

**“ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN PROGRAMABLE
EN UN VEHÍCULO A CARBURADOR”**

**CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO
CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de
INGENIERO AUTOMOTRIZ



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

RIOBAMBA - ECUADOR

2009
DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Raúl Vinicio Cabrera Escobar

Víctor Xavier Cifuentes Vera

AGRADECIMIENTO

En la vida existen momentos y cosas gratificantes, esta es una de ellas, agradezco a Dios por darme la vida y la capacidad para superar mis obstáculos y a mis padres que siempre me apoyaron en todo sentido y en todo momento, gracias papi y gracias mami por enseñarme a no darme por vencido e inculcarme como prioridad la educación y honestidad.

Agradezco además a mi director de tesis Ing. Fernando Bedón y a mi asesor el Ing. Wilson Molina por su ayuda al momento de plantear el ante proyecto de tesis y al momento de la ejecución de la misma, a mis profesores ya que aportaron con sus conocimientos y experiencias para formar un profesional de competencia y calidad y por ello no se les podrá olvidar ya que al final llegaron hacer un compañero y amigo más de nuestras vidas.

Raúl Cabrera Escobar

AGRADECIMIENTO

Este proyecto de tesis tiene un significado inmensurable, de una etapa enriquecedora y llena de total esfuerzo. En toda mi experiencia universitaria y en la realización de este proyecto, han habido personas que les agradezco infinitamente, porque sin su valiosa aportación no hubiese sido posible este trabajo y también hay quienes plasmaron su huella en mi ahora y mi futuro.

A mis padres, Víctor y Rosita, les agradezco su desinteresado apoyo, su guía y su confianza para la realización de mis sueños. Saben, soy muy afortunado por haber tenido su ejemplo, amor y comprensión. Esta tesis es para ustedes.

A mi hermana Male y mi sobrina Gaby, por su amor y apoyo en toda circunstancia, a mi novia Karina por su incondicional apoyo, amor, respeto y paciencia a lo largo de nuestra relación. Todo eso para mí tiene un precio invaluable.

A mis primos Jorge y German, con los cuales compartí gran parte de mi vida, que sepan que los aprecio un montón.

A mi director de tesis Ing. Fernando Bedón y mi asesor Ing. Wilson Molina por su ayuda, consejos y constante interés a lo largo de la tesis.

A mi buen amigo de años Nicolay, que fue quien, con sus consejos, ayuda y experiencia, me dio las herramientas necesarias para comenzar a dar pequeños pasos, en mi carrera y en la vida.

A mis amigos Cristian, Alejo, Gabriel, David, Henry, Roberto, Raúl, Marco, Damián, Daniel, Neto, Karen, Leo, Guido, Fabricio, Álvaro, Jaime, Patricio, por estar ahí siempre en las buenas y en las malas.

Finalmente quiero agradecer a Dios, porque sin él ninguno de estos logros hubiera sido posible.

Víctor Cifuentes Vera

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico a mis padres: Raúl Cabrera y Martha Escobar, quienes me apoyaron en todo momento con sus valiosos consejos y además confiaron en mis capacidades para que llegara hacer un profesional. A mis hermanos a quienes trato de dar siempre ejemplo de una vida correcta, y a todos aquellos que me apoyaron de una u otra forma como son mis amigos, compañeros, profesores, con quienes compartí tanto buenos como malos momentos en el transcurso de mi vida estudiantil.

Raúl Cabrera Escobar

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis se lo dedico a mis padres Víctor Cifuentes y Rosita Vera, porque gracias a ustedes, a su apoyo incansable, tenacidad ante las dificultades y amor incondicional, pude culminar este peldaño más de mi vida. Mi educación fue su mejor herencia papitos.

En general también le dedico a toda mi familia, ya que gracias a sus palabras de aliento tuve las fuerzas y la entereza para seguir adelante, sin desfallecer jamás y manteniendo siempre la cabeza en alto, listo para enfrentar cualquier desafío que la vida me proponga.

Muchas Gracias.

Víctor Cifuentes Vera

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	GENERALIDADES
1.1.	Antecedentes.....1
1.2.	Justificación Técnica.....2
1.2.1.	Justificación Socio Económica.....2
1.2.2.	Justificación Ambiental.....3
1.3.	Objetivos.....4
1.3.1.	Objetivo General.....4
1.3.2.	Objetivos Específicos.....4
1.4.	Metodología de la Investigación.....4
2.	MARCO TEÓRICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN
2.1	Sistemas de Inyección a Gasolina.....5
2.1.1.	Historia y Evolución de la Inyección.....5
2.1.2.	Tipos de Sistemas de Inyección.....7
2.1.3.	Principio de Funcionamiento de la Inyección Electrónica.....11
2.1.4.	Unidad de Control Electrónico (ECU).....12
2.2.	Sistema de Inyección Multipunto Programable.....15
2.2.1.	Principios de Funcionamiento ECU Programable Megasquirt.....17
2.3.	Sensores.....20
2.3.1.	Sensor MAP.....20
2.3.2.	Sensor TPS.....24
2.3.3.	Sensor CTS.....30
2.3.4.	Sensor IAT.....32
2.3.5.	Sensor Oxígeno.....35
2.3.6.	Sensor CMP.....41
2.3.7.	Sensor CKP.....45
2.4.	Actuadores.....50
2.4.1.	Bomba de Combustible.....50
2.4.2.	Inyectores.....53
2.4.3.	Relés.....58
2.5.	Circuito Hidráulico.....60
2.5.1.	Tanque de Combustible.....60
2.5.2.	Filtro de Combustible.....61

2.5.3.	Regulador de Combustible.....	62
2.5.4.	Líneas de Combustible.....	63
2.5.5.	Riel de Inyectores.....	64
2.6.	Circuito de Admisión.....	64
2.6.1.	Colector de Admisión.....	65
2.6.2.	Filtro de Aire.....	65
3.	ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN	
3.1.	Parámetros Iniciales para Modificación del Motor a Carburador.....	67
3.1.1	Pruebas de Consumo de Combustible.....	67
3.1.2.	Pruebas de Potencia.....	69
3.1.3.	Pruebas de Contaminación.....	71
3.2.	Selección de Elementos para la Modificación.....	74
3.3.	Ubicación y Montaje.....	85
3.4.	Programación de la ECU.....	89
3.5.	Tiempos de Utilización de Máquinas, Equipos y Herramientas.....	99
4.	PRUEBAS, CALIBRACIONES Y FASE EXPERIMENTAL	
4.1.	Pruebas.....	100
4.1.1	Pruebas de Consumo de Combustible.....	100
4.1.2.	Pruebas de Potencia.....	103
4.1.3.	Pruebas de Contaminación.....	105
4.2.	Calibraciones.....	110
4.3.	Análisis de Costos.....	111
4.3.1.	Costos Directos.....	111
4.3.2.	Costos Indirectos.....	112
4.4.	Resultados y Mejoras.....	112
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1.	Conclusiones.....	114
5.2.	Recomendaciones.....	115
	BIBLIOGRAFÍA.....	116
	LINKOGRAFÍA.....	117
	ANEXOS.....	118

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1	Tabla de Duty Cycle con sus Tiempos de Inyección.....19
2.2	Valores de Temperaturas y sus Respektivas Resistencias.....32
2.3	Valores de Temperaturas y sus Respektivas Resistencias.....33
3.1	Resultados de Gases de Escape (Carburador).....71
3.2	Tabla de Factores BSFC.....77
3.3	Costos y Caudales de Inyectores.....78
3.4	Costos y Presiones de Bombas de Combustible.....78
3.5	Análisis de Costos.....80
3.6	Tiempos de Utilización de Máquinas, Equipos y Herramientas.....99
4.1	Resultados de Gases de Escape (Inyección).....105
4.2	Análisis de Costos de Materiales.....111
4.3	Análisis de Costos de Máquinas y Herramientas.....112
4.4	Análisis de Costos de Mano de Obra112
4.5	Análisis de Costos de Transporte.....112
4.6	Consumos del Sistema de Carburador y Sistema de Inyección.....113

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1	Evolución de los Sistemas de Alimentación.....7
2.2	Tipos de Inyección Indirecta de Gasolina.....8
2.3	Inyección Monopunto, Multipunto.....9
2.4	Comparación de los Tipos de Inyección.....10
2.5	Partes del Sistema de Inyección.....11
2.6	Ecu Megasquirt.....17
2.7	Placa y sus Componentes de ECU Megasquirt.....18
2.8	Sensor MAP.....20
2.9	MAP Ubicado en el Compartimiento y MAP dentro de la ECU.....21
2.10	Forma de Onda Sensor MAP.....22
2.11	Circuito del Sensor MAP.....23
2.12	Sensor TPS.....24
2.13	Ubicación del Sensor de Posición de la Mariposa del Acelerador TPS.....25
2.14	Sensor TPS.....25
2.15	Conexiones del Sensor TPS.....26
2.16	Forma de Onda del Sensor de la Posición de Mariposa del Acelerador TPS.....27
2.17	Circuito Eléctrico del Sensor TPS.....28
2.18	Circuito Eléctrico del Sensor TPS con Contacto de Switch.....28
2.19	Sensor de Temperatura de Refrigerante (CTS).....30
2.20	Forma de Curva del Sensor de Temperatura de Refrigerante (CTS).....30
2.21	Circuito Eléctrico del Sensor CTS.....31
2.22	Sensor IAT.....32
2.23	Forma de Curva del Sensor de Temperatura Aire (IAT).....33

2.24	Circuito Eléctrico del Sensor IAT.....	34
2.25	Sensor de Oxígeno.....	35
2.26	Ubicación Sensor de Oxígeno.....	36
2.27	Forma de Onda de Sensor de Oxígeno.....	38
2.28	Circuito Eléctrico del Sensor de Oxígeno.....	38
2.29	Rango de Voltaje del Sensor de Oxígeno.....	38
2.30	Comparaciones de Sensor de Oxígeno con Defecto y en Buenas Condiciones.....	40
2.31	Sensor de Posición de Árbol de Levas (CMP).....	41
2.32	Ubicación del Sensor CMP.....	41
2.33	Forma de Onda del Sensor de Posición de Árbol de Levas (Inductivo).....	43
2.34	Forma de Onda del Sensor de Posición de Árbol de Levas (Hall).....	43
2.35	Sensor Tipo Hall.....	43
2.36	Sensor Tipo Inductivo.....	44
2.37	Sensor CKP.....	45
2.38	Sensor Inductivo frente a la Corona Dentada del Cigüeñal.....	45
2.39	Sensor Inductivo frente al Volante de Inercia.....	46
2.40	Ubicación del Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP).....	46
2.41	Forma de Onda del Sensor de Posición del Cigüeñal (Hall).....	48
2.42	Forma de Onda del Sensor de Posición del Cigüeñal (Inductivo).....	48
2.43	Forma de Onda del Sensor tipo Opto-Eléctrico CMP y CKP en el Distribuidor.....	49
2.44	Sensor Tipo Hall.....	49
2.45	Sensor Tipo Inductivo.....	49
2.46	Bomba de Combustible Sumergible.....	50
2.47	Conexión Eléctrica de la Bomba de Combustible.....	51
2.48	Comprobación de la Presión por Medio de un Manómetro.....	52
2.49	Inyectores de Combustible.....	53
2.50	Diagrama del Circuito de Inyectores.....	54
2.51	Partes del Inyector.....	54

2.52	Aguja del Inyector.....	55
2.53	Inyector con Pulverización de Cono.....	55
2.54	Inyector con Cono de Pulverización Interno.....	56
2.55	Inyector con Cono de Pulverización Ancho.....	56
2.56	Forma de Onda de un Inyector en Funcionamiento.....	57
2.57	Relé de una Posición.....	58
2.58	Numeración de Pines de Relé.....	59
2.59	Circuito Hidráulico.....	60
2.60	Tanque de Combustible.....	60
2.61	Partes del Filtro de Combustible.....	61
2.62	Regulador de Combustible.....	62
2.63	Partes del Regulador de Combustible.....	62
2.64	Lineas de Combustible.....	63
2.65	Rieles de Inyectores.....	64
2.66	Circuito de Admisión.....	64
2.67	Colector o Múltiple de Admisión.....	65
2.68	Filtro de Aire Estándar.....	65
2.69	Filtro de Alto Flujo.....	66
3.1	Desconectando Bomba de Combustible.....	67
3.2	Recipiente de 500cc.....	67
3.3	Gráfica de Resultado de Consumos de Combustible en una Distancia Constate.....	68
3.4	Gráfica de Resultados Consumo vs. Distancia.....	69
3.5	Gráfica de Resultados (Velocidad – Tiempo).....	70
3.6	Analizador en el Tubo de Escape del Vehículo.....	71
3.7	Resultados de Gases de Escape.....	71
3.8	Gráfica de Resultados de Lambda.....	72
3.9	Gráfica de Resultados de O ₂	72
3.10	Gráfica de Resultados de CO ₂	73
3.11	Gráfica de Resultados de HC.....	73
3.12	Sensor de Temperatura Refrigerante.....	74

3.13	Sensor de Temperatura Aire.....	75
3.14	Sensor de Oxígeno o Lambda	76
3.15	Inyectores.....	76
3.16	Bomba de Combustible (Bosch).....	78
3.17	Riel de Inyectores (Magnetti Marrelli).....	79
3.18	Regulador de Presión.....	79
3.19	ECU Megasquirt con Sensor MAP.....	80
3.20	Múltiple o Colector de Admisión. (VW Gol).....	81
3.21	Sensor de Posición de la Mariposa TPS (Throttle Position Sensor).....	82
3.22	Fusibles.....	82
3.23	Diagrama de Conexión de Inyectores.....	84
3.24	Desmontaje del Carburador.....	85
3.25	Desmontaje del Colector de Admisión.....	85
3.26	Sellando Cavidad de Refrigeración de Colector Admisión de Carburador.....	86
3.27	Montaje de Elementos Externos del Múltiple.....	86
3.28	Ubicación del Múltiple.	86
3.29	Ubicación y Montaje de Sensor de Oxígeno en Colector de Escape.....	87
3.30	Ubicación y Montaje de CTS.....	87
3.31	Ubicación y Montaje de IAT.....	87
3.32	Ubicación y Montaje de Bomba de Combustible dentro del Depósito de Combustible.....	88
3.33	Ubicación y Montaje de Filtro de Combustible.....	88
3.34	Instalación de la ECU.....	89
3.35	Instalaciones Definitivas del Sistema.....	89
3.36	Gráfico de Configuración de Comunicación vía Cable Serial.....	90
3.37	Gráfico de Cálculo de Combustible Requerido.....	90
3.38	Gráfico de Parámetros Constantes de la Programación.....	91
3.39	Gráfico Sensor MAP.....	92
3.40	Gráfico de Calibración del TPS.....	93
3.41	Gráfico de Calibración del Sensor de Temperatura de Refrigerante.....	93
3.42	Gráfico de Calibración del Sensor de Temperatura de Aire.....	94

3.43	Gráfico de la Tabla de Ancho de Pulso para Arrancar el Motor.....	95
3.44	Gráfico de Porcentaje de Enriquecimiento después del Arranque.....	96
3.45	Gráfico del Mapa de Inyección.....	97
3.46	Gráfico de Indicadores de Megasquirt.....	97
3.47	Gráfico de Ciclo de Trabajo de los Inyectores.....	98
3.48	Gráfico de la Tabla de Porcentaje de Combustible.....	98
4.1	Conexión de Cañería a Riel de Inyectores.....	100
4.2	Recipiente de 5000cc.	100
4.3	Gráfica de Resultado de Consumo de Combustible en una Distancia Constate.....	101
4.4	Gráfica de Resultados Consumo vs. Distancia.....	102
4.5	Gráfica de Comparación de Resultados de Consumo de Combustible.....	102
4.6	Gráfica de Resultados de Potencia (Velocidad – Tiempo).....	104
4.7	Gráfica de Comparación de Resultados de Potencia (Velocidad – Tiempo).....	104
4.8	Analizador en el Tubo de Escape del Vehículo.....	105
4.9	Resultados de Gases de Escape	105
4.10	Gráfica de Resultados de Lambda.....	106
4.11	Gráfica de Comparación de Resultados de Lambda.....	106
4.12	Gráfica de Resultados de O ₂	107
4.13	Gráfica de Comparación de Resultados de O ₂	107
4.14	Gráfica de Resultados de CO ₂	108
4.15	Gráfica de Comparación de Resultados de CO ₂	109
4.16	Gráfica de Resultados de HC.....	109
4.17	Gráfica de Comparación de Resultados de HC.....	110

LISTA DE ABREVIACIONES

ASE	Enriquecimiento luego de Encender el Motor (After Start Enrichment)
BARO	Sensor de Presión Barométrica (Barometric Pressure Sensor)
BSFC	Factor de 0.4 a 0.7 que Indica el Calor a la que el Motor está siendo Sometido
CAN-BUS	Controlador de Área de Red (Controller Area Network)
CC	Centímetros Cúbicos (Cubic Centimeters)
CID	Identificación del Cilindro (Cylinder Identification)
CKP	Sensor de Posición del Cigüeñal (Crankshaft Position Sensor)
CMP	Sensor de Posición del Árbol de Levas (Crankshaft Position Sensor)
°C	Grados Celsius
CO	Monóxido de Carbono
CO2	Dióxido de Carbono
CTS	Sensor de Temperatura del Refrigerante (Coolant Temperature Sensor)
ECM	Modulo Electrónico de Control (Electronic Control Module)
ECU	Unidad Electrónica de Control (Electronic Control Unit)
EDIS	Sistema Electrónico de Ignición sin Distribuidor (Electronic Distributorless Ignition System)
EFI	Inyección Electrónica de Combustible (Electronic Fuel Injection)
EGR	Recirculación de Gases de Escape (Exhaust Gas Recirculation)
°F	Grados Fahrenheit
HC	Hidrocarburos
HEGO	Sensor de Oxígeno Pre-calentado (Heated Exhaust Gas Oxygen Sensor)
HP	Caballos de Fuerza (Horse Power)
IAC	Control de Ralentí (Idle Air Control)

IAT	Sensor de Temperatura de Admisión (Intake Air Temperature Sensor)
KOEO	Switch Abierto y el Motor Apagado (Key On Engine Off)
KOER	Switch Abierto y el Motor Encendido (Key On Engine Run)
KPA	Kilo Pascales
MAP	Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (Manifold Absolute Pressure Sensor)
O2	Oxígeno
PCM	Modulo de Proceso de Control Electrónico (Processor Control Module)
PMS	Punto Muerto Superior
PROM	Memoria Programable solo de Lectura (Programable Read Only Memory)
PVC	Ventilación Positiva del Cárter
PWM	Modulación por Ancho de Pulso (Pulse Width Modulation)
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio (Random Access Memory)
RVCE	Raúl Vinicio Cabrera Escobar
ROM	Memoria solo de Lectura (Read Only Memory)
RPM	Revoluciones por Minuto
TDC	Punto Muerto Superior (Top Dead Center)
TPS	Sensor de Posición de la Mariposa. (Throttle Position Sensor)
VE	Eficiencia Volumétrica (Volumetric Efficiency)
VXCV	Víctor Xavier Cifuentes Vera
WOT	Mariposa Totalmente Abierta (Wide Open Throttle)

LISTA DE ANEXOS

<u>ANEXO</u>		<u>PÁGINA</u>
1	Resultados de Gases de Escape de Carburador e Inyección.....	119
2	Diagrama Recomendado por Megasquirt.....	120
3	Diagrama del Circuito Eléctrico (Sistema de Inyección).....	121

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre la Adaptación de un Sistema de Inyección Programable en un Vehículo a Carburador el cual tiene como objetivo dar solución al mejoramiento en la disminución de consumo combustible, aumento de potencia y sobre todo ser un sistema menos ofensivo al ambiente debido a la reducción de gases contaminantes provocada por la combustión de vehículos con sistemas alimentados por carburador.

La finalidad de este proyecto de tesis es adaptar un sistema de inyección electrónica multipunto semi – secuencial programable, esto hace que se pueda ajustar de mejor manera la mezcla aire – combustible para de esta forma cumplir con los valores de estequiometría, es decir con proporciones de 14,7 de aire a 1 de combustible, al hacer cumplir esta condición habremos conseguido un Lambda con un valor de 1, por lo tanto no habrá ni mezcla rica, ni mezcla pobre, al momento de la combustión con esto se garantiza la reducción de los gases contaminantes del escape.

El otro aspecto es de reducir los niveles de consumo de combustible en el vehículo, y como todos sabemos la inyección electrónica se encarga de eso y entre otras ventajas el mejorar la potencia del vehículo con una mejor aceleración, debido a su correcta dosificación de mezcla aire – combustible.

Para llevar a cabo este proyecto se requiere de una Unidad de Control Electrónico Programable (ECU), a su vez se necesita de sensores que serán los encargados de enviar la información a la ECU y finalmente se requiere de algunos actuadores que serán los encargados de recibir la orden de la Unidad de Control.

En conclusión se habla de un sistema menos contaminante con sus gases de escape más económico en consumo de combustible y más potente a la respuesta de aceleración, todo esto en base a pruebas y resultados obtenidos.

SUMMARY

The present work is about the Adaptation of a Programmable Fuel Injection System in a Carburetor Vehicle, that has as objective to give a solution to the improvement of fuel consumption issue, power increase and especially to be a less offensive system against the environment, due to the reduction of pollutants gases caused for engines that still have in use carburetors intake systems.

The main purpose finality of this thesis project is to adapt a programmable semi – sequential multipoint electronic fuel injection system, this makes able a better way of adjusting the air – fuel mixture to accomplish with the stoichiometric values, in other words with proportions of 14.7 particles of air and 1 particle of fuel, to enforce this condition we would get a Lambda factor equal to 1. Therefore it wont be a rich mixture or a lean mixture, at the combustion moment this will ensure a reduction of pollutant gases.

The other aspect is to reduce the fuel consumption levels of the vehicle, and as all of us know the electronic fuel injection is in charge of it and among several advantages as power improvements of the vehicle with a better acceleration response, due to a correct air – fuel dosage.

For performing this project we have need a Programmable Electronic Control Unit (ECU), at the same time it needs several sensors that are the ones in charge of sending information to the ECU and finally it requires of several actuators that are in charge to receive the Electronic Unit order.

In conclusion we talk about a system with less pollution of exhaust gases, economic with fuel consumption and very powerful with a great acceleration, all of this based on tests and the gathering of results.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

Las prioridades en el diseño de motores de automóviles sufrieron cambios importantes en los últimos veinte años. Antes de reestablecer el caballaje máximo, consecuentemente con los requerimientos básicos de seguridad y larga duración. Luego se publicaron las leyes sobre la limpieza del aire en 1966 y 1970, que dieron absoluta prioridad a las medidas anticontaminantes. Después de 1973 vino la rápida quintuplicación de los precios del petróleo crudo, y las prioridades se volvieron hacia la conservación del combustible por lo cual favorece la eficiencia térmica y mecánica de un motor.

La industria automotriz, no está inmune al avance de la tecnología. Los ejemplos abundan, primero fue la tracción en las ruedas traseras, posteriormente se desarrolló la tracción delantera, los frenos de disco, las llantas radiales, lo que sigue es la inyección de combustible (Fuel Injection).

Es por ello que en el campo automotriz en el área de alimentación de combustible del vehículo se ha venido trabajando con estos cambios, en vehículos que llevaban montados sistemas de alimentación de carburador. Muchos ingenieros opinan que la inyección de combustible será un medio vital para la eficiencia de operación sin renunciar a las mejoras que ya se han obtenido con el control de emisiones.

El objetivo de esta tesis es la de **incorporar un sistema de inyección programable**, en un motor que funciona con un sistema de carburador.

Este sistema consta de sus respectivos sensores, modulo electrónico de control, con el cual se podrán variar todos los parámetros de inyección de combustible, así como el monitoreo electrónico del motor. Además con esta modificación el motor ganara potencia y también será menos ofensivo con el ambiente, al desalojar por el escape gases mejor combustionados.

1.2. Justificación Técnica.

En las dos últimas décadas se ha visto un incremento notable de autos que llevan sistemas de inyección que vienen trabajando desde sistemas mecánicos muy básicos hasta los actuales electrónicos. Lo que ha logrado dicho sistema de alimentación de combustible es bajar el consumo de combustible, aumentar la potencia y sobre todo mantener una buena relación estequiométrica entre el aire y combustible para una óptima combustión y consecuentemente la reducción de la contaminación ambiental.

Ante esta mejora notable que consiguen los automotores nos hemos propuesto trabajar en este tema el cual a más de ser un sistema electrónico actual nos va a permitir modificar las mezclas de inyección de combustible y aire a través de una reprogramación que se hace desde una Laptop a la ECU.

Durante el funcionamiento con plena carga, una mezcla estequiométrica con valor del sensor de oxígeno entre (0.2 - 0.9) v, garantiza buena respuesta del motor. Estos valores no pueden ser obtenidos por un sistema de alimentación de combustible a carburador, mientras que con la inyección electrónica después de su delicada programación fácilmente puede alcanzar esos valores.

Cabe destacar que sistemas de inyección como este no vienen en vehículos de serie, sino más bien son utilizados para vehículos de competencia debido a su característica detallada anteriormente.

1.2.1 Justificación Socio - Económica.

El precio del combustible está alcanzando valores preocupantes, y no hay muestras de que el aumento de los precios vaya a finalizar, debido a malas políticas de estado. Por esta razón, los ingenieros tienen como objetivo la disminución de consumo de combustible en automotores y alcanzar una mayor eficiencia del automotor.

La mayoría de estos automóviles de bajo consumo de combustible tienen un elemento en común; son propulsados por motores con sistemas de alimentación de inyección, los cuales mejoran la mezcla estequiométrica, obteniendo así un bajo consumo de combustible y consecuentemente una menor contaminación.

Comparado con la generación anterior de motores dotados de sistemas de alimentación de Carburador los últimos proporcionan un ahorro de combustible de aproximadamente el 20 %.

Este sistema de inyección se basa en un sofisticado funcionamiento, dando por resultado un gran ahorro de combustible por una buena combustión, en todas las condiciones de carga del motor.

1.2.2 Justificación Ambiental.

Se denomina CONTAMINACION AMBIENTAL a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación.

Los contaminantes principales son los producidos en procesos de combustión convencional en actividades de transporte, industriales, generación de energía eléctrica y calefacción doméstica, la evaporación de disolventes orgánicos y las emisiones de ozono y freones.

Cuando se habla de la contaminación ambiental, inmediatamente se asocia a las unidades de transporte, que por su antigüedad o mal mantenimiento emiten humo por el tubo de escape; por lo cual se deduce, que el sector del transporte es uno de los responsables más directos de la contaminación ambiental. El monóxido de carbono que resulta de la combustión de los derivados del petróleo es una sustancia venenosa que afecta la respiración y el transporte de oxígeno en la sangre. En grandes cantidades produce enfermedad del corazón y muerte. El dióxido de carbono absorbe las radiaciones solares aumentando el calor. El dióxido de azufre que sale de los tubos de escape y de las chimeneas industriales las mismas que blanquean las hojas de las plantas, afecta las cosechas, y al igual que los óxidos de nitrógeno, corroe los metales. Los gases de plomo, hidruros de carbono, aromáticos y otros, que se desprenden de la gasolina también son venenosos.

Nuestro sistema de inyección programable permite mantener el funcionamiento del motor en condiciones estequiométricas, obteniendo una buena combustión y reduciendo los contaminantes.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

- Adaptar un sistema de inyección programable en un motor de cuatro tiempos a carburador.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Desarrollar el marco teórico del proyecto.
- Analizar el sistema de inyección electrónica.
- Adaptar el sistema de inyección programable.
- Realizar pruebas y calibraciones de funcionamiento del sistema.
- Evaluar resultados en la contaminación de gases de escape, consumo de combustible y aumento de potencia.
- Analizar costos del sistema.

1.4. Metodología de la Investigación.

1. Estudio del marco teórico.
2. Selección del tipo de inyección electrónica programable.
3. Análisis de parámetros de programación del software del programa de la ECU.
4. Estudio para la ubicación de sensores y actuadores en el motor.
5. Adaptación del múltiple de admisión.
6. Montaje de elementos mecánicos y electrónicos del motor.
7. Pruebas de funcionamiento.
8. Análisis de resultados.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

2.1. Sistemas de Inyección a Gasolina.

2.1.1. Historia y Evolución de la Inyección.

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

En 1912 se realizaron los primeros ensayos de bombas de inyección de gasolina basada en las bombas de aceite de engrase. En 1932 se realizo ensayos sistemáticos de inyección de gasolina para motores de aviación. En 1937 se realizo la aplicación en serie de la inyección de gasolina en motores de aviación. Para 1945 se dio la primera aplicación en serie de la inyección de gasolina en vehículos a motor. En 1949, un auto equipado con inyección de combustible, Offenhauser participó en la carrera de Indianápolis 500. El sistema de inyección lo diseño Stuart Hilborn y utilizaba inyección directa, en la cual el combustible inyectaba en el múltiple de admisión justamente delante de la válvula de admisión. Era como tener un sistema de inyección regulado para cada cilindro. Podría también compararse con el sistema K-Jetronic de Bosch - usado en los VW; Rabbit, Audi 5000, Volvo y otros, en que el combustible no era expulsado en la lumbrera de admisión sino rociado continuamente, a lo que se nombro inyección de flujo constante.

En 1951 se realizaron sistemas de inyección de gasolina para pequeños motores de dos tiempos. En 1952 en cambio se realizaron sistemas de inyección de gasolina para motores de 4 tiempos para vehículos, en serie a partir de 1954. Chevrolet por su parte presento en 1957 el primer motor con inyección de combustible de producción en masa en el Corvette. Basándose básicamente en el diseño de Hilborn, el sistema de inyección de combustible Rochester Ramjet la Chevrolet lo usó en 1957 y 1958, y Pontiac en el Bonneville en 1957. El sistema Ramjet utilizaba una bomba de alta presión para llevar el combustible desde el tanque hasta los

inyectores, que lo rociaban continuamente adelante de la válvula de admisión. Un diafragma de control monitoreaba la presión del múltiple de admisión y la carga del motor. El diafragma, a su vez, se conectaba a una palanca que controlaba la posición de un émbolo para operar una válvula. Un cambio en la posición de la válvula operada por el émbolo cambiaba la cantidad de combustible desviado de regreso hacia el depósito de la bomba y alejado de los inyectores. Esto alteraba la relación aire / combustible para satisfacer las necesidades del motor. Al mismo tiempo que el sistema Ramjet se desarrollaba, evolucionó el sistema de inyección electrónico de combustible (EFI) el cual tenía como fin la producción en masa. El trabajo de diseño para esos sistemas comenzó en 1952 en la Eclipse Machine División de la corporación Bendix, y en 1961 se patentó como el sistema Bendix Electrojector. Casi simultáneamente, al EFI se le declaró como un proyecto muerto por la gerencia de la Bendix y se archivó. Aunque el sistema Electrojector en sí nunca llegó a la producción en masa, fue el antecesor de prácticamente todos los sistemas modernos de inyección de combustible. Cuando la Bendix descartó al EFI en 1961, el interés renació hasta 1966 en que la compañía comenzó a otorgar permisos de patentes a Bosch.

En 1967 se realizó el primer sistema electrónico de inyección de gasolina **D-Jetronic** utilizado por los modelos Volkswagen tipo 3. En 1973 en cambio surge la inyección electrónica de gasolina **L-Jetronic** y la Inyección electrónica de gasolina **K-Jetronic**. En 1976 aparece el sistema de inyección de gasolina con regulación Lambda. En 1979 surge el sistema digital de control del motor **Motronic**. Ya para el año 1981 aparece la inyección electrónica de gasolina con medidor de caudal de aire por hilo caliente **LH-Jetronic**. Seguidamente en el año 1982 surge además la inyección continua de gasolina con control electrónico **KE-Jetronic**. Para el año de 1987 aparece el sistema centralizado de inyección **Mono-Jetronic**.

La inyección de combustible ha recorrido un largo camino durante los últimos 20 años, pero su historia se remonta a los primeros días del carburador. Así como las razones más convincentes para utilizar la inyección de combustible tienen que encontrarse en las desventajas del carburador moderno, la falta de refinamiento y la versatilidad de los antiguos carburadores prepararon el camino para hacer los primeros experimentos con la inyección de combustible. Los orígenes de la inyección de combustible no pueden desligarse de la historia del carburador y la evolución de los combustibles para motor. El primer empleo práctico de la inyección de combustible no se llevó a cabo en un automóvil, sino en un motor estacionario. El estadounidense Franz Burger, un ingeniero que trabajaba para la Charter Gas Engine Company, de Sterling, Illinois, desarrolló un sistema de inyección de combustible que empezó a producirse en 1.887. En este sistema, se alimentaba el combustible por

¹gravedad, desde el tanque y entraba al cuerpo inyector a través de una válvula de estrangulación. La boquilla del inyector sobresalía en forma horizontal, entrando al tubo vertical de admisión.

2.1.2. Tipos de Sistemas de Inyección Electrónica.

Clasificación de los sistemas de inyección.

Se pueden clasificar en función de cuatro características distintas:

1. Según el lugar donde inyectan.
2. Según el número de inyectores.
3. Según el número de inyecciones.
4. Según las características de funcionamiento.

1. Según el lugar donde inyectan:

Inyección Directa: El inyector introduce el combustible directamente en la cámara de combustión. Este sistema de alimentación es el más novedoso y se está utilizando en los motores de inyección gasolina como el motor GDI de Mitsubishi o el motor IDE de Renault.

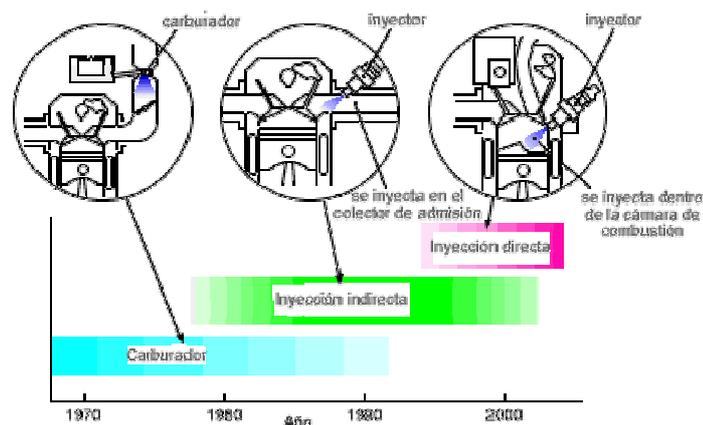


FIGURA 2.1. Evolución de los Sistemas de Alimentación.

¹ www.mecanicavirtual.org/inyecci-gasoli-intro.htm

Inyección Indirecta: El inyector introduce el combustible en el colector de admisión, encima de la válvula de admisión, que no necesariamente está abierta. Es la más usada actualmente.

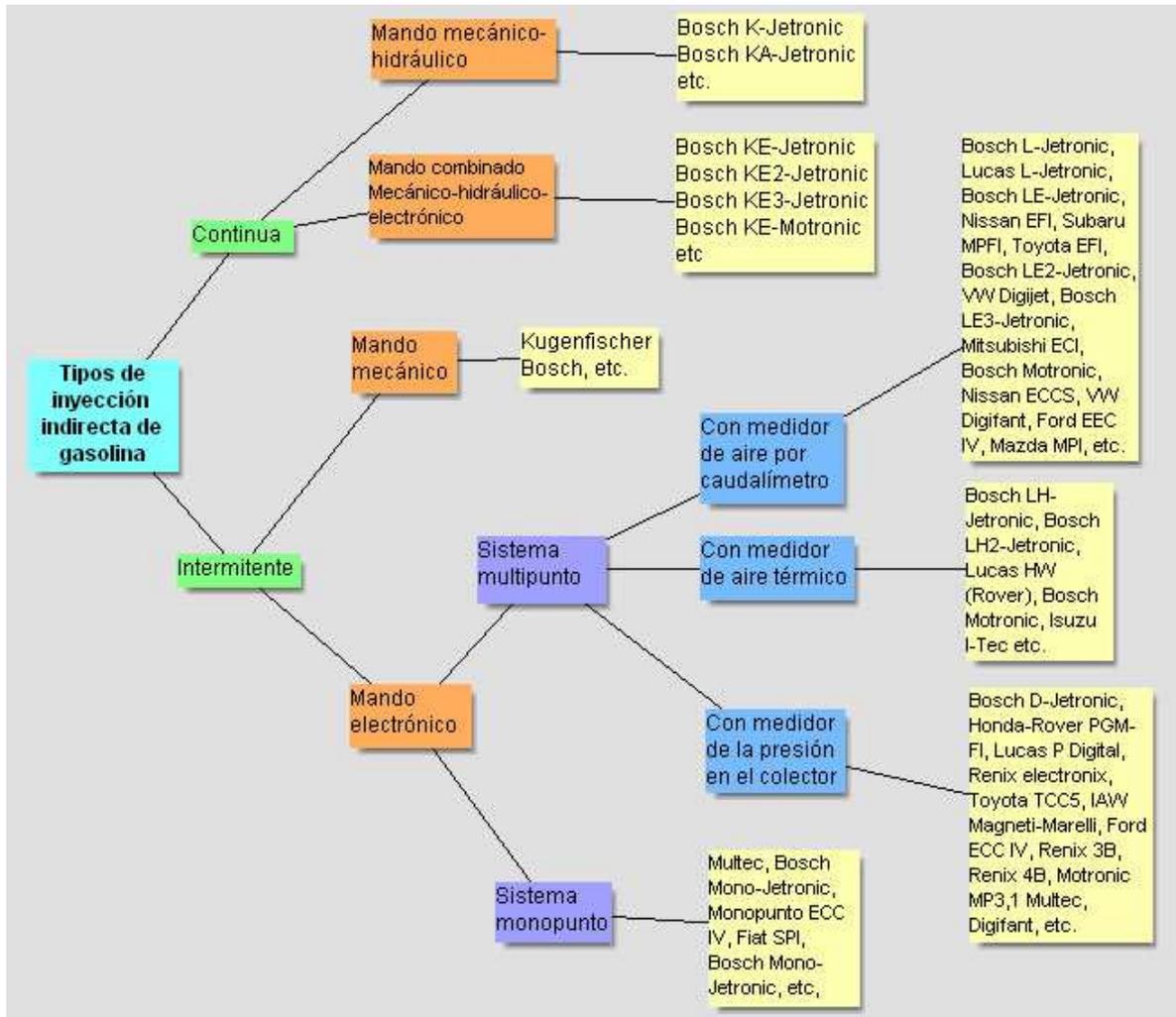


FIGURA 2.2. Tipos de Inyección Indirecta de Gasolina.

2. Según el número de inyectores:

Inyección Monopunto: Hay solamente un inyector, que introduce el combustible en el colector de admisión, antes de la mariposa de gases. Es la más usada en vehículos de turismo de baja cilindrada que cumplen normas de antipolución.

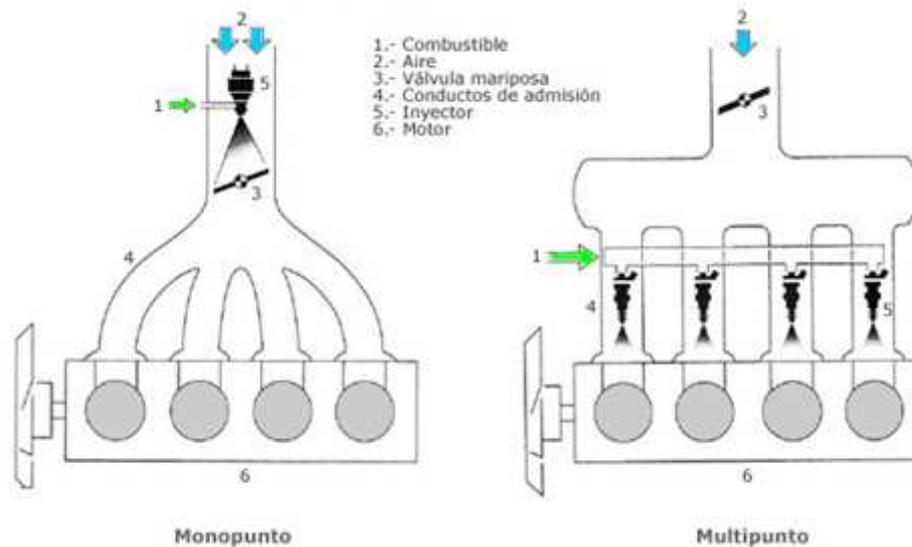


FIGURA 2.3. Inyección Monopunto, Multipunto.

Inyección Multipunto: Hay un inyector por cilindro, pudiendo ser del tipo "inyección directa o indirecta". Es la que se usa en vehículos de media y alta cilindrada.

3. Según el número de inyecciones:

Inyección Continua: Los inyectores introducen el combustible de forma continua en los colectores de admisión, previamente dosificada y a presión, la cual puede ser constante o variable.

Inyección Intermitente: Los inyectores introducen el combustible de forma intermitente, es decir; el inyector abre y cierra según recibe órdenes de la ECU. La inyección intermitente se divide a su vez en tres tipos:

Inyección Secuencial: El combustible es inyectado en el cilindro con la válvula de admisión abierta, es decir; los inyectores funcionan de uno en uno de forma sincronizada.

Inyección Semi-secuencial: El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos.

Inyección Simultánea: El combustible es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a la vez, es decir; abren y cierran todos los inyectores al mismo tiempo.

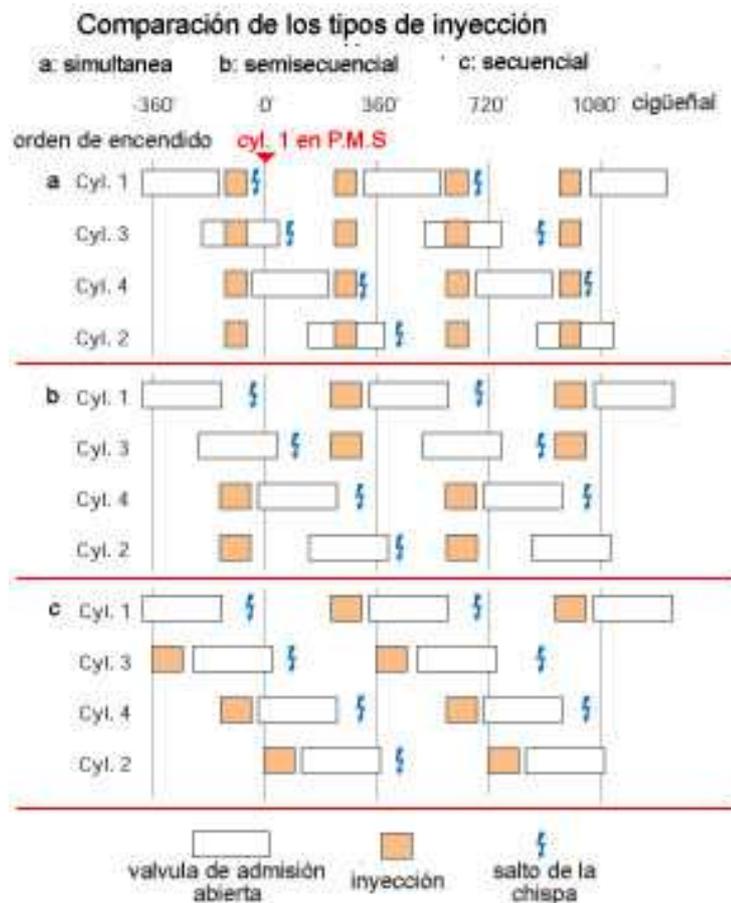


FIGURA 2.4. Comparación de los Tipos de Inyección.

4. Según las características de funcionamiento:

INYECCION MECANICA (K-jetronic).

INYECCION ELECTROMECHANICA (KE-jetronic).

INYECCION ELECTRONICA (L-jetronic, LE-jetronic, motronic, Digifant, etc.)

2.1.3. Principio de Funcionamiento de la Inyección Electrónica.

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

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

Comparada con los sistemas de inyección mecánica, la inyección electrónica tiene un impresionante número de ventajas. Tiene menos partes móviles, no necesita estándares ultraprecisos de maquinado, funcionamiento más tranquilo, menos pérdida de potencia, baja demanda de electricidad, no necesita impulsores especiales para la bomba, no tiene requerimientos críticos de filtración de combustible, no tiene sobre voltajes o pulsaciones en la línea de combustible, y finalmente, el argumento decisivo para los fabricantes de autos: Su costo es más bajo. Desafortunadamente, su precio es todavía muy elevado en comparación con el carburador.

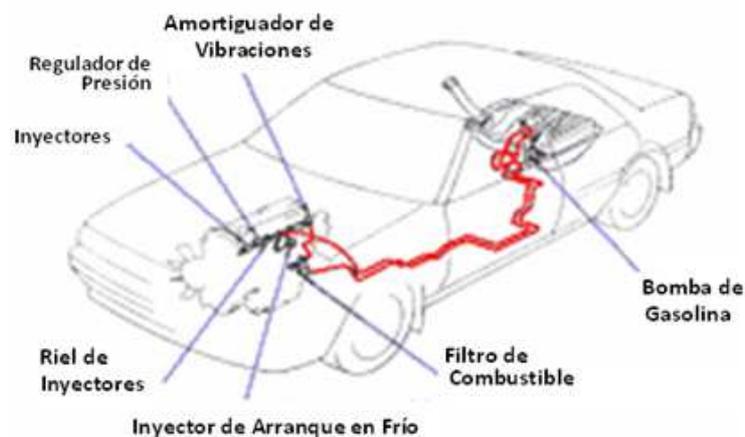


FIGURA 2.5. Partes del Sistema de Inyección.

Ventajas de la inyección.

Consumo reducido: Con la utilización de carburadores, en los colectores de admisión se producen mezclas desiguales de aire/gasolina para cada cilindro. La necesidad de formar una mezcla que alimente suficientemente incluso al cilindro más desfavorecido obliga, en general, a dosificar una cantidad de combustible demasiado elevada. La consecuencia de esto es un excesivo consumo de combustible y una carga desigual de los cilindros. Al asignar un inyector a cada cilindro, en el momento oportuno y en cualquier estado de carga se asegura la cantidad de combustible, exactamente dosificada.

Mayor potencia: La utilización de los sistemas de inyección permite optimizar la forma de los colectores de admisión con el consiguiente mejor llenado de los cilindros. El resultado se traduce en una mayor potencia específica y un aumento del par motor.

Gases de escape menos contaminantes: La concentración de los elementos contaminantes en los gases de escape depende directamente de la proporción aire/gasolina. Para reducir la emisión de contaminantes es necesario preparar una mezcla de una determinada proporción. Los sistemas de inyección permiten ajustar en todo momento la cantidad necesaria de combustible respecto a la cantidad de aire que entra en el motor.

2.1.4. Unidad de Control Eléctrico (ECU).

Mediante la tecnología digital moderna se abren múltiples posibilidades en cuanto al control del automóvil. Hay muchos factores de medición influyentes que se pueden reunir para controlarlos a todos de modo simultáneo. La unidad de control recibe las señales de los sensores, las evalúa y calcula las señales de activación para los elementos actuadores. El programa de control está almacenado en la memoria. De la ejecución del programa se encarga un microcontrolador. Se las conoce o se las puede nombrar como: ECC, ECM, ECU, ECCS, CPU, etc.

La ECU utiliza microprocesadores para reunir información, procesarla y enviar señales para que activen los diferentes circuitos actuadores. Los tres procesadores principales son la RAM (memoria temporal), la ROM

(programa básico de computadora) y la PROM (programa de sintonía fina), estos tres microprocesadores son el corazón de la CPU.

La ROM, o memoria sólo para leer, es la sección del ECM que contiene el conjunto principal de instrucciones que sigue la computadora. Esta es la sección que dice: “cuando veo que esto sucede, tengo que hacerlo que suceda”. El microprocesador que contiene estas instrucciones de la ROM es un chip no volátil. Esto significa que el programa diseñado en él no se puede borrar al desconectar la energía.

La RAM, o memoria de acceso aleatorio, es la sección que tiene tres funciones principales en el ECM. La primera función actúa como la libreta de apuntes del ECM; siempre que se necesite hacer un cálculo matemático, el ECM utiliza la RAM. La segunda función es almacenar información en el sistema multiplicador de aprendizaje a bloques (BLM) cuando el motor está apagado o funciona en lazo abierto. La tercera función es almacenar los códigos de diagnóstico cuando se ha detectado una falla del sistema. Estos códigos son almacenados por cincuenta re-arranques del motor o hasta que la potencia de la batería se retira del ECM. A diferencia del ROM y PROM, los chips del RAM son memorias volátiles

La PROM, o memoria programable solo para leer, es la sección de calibración del chip en el ECM. El PROM funciona junto con la ROM para las funciones del ajuste fino del control de combustible y del tiempo de encendido para la aplicación específica. El PROM es también una memoria no volátil. Contiene la información acerca del tamaño del motor, tipo de transmisión, tamaño y peso del auto, resistencia de rodamiento, coeficiente de arrastre y relación final de tracción.

Funciones de la ECU.

La ECU es capaz de controlar diversas funciones. Además es capaz de proporcionar un control más preciso y sofisticado. Las funciones que pueden ser controladas por la ECU son las siguientes:

Control de la inyección de combustible: Para un motor con inyección de combustible, una ECU determinará la cantidad de combustible que se inyecta basándose en un cierto número de parámetros. Si el acelerador está presionado a fondo. La ECU inyectará más combustible según la cantidad de aire que esté pasando al motor. Si el motor no ha alcanzado la temperatura suficiente, la cantidad de combustible inyectado

² <http://www.megasquirt.com>

será mayor (haciendo que la mezcla sea más rica hasta que el motor esté caliente). Sin embargo la ECU proporciona un control más minucioso. Por ejemplo, se utiliza un sistema de control de aprendizaje para mantener en todo momento una proporción óptima de mezcla en ralentí.

Control del tiempo de inyección: Un motor de ignición de chispa necesita para iniciar la combustión una chispa en la cámara de combustión. Una ECU puede ajustar el tiempo exacto de la chispa (llamado tiempo de ignición) para proveer una mejor potencia y un menor gasto de combustible.

Si la ECU detecta un cascabeleo y analiza que esto se debe a que el tiempo de ignición se está adelantando al momento de la compresión, la ECU (retardará) el tiempo en el que se produce la chispa para prevenir la situación.

Control de la distribución de válvulas: Algunos motores poseen distribución de válvulas. En estos motores la ECU controla el tiempo en el ciclo del motor en el que las válvulas se deben abrir. Las válvulas se abren normalmente más tarde a mayores velocidades que a menores velocidades. Esto puede optimizar el flujo de aire que entra en el cilindro, incrementando la potencia y evitando la mala combustión de combustible.

Control bomba de combustible: La ECU controla, el voltaje aplicado a la bomba de combustible, este reduce el voltaje aplicado a la bomba de combustible para así reducir el ruido de la bomba de combustible y el consumo de energía eléctrica en ralentí.

Auto-Diagnostico: Verifica si los sistemas de señales de entrada y de salida hacia y desde la unidad de control son normales.

Control de régimen de marcha en vacío: Recibe señales de diversos sensores y regula el motor a régimen de marcha en vacío óptimo de acuerdo a la carga del motor.

Control Ralentí: Aumenta el régimen de marcha en vacío cuando el voltaje de la batería es bajo, o cuando hay muchos interruptores de carga accionados.

Control regulador de presión: Aumenta temporalmente la presión de combustible cuando se pone en marcha el motor con elevada temperatura de refrigerante. Existe otro módulo además de la unidad de control.

2.2. Sistema de Inyección Multipunto Programable.

ECUS PROGRAMABLES (Standalone): La evolución de los elementos de preparación de motores (cuerpos individuales de mariposa, sistemas turbo, etc.) sumada a la accesible disposición de los mismos por parte de usuarios no profesionales, vio rápidamente excedidas las capacidades de las ECUs originales. La opción lógica es utilizar una ECU programable, la cual no solo permitirá un ajuste más fino de los parámetros tradicionales del motor (avance del tiempo de encendido, pulso de inyección de combustible, etc.) sino también que muchas de ellas ofrecen opciones extras, como el control de tracción.

Las ECUs programables son requeridas en situaciones en las que las modificaciones después de la venta son importantes para el comportamiento final del motor. Entre estas situaciones se incluyen la instalación o cambio del turbocompresor, intercooler, tubo de escape, o cambio a otro tipo de combustible. Como consecuencia de estos cambios, la antigua ECU puede que no provea de un control apropiado con la nueva configuración. En estas situaciones, una ECU programable es la solución. Éstas pueden ser programadas (mapeadas) conectadas a un ordenador portátil mediante un cable USB, mientras el motor está en marcha.

La ECU programable debe controlar la cantidad de combustible a inyectar en cada cilindro. Esta cantidad varía dependiendo las RPM del motor y la posición del pedal de aceleración (o la presión del colector de aire). El controlador del motor puede ajustar esto mediante una hoja de cálculo dada por la programación en la que se representan todas las intersecciones entre valores específicos de las RPM y de las distintas posiciones del pedal de aceleración. Con esta hoja de cálculo se puede determinar la cantidad de combustible que es necesario inyectar.

Modificando estos valores mientras se monitoriza el escape utilizando un sensor de oxígeno (o sonda lambda) se observa si el motor funciona de una forma más eficiente o no, de esta forma encuentra la cantidad óptima de combustible a inyectar en el motor para cada combinación de RPM y posición del acelerador.

Otros parámetros que son usualmente mapeados son:

Ignición: Define cuando la bujía debe disparar la chispa en el cilindro.

Límite de revoluciones: Define el máximo número de RPM que el motor puede alcanzar. Más allá de este límite se corta la entrada de combustible.

Correcta temperatura del agua: Permite la adicción de combustible extra cuando el motor está frío (estrangulador).

Alimentación de combustible temporal: Le dice a la ECU que es necesario un mayor aporte de combustible cuando el acelerador es presionado.

Modificador de baja presión en el combustible: Le dice a la ECU que aumente el tiempo en el que actúa la bujía para compensar una pérdida en la presión del combustible.

Sensor de oxígeno (sensor lambda): Permite que la ECU posea datos permanentes de los gases de escape y así modifique el tiempo de inyección para conseguir una combustión ideal.

Algunas de las más avanzadas ECUs de carreras incluyen funcionalidades más avanzadas control de salida, limitación de la potencia del motor en la primera marcha para evitar la rotura de éste. Otros ejemplos de funciones avanzadas son:

Control de pérdidas: Configura el comportamiento del waste gate del turbo, controlando el boost.

Inyección Banked: Usado para conseguir una inyección de combustible más precisa y para atomizar en un alto rango de RPM.

Tiempo variable de levas: Informa a la ECU como controlar las variables temporales en las levas de entrada y escape.

Una ECU de carreras frecuentemente se equipa con un dispositivo de almacenamiento que graba los valores de todos los sensores para un posterior análisis, usando un software especial en un ordenador. Esto puede ser muy útil para la puesta a punto del vehículo y se consigue con la observación de los datos buscando anomalías en los datos o comportamientos de las ECUs. El almacenamiento de estos dispositivos que graban los datos suele rondar entre los 0.5 y 16 megabytes.

Para conseguir la comunicación con el conductor, una ECU de carreras puede estar conectada a una "pila de datos", que es un pequeño guión de a bordo en el que el conductor puede ver las actuales RPM, velocidad y otros datos básicos del motor. Estas zonas de almacenamiento, son mayoritariamente digitales, y se comunican con la ECU utilizando uno de los muchos protocolos entre los que se encuentran RS232, CANbus.

2.2.1. Principio de Funcionamiento ECU Programable Megasquirt.

Los controladores de inyección electrónica Megasquirt apuntan a ser un proyecto educacional para aquellos que quieran aprender sobre inyección electrónica. Es un controlador programable de combustible que uno puede ensamblar o construir por sí mismo. La Megasquirt puede trabajar en base a cualquier motor a inyección o carburación, sea atmosférico o con inducción forzada.

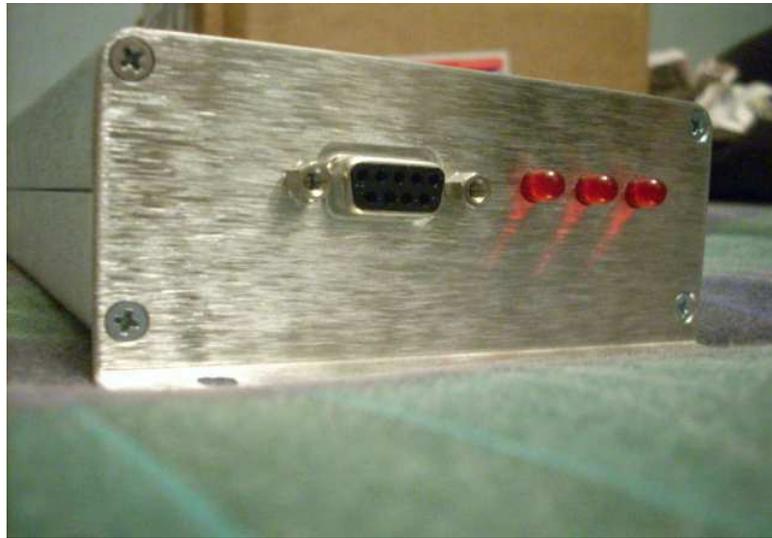


FIGURA 2.6. ECU Megasquirt.

Megasquirt es una computadora de inyección de combustible 'Fuel Injection', ésta puede controlar la forma en que los inyectores de un motor distribuyen el combustible para poder mejorar el rendimiento del motor. Usualmente para que el motor pueda producir más caballaje, especialmente luego de haberle hecho modificaciones o mejoras al motor. Megasquirt es completamente programable, la misma provee una conexión serial para interfasar con una computadora regular, por ejemplo una 'notebook' y toda la información está disponible en línea. A pesar de que Megasquirt comenzó como un proyecto que solamente se dirigía a poder controlar sistemas de inyección, actualmente tiene la capacidad para poder controlar el tiempo del motor (ignición). Por tanto se ha convertido en un sistema completamente independiente que no necesita o depende de la computadora actual de un motor para poder llevar a cabo su función. Se puede decidir al momento de la instalación si lo que se quiere es solamente controlar la inyección de combustible ó si se quiere controlar el

tiempo de ignición en adición al control de la inyección. Todo está al juicio y las metas de la persona que esté llevando a cabo la implementación.



FIGURA 2.7. Placa y sus Componentes de ECU Megasquirt.

¿Qué tipo de motor puede controlar Megasquirt?

Megasquirt puede controlar la inyección de combustible en motores desde 1 hasta 12 o más cilindros. Los inyectores a controlar pueden ser de alta o bajo impedancia (high o low), para cualquier número de cilindros, aún motores de 3 y de 5 cilindros, incluso motores de fuego impar (odd-fire). Megasquirt apoya un gran número de sistemas de ignición ya sea directamente o por modificaciones: HEI 7 o 8 de General Motors (GM), EDIS de Ford, TFI de Ford, como alternativa es posible controlar una bobina (coil) directamente, hasta un máximo de seis (6), esto con algunas modificaciones al sistema. Para aplicaciones en las cuales el objetivo sea controlar únicamente el combustible (inyectores), que es nuestro caso al haber transformado el sistema de carburador a un sistema de inyección se puede obtener la secuencia correcta de disparo (trigger) directamente del cable negativo de la bobina (coil) o de la señal existente del indicador de revoluciones del automóvil. Básicamente la Megasquirt puede manejar una gran gama de motores una vez realizados los ajustes necesarios.

Funciones de Programación de ECU (Megasquirt System V 2.2).

La computadora que se utiliza en este proyecto de tesis es una computadora programable Megasquirt EFI System V 2.2

La misma que tiene muchas opciones de programación, tales como:

- **Control de pulso de inyección.**

La computadora toma referencia las señales que envían los sensores, tales como el sensor de Oxígeno, MAP, TPS, IAT, CTS. Para hacer correcciones del pulso de inyección. Previo a esas autocorrecciones, la computadora debe tener la respectiva programación de parámetros iniciales, dependiendo de las características del motor.

- **Duty Cycle.**

Es el porcentaje de tiempo que el inyector permanece activado, por lo general es de 80% como máximo, ya que si un inyector permanece totalmente abierto, corre el riesgo de un desgaste prematuro.

RPMs	Injector Duty Cycle									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
3000	4 ms	8 ms	12 ms	16 ms	20 ms	24 ms	28 ms	32 ms	36 ms	40 ms
3500	3 ms	7 ms	10 ms	14 ms	17 ms	21 ms	24 ms	27 ms	31 ms	34 ms
4000	3 ms	6 ms	9 ms	12 ms	15 ms	18 ms	21 ms	24 ms	27 ms	30 ms
4500	3 ms	5 ms	8 ms	11 ms	13 ms	16 ms	19 ms	21 ms	24 ms	27 ms
5000	2 ms	5 ms	7 ms	10 ms	12 ms	14 ms	17 ms	19 ms	22 ms	24 ms
5500	2 ms	4 ms	7 ms	9 ms	11 ms	13 ms	15 ms	17 ms	20 ms	22 ms
6000	2 ms	4 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	14 ms	16 ms	18 ms	20 ms
6500	2 ms	4 ms	6 ms	7 ms	9 ms	11 ms	13 ms	15 ms	17 ms	18 ms
7000	2 ms	3 ms	5 ms	7 ms	9 ms	10 ms	12 ms	14 ms	15 ms	17 ms
7500	2 ms	3 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	11 ms	13 ms	14 ms	16 ms
8000	2 ms	3 ms	5 ms	6 ms	8 ms	9 ms	11 ms	12 ms	14 ms	15 ms

TABLA 2.1. Tabla de Duty Cycle con sus Tiempos de Inyección.

- **Calibración de sensores tales como TPS, MAP, IAT, CTS, HEGO.**

Esta computadora al ser del tipo reprogramable, debe estar abierta a trabajar con la mayoría de sensores disponibles en el mercado.

Por esa razón para cada sensor se le da una programación distinta, en base a sus características, de modo que se logre la totalidad de compatibilidad con este modulo programable.

- **Programación a base a tablas y mapas de pulsos de inyección.**

En esta etapa de la programación trabajamos el ancho de pulso para distintas revoluciones del motor y a distintas señales que nos da el sensor MAP. Ya que el motor se puede hallar a 2000 RPM con el auto parqueado, como también se puede hallar a 2000 RPM a plena carga o a su vez a esas mismas revoluciones pero descendiendo y sin aceleración. Como se sabe el vacío en el colector va a ser distinto en los tres casos, por lo que se requiere una diferente programación.

Esto se logra programar primero utilizando el mapa de inyección y luego para afinar la programación, lo hacemos en la tabla de inyección, ya que aquí se trabaja con datos aun más exactos.

- **Manómetros digitales de datos en tiempo real.**

Permiten visualizar en tiempo real la información de los sensores que se instalaron. Todos tienen una importancia dentro de la programación, ya que si uno de estas señales falla, vamos a hacer correcciones erradas.

Esencialmente con los sensores que se trabaja ya para la programación en tiempo real son MAP y Oxígeno. Ya que con el MAP monitoreamos la depresión con la que esta trabajando el colector, y con el otro sensor veremos como se halla la mezcla aire combustible. Así facilitándonos los datos necesarios para hacer los ajustes necesarios en la computadora.

2.3. Sensores.

2.3.1. Sensor MAP.

Nombre: Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (Manifold Absolute Pressure).

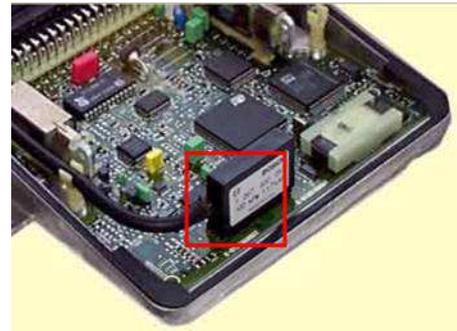


FIGURA 2.8. Sensor MAP.

³ <http://www.megasquirt.com>

Función: Obtienen información sobre los cambios en la presión atmosférica, en el vacío del motor y en el múltiple de admisión, enviando una señal a la ECU para que pueda controlar el tiempo de ignición y ajustar la mezcla de aire combustible en las diferentes condiciones de carga del motor y altitud sobre el nivel del mar.

Ubicación: El sensor MAP (Manifold Absolute Pressure), se encuentra en la parte externa del motor después de la mariposa de aceleración, presentándose en algunos casos como el nuestro integrado en la ECU. También pueden llegar a encontrarse directamente alojados sobre el múltiple de admisión.



FIGURAS 2.9. MAP Ubicado en el Compartimiento y MAP dentro de la ECU.

Descripción: Su objetivo es proporcionar una señal proporcional a la presión existente en el múltiple de admisión con respecto a la presión atmosférica, midiendo la presión absoluta existente en el colector de admisión.

Para ello genera una señal que puede ser analógica o digital, reflejando la diferencia entre la presión en el interior del múltiple de admisión y la atmosférica. Podemos encontrar dos diferentes tipos de sensores, por variación de presión y por variación de frecuencia.

El funcionamiento del sensor MAP por variación de presión está basado en una resistencia variable accionada por el vacío creado por la admisión del cilindro. Tiene tres conexiones, una de ellas es la entrada de corriente que provee la alimentación al sistema, una conexión de masa y otra de salida. La conexión de masa se encuentra aproximadamente en el rango de los 0 a 0.06 v, la tensión de entrada es generalmente de unos 5 v, mientras que la de salida varía entre los 0.6 y 4.6 v. Esta última es la encargada de enviar la señal a la unidad de mando.

⁴ SATANDER R. Jesús. Manual técnico de Fuel Injection, Pág. 327 -330

Control del ECU según información del MAP

Dependiendo de la presión barométrica ECU controla:

- Tiempo de encendido.
- Inyección del combustible.

Dependiendo del vacío del motor ECU controla:

- Tiempo de encendido.
- Inyección de combustible.
- Corte momentáneo de la inyección de combustible en desaceleración.

Según el vacío en el múltiple de admisión es la carga aplicada al motor. Al forzar el motor se requiere mayor potencia. En éste momento el vacío en el múltiple es muy poco y el MAP da la señal para que el ECU de mayor cantidad de combustible y retrase el tiempo de encendido para que no cascabelee ya que la mezcla rica arde rápidamente.

Al aumentar el vacío en el múltiple de admisión, el MAP da la señal para que la ECU de menor cantidad de combustible y como la mezcla pobre arde más lentamente ECU adelanta el tiempo comportándose como un avance de vacío. En una desaceleración, el vacío en el múltiple de admisión aumenta considerablemente y en éste momento el ECU recibe la señal para cortar el suministro de combustible y evitar emisión de gases contaminantes.

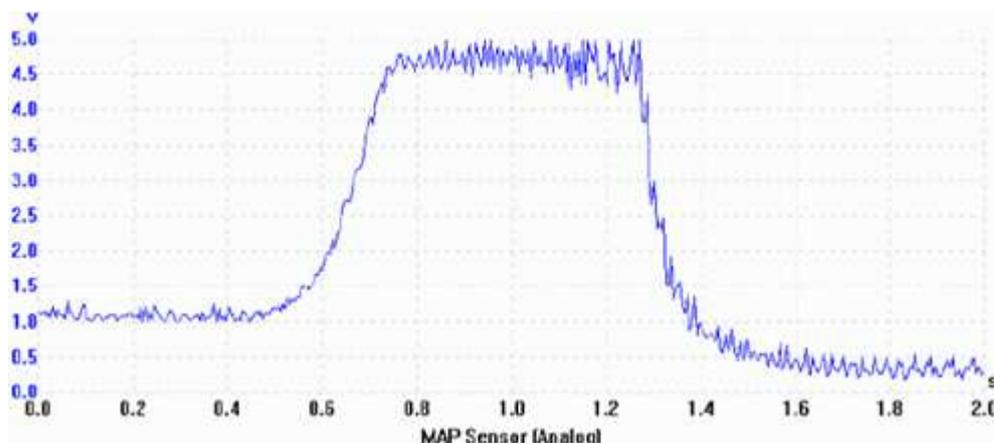


FIGURA 2.10. Forma de Onda sensor MAP.

Circuito del Sensor MAP.

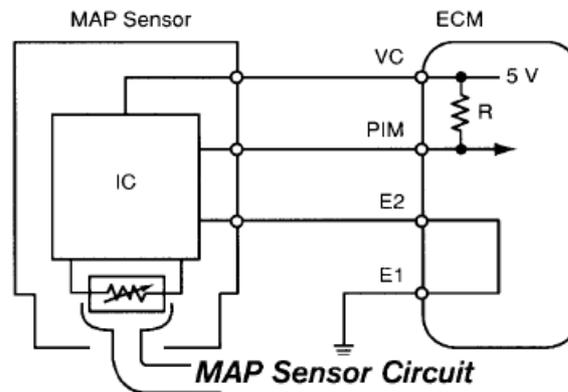


FIGURA 2.11. Circuito del Sensor MAP.

Fallas y Comprobaciones:

Fallas:

- Bajo rendimiento en el encendido, encendidos prematuros.
- Consumo excesivo de combustible, niveles altos de CO (monóxido de carbono).
- Se enciende la luz de Check Engine.
- Emisión humo negro por el escape, debido al atraso de la chispa o demasiado tiempo de inyección.
- Posible calentamiento del convertidor catalítico.
- Arranques difíciles, ralentí disperejo.
- Paros, fallas, titubeos, ahogos.

Comprobaciones:

- Revisar en cada afinación o bien cada 40,000 Km.
- Comprobar que no existan mangueras de vacío mal conectadas, deformadas, agrietadas u obstruidas.
- Los sensores MAP tienen 3 cables de conexión correspondientes a:
 - Alimentación: 5v.
 - Masa.

- Señal: entre (0,6 - 4,7) v.
- Verificar las alimentaciones del sensor:
 - En contacto motor cerrado: (4 - 4,7) v (según presión atmosférica).
 - Motor en ralentí: (1,2 - 1,6) v.
 - En desaceleración brusca: (0,5 - 0,9) v.
 - En aceleración brusca: la señal debe crecer a 3v o más.
- Revisar si la manguera y todo el conducto de aspiración hacia el sensor estén libres.
- En caso de variación de frecuencia sus valores están entre:

(80 – 162) hz.

(12 – 105) kPa.

- Con una bomba manual de vacío generar depresión en el MAP y medir el voltaje de salida:

0.2 bar = (3.5 - 3.9) v.

0.4 bar = (2.3 - 2.7) v.

0.6 bar = (1.3 - 1.7) v.

0.8 bar = (0.3 - 0.7) v.

2.3.2. Sensor TPS.

Nombre: Sensor de posición de mariposa del acelerador (Throttle Position Sensor).



FIGURA 2.12. Sensor TPS.

Función: Informa la posición angular de la mariposa, la cual nos indica la posición del acelerador enviando la información hacia la unidad de control. En función de esta señal la ECU calcula el pulso del inyector, la curva de avance del encendido y el funcionamiento del sistema del control de emisiones.

Las señales que genera este sensor la computadora las usa para modificar:

- Regulación del flujo de los gases de emisiones del escape a través de la válvula EGR.
- La relación de la mezcla aire combustible.
- Corte del aire acondicionado por máxima aceleración.

Ubicación: Normalmente está situado sobre la mariposa del cuerpo de aceleración.

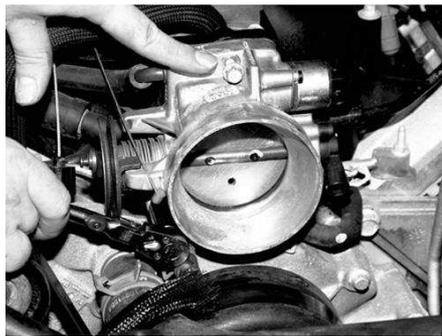


FIGURA 2.13. Ubicación del Sensor de Posición de la Mariposa del Acelerador TPS.

Descripción: Actualmente el tipo de TPS más utilizado es el potenciómetro. Este consiste en una pista resistiva barrida con un cursor, y alimentada con una tensión de 5 voltios desde el ECM.

Si no ejercemos ninguna acción sobre la mariposa entonces la señal estaría en 0 v, con una acción total sobre ésta la señal será del máximo de la tensión, por ejemplo 4.6 v, con una aceleración media la tensión sería proporcional con respecto a la máxima, es decir 2.3 v. Los TPS de este tipo suelen tener 3 cables de conexión y en algunos casos pueden tener 4 cables, este último caso incluye un switch, utilizado como contacto de marcha lenta (idle switch).



FIGURA 2.14. Sensor TPS.

Si tienen 3 cables el cursor recorre la pista pudiéndose conocer según la tensión dicha posición del cursor. Si posee switch para marcha lenta (4 terminales) el cuarto cable va conectado a masa cuando es detectada la mariposa en el rango de marcha lenta, que depende según el fabricante y modelo, por ejemplo General Motors acostumbra situar este rango en (0.5 ± 0.05) v, mientras que Bosch lo hace por ejemplo de $(0.45 - 0.55)$ v.

Conexiones del TPS con el ECM o ECU.

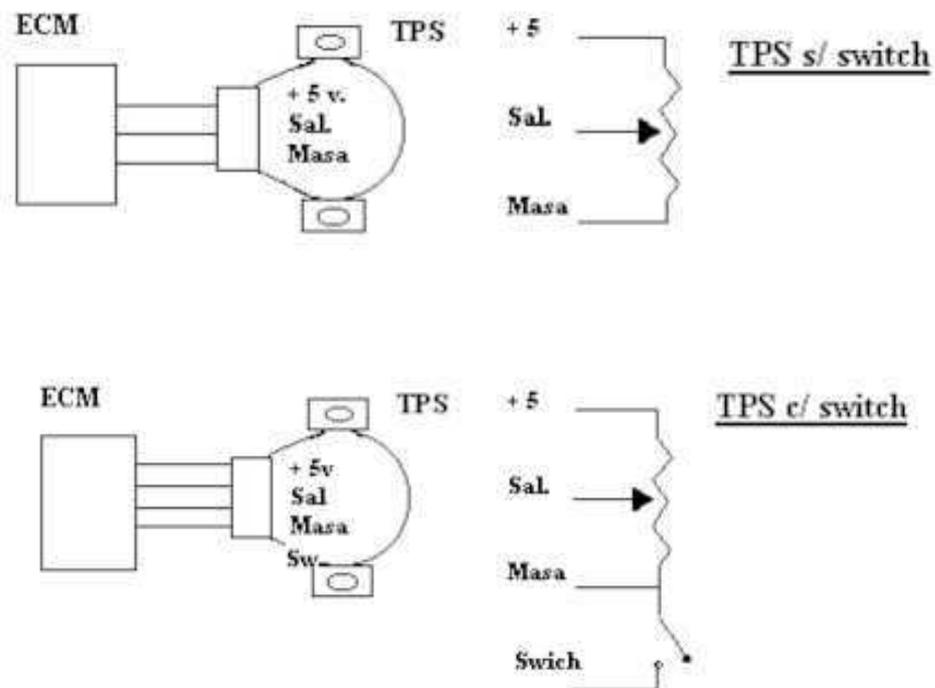


FIGURA 2.15. Conexiones del Sensor TPS.

En el primer caso, el cursor recorre la pista y de acuerdo a la posición de éste sobre la pista del potenciómetro, se puede leer en tensión dicha posición angular. El segundo caso (con switch), un cuarto cable se conecta a masa cuando es sensada la condición de mariposa cerrada.

Condiciones de trabajo de un TPS

Apertura Máxima: La condición de apertura máxima (WOT), permite que el ECM detecte la aceleración a fondo, condición que se efectúa cuando el acelerador es pisado a fondo. En esta condición el ECM efectúa enriquecimiento adicional, modifica el avance y puede interrumpir el accionamiento de los equipos de A/C.

Marcha lenta: La condición de marcha lenta o mariposa cerrada (Idle speed), es detectada por el TPS en base a su condición de tensión mínima prevista, dicha tensión debe estar comprendida en un rango predeterminado y entendible por el ECM como marcha lenta. Este valor de tensión se suele denominar Voltaje Mínimo del TPS o Voltaje Mínimo y su ajuste es de suma importancia a los efectos que el ECM pueda ajustar correctamente el régimen de marcha lenta y la condición de freno motor. En aquellos casos en los que el TPS incorpore switch, es este mismo switch el que al conectarse da aviso al ECM acerca de la condición de marcha lenta.

Ejemplos de Voltaje Mínimo:

Bosch, V.W..... (0.45 - 0.55) v.

Ford EECIV..... (0.65 - 0.9) v.

Nissan..... (0.45 +/- 0.05) v.

General Motors - en general..... (0.6 +/- 0.05) v.



FIGURA 2.16. Forma de Onda del Sensor de Posición de la Mariposa del Acelerador TPS.

⁵ SATANDER R. Jesús. Manual técnico de Fuel Injection, Pág. 304 -307

Circuito Eléctrico del Sensor TPS.

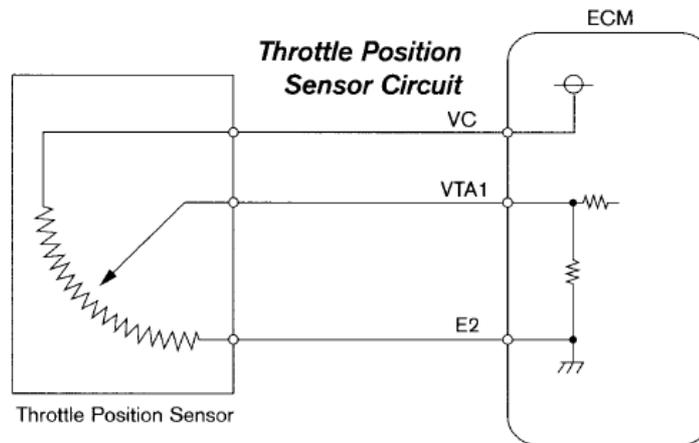


FIGURA 2.17. Circuito Eléctrico del Sensor TPS.

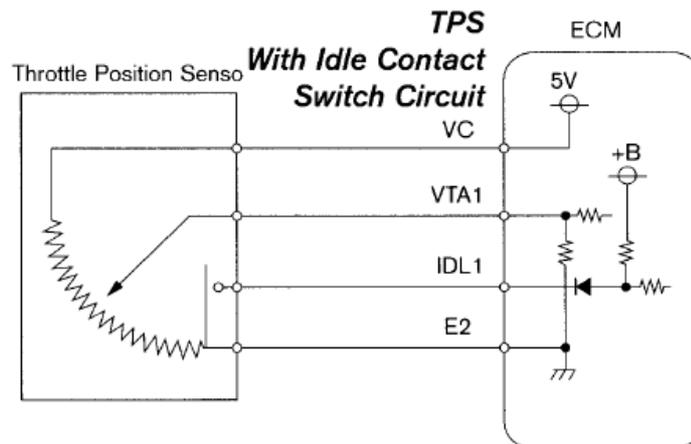


FIGURA 2.18. Circuito Eléctrico del Sensor TPS con Contacto de Switch.

Fallas y Comprobaciones:

Fallas:

- El titubeo y el ahogamiento durante la desaceleración.
- La marcha mínima inestable.
- Una falta de rendimiento del motor o mayor consumo de combustible.
- Un problema causado por un TPS en mal estado es la pérdida del control de marcha lenta, quedando el motor acelerado o regulando en un régimen incorrecto. La causa de esto es una modificación sufrida en

la resistencia del TPS por efecto del calor producido por el motor, produciendo cambios violentos en el voltaje mínimo y haciendo que la unidad de control no reconozca la marcha lenta adecuadamente, esta falla es una de las mas comunes en los TPS.

- El TPS se desajusta cuando toma temperatura, la falla se presenta como perdida del control de marcha lenta, en otras palabras el motor se queda acelerado o regula en un régimen inadecuado en ciertas condiciones.
- La pista del TPS se encuentra defectuosa y al barrerla hay mal contacto, la falla produce tironeo de motor y puede encender la lámpara de diagnóstico.

Comprobaciones:

- **Control de voltaje mínimo:** Uno de los controles que podemos realizar es la medición de voltaje mínimo. Para esto con el sistema en contacto utilizamos un multímetro haciendo masa con el negativo del multímetro a la carrocería y conectando el positivo al cable de señal.
- **Control de voltaje máximo:** Se realiza con el sistema en contacto y acelerador a fondo utilizando un multímetro obteniéndose en caso de correcto una tensión en el rango de la tensión de voltaje máxima según el fabricante, generalmente entre (4 - 4.6) v.
- **Barrido de la pista:** El barrido de la pista se realiza con un multímetro preferentemente de aguja o con un osciloscopio debiéndose comprobar que la tensión se mantenga uniforme y sin ningún tipo de interrupción durante su ascenso. La tensión comienza con el voltaje mínimo y en su función normal consiste en una subida hasta llegar al voltaje máximo, valor que depende según el fabricante.
- **Barrido de la pista:** El cursor debe recorrer la pista del potenciómetro sin cortes ni falsos contactos, esto es muy importante a los efectos de evitar tironeo de motor, fallas y detecciones de mal función por el sistema de autodiagnóstico del ECM.
- **Señal del TPS:** La salida de tensión del TPS "Arranca" con el Voltaje Mínimo, y a medida que se abre la mariposa la tensión debe ir ascendiendo hasta llegar al valor máximo, normalmente comprendido entre 4 y 4.6 voltios. La forma de comprobar este barrido consiste en efectuar la medición con un multímetro de aguja, osciloscopio analógico o digital y verificar el ascenso de la tensión de salida sin interrupciones.

2.3.3. Sensor CTS.

Nombre: Sensor de Temperatura de Refrigerante. (Coolant Temperature Sensor).



FIGURA 2.19. Sensor de Temperatura de Refrigerante (CTS).

Función: Su función es informar a la ECU la temperatura del refrigerante del motor a través de una resistencia que provoca la caída de voltaje a la ECU, para que esta a su vez calcule la entrega de combustible, ajustando la mezcla aire / combustible y la duración de pulsos de los inyectores, así como la activación y la desactivación del ventilador del radiador.

Ubicación: Este sensor se encuentra ubicado cerca de la conexión de la manguera superior, que lleva agua del motor al radiador

Descripción: El sensor de temperatura del refrigerante es un termistor que envía información para la preparación de la mezcla aire / combustible, registrando las temperaturas del motor, la computadora adapta el ángulo de inyección y el tiempo de encendido para las diferentes condiciones de trabajo, dependiendo de la información de este sensor. El sensor de Temperatura del Refrigerante es un sensor de coeficiente negativo, lo que significa que su resistencia interna aumenta cuando la temperatura disminuye.

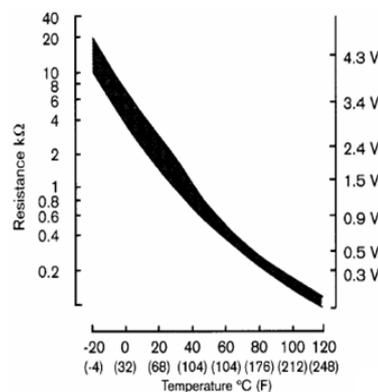


FIGURA 2.20. Forma de Curva del Sensor de Temperatura de Refrigerante (CTS).

Circuito Eléctrico del Sensor CTS.

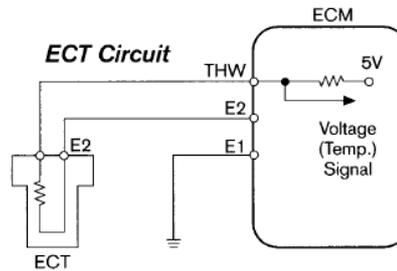


FIGURA 2.21. Circuito Eléctrico del Sensor CTS.

Fallas y Comprobaciones:

Fallas:

- Ventilador encendido en todo momento con motor funcionando.
- El motor tarda en arrancar en frío y en caliente.
- Consumo excesivo de combustible.
- Niveles de CO muy altos.
- Problemas de sobrecalentamiento.
- Variación en marcha mínima.
- Se enciende la luz de Check Engine.
- Pérdida de potencia.

Comprobaciones:

- Con el sensor desconectado verificar el voltaje de alimentación entre (4.8 – 5) v.
- Verificar la señal de salida en diferentes temperaturas del motor.
 - Motor Frío (4,5 - 4.8) v.
 - Motor Caliente (0.4 - 0.5) v.

⁶ SATANDER R. Jesús. Manual técnico de Fuel Injection, Pág. 299-301

Pruebas de Resistencias.

- El sensor deberá marcar aproximadamente 3000 ohmios en frío y 300 ohmios en caliente.
- No debe existir interrupción de está lectura a medida que aumenta la temperatura.

-10⁰C: (8.10 - 10.77) KΩ.

20⁰C: (2 - 4) KΩ.

50⁰C: (600 - 900) Ω.

90⁰C : (100 -300) Ω.

TEMPERATURA	TEMPERATURA	RESISTENCIA	Voltaje en el
°F	°C		cable de señal
212	100	180	.46
176	80	350	.78
140	60	600	1.33
104	40	1700	2.13
68	20	3400	3.07
50	10	6000	3.51

TABLA 2.2. Valores de Temperaturas y sus Respectivas Resistencias.

2.3.4. Sensor IAT.

Nombre: Sensor de temperatura del aire de admisión. (Air Temperature Sensor).



FIGURA 2.22. Sensor IAT.

Función:

- Determinar la densidad del aire.

- Medir la temperatura del aire.
- Este sensor trabaja en función de la temperatura, ósea que si el aire esta en expansión o en compresión, esto debido a su temperatura.

Ubicación:

- Se encuentra en el ducto de plástico del colector de admisión del aire.
- Localizada en el depurador o filtro de aire.
- En la entrada de la mariposa de aceleración o forma un solo conjunto con el caudalímetro.

Descripción: Es un termistor de coeficiente negativo, es decir entre más caliente, menor es su resistencia, es alimentado de 5 voltios y es similar al sensor CTS.

TEMPERATURA °F	TEMPERATURA °C	RESISTENCIA	Voltaje en el cable de señal
212	100	180	.46
176	80	350	.78
140	60	600	1.33
104	40	1700	2.13
68	20	3400	3.07
50	10	6000	3.51

TABLA 2.3. Valores de Temperaturas y sus Respectivas Resistencias.

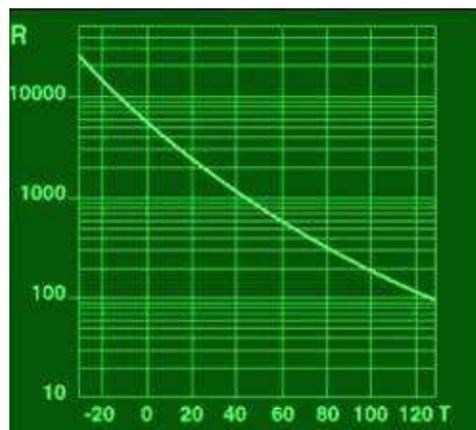


FIGURA 2.23. Forma de Curva del Sensor de Temperatura Aire (IAT).

Circuito Eléctrico del Sensor IAT.

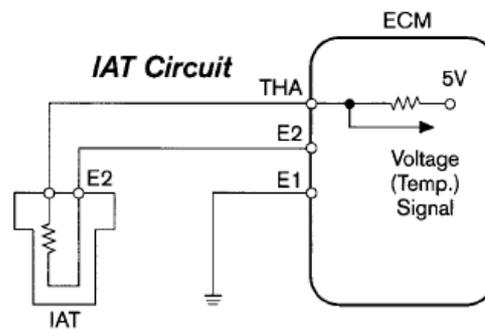


FIGURA 2.24. Circuito Eléctrico del Sensor IAT.

Fallas y Comprobaciones:

Fallas:

- Cable abierto.
- Altas emisiones contaminantes de monóxido de carbono.
- Consumo elevado de combustible.
- Problemas para el arranque en frío.
- Aceleración ligeramente elevada o alta.
- Titubeo en el motor.
- Fuerte olor de gasolina en el escape y bajo rendimiento.

Comprobaciones:

- Con el sensor desconectado verificar el voltaje de alimentación entre (4.8 – 5) v.
- Verificar la señal de salida en diferentes temperaturas.
 - Motor Frío (4 - 4.8) v.
 - Motor Caliente (0.4 - 0.5) v.

⁷ SATANDER R. Jesús. Manual técnico de Fuel Injection, Pág. 333 -334

2.3.5. Sensor Oxígeno.

Nombre: Sensor de Oxígeno (Oxygen Sensor).



FIGURA 2.25. Sensor de Oxígeno.

Función: Medir la cantidad de oxígeno en los gases de escape, en función de esto se emite una señal eléctrica para que la unidad de mando pueda variar la cantidad de combustible inyectado, garantizando una mezcla aire / combustible ideal. Una sonda Lambda en perfectas condiciones garantiza:

- Optimo Rendimiento del motor.
- Ahorro de combustible.
- Reducción de Emisiones.
- Mejor rendimiento del motor.
- Mejor aprovechamiento del combustible.

Tienen la particularidad de generar corriente, variando el voltaje de salida que va de (0.1 - 0.9) v, en cuanto siente residuos altos o bajos de oxígeno interpretando como una mezcla rica, o pobre, dando lugar a que la computadora ajuste la mezcla, tratando de equilibrar una mezcla correcta. (14.7 partes de aire por 1 de gasolina).

Ubicación: Esta ubicado, frecuentemente en el múltiple de escape, o cerca de él.

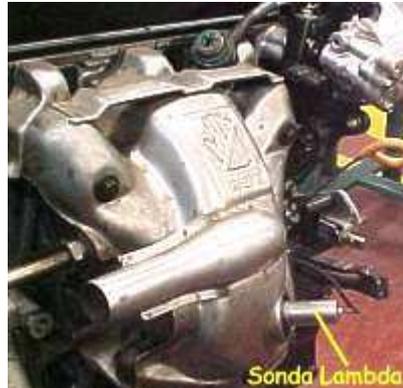


FIGURA 2.26. Ubicación Sensor de Oxígeno.

Descripción: Para hablar del sensor de oxígeno debemos primero conocer algunos términos para comprender su función y funcionamiento.

Estequiometría: Es la parte de la química que trata sobre las relaciones cuantitativas entre compuestos y/o elementos en reacciones químicas.

Los motores que utilizan gasolina como combustible mantienen un equilibrio entre entrega de potencia y generación de gases contaminantes, cuando funcionan con una mezcla estequiométrica de 14.7:1; 14.7 partes de aire por una parte de combustible.

Relación de mezcla = Peso del combustible / Peso del aire

-Expresado en masa: 14.7 Kg. de aire por 1Kg. de combustible.

-Expresado en volumen: 10.000 Litros de aire por 1 Litro de combustible.

Teóricamente es la cantidad de aire y combustible requerida para una combustión completa, y es, en este punto en donde el catalizador se desempeña en forma optima.

A la proporción 14.7:1 se le denomina LAMBDA 1

Lambda: Es el Índice de relación de aire, expresa en que punto se encuentra la mezcla en proporción al aire disponible para la combustión, con respecto al aire teórico necesario para una combustión completa.

LAMBDA = masa de aire proporcionado / masa de aire necesaria

Si la cantidad de aire proporcionado, es igual a la cantidad de aire necesario, obtendremos un valor de lambda = 1 (14.7:1). De esta manera, obtener una lectura de lambda 1.10 (16.17:1) nos expresa un 10% de exceso de aire, un Lambda de 0.90 (13.23:1) expresa un 10% de exceso de combustible.

Lambda mayor a 1 = mezcla pobre.

Lambda menor a 1 = mezcla rica.

La ECU calcula la cantidad de combustible a suministrar dependiendo de la cantidad y densidad del aire admitido a los cilindros, en el momento preciso salta la chispa entre los electrodos de la bujía iniciando así, la combustión de la mezcla; la expansión de gases obliga al pistón a desplazarse desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior produciendo trabajo mecánico, al subir el pistón nuevamente, los gases son desalojados del cilindro a través de las válvulas de escape, una vez que estos gases se encuentran en el colector o en el tubo de escape el sensor de Oxígeno verifica el nivel de O₂ de los gases producto de la combustión.

Normalmente, en un sistema “Fuel Injection” no se utiliza la señal del sensor de oxígeno en determinadas condiciones conocidas como operación de ciclo abierto “open loop” tales como:

a.- Al arrancar el motor, hasta que el sensor alcanza su temperatura mínima de operación y sea válida la señal de salida.

b.- En la condición de “ralentí”, se dice que, por el poco volumen de gases quemados en ésta condición, la temperatura del sensor no es la adecuada para confiar en su señal de salida.

c.- Durante la etapa de aceleración, se prefiere una mezcla “rica” de gasolina para lograr una mayor potencia.

Clasificación de la Sonda según el Número de Cables.

Un cable: El de color negro es el que da la señal a la ECU, siendo la carcasa la masa de la misma.

Dos cables: El de color negro es señal, el blanco es resistencia de caldeo, siendo la carcasa la masa de la misma.

Tres cables: El de color negro es señal, los dos blancos son resistencia (+) y (-) de caldeo.

Cuatro cables: El de color negro es señal, el gris es masa a la ECU, los dos blancos son resistencia (+) y (-) de caldeo.

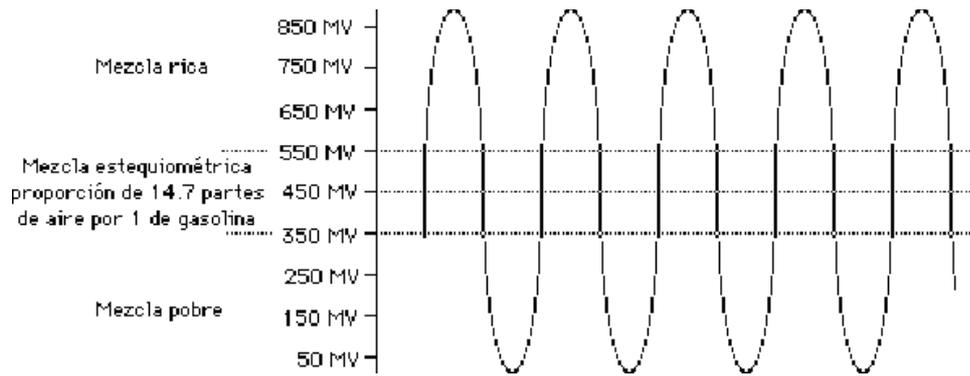


FIGURA 2.27. Forma de Onda de Sensor de Oxígeno.

Circuito Eléctrico del Sensor de Oxígeno.

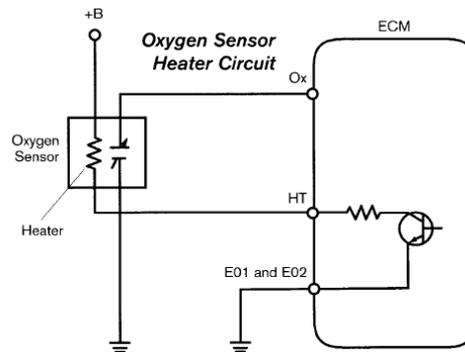


FIGURA 2.28. Circuito Eléctrico del Sensor de Oxígeno.

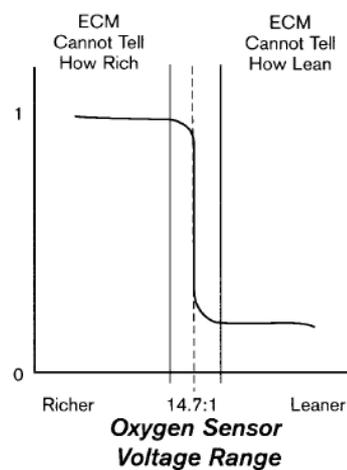


FIGURA 2.29. Rango de Voltaje del Sensor de Oxígeno.

⁸ BUSTILLO M. José. Cise Electrónica, <http://www.cise.com>

Fallas y Comprobaciones:

Durante el diagnóstico, será sumamente importante, saber si un motor está funcionando con mezcla rica o pobre. Recuerde que el sensor O2 solamente está reportando el contenido de oxígeno en el flujo de gases de escape, pero no está creando la condición de mezcla rica o pobre. El funcionamiento del motor con mezcla pobre, será lo opuesto al funcionamiento de mezcla rica. El funcionamiento de mezcla pobre ocurre cuando existe mayor cantidad de oxígeno del necesario. El sensor O2 detectará una pequeña diferencia entre el oxígeno presente en los gases de escape y el aire exterior. Cuando esto sucede el sensor generará un voltaje muy bajo de aproximadamente 0.2 voltios.

Fallas:

- Un elevado consumo de combustible.
- Tironeos en la marcha.
- Presencia de carbón en las bujías y humo.
- Una mezcla estequiométrica incorrecta.

Comprobaciones:

- Si el flujo de gases de escape está bajo en oxígeno, lo cual provocará que el voltaje se mantenga alto (mezcla rica), se analiza las siguientes condiciones:
 1. Falla en la válvula de prueba del Cánister.
 2. Sensor MAP dañado.
 3. Señal de sensor de temperatura del refrigerante incorrecto.
 4. Presión excesiva de combustible.
 5. Fuga en el inyector.
 6. Combustible contaminado de aceite.
 7. Filtro de aire obstruido.
- Si el contenido de oxígeno en el flujo de gases de escape es alto, provoca una lectura de voltaje bajo (mezcla pobre), se analiza las siguientes condiciones:

1. Falla del sistema PCV.
 2. El cable del sensor de oxígeno aterrizado contra el múltiple de escape o entre el conector y la ECU.
 3. Inyectores defectuosos.
 4. Un MAP defectuoso.
 5. Una mala señal de temperatura.
 6. Agua en el combustible y otros contaminantes.
 7. Baja presión de combustible.
 8. Fuga en el sistema de escape.
 9. Sistema de inyección de aire defectuoso.
- Según el fabricante de la sonda existirá recomendaciones sobre su reemplazo cada ciertos miles de kilómetros, una buena práctica es verificar los gases de escape y testear la sonda lambda cada 20.000 o 30.000 kilómetros.



FIGURA 2.30. Comparaciones de Sensor de Oxígeno con Defecto y en Buenas Condiciones.

2.3.6. Sensor CMP.

Nombre: Sensor de Posición de Árbol de Levas (Camshaft Position Sensor).



FIGURA 2.31. Sensor de Posición de Árbol de Levas (CMP).

Función: El CMP por su parte indica a la ECU la posición del árbol de levas para que determine la secuencia adecuada de inyección. Es un generador inductivo, cuyo funcionamiento es muy similar al sensor CKP o en otros casos es un sensor de efecto hall.

Ubicación: Usualmente se encuentra del lado de la distribución frente a la polea del árbol de levas, frente al otro extremo del árbol de levas, fijado en el tapa válvulas, o en otros casos se encuentra dentro del distribuidor.

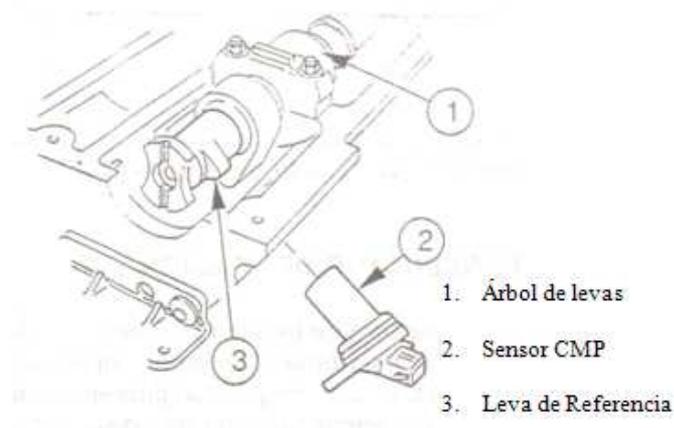


FIGURA 2.32. Ubicación del Sensor CMP.

El sensor CMP es necesario en motores con inyección secuencial multipunto para identificar el cilindro número 1, su información permite que el calculador defina un cilindro de referencia que servirá para respetar el orden de encendido e inyección.

Descripción:

Sensor de Posición del Árbol de Levas CMP (Hall): El sensor del árbol de levas es el sensor de la identificación del cilindro (CID) y se utiliza a veces como referencia para medir el tiempo de la inyección secuencial del combustible. Además este sensor informa a la computadora, la posición exacta de las válvulas. Opera como un Hall-effect switch, esto permite que la bobina de encendido genere la chispa de alta tensión. Este sensor reemplaza la función del distribuidor. La forma de onda de la señal puede ser o una onda magnética senoidal (alterna) o una onda tipo cuadrada.

Las características de una buena forma de onda de efecto hall, son una conmutación limpia. El sensor tiene tres cables de conexión que son:

- Alimentación del sensor: (12 o 5) v.
- Masa del sensor.
- Señal del sensor: (0 - 5) v.

Sensor de Posición del Árbol de Levas CMP (Inductivo): El sensor de árbol de levas inductivo provee al PCM la información que le permite identificar el cilindro número 1. Es utilizado en los sistemas de inyección secuencial. Es llamado también sensor de fase. Consta de una bobina arrollada sobre un núcleo de imán. Este sensor esta enfrentado al árbol de levas y produce una señal cada dos vueltas del cigüeñal.

El voltaje producido por el sensor del árbol de levas será determinado por varios factores: la velocidad del motor, la proximidad del rotor de metal al sensor y la fuerza del campo magnético ofrecida por el sensor. La ECU necesita ver la señal cuando el motor se enciende para su referencia. Las características de una buena forma de onda inductiva del sensor del árbol de levas son: una onda alterna que aumenta de magnitud como se aumenta la velocidad del motor y proporciona generalmente una señal por 720° de la rotación del cigüeñal (360° de la rotación del árbol de levas). El voltaje pico será aproximadamente 0.5v, mientras que el motor está encendiéndose, en marcha lenta trabaja alrededor de 2.5v.

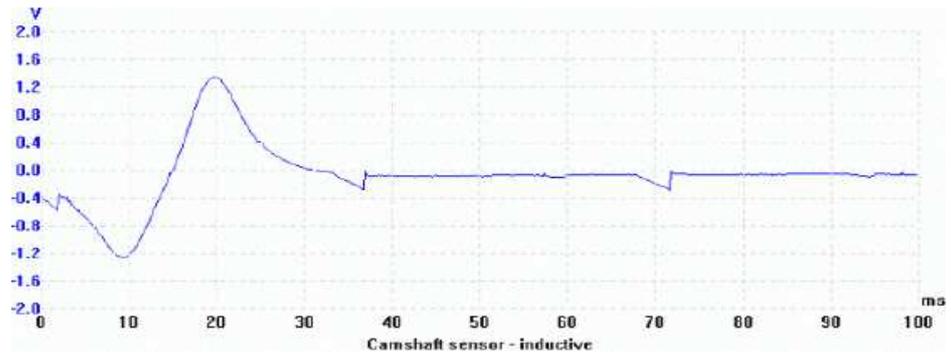


FIGURA 2.33. Forma de Onda del Sensor de Posición de Árbol de Levas (Inductivo).

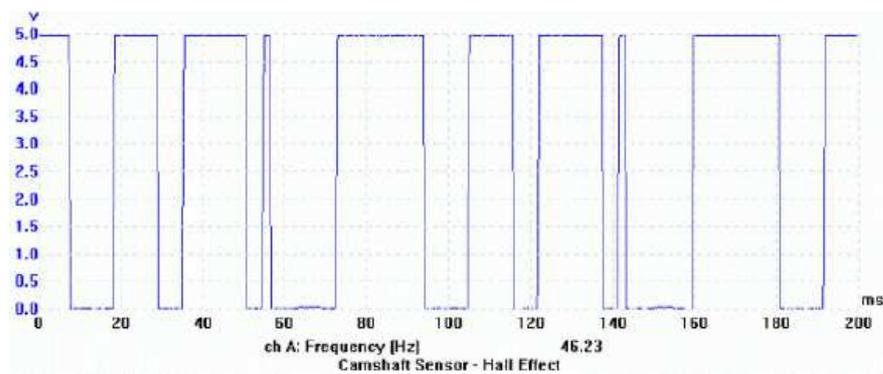
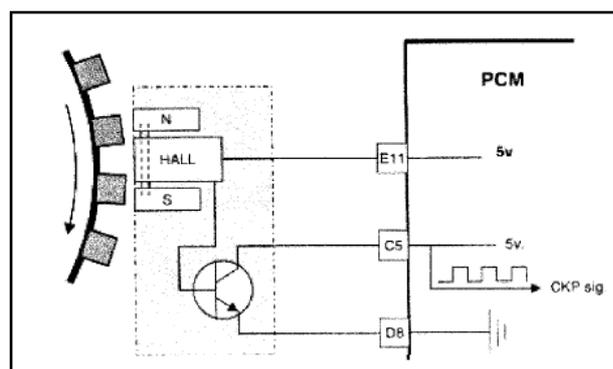


FIGURA 2.34. Forma de Onda del Sensor de Posición de Árbol de Levas (Hall).

Circuito del Sensor:



Sensor Hall conectado al PCM.

FIGURA 2.35. Sensor Tipo Hall.

⁹ BUSTILLO M. José. Cise Electrónica, <http://www.cise.com>

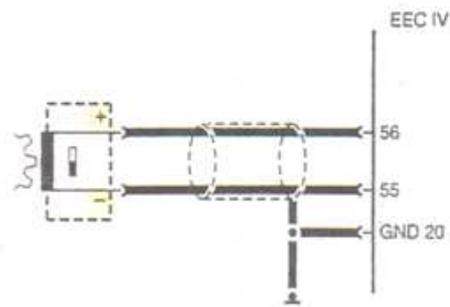


FIGURA 2.36. Sensor Tipo Inductivo.

Fallas y Comprobaciones:

Fallas:

- El motor arranca con dificultad.
- El régimen de ralentí falla en frío.
- Falta de potencia.
- Explosiones arranque.
- Se enciende la luz de Check Engine.

Comprobaciones: (Sensor Inductivo)

- Verificar la resistencia de 200 ohmios aproximadamente.
- Comprobar la distancia del entrehierro: 0.6mm mínima a 1.2mm máxima.
- Para determinar si el sensor está proporcionando una señal de velocidad a la ECU medir el voltaje.
- El voltaje estimado esperado durante el arranque está en (1-3) v. La señal puede también ser detectada con un osciloscopio. En el caso de que un diente falte, una onda sinusoidal estará incompleta.

Comprobaciones: (Sensor Efecto Hall)

- Tres terminales (alimentación al sensor, señal, masa).
- Comprobar que exista una alimentación de (5 o 12) v. al sensor.
- Comprobar que el sensor esté conectado a tierra.
- Observar la forma de onda generada con Osciloscopio.

- En todos los sensores de efecto hall lo importante en la señal cuadrada es que la base llegue a 0 v, máximo 0,5 v, y que el pico máximo alcance por lo menos 4,5 v.

2.3.7. Sensor CKP.

Nombre: Sensor de Posición del Cigüeñal (Crankshaft Position Sensor).



FIGURA 2.37. Sensor CKP.

Función: Proporcionar a la ECU la posición del cigüeñal y las r.p.m. Es del tipo captador magnético. Es un sensor de tipo inductivo en otros casos un sensor de efecto hall. Se instala cercano a la rueda volante de inercia, los dientes de la cinta del volante de inercia pasan muy cerca del sensor inductivo y por cada diente se genera un pulso de corriente alterna; es decir si la cinta dentada tuviera 300 dientes, por ejemplo en cada vuelta completa del eje cigüeñal se inducirían 300 pulsos en el sensor.

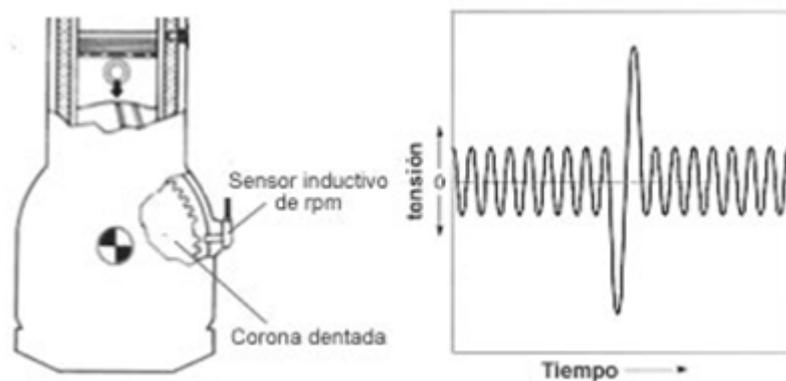


FIGURA 2.38. Sensor inductivo frente a la corona dentada del cigüeñal.

La señal del CKP es usada para establecer la posición del cigüeñal, velocidad del motor, punto de encendido y momento de la inyección.

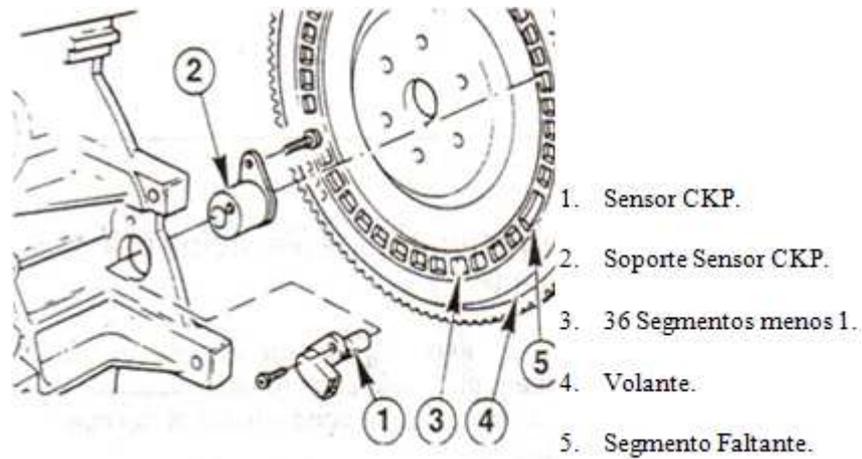


FIGURA 2.39. Sensor Inductivo frente al Volante de Inercia.

Ubicación: Frecuentemente se encuentra ubicado en la parte baja del motor, al lado derecho cerca de la polea del cigüeñal (incrustado en el bloque de cilindros, o a un lado de la polea principal), en la tapa de la distribución o en el monoblock o forma parte del distribuidor.



A: Indica la posición angular del cigüeñal al computador.

FIGURA 2.40. Ubicación del Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP).

Descripción:

Sensor de Posición del Cigüeñal CKP (Hall): El sensor de cigüeñal de tipo hall genera una sola onda cuadrada con tantas señales como cilindros tenga el motor, monitorea la posición del cigüeñal, y envía la señal al modulo de encendido indicando el momento exacto en que cada pistón alcanza el máximo de su recorrido, (TDC).

En algunos casos una de las señales es más grande que las demás indicando el PMS del cilindro uno cuando el sistema es de inyección secuencial.

Hay dos tipos de señales de efecto hall según su amplitud:

- De (0 a 5) v. (**Fig. 43**)
- De (0 a 12) v. (**Fig. 41**).

Lo importante en este tipo de onda es que la base de la señal llegue a 0v (máximo 1v) para que la ECU lo pueda interpretar.

Estos sensores tienen 3 cables de conexión:

- Alimentación: 12v.
- Masa.
- Señal.

Sensor de Posición del Cigüeñal CKP (Inductivo): El sensor CKP de tipo inductivo genera una onda alterna senoidal con una irregularidad cíclica producida por un diente faltante sobre la rueda fónica de excitación montado en el cigüeñal. Consta de una bobina arrollada sobre un núcleo de imán enfrentado a la rueda dentada o fónica.

Existen dos diseños de ruedas fónicas:

- La mayoría de los sistemas: 60 dientes – 2 dientes – 58 dientes.
- En el caso de Ford: 36 dientes – 1 diente – 35 dientes.

Los sensores CKP, tienen solo dos pines de conexión correspondientes a los extremos de la bobina del sensor. Algunos CKP tienen tres cables, siendo el tercero un blindaje a masa, para evitar interferencias parásitas del encendido.

Sensor tipo Opto-eléctrico CMP y CKP en Distribuidor - Señal Fotoeléctrica proveniente del Distribuidor: Este tipo de sensor suele estar ubicado dentro del distribuidor. Provee al PCM señal de R.P.M. y de PMS de los cuatro cilindros. Su medición es similar a la de un sensor efecto hall.

Normalmente tiene 4 cables de conexión correspondiente a:

- Alimentación: 5v.
- Masa.
- Señal de R.P.M. de alta resolución (360 pulsos por vuelta del distribuidor).
- Señal de árbol de levas de baja resolución (4, 6 u 8 pulsos por vuelta de distribuidor).

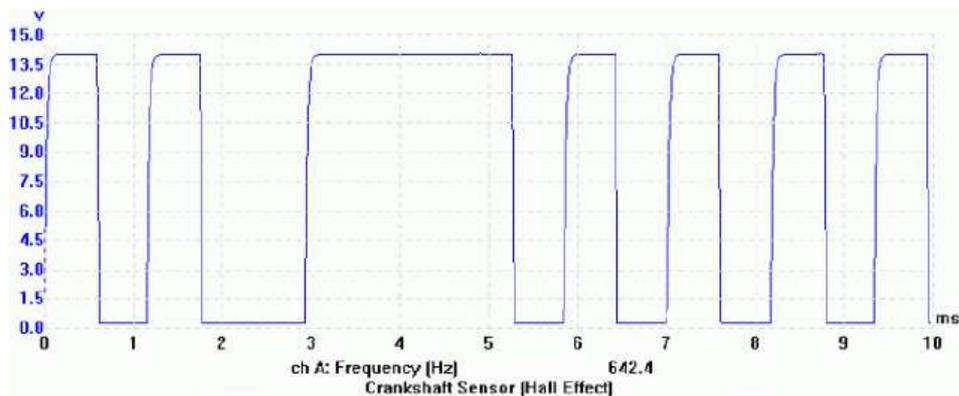


FIGURA 2.41. Forma de Onda del Sensor de Posición del Cigüeñal (Hall).

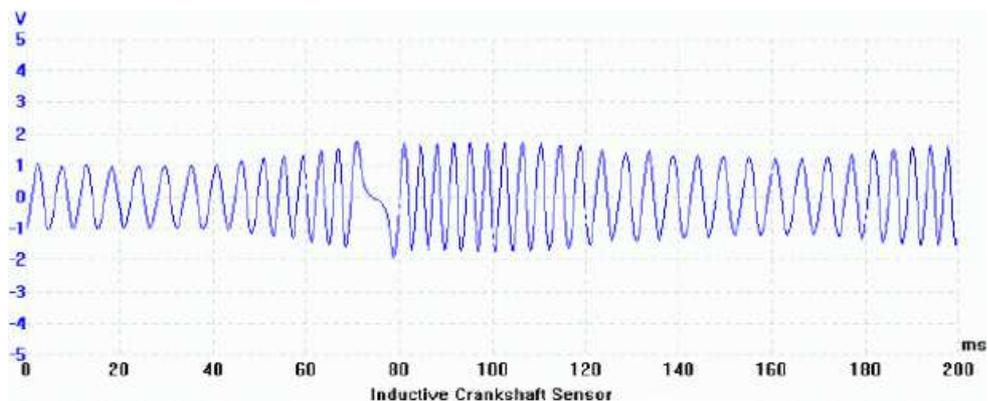


FIGURA 2.42. Forma de Onda del Sensor de Posición del Cigüeñal (Inductivo).

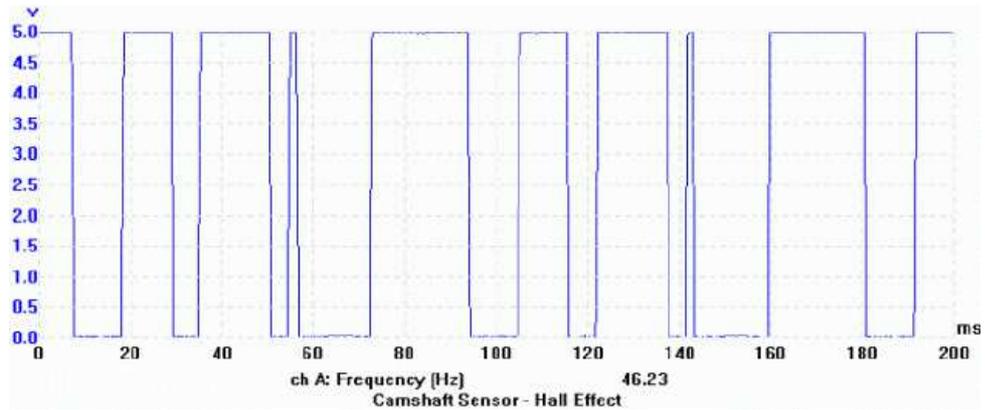
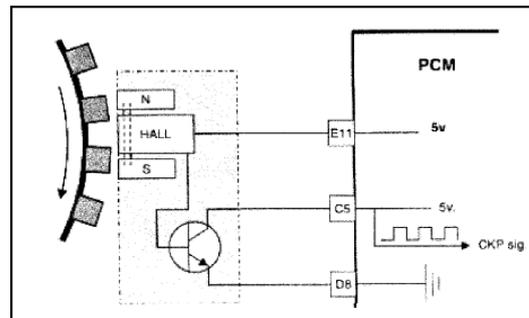


FIGURA 2.43. Forma de Onda del Sensor tipo Opto-Eléctrico CMP y CKP en el Distribuidor.

Circuito del Sensor:



Sensor Hall conectado al PCM.

FIGURA 2.44. Sensor Tipo Hall.

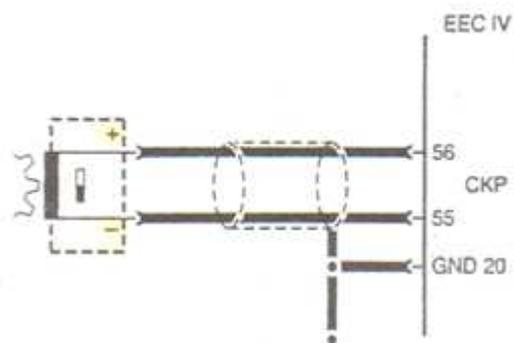


FIGURA 2.45. Sensor Tipo Inductivo.

Fallas y Comprobaciones:**Fallas:**

- El motor no arranca.
- Explosiones en el arranque.
- El automóvil se tironea.
- Puede apagarse el motor espontáneamente.

Comprobaciones:

- Probar que tenga una resistencia de (190 - 250) Ω del sensor esto preferente a temperatura normal del motor.
- Continuidad de los 2 cables.
- Y con el scanner buscar el número de pulsos.

2.4. Actuadores.**2.4.1. Bomba de Combustible.**

Nombre: Bomba de Combustible (Fuel Pump).



FIGURA 2.46. Bomba de Combustible Sumergible.

Función: Bombear combustible de manera eficiente y constante desde el tanque reservorio, hasta la riel de inyectores.

En los motores de inyección electrónica toda bomba de combustible está sobre-dimensionada, ya que la cantidad y la presión que necesitan los inyectores será siempre menor al que puede entregar la bomba.

Se diseñaron de esta forma, ya que se trata de mantener una presión y caudal estable en el sistema, para que los inyectores puedan enviar a los cilindros la cantidad necesaria sin restricciones, aún en casos extremos de aceleración, de taponamiento de los filtros, y hasta una mala alimentación de tensión eléctrica a la bomba. Generalmente se han diseñado bombas de combustible para que tengan una vida útil igual que la de un vehículo, razón por la cual generalmente está sellada, sin oportunidad de reparación.

Ubicación: Las bombas de combustible de casi todos los sistemas de inyección son situadas dentro del tanque de combustible, aunque otros sistemas tienen la bomba ubicada fuera del tanque de combustible, ya que como son bombas que generan altas presiones, a la vez también generan mucho calor, y la mejor manera para refrigerarla, es con el mismo combustible del automóvil. Es por eso que se recomienda que no se deje bajar de un cuarto de tanque el combustible, caso contrario la bomba al no tener refrigeración simplemente durarían menos por estar sometidas constantemente a elevadas temperaturas.

Descripción: Las bombas de los sistemas de inyección electrónica a gasolina, vienen de forma totalmente hermética y sellada, con tan solo los orificios de succión, de descarga de combustible y los conectores para la corriente. De modo que si sufre algún daño la única solución es el recambio.

En la siguiente figura podemos apreciar la conexión eléctrica de la bomba de combustible, en este diagrama se observa como desde el polo positivo de la batería, da tensión a la ECU, protegida siempre con fusibles. En este caso esta computadora comanda el positivo que alimenta al relé, de modo que cuando se abre el switch, la ECU da la señal positiva y el relé se acciona, para energizar a la bomba.

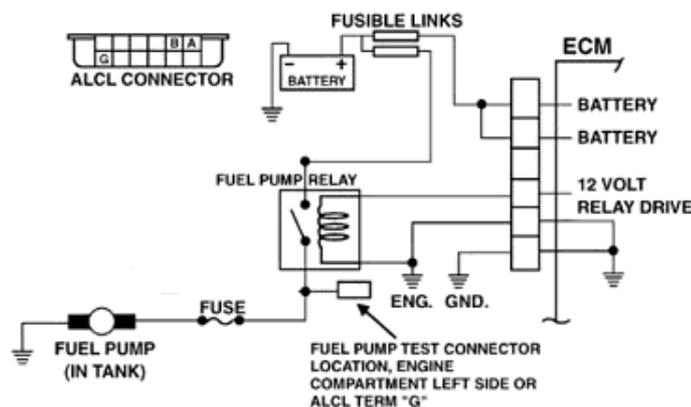


FIGURA 2.47. Conexión Eléctrica de la Bomba de Combustible.

Fallas y Comprobaciones:

Fallas:

- Caídas de tensión en el circuito eléctrico.
- Falta de presión de combustible o caudal erróneo.
- La bomba funciona de forma intermitente.

Comprobaciones:

- Para revisar que no haya caídas de tensión se energiza el circuito, luego se conecta el multímetro como indica la figura 52, primero desde el polo positivo de la batería hasta el polo negativo de la bomba, y tiene que marcar 12 v o más.
- Se realiza la misma operación intercambiando los polos. De esta manera se comprobaba con facilidad en que lado del cableado existen caídas de tensión, ya sea por cableado dañado, o por alguna otra razón.

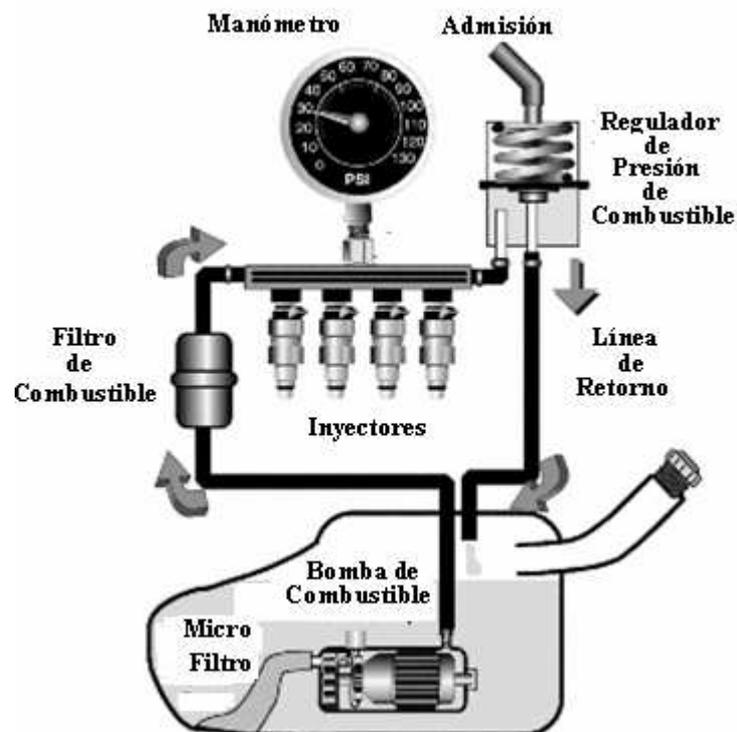


FIGURA 2.48. Comprobación de la Presión por medio de un Manómetro.

- Para verificar el correcto funcionamiento de la bomba, se procede a conectar un manómetro de presión de combustible en el circuito. Entonces se obtura la cañería de retorno, al instante la presión debe subir en el manómetro, caso contrario la bomba estaría dando anomalías de entrega de presión.
- Otra comprobación, es llevar el automóvil a una prueba de recorrido con el manómetro de presión conectado, y observar repentinas variaciones de presión, se puede detectar que la bomba tiene problemas, o a su vez el regulador de presión.

2.4.2. Inyectores.

Nombre: Inyector de Combustible (Fuel Injectors).



FIGURA 2.49. Inyectores de Combustible.

Función: Pulverizar combustible en forma de micro partículas, los inyectores son comandados por la computadora.

Ubicación: Se hallan ubicados en el múltiple de admisión, entre el riel de inyectores y los orificios del múltiple.

Descripción: El inyector consta de un bobinado eléctrico que a través de su conector está en contacto directo con la ECU y de ella recibe los impulsos eléctricos de masa que determinarán el tiempo de su apertura. La aguja inyectora dispone de un núcleo inducido que se retira cuando la corriente pasa por el bobinado en virtud del magnetismo creado. Éste es el momento en que el inyector se abre y el combustible sale por el orificio anular

¹¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_pump

que queda en este momento libre en virtud de la alta presión que se encuentra en el circuito hidráulico. Cuando cesa la corriente que circula por el bobinado, el resorte es el encargado de devolver a la aguja a su posición de cierre y reposo.

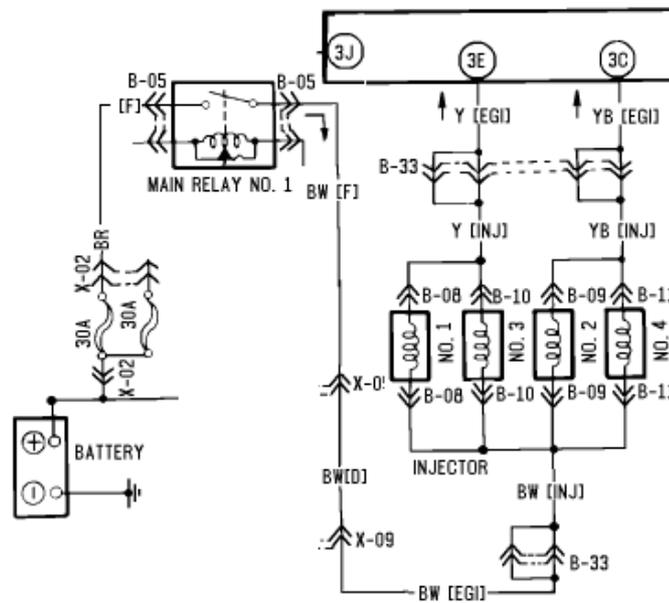


FIGURA 2.50. Diagrama del Circuito de Inyectores.

En la siguiente figura se halla un esquema de la constitución interna del inyector, se puede ver que está en posición de cerrado. Consta de una aguja de asiento inyectora que por la acción de un resorte se apoya sobre su asiento impidiendo la salida del combustible.

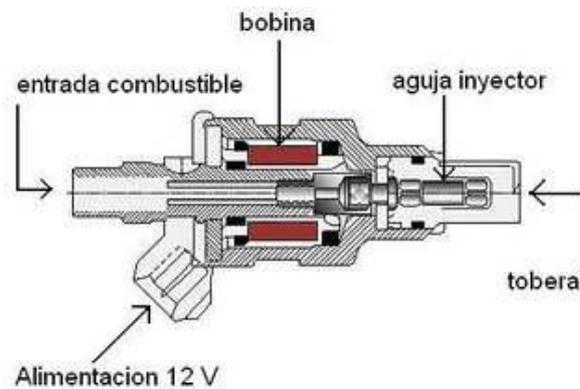


FIGURA 2.51. Partes del Inyector.

TIPOS DE INYECTORES:

- **Inyector tipo Perno:** Este es el tipo más común de inyector. Una aguja afilada calza sobre su asiento. Cuando se energiza la bobina del inyector, se retira la aguja permitiendo que el combustible pulverice. Este diseño se ha probado por más de 30 años ya de uso.



FIGURA 2.52. Aguja del Inyector.

- **Inyector tipo Disco:** En la siguiente figura el tipo de disco de marca Bosch utiliza el mismo mecanismo de impulsión que el tipo de perno pero, substituye el perno por un disco plano y una placa con pequeñas perforaciones. Éstos trabajan muy bien con un buen cono de pulverización pero son más propensos a que se tapen los agujeros por depósitos.



FIGURA 2.53. Inyector con Pulverización de Cono.

En la siguiente figura, la marca Lucas coloca el disco hacia arriba dentro del cuerpo del inyector para reducir la masa del conjunto para así lograr una respuesta más rápida. Los inyectores Lucas tienen un cono de pulverización muy estrecho que puede afectar la marcha lenta y respuesta en aceleración en algunos casos.



FIGURA 2.54. Inyector con Cono de Pulverización Interno.

- **Inyector tipo Bolilla:** La división de Rochester de la General Motors usa el inyector de tipo de bolilla para algunos de sus vehículos. Éstos utilizan una bolilla y un alojamiento hembra como válvula y pulverizador. Éstos tienen una atomización excelente y un cono de pulverización ancho pero son propensos a taparse con depósitos del barniz provenientes de la gasolina.



FIGURA 2.55. Inyector con Cono de Pulverización Ancho.

Clasificación por Impedancia:

Baja Impedancia: (1.7 - 3) Ω

Alta Impedancia: (10 - 16) Ω

La ventaja primaria de los inyectores bajos en impedancia es un tiempo de accionamiento más corto.

Cuando inyectores de gran caudal se colocan en motores de gran cilindrada, usualmente se eligen inyectores de baja impedancia porque con ellos se consigue un mejor ralenti debido a su velocidad de respuesta.

La ventaja de los inyectores de impedancia alta es el hecho de que se genera menos calor en los transistores de

potencia que los comandan y la no necesidad de utilizar ningún resistor externo para limitar la corriente que circula por ellos.

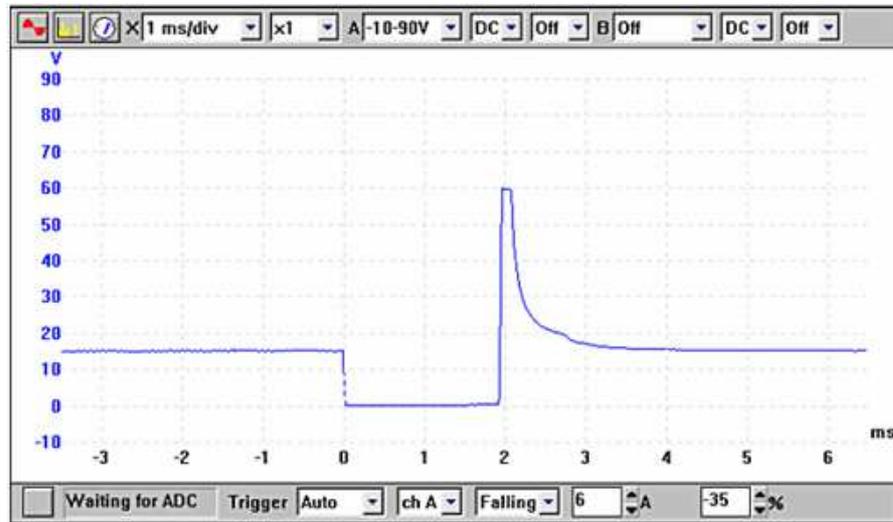


FIGURA 2.56. Forma de Onda de un Inyector en Funcionamiento.

Fallas y comprobaciones:

Fallas:

- Pulverización errónea por suciedad en la aguja inyectora.
- Taponamiento de micro filtros por suciedad del combustible.
- Angulo de pulverización erróneo.
- Bobinado eléctrico del inyector en corto o abierto.

Comprobaciones:

Montando los inyectores en una maquina comprobadora revisamos:

- El cono o ángulo de pulverización que este dentro de los parámetros, dependiendo del tipo de inyector.
- Que el caudal este dentro de los parámetros del inyector que se esta comprobando.
- Dependiendo de las características del inyector revisar que la resistencia entre sus terminales este dentro de los parámetros.

¹² SATANDER R. Jesús. Manual técnico de Fuel Injection, Pág. 14 - 19
http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_injection

2.4.3. Relés.

Nombre: Relé (Relay)



FIGURA 2.57. Relé de una Posición.

Función: La función que cumple un relé es controlar grandes consumos eléctricos mediante una pequeña corriente de activación.

Gracias a estos dispositivos, nos permitimos por ejemplo, prender las luces altas con una pequeña palanca que activa un micro switch en el tablero mientras que el trabajo pesado lo hace el relé que usualmente esta muy cerca del consumo (en este caso cerca de las luces altas).

Ubicación: Debajo del tablero de mandos o en un pequeño compartimiento cercano al motor.

Descripción: En el siguiente grafico internamente tiene una bobina de muy bajo consumo que, cuando una corriente eléctrica la atraviesa, genera un magnetismo que hace que el platino - remarcado en rojo- se cierre y conduzca la corriente que va a alimentar a un consumo. La corriente de activación entra por el pin 86 del relé y sale por el pin 85. (Esta es la etapa de bajo consumo). La corriente de trabajo entra por el pin 30 y alimenta al circuito a través del pin 87. (Esta es la etapa de potencia del relé). Los dos tipos de relés más básicos que podemos encontrar son los relés normalmente cerrados y los normalmente abiertos. Los primeros siempre dejan pasar la corriente salvo que sean activados y ahí abren el circuito. Los segundos están como un interruptor abierto en reposo, mientras que si son excitados pasan a conducir la corriente.

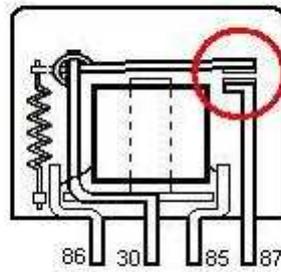


FIGURA 2.58. Numeración de Pines de Relé.

En un automóvil a inyección electrónica se utilizan relés tanto para la alimentación de los inyectores, calentador de sonda lambda, sistema de encendido, etc (estos son los denominados relés de inyección) como para alimentar a la bomba de combustible (relé de bomba). De esta forma la ECU, puede comandar a todos estos periféricos sin tener la necesidad de manejar las corrientes que éstos consumen gracias a la existencia de los relés.

Fallas y comprobaciones:

Fallas:

- Contactos internos pegados por exceso de calor.
- Bobinado dañado o recalentado.
- Contactos internos que realizan falsos contactos, por lo que no fluye la corriente.

Comprobaciones:

- Verificar por medio de un probador del luz con el un extremo a masa y el otro en el pin 87, que haya paso de corriente.
- Verificar la resistencia de bobinado entre (70 a 75) Ω

2.5. Circuito Hidráulico.

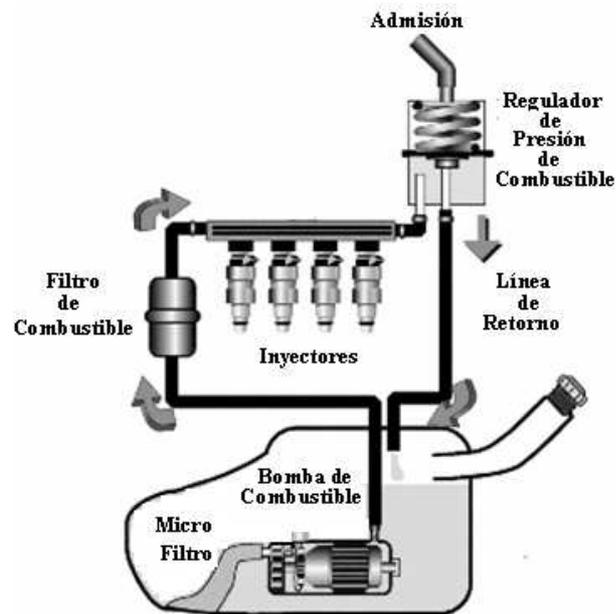


FIGURA 2.59. Circuito Hidráulico.

2.5.1. Tanque de Combustible.

Nombre: Tanque de Combustible.



FIGURA 2.60. Tanque de Combustible.

Función: Es un reservorio donde se almacena el combustible y en donde va instalada la bomba eléctrica del automóvil. El mismo que en su interior posee celdas que evitan que la gasolina tenga excesivos movimientos, de esa manera asegurando la correcta succión de la bomba.

El tanque puede ser de distintos tipos de materiales, como acero o aleaciones de plástico. La capacidad de reserva dependerá del cilindraje del motor y del fabricante.

Ubicación: Bajo el baúl del vehículo.

2.5.2 Filtro de Combustible.

Nombre: Filtro de Combustible (Fuel Filter).

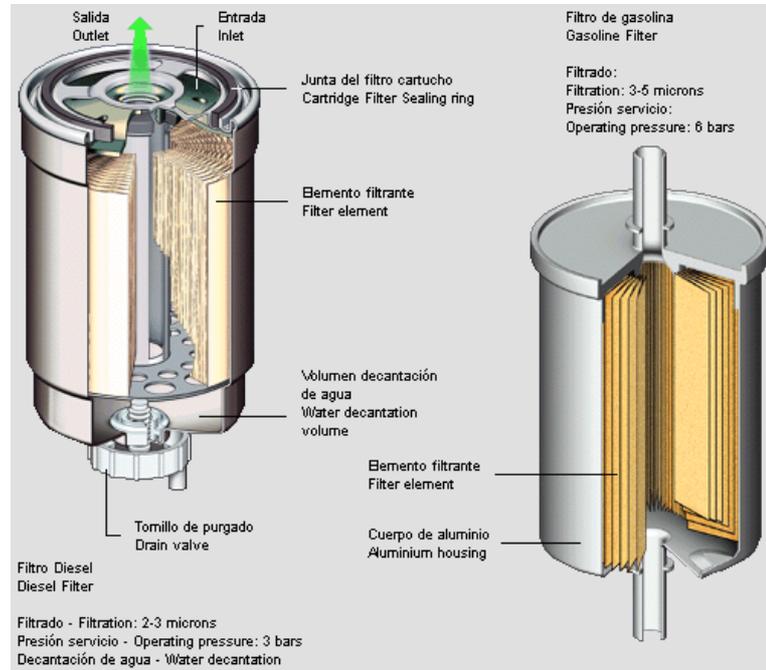


FIGURA 2.61. Partes del Filtro de Combustible.

Función: Retener las impurezas que se puede hallar en el deposito de gasolina, estas impurezas pueden llegar al deposito cuando recargamos combustible. El elemento filtrante de un filtro de gasolina puede ser fabricado de papel, mallas metálicas, fibra de vidrio, entre otros y este elemento se encuentra recubierto de un cuerpo metálico o de plástico.

Actualmente se usa en los vehículos modernos un filtro de cubierta metálica esto es porque en los automóviles antiguos se tenía una presión en el sistema de alimentación de entre 7 u 8 libras de presión y se le considera sistema de baja presión, para este sistema se utiliza un filtro de cubierta de plástico pero en un vehículo moderno que utiliza una presión entre 15 y 100 PSI el filtro de plástico es insuficiente ya que no resistiría la presión por ello se utiliza actualmente los filtros metálicos.

Los filtros de gasolina pueden retener impurezas que tengan un tamaño mayor a las 10 micras, el tiempo en que hay que cambiar un filtro de gasolina puede ser a los 6 meses o cada 10.000 Km.

Todos los filtros tienen sentido de flujo de combustible por lo que es necesario la previa verificación antes de instalarlo.

2.5.3 Regulador de Combustible.

Nombre: Regulador de Combustible (Fuel Regulator).



FIGURA 2.62. Regulador de Combustible.

Función: Mantener constante la presión del combustible en todo el sistema de alimentación del vehículo, permitiendo así un funcionamiento óptimo del motor cualquiera sea el régimen de éste. Posee un flujo de retorno, que al sobrepasarse el límite de presión actúa entonces liberando el circuito de retorno hacia el tanque de combustible.

Ubicación: Puede variar, situándose en el tubo distribuidor o también en el circuito con la bomba.

En el siguiente gráfico se puede observar los diferentes componentes internos de un regulador de presión de combustible. El regulador está construido por un contenedor metálico que posee una membrana, un muelle y una válvula, haciendo que la válvula se abra y el carburante retorne al tanque si la presión en el sistema de alimentación del combustible supera el límite establecido por el tarado del muelle.

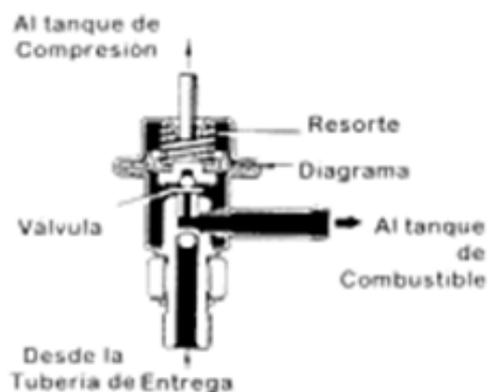


FIGURA 2.63. Partes del Regulador de Combustible.

El regulador tiene una toma de depresión proveniente del colector de admisión para que la válvula se abra según el tarado y presión del colector, mientras que en sistemas de inyección monopunto la apertura solo realiza según el tarado del muelle ya que como el inyector esta situado arriba de la mariposa de los gases no existe toma de depresión.

2.5.4. Líneas de Combustible.

Nombre: Líneas de Combustible. (Fuel Lines).



FIGURA 2.64. Líneas de Combustible.

Función: Son las encargadas de transportar el combustible, comenzando por la bomba de combustible, amortiguador de vibraciones, filtro, hasta el riel de inyectores. Por lo general en muchos de los sistemas de inyección trabajan con sistema de retorno (otra línea separada), justo desde el mismo riel de inyectores, hasta llegar al tanque de combustible.

Pueden ser de distintos materiales, como tuberías de tipo metálicas, de caucho, plástico o de acero inoxidable. Estas últimas son la de mayor resistencia tanto a la corrosión, resistencia a elevadas temperaturas, como por su resistencia física gracias a su mallado externo.

2.5.5. Riel de Inyectores.

Nombre: Riel de Inyectores (Injectors Rail).



FIGURA 2.65. Rieles de Inyectores.

Función: El riel es el encargado de transportar el combustible a los inyectores, además de alojar al regulador de presión del sistema de alimentación. Por lo general el riel tiene dos cañerías, en donde la una es para el ingreso del combustible y la otra para retorno del mismo hacia el tanque.

Los autos con tecnología de punta solo llevan en su riel una cañería, para el ingreso de combustible, y la presión la controla totalmente la ECU, ya sea modificando el ancho y el número de pulsos de inyección.

2.6. Circuito de Admisión.

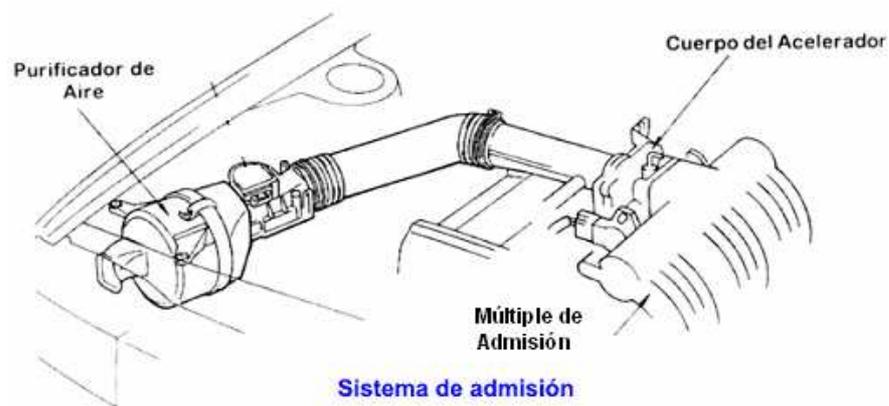


FIGURA 2.66. Circuito de Admisión.

¹⁴ <http://auto.howstuffworks.com/fuel-injection3.htm>

2.6.1. Colector de Admisión.

Nombre: Colector de Admisión (Admission Manifold)



FIGURA 2.67. Colector o Múltiple de Admisión.

Función: Dirigir el flujo de aire hasta el interior de los cilindros. Además sobre el colector van ubicados la riel de inyectores, sensores tales como, TPS, IAT, MAP. El material del múltiple es de aleaciones de aluminio y aleaciones de plástico.

2.6.2. Filtro de Aire.

Nombre: Filtro de Aire (Air Filter).



FIGURA 2.68. Filtro de Aire Estándar.

Función: Purificar las partículas sólidas que se hallan en el aire, tales como polen o polvo, que pueden ingresar al múltiple de admisión. Existen dos tipos de filtros de aire, los convencionales o Standard y los de alto flujo.

Filtros de aire convencionales: Su función principal es la de filtrar impurezas, y son construidos de un filtro de papel plegado.

Filtros de Aire de Alto Flujo: La función de estos filtros es la misma de los convencionales, de que además de filtrar, brindan una mejor respuesta de aspiración al motor, ya que ofrecen menor resistencia al flujo del aire que ingresa al motor, de esa manera da como resultado un incremento de la cantidad del aire y también de potencia. Estos filtros son fabricados de tela de fibra de algodón, la cual es mas resistente que de un papel filtrante usado en filtros comunes.



FIGURA 2.69. Filtro de Alto Flujo.

¹⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Air_filter

CAPÍTULO III

3. ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

3.1. Parámetros Iniciales para la Modificación del Motor a Carburador.

Ficha Técnica. (Volkswagen Amazon)

Cilindrada: 1592cc.

Potencia: 86 Hp a 5200 rpm.

Torque: 12,8 Kgfm a 2600 rpm.

Aceleración de 0 – 100 Km/h: 14,34 s.

Velocidad máxima: 161 Km/h.

Consumo Urbano: 7,5 Km / l.

Consumo Carretera: 11,94 Km / l.

3.1.1 Pruebas de Consumo de Combustible.

Consumo Combustible: Para esta prueba se procedió a desconectar la manguera de combustible que llega desde el tanque de combustible a la bomba mecánica ubicada a un costado del motor como se muestra en la (Fig. 3.1), luego se conectó otra manguera que llegará hasta el habitáculo donde se encuentra un recipiente de 500cc (Fig. 3.2), de donde la bomba mecánica va a succionar la gasolina desde el recipiente para el funcionamiento del vehículo, de esta forma se determinará el consumo real.



FIGURA 3.1. Cañería de la Bomba de Combustible.



FIGURA 3.2. Recipiente de 500cc.

Se procedió hacer un recorrido comprendido de 7.2 Km de distancia en la vía Riobamba a Guano y de Guano a Riobamba, para confirmar resultados en consumo, arrojando de la prueba los siguientes resultados:

0.74 litros en 7.2 Km a 60 Km/h.

0.78 litros en 7.2 Km a 90 Km/h.

0.76 litros en 7.2 Km a 75 Km/h..

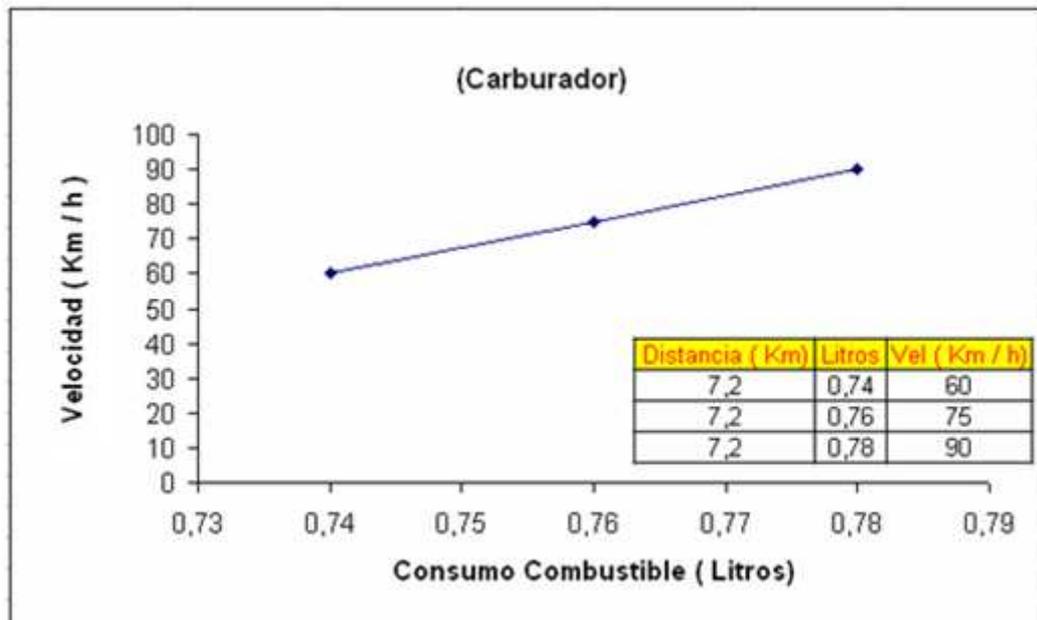


FIGURA 3.3. Gráfica de Resultado de Consumo de Combustible en una Distancia Constante.

Distancia recorrida por galón de consumo.

Datos:

1Galón = 3.785 Litros

0.76 Litros en 7.2 Km

$$\frac{\text{distancia}}{\text{consumo}} = \frac{7.2 \text{ Km}}{0.76 \text{ L}} \times \frac{3.785 \text{ L}}{1 \text{ Gal}} = \frac{7.2 \times 3.785}{0.76} = 36 \frac{\text{Km}}{\text{Gal}} \quad (1)$$

Consecuentemente al resultado promedio se obtuvieron los siguientes resultados:

1.52L – 14.4Km

2.28L – 21.6Km

3.04L – 28.8Km

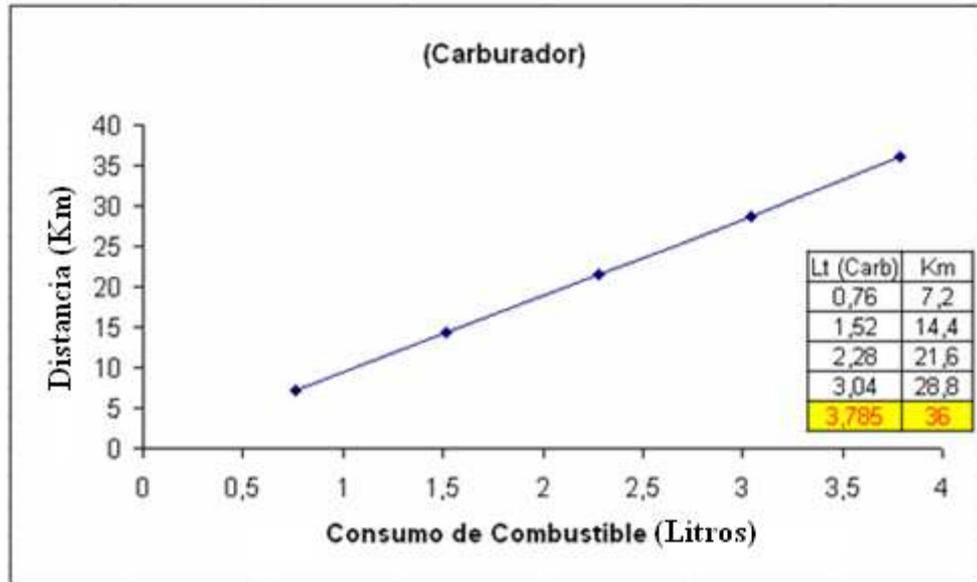


FIGURA 3.4. Gráfica de Resultados Consumo vs. Distancia.

3.1.2. Pruebas de Potencia.

Para la prueba de potencia de un motor de combustión interna se requiere un dinamómetro, al no disponer con el mismo en la ESPOCH, se optó por hacer una prueba alternativa que es la de aceleración.

Para esto se requiere condiciones como las siguientes:

- Un tramo de carretera en línea recta de 400m aproximadamente.
- Condiciones climáticas lo más normales posibles.
- Neumáticos en buen estado.
- Contar con una clase de combustible, en este caso gasolina extra.

En esta prueba se tomó tiempos en segundos que tarda el vehículo en acelerarse de 0 a 100 Km/h, obteniendo los siguientes resultados, con el motor a plena carga:

Primer tiempo = 14,3 seg.

Segundo tiempo = 14,5 seg.

Tercer tiempo = 14,44 seg.

$$\text{Tiempo Promedio} = \frac{14.3\text{seg} + 14.5\text{seg} + 14.44\text{seg}}{3} = 14.4\text{seg} \text{ (que tarda en alcanzar 0 a}$$

100Km/h)

(2)

Cálculo de diferentes tiempos de aceleración (Fig. 74.):

Datos:

En 14.4 segundos se alcanza los 100Km/h

$$\frac{75\text{Km/h} \times 14.4\text{seg}}{100\text{Km/h}} = 10.8 \text{ seg.} \quad (3)$$

$$\frac{60\text{Km/h} \times 14.4\text{seg}}{100\text{Km/h}} = 8.64 \text{ seg.}$$

$$\frac{40\text{Km/h} \times 14.4\text{seg}}{100\text{Km/h}} = 5.76 \text{ seg.}$$

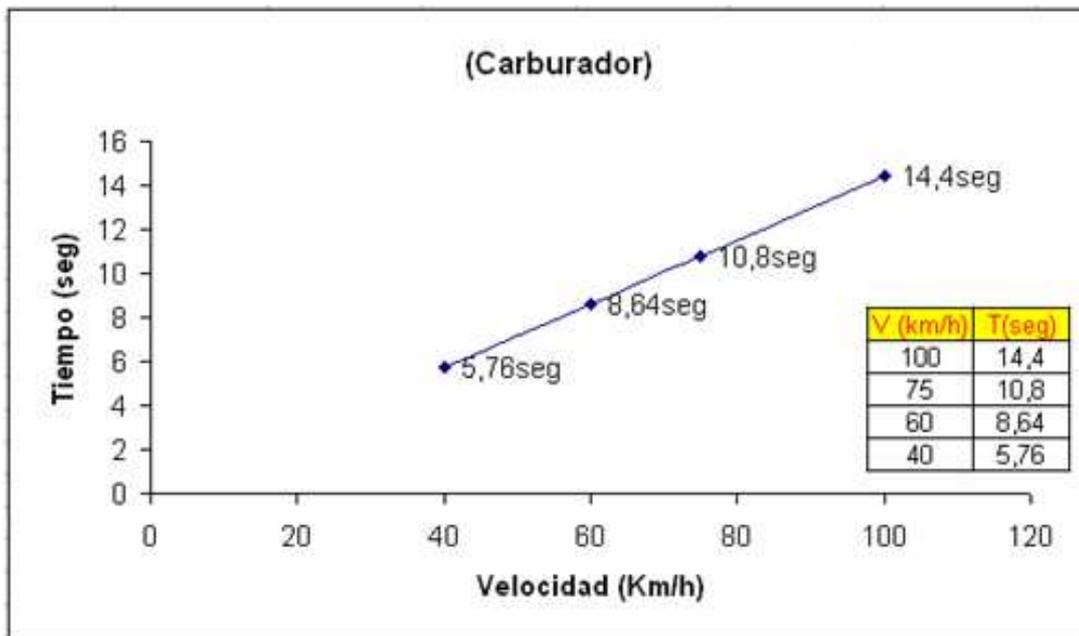


FIGURA 3.5. Gráfica de Resultados (Velocidad – Tiempo).

3.1.3. Pruebas de Contaminación.

Esta prueba se realizó en la ciudad de Quito en los Talleres MAO (Av. 6 de Diciembre 8293 y Cucardas), utilizando un analizador de gases en donde obtuvimos los siguientes resultados: (Fig. 3.6,3.7)



FIGURA 3.6. Analizador en el Tubo de Escape del Vehículo. **FIGURA 3.7.** Resultados de Gases de Escape.

	RPM	HC (ppm)	CO (%)	CO2 (%)	O2(%)	Lambda
Ralentí	800	673	6,78	10,28	2,35	0,878
Acelerado	2600	437	7,8	10,23	0,93	0,818

TABLA 3.1. Resultados de Gases de Escape (Carburador).

Resultados de porcentajes de Lambda.

Datos:

800 R.P.M. – 0,878 Lambda

2600 R.P.M. – 0,818 Lambda

Interpolando los valores anteriores obtenemos:

1700 R.P.M. – 0,848 Lambda

Obtener una lectura de lambda 1.10 (16.17:1) nos expresa un 10% de exceso de aire, un Lambda de 0.90 (13.23:1) expresa un 10% de exceso de combustible.

800 R.P.M. – 0,878 Lambda (**1-0,878=0,122**) 12,2% de Exceso de Combustible

1700 R.P.M. – 0,848 Lambda (**1-0,848=0,152**) 15,2% de Exceso de Combustible

2600 R.P.M. – 0,818 Lambda (**1-0,818=0,182**) 18,2% de Exceso de Combustible

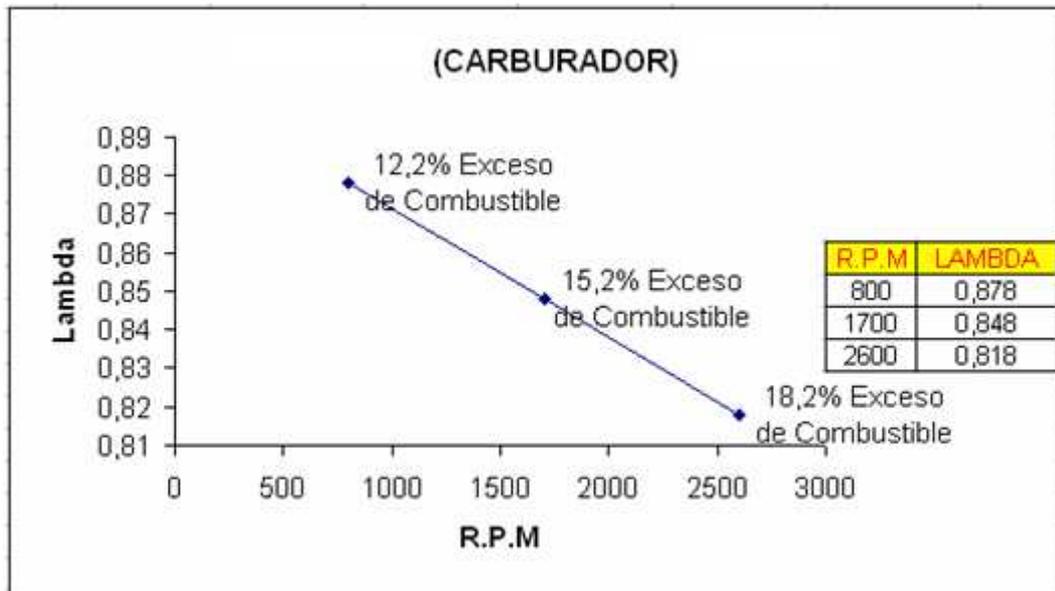


FIGURA 3.8. Gráfica de Resultados de Lambda.

Resultados de porcentajes de O₂.

Datos:

800 R.P.M. – 2,35 % O₂

2600 R.P.M. – 0,93 % O₂

Interpolando los valores anteriores obtenemos:

1700 R.P.M. – 1,64 % O₂

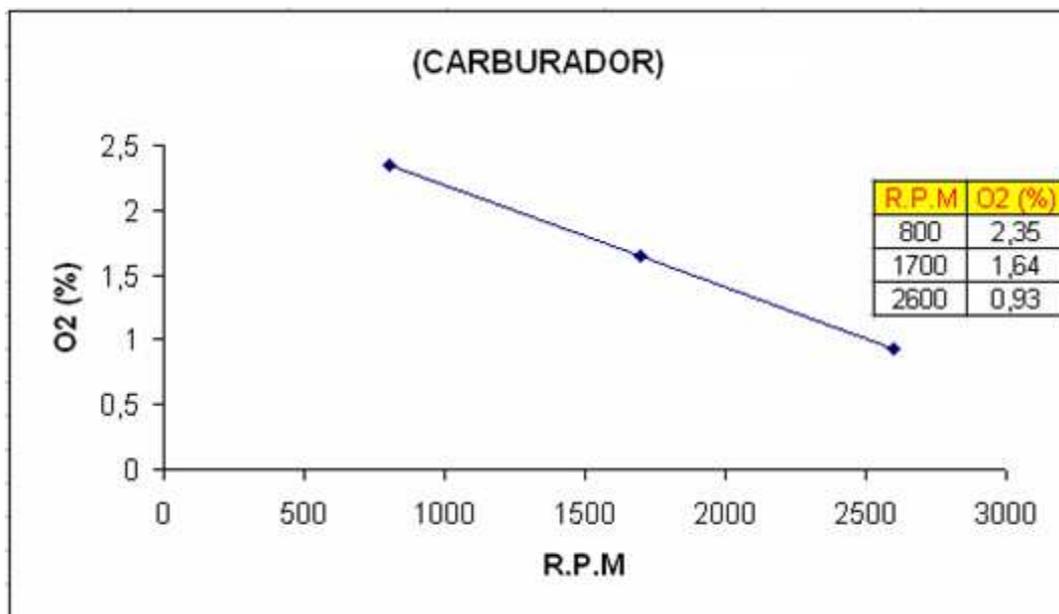


FIGURA 3.9. Gráfica de Resultados de O₂.

Resultados de porcentajes de CO₂.

Datos:

800 R.P.M. – 10,28 % CO₂

2600 R.P.M. – 10,23 % CO₂

Interpolando los valores anteriores obtenemos:

1700 R.P.M. – 10,255 % CO₂

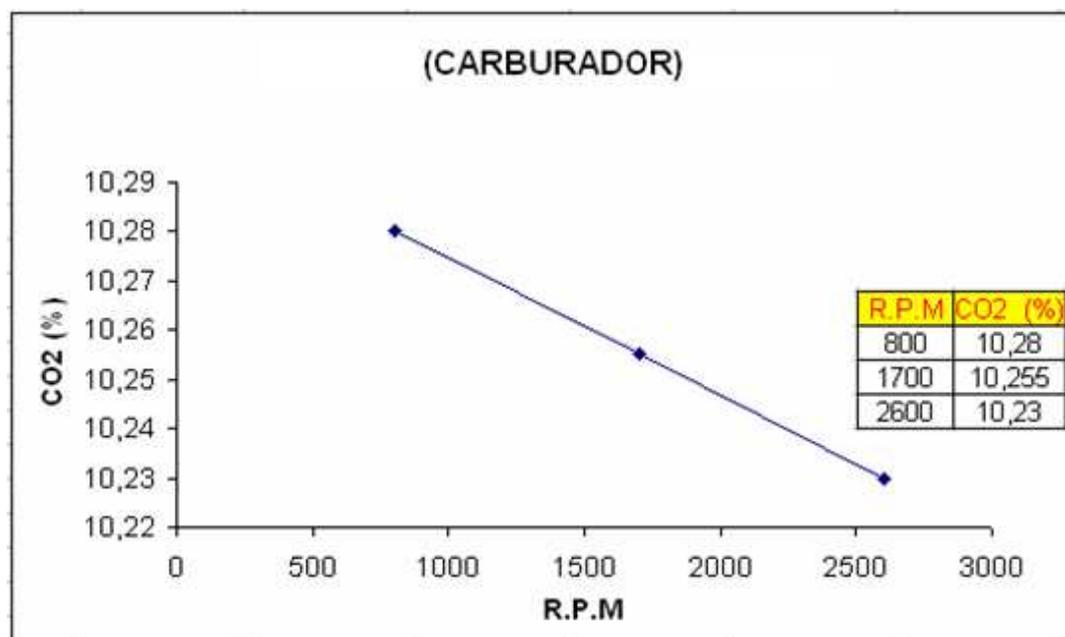


FIGURA 3.10. Gráfica de Resultados de CO₂.

Resultados de porcentajes de HC.

Datos:

800 R.P.M. – 673 ppm HC

2600 R.P.M. – 437 ppm HC

Interpolando los valores anteriores obtenemos:

1700 R.P.M. – 555 ppm HC

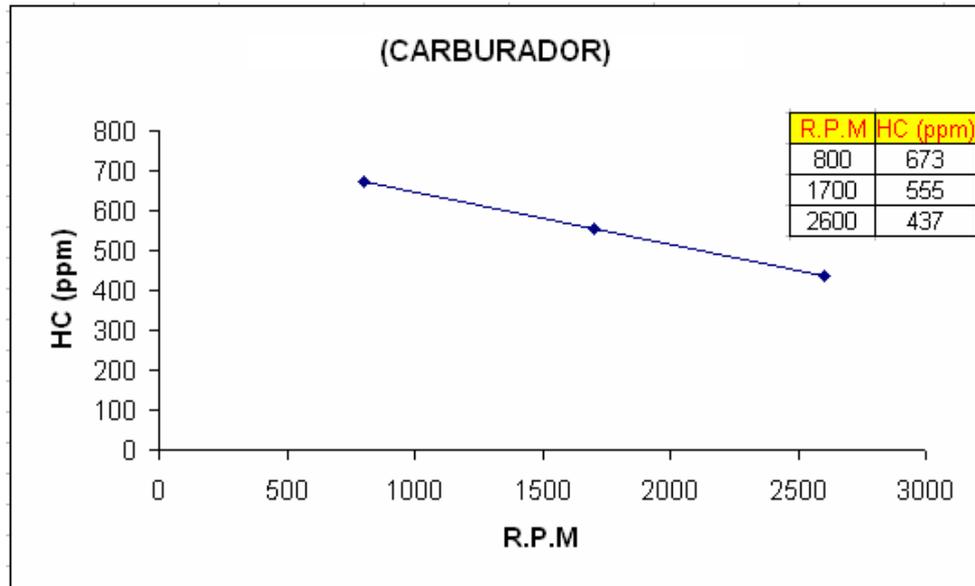


FIGURA 3.11. Gráfica de Resultados de HC.

3.2. Selección de Elementos Para la Modificación.

La selección de los diferentes elementos utilizados en la modificación del sistema de alimentación se la realizó en base a un criterio técnico de acuerdo a los parámetros proporcionados por el fabricante de la computadora Megasquirt y bajo el principio de funcionamiento del sistema de inyección electrónica.

Sensor de Temperatura Refrigerante.



FIGURA 3.12. Sensor de Temperatura Refrigerante.

Este sensor se utiliza porque la computadora realiza un enriquecimiento de combustible en la fase de calentamiento, aumentando el ancho de pulso de inyección hasta que el motor llegue a su temperatura normal de funcionamiento.

En todo motor de combustión interna, la temperatura de trabajo oscila entre $(85 - 95)^{\circ}\text{C}$, con lo que se garantiza un rendimiento óptimo. Debido ha esto seleccionamos un CTS marca Bosch que trabaja a una temperatura de 95°C y una resistencia de $200\ \Omega$.

Sensor de Temperatura Aire.



FIGURA 3.13. Sensor de Temperatura Aire.

La utilización del IAT, es necesaria para que la ECU, conozca la temperatura de ingreso de aire al motor, esta información es tomada en cuenta por el módulo electrónico para determinar la densidad del aire.

El sensor IAT seleccionado es de marca Bosch que se encuentra con valores que oscilan entre $(30 - 80)^{\circ}\text{C}$, con una resistencia de $(2200 - 375)\ \Omega$. Enmarcándose estos valores en los parámetros requeridos por la computadora Megasquirt para su correcto funcionamiento.

Sensor de Oxígeno o Lambda.



FIGURA 3.14. Sensor de Oxígeno o Lambda.

Este sensor se utiliza para que el motor trabaje lo más cercano posible a una mezcla estequiométrica.

Se seleccionó el sensor de marca Bosch de 3 cables, porque presenta mejores condiciones de funcionamiento tanto en frío como en caliente. Esta clase de sensor es utilizado en varias marcas de vehículos y para nuestra adaptación resulto bastante factible.

Inyectores.



FIGURA 3.15. Inyectores.

Los inyectores se seleccionan en función del caudal de combustible entregado. Se tiene la siguiente formula para el cálculo de caudales:

$$\text{Injector Flow Rate (lb/hr)} = \frac{\text{Engine HP} \times \text{BSFC}}{\text{Number of Injectors} \times \text{Injector duty cycle}} \quad (4)$$

En donde:

Injector Flow Rate (lb/hr): Caudal en (lb/hr).

Engine HP: Potencia del motor.

Number of Injectors: Numero de inyectores.

BSFC: Factor de 0.4 a 0.7 que indica el calor a la que el motor esta siendo sometido.

Injector duty cycle: Porcentaje de tiempo que el inyector permanece abierto, también se lo puede expresar en mili segundos. Se toma un factor de 0.8, ya que de esa forma se le da una mayor vida útil al inyector.

Tabla de factores BSFC:

Engine Type	Gasoline	Alcohol
High Compression	0.45 to 0.55	0.90 to 1.10
Low Compression	0.50 to 0.60	1.00 to 1.20
Super/Turbo Charged	0.55 to 0.65	1.10 to 1.30

TABLA 3.2. Tabla de Factores BSFC.

Cálculo de caudal de combustible:

Datos:

Potencia: 100 hp.

BSFC: 0.5 (motor de baja compresión).

$$\text{Injector Flow Rate (lb/hr)} = \frac{100\text{hp} \times 0.5}{(4 \times 0.8)} \quad (5)$$

$$\text{Injector Flow Rate (lb/hr)} = 15.625 \text{ lbs/hr.}$$

A continuación está una tabla en la cual se halla la diferencia de caudales y costos de inyectores de varias marcas.

Marcas de inyectores	Caudal(lbs/hr)	Costo (Dólares)
VW (Gol)	18	85
Hyundai (Accent)	15	40
Chevrolet (Corsa)	20	55

TABLA 3.3. Costos y Caudales de Inyectores.

De acuerdo a esta tabla se procedió a elegir el inyector más adecuado, y se escogió el inyector de la marca Hyundai por ser el más apto para nuestro proyecto. Por tener el caudal mas cercano a los cálculos realizados y por el costo.

Bomba de Combustible (Bosch).



FIGURA 3.16. Bomba de Combustible (Bosch).

Un sistema de inyección electrónica de 4 inyectores, para un motor de 1600 CC, por lo general trabaja con una presión de 2.5 a 3 bares. Esta presión es por lo general estándar, puede haber variaciones entre marcas, pero no son variaciones de presión elevadas. Se optó por elegir una bomba de marca Bosch de 4 bares de presión con la que se garantiza un funcionamiento normal.

Marcas de bombas	Presión (bar)	Costo (Dólares)
Bosch (Germany)	4	70
Bosch (Brasil)	4	38
Avicar	3.5	35

TABLA 3.4. Costos y Presiones de Bombas de Combustible.

Riel de Inyectores (Magnetti Marrelli)



FIGURA 3.17. Riel de Inyectores (Magnetti Marrelli).

Las características del sistema de admisión de nuestro motor son las mismas que de un Volkswagen gol, por lo cual seleccionamos el riel de Inyectores (Magnetti Marrelli) de ese motor, ya que este riel nos garantiza un perfecto acoplamiento.

Regulador de Presión.



FIGURA 3.18. Regulador de Presión.

Debido que con la programación de la computadora, tal vez no se llegue a condiciones óptimas de funcionamiento del motor, se podría compensar un mal funcionamiento, actuando en la regulación de presión de combustible. Por esta razón se seleccionó un regulador de presión de combustible con calibración manual integrada.

ECU Megasquirt.

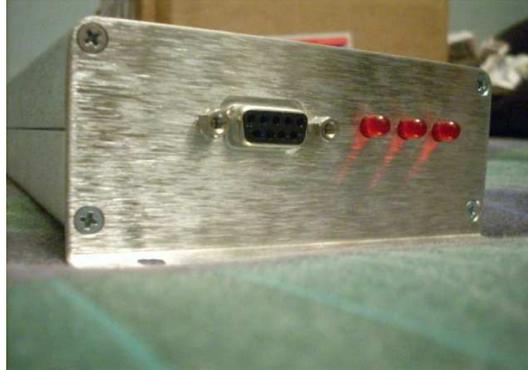


FIGURA 3.19. ECU Megasquirt con Sensor MAP.

Para seleccionar la ECU se procedió a comparar las diferentes características de computadoras programables que existen en el mercado, tales como:

- **Costos:**

Marcas de ECUs Programables.	Costo (Dólares)
Haltec	1500
Megasquirt	800
Motec	2200

TABLA 3.5. Análisis de Costos.

- **Fiabilidad:**

Las tres computadoras en esta comparación tienen una alta fiabilidad, tanto en su hardware como en el software. Ya que emplean elementos de alta calidad, la diferencia está en que las computadoras Haltec y Motec, tienen un enfoque destinado para autos de competición, en tanto que Megasquirt se enfoca más en la optimización de la inyección de combustible.

- **Durabilidad:**

En esta característica la que sobresale es Megasquirt, ya que esta ensamblada con elementos que se pueden encontrar en cualquier tienda electrónica, en caso de algún corto o alguna mala instalación, se la puede

reparar y seguirla utilizando, en tanto que la otras dos computadoras tienen elementos internos más sofisticados, que solo se los puede conseguir bajo pedido.

- **Mantenimiento:**

Este tipo de computadoras no requieren mantenimiento alguno, pero en caso de recurrir a destapar la carcasa para realizar una revisión de precaución, la Megasquirt no presenta mayor complejidad.

Finalmente se tomó la decisión de elegir la computadora de marca Megasquirt, por su bajo costo, alta fiabilidad, durabilidad, fácil mantenimiento y además porque incluye un sensor MAP como parte del computador.

Múltiple o Colector de Admisión.



FIGURA 3.20. Múltiple o Colector de Admisión. (VW Gol).

Debido a la similitud entre el motor VW Amazon (carburador) y el motor VW Gol (inyección), seleccionamos el colector de admisión del VW Gol, que se acopla perfectamente al motor del VW Amazon (carburador).

Sensor de Posición de la Mariposa.



FIGURA 3.21. Sensor de Posición de la Mariposa TPS (Throttle Position Sensor).

Debido a que la computadora necesita saber el ángulo de apertura de la mariposa de aceleración es necesario el uso de un sensor TPS.

Ya que el cuerpo de aceleración, corresponde al del VW Gol, es necesario utilizar un TPS de este tipo de motor que tiene las siguientes características:

- Tipo potenciómetro.
- Marca Delphi.
- Rango de voltaje (0 – 5) v.
- Rango de resistencia (520 – 1300) Ω .

Fusibles.



FIGURA 3.22. Fusibles.

Estos elementos de protección no pueden ser colocados al azar, ya que se deben realizar cálculos previos, para determinar el grado de amperaje que cada elemento requiere.

A todos los resultados de intensidad, se los dividirá para un factor de protección al 90%, de la estimada en el consumidor. $Consumo = \frac{I}{0.9}$

Fusible de 10 amperios para la Bomba de Combustible:

Datos:

Resistencia: 1.4 Ω .

¹⁶ OROZCO José Luís. Inyección Electrónica en motores a gasolina, Pág. 4 -26

Voltaje: 12v.

$$I = \frac{V}{R} \quad (6)$$

$$I = \frac{12v}{1.4\Omega} = 8.57amp$$

$$Consumo = \frac{8.57amp}{0.9} = 9.52amp$$

Este es el amperaje normal con el que trabaja la bomba, este valor variará por la carga del alternador u otros factores normales de trabajo del motor. Por lo que se procedió a instalar un fusible de 10 amperios.

Fusible de 5 amperios para los Inyectores: Estos inyectores son marca Hyundai, tienen una resistencia de 5 Ω , y con un voltaje de entrada de 12v. Los inyectores están conectados en paralelo con un fusible por cada par.

Datos:

Resistencia: 5.5 Ω .

Voltaje: 12v.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{5.5\Omega} + \frac{1}{5.5\Omega}} = \frac{1}{0.36\Omega} = 2.7\Omega \quad (7)$$

$$I = \frac{12v}{2.7\Omega} = 4.4amp \quad (8)$$

$$Consumo = \frac{4.4amp}{0.9} = 5amp$$

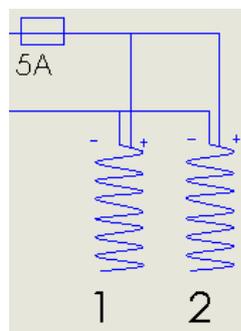


FIGURA 3.23. Diagrama de Conexión de Inyectores.

Fusible de 5 amperios para el Sensor de Oxígeno:**Datos:****Resistencia:** 3 Ω .**Voltaje:** 12v.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{12v}{3\Omega} = 4amp$$

$$Consumo = \frac{4amp}{0.9} = 4.44amp$$

Por lo que se instala un fusible de 5 amperios.

Fusible de 2 amperios para la ECU Programmable:**Datos:****Resistencia:** 8.5 Ω .**Voltaje:** 12v.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{12v}{8.5\Omega} = 1.41amp$$

$$Consumo = \frac{1.41amp}{0.9} = 1.57amp$$

Se selecciona un fusible de 2 amperios.

Todos estos valores de amperajes son teóricos, por lo que la única manera de verificar es en la práctica, de esa manera al hacer pruebas con el motor funcionando podremos corregir cualquier tipo de anomalía, en caso de haberla.

Fusible de 20 amperios para controlar los dos Relés: Se necesitó este fusible para proteger los relés y los elementos conectados a este, tales como los inyectores y bomba de combustible, el calculo de este fue

simplemente la suma de los otros fusibles, es decir 10 amperios de la bomba de combustible más los dos fusibles de 5 amperios de los inyectores se requería un fusible de 20 amperios.

3.3.Ubicación y Montaje.

La ubicación y montaje del nuevo sistema de alimentación de combustible se realizó desmontando el sistema de alimentación, para lo cual se empezó retirando el depurador, carburador, y múltiple de admisión. (Fig. 3.24, 3.25.)



FIGURA 3.24. Desmontaje del Carburador.



FIGURA 3.25. Desmontaje del Colector de Admisión.

Quedando listo para la ubicación y montaje del nuevo sistema de alimentación de combustible del vehículo, antes se selló una cavidad por donde circulaba refrigerante hacia el múltiple de admisión del carburador, cavidad que con el nuevo sistema no se requiere por cuanto el múltiple para el sistema de inyección no tiene esa cavidad para conectar y ser refrigerado. (Fig. 3.26.)



FIGURA 3.26. Sellado de la Cavidad de Refrigeración de Colector Admisión de Carburador.

Seguidamente se procedió a ubicar el empaque que va entre el múltiple y las cavidades del motor, antes del montaje del múltiple de admisión se acopló algunos elementos externos como el cuerpo de aceleración, el sensor TPS, el sensor IAT y riel de inyectores. **(Fig. 3.27.)**

A continuación se montó el múltiple de admisión para el nuevo sistema de alimentación en el motor. **(Fig. 3.28.)**



FIGURA 3.27. Montaje de Elementos Externos del Múltiple. **FIGURA 3.28.** Ubicación del Múltiple.

Por otra parte se desmontó el tubo de escape para la ubicación del Sensor de Oxígeno. **(Fig. 3.29.)**



FIGURA 3.29. Ubicación y Montaje de Sensor de Oxígeno en Colector de Escape.

Además se ubico el sensor de temperatura de refrigerante (CTS) antes del termostato (**Fig. 3.30**), y también se ubico el sensor de temperatura de aire (IAT), en un codo de caucho que sale del cuerpo de aceleración hacia el depurador en nuestro caso el filtro de alto flujo. (**Fig. 3.31**)



FIGURA 3.30. Ubicación y Montaje de CTS.



FIGURA 3.31. Ubicación y Montaje de IAT.

Se desmontó el depósito de combustible, para hallar la forma de ubicar y montar la bomba de gasolina que ira sumergida en el tanque. Una vez desmontado se acondicionó el tanque para el paso del cableado de la bomba. (**Fig. 3.32**)

Una vez pasada la manguera con los cables se acopló a la bomba con sus respectivos conectores, además se le adicono un filtro de protección de impurezas del tanque de combustible.



FIGURA 3.32. Ubicación y Montaje de la Bomba de Combustible dentro del Depósito de Combustible.

La bomba de combustible se monto junto al medidor de nivel de combustible, en el interior del tanque de combustible, para el posterior montaje del tanque en el vehículo.

Seguidamente se instala las cañerías de admisión, retorno y filtro de combustible. **(Fig. 3.33)**



FIGURA 3.33. Ubicación y Montaje de Filtro de Combustible.

Para finalizar con el montaje se realiza la instalación eléctrica de todo el sistema eléctrico del sistema de inyección (**ANEXO 1**), tales como la ECU, sensores, actuadores, relés y fusibles **(Fig. 3.34)**. En nuestro sistema no se utiliza el sensor de posición del cigüeñal, porque la señal que se necesita para el accionamiento de los inyectores se toma desde el negativo de la bobina.

Confirmado que todo esta a punto para arrancar el vehiculo se hizo los arreglos estéticos definitivos para la presentación del motor. **(Fig. 3.35)**



FIGURA 3.34. Instalación de la ECU.



FIGURA 3.35. Instalaciones Definitivas del Sistema.

3.4. Programación de la ECU.

La programación de la inyección esta dada en base de mapas y cuadros de valores, de la estequiometria de la mezcla aire combustible.

Antes de intentar arrancar el motor con la ECU programable, es necesario darle parámetros de funcionamiento iniciales, ya que con estos valores se podrá encender el motor y poder tener acceso a la respectiva programación.

La programación de esta ECU consiste de los siguientes pasos:

1. Communication Settings: Antes de intentar conectar el cable de comunicación de la ECU a la Laptop es necesario configurar en Windows el nuevo hardware, para el cable de comunicación (puerto serial). En el software de la ECU y se habilita el puerto 6, que es el cual nosotros configuramos en Windows.

En Timer Interval le digitamos 50 ms, esta es la velocidad a la cual trabaja esta comunicación y la cual es bastante rápida. En serial data rate dejamos en 9600 ya que es una opción para actualizaciones vía teléfono de la ECU programable, y en este caso no se necesita.

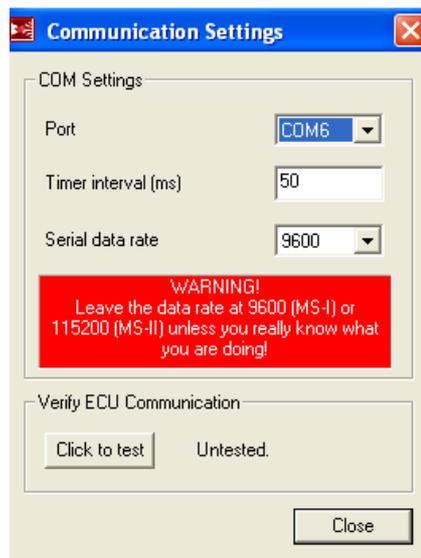


FIGURA 3.36. Gráfico de Configuración de Comunicación vía Cable Serial.

2. **Required Fuel:** esta opción es de las más importantes, aquí se pone la cilindrada del motor, el caudal de los inyectores que elegimos y la relación estequiométrica que deseamos, en este caso es 14.7 a 1, que es la ideal.

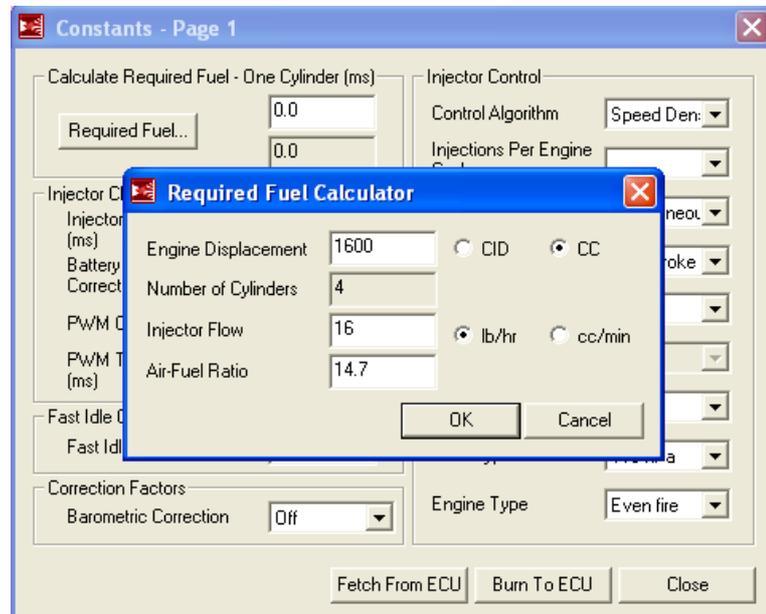


FIGURA 3.37. Gráfico de Cálculo de Combustible Requerido.

Datos:

Cilindrada: 1600cc.

Número de cilindros: 4.

Caudal de inyectores: 16 lbs/hr.

Proporción: Aire – Combustible: 14.7: 1.

3. Inyector Control (Fig. 3.38).

Inyector Staging: Nos da dos tipos de inyección:

El un tipo es simultanea en la cual todos los inyectores inyectan a la vez, este sistema lo traen todos los autos como el Volkswagen Vento, Gol, Saveiro, Golf, etc.

El otro tipo es la alternativa (Alternating), en donde la inyección de combustible funciona en pares de inyectores, el 1 con el 4 y el 2 con el 3, si no se lo hace en este orden el motor va a ser bastante inestable e

ineficiente, porque como el orden de encendido casi en todo motor de 4 cilindros es 1-3-4-2, estaría en total desfase con la inyección y solo dos cilindros tendrían buena combustión.

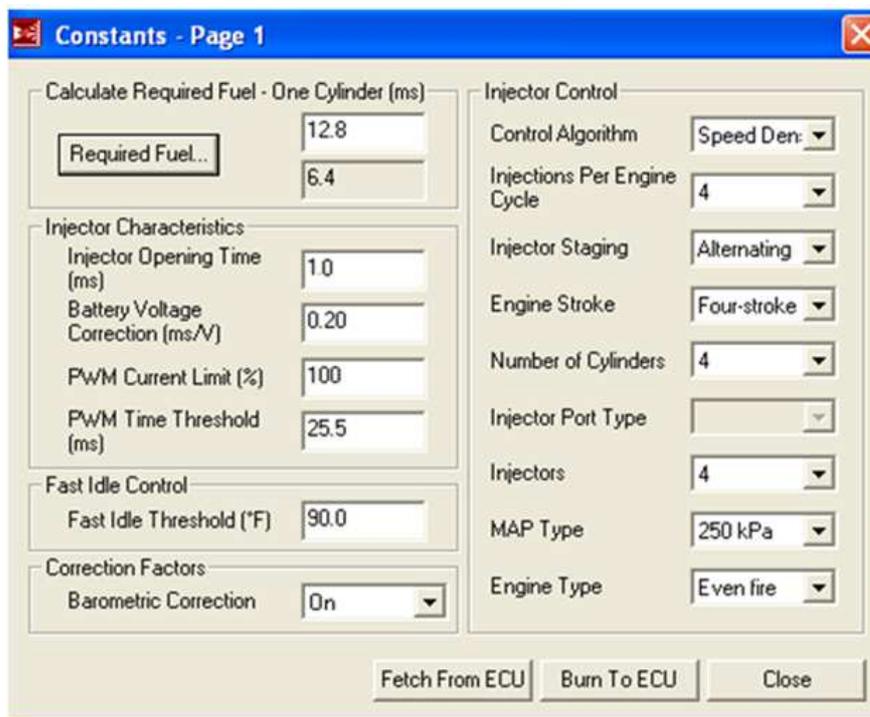


FIGURA 3.38. Gráfico de Parámetros constantes de la Programación.

Injectors: Dentro de esta opción elegimos el numero de inyectores con los que estamos trabajando, los cuales son 4, también se informa a la computadora que el motor es de 4 tiempos (4 Stroke) y 4 cilindros.

MAP type:

Con respecto al tipo de sensor MAP, el programa da cuatro opciones o rangos de lectura (115, 250 300, 400) kPa (**fig. 3.39**), ya que existen sensores que tienen distintos límites de presión, y eso depende si el motor va a ser atmosférico o turbo alimentado. En este caso podíamos elegir cualquiera de las cuatro opciones que la computadora nos da, solo que al escoger un rango de variación no muy elevado, se puede observar y programar los parámetros con más detalle. Para lo que es corrección de inyección, esta ECU tiene tres parámetros clave, los cuales son: porcentaje de inyección, revoluciones por minuto y valores que nos proporciona el sensor MAP.



FIGURA 3.39. Gráfico Sensor MAP.

Inyector Characteristics:

- **Inyector Opening Time (ms):** En esta opción se establece el tiempo de apertura del inyector. Se elige 1 ms, entonces el ancho de pulso se incrementará de 1ms a 1ms en cada aceleración.
- **Battery Voltaje Correction (ms/v):** Número de milisegundos que la computadora incrementa el voltaje a la bobina de encendido, para compensar las variaciones de voltaje. Generalmente de (0.1 a 0.2) ms. Por lo que se optó por una corrección de 0.2 ms ya que se tendrá una corrección mas amplia.
- **PWM Current Limit (%):** Es el límite de ancho de pulso, se elige 100%, de esa forma el inyector tendrá la opción de capacidad de apertura total.
- **PWM Time Threshold:** Es el umbral máximo al que pueden llegar el ancho de tiempo de apertura de inyectores, en nuestro caso se asigna 25.5 ms, ya que es un ancho de pulso razonable y que en realidad no se alcanza ese valor.

4. Parámetros de Calibración del Sensor TPS (Throttle Position Sensor): En este paso la ECU reconoce la posición del sensor TPS, en posición de ralentí y con apertura total, obteniendo los valores de la siguiente figura.

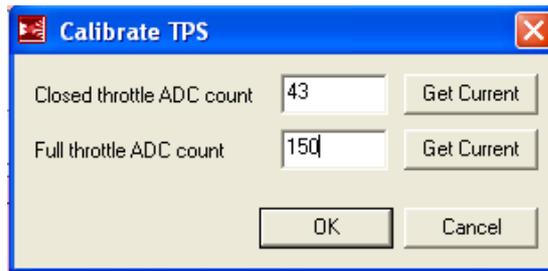


FIGURA 3.40. Gráfico de Calibración del TPS.

5. **Coolant Temperature:** En esta opción se ingresa el rango de resistencia y temperatura del sensor CTS. Los parámetros que observamos en el gráfico son los que tiene este sensor, si no se programan estos parámetros de resistencia, la computadora tomara valores erróneos de temperatura del refrigerante.

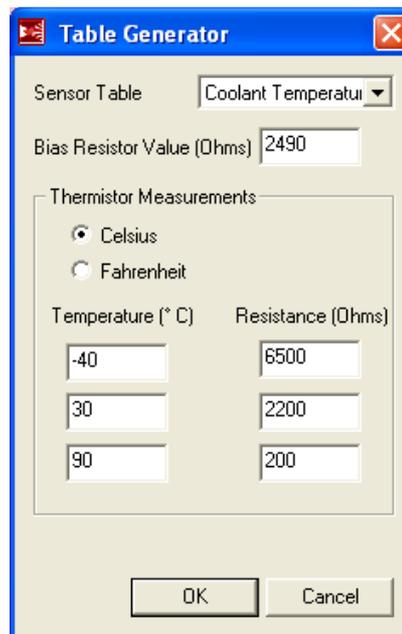


FIGURA 3.41. Gráfico de Calibración del Sensor de Temperatura de Refrigerante.

6. **Air Temperature:** Está programación es similar a la del sensor CTS, con la única diferencia, que la temperatura es 10° menor que el sensor de refrigerante, ya que la temperatura del aire que ingresa al motor por lo general no excede los 80 °C.

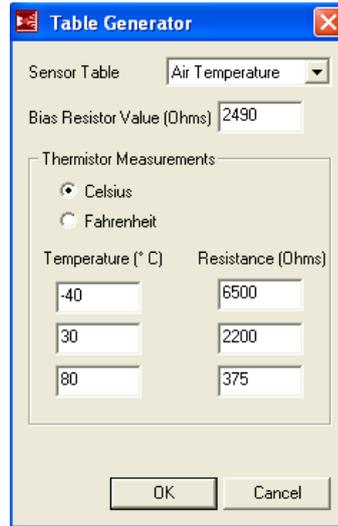


FIGURA 3.42. Gráfico de Calibración del Sensor de Temperatura de Aire.

7. **Cranking Settings:** Se asigna un enriquecimiento de combustible para la fase de arranque, en función de los datos que los demás sensores envían (CTS, IAT, MAP, TPS)

Un motor de cuatro tiempos al estar a 50 °F, requiere combustible extra para arrancar, de lo contrario el motor tendría una mezcla pobre y no arrancaría.

En la siguiente figura se puede apreciar como el pulso de inyección es bastante alto, cuando el motor esta a baja temperatura, pero a medida que el motor adquiere mayor temperatura el pulso se reduce.

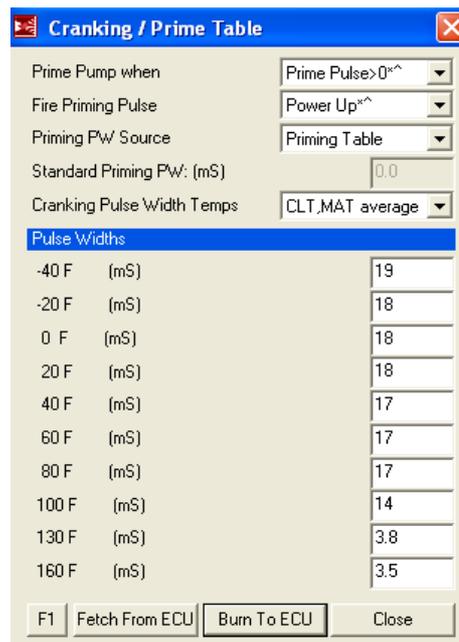


FIGURA 3.43. Gráfico de la Tabla de Ancho de Pulso para Arrancar el Motor.

8. After Start Enrichment Settings (Fig. 3.44): Esta opción es bastante similar a la etapa de arranque, con la diferencia que este enriquecimiento trabaja una vez que el motor enciende y lo hace por medio de porcentajes de inyección.

ASE Timer: Da la opción de configurar el comienzo de la fase de enriquecimiento luego de determinados ciclos o segundos, en la primera opción la ECU esperara ciertos número de ciclos para comenzar la fase y con la segunda opción la fase comenzaría luego de determinados segundos. Se elige la opción de ciclos ya que es fácil su comprensión de trabajo.

ASE TOTAL TIME: Es el valor desde el cual se necesita que comience la fase de enriquecimiento del motor, y se optó por 250 ciclos. Esto quiere decir que luego de arrancar el motor, la computadora contará 250 ciclos, para comenzar con está fase.

ASE Mode: Tenemos dos opciones:

Decay: Inmediatamente después de encender el motor la ECU tomara los porcentajes de inyección para la fase de enriquecimiento.

Fixed then decay: la computadora contara primero los ciclos programados anteriormente para comenzar con la fase de enriquecimiento, de esa manera habrá mejor lectura de datos.

Se Eligió el modo Fixed then Decay para que tome los valores mas reales posibles de lectura.

MAP mode during ASE: De igual manera tenemos dos opciones:

Normal MAP: La ECU toma valores del sensor MAP, en tiempo real.

Fixed MAP: La ECU toma el valor de vacío que tenía en el momento del arranque, hasta el número de ciclos que fue configurada, luego procede a trabajar con los porcentajes de enriquecimiento.

Se eligió Fixed MAP porque de esa manera los datos de vacío que recibiría la computadora luego del arranque no tendrían cambios bruscos y mejor respuesta.

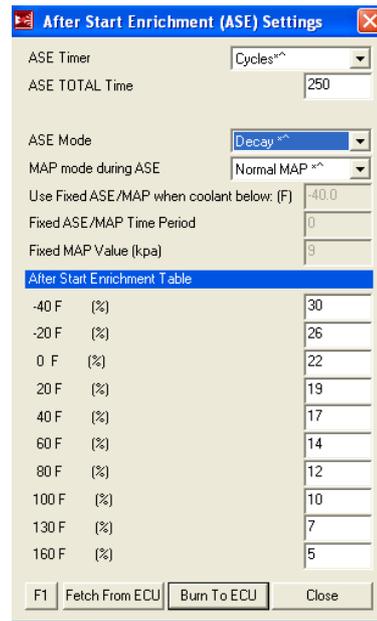


FIGURA 3.44. Gráfico de Porcentaje de Enriquecimiento después del Arranque.

9. **Tuning, VE Table:** En esta opción se puede observar el mapa de inyección y se lo reprograma. Como se puede ver en la siguiente figura (fig. 3.45). Existen tres ejes:

X: Se visualiza las RPM del motor.

Y: Se visualiza valores del sensor MAP.

Z: Se modifica y visualiza el ancho de pulso, el cual nosotros programamos según se requiera.

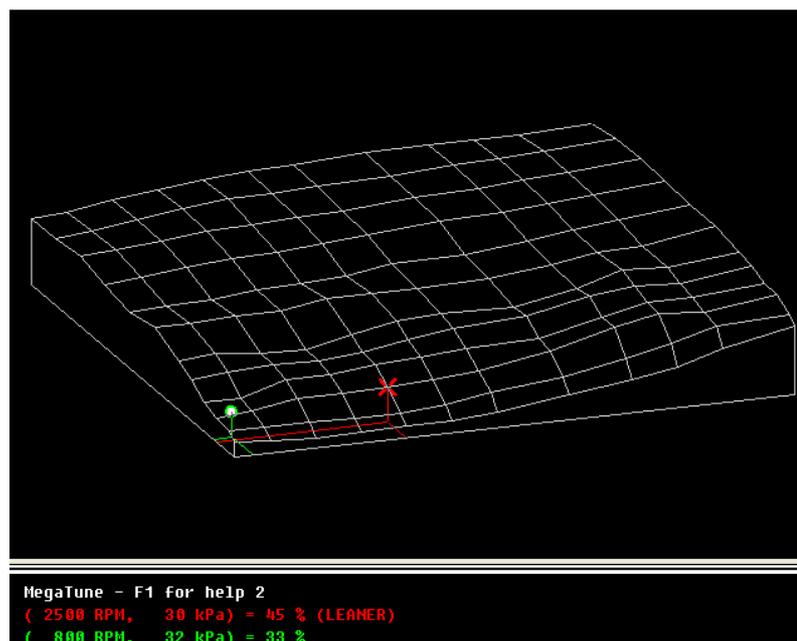


FIGURA 3.45. Gráfico del Mapa de Inyección.

Básicamente la programación consiste en ir controlando la mezcla aire / combustible cuando el motor funciona a todo régimen de aceleración tanto en neutro como en marcha. Esto se logra controlando la mezcla aire combustible, la cual en teoría es 14.7 a 1 en condiciones estequiométricas.

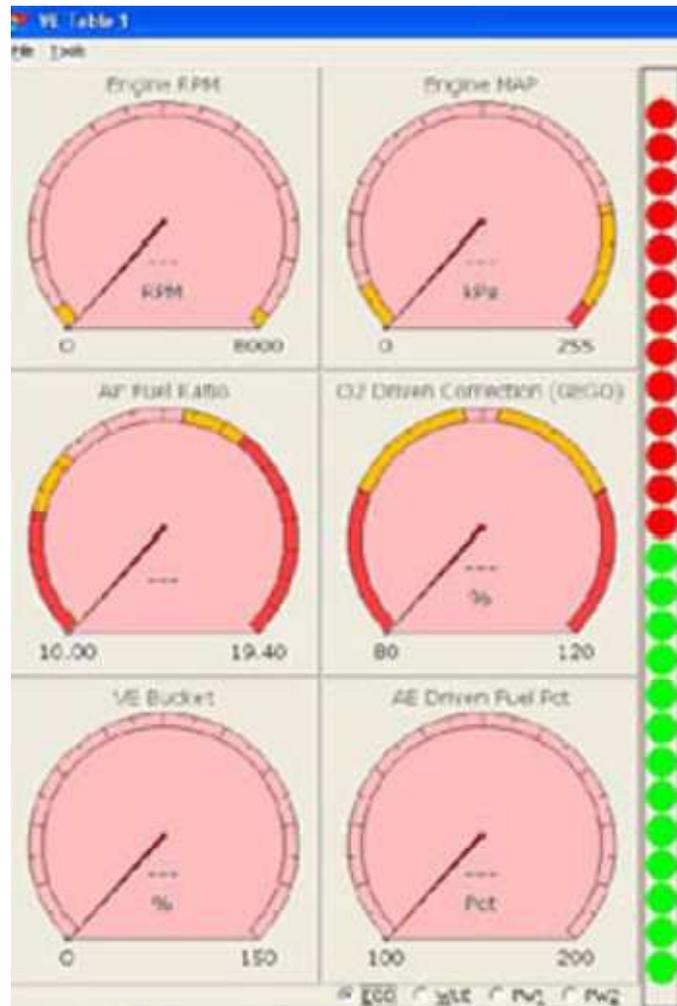


FIGURA 3.46. Gráfico de Indicadores de Megasquirt.

Este control es posible ya que por medio del sensor de oxígeno se sabe la mezcla del motor a todo momento. De esa manera al ver que la mezcla se halla rica o pobre, solo compensamos con el ancho de pulso. Esto se realiza verificando que el **Duty Cycle (Fig. 3.47)**, no exceda del 80 %.

De lo contrario la vida útil de nuestros inyectores se reduciría rápidamente al estar más del 80 % de su trabajo abiertos.

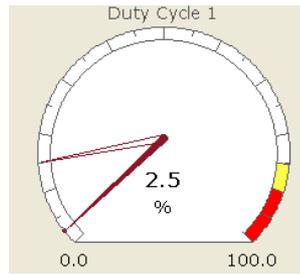


FIGURA 3.47. Gráfico de Ciclo de Trabajo de los Inyectores.

10. **VE Table:** En esta opción se hace una calibración más precisa luego de trabajar con el mapa de inyección. En la tabla se puede variar el porcentaje de ancho de pulso pero solo dando valores puntuales.

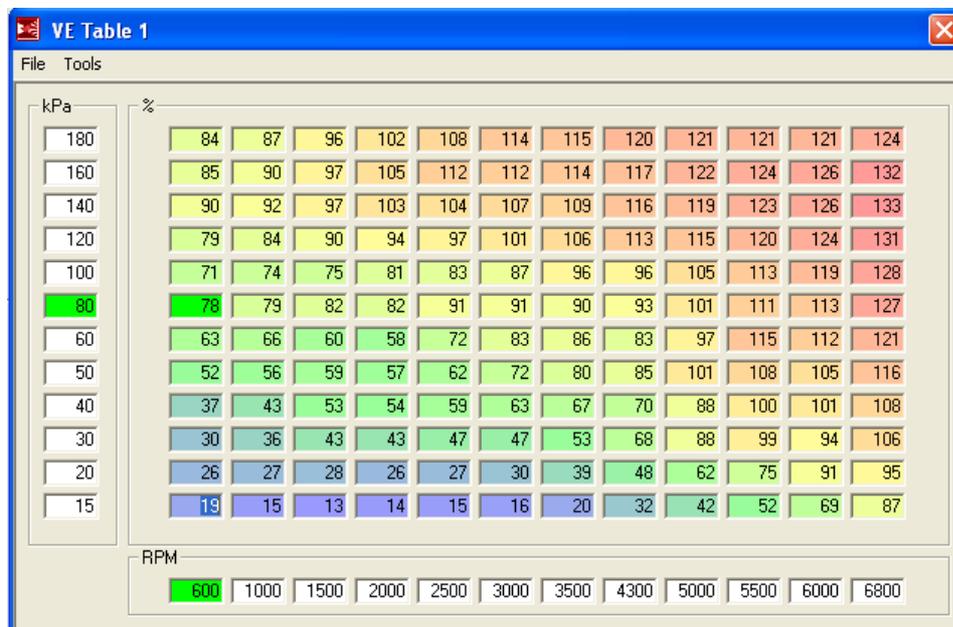


FIGURA 3.48. Gráfico de la Tabla de Porcentaje de Combustible.

3.5. Tiempos de Utilización de Máquinas, Equipos y Herramientas.

Herramientas (llaves, ratches, destornilladores, dados)	120 horas
Manómetro de presión de combustible:	2 horas
Tester para válvulas IAC	6 horas
Cautín para soldar:	20 horas
Soldadora eléctrica	2 horas.
Maquina limpiadora de inyectores por ultrasonido:	2 horas
Probador de luz:	4 horas.
Tester para inyectores	4 horas
Laptop	140 horas
Analizador de gases	2 horas

TABLA 3.6. Tiempos de Utilización de Máquinas, Equipos y Herramientas.

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS, CALIBRACIONES Y FASE EXPERIMENTAL

4.1. Pruebas.

4.1.1 Pruebas de Consumo de Combustible.

Consumo Combustible: Para realizar esta prueba como con el anterior sistema se procedió a desconectar la manguera de combustible que llega desde el depósito de combustible al riel de inyectores ubicada sobre el múltiple de admisión (**Fig. 4.1**), luego se conecto una manguera en el riel de inyectores que llegará hasta el habitáculo donde se encuentra un recipiente de 5000cc, en donde se va a sumergir la bomba eléctrica que succionará el combustible para el funcionamiento del vehículo (**Fig. 4.2**), además se desconecto el retorno de combustible para ubicarle hacia el recipiente, de esta forma se determinara el consumo real del vehículo.



FIGURA 4.1. Conexión de Cañería a Riel de Inyectores. **FIGURA 4.2.** Recipiente de 5000cc.

Se procedió hacer el mismo recorrido realizado con el sistema de carburador, un recorrido comprendido de 7.2 Km de distancia en la vía Riobamba a Guano y de Guano a Riobamba, para confirmar resultados en consumo y distancia recorrida, arrojando de la prueba los siguientes resultados:

0.63 litros en 7.2 Km a 60 Km/h

0.67 litros en 7.2 Km a 90 Km/h

0.65 litros en 7.2 Km a 75 Km/h

De esta manera se pudo conseguir los resultados de consumo del vehículo de cilindrada 1600 cc, equipado ahora con un sistema de inyección multipunto semi-secuencial.

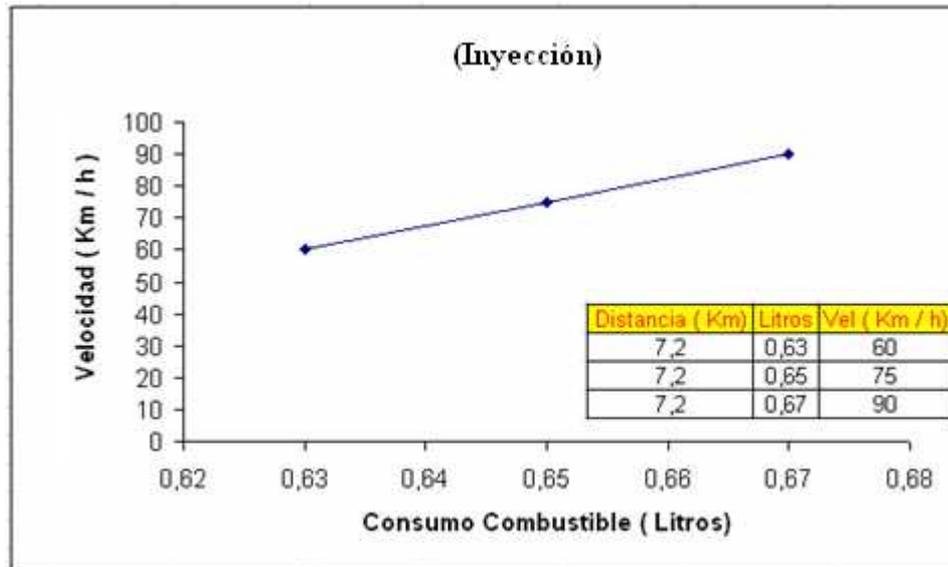


FIGURA 4.3. Gráfica de Resultado de Consumo de Combustible en una Distancia Constante.

Distancia recorrida por galón de consumo.

Datos:

1Galón = 3.785 Litros

0.65 Litros en 7.2 Km

$$\frac{\text{distancia}}{\text{consumo}} = \frac{7.2\text{Km}}{0.65\text{L}} \times \frac{3.785\text{L}}{1\text{Gal}} = \frac{7.2 \times 3.785}{0.65} = 42 \frac{\text{Km}}{\text{Gal}}$$

Consecuentemente al resultado promedio se obtuvieron los siguientes resultados:

1.3L – 14.4Km

1.95L – 21.6Km

2.6L – 28.8Km

3.25L – 36Km

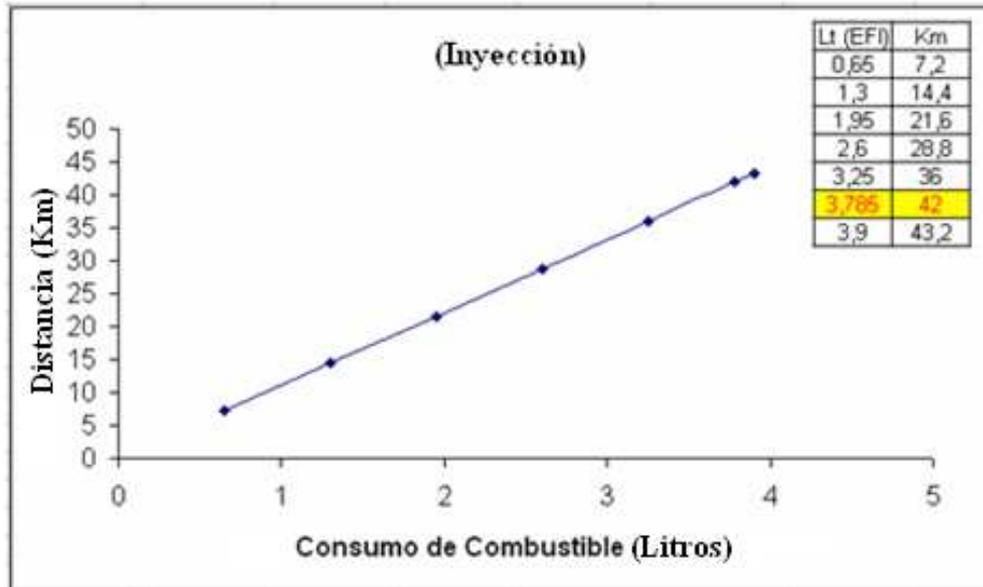


FIGURA 4.4. Gráfica de Resultados Consumo vs. Distancia.

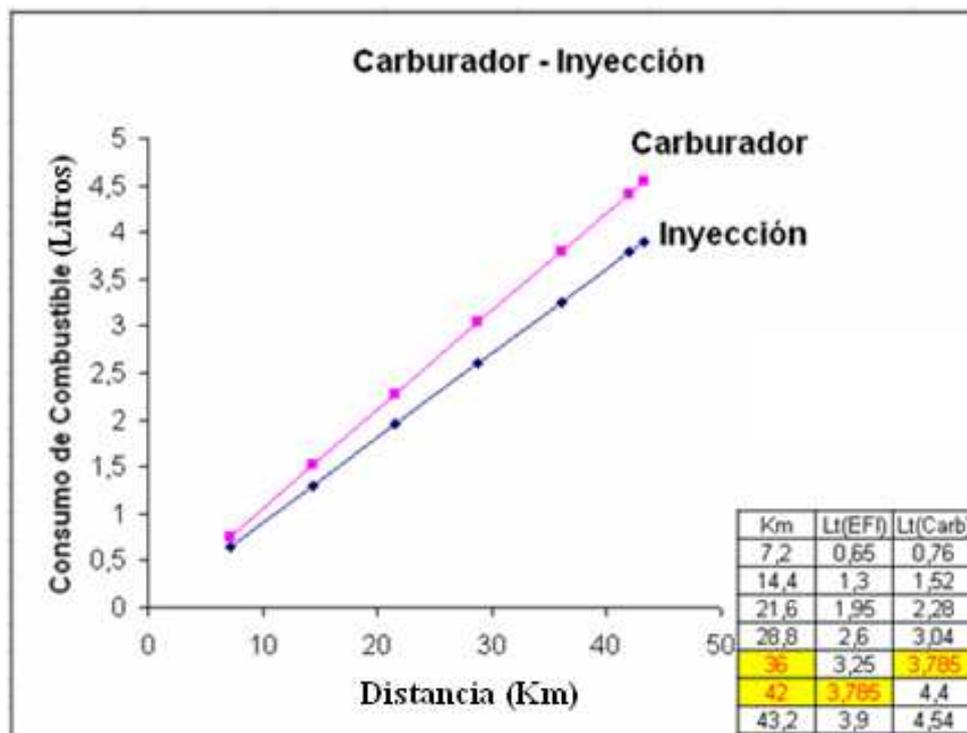


FIGURA 4.5. Gráfica de Comparación de Resultados de Consumo de Combustible.

4.1.2. Pruebas de Potencia.

Al igual que con el anterior sistema se procedió hacer pruebas alternativas de aceleración.

Para esto se requiere condiciones como las siguientes:

- Un tramo de carretera en línea recta de 400m aproximadamente.
- Condiciones climáticas lo más normales posibles.
- Neumáticos en buen estado.
- Contar con una clase de combustible, en este caso gasolina extra.

En esta prueba se tomó tiempos en segundos de la aceleración de 0 a 100Km/h, obteniendo los siguientes resultados, con el motor a plena carga:

Primer tiempo = 12,8 seg.

Segundo tiempo = 12,9 seg.

Tercer tiempo = 13,06 seg.

$$\text{Tiempo Promedio} = \frac{12.8\text{seg} + 12.9\text{seg} + 13.06\text{seg}}{3} = 12.92\text{seg} \text{ (que tarda en alcanzar 0 a 100Km/h)}$$

Cálculo de diferentes tiempos de aceleración (Fig. 123.):

Datos:

En 12.92 segundos se alcanza los 100Km/h

$$\frac{75\text{Km/h} \times 12.92\text{seg}}{100\text{Km/h}} = 9.59 \text{ seg.}$$

$$\frac{60\text{Km/h} \times 12.92\text{seg}}{100\text{Km/h}} = 7.752 \text{ seg.}$$

$$\frac{40\text{Km/h} \times 12.92\text{seg}}{100\text{Km/h}} = 5.168 \text{ seg.}$$

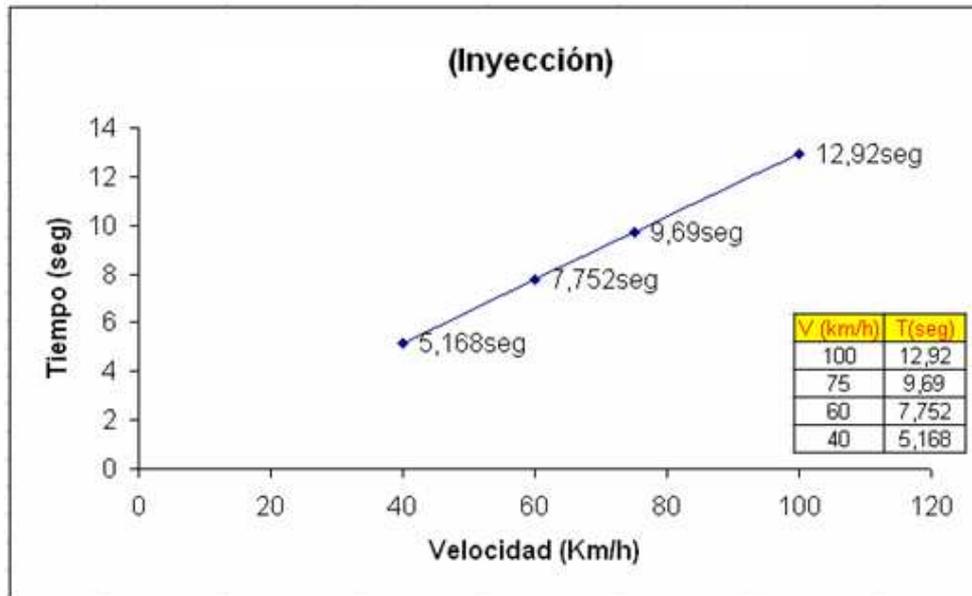


FIGURA 4.6. Gráfica de Resultados de Potencia (Velocidad – Tiempo).

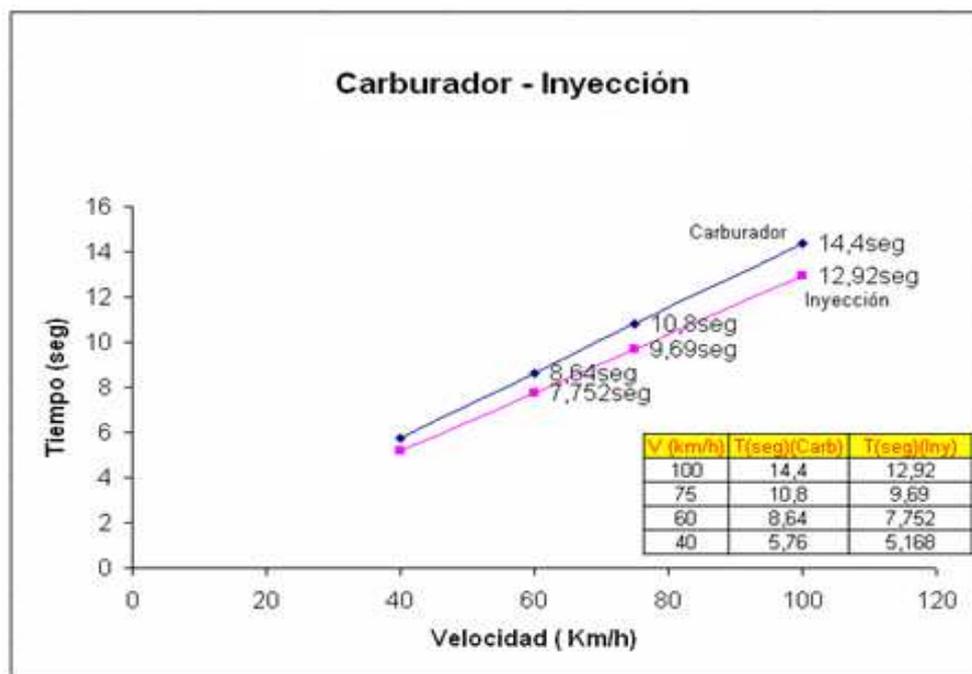


FIGURA 4.7. Gráfica de Comparación de Resultados de Potencia (Velocidad – Tiempo).

Claramente en la (Fig.4.7) se puede observar el mejor desempeño de vehículo, con la prueba de aceleración donde se observa una reducción de 1,5 segundos, cabe resaltar que estos resultados se obtienen con una programación de la ECU para que el vehículo se desempeñe con un bajo consumo de combustible, es decir que también hay la opción de mejorar la potencia con el consecuente aumento de consumo de combustible.

4.1.3. Pruebas de Contaminación.

La reducción de emisiones de gases contaminantes, es un problema que nos concierne a todos como seres humanos. Y al igual que con el anterior sistema de alimentación de combustible, esta prueba se realizó en la ciudad de Quito en los Talleres MAO (Av. 6 de Diciembre 8293 y Cucardas), utilizando un analizador de gases en donde obtuvimos los siguientes resultados:



FIGURA 4.8. Analizador en el Tubo de Escape del Vehículo. **FIGURA 4.9.** Resultados de Gases de Escape.

	RPM	HC (ppm)	CO (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Lambda
Ralentí	800	1270	2,64	12,20	2,90	1,005
Acelerado	2600	578	1,24	13,48	2,18	1,033

TABLA 4.1. Resultados de Gases de Escape (Inyección).

Como podemos apreciar todos los niveles de gases contaminantes, están dentro de los parámetros normales según las normas del municipio de Quito, con el sistema de alimentación con carburador el vehículo no pasó la prueba de gases de escape.

Resultados de porcentaje de Lambda.

Datos:

800 R.P.M. – 1,005 Lambda

2600 R.P.M. – 1,033 Lambda

Interpolando los valores anteriores obtenemos:

1700 R.P.M. – 1,019 Lambda

Obtener una lectura de lambda 1.10 (16.17:1) nos expresa un 10% de exceso de aire, un Lambda de 0.90 (13.23:1) expresa un 10% de exceso de combustible.

800 R.P.M. – 1,005 Lambda ($1-1,005= -0,005$) 0,5% de Exceso de Aire

1700 R.P.M. – 1,019 Lambda ($1-1,019= -0,019$) 1,9% de Exceso de Aire

2600 R.P.M. – 1,033 Lambda ($1-1,033= -0,033$) 3,3% de Exceso de Aire

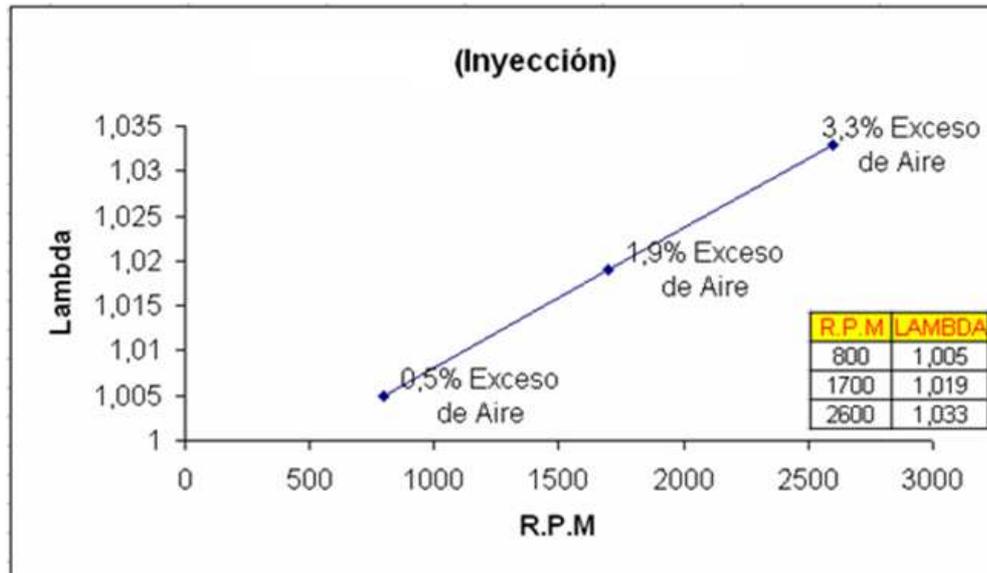


FIGURA 4.10. Gráfica de Resultados de Lambda.

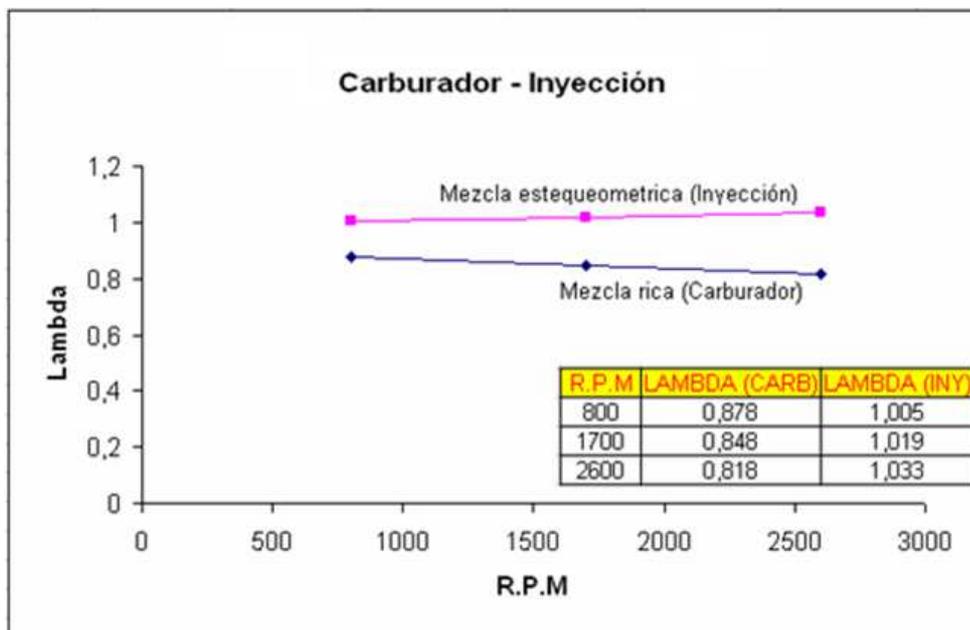


FIGURA 4.11. Gráfica de Comparación de Resultados de Lambda.

Resultados de porcentaje de O₂.

Datos:

800 R.P.M. – 2,9 % O₂

2600 R.P.M. – 2,18 % O₂

Interpolando los valores anteriores obtenemos:

1700 R.P.M. – 2,54 % O₂

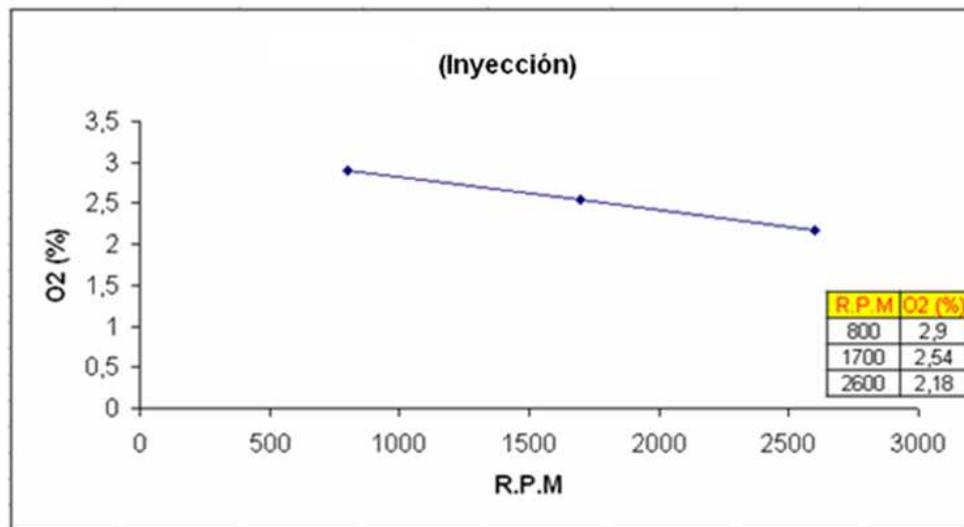


FIGURA 4.12. Gráfica de Resultados de O₂.

En el gráfico de la (**fig. 4.13**), se puede observar los porcentajes de Oxígeno (O₂), tanto del sistema de inyección como del sistema de carburador, vemos que el porcentaje de O₂ en inyección se mantiene bastante constante tanto en ralentí como sobre las 2000 r.p.m, es decir la mezcla tiende a trabajar en condiciones estequiométricas, en cambio con el sistema de carburador en ralentí tiene una mezcla normal, mientras que sobre las 2000 r.p.m, la mezcla se vuelve rica es decir existe mayor consumo de combustible.

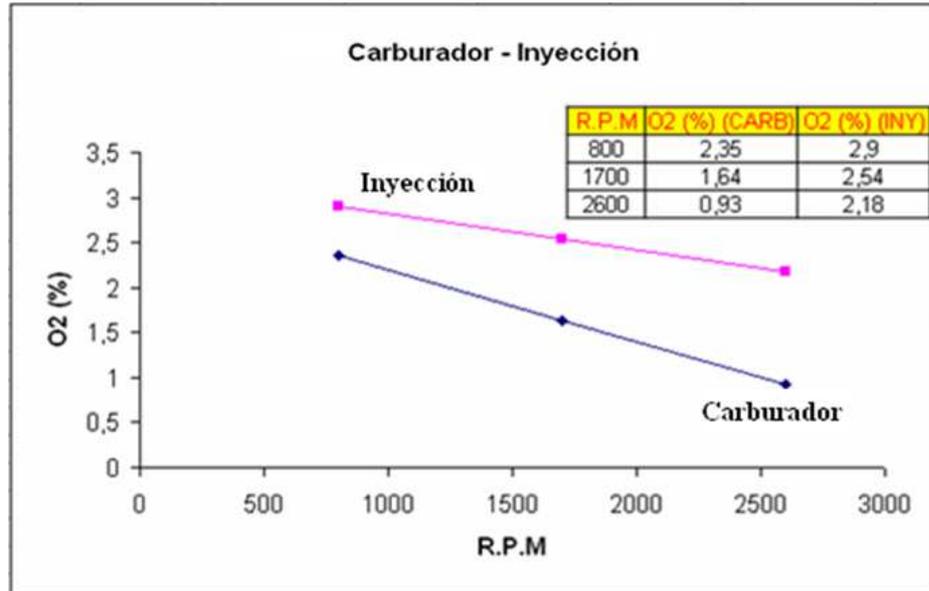


FIGURA 4.13. Gráfica de Comparación de Resultados de O₂.

Resultados de porcentaje de CO₂.

Datos:

800 R.P.M. – 12,2 % CO₂

2600 R.P.M. – 13,48 % CO₂

Interpolando los valores anteriores obtenemos:

1700 R.P.M. – 12,84 % CO₂

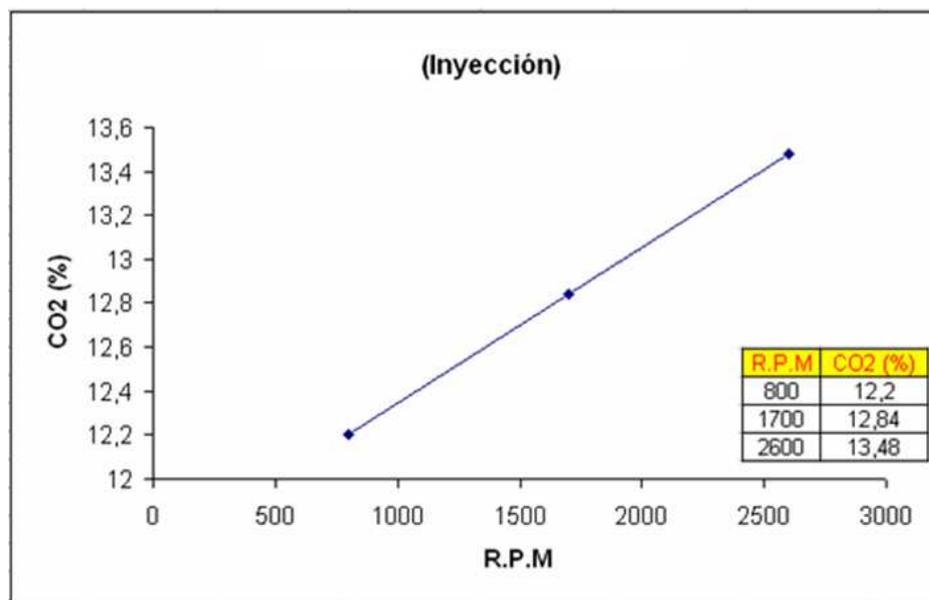


FIGURA 4.14. Gráfica de Resultados de CO₂.

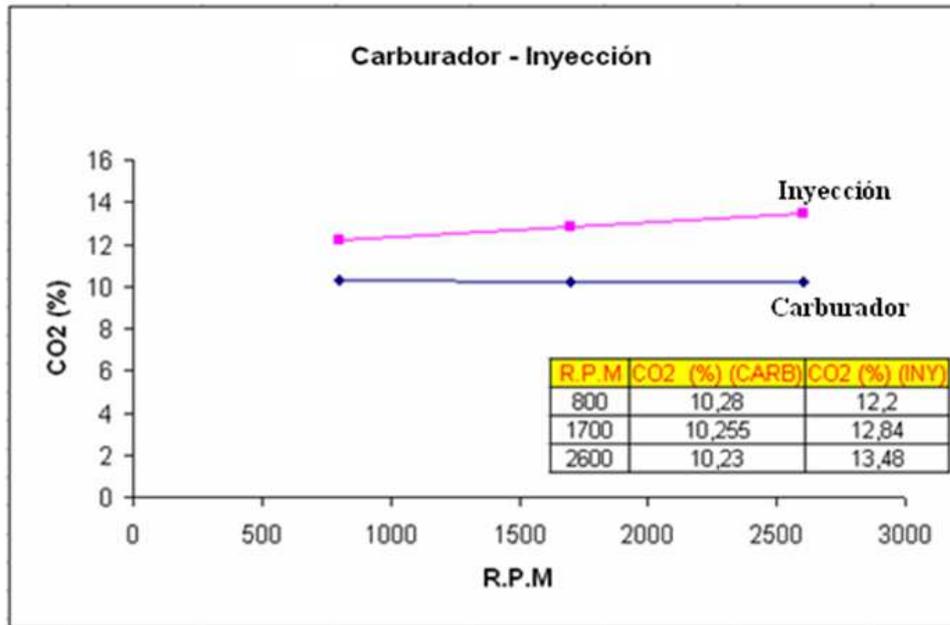


FIGURA 4.15. Gráfica de Comparación de Resultados de CO₂.

Resultados de porcentaje de HC.

Datos:

800 R.P.M. – 1270 ppm HC

2600 R.P.M. – 578 ppm HC

Interpolando los valores anteriores obtenemos:

1700 R.P.M. – 924 ppm HC

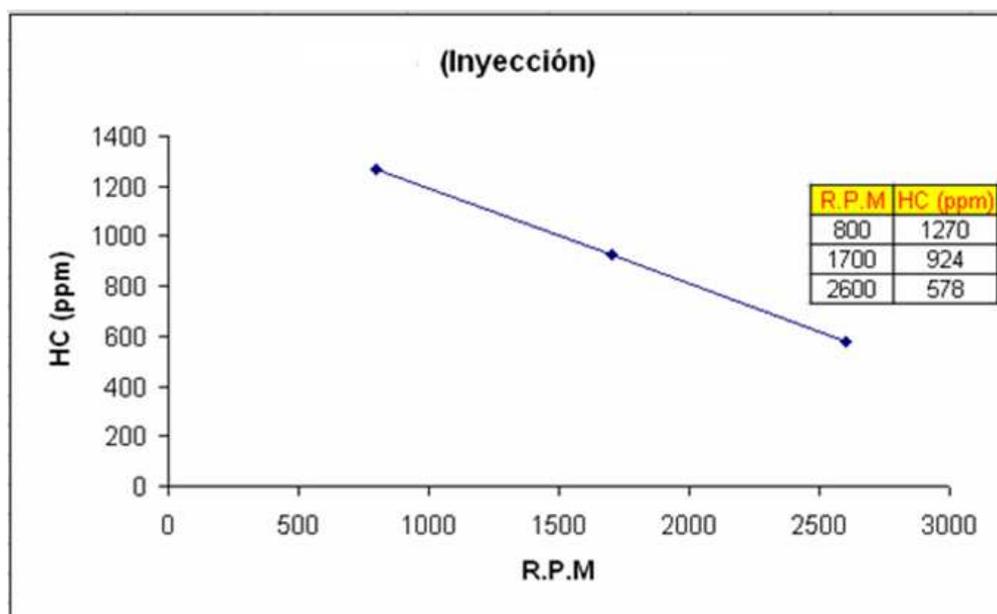


FIGURA 4.16. Gráfica de Resultados de HC.

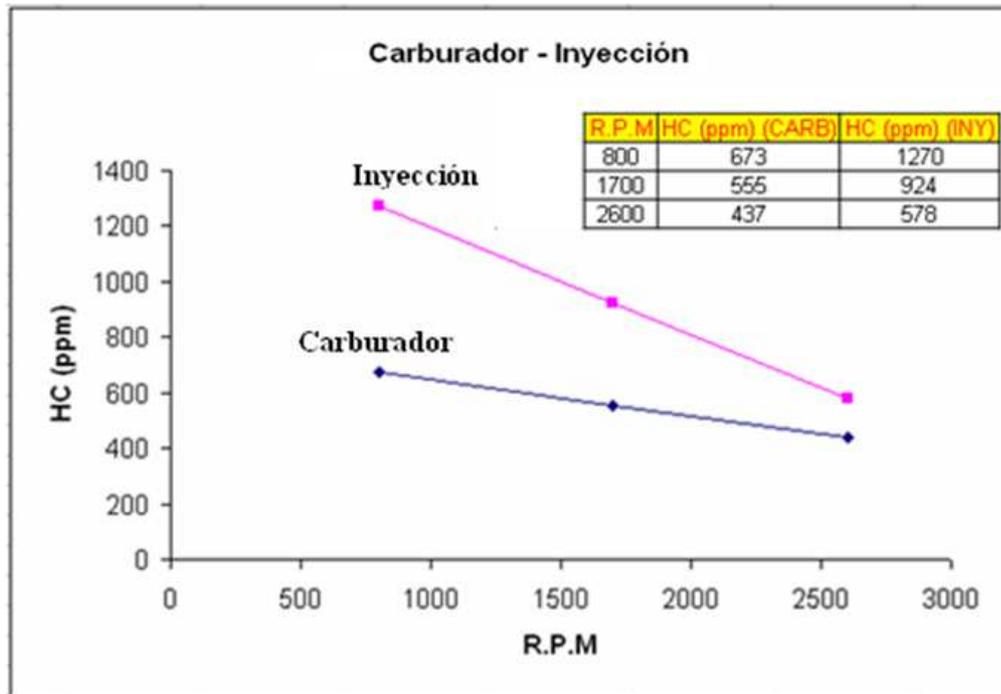


FIGURA 4.17. Gráfica de Comparación de Resultados de HC.

4.2. Calibraciones.

Las calibraciones que se realizaron en el vehículo fueron las siguientes:

Calibración de Presión de Combustible: Se calibró a la presión con la que trabajan la mayoría de vehículos multipunto con la misma cilindrada de este motor (1600 cc), los cuales trabajan en el orden de 2.5 bar, debido que al contar con una ECU programable, era de suma importancia contar con un regulador de estas características.

Calibración de Grados de Avance de Encendido en el Distribuidor: Investigando en manuales de vehículos Volkswagen de las mismas características de este motor, se observó que el ángulo de avance es de 9 grados, pero al trabajar con este avance el ralentí se mantuvo bastante inestable aún al modificar la programación, por lo cual se optó por calibrarlo en 12 grados de avance, quedando así con el ralentí estable y el motor funciona en forma normal.

4.3. Análisis de Costos.

4.3.1. Costos Directos.

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
MULTIPLE DE ADMISION		1	\$ 250.00	\$ 250.00
ECU (MEGASQUIRT)		1	\$ 800.00	\$ 800.00
SENSOR DE TEMP DE AGUA		1	\$ 15.00	\$ 15.00
SENSOR DE TEMP DE AIRE		1	\$ 12.00	\$ 12.00
SENSOR DE POSICIÓN DE MARIPOSA		1	\$ 60,00	\$ 60,00
SENSOR DE OXÍGENO		1	\$ 80,00	\$ 80,00
BOMBA DE COMBUSTIBLE		1	\$ 70,00	\$ 70,00
INYECTORES (4)		4	\$ 62,50	\$ 250,00
RIEL DE INYECTORES		1	\$ 100,00	\$ 100,00
CAÑERIAS	Metros	5	\$ 5,00	\$ 25,00
CABLEADO	Metros	15	\$ 3,00	\$ 45,00
RELES		3	\$ 10,00	\$ 30,00
FUSIBLES (10)		10	\$ 0,50	\$ 5,00
MANGUERA DE ADMISIÓN		1	\$ 20,00	\$ 20,00
FILTRO DE AIRE (ALTO FLUJO)		1	\$ 40,00	\$ 40,00
ABRASADERAS PLASTICAS		10	\$ 0,50	\$ 5,00
ABRASADERAS METALICAS		10	\$ 2,00	\$ 20,00
GASOLINA EXTRA (PRUEBAS)	Litros	20	\$ 1,50	\$ 30,00
TYPE		3	\$ 1,00	\$ 3,00
COSTO TOTAL				\$ 1860

TABLA 4.2. Análisis de Costos de Materiales.

Máquinas y Herramientas

Descripción	Horas - Equipo	Costo / Hora	Subtotal
LAPTOP	160	0	0
ANALIZADOR DE GASES	2	\$ 20	\$ 40
BANCO PARA PRUEBA INYECTORES	4	0	0
PROBADOR VALVULAS IAC	2	0	0
HERRAMIENTAS DE TALLER	100	0	0
COSTO TOTAL			\$ 40

TABLA 4.3. Análisis de Costos de Máquinas y Herramientas.

Mano de Obra

Descripción	Horas - Hombre	Salario Real / Hora	Subtotal
TUBERÍA ESCAPE	2	\$ 5	\$ 10
MECANICO	40	0	0
COSTO TOTAL			\$ 10

TABLA 4.4. Análisis de Costos de Mano de Obra.

Transporte

Descripción	Horas	Costo	Subtotal
TRANSPORTE	15	\$ 90	\$ 90
COSTO TOTAL			\$ 90

TABLA 4.5. Análisis de Costos de Transporte.

4.3.2. Costos Indirectos.

Costo Ingenieril (0%)

Utilidad (0%)

4.4. Resultados y Mejoras.

- Se obtuvo una indiscutible reducción de gases contaminantes, al tener una relación estequiométrica de 14.7 a 1, existe una mejor combustión, por tal motivo todos los gases disminuyen notablemente.
- Se redujo el consumo de combustible, ya que al tener una mejor dosificación de gasolina se requiere menor cantidad de la misma para obtener rendimientos de potencia iguales que cuando el vehículo tenía un carburador.

Los resultados en consumo de combustible en cada 7.2Km de distancia a velocidades de 60Km/h, 75Km/h, 90 Km/h, respectivamente, fueron los siguientes:

CARBURADOR	INYECCIÓN
740ml	630ml
760ml	650ml
780ml	670ml

TABLA 4.6. Consumo del Sistema de Carburador y Sistema de Inyección.

- Finalmente añadiendo como mejoras a este proyecto de tesis, las pruebas de aceleración demostraron que un sistema de inyección es mucho más eficiente y fiable que uno a carburador.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- Una vez analizado todo el sistema de inyección electrónica programable se ha llegado a la conclusión que es un sistema innovador incluso para vehículos de serie que ya poseen inyección electrónica, por cuanto al modificar la programación en la ECU, se pueden obtener mejores resultados en cuanto a consumo, potencia y contaminación, es decir resulta conveniente para personas que gustan del trucaje de motores, además el sistema resulta bastante didáctico.
- La adaptación del sistema de inyección programable resulta factible, en motores alimentados por carburador como es nuestro caso, por cuanto la adaptación mecánica que se debe hacer es muy poca el trabajo en que más se basa esta adaptación es electrónico.
- Realizadas las pruebas y calibraciones necesarias del funcionamiento de inyección programable se llega a la conclusión que mejora el funcionamiento del sistema en base a calibraciones electrónicas para el correcto funcionamiento del vehículo.
- Al evaluar resultados de contaminación de gases de escape, consumo de combustible y potencia, se obtuvo una disminución en los gases contaminantes del 20%, un menor consumo de combustible del 17% y con un aumento de potencia del 15%.
- En cuestión de costos se concluye que dicho sistema de inyección programable es bastante accesible para personas que necesitan mejorar el rendimiento de su vehículo, es decir el sistema es bastante recomendado para sistema de inyección normales que desean aprovechar mejor el rendimiento del vehículo, por cuanto para sistemas de carburador resulta algo más costosa por cuanto se requieren de varios sensores y elementos mecánicas, en cuanto a los vehículos que ya son de inyección cuentan con todos estos elementos electrónicos y únicamente se les cambia la ECU y se procede a la programación.

Recomendaciones.

- Se recomienda seguir todas las instrucciones de Megasquirt al momento de instalar la ECU de su marca, por cuanto al alterar valores de fusibles en especial, se corre el riesgo de exponer todos los elementos eléctricos a que sufran corto circuitos.
- Para el tiempo de apertura de inyectores (Injector Opening Time), se recomienda tomar el valor más bajo posible (0,9 a 1,3) según el caso amerite, para que la aceleración sea lo más uniforme.
- En la programación en el ciclo de trabajo de inyectores (Duty Cycle), el valor máximo que llega es 100%, pero se recomienda dejarlo al 80%, debido a que si se trabaja con mayor porcentaje el inyector puede sufrir daños prematuros.

BIBLIOGRAFÍA

- OROZCO, José Luis. Diagnostico y Servicio de Inyección Electrónica. México: Digital Comunicación, 2006.
- SANTANDER, Jesús . Técnico en Mecánica Electrónica. Colombia: Diseli, 2003.
- CASTRO, Miguel. Enciclopedia del Automóvil Editorial. España: Grupo Editorial CEAC, 1998.
- SANTANDER, Jesús Rueda. Manual de Técnico de Fuel Injection. 3ra.ed. España: Diseli, 2006.
- CASTRO, Miguel. Manual del Automóvil. España: Grupo Editorial Ceac, 2002.
- CASTRO, Miguel. Circuitos Eléctricos en el Automóvil. España: Grupo Editorial Ceac, 2002.
- VIÑAS, Salvador. Circuitos Eléctricos del Automóvil. España: Limusa, 2006.

LINKOGRAFÍA

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO INYECCIÓN ELECTRÓNICA

www.mecanicavirtual.org/inyeccei-gasoli-intro

2009 - 01 - 20

UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO PROGRAMABLE MEGASQUIRT

www.megasquirt.com

2009 - 01 - 26

BOMBA DE COMBUSTIBLE

www.en.wikipedia.org/wiki/Fuel_pump

2009 - 01 - 27

CARACTERÍSTICA DE INYECTORES

www.en.wikipedia.org/wiki/Fuel_injection

2009 - 02 - 02

FUNCIONAMIENTO FILTROS DE AIRE

www.en.wikipedia.org/wiki/Air_filter

2009 - 02 - 02

ANEXOS:

Anexo 1. Resultados de Gases de Escape de Carburador e Inyección.

M G T S

TALLERES MAO
Av. 6 de Diciembre 8293
y Cucardas
Quito-Ecuador

Fecha : 03.12.2008
Hora : 12:41

Motor de: gasolina

HC: 673 ppm
CO: 6.78 %
CO2: 10.28 %
O2: 2.35 %
CO Corr: 5.97 % Vol
Lambda 0.878
NO -- ppm
T aceite 0 C
RPM: 800 R/min

Inspector:
LUIS MARISCAL

Propietario:

M G T S

TALLERES MAO
Av. 6 de Diciembre 8293
y Cucardas
Quito-Ecuador

Fecha : 03.12.2008
Hora : 12:42

Motor de: gasolina

HC: 437 ppm
CO: 7.80 %
CO2: 10.23 %
O2: 0.93 %
CO Corr: 6.40 % Vol
Lambda 0.818
NO -- ppm
T aceite 0 C
RPM: 2600 R/min

Inspector:
LUIS MARISCAL

Propietario:

M G T S

TALLERES MAO
Av. 6 de Diciembre 8293
y Cucardas
Quito-Ecuador

Fecha : 14.01.2009
Hora : 15:09

Motor de: gasolina

HC: 1270 ppm
CO: 2.64 %
CO2: 12.20 %
O2: 2.90 %
CO Corr: 2.70 % Vol
Lambda 1.005
NO -- ppm
T aceite 0 C
RPM: 0 R/min

Inspector:
LUIS MARISCAL

Propietario:

M G T S

TALLERES MAO
Av. 6 de Diciembre 8293
y Cucardas
Quito-Ecuador

Fecha : 14.01.2009
Hora : 15:09

Motor de: gasolina

HC: 578 ppm
CO: 1.49 %
CO2: 13.48 %
O2: 2.18 %
CO Corr: 1.50 % Vol
Lambda 1.033
NO -- ppm
T aceite 0 C
RPM: 0 R/min

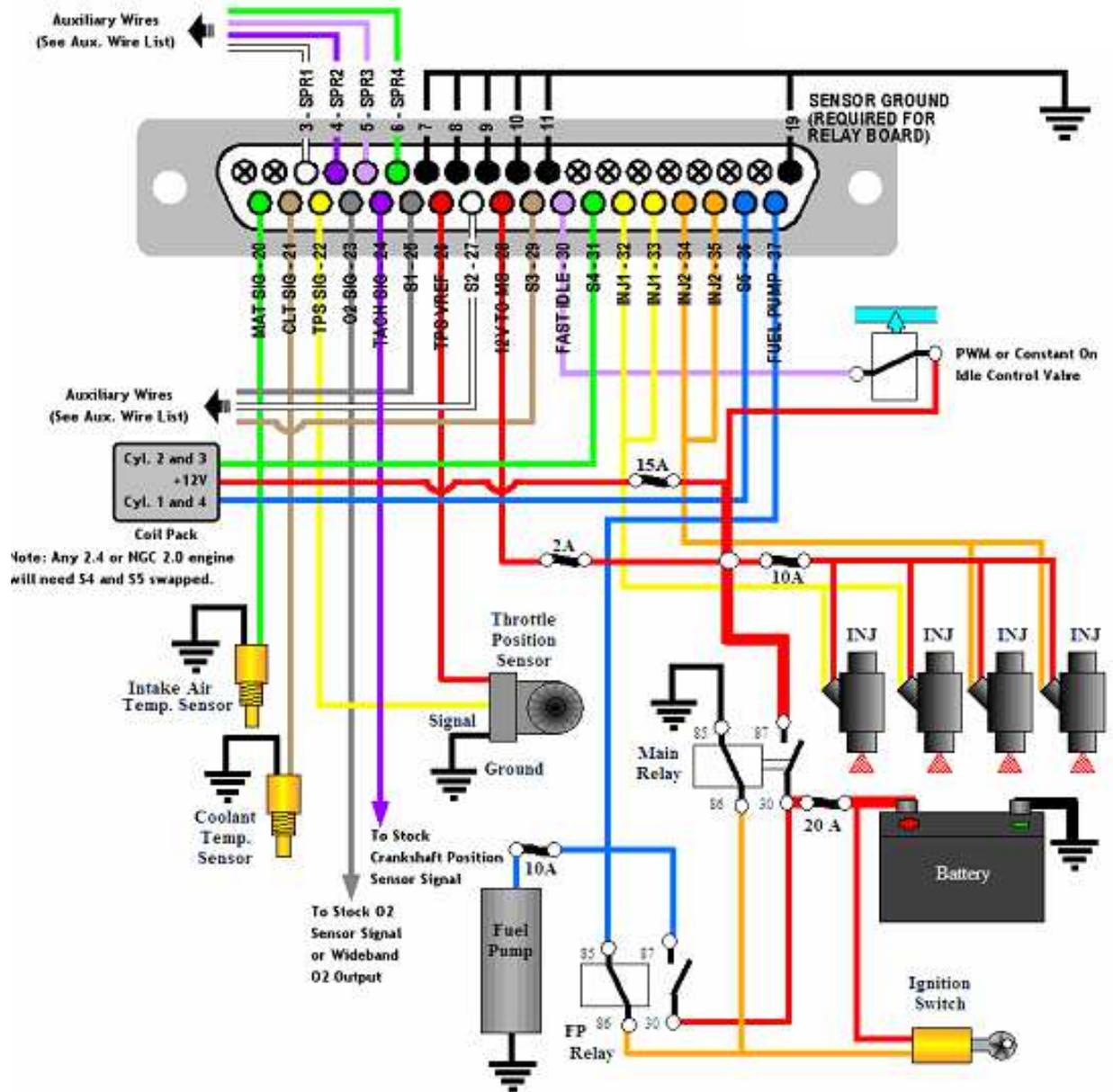
Inspector:
LUIS MARISCAL

Propietario:

Anexo 2. Diagrama Recomendado por Megasquirt.

**MegaSquirt Installation Wiring Diagram
Super420A Wasted Spark**

Color code corresponds with RS Autosport wiring harness kit
Adapted from diagram by Lance Gardiner, <http://www.megasquirt.info>



Anexo 3. Diagrama del Circuito Eléctrico de nuestro Sistemas de Inyección.