaciones                    Vrf
 _   32303     MEC           6,20  OK   INTENSIDAD FARO CONDUCTOR         S
 _   34000     MEC          79,31  MDO  NIVEL DE RUIDO EN EL ESCAPE       S
 _   39001     MEC        8715,00  PGR  HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) RAL S
 _   39004     MEC           0,83       LAMBDA EN BAJAS                  N
 _   39005     MEC          10,52  PGR  MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI  S
 _   39008     MEC         630,00  OK   RPM EN RALENTI                   S
 _   39501     MEC        1123,00  OK   HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) 250 S
 _   39504     MEC           0,80       LAMBDA EN ALTAS                  N
 _   39505     MEC           6,46  OK   MONOXIDO DE CARBONO (CO) 2500 RPM S
 _   39508     MED        2580,00  OK   RPM EN ALTAS                     S
 _   50010     MEC          12,00  OK   DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 1º EJE S
 _   51010     MEC          87,00  PGR  DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 2º EJE S
                                                                        Más...
F3=Salir   F5=Renovar              F12=Regresar
MA  a                  MW              A                    10/002
El cursor está en la fila 10, columna 2.
La entrada no está inhibida.
La modalidad de inserción está desactivada.
El bloqueo de mayúsculas está activado. El bloqueo numérico 3270 está desactivado.
```

ANEXO B

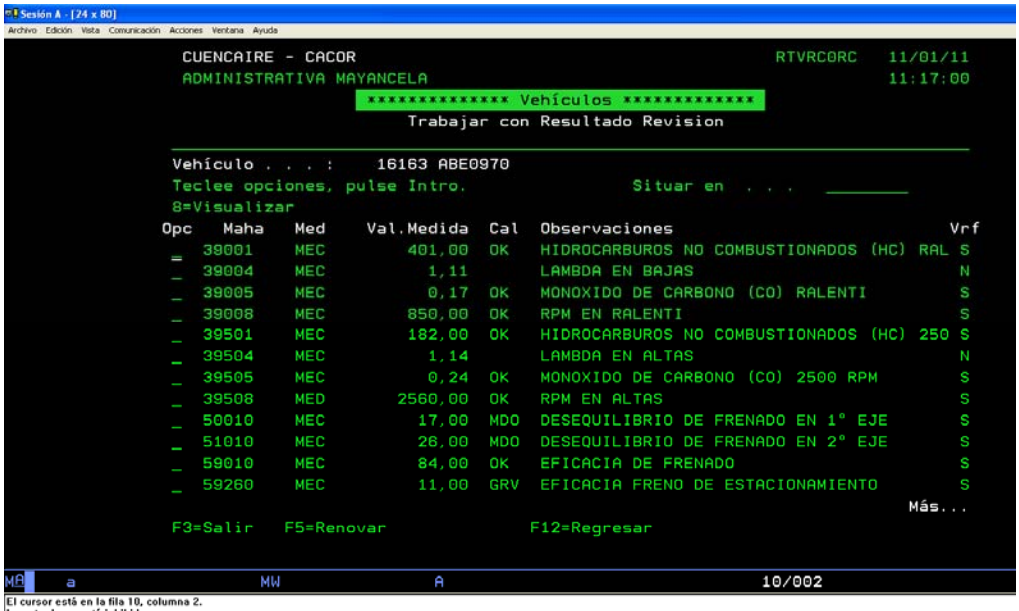
Tablas emitidas por el Centro de Revisión Vehicular Mayancela (Cuenca Aire), Resultados generales de la Revisión con el sistema a inyección



```
Sesión A - [24 x 80]
Archivo  Edición  Vista  Comunicación  Acciones  Ventana  Ayuda

CUENCAIRE - CACOR                                   RTVRCORC   11/01/11
ADMINISTRATIVA MAYANCELA                                       11:16:12
                    xxxxxxxxxxxxxxx Vehículos xxxxxxxxxxxxxxx
                         Trabajar con Resultado Revision

Vehículo . . . :     16163 ABE0970
Teclee opciones, pulse Intro.                Situar en . . .  ________
8=Visualizar
Opc    Maha    Med     Val.Medida  Cal  Observaciones                          Vrf
_   100403   VIS            0,00  GRV  posee silenciador y resonador          N
_   30000    MEC           12,30  GRV  ALINEACIÓN 1ER EJE CONVERGENCIA        S
_   31000    MEC           75,00  OK   EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL S
_   31001    MEC           76,00  OK   EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA D S
_   31002    MEC            1,00  OK   DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN EN 1° EJE   S
_   31100    MEC           76,00  OK   EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL S
_   31101    MEC           74,00  OK   EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA D S
_   31102    MEC            3,00  OK   DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN EN 2° EJE   S
_   32301    MEC            5,10  OK   ALINEACIÓN HORIZONTAL FARO CONDUCTOR    S
_   32302    MEC            3,80- OK   ALINEACIÓN VERTICAL FARO CONDUCTOR      S
_   32303    MEC            0,90  OK   INTENSIDAD FARO CONDUCTOR               S
_   34000    MEC           80,18  MDO  NIVEL DE RUIDO EN EL ESCAPE             S
                                                                          Más...
F3=Salir   F5=Renovar              F12=Regresar
Ha alcanzado el comienzo de la lista.
MA  a                MW              A                    10/002
El cursor está en la fila 10, columna 2.
La entrada no está inhibida.
La modalidad de inserción está desactivada.
El bloqueo de mayúsculas está activado. El bloqueo numérico 3270 está desactivado.
```



```
Sesión A - [24 x 80]
Archivo  Edición  Vista  Comunicación  Acciones  Ventana  Ayuda

CUENCAIRE - CACOR                                   RTVRCORC   11/01/11
ADMINISTRATIVA MAYANCELA                                       11:17:00
                    xxxxxxxxxxxxxxx Vehículos xxxxxxxxxxxxxxx
                         Trabajar con Resultado Revision

Vehículo . . . :     16163 ABE0970
Teclee opciones, pulse Intro.                Situar en . . .  ________
8=Visualizar
Opc    Maha    Med     Val.Medida  Cal  Observaciones                          Vrf
_   39001    MEC          401,00  OK   HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) RAL S
_   39004    MEC            1,11       LAMBDA EN BAJAS                        N
_   39005    MEC            0,17  OK   MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI       S
_   39008    MEC          850,00  OK   RPM EN RALENTI                         S
_   39501    MEC          182,00  OK   HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) 250 S
_   39504    MEC            1,14       LAMBDA EN ALTAS                        N
_   39505    MEC            0,24  OK   MONOXIDO DE CARBONO (CO) 2500 RPM      S
_   39508    MED         2560,00  OK   RPM EN ALTAS                           S
_   50010    MEC           17,00  MDO  DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 1° EJE     S
_   51010    MEC           26,00  MDO  DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 2° EJE     S
_   59010    MEC           84,00  OK   EFICACIA DE FRENADO                    S
_   59260    MEC           11,00  GRV  EFICACIA FRENO DE ESTACIONAMIENTO      S
                                                                          Más...
F3=Salir   F5=Renovar              F12=Regresar
MA  a                MW              A                    10/002
El cursor está en la fila 10, columna 2.
La entrada no está inhibida.
La modalidad de inserción está desactivada.
El bloqueo de mayúsculas está activado. El bloqueo numérico 3270 está desactivado.
```