

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



**REPOTENCIACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA DEL
MOTOR G16 1600 DEL VEHÍCULO CHEVROLET LUV 1977**

**FERNANDO MALDONADO
DIEGO LOYO**

**Tesis presentada como requisito previo a la obtención del
grado de**

INGENIERO AUTOMOTRIZ

2010

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, FERNANDO ENRIQUE MALDONADO PÁEZ y DIEGO ANDRÉS LOYO CAICEDO, declaramos que:

El proyecto de grado denominado “REPOTENCIACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA DEL MOTOR G16 1600 DEL VEHÍCULO CHEVROLET LUV 1977” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, diciembre de 2010.

Fernando Enrique Maldonado Páez

CI: 172025103-0

Diego Andrés Loyo Caicedo

CI: 100322597-4

AUTORIZACIÓN

Nosotros, FERNANDO ENRIQUE MALDONADO PÁEZ y DIEGO ANDRÉS LOYO CAICEDO, declaramos que:

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “REPOTENCIACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA DEL MOTOR G16 1600 DEL VEHÍCULO CHEVROLET LUV 1977”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, diciembre de 2010.

Fernando Enrique Maldonado Páez

CI: 172025103-0

Diego Andrés Loyo Caicedo

CI: 100322597-4

CERTIFICADO

Se certifica que el presente trabajo titulado “REPOTENCIACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA DEL MOTOR G16 1600 DEL VEHÍCULO CHEVROLET LUV 1977” fue desarrollado por FERNANDO ENRIQUE MALDONADO PÁEZ y DIEGO ANDRÉS LOYO CAICEDO, bajo nuestra supervisión, cumpliendo con las normas y estatutos establecidas por la ESPE en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Latacunga, diciembre de 2010.

Ing. Germán Erazo
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Leonidas Quiroz
CODIRECTOR DE PROYECTO

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por FERNANDO ENRIQUE MALDONADO PÁEZ y DIEGO ANDRÉS LOYO CAICEDO, bajo nuestra supervisión.

Ing. Germán Erazo
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Leonidas Quiroz
CODIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico con mucho esmero a mis padres: Miguel y Sonia quienes con infinito amor, sabiduría y sobre todo con mucha paciencia, supieron guiar mi vida por el sendero del bien, enseñándome el valor de la vida, plasmado en mis principios que me llevarán a ser cada día una mejor persona.

Y como me voy a olvidar de mis hermanos Cris, Darwin y Armando y de manera muy especial a Kathy quienes estuvieron pendientes y preocupados por la realización de esta tesis.

Diego Loyo

DEDICATORIA

Mi proyecto de tesis está dedicado principalmente a Dios y a mis padres quienes me han alentado e inspirado a conseguir cosas grandes en la vida, quienes me han enseñado que con sacrificio, esmero y pasión, todo es posible.

No puede faltar mi HIJITA CAMILITA quien con su presencia, a dado a mi vida un nuevo sentido, ha puesto en mis días felicidad me ha dado un gran deseo de superación y muchas ilusiones para nuestra vida juntos.

A toda mi familia, mis abuelos, mis hermanos, mis primos, mis tíos, a todos quienes han estado siempre preocupados por mi progreso, y quienes con cariño y mucha paciencia han confiado en mí incondicionalmente.

Fernando Maldonado

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen, quien día a día me llena de sabiduría, a fin de alcanzar una de mis metas propuestas. A mis profesores, por sus conocimientos impartidos en las aulas; en especial al Ing. Germán Erazo, y al Ing. Leonidas Quiroz quienes dirigieron e hicieron posible la elaboración de esta tesis.

A mis padres por su apoyo incondicional brindado desde el inicio de mis estudios con los que comparto mi alegría puesto que con mucho esfuerzo hemos terminado la carrera.

Y por último a mis compañeros de clase con quienes compartimos experiencias inolvidables.

Diego Loyo

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento principalmente a Dios por darme la vida y plagarla de muchos logros y felicidades, por darme la sabiduría para cumplir con mis metas, y por poner en mi vida la inspiración para hacer grandes cosas en ella.

Agradezco con todo mi corazón a mi Familia por la paciencia y apoyo brindado durante toda mi carrera, por sus consejos, por sus reproches y por los valores que me han inculcado. Ustedes han hecho de mí un mejor ser humano.

A mis maestros, que durante mi vida de estudiante han sabido inculcar valores y compartir sus conocimientos con alegría, respeto y paciencia. Un agradecimiento especial para el Ingeniero Germán Erazo y el Ingeniero Leonidas Quiroz quienes nos han alentado, guiado y brindado su apoyo en este proyecto de tesis, además de ser un ejemplo de superación y constancia.

A mis amigos y compañeros quienes con su presencia han hecho de la vida más llevadera, quienes han puesto un toque de alegría a los días amargos y con quienes he compartido experiencias inolvidables.

Fernando Maldonado

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
CERTIFICADO	iv
CERTIFICACIÓN.....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xx
INDICE DE ANEXOS	xxi
RESUMEN.....	xxii
SUMMARY	xxiii
PRESENTACIÓN	xxiv

CAPÍTULO 1

1. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CON INYECCIÓN ELECTRÓNICA Y ENCENDIDO DIS.....	1
1.1 EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MPFI.	1
1.1.1 Sistema de entrega de combustible.	3
a. Depósito de combustible.	3
b. Bomba de combustible.	4
c. El filtro de combustible.	5
d. El regulador de presión.	6
e. Atenuador de pulsaciones.	7
f. Inyectores electromagnéticos.	7

g.	Válvula de control de ralentí IAC.	9
1.1.2	Control electrónico del motor.	10
a.	Control ECU (Unidad de Control Electrónico).	11
a.1	Conformador de impulsos.	15
a.2	Convertidor analógico.	15
a.3	Microprocesador.	15
a.4	Memoria ROM.	16
a.5	Memoria RAM.	16
b.	Análisis de las func. básicas de los sistemas actuales.	17
b.1	Autoadaptación del sistema.	17
b.2	Auto diagnosis.	17
b.3	Control del arranque en frío.	18
b.4	Control de la detonación.	19
b.5	Control del enriquecimiento en aceleración.	20
b.6	Corte de la inyección en desaceleración.	21
b.7	Recuperación de los vapores de combustible.	21
b.8	Control de las rpm máximas del motor.	22
b.9	Corte de la alimentación.	22
b.10	Regulación del tiempo de inyección.	23
b.11	Regulación del avance del encendido.	23
b.12	Control y gestión del ralentí.	24
b.13	Control del electroventilador.	25
b.14	Control inercial de la alimentación de la electrobomba de combustible	26
c.	Medición.	26
c.1	Sensor de posición del cigüeñal (CKP).	27
c.2	Sensor de oxígeno (EGO).	28
c.3	Sensor de presión absoluta en el múltiple (MAP).	30
c.4	Sensor de posición del estrangulador (TPS).	31
c.5	Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).	33
c.6	Sensor de temperatura de aire de entrada (IAT).	35

c.7	Sensor de picado del motor (KS).....	36
d.	Actuadores.....	37
d.1	Relés.....	38
1.1.3	Control encendido.	38
1.2	CONSTITUCIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO DIS.	42
1.3	DISPOSITIVOS DE CONTROL DE EMISIONES.	43
1.3.1	Sistema de ventilación positiva del cárter PCV.....	44
1.3.2	Sistema de control de emisiones evaporativas EVAP.	47
1.3.3	Sistema de recirculación de gases de escape EGR.	49
1.3.4	El Convertidor Catalítico.....	50
CAPÍTULO 2	52
2.	REPOTENCIACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA DEL MOTOR	
	G16 1600 DEL VEHÍCULO CHEVROLET LUV 1977.....	52
2.1	ANTECEDENTES.....	52
2.2	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A	
	RESOLVER.....	52
2.3	OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	53
2.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO.....	53
2.5	METAS DEL PROYECTO.....	54
2.5.1	Dimensiones y reglajes.	55
2.6	CONSIDERACIONES PARA LA ADAPTACIÓN.....	56
2.6.1	Espacio en el habitáculo del motor.	56
2.6.2	Consideraciones para la adaptación del sistema de inyección electrónica MPFI.....	57
a.	Existencia de autopartes en el mercado nacional.....	58
b.	Existencia de equipos y maquinaria compatibles para el diagnóstico y mantenimiento del sistema de inyección electrónica a implementarse. .	60
c.	Compatibilidad del sistema de inyección del Corsa Wind 1600 cc con el motor Isuzu G16.....	61
2.7	DESMONTAJE DEL MOTOR ISUZU G16.....	62
2.7.1	Desmontaje del sistema eléctrico original.....	63

2.7.2	Desmontaje del sistema de alimentación.	65
2.7.3	Desmontaje del sistema de refrigeración.....	66
2.7.4	Desmontaje del sistema de admisión de aire.	67
2.7.5	Desmontaje del motor.	68
2.8	REPOTENCIACIÓN MECÁNICA DEL MOTOR G16.	72
2.8.1	Aumento de la cilindrada.	72
2.8.2	Aumento en el diámetro de las válvulas.	75
2.8.3	Adaptación del múltiple de admisión.	77
2.8.4	Supresión de elementos del encendido convencional.	78
2.8.5	Supresión en el sistema de alimentación.	79
2.8.6	Supresión en el sistema de refrigeración.....	80
2.8.7	Supresión en el sistema de admisión de aire.	80
2.9	REPOTENCIACIÓN ELECTRÓNICA.	81
2.9.1	Adaptación del sensor EGO.	82
2.9.2	Adaptación de la bomba eléctrica de combustible.....	84
2.9.3	Adaptación de poleas y sensores de giro.	85
2.9.4	Adaptación de dispositivos electrónicos.	87
CAPÍTULO 3	93
3.	INSTRUMENTACIÓN Y MEDICIONES.....	93
3.1	OSCILOSCOPIO.....	93
3.1.1	Sensor de posición del cigüeñal (CKP).	94
3.1.2	Sensor de oxígeno (EGO).....	95
3.1.3	Sensor de presión absoluta en el múltiple (MAP).	97
3.1.4	Sensor de posición del estrangulador (TPS).	98
3.1.5	Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).....	101
3.1.6	Sensor de temperatura de aire de entrada (IAT).	103
3.2	SCANNER.	105
3.2.1	Sistemas de diagnóstico OBD II.	105
3.2.2	Obtención de PID's y DTC's.....	106
a	DLC (Data link conector).	106
b	PID (Datos de información del programa).	106

c	DTC (Data trouble code).	107
3.3	DINAMÓMETRO	107
3.3.1	Manejo y obtención de datos.	108
3.3.2	Potencia y torque previo la modificación.	109
3.3.3	Potencia y torque después de la modificación.	112
3.4	ANALIZADOR DE GASES	114
3.4.1	Análisis de los gases de escape de los motores de combustión interna.	116
3.5	MEDICIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE	120
3.5.1	Consumo de combustible antes de la repotenciación.	120
3.5.2	Consumo de combustible después de la repot.	121
	CAPÍTULO 4	122
4.	ANÁLISIS DE DATOS	122
4.1	ANÁLISIS CON EL OSCILOSCOPIO Y SCANNER	122
4.2	ANÁLISIS DEL TORQUE Y POTENCIA	123
4.2.1	Volumen total después de la repotenciación.	123
4.3	ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE	124
4.3.1	Formación de monóxido de carbono (CO).	125
4.3.2	Emisión de hidrocarburos (HC).	125
4.3.3	Formación de óxidos de nitrógeno (NOx)	125
4.4	ANÁLISIS DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE	128
	CONCLUSIONES	130
	RECOMENDACIONES	132
	BIBLIOGRAFÍA	133
	WEBGRAFÍA	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Sistema de inyección electrónica Corsa Wind 1600 cc.	2
Figura 1.2: Sistema de entrega de combustible Corsa Wind 1600 cc.	3
Figura 1.3: Depósito de combustible.....	4
Figura 1.4: Bomba de combustible.	5
Figura 1.5: Filtro de combustible.....	6
Figura 1.6: Regulador de presión.....	6
Figura 1.7: Atenuador de pulsaciones.....	7
Figura 1.8: Inyector.....	8
Figura 1.9: Situación en la que se encuentra colocado el inyector en el colector de admisión con respecto a la válvula de admisión.	9
Figura 1.10: Válvula de control de ralentí.....	10
Figura 1.11: Sistema de control electrónico.	11
Figura 1.12: Estructura interna de la ECU.	11
Figura 1.13: Identificación de terminales del módulo de control.....	12
Figura 1.14: Esquema de la estructura de la ECU.	14
Figura 1.15: Microprocesador.	15
Figura 1.16: Memorias.....	16
Figura 1.17: Control de detonación.....	20
Figura 1.18: Mapa cartográfico de inyección.....	24
Figura 1.19: Forma de señal del sensor inductivo.....	27
Figura 1.20: Sensor CKP ubicación.	28
Figura 1.21: Sensor EGO.	29
Figura 1.22: Señales del sensor MAP.....	30
Figura 1.23: Estructura del sensor MAP.	31
Figura 1.24: Sensor TPS básico.	32
Figura 1.25: Esquema eléctrico del sensor TPS con contacto de ralentí..	33
Figura 1.26: Estructura interna del sensor TPS con contacto de ralentí..	33
Figura 1.27: Sensor de temperatura del refrigerante ECT.	34

Figura 1.28: Tabla de variación de resistencia y voltaje según la temperatura.	35
Figura 1.29: Sensor de temperatura de aire de entrada.....	36
Figura 1.30: Sensor de etonación.	37
Figura 1.31: Relé, esquema de conexión.....	38
Figura 1.32: Cálculo del avance al encendido.....	39
Figura 1.33: Curva de presiones de un motor de cuatro tiempos.	39
Figura 1.34: Cartografía tridimensional del avance al encendido motronic vs avance de encendido mecánico.	40
Figura 1.35: Mapa tridimensional del ángulo de cierre.....	41
Figura 1.36: Componentes de encendido DIS y esquema eléctrico.	43
Figura 1.37: Fuentes de contaminación en un vehículo.	43
Figura 1.38: Sistema de ventilación positiva del cárter.	45
Figura 1.39: Válvula PCV abierta.....	46
Figura 1.40: Válvula PCV posición media.	46
Figura 1.41: Válvula PCV cerrada.....	47
Figura 1.42: Sistema de control de emisiones evaporativas.	47
Figura 1.43: Esquema del sistema de emisiones evaporativas.....	48
Figura 1.44: Gráfica de adición de gases de escape.	49
Figura 1.45: Esquema del sistema de recirculación de gases.....	50
Figura 1.46: Reacciones del catalizador.	51
Figura 2.1: Habitáculo del motor.	57
Figura 2.2: Sistema de inyección MULTEC-MPFI.....	58
Figura 2.3: Elementos del sistema de inyección electrónica.	59
Figura 2.4: Unidad de control electrónico (ECU).....	59
Figura 2.5: Talleres que realizan mantenimiento.	60
Figura 2.6: Pantalla del escáner launch.	61
Figura 2.7: Herramientas para el desmontaje.	62
Figura 2.8: Desconexión y desmontaje de la batería.	63
Figura 2.9: Desmontaje del distribuidor de encendido.	64
Figura 2.10: Desmontaje del carburador.....	66

Figura 2.11: Evacuación líquido refrigerante.....	67
Figura 2.12: Desmontaje del depurador.....	67
Figura 2.13: Ubicación del múltiple de admisión.	68
Figura 2.14: Desmontaje del motor.	69
Figura 2.15: Desmontaje de la tapa de válvulas.	69
Figura 2.16: Desmontaje del cabezote.....	70
Figura 2.17: Órganos de distribución desmontados.....	70
Figura 2.18: Remoción de válvulas.....	71
Figura 2.19: Block vacío del motor.....	72
Figura 2.20: Proceso de rectificado.	73
Figura 2.21: Pistón del motor G18.	74
Figura 2.22: Biela original del motor G16.....	74
Figura 2.23: Válvulas de admisión y escape sustituidas.	75
Figura 2.24: Izquierda válvulas Isuzu 2300, derecha válvulas G16.....	76
Figura 2.25: Esquema de ensamble del múltiple de admisión.	78
Figura 2.26: Elementos del sistema de encendido convencional suprimidos.	79
Figura 2.27: Elemento del sistema de refrigeración suprimido.	80
Figura 2.28: Elemento del sistema de admisión de aire suprimido.....	81
Figura 2.29: Adaptación del múltiple de admisión.	81
Figura 2.30: Eliminación de irregularidades.	83
Figura 2.31: Sensor Ego instalado.....	83
Figura 2.32: Conjunto bomba de combustible.....	84
Figura 2.33: Corte del orificio para alojamiento de la bomba de combustible.	85
Figura 2.34: Polea del cigüeñal del sensor CKP.	86
Figura 2.35: Sensor CKP.	86
Figura 2.36: Múltiple de admisión.	88
Figura 2.37: Inyectores electrónicos de combustible.....	88
Figura 2.38: Cuerpo de aceleración.	89

Figura 2.39: Filtro de gasolina común para un sistema de inyección electrónica.	89
Figura 2.40: Circuito de alta presión de combustible.....	90
Figura 2.41: Sistema de encendido DIS.....	90
Figura 2.42: Sensor ECT.	91
Figura 2.43: Instalación del cableado inyección electrónica.....	92
Figura 3.1: Osciloscopio SEINTEK.	93
Figura 3.2: Menú de selección de componente.....	94
Figura 3.3: Sensor de posición del cigüeñal.....	94
Figura 3.4: Señal del sensor CKP.....	95
Figura 3.5: Señal del sensor EGO.	96
Figura 3.6: Terminales del conector del sensor MAP.....	97
Figura 3.7: Verificación del sensor MAP.	97
Figura 3.8: Mediciones sobre el sensor MAP.....	98
Figura 3.9: Esquema de conexión y medición del TPS.....	99
Figura 3.10: Señal del sensor TPS.	100
Figura 3.11: Medición de la resistencia del ECT.....	101
Figura 3.12: Esquema de conexión ECT.	102
Figura 3.13: Medición del sensor ECT.....	103
Figura 3.14: Esquema de conexión del IAT.	104
Figura 3.15: Medición del sensor IAT.....	104
Figura 3.16: Cable de datos DLC.....	106
Figura 3.17: Datos de información del programa.	107
Figura 3.18: Componentes del dinamómetro.	108
Figura 3.19: Curvas de torque y potencia antes de la repotenciación. ...	110
Figura 3.20: Curva primera prueba.	110
Figura 3.21: Curva segunda prueba.	111
Figura 3.22: Curvas torque y potencia después de la repotenciación. ...	112
Figura 3.23: Curva primera prueba.	113
Figura 3.24: Curva segunda prueba.	113
Figura 3.25: Esquema de funcionamiento del analizador de gases.	115

Figura 3.26: Instrumentos de medición de gases de escape.	115
Figura 3.27: Transmisión de datos.....	116
Figura 3.28: Esquema de la combustión ideal.	117
Figura 3.29: Ubicación de la sonda del analizador de gases.	117
Figura 3.30: Trayecto Ibarra – Latacunga (216 km).	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Especificaciones técnicas del motor G16.	55
Tabla 2.2: Torques y aprietes para el armado del motor G16.	56
Tabla 2.3: Dimensiones de las válvulas del motor G16 y del motor isuzu 2300.	76
Tabla 3.1: Torque y potencia máximos antes de la repotenciación.	111
Tabla 3.2: Torque y potencia después de la repotenciación.	114
Tabla 3.3: Normativa de gases de escape para vehículos a gasolina. ...	118
Tabla 3.4: Datos obtenidos en el analizador de gases antes de la repotenciación.	119
Tabla 3.5: Datos obtenidos en el analizador de gases después de la repotenciación.	119
Tabla 3.6: Consumo de combustible antes de la repotenciación.	121
Tabla 3.7: Consumo de combustible después de la repotenciación.	121
Tabla 4.1: Análisis de funcionamiento de los sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica multipunto.	122
Tabla 4.2: Comparativa torque y potencia del motor G16 antes y después de la repotenciación.	123
Tabla 4.3: Datos para el cálculo del volumen total final.	124
Tabla 4.4: Datos obtenidos en el analizador de gases antes de la repotenciación.	126
Tabla 4.5: Datos obtenidos en el analizador de gases después de la repotenciación.	127
Tabla 4.6: Normativa de gases de escape para vehículos a gasolina. ...	127
Tabla 4.7: Comparativa de consumo de combustible.	129

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo "A": Artículo para la revista.

Anexo "B": Diagramas eléctricos del sistema de inyección electrónica implementado.

Anexo "C": Especificaciones técnicas del motor G16.

Anexo "D": Instrucciones de uso del analizador de gases.

Anexo "E": Tabla resumida de los parámetros establecidos por la CORPAIRE.

Anexo "F": Datos obtenidos en el analizador de gases antes de la repotenciación

Anexo "G": Datos obtenidos en el analizador de gases después de la repotenciación

RESUMEN

En el presente documento se detalla el proceso de repotenciación electrónica y mecánica del motor G16 del año 1977, para lo cual se realiza la implementación de un sistema de inyección electrónica multipunto semisequencial, procedente del vehículo Corsa Wind 1600, además de modificaciones mecánicas de las especificaciones técnicas del motor G16.

La supresión de elementos mecánicos y el aumento de la cilindrada son modificaciones que ayudan a mejorar los parámetros característicos del motor como el torque y la potencia. Aspectos que son tratados en este proyecto.

Con la implementación del sistema de inyección electrónica se buscará mejorar la combustión, reducir el consumo y la emisión de gases contaminantes, por medio de un cálculo preciso para la conformación de la mezcla aire combustible.

El análisis de los componentes, de su funcionamiento y de las estrategias que la ECU toma para la preparación de la mezcla son temas que se consideran en este documento.

SUMMARY

The electronics and mechanical empowerment process of the motor G16 of the year 1977 is detailed in this document, for which a multipoint and semi-sequential electronics injection system implementation is made, it proceeds from the 1600 Corsa Wind vehicle. In addition to the mechanical modifications of the technical specifications of the G 16 motor.

The elimination of mechanical devices and the increasing of the number of cylinders are changes that help to improve the characteristic parameters of the motor such as the torque and the power. They are some aspects which were treated in this project.

With the electronic injection system implementation to improve the combustion, decrease the consumption, and the emission of polluting gases will be looked for, by means of an accurate calculus to produce the air and fuel mixture.

The analysis of the components, its running and the strategies that ECU has taken to prepare the mixture are the main topics which are considered in this essay.

PRESENTACIÓN

Durante más de 100 años los motores de combustión interna, han sido el medio de autopropulsión preferido por la industria automotriz. Sus características de potencia, fiabilidad y versatilidad, además de su fácil mantenimiento y bajo costo, son factores importantes a la hora de considerar al motor de combustión interna como elemento central del automóvil.

Se ha visto la necesidad de la normalización de los vehículos dotados de sistemas de carburación o inyección ya caducos, y la implantación de nuevas tecnologías que contribuyan con la disminución de la contaminación y la optimización de los combustibles.

En este caso nos centraremos en los sistemas del vehículo Chevrolet LUV 1977 con motor G16 1600cc. Con el fin de demostrar la factibilidad de la instalación de un sistema de inyección, en cuanto a: consumo, gases contaminantes, potencia y torque, mantenimiento y fiabilidad.

El capítulo uno se estudia al sistema de inyección electrónica MPFI, sus componentes y estrategias para la formación de la mezcla aire combustible.

El capítulo dos se detalla el proceso para las modificaciones realizadas en la parte mecánica y electrónica al motor G16.

El capítulo tres establece los instrumentos y procedimientos de medición de los componentes del sistema de inyección electrónica, así como los parámetros específicos del motor G16.

El capítulo cuatro se analiza los datos obtenidos de las mediciones realizadas durante el funcionamiento del motor G16 modificado y repotenciado respecto al motor G16 estándar.

Finalmente se presenta las conclusiones, donde se muestran los resultados obtenidos en la realización de este proyecto.

CAPÍTULO 1

1. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CON INYECCIÓN ELECTRÓNICA Y ENCENDIDO DIS.

1.1 EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MPFI.

El motor de combustión interna utiliza en su funcionamiento una mezcla de aire y combustible previamente dosificada y homogénea.

El sistema de inyección electrónica MPFI consta de sensores que informan a la computadora ECU, a través de un monitoreo continuo las condiciones a las que el motor está sometido. Tomando en cuenta una señal base que indica la cantidad de aire que ingresa en el cilindro, este sistema permite a la ECU determinar el tiempo de apertura de la inyección, por lo tanto la cantidad exacta de combustible a inyectarse.

Los parámetros que informan los sensores a la ECU son:

- Temperatura del refrigerante
- Temperatura y caudal del aire aspirado.
- Régimen de giro del motor.
- Carga del motor.
- Velocidad del vehículo.
- Oxígeno residual de la mezcla.
- Condiciones de funcionamiento: ralentí en frío, puesta en marcha.

En la figura 1.1 está el esquema del sistema completo del motor con inyección electrónica del Corsa Wind 1600 cc, el cual se implemento en el vehículo Chevrolet LUV 1600 cc, objeto de la investigación.

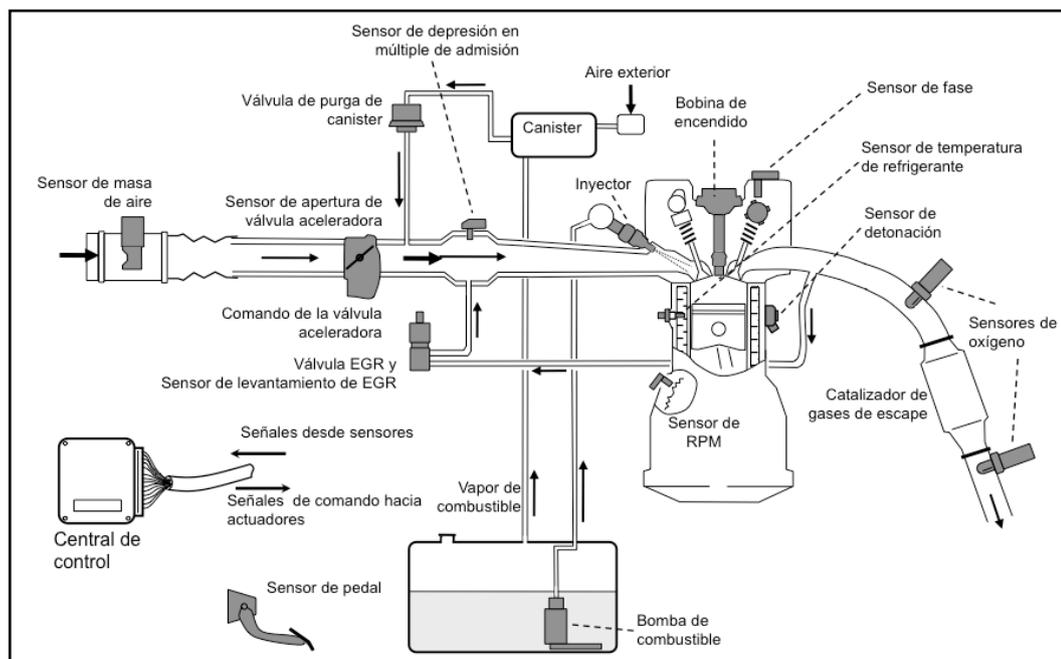


Figura 1.1: Sistema de inyección electrónica Corsas Wind 1600 cc.

Para el análisis del funcionamiento del sistema de inyección es necesario dividir a los componentes en subsistemas o bloques de la siguiente manera:

- Entrega de combustible
- Control electrónico del motor
- Control de encendido
- Dispositivos de control de emisiones

1.1.1 Sistema de entrega de combustible.

El sistema de suministro de combustible es el encargado de aportar el combustible necesario para obtener una mezcla estequiométrica para el funcionamiento del motor, está controlado electrónicamente por la ECU.

En la figura 1.2 se observa el sistema de entrega de combustible del Corsa Wind 1.6 que se utilizó. Este sistema de alimentación es un sistema tipo bucle o tipo retorno, en donde el combustible presurizado que no se utiliza en la inyección circula por una tubería de retorno al tanque de combustible.

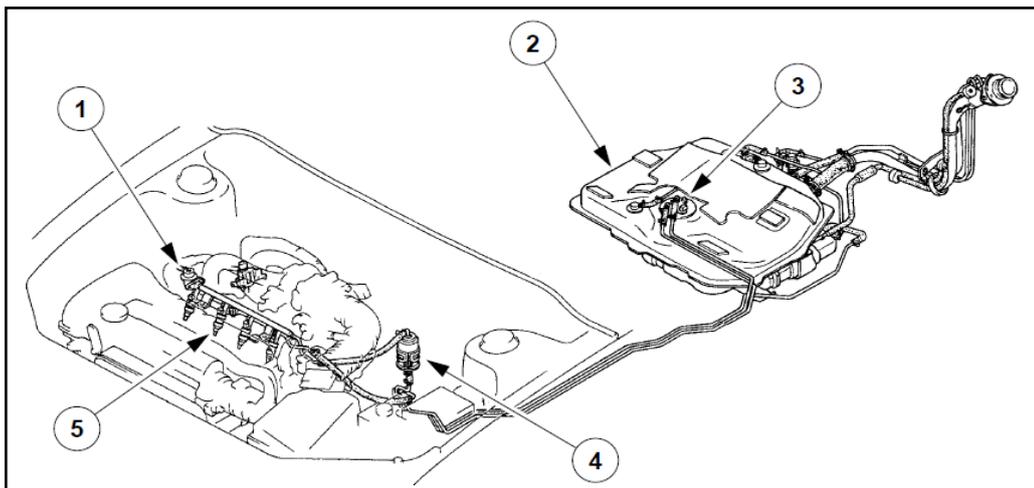


Figura 1.2: Sistema de entrega de combustible Corsa Wind 1600 cc.

a. Depósito de combustible.

Este recipiente contiene el combustible, está fabricado de chapa de acero galvanizado que se une en dos mitades por soldadura eléctrica. En la actualidad se los fabrica de plástico duro deformable y resistente a la ruptura.

Contiene a la bomba de combustible y está provisto de un tubo de llenado y una válvula de ventilación antiderrame. Se encuentra ubicado lejos del motor para evitar la evaporación del combustible y el peligro de incendio. Comúnmente se lo posiciona en la parte baja para descender el centro de gravedad y aumentar la estabilidad del vehículo, figura 1.3.

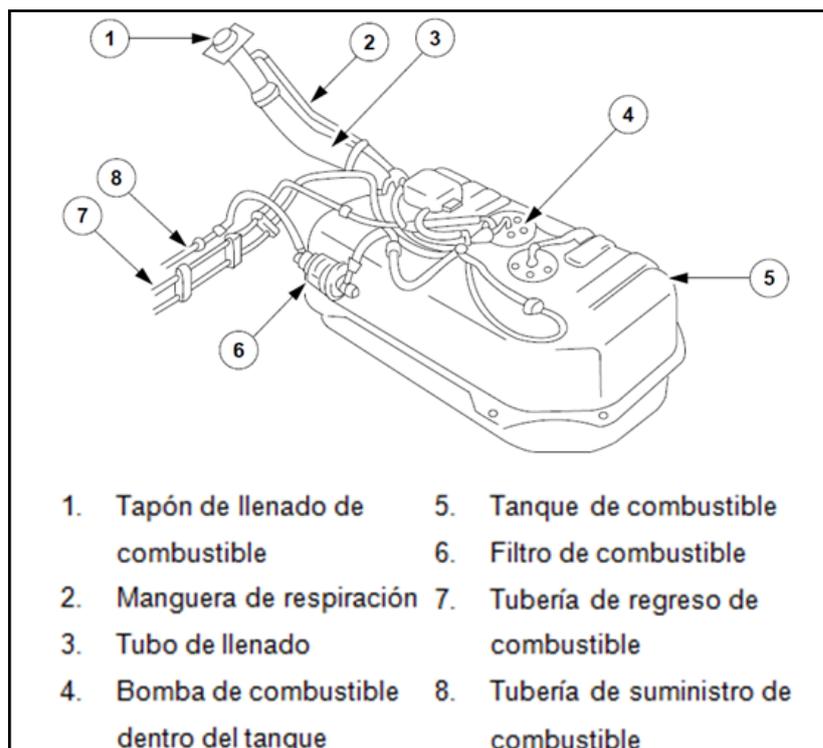


Figura 1.3: Depósito de combustible.

b. Bomba de combustible.

La figura 1.4 muestra la bomba de combustible, esta es accionada por un motor eléctrico y refrigerada por el mismo caudal de combustible, es la encargada de extraer el combustible desde el tanque hasta el circuito de alimentación, además de mantener la presión en todo el sistema.

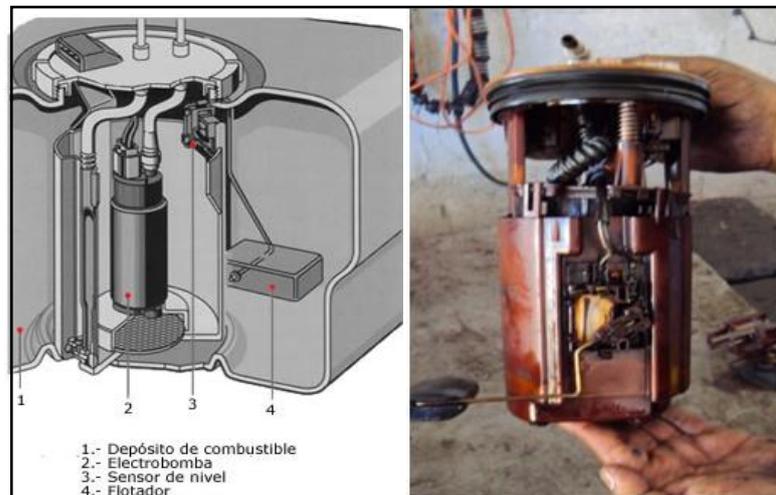


Figura 1.4: Bomba de combustible.

El motor de la bomba de combustible es de imán permanente el cual es alimentado por la batería a través de un relé que es activado por la ECU desde el momento en que se arranca hasta cuando se para el motor del vehículo.

Dos válvulas, una a la entrada y otra a la salida de la bomba, aseguran el suministro y llenado permanente tanto del circuito como para el receptáculo de la bomba, con el fin de impedir la formación de vapores de combustible.

c. El filtro de combustible.

El filtro de combustible mostrado en la figura 1.5, se ubica en serie entre la bomba de combustible y el riel de inyectores, su función es la de tamizar el combustible con el fin de evitar la obstrucción por impurezas de los inyectores y conductos del circuito.

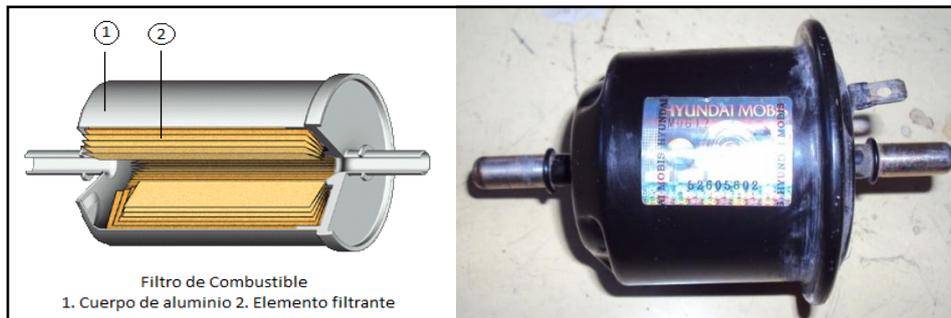


Figura 1.5: Filtro de combustible.

En su interior está provisto de un cartucho de papel o celulosa que evita que las partículas de impurezas pasen al torrente de combustible. Además está provisto de un terminal para eliminar las cargas eléctricas estáticas.

d. El regulador de presión.

La función de este elemento es de ajustar con precisión la presión en el circuito de combustible, retornando al tanque el exceso de caudal proporcionado por la bomba de combustible. Esto se realiza con el fin de obtener una adecuada circulación de caudal a la bomba para su adecuada refrigeración en situaciones de consumo mínimo y de corte de inyección.

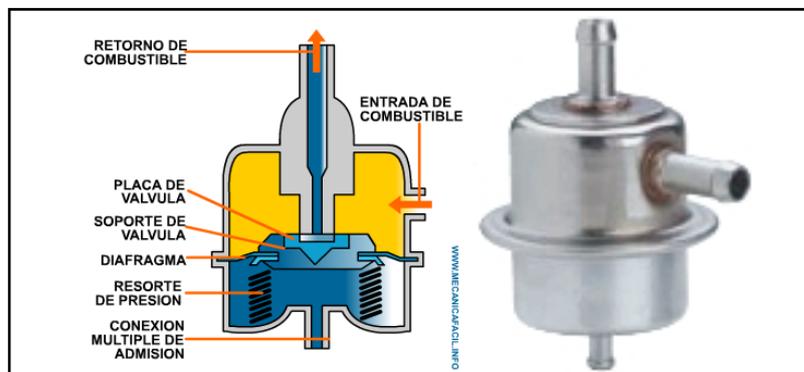


Figura 1.6: Regulador de presión.

e. Atenuador de pulsaciones.

En algunos sistemas se coloca en la rampa de inyectores, por lo general en un extremo, en el sistema a implementar la bomba de combustible lo tiene integrado en su carcasa, su misión es amortiguar las pulsaciones que se producen en el fluido dentro de la rampa de inyectores, figura 1.7.

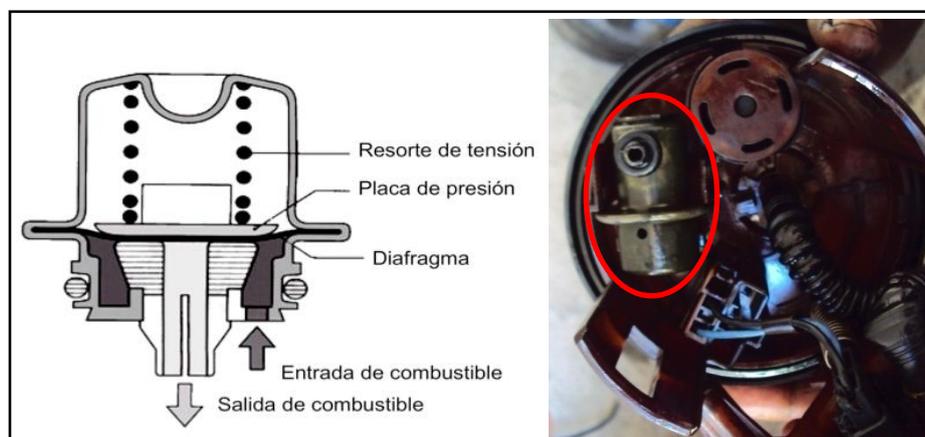


Figura 1.7: Atenuador de pulsaciones.

f. Inyectores electromagnéticos.

Son válvulas electromagnéticas tipo solenoide comandadas electrónicamente por la ECU, su misión es pulverizar el combustible antes de la válvula de admisión, formando con el aire de entrada una mezcla dosificada y homogénea para su posterior combustión.

Los inyectores de combustible, como se puede observar en la figura 1.8, reciben combustible del riel o distribuidor de combustible, cada inyector tiene un filtro de entrada para separar del combustible las partículas que pueden obstruir o tapar la válvula del inyector. La amplitud de pulso de inyección (tiempo que dura abierto el inyector) determina la

cantidad de combustible inyectado, esto durante algunas milésimas de segundos cada vez.

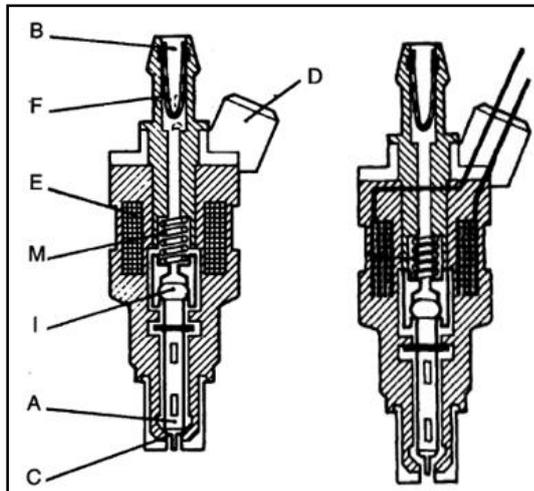


Figura 1.8: Inyector cerrado (izquierda) e inyector abierto (derecha)
Constitución interna de un inyector: A, aguja inyectora; B, boca de entrada; C, asiento de la aguja inyectora; D, terminal eléctrico; E, bobina electromagnética; F, filtro de combustible; I, núcleo inducido; M, muelle de retorno de la aguja inyectora.

Para obtener la perfecta distribución del combustible sin pérdidas por condensación, se debe evitar que el chorro de combustible toque en las paredes internas de la admisión, por lo tanto, el ángulo de inyección de combustible, como se muestra en la figura 1.9, difiere de motor a motor, como también la cantidad de orificios de la válvula. Para cada tipo de motor existe un tipo de válvula de inyección.

Nota: Como los inyectores son válvulas de elevada precisión, se recomienda dar mantenimiento y revisarlas regularmente, para evitar fallas en el sistema debido a la obstrucción de estos.

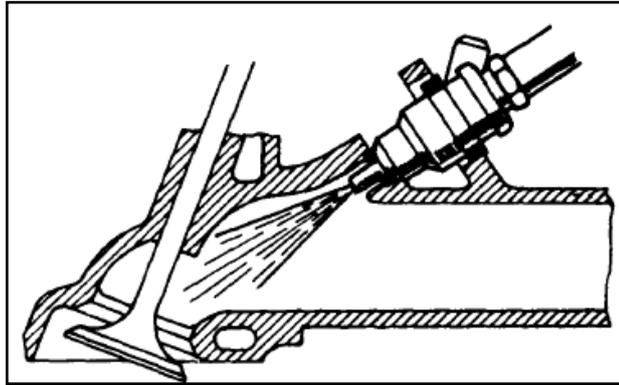


Figura 1.9: Situación en la que se encuentra colocado el inyector en el colector de admisión con respecto a la válvula de admisión.

En los sistemas, denominados secuenciales, se inyecta a cada cilindro en la fase correspondiente del ciclo, de acuerdo al orden de encendido del motor. Sin embargo en otros sistemas se inyecta simultáneamente en varios inyectores.

El sistema implementado es semiseccional, es decir se inyecta simultáneamente en dos cilindros cada vuelta del cigüeñal. Una de las veces que se inyecta, coincide con la fase de admisión, y la otra con la de expansión. En esta última (válvula de admisión cerrada) el combustible se evapora y mezcla con el aire, acumulándose en el colector y posteriormente es aspirado junto con el aire a la cámara de combustión, en la siguiente actuación de la válvula.

g. Válvula de control de ralentí IAC.

La servoválvula de control de ralentí de la figura 1.10, está ubicada en el cuerpo de aceleración y controla la apertura de un conducto by pass que permite la entrada de aire de derivación a bajas revoluciones. Esta válvula permite el ingreso de aire adicional en ralentí, cuando la mariposa de aceleración está cerrada, para evitar la parada del motor.

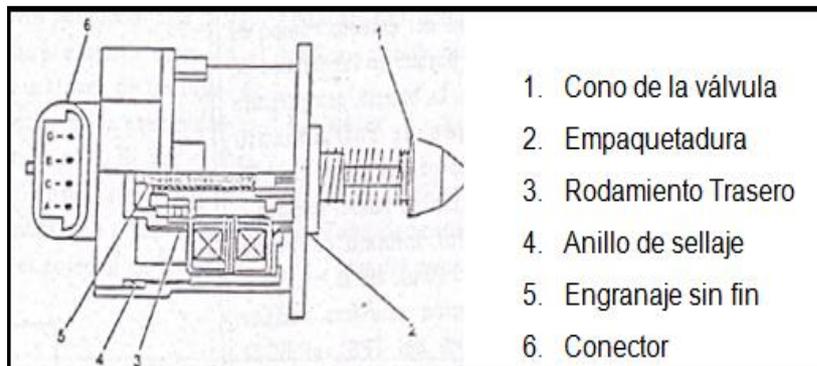


Figura 1.10: Válvula de control de ralentí.

La ECU comanda esta servoválvula, la cual permite el paso gradual del aire. El aire adicional es censado por el MAP y aumenta el tiempo de inyección enriqueciendo de esta manera la mezcla aire combustible, para aumentar las rpm del motor para evitar su calado.

1.1.2 Control electrónico del motor.

El sistema de control electrónico basa su funcionamiento en las órdenes que ejerce la ECU sobre los actuadores, basándose en señales de entrada provenientes de los sensores. La ECU procesa e interpreta estas señales como condiciones del motor. Este sistema se divide en los siguientes subsistemas:

- Control, ECU (central electrónica de control)
- Medición (sensores)
- Actuadores (ejecutan las órdenes de la central)

La figura 1.11 muestra un esquema de fácil entendimiento de los subsistemas que forman el sistema de control electrónico.

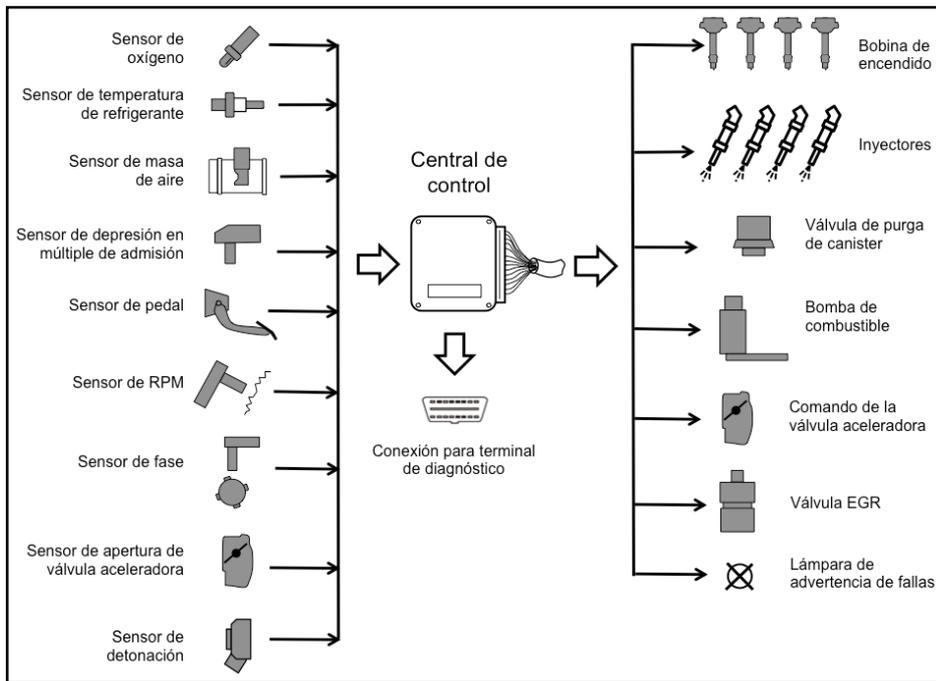


Figura 1.11: Sistema de control electrónico.

Según este ordenamiento los sensores transforman parámetros del motor (temperaturas, caudales, presiones, número de vueltas, etc.) en señales eléctricas reconocidas por la central de control.

a. Control ECU (Unidad de Control Electrónico).



Figura 1.12: Estructura interna de la ECU.

Se encarga de interpretar las señales de entrada provenientes de los sensores, para determinar el estado del motor. La ECU tiene en su programación estrategias para cada condición de los sensores, con el fin de optimizar el funcionamiento del motor y el consumo de combustible.

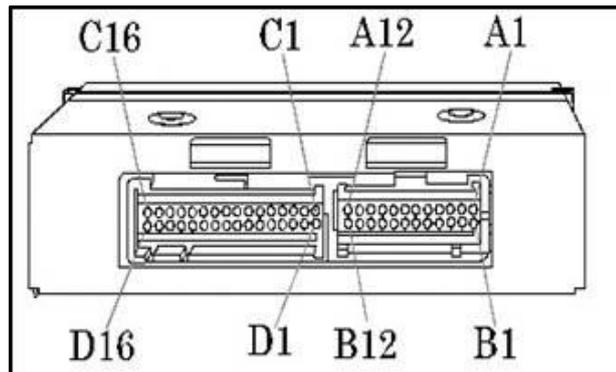


Figura 1.13: Identificación de terminales del módulo de control electrónico.

- A1** No utilizado
- A2** Señal del CKP
- A3** Relé de aire acondicionado
- A4** Relé de ventilador (1ra velocidad)
- A5** Relé de ventilador (2da velocidad)
- A6** No utilizado
- A7** Señal del MAP
- A8** Señal del TPS
- A9** Válvula de purga de cánister
- A10** No utilizado
- A11** Masa de Sensores
- A12** Masa del ECM
- B1** Voltaje de la batería
- B2** Línea de señal del sensor de velocidad del vehículo VSS
- B3** Masa del sensor CKP
- B4** No utilizado
- B5** No utilizado

- B6** Relé de la bomba de combustible 85
- B7** Línea de comunicación, terminal G del conector de datos
- B8** Voltaje de referencia para sensores MAP y TPS
- B9** No utilizado
- B10** Masa del ECM
- B11** Señal del sensor de oxígeno EGO
- B12** Señal del sensor de temperatura de refrigerante ECT
- C1** No utilizado
- C2** Señal del tacómetro.
- C3** Módulo de encendido terminal B
- C4** Interruptor de encendido
- C5** Conector IAC terminal D
- C6** Conector IAC terminal C
- C7** No utilizado
- C8** Conector IAC terminal A
- C9** Conector IAC terminal B
- C10** No utilizado
- C11** Control de inyectores 2 y 3
- C12** No utilizado
- C13** Puente con C14
- C14** Puente con C13
- C15** Control de inyectores 1 y 4
- C16** Voltaje de la batería
- D1** Masa del ECM
- D2** Masa de sensores TPS e IAT
- D3** Señal del sensor de temperatura del aire de la admisión IAT
- D4** No utilizado
- D5** Interruptor del aire acondicionado
- D6** No utilizado
- D7** No utilizado
- D8** Línea de comunicación, terminal B del conector de datos

- D9** No utilizado
- D10** Módulo de encendido terminal a
- D11** Señal del conector de octanaje.
- D12** No utilizado
- D13** No utilizado
- D14** No utilizado
- D15** No utilizado
- D16** No utilizado

Las estrategias de la ECU se basan principalmente en el control de los actuadores para ampliar o reducir el tiempo de inyección, además de controlar otras válvulas que permiten una mezcla estequiométrica precisa.

Para determinar el funcionamiento de la ECU es necesario conocer como trabaja internamente, para esto, en la figura 1.14 se observa la estructura interna esquematizada en bloques funcionales.

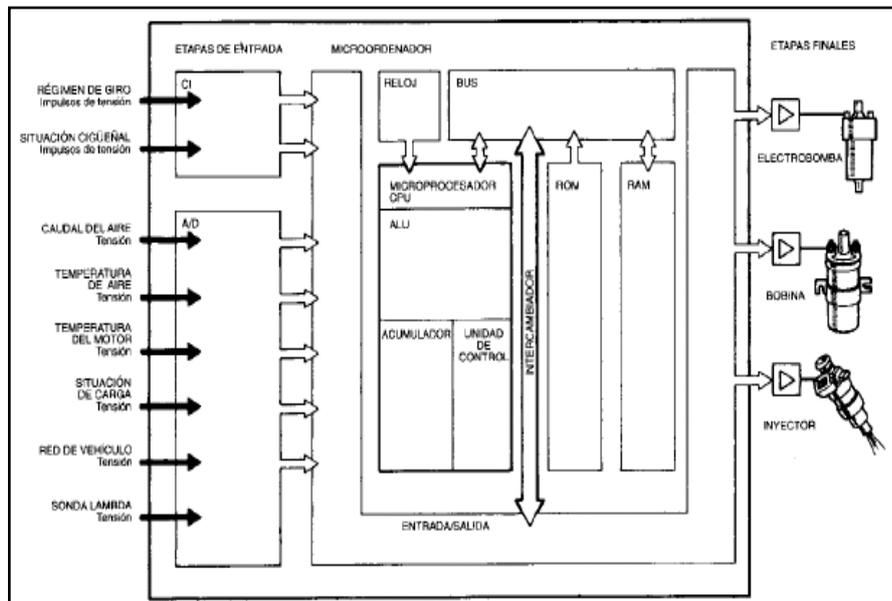


Figura 1.14: Esquema de la estructura interna de la ECU.

La unidad de control está compuesta por:

- Conformador de impulsos
- Convertidor analógico digital
- Microprocesador
- Memoria ROM
- Memoria RAM
- Memoria EEPROM

a.1 Conformador de impulsos.

Recibe los impulsos de los sensores y los modifica en magnitud y forma, para dejarlos en condiciones que puedan ser procesados por el microprocesador. Una vez hechas estas transformaciones, pasan al circuito de entrada/salida.

a.2 Convertidor analógico.

Es un circuito con una línea de entrada análoga, provenientes de los sensores cuya señal es de voltaje variable. Este circuito convierte la señal análoga en un código binario para la adecuada lectura del procesador. Estos dos circuitos mencionados anteriormente forman la etapa de entrada.

a.3 Microprocesador.

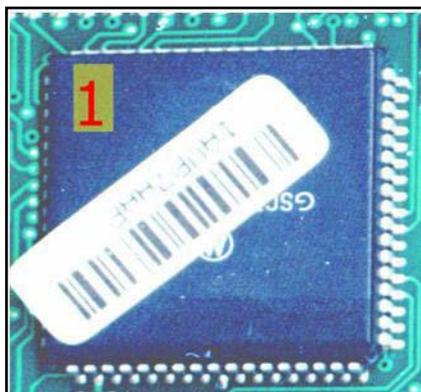


Figura 1.15: Microprocesador.

El microprocesador se encarga de realizar todas las operaciones de cálculo y de controlar lo que pasa en la ECU recibiendo información y dando órdenes para que los demás elementos trabajen. Estas funciones se realizan en los siguientes tres circuitos:

- Unidad lógica de cálculo (ALU).
- Acumulador.
- Unidad de control.

a.4 Memoria ROM.

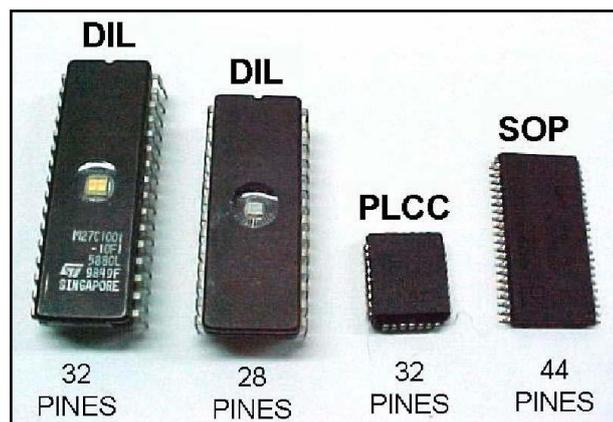


Figura 1.16: Memorias.

Esta memoria viene preparada, programada y puesta a punto por el fabricante, la memoria ROM mantiene grabados los programas con todos los datos, cartografías, valores teóricos, etc. con los que ha de funcionar el sistema. Esta memoria no puede borrarse fácilmente.

a.5 Memoria RAM.

Es una memoria de acceso aleatorio en la que se acumulan los datos de funcionamiento. Aquí están almacenados los datos que proporcionan los sensores hasta el momento en que son requeridos por el microprocesador, en cuyo momento son sobregabados con los nuevos

datos que se reciben de los sensores. Este trabajo se efectúa de manera constante durante el funcionamiento de la ECU, y todo se borra al desconectar la instalación.

Finalmente, las señales de activación se envían al exterior a través de las etapas de salida, a la electrobomba, bobina de encendido y a los inyectores.

b. Análisis de las funciones básicas de los sistemas actuales.

b.1 Autoadaptación del sistema.

Los sistemas están dotados de una función de autoadaptación en su ECU, que reconoce los cambios que se producen en el motor debido a procesos de ajuste en el tiempo, al envejecimiento de sus componentes o del mismo motor.

La función de autoadaptación también permite compensar las inevitables diferencias (debidas a las tolerancias de producción) de los componentes que se hayan podido sustituir.

La ECU, mediante el análisis de los gases de escape, modifica el mapa básico respecto a las características del motor cuando era nuevo.

b.2 Auto diagnosis.

La ECU realiza un monitoreo constante de todos los sensores, comparándolos con valores límites permitidos, almacenados en la ROM. Este análisis de componentes se realiza durante dos etapas:

Monitoreo de averías durante la puesta en marcha.

- El testigo encendido durante 4 segundos indica fase de prueba.

- El testigo apagado después de 4 segundos indica que no hay ninguna avería en los componentes que pueda alterar los valores previstos por las normas anticontaminación.
- El testigo encendido después de 4 segundos indica que hay una avería en los componentes.

Monitoreo de averías durante el funcionamiento.

- El testigo encendido indica avería.
- El testigo apagado indica que no hay ninguna avería en los componentes que pueda alterar los valores previstos por las normas anticontaminación.

b.3 Control del arranque en frío.

Los motores de combustión necesitan alcanzar una temperatura específica para su óptimo desempeño, esta temperatura oscila entre 75°C y 90°C. Durante sus primeros minutos de funcionamiento (motor frío) las bajas temperaturas afectan directamente al rendimiento del motor. Los principales efectos que causan las bajas temperaturas son:

- Empobrecimiento natural de la mezcla (mala turbulencia de las partículas de combustible con temperaturas bajas).
- Evaporación reducida del combustible.
- Condensación del combustible en las paredes internas del colector de admisión.
- Mayor viscosidad del aceite de lubricación.

Para corregir estos problemas la ECU planifica estrategias tomando en cuenta las señales:

- Temperatura del líquido refrigerante.
- Temperatura del aire aspirado.
- Tensión de la batería.
- R.P.M. del motor.

Las estrategias de la ECU se basan en controlar los actuadores, en este caso, incrementa el tiempo de inyección, además de, entregar una primera inyección simultánea para todos los cilindros (inyección full-group).

b.4 Control de la detonación.

El fenómeno de preencendido, detonación, pistoneo o cascabeleo generalmente ocurre por el bajo octanaje del combustible, aunque otros factores como la mala afinación y el mal manejo del vehículo pueden incurrir en este problema.

Con la implementación de este sistema de control electrónico se eliminan estos efectos mediante el procesamiento de la señal proveniente de los sensores de detonación, siendo capaz de identificar cuando un cilindro que está detonando.

La ECU monitorea la señal proveniente del sensor de detonación y la compara con un valor límite almacenado en la memoria, que también se actualiza continuamente en función de los ruidos de base y del envejecimiento del motor, de ese modo, la ECU puede detectar la detonación (o detonación incipiente) y reduce el avance del encendido a intervalos de 3° hasta un máximo de 9°, hasta que desaparezca el pistoneo. A continuación, el avance del encendido va restableciéndose gradualmente hasta alcanzar el valor base a intervalos de 0,75°, como se observa en la figura 1.17.

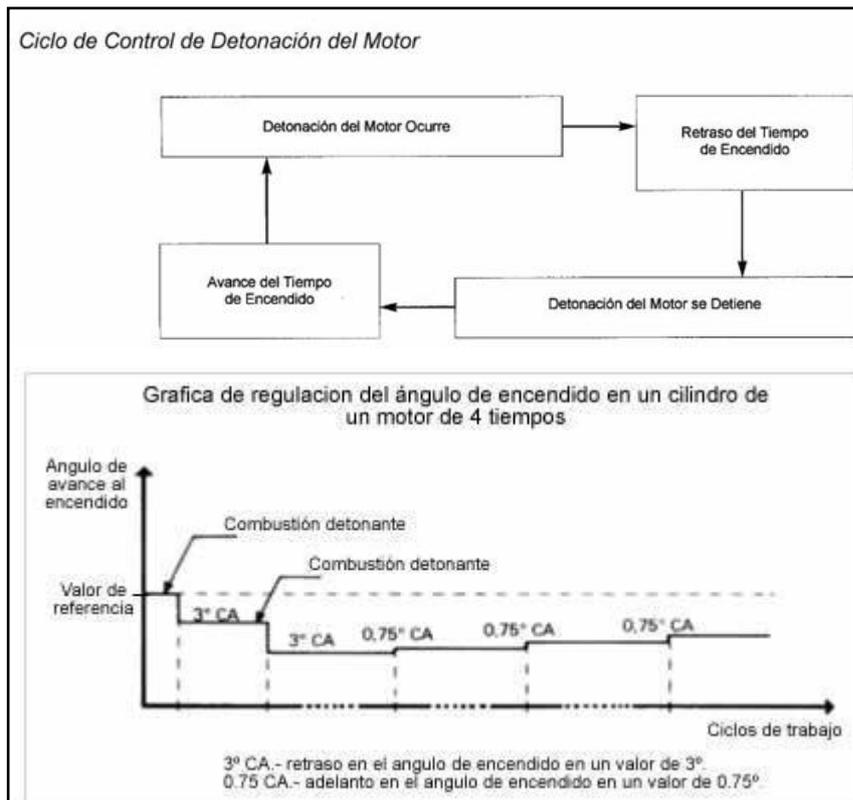


Figura 1.17: Control de la detonación.

b.5 Control del enriquecimiento de la mezcla en aceleración.

Si durante la aceleración, la variación de la señal del medidor del caudal de aire, muestra una demanda de potencia, la ECU incrementa el tiempo de inyección para alcanzar rápidamente el número de r.p.m. requerido.

Al aproximarse al número de r.p.m. establecido, el incremento de inyección se elimina progresivamente.

La señal del sensor de caudal de aire es también asistida por la señal del potenciómetro de la mariposa de aceleración es así que cuando uno de estos falla, el otro lo secunda.

b.6 Corte de la inyección de combustible en desaceleración.

Al soltar el pedal del acelerador, la ECU, interrumpe la apertura de los inyectores, reactivándola nuevamente en un rango de 1300 – 1500 rpm del motor, para evitar su calado.

Antes de alcanzar el ralentí se verifica la evolución del descenso del número de rpm. Si es superior a un cierto valor, se reactiva parcialmente la alimentación del combustible para obtener un "acompañamiento suave" del motor hacia el ralentí.

Los valores límite de reactivación de la alimentación y del corte del combustible varían en función de:

- Temperatura del refrigerante del motor.
- Velocidad del automóvil.
- R.P.M. del motor.

En todos los casos, después del corte de la inyección, se enriquece la primera inyección, con el objetivo de restablecer la película de combustible en los conductos de admisión.

b.7 Recuperación de los vapores de combustible.

En los sistemas de alimentación antiguos, los vapores de combustible que se acumulaban en el tanque, eran liberados directamente a la atmósfera, y se les otorgaba un 20% de la contaminación total del vehículo a estos gases.

Estas evaporaciones son recogidas en un depósito que contiene filtros de carbón activado, donde los gases de los hidrocarburos son retenidos y redireccionados hacia los conductos de admisión para ser

quemados. Esto se realiza mediante una electroválvula comandada por la ECU solamente cuando las condiciones de funcionamiento del motor lo permiten. Cuando no está alimentada, la electroválvula se encuentra en posición de apertura; con el encendido conectado se cierra, preparándose para su funcionamiento.

Cuando la válvula EVAP se abre, la ECU compensa esta cantidad de combustible adicional reduciendo el suministro a los inyectores.

b.8 Control de las rpm máximas del motor.

Para evitar que el motor colapse, como consecuencia de las altas temperaturas, velocidades y aceleraciones en las partes mecánicas del motor, ocasionadas por el sobre revolucionamiento. La ECU tiene en su programación estrategias de protección basadas en el número de revoluciones alcanzadas por el motor:

- Por encima de 6.800 r.p.m. reduce el tiempo de inyección.
- Por encima de 7.000 r.p.m. interrumpe la alimentación a los inyectores.
- Por debajo de 6.800 r.p.m. reanuda el mando de los inyectores.

Los valores de r.p.m. expresados anteriormente son orientativos y, lógicamente, pueden variar según la fabricación y el modelo del motor.

b.9 Corte de la alimentación de combustible mediante la electrobomba de combustible.

Las estrategias de la ECU para la alimentación de la electrobomba de combustible son:

- Con la llave en ENCENDIDO durante 0,8 segundos aproximadamente.
- Con la llave en ARRANQUE y número de r.p.m. motor mayor a 225 r.p.m.

La ECU interrumpe la alimentación a la electrobomba:

- Con la llave en STOP.
- Con número de r.p.m. motor menor a 225 r.p.m.

b.10 Regulación del tiempo de inyección.

Esta función permite a la ECU calcular el tiempo de apertura del inyector de manera rápida y precisa. El tiempo de inyección depende de varios factores, como son: la carga del motor, número de rpm, caudal de aire, la tensión de batería, la temperatura del líquido refrigerante del motor, la temperatura del aire, condiciones atmosféricas, etc.

Durante el funcionamiento del motor, el monitoreo de los sensores es continuo; y el cambio de las condiciones censadas por estos, obliga a la ECU a modificar la estrategia de inyección alargando o acortando el tiempo de apertura de los inyectores, este ajuste puede ser a largo o corto plazo.

b.11 Regulación del avance del encendido.

Los sistemas de inyección integran la gestión del encendido en la ECU, de esta forma, la ECU, gracias a una cartografía, figura 1.18, almacenada en su memoria EPROM y a una lectura continua del sensor de picado, es capaz de calcular:

- El avance del encendido en cada cilindro.

- El retraso del encendido en el cilindro que lo requiera (según su estado de detonación).

En función de:

- La carga del motor (mínima, parcial o plena carga, según el número de r.p.m. y el caudal de aire).
- La temperatura del aire aspirado.
- La temperatura del líquido refrigerante del motor.

El encendido se retrasa selectivamente, es decir, únicamente en el cilindro que lo necesite, que se reconoce mediante la combinación de los valores registrados por los sensores de r.p.m. y de fase.

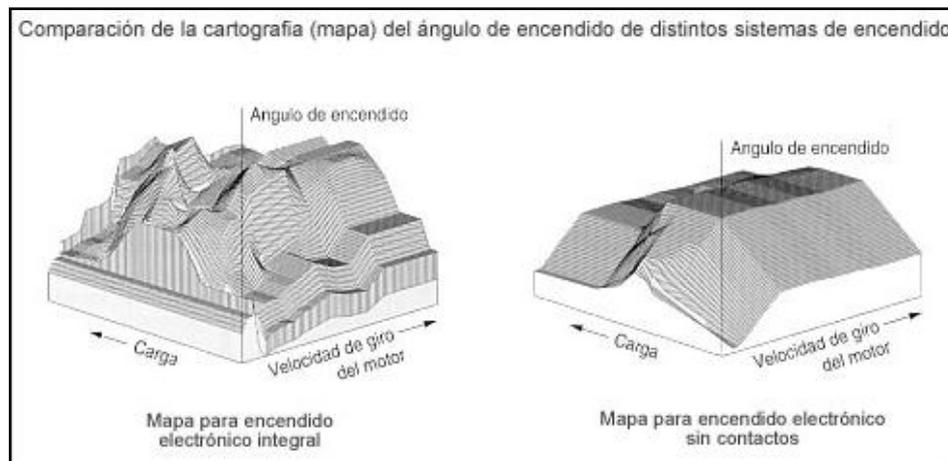


Figura 1.18: Mapa cartográfico de inyección.

b.12 Control y gestión del ralentí.

Cuando el motor arranca en frío, el módulo de control electrónico ECU de gestión del motor dará al flujo de aire un mayor nivel de combustible y aumentará la velocidad de ralentí del motor en aprox. 1.200 rpm, la IAC es responsable de dicho incremento. Cuando el motor alcanza la temperatura de funcionamiento, se elimina el enriquecimiento de

combustible y la velocidad de ralentí se reduce a un régimen predeterminado, este régimen se mantendrá sea cual sea la carga eléctrica en el alternador y hasta ciertas cargas mecánicas, por ejemplo, la servodirección.

Para controlar el ralentí (850 ± 30 r.p.m.) en función de los servicios activados, el sistema:

- Varía los avances de encendido.
- Dirige la posición de la mariposa (0° a 15°) mediante el actuador del ralentí para regular el caudal de aire.

b.13 Control del electroventilador de refrigeración del radiador.

Para evitar que temperaturas excesivas deterioren las partes mecánicas del motor y evitar el incorrecto funcionamiento, a causa de estas, la ECU en función de la temperatura del líquido refrigerante, dirige la activación del electroventilador en sus diferentes velocidades.

- La 1ª velocidad o fase se activa a una temperatura de 98°C aproximadamente.
- La 2ª velocidad o fase se activa a una temperatura de 101°C aproximadamente.

En caso de avería del sensor de temperatura del refrigerante, la ECU, actúa en la función de avería activando la 2ª velocidad del electroventilador hasta que desaparezca el error.

b.14 Control inercial de la alimentación de la electrobomba de combustible.

En caso de accidente el circuito de combustible debe asegurarse, mediante un interruptor inercial se interrumpe la conexión a masa de la electrobomba de combustible, y en consecuencia, también la alimentación al sistema de inyección.

El dispositivo está constituido por una bola de acero montada en un alojamiento con forma cónica que se mantiene bloqueada por la fuerza de atracción de un imán, en caso de una desaceleración brusca por efecto de un accidente, la bola se suelta del tope magnético. Cuando la bola golpea el mecanismo este cambia de posición, pasando de circuito N.C. a circuito N.A., interrumpiendo el circuito de masa de la electrobomba de combustible.

Este dispositivo permite de igual manera, poder volver a arrancar el coche una vez ocurrido el accidente y se esté en condiciones de reanudar la marcha. Es posible reactivar el interruptor presionando el pulsador que está protegido por una tapa flexible.

c. Medición.

Para el correcto funcionamiento del sistema, es necesaria la recolección continua de datos informativos del motor o retroalimentación. Los sensores convierten las magnitudes físicas y químicas del motor (temperatura, caudal, presión, revoluciones, gases de escape, etc.), en señales eléctricas que la computadora ECU pueda interpretar. A continuación se detallará las funciones y los parámetros característicos de los sensores.

c.1 Sensor de posición del cigüeñal (CKP).

Este sensor es esencial pues envía una señal a la ECU, a fin de sincronizar la activación de inyectores y la chispa de encendido en las bujías.

El sensor inductivo está constituido por una bobina de alambre, un imán permanente y un núcleo de hierro, todos ellos alojados en un cuerpo metálico o plástico. Los terminales de la bobina están conectados a dos pines del conector exterior, de los cuales se genera una onda alterna senoidal con una irregularidad cíclica producida por un faltante de dientes sobre una rueda fónica de excitación, la cual se encuentra montada en el cigüeñal.

En el oscilograma de la figura 1.19 se observa el corte en la señal producido por el faltante de dientes, que indica una proximidad en grados al PMS del cilindro 1 y 4.

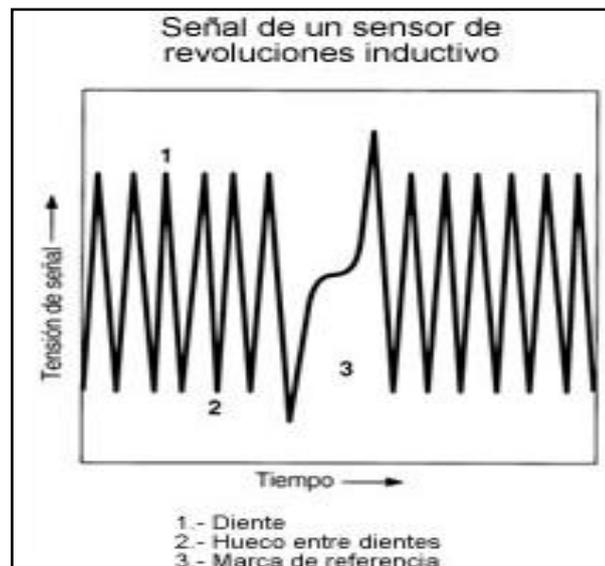


Figura 1.19: Forma de señal del sensor inductivo.

La ubicación del sensor CKP figura 1.20. La distancia del sensor respecto a los dientes deberá ser de acuerdo al diseño del sensor y de la rueda fónica, pero es recomendable mantener una distancia mínima de 0,6 mm hasta una distancia máxima de 1.2 mm. Algunos CKP tienen 3 cables, siendo el tercero un mallado o blindaje a masa, para evitar interferencias parásitas del encendido.

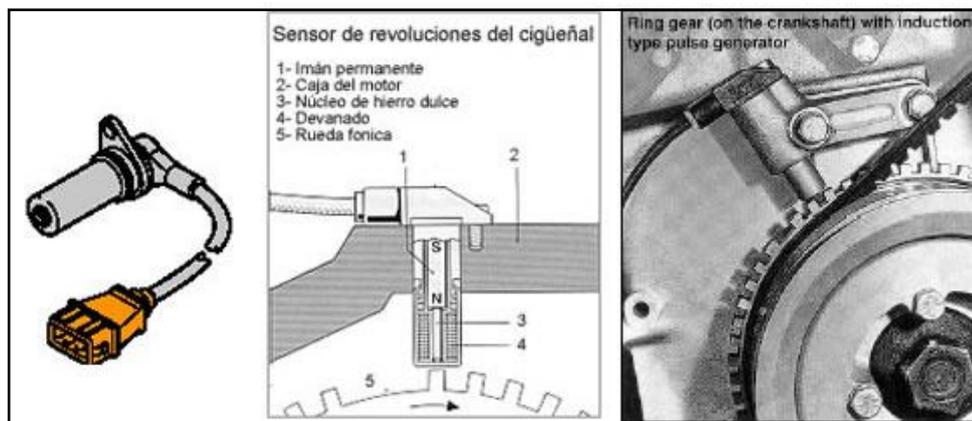


Figura 1.20: Sensor CKP ubicación.

c.2 Sensor de oxígeno (EGO).

Cuando el combustible se quema en el cilindro se generan gases residuales o de escape; dentro de estos gases hay pocas cantidades de oxígeno que no alcanzaron a consumirse por completo.

Dependiendo de la calidad de la mezcla y de combustión estos remanentes de oxígeno serán más, otras veces serán menos, pero el punto importante es que las cantidades de oxígeno remanente estarán cambiando siempre que el motor esté funcionando. Pues son precisamente esas variaciones en la concentración de oxígeno en los gases de escape las que el sensor de oxígeno se encarga de monitorear figura 1.21.

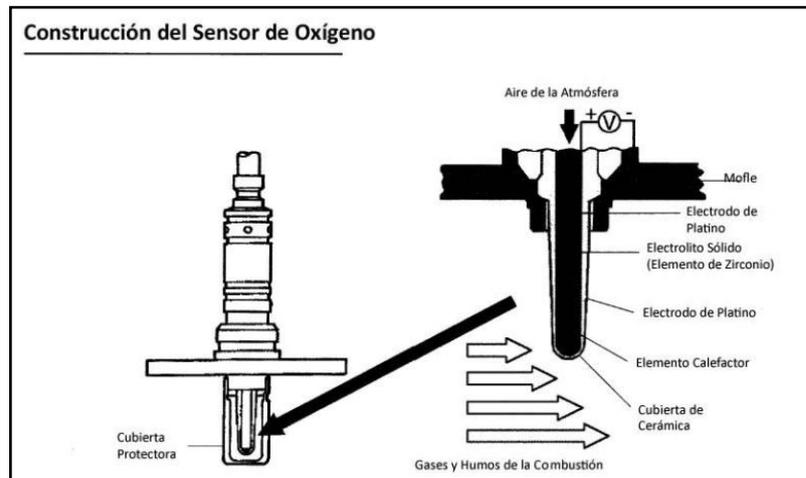


Figura 1.21: Sensor EGO.

El sensor de oxígeno EGO, mide la concentración de oxígeno en los gases de escape. No puede medir combustible sino solamente oxígeno. En su interior, el elemento de zirconio tiene un lado expuesto a la corriente de gases de escape y el otro lado está expuesto al aire de la atmósfera. Cada lado tiene un electrodo de platino adherido al elemento de dióxido de zirconio.

Los electrodos de platino conducen el voltaje generado en el elemento de zirconio, cuando el contenido de oxígeno en los gases de escape es alto, el sensor de oxígeno produce un voltaje bajo, y por el contrario, cuando el contenido de oxígeno en los gases de escape es bajo, el sensor de oxígeno produce un voltaje alto.

Si el sistema de inyección funciona correctamente y el sensor está en buen estado variará entre 0,2 y 0,8 Volt a una tasa de 6 a 10 veces en diez segundos, donde, 0.2 v indica que una mezcla pobre y un voltaje de 0.8 v demuestra una mezcla rica. Con la información de la sonda lambda el ECU puede controlar el combustible en lazo cerrado, esto es acortando y alargando el tiempo de inyección, en respuesta a la variación de la señal del sensor de oxígeno.

c.3 Sensor de presión absoluta en el múltiple (MAP).

Este sensor provee a la ECU una señal correspondiente a la presión absoluta que hay en el múltiple de admisión, figura 1.22, para calcular la carga motor. Si la presión es baja (mucho vacío) la carga del motor es pequeña y el ECU inyectará poco combustible. Si en cambio la presión en el múltiple es alta (presión atmosférica o próxima a ella) el ECU interpretará que la carga al motor es grande e inyectará más combustible.

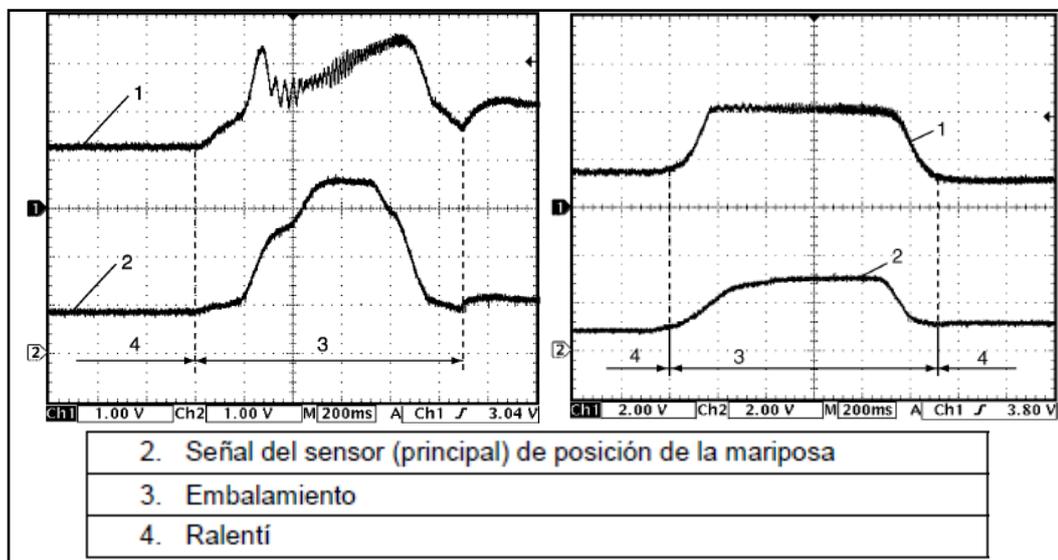


Figura 1.22: Señales del sensor MAP.

Dentro del sensor de presión absoluta del múltiple (MAP) hay un chip de silicón montado en una cámara de referencia como se observa en la figura 1.23. En un lado de las caras del chip hay una presión de referencia. Esta presión de referencia es un vacío perfecto o una presión calibrada, dependiendo de la aplicación. El otro extremo del chip está expuesto a la presión que debe medir. El chip de silicón cambia su resistencia con los cambios que ocurran en la presión.

Cuando el chip de silicón se flexiona con el cambio de presión, también cambiará la resistencia eléctrica que está en el mismo chip. Este cambio de resistencia altera la señal de voltaje.

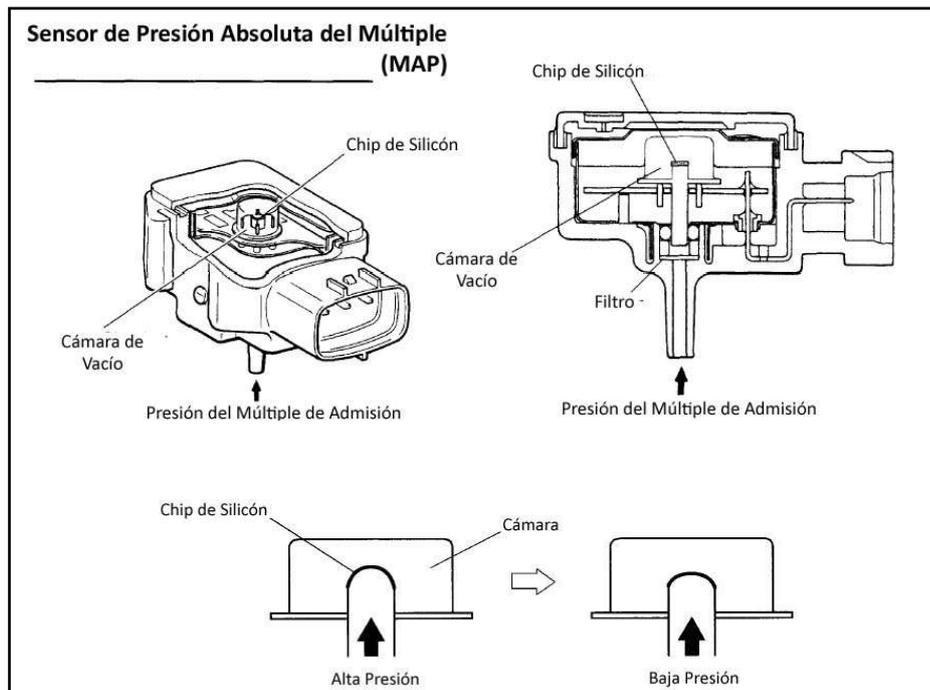


Figura 1.23: Estructura del sensor MAP.

c.4 Sensor de posición del estrangulador (TPS).

El sensor de posición de mariposa del acelerador, llamado TPS o sensor TP (del inglés Throttle Position Sensor), efectúa un control preciso de la posición angular de la mariposa. Posee un brazo móvil que está en contacto eléctrico con una resistencia. A medida que el brazo móvil o cursor, se desplaza sobre la resistencia, la señal de voltaje cambia. En el punto de contacto el voltaje disponible es la señal de voltaje y esto es lo que indica la posición.

La ECU toma esta información para poder efectuar distintas funciones, de suma importancia para el correcto funcionamiento de un sistema de inyección electrónica de combustible. Estas son:

- Modo del motor: ralentí, aceleración parcial, aceleración total.
- Corrección de proporción de ratio aire/combustible
- Corrección del incremento de potencia del motor
- Control del corte de combustible

Un sensor TPS básico, figura 1.24, requiere tres cables. 5 Volts se suministran desde la ECU a uno de sus terminales del sensor TPS, la señal de posición de la mariposa de aceleración se envía en un terminal más y la tierra o masa desde el sensor hacia la ECU completa la conexión para que el sensor funcione.

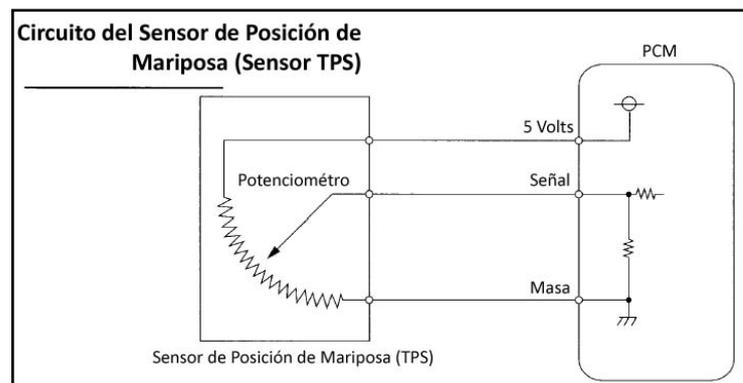


Figura 1.24: Sensor TPS básico.

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

Algunos sensores TPS son de cuatro cables como indica las figuras 1.25 y 1.26, incorporan un interruptor adicional conocido como contacto de ralentí. Este interruptor se cierra cuando la mariposa de aceleración está cerrada. En ese momento, la ECU mide 0 Volts en ese terminal. Cuando la mariposa se abre, el interruptor se abre y la ECU mide voltaje B+ en dicha terminal.

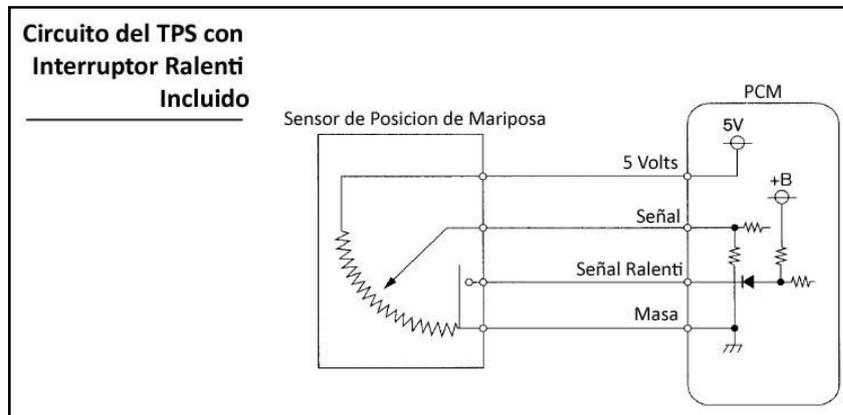


Figura 1.25: Esquema eléctrico del sensor TPS con contacto de ralentí.

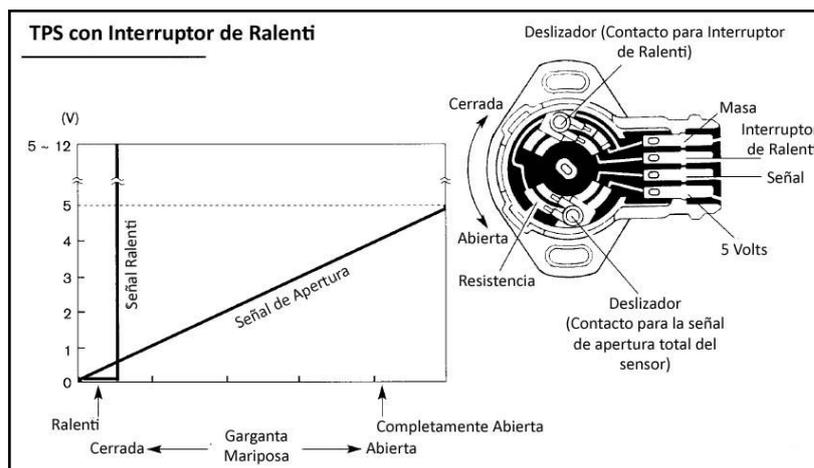


Figura 1.26: Estructura interna del sensor TPS con contacto de ralentí.

c.5 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).

Existen sensores de temperatura de distintas formas constructivas, según su campo de aplicación. Dentro de un cuerpo hay montada una resistencia termosensible de medición, de material semiconductor. Tienen un coeficiente de temperatura negativo (NTC).

La resistencia de medición forma parte de un circuito divisor de tensión alimentado con 5 V. La tensión que se mide en la resistencia depende, por tanto, de la temperatura. Ésta se lee a través de un convertidor analógico-digital y es una medida de la temperatura del sensor. La unidad de control del motor tiene almacenada una curva característica que indica la temperatura correspondiente a cada valor de resistencia o tensión de salida, figura 1.27.

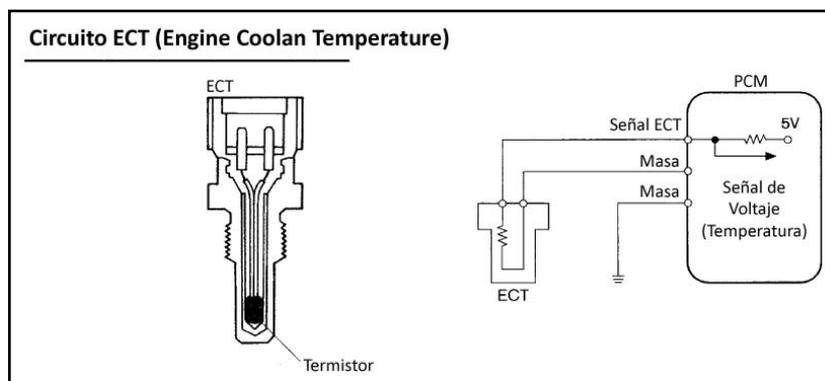


Figura 1.27: Sensor de temperatura del refrigerante ECT.

El sensor de temperatura del refrigerante es un componente electrónico que juega un papel muy importante en el control de emisiones contaminantes. Envía información para la preparación de la mezcla aire combustible, registrando las temperaturas del motor, figura 1.28, la computadora adapta el tiempo de inyección, así como el tiempo de encendido para las diferentes condiciones de trabajo, dependiendo de la información del sensor se activa o desactiva el electroventilador.

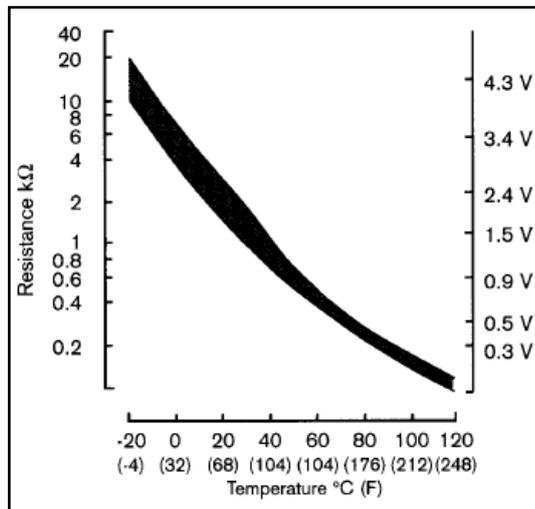


Figura 1.28: Tabla de variación de resistencia y voltaje según la temperatura.

c.6 Sensor de temperatura de aire de entrada (IAT).

Este sensor es un termistor NTC, figura 1.29, y la señal del mismo es imprescindible para calcular la entrega de gasolina a cualquier temperatura. Cuando el aire a temperatura ambiente o el que entra al motor es frío es más pesado, más denso y por lo mismo hay mayor cantidad para esta temperatura del aire que necesita más gasolina, respetando su relación estequiométrica. Cuando el aire es más caliente, es más ligero y por lo mismo necesita menor cantidad de gasolina. Este sensor se encuentra montado en el tramo de admisión.

En algunos sistemas de inyección electrónica, el sensor viene integrado en el cuerpo de aceleración con el sensor de cantidad de aire, Cuando los sensores se agrupan más de uno en un solo cuerpo reciben el nombre de sensores integrales.

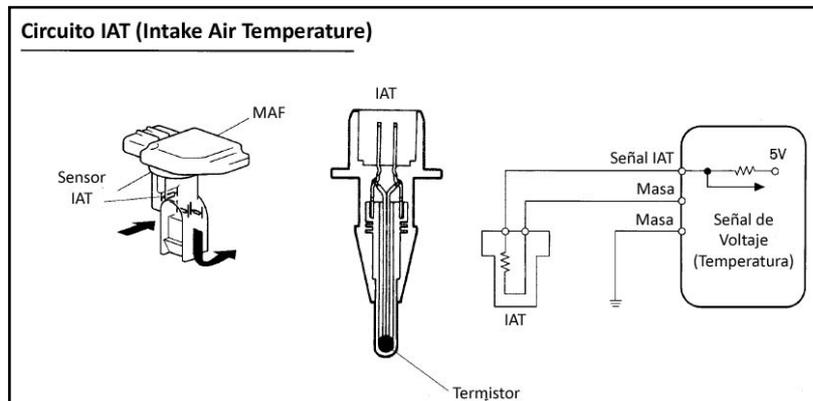


Figura 1.29: Sensor de temperatura de aire de entrada.

c.7 Sensor de picado del motor (KS).

Los sensores de detonación son utilizados para detectar el fenómeno de pistoneo en el motor.

El pistoneo ocurre cuando en el motor se produce un fenómeno de combustión no controlada generándose velocidades de frente de llama muy superiores a las normales. El clásico ruido a "pistoneo" que uno suele escuchar (típico cascabeleo), es el producido por dos frentes de llama que chocan a velocidades y temperaturas muy superiores a las ideales. Por ende la función de este tipo de sensores es la de convertir estas señales acústicas en señales eléctricas para darle aviso a la ECU para que proceda a atrasar la chispa al producirse este fenómeno.

El sensor de detonación, figura 1.30, está compuesto por un elemento toroidal de cerámica piezoeléctrica que al ser comprimido por estas frecuencias de vibración genera una diferencia de potencial entre sus extremos. Esta diferencia de potencial o voltaje generado es el que le informa a la ECU que el fenómeno de pistoneo se está produciendo.

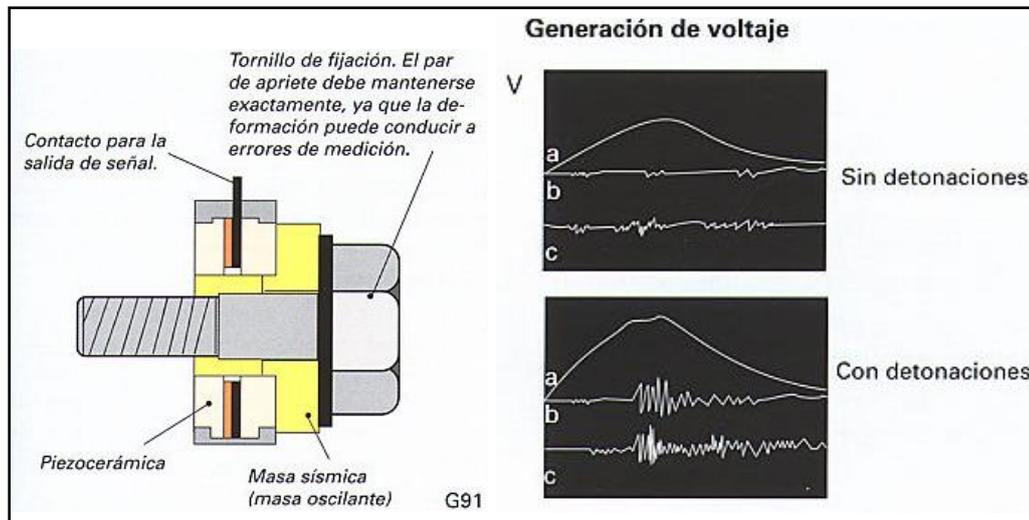


Figura 1.30: Sensor de detonación.

d. Actuadores.

Los actuadores ejecutan las órdenes provenientes de la ECU, estos son controlados mediante señales de pulso modulado provenientes de transistores que se encuentran ubicados dentro de la ECU.

Los actuadores son elementos electromecánicos controlados por la ECU para su funcionamiento; este descarga la información que proviene de los diferentes sensores y a partir de programas que se encuentran codificados en su memoria, comandando los elementos siguientes:

- Inyectores
- Bobinas de encendido
- Válvula electromagnética de purga (cánister)
- Regulador de marcha de ralentí (válvula IAC)
- Relé del ventilador eléctrico
- Relé de la bomba eléctrica de combustible
- Lámpara testigo de avería CHECK ENGINE

d.1 Relés.

La figura 1.31, indica el esquema de conexión de los relés, que permiten conmutar elementos de alto consumo de corriente (actuadores), por medio de circuitos de bajo consumo, reduciendo así el tamaño de los interruptores, calibre de los cables de conexión, riesgo de circuitos y peso en el vehículo.

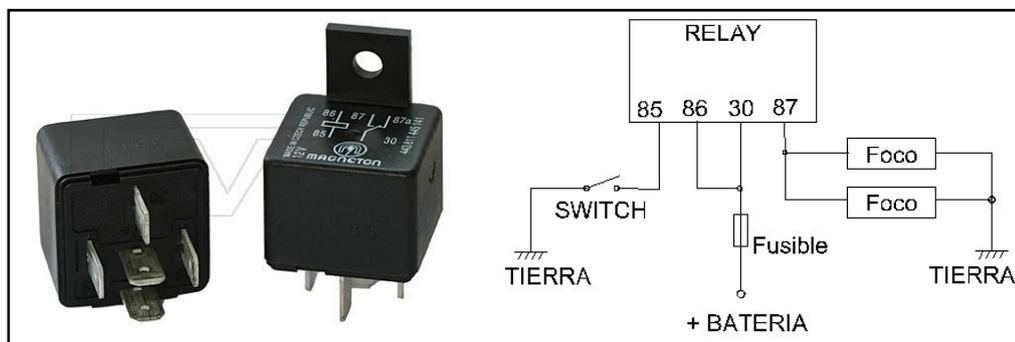


Figura 1.31: Relé esquema de conexión.

1.1.3 Control encendido.

El control sobre el encendido es muy importante pues influye directamente sobre la potencia del motor, el consumo de combustible y la composición de los gases de escape, así como sobre el tiempo de residencia de los gases no quemados en condiciones de alta temperatura y con ello influye en la posible aparición de la detonación.

La regulación del salto de chispa o tiempo de encendido se hace avanzando el instante unos grados con respecto al punto muerto superior (PMS), denominado ángulo de encendido o avance al encendido (AE).

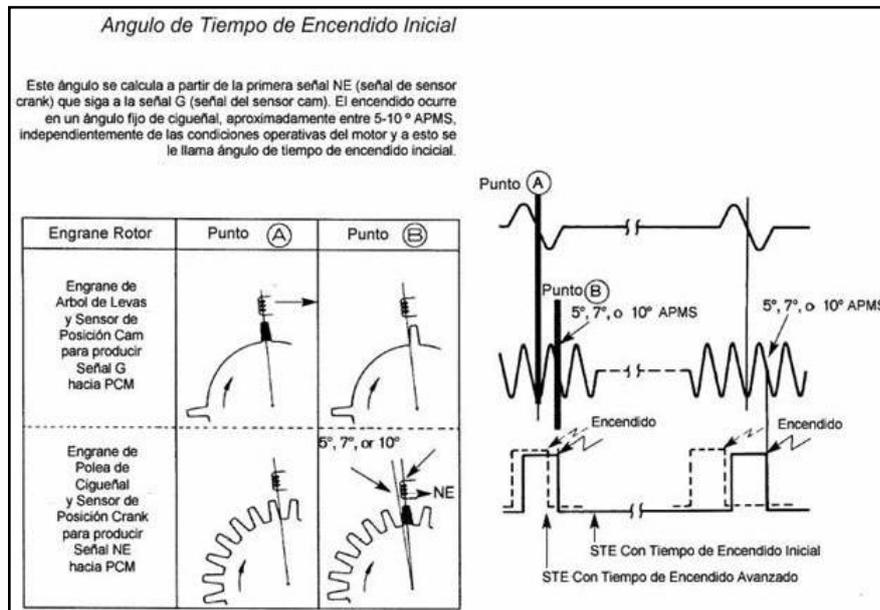


Figura 1.32: Cálculo del avance al encendido.

El avance al encendido se realiza con el fin de conseguir una presión máxima de combustión momentos después de que el pistón alcance el PMS. Esta presión máxima sucede unos milisegundos después de que la chispa salte, por consiguiente habrá que adelantar esta ignición unos grados antes del PMS, dependiendo del estado operativo del motor, pues la velocidad de la combustión depende del nivel de turbulencia, de la presión, temperatura y ajuste de la mezcla aire-combustible.

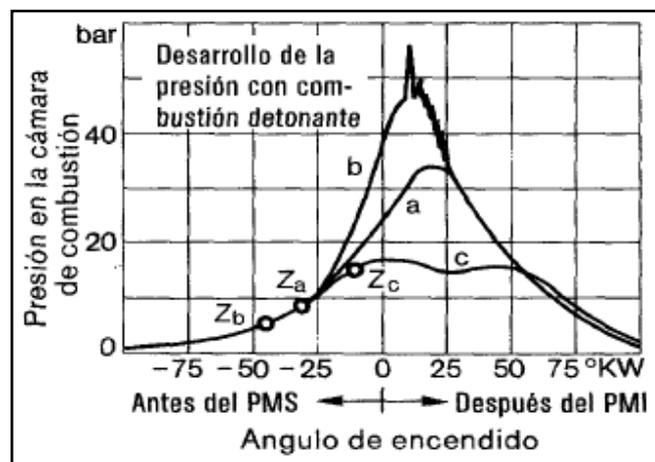


Figura 1.33: Curva de presiones de un motor de cuatro tiempos.

En la figura 1.33 se observa la presión máxima que se desarrolla en la cámara de combustión con diferentes avances de encendido: a, Encendido (Z_a) en el momento correcto; b, Encendido (Z_b) demasiado avanzado; c, Encendido (Z_c) demasiado retrasado.

El aumento de la potencia y menor consumo de combustible son resultado de un avance del encendido adecuado para cada situación. La ECU guarda en su memoria cartografías con todas las variables determinantes de las posibles situaciones que puedan darse durante el funcionamiento, las cuales han sido ensayadas con antelación en fábrica, y es la ECU la encargada de elegir el avance más oportuno en virtud de ellas. La elección la hace atendiendo a diversos parámetros como la carga y el régimen y el estado de funcionamiento (arranque en frío o en caliente, etc.) y realizando además correcciones dependiendo de la temperatura del motor, temperatura del aire de admisión o la posición de la mariposa.

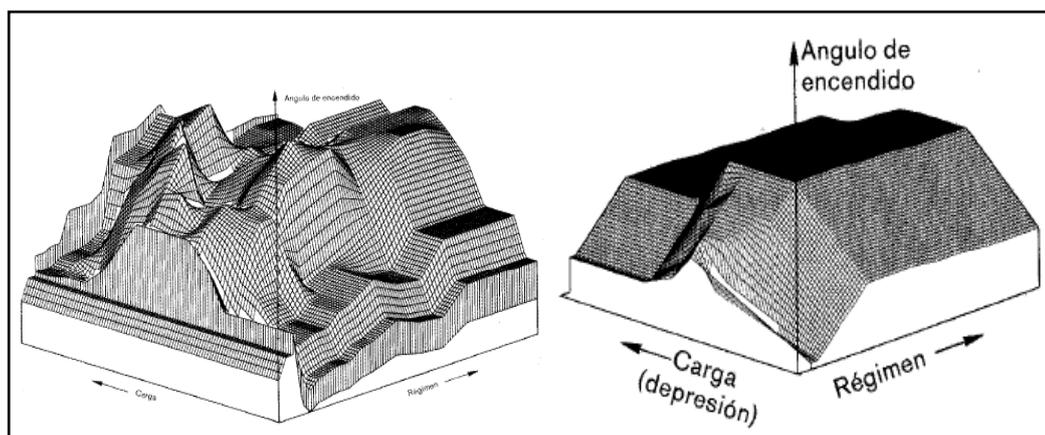


Figura 1.34: Cartografía tridimensional del avance al encendido Motronic vs avance de encendido mecánico.

Otra ventaja que introduce el sistema electrónico de control es el mando del ángulo de cierre del encendido.

En sistemas de encendido tradicionales un ángulo de cierre constante para el corte del paso de la corriente por el primario de la bobina es muy corto a altas revoluciones y no consigue la suficiente saturación para la ignición, puesto que, disminuye la energía almacenada en el campo magnético de la bobina al aumentar el régimen. Como consecuencia de ello desciende la tensión producida para la chispa.

También la tensión de la batería, si esta es demasiado baja, puede influir perjudicialmente en que la bobina no alcance la saturación magnética en su arrollamiento secundario.

Para que la bobina disponga siempre del tiempo necesario para que el paso de corriente por el circuito primario sea el suficiente, la ECU cuenta en su memoria con un mapa del que obtiene el tiempo de cierre óptimo en función de la tensión de la batería y del régimen de giro. Un ejemplo puede ser el siguiente figura 1.35:

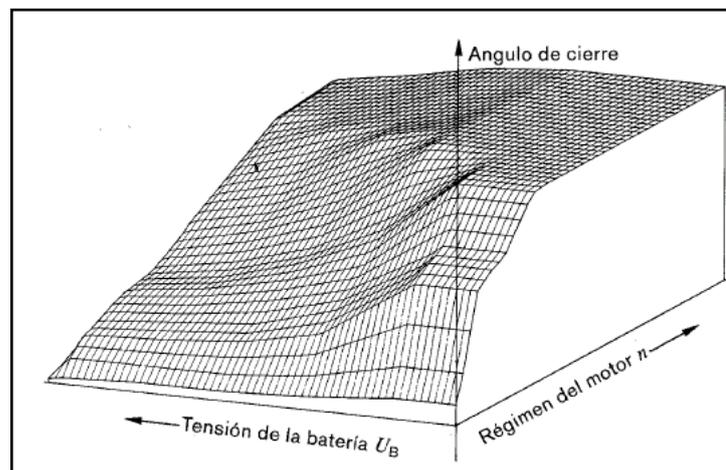


Figura 1.35: Mapa tridimensional del ángulo de cierre.

1.2 CONSTITUCIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO DIS.

El principio del motor de gasolina sigue siendo el mismo en los sistemas de inyección electrónica, es decir la mezcla de aire y combustible debe ser encendida por una bujía en el momento preciso para aprovechar la inercia del motor. La diferencia radica en que se suprimen los elementos mecánicos como el distribuidor, los platinos, variadores de avance y el eje de transmisión o arrastre del distribuidor. Ahora con la computadora del vehículo, sensores, bobinas especiales y sobre todo un módulo de encendido se logra cumplir este propósito de una manera más eficiente y ordenada.

Los componentes del encendido DIS con respecto a los componentes del encendido convencional varían constructivamente, pero en sí todos estos cumplen la misma finalidad dentro del funcionamiento del encendido; lógicamente que su desempeño es más exacto y preciso gracias a la aplicación de la electrónica en todos los parámetros de funcionamiento del sistema.

La figura 1.36 permitirá analizar los componentes del sistema DIS que se utilizó en el proyecto.

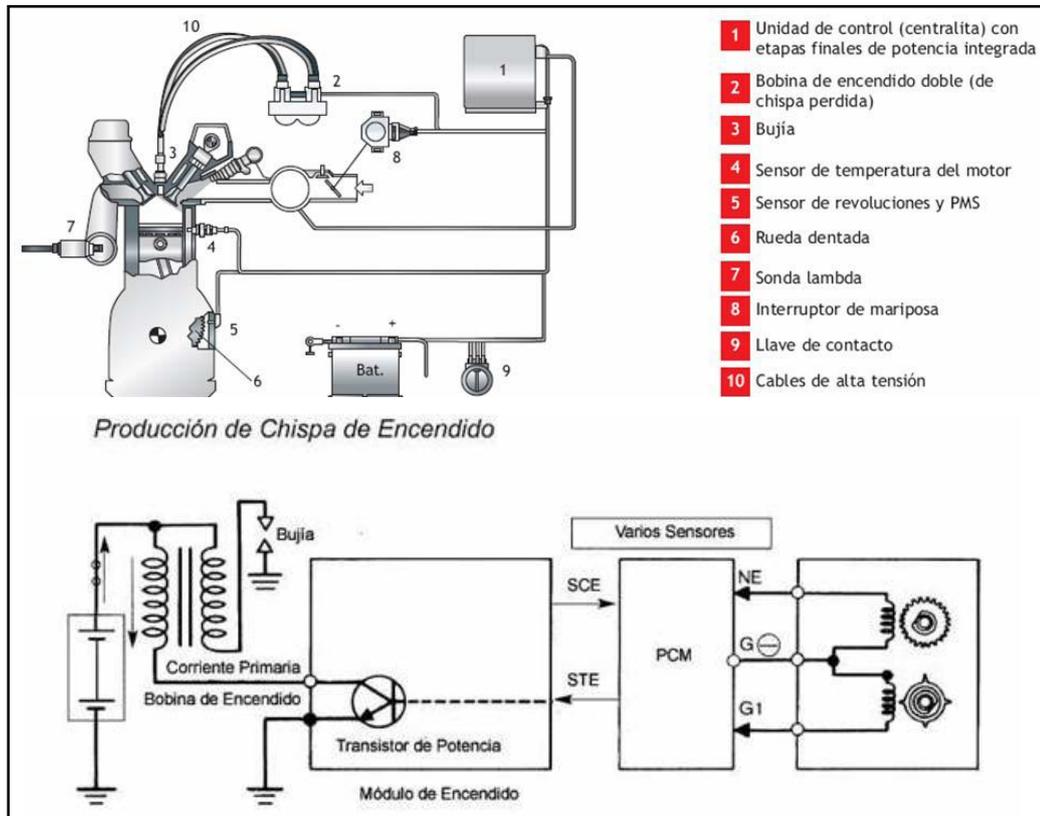


Figura 1.36: Componentes de encendido DIS y esquema eléctrico.

1.3 DISPOSITIVOS DE CONTROL DE EMISIONES.



Figura 1.37: Fuentes de contaminación en un vehículo.

Las emisiones automotrices no solo provienen de los gases que salen por el tubo de escape, estos corresponden aproximadamente solo al 60% de la contaminación emitida por el vehículo, el porcentaje restante corresponde en un 20% a las emisiones evaporativas de los depósitos de gasolina, como el tanque de combustible y la cuba del carburador y el otro 20% a los residuos de la combustión que escapan de la cámara hacia el interior del motor es decir a los vapores del cárter, figura 1.37.

No es suficiente mantener la correcta operación de los sistemas del automóvil para reducir los niveles de emisiones, para aprobar las exigentes normativas vigentes, se hace necesario la adopción de nuevos sistemas de control de emisiones a fin de disminuir la carga de polución producida por los vehículos, ya que esta alcanza aproximadamente el 70% de la contaminación del medio ambiente.

Para la disminución de las emisiones la industria automotriz ha planteado algunas alternativas, las cuales han aportado significativamente a este objetivo, estas son:

- Aumento de la eficiencia del motor
- Aumento de la eficiencia del vehículo
- Aumento de la eficiencia de manejo
- Limpieza de las emisiones producidas

La función primordial de los sistemas de control de emisiones es la de disminuir la salida de los gases contaminantes. Dentro de estos sistemas se resalta los más importantes.

1.3.1 Sistema de ventilación positiva del cárter PCV.

Durante el funcionamiento normal del motor ocurren fugas de compresión, aún en los autos nuevos 0 km, estas fugas de compresión

generan vapores de combustible y aceite, responsables de emisiones tóxicas. Estos vapores causan inconvenientes en el vehículo, pues la acumulación de estos a presión podría producir daños en los retenes.

La función del sistema de ventilación positiva del cárter es la de evacuar estos gases o vapores de combustión hacia el múltiple y posteriormente a la cámara de combustión para quemarlos completamente. La figura 1.38 indica el camino que siguen los gases hasta llegar a la admisión. Esto trae consigo no solo la disminución de los contaminantes sino también beneficios como:

- Evitará la contaminación del medio ambiente con vapores de aceite.
- Lubricará el eje de la mariposa.
- Lubricará el vástago-el platillo y el asiento de la válvula de admisión.
- Evitará exceso de presión dentro del cárter y no dañará los retenes.

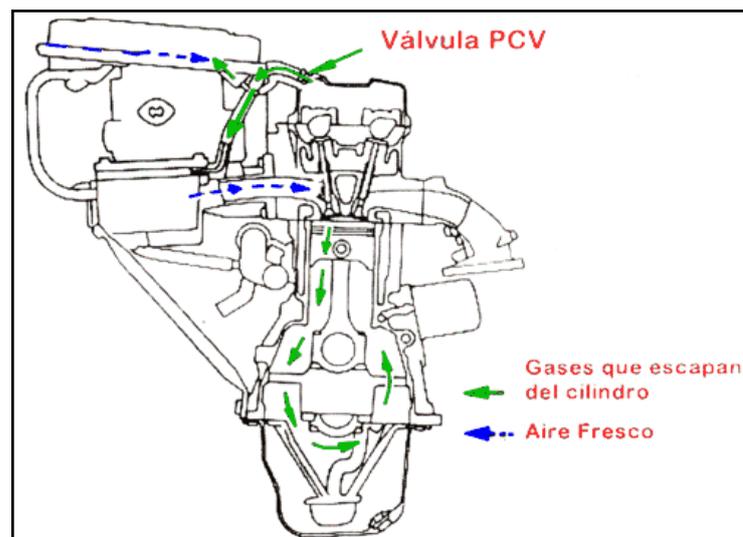


Figura 1.38: Sistema de ventilación positiva del cárter.

La válvula PCV está diseñada para compensar los requerimientos de ventilación del motor a diferentes velocidades del motor. La válvula es operada por el vacío en el múltiple el cual aumenta o disminuye de acuerdo al cambio de velocidad del motor.

La figura 1.39 presenta a la válvula PCV abierta, esto sucede cuando el vacío en el múltiple es alto (mariposa cerrada) se succiona el émbolo hacia delante, o sea, hacia el extremo del múltiple debido a la forma del émbolo, el flujo de vapor se reduce al mínimo. El bajo flujo de vapor es adecuado para los propósitos de ventilación y no se desajusta la relación de la mezcla aire-combustible.

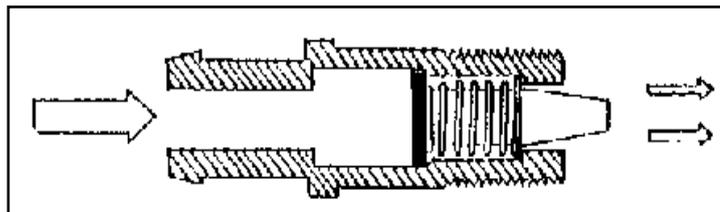


Figura 1.39: Válvula PCV abierta.

En la figura 1.40 se observa la válvula PCV en posición media, cuando el vacío en el múltiple es medio (mariposa media carga), el émbolo es atraído a la mitad del camino en el alojamiento. Esto permite el máximo flujo de vapor. Debido a que el motor necesita más mezcla aire-combustible a altas velocidades, la introducción de más vapor no afecta el funcionamiento.

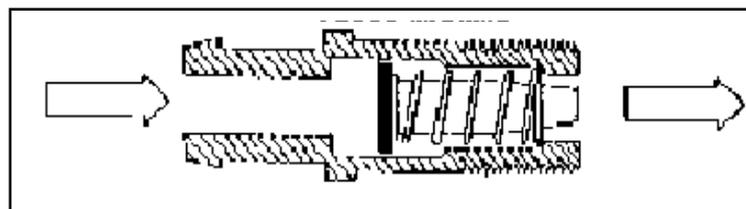


Figura 1.40: Válvula PCV posición media.

En el caso de contraexplosiones, la presión del múltiple de admisión obliga al retroceso del émbolo a la posición cerrada o posición de motor apagado. Esto evita que la flama de la contraexplosión llegue al cárter e inflame los vapores, figura 1.41.

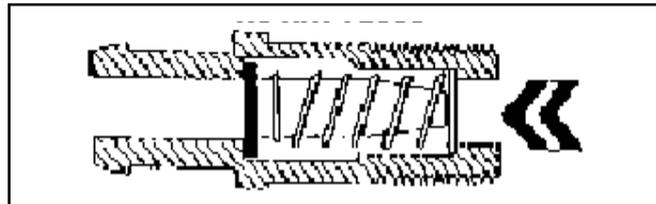


Figura 1.41: Válvula PCV cerrada.

1.3.2 Sistema de control de emisiones evaporativas EVAP.

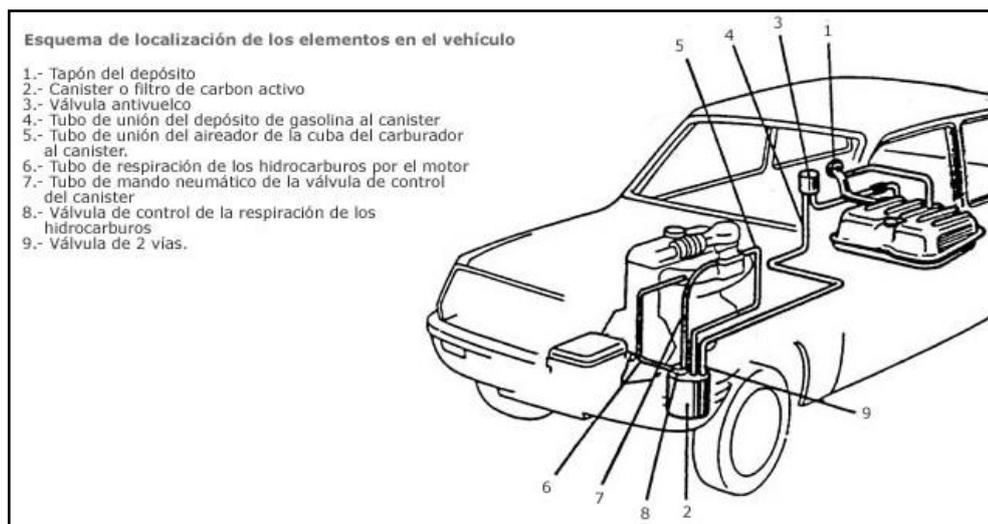


Figura 1.42: Sistema de control de emisiones evaporativas.

La gasolina es un compuesto muy volátil, inclusive a temperatura ambiente, y estudios realizados atribuyen a sus vapores el 20 por ciento de la contaminación total del vehículo.

La función del sistema es permitir la apropiada ventilación del sistema de combustible y evitar que los vapores generados en el tanque

de combustible salgan a la atmósfera, almacenándolos en el cánister o depósito de carbón activo, para que posteriormente redireccionarlos al múltiple de admisión para que puedan ser utilizados, figura 1.43.

El sistema de emisiones evaporativas permite de esta forma disminuir la emisión de hidrocarburos livianos, causantes de la formación de smog en la atmósfera.

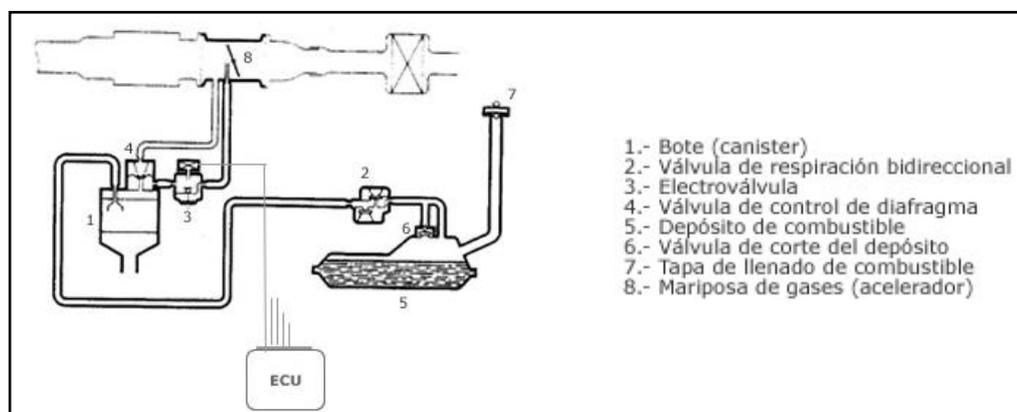


Figura 1.43: Esquema del sistema de emisiones evaporativas.

A la salida del tanque el sistema de control de emisiones evaporativas posee una válvula de respiración bidireccional (2) que libera la presión del tanque de combustible. Por medio de los conductos esta presión de vapor es dirigida al cánister (1), donde el carbón activo condensa los vapores.

La ECU controla el paso de gases a la admisión por medio de una válvula solenoide (3) ubicada en el conducto de salida del cánister, tiene también un conducto de aireación el cual permite regular la depresión que el múltiple ejerce con la válvula solenoide abierta, esto permite que el combustible sea arrastrado, junto con aire limpio al múltiple, enriqueciendo la mezcla.

1.3.3 Sistema de recirculación parcial de los gases de escape EGR.

Este sistema es uno de los más complejos e importante, su función primordial es la de disminuir la cantidad de óxidos de nitrógeno (NOx) producidos en altas concentraciones cuando las temperaturas de combustión excedan 2500 grados Fahrenheit.

El funcionamiento del sistema se basa en los gases de escape en la recirculación de parte de ellos hacia el múltiple de admisión. Los gases de escape son inertes, es decir, no reacciona con la gasolina o el gasóleo, al añadir una cierta cantidad de gas de escape, la mezcla disminuye el poder de detonación de la mezcla aire combustible, de esta manera se disminuye las altas temperaturas en la cámara de combustión.

La cantidad de gases recirculados depende del régimen y la carga. En el figura 1.44, la proporción de gas de escape en un motor de gasolina. En el eje vertical está la presión media efectiva (que coincide con el par motor en cada régimen) y en el eje horizontal está el régimen; en toda el área azul más clara no hay nada de recirculación de gas de escape. El área azul más oscura indica las condiciones de máxima recirculación de este motor: régimen entre 1.500 y 2.500 rpm, y muy poca carga.

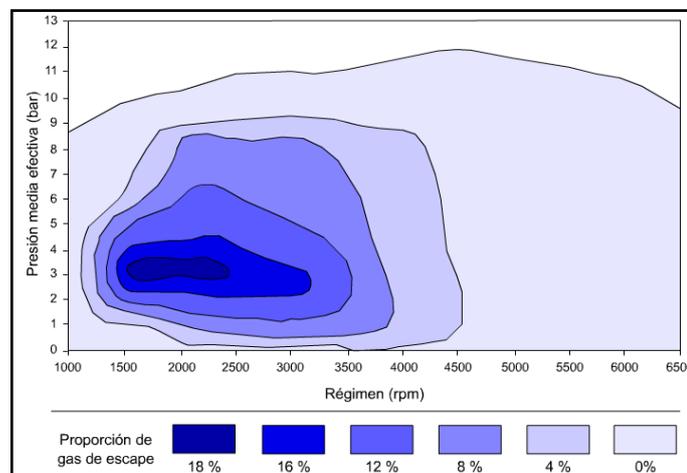


Figura 1.44: Gráfica de adición de gases de escape

La operación del sistema de recirculación parcial de gases de escape debe actuar en una línea muy fina entre un buen control de reducción de NOx y un desempeño del motor, es decir, La ECU debe garantizar la mezcla más precisa y adecuada para cada condición de funcionamiento.

Para que se logre el control diseñado de recirculación de gases de escape, el sistema usa los siguientes componentes enunciados en la figura 1.45.

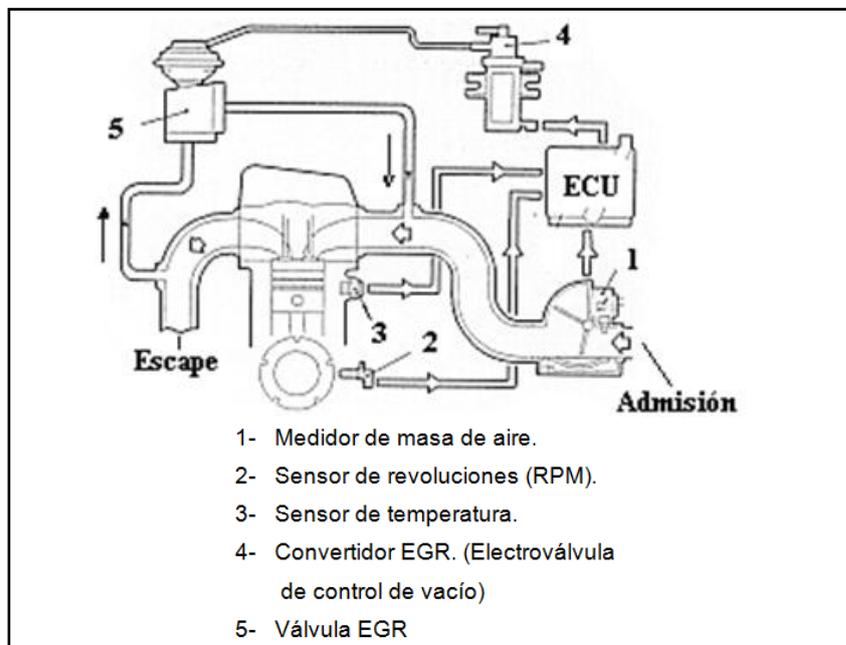


Figura 1.45: Esquema del sistema de recirculación de gases.

1.3.4 El Convertidor Catalítico.

La función del convertidor catalítico o catalizador en un motor de combustión interna es la de controlar y reducción de los gases nocivos expulsados hacia la atmósfera, generando en su interior una combustión de baja presión y por reacciones químicas de sus componentes. Específicamente evita la salida de más de un 90% de CO, HC y NOx.

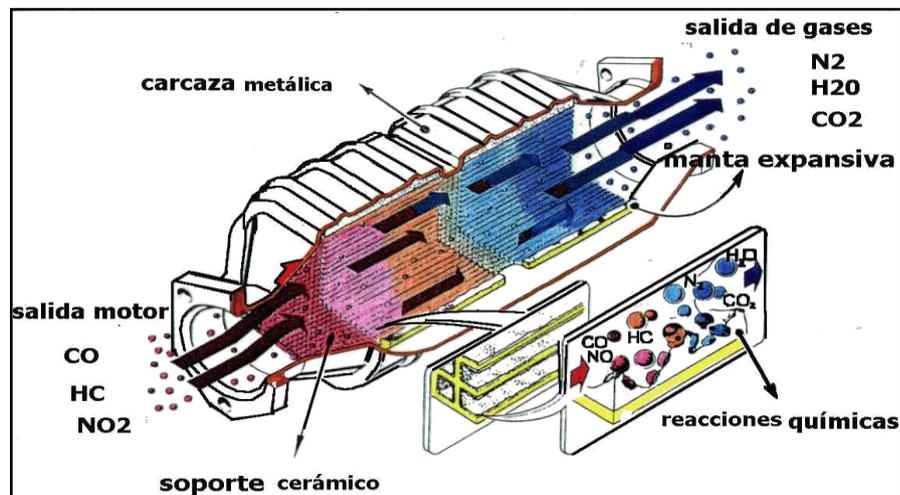


Figura 1.46: Reacciones del catalizador.

El catalizador, figura 1.46, está situado en el escape, antes del silenciador y consiste en una malla cerámica de canales longitudinales revestidos de materiales nobles como platino, rodio, etc., que permiten realizar en su interior dos reacciones de oxidación:



Y una de reducción



De esta forma, un vehículo puede estar equipado con un catalizador de oxidación o con dos catalizadores, uno de reducción seguido de uno de oxidación, o con un catalizador de tres vías que hace las tres reacciones pero en una sola unidad.

CAPÍTULO 2

2. REPOTENCIACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA DEL MOTOR G16 1600 DEL VEHÍCULO CHEVROLET LUV 1977.

2.1 ANTECEDENTES.

La misión de la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, es formar profesionales teórico prácticos de excelencia, con capacidad de conducción y liderazgo, que impulsen el desarrollo de país.

La Carrera de Ingeniería Automotriz, forma profesionales calificados para la construcción, repotenciación y mantenimiento de sistemas automotrices.

El tema de proyecto responde al deseo de realizar una investigación de la adaptación de sistemas electrónicos de alimentación de gasolina y un sistema electrónico de encendido a vehículos que cuentan con encendido convencional y alimentación por carburador.

El avance tecnológico que se tiene hoy en día permite aplicar nuevas formas de mejorar el rendimiento de los motores convencionales así mejorando de una mejor manera el ahorro de energías no renovables.

2.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER.

La adaptación de un sistema electrónico de alimentación a vehículos que cuentan con carburador responde a la necesidad de buscar un mejoramiento del rendimiento en los parámetros de trabajo de un motor de combustión interna.

La evaluación de este sistema de inyección electrónica muestra resultados que se pueden evaluar como son el mejoramiento y aumento de la potencia y el torque así como la disminución del consumo de combustible que está estrechamente relacionado con la reducción de emisión de gases.

La realización de este proyecto es muy importante ya que el estudio de este tema logrará crear una cultura de investigación que hoy en día no se puede descuidar la parte de eficiencia del motor de combustión interna sacándole el mejor provecho con un menor consumo de combustible.

2.3 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.

Realizar la repotenciación de los componentes mecánicos y electrónicos del motor G16 1600 cc del vehículo Chevrolet LUV 1977 para mejorar sus parámetros característicos.

2.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO.

- Diseñar y construir un sistema de admisión de combustible para mejorar los parámetros de funcionamiento del motor.
- Realizar pruebas de desempeño mecánico del motor G16 1600 cc cuando opera con carburador y encendido convencional, luego realizando las mismas pruebas cuando ya está operando .con un sistema de inyección electrónica de gasolina y encendido electrónico sin distribuidor.
- Reducir el accionamiento mecánico del sistema de distribución de encendido por un sistema electrónico de encendido sin distribuidor.

- Realizar la adaptación de elementos mecánicos y electrónicos para mejorar la potencia y aumentar el torque, con la reducción del consumo de combustible y la disminución de la emisión de gases contaminantes.
- Contribuir a mantener un medio ambiente más favorable para futuras generaciones.
- Ahorrar costos de mantenimiento en estos sistemas.
- Satisfacer las necesidades de los propietarios de vehículos del norte del país sobre el ahorro de combustible y mejor rendimiento de este tipo de vehículos.

2.5 METAS DEL PROYECTO.

Con la culminación del proyecto se consiguió lo siguiente:

- La implementación de un sistema de inyección electrónica en el motor G16 del vehículo Chevrolet LUV 1977.
- Elevar la potencia y el torque motor G16 del vehículo Chevrolet LUV 1977.
- Mejorar la combustión en el cilindro con fin de disminuir el consumo de combustible, además de la reducción de la emisión de gases contaminantes, aprobando la normativa dentro de los parámetros impuestos por la CORPAIRE.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MOTOR G16 1600.

2.5.1 Dimensiones y reglajes.

Tabla 2.1: Especificaciones técnicas del motor G16.

Motor	G161Z
Año	75-93
Cilindrada	1584 cc
País de origen	Japón
Número de cilindros	4
Diámetro	82 mm
Carrera	75 mm
Orden de encendido	1-3-4-2
Combustible	Gasolina 85 octanos
Alimentación	Carburador Solex
Refrigeración	Circuito cerrado
Reglaje de válvulas	Admisión: $0,15 \pm 0,05$ mm en Frío Escape: $0,25 \pm 0,05$ mm en Frío
Avance inicial del encendido	6° apms
Separación de electrodos bujías	0,75 mm
Ralentí	700 rpm
Encendido	Distribuidor y platinos

Tabla 2.2: Torques y aprietes para el armado del motor G16.

Culata	
1er Apriete	25 lb.pie
2do Apriete	50 lb.pie
3er Apriete	75 lb.pie
Bancada	72 lb.pie
Biela	33 lb.pie
Volante	69 lb.pie
Polea	85 lb.pie
Tapa de válvulas	5 lb.pie
Tapa del cárter	5-8 lb.pie

2.6 CONSIDERACIONES PARA LA ADAPTACIÓN.

Para la instalación y adaptación del sistema de alimentación de inyección electrónica en el vehículo Chevrolet LUV 1977, se debe tener en cuenta algunas consideraciones importantes antes de la modificación, las cuales se detallaran a continuación.

2.6.1 Espacio en el habitáculo del motor.

Uno de los puntos más importantes a tomar en cuenta es el espacio disponible en el habitáculo para instalar los diferentes componentes del sistema de inyección electrónica, como son: el colector de admisión de aire, la nueva bobina de encendido, el riel de inyectores, el regulador de presión de inyección, las cañerías de alta presión, el estrangulador de aire, el nuevo depurador con sus conductos, los diferentes sensores y actuadores necesarios para el funcionamiento del sistema de inyección.

En la figura 2.1, se observa que se dispone de suficiente espacio en el habitáculo del motor Isuzu G16 para realizar la adaptación e instalación de los componentes mecánicos así como de los componentes electrónicos.



Figura 2.1: Habitáculo del motor.

2.6.2 Consideraciones para la adaptación del sistema de inyección electrónica MPFI.

Para la adaptación del nuevo sistema de inyección se hizo un análisis profundo, considerando los diferentes sistemas de inyección multipunto MPFI, en cuanto a fiabilidad, rentabilidad, compatibilidad y disponibilidad en el mercado. En consecuencia, se determinó finalmente que el sistema más adecuado para los fines planteados es el sistema diseñado por General Motors e implementado en el vehículo Corsa Wind 1600 cc.

En la figura 2.2, se puede observar los distintos componentes del sistema de inyección electrónica MULTEC- MPFI.

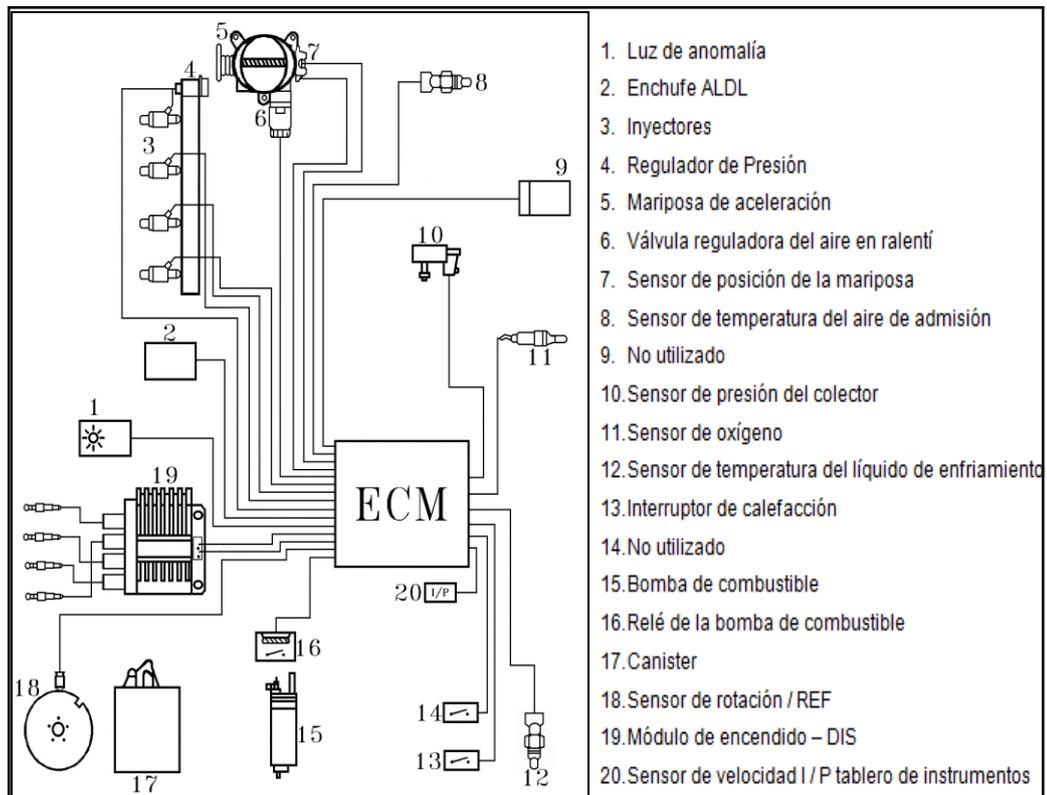


Figura 2.2: Sistema de inyección MULTEC-MPFI.

a. Existencia de autopartes en el mercado nacional.

La marca Chevrolet con su modelo Corsa Wind 1600 cc fue uno de los vehículos mejor vendidos en el Ecuador, por lo que la disponibilidad de repuestos no es un problema a la hora de reemplazar elementos averiados debido a su funcionamiento, figuras 2.3 y 2.4.

Para el propietario de un vehículo el costo de reparación y mantenimiento es un factor primordial en el momento de elegir la marca o el modelo, por lo que este sistema se anota un punto más a su favor, pues en comparación con el resto de sistemas disponibles en el mercado, es uno de los más accesibles.



Figura 2.3: Elementos que conforman el sistema de inyección electrónica.



Figura 2.4: Unidad de control electrónico (ECU).

b. Existencia de equipos y maquinaria compatibles para el diagnóstico y mantenimiento del sistema de inyección electrónica a implementarse.

Para poder determinar fallas en el sistema es necesario disponer de los equipos que permitan realizar un mantenimiento y diagnóstico efectivo además de un personal técnico capacitado en estos sistemas de inyección electrónica, figura 2.5.

Para realizar una reparación en el sistema implementado, el uso del escáner es un respaldo fundamental para la detección de averías mediante los códigos de falla o DTC que envía la ECU. En el mercado ecuatoriano un sin número de fabricantes de escaners ofrecen su producto, desde sistemas de básicos, de bajo costo, hasta completos escaners con opciones más avanzadas, pero lo importante es que la mayoría sean compatibles con la marca.



Figura 2.5: Talleres que pueden realizar mantenimiento.

La mayoría de talleres están relacionados con la marca, por lo que el mantenimiento y reparación del sistema se lo puede realizar en cualquier taller especializado en sistemas de inyección electrónica que cuenten con escaners universales que soporten protocolos de diagnóstico a bordo, figura 2.6.



Figura 2.6: Pantalla del Escáner LAUNCH.

c. Compatibilidad del sistema de inyección del Corsa Wind 1600 cc con el motor Isuzu G16.

El parámetro más importante que se debe considerar para la adaptación es el cilindraje, puesto que el volumen de aire absorbido por los dos vehículos, que poseen los sistemas en cuestión, son similares. Esto significa que la misma cantidad de aire ingresa, tanto en un cilindro de la camioneta Chevrolet LUV como en un cilindro del automóvil Corsa 1600. La diferencia radica en la exactitud de preparación de la mezcla aire combustible.

2.7 DESMONTAJE DEL MOTOR ISUZU G16.

Para la realización de la repotenciación del motor es necesario el desmontaje de todos los sistemas adicionales, como son: el sistema de encendido, sistema de alimentación, sistema de refrigeración, sistema de lubricación, sistema eléctrico, distribución, transmisión, etc., generando un diagnóstico meticulado en cada uno de ellos, para evitar que fallas en sistemas accesorios influyan en el desarrollo del proyecto.

Contar con las herramientas adecuadas es fundamental para la consecución de óptimos resultados, además del orden y la limpieza. Estos factores influyen directamente en la calidad del trabajo realizado, figura 2.7.

La obtención de manuales de taller para la reparación resulta ser un gran respaldo, por lo que, se tratará de guiar en lo posible por manuales, ya que contienen tablas de torques, apriete y procesos organizados.



Figura 2.7: Herramientas para el desmontaje.

2.7.1 Desmontaje del sistema eléctrico original.

Antes del desmontaje del sistema eléctrico considerar algunas precauciones para evitar posibles cortocircuitos que pueden producirse al manipular herramientas metálicas o la puesta a masa de cables alimentados con voltaje lo primordial es desconectar el sistema eléctrico, figura 2.8.



Figura 2.8: Desconexión y desmontaje de la batería.

Las precauciones que se tomarán con respecto al sistema eléctrico son:

- Para evitar corto circuitos, desconectar los bornes de la batería para eliminar la alimentación del circuito eléctrico.
- Si se va a efectuar servicios de soldadura quite las unidades de mando, podría causar averías en los circuitos internos, además estas son sensibles a temperaturas superiores a 60°C.

- Tener muy en cuenta la ubicación los cables, sockets, arnés; y en caso de duda, señalarlos cuidadosamente. La conexión incorrecta podría causar daños en los componentes del sistema

Luego de tener en cuenta estas precauciones, se procede a retirar todos los elementos, con llaves y destornilladores adecuados, como ya se dijo, la batería en primer lugar con el fin de evitar cortocircuitos.

Retirar los cables de alta tensión, de bujías y el de la bobina de encendido, además de las bujías para su reemplazo por los sugeridos para el sistema DIS.

Como se ve en la figura 2.9, la bobina y el distribuidor son elementos que se suplantarán por el módulo de encendido DIS y la ECU respectivamente. La extracción se la realizará quitando los pernos de las bases.



Figura 2.9: Desmontaje del distribuidor de encendido.

Retirar el cableado que alimenta este sistema para la reubicación y reorganización del mismo señalando adecuadamente los terminales de conexión.

2.7.2 Desmontaje del sistema de alimentación.

Ser muy cuidadosos al desmontar este sistema debido a la presencia de combustible, podrían producirse derrames que podrían causar incendios o inclusive explosiones, produciendo daños a algunos elementos del vehículo y también lesiones personales.

- Liberar la presión que existe en el circuito de cañerías; con esto se evitará derrames.
- Durante las modificaciones en el sistema de alimentación mantener las fuentes de ignición alejadas. Evite Chispas.
- Si existen fugas, colocar un recipiente en el que se pueda recolectar el combustible en lugares donde pueda derramarse al momento de desacoplar cañerías o mangueras.
- Luego de desacoplar las mangueras, filtros de combustible y cañerías, proceder al desmontaje del tanque de combustible para realizar las adecuaciones para la bomba eléctrica de combustible del nuevo sistema de inyección.

Para desmontar del carburador, figura 2.10, desconectar las mangueras de vacío, el cable de control de la mariposa de aceleración y el mecanismo de entrada de aire adicional. Una vez libre el carburador, se extrae todos los pernos de sujeción del depurador y del múltiple de admisión.



Figura 2.10: Desmontaje del carburador.

Desacoplar la bomba mecánica, la cual se suprimirá y suplantará posteriormente por la bomba de combustible eléctrica. Retirar pernos y tornillos que la ligan al motor.

2.7.3 Desmontaje del sistema de refrigeración.

Existen procedimientos que seguir al momento de desacoplar este sistema, a pesar de que no parezcan existir mayores inconvenientes para la seguridad, al momento de hablar del sistema de refrigeración, podrían ocurrir accidentes si no se toma en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Dejar enfriar el motor completamente antes de la evacuación del líquido refrigerante, ya que así se evitarán quemaduras.
- Verificar el estado de las cañerías y el sistema de refrigeración en general. Si existen fugas o fallas, reemplace el elemento por uno de características similares, para evitar el mal funcionamiento del mismo.
- Utilizar recipientes para la evacuación del líquido refrigerante para evitar que el piso se torne resbaladizo.

Luego de la evacuación del líquido refrigerante se procede al desmontaje de los elementos del sistema de refrigeración, desconectando mangueras y cañerías, se extrae los elementos mecánicos: el radiador, bomba de agua y termostato, figura 2.11.



Figura 2.11: Evacuación líquido refrigerante.

2.7.4 Desmontaje del sistema de admisión de aire.

Para desmontar el depurador se debe desconectar las cañerías de vacío, aflojar y retirar los pernos de sujeción del mismo.



Figura 2.12: Desmontaje del depurador.

Después de sacar el depurador, figura 2.12, es más fácil acceder al múltiple de admisión, retirando los pernos que lo ensamblan al cabezote, se procede a la extracción del múltiple figura 2.13.

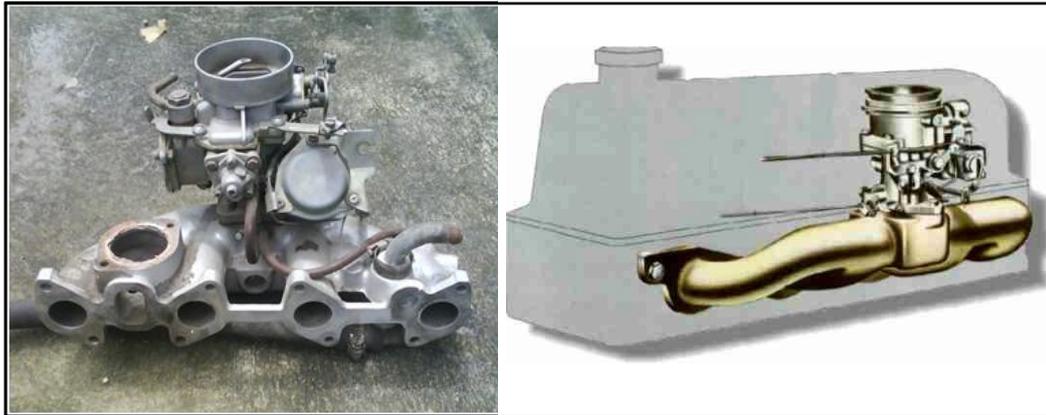


Figura 2.13: Ubicación del múltiple de admisión.

2.7.5 Desmontaje del motor.

Aflojar los pernos de las bases del motor y de la carcasa de la caja de velocidades para proceder a la extracción. Cuidadosamente y ayudados de un elevador o tecla se procede a elevar el motor. Utilizando un punzón se separa al motor de la caja de velocidades hasta que la flecha de mando de la caja quede libre.

Para el manejo del elevador o tecla se utiliza cadenas que soporten altos esfuerzos para evitar accidentes, además se debe analizar la ubicación de las mismas para evitar que el motor resbale, deforme o rompa partes estructurales.

Verificar que cables, mangueras y cañerías se encuentren completamente desconectados del motor para evitar la ruptura de los mismos durante la extracción del motor, figura 2.14.



Figura 2.14: Desmontaje del motor.

Una vez retirado el motor del habitáculo, se lo ubica en la mesa de trabajo, estabilizándolo para el desarme completo de sus partes.

La tapa de válvulas se desmonta aflojando y retirando los pernos de sujeción de la misma que en este caso son cuatro, teniendo cuidado de no dejar caer las arandelas ya que estas son particulares y no son reemplazables, como muestra la figura 2.15.



Figura 2.15: Desmontaje de la tapa de válvulas.

Para desmontar el cabezote, desacoplar el mecanismo de distribución, para esto es necesario fijar los puntos que indican 0° de giro del cigüeñal y del árbol de levas, con esto no se perderá la sincronización del motor para la apertura de válvulas en el momento exacto de la carrera del pistón. Este proceso de marcado es importante en el momento de desarmado y para el calaje de la distribución en el momento del armado.

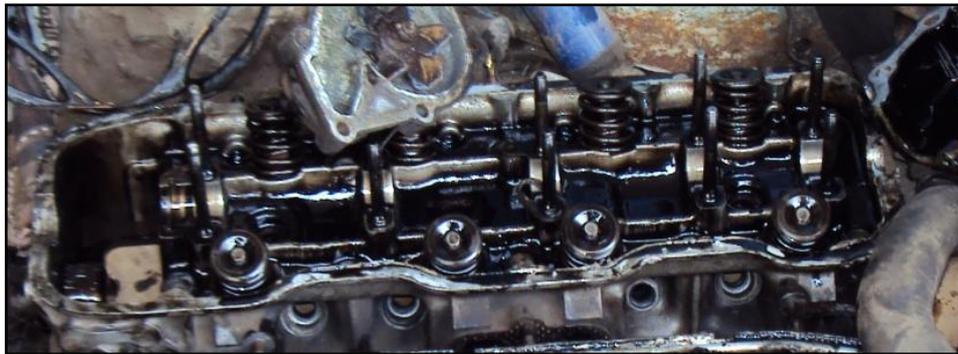


Figura 2.16: Desmontaje del cabezote.

Retirar los elementos que van acoplados al sistema de distribución, como el tensor de la cadena, cadena, piñones, tren de balancines, árbol de levas y pernos que lo fijan al bloque de cilindros mediante los muñones, figuras 2.16 y 2.17.



Figura 2.17: Órganos de distribución desmontados.

Para retirar las válvulas se necesita un compresor de resortes de válvulas con el que se procede a su extracción, figura 2.18. Esta herramienta permite comprimir los resortes para la remoción de los retenedores de los platillos portaseguros, que permitirán liberar el mecanismo para la extracción de sus elementos: retenedores, resortes de retracción y platillos portaseguros.



Figura 2.18: Remoción de válvulas.

Una vez desalojado el cabezote, retirar los demás sistemas acoplados al block, sistema de carga y de arranque.

Para proceder a la rectificación del block es necesario retirar el tren motriz para dejar libre el block, figura 2.19. La extracción del cigüeñal y los pistones se la realizará con las precauciones adecuadas para evitar rayaduras profundas en los cilindros.



Figura 2.19: Block vacío del motor.

2.8 REPOTENCIACIÓN MECÁNICA DEL MOTOR G16.

La repotenciación mecánica es un proceso que se debe realizar concienzudamente, pues al trabajar en las modificaciones sobre la estructura y diseño del motor, se puede debilitar sus características, lo que traería como consecuencia la tempranera fatiga de los elementos.

Tener en cuenta que los parámetros que se va variar afectarán directamente a la combustión del motor que al final de la repotenciación se analizará cuidadosamente.

Para conseguir el aumento de potencia en el motor G16 se han considerado algunas opciones para este objetivo, las cuales se detallan a continuación.

2.8.1 Aumento de la cilindrada.

Existen varios caminos para lograr aumentar la cilindrada, se consideró que, el más fácil y conveniente es el aumento en el diámetro del cilindro. Para esto se tomarán en cuenta algunos aspectos como:

- Existencia en el mercado de pistones sobremedida.
- Propiedades del pistón físicas y mecánicas similares a las del reemplazo, para permitir la correcta dilatación en el cilindro, además de la durabilidad del original.
- Diseño y dimensiones afines al de reemplazo para permitir la apertura libre de las válvulas y la instalación del bulón con el ajuste exacto.

El aumento de cilindrada por este procedimiento, es el que menos compromete la armonía de los mecanismos del motor por lo que se consideró ser el más efectivo y consiste en rebajar las paredes del cilindro por medio de una rectificadora, como indica la figura 2.20. Basta solo pocos milímetros para los resultados se muestran en el rendimiento del motor.

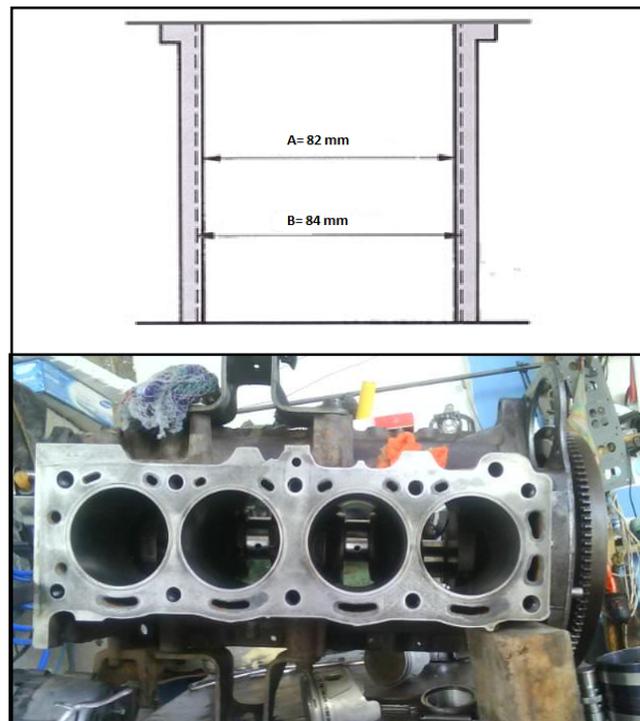


Figura 2.20: Proceso de rectificado.

El diámetro del cilindro original del motor G16 es de 82mm de diámetro, se lo rectificará hasta llegar a una medida de 84mm de diámetro. Esta medida se ha tomado en base a manuales los cuales hacen referencia al motor G18, que además de cumplir con nuestra exigencia, el pistón aumenta sus dimensiones únicamente en el diámetro, haciéndolo completamente compatible para nuestra adaptación.

Con la modificación del diámetro es necesario instalar pistones nuevos de igual manera segmentos correspondientes, figura 2.21.



Figura 2.21: Pistón del motor G18.

Cabe recalcar que en el cambio de pistones el diámetro del orificio para el bulón es el mismo, tanto en el pistón para el motor G16 como para el G18, y funcionará con las mismas bielas para no variar la carrera del pistón, La figura 2.22 indican los brazos de biela.



Figura 2.22: Biela original del motor G16.

2.8.2 Aumento en el diámetro de las válvulas.

Al aumentar el diámetro del cilindro y tener pistones nuevos, se generará más succión de mezcla aire combustible por cada cilindro, lo cual se compensa en la entrada de aire aumentando el diámetro de las válvulas de admisión, las cuales comandan la apertura y cierre de los conductos de entrada y salida de la mezcla aire combustible y los gases de escape respectivamente, figura 2.23.

Lo que se busca con el cambio de válvulas es permitir una mayor respiración al motor, ya sea aumentando el diámetro de las válvulas o la altura del vástago, para levantarlas más. Estas modificaciones deben realizarse previa la comprobación de que las válvulas no toquen al pistón durante su movimiento alternativo. Podrían causar severos daños durante el funcionamiento del motor.



Figura 2.23: Válvulas de admisión y escape sustituidas.

Las válvulas que se ha previsto para el recambio, son las del motor Isuzu 2300, figura 2.24. En la siguiente tabla 2.3 se observa las dimensiones características de las válvulas de motor G16 comparadas con las medidas de las válvulas del motor Isuzu 2300.



Figura 2.24: Izquierda válvulas nuevas Isuzu 2300, derecha válvulas G16.

Tabla 2.3: Dimensiones de las válvulas del motor G16 y del motor Isuzu 2300.

Especificaciones		G16	Isuzu 2300
Diámetro de la cabeza de válvula	Admisión	42,4 mm	42,4 mm
	Escape	34 mm	36 mm
Longitud de Válvulas	Admisión	109,6 mm	110,5 mm
	Escape	110,8 mm	110,1 mm
Diámetro del Vástago de la Válvula	Admisión	8 mm	8 mm
	Escape	8 mm	8 mm

En resumen de la tabla se aprecia que las válvulas el motor Isuzu 2300 ofrecen una mejor respiración del motor. Las de admisión por tener una mayor alzada gracias al incremento en el largo del vástago y las de escape por tener un incremento en el diámetro de la cabeza de la válvula.

Al tener nuevas medidas es necesario el cambio de asientos de las válvulas así como también el remplazo de sellos y guías de válvulas en la culata del motor G16 en cuanto a la altura se puede compensar con el reglaje de las mismas que es de forma mecánica rigiéndose al manual de las válvulas nuevas para respetar la dilatación de las mismas.

2.8.3 Adaptación del múltiple de admisión.

Debido a la incompatibilidad el múltiple de admisión del Corsa 1600 con el motor G16, debido a que la distancia y el diámetro entre los conductos del múltiple y del cabezote son diferentes, se ha visto la necesidad de la adaptación de un nuevo múltiple que permita el alojamiento de los inyectores con el riel.

Para la construcción de un nuevo múltiple de admisión, se ha tomado en cuenta algunas discreciones detalladas a continuación y en la figura 2.25:

- Diámetro y separación de los orificios del cabezote para entrada de aire y agua.
- El ángulo de pulverización y la ubicación de los inyectores.
- El espacio disponible para el cuerpo de aceleración, depurador y sensores.

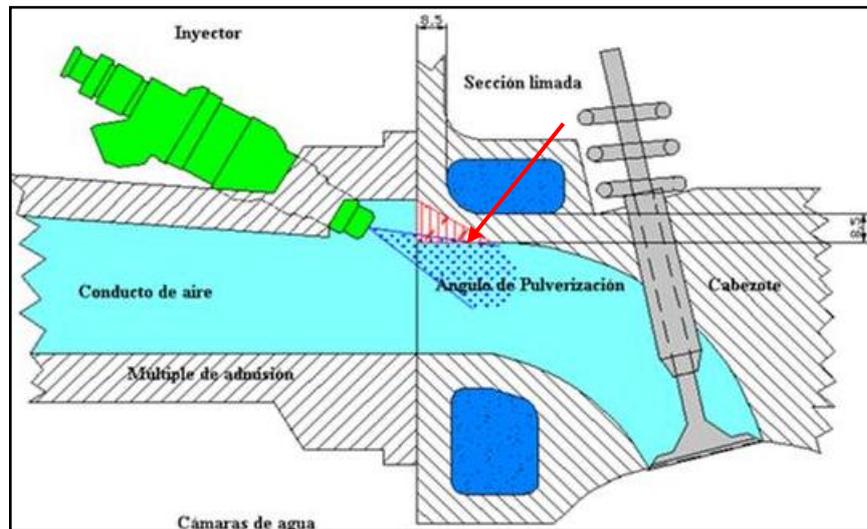


Figura 2.25: Esquema de ensamble del múltiple de admisión al cabezote.

2.8.4 Supresión de elementos del encendido convencional.

Prácticamente el sistema de encendido convencional de la figura 2.26, queda obsoleto y fue reemplazado todos sus componentes por los del encendido electrónico. Por este motivo se procederá a la remoción de los siguientes elementos:

- Bobina de encendido convencional.
- Distribuidor.
- Platino.
- Condensador.
- Cables de alta tensión de encendido convencional.
- Bujías de encendido convencional.

El nuevo sistema de encendido trae consigo elementos más complejos, pero eficientes, cuyo objetivo es mejorar el encendido en el vehículo para hacer la combustión más limpia y optimizar las prestaciones del motor.



Figura 2.26: Elementos del sistema de encendido convencional suprimidos.

2.8.5 Supresión en el sistema de alimentación de combustible.

Al igual que el sistema de encendido, el sistema de alimentación es el que recibe la mayoría de las modificaciones, el reemplazo casi total de sus componentes que permitirá la instalación del nuevo sistema de inyección electrónica de combustible.

Los elementos se suprimen del sistema de alimentación son los siguientes:

- Bomba mecánica de combustible.
- Filtro de combustible.
- Carburador.
- Cañerías de baja presión.

2.8.6 Supresión en el sistema de refrigeración.

Para las modificaciones en el sistema de refrigeración es necesaria la implementación de una base para el termostato provista de un alojamiento para los sensores de temperatura de refrigerante, tanto el ECT que necesita la ECU para el cálculo de la inyección como el sensor de información para el tablero de instrumentos.



Figura 2.27: Elemento del sistema de refrigeración suprimido.

2.8.7 Supresión en el sistema de admisión de aire.

En la repotenciación mecánica del motor se detalla las circunstancias para descartar los múltiples de admisión de los dos sistemas de alimentación en cuestión, la figura 2.28 muestra el múltiple original del motor G16 y en la figura 2.29 se observa el múltiple adaptado al sistema de inyección electrónica.



Figura 2.28: Elemento del sistema de admisión de aire suprimido.

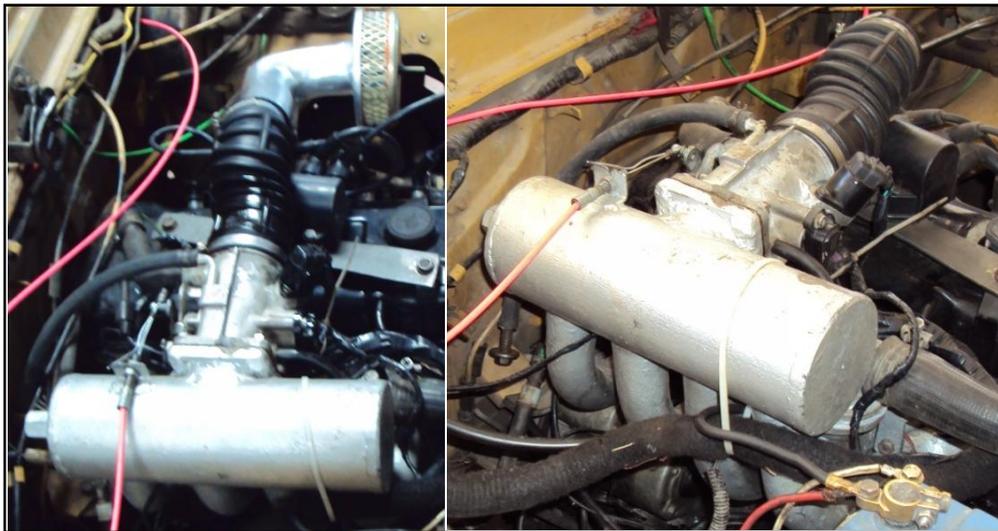


Figura 2.29: Adaptación del Múltiple de Admisión.

2.9 REPOTENCIACIÓN ELECTRÓNICA.

En la adaptación de elementos sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica, se ve la necesidad de buscar los lugares adecuados para instalación de los mismos, además de proveerlos de bases para su soporte.

2.9.1 Adaptación del sensor EGO.

El motor G16 y su múltiple de escape específicamente, no está dotado de un orificio de alojamiento para el sensor EGO. Entonces la instalación de este sensor requiere un trabajo mecánico el cual se detalla a continuación.

El sensor de oxígeno es un sensor muy importante ya que permite la corrección de la mezcla aire combustible por medio de la señal que este envía a la ECU. Es decir que actúa indirectamente, por medio de la ECU regulando el ancho de pulso de inyección. Este sensor está ubicado directamente en el colector o múltiple de escape.

Identificar el lugar adecuado para el correcto funcionamiento del sensor, además de tomar en consideración el espacio disponible en el vehículo.

Seleccionar y preparar las herramientas a utilizar para la realización del orificio de alojamiento del sensor, entre ellas: brocas, taladro industrial, suelda, limas y limatones.

Por medio de un taladro industrial proceder a la perforación del múltiple con una broca de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

Luego de este procedimiento proceder a eliminar rebabas por medio de limas y limatones como indica la figura 2.30.



Figura 2.30: Eliminación de irregularidades.

Proceder a comprobar si el espesor del múltiple en donde fue realizado el orificio permite el correcto funcionamiento del sensor. En este caso el espesor no permite que el sensor penetre completamente, lo que afectaría en la medición del mismo. Lo que llevo a rebajar este espesor por medio de una amoladora manual.

Para su alojamiento, acoplar al múltiple una tuerca para la fijación del sensor lo cual se realiza por medio de suelda. Hay que asegurar que el diámetro y paso de la rosca sea el mismo del sensor EGO, En la figura 2.31 se observa el sensor montado en su alojamiento.



Figura 2.31: Sensor EGO instalado.

Nota: El enfriamiento de la suelda se realiza al ambiente ya que el múltiple de escape es de hierro fundido, y no someterlo a cambios bruscos de temperatura para evitar golpes térmicos que dañarían el elemento.

2.9.2 Adaptación de la bomba eléctrica de combustible

El sistema de alimentación que se va a instalar en el vehículo, requiere la adecuación de algunos elementos. En este caso se instalará la bomba de gasolina eléctrica dentro del tanque de combustible original de la camioneta Chevrolet LUV, para lo que hay que seguir algunos pasos detallados a continuación.

Para la instalación de la bomba eléctrica de combustible, se debe desmontar el tanque de combustible y evacuarlo completamente con el fin de evitar la ignición a causa de residuos o vapores de combustible.

Realizar un análisis del lugar de ubicación de la bomba, teniendo en cuenta el espacio necesario para instalar el cuerpo de la bomba y los demás componentes (filtros mangueras y cañerías).



Figura 2.32: Conjunto bomba de combustible.

Generar un orificio para la inserción de una caladora y cortar un agujero, como se observa en la figura 2.33, para la inserción de la bomba de combustible, este debe tener el diámetro correspondiente para el sellado hermético.



Figura 2.33: Corte del orificio para alojamiento de la bomba de combustible.

Finalmente asegurarse de que el sellado sea hermético para evitar derrames y fugas de combustible o vapores de este.

2.9.3 Adaptación de poleas y sensores de giro.

La adaptación del sensor CKP es una de las más importantes adaptaciones, pues de este dependerá el correcto funcionamiento del motor.

Empezar con la polea del cigüeñal, instalar una polea dentada que se muestra en la figura 2.34, este componente es original del sistema de inyección electrónica MPFI del vehículo Corsa Wind 1600, el cual indicará el ángulo de giro, el ángulo de avance de la chispa y las rpm del motor.



Figura 2.34: Polea del cigüeñal del sensor CKP.

Tener en cuenta que la base donde se aloja el sensor CKP, debe ser regulable, para permitir sincronizar el adelanto o retraso del avance al encendido.



Figura 2.35: Sensor CKP.

2.9.4 Adaptación de dispositivos electrónicos.

Una vez armado el block con el tren motriz y respectivos accesorios, instalar los elementos que van en la culata de cilindros.

Para la sincronización de la distribución, se hace coincidir los puntos de referencia marcados en las poleas. Este procedimiento es importante para el funcionamiento del motor, si se lo realiza de forma incorrecta jamás encenderá.

Para la instalación de la cadena es importante comprimir al máximo el tensor.

Una vez sincronizados los puntos con la cadena, se libera el tensor y se verifica que los puntos de sincronización no se hayan desplazado. Una vez hecho esto, ajustar la tuerca que fija al piñón del árbol de levas y a la tuerca que acopla a la polea del cigüeñal.

Calibrar válvulas según las especificaciones del fabricante y colocar la tapa válvulas.

Para terminar, proceder al montaje del motor en su respectivo habitáculo.

Continuar montando el nuevo múltiple de admisión, figura 2.36, sujetándolo al cabezote con sus respectivos pernos.

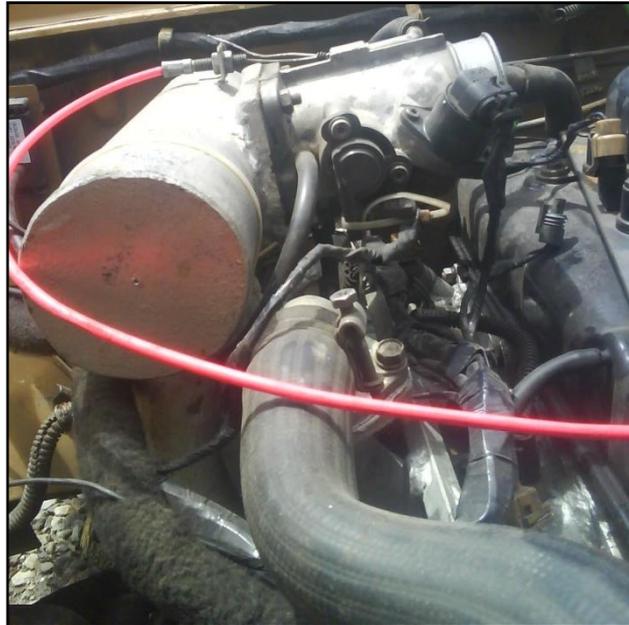


Figura 2.36: Múltiple de admisión.

Posteriormente colocar los inyectores, con un nuevo riel que diseñado para este motor, figura 2.37.



Figura 2.37: Inyectores electrónicos de combustible.

Montar el cuerpo de aceleración con el estrangulador, figura 2.38.



Figura 2.38: Cuerpo de aceleración.

Se incorpora los otros elementos que forman parte del cuerpo de aceleración, con su respectivo sensor TPS, válvula IAC, tubo de admisión con el sensor IAT y el filtro de aire.

Montar el filtro de combustible, en un lugar seguro y de fácil acceso para su mantenimiento, figura 2.39.



Figura 2.39: Filtro de gasolina común para un sistema de inyección electrónica.

Instalar cañerías y mangueras de alta presión, si existe la necesidad de doblarlas, no debe ser en un ángulo muy cerrado, pues causaría su obstrucción y como consecuencia el malfuncionamiento del sistema, figura: 2.40.

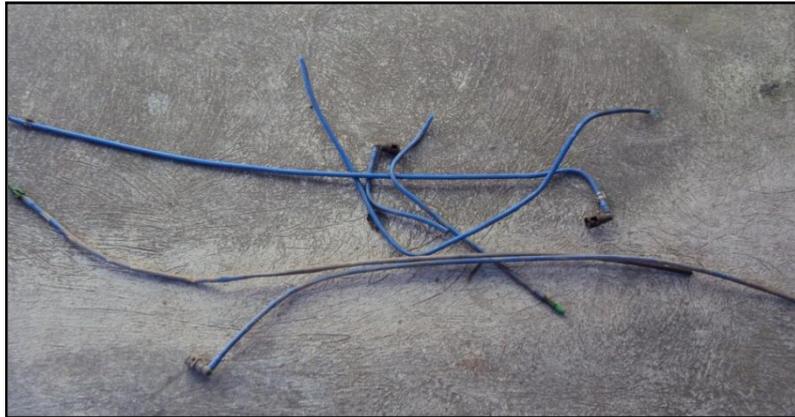


Figura 2.40: Circuito de alta presión de combustible.

Para el sistema de encendido, colocar las bujías para encendido electrónico, la bobina de encendido tipo DIS, figura 2.4. De igual manera los cables de alta tensión serán para encendido electrónico.



Figura 2.41: Sistema de encendido DIS.

En el sistema de refrigeración, hay que montar: el ventilador, el termostato, el sensor de temperatura del líquido refrigerante, figura 2.42, y el radiador. Acto seguido, acoplar las respectivas mangueras, verificando su estado.

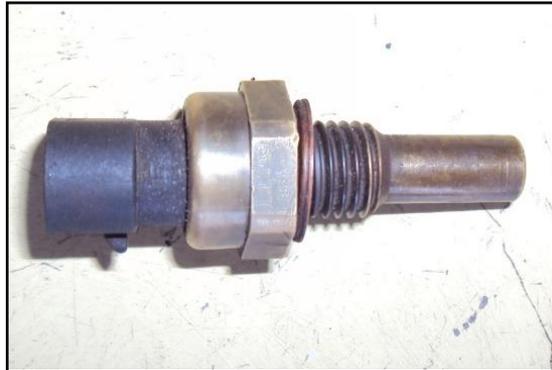


Figura 2.42: Sensor ECT.

El vehículo está listo para recibir el cableado del sistema de inyección electrónico, acoplándolo a todos los sensores y actuadores ya instalados, conectar a la ECU, adecuando convenientemente los cables que resulten cortos o largos para el nuevo sistema de inyección, figura 2.43.

Rigiéndose en los bornes y terminales que presentan las especificaciones de la ECU del Capítulo 1, además de los diagramas eléctrico, proceder a verificar la ubicación de cada uno de los cables del mazo y su continuidad.

Verificar el estado de los relés y fusibles que intervienen en el funcionamiento del sistema.

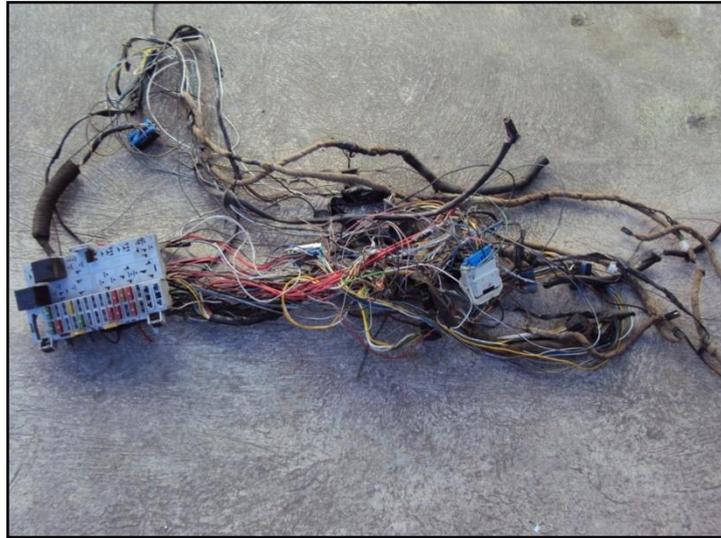


Figura 2.43: Instalación del cableado del sistema de inyección electrónica.

Finalmente conectar los sistemas originales de arranque y carga del motor.

CAPÍTULO 3

3. INSTRUMENTACIÓN Y MEDICIONES.

3.1 OSCILOSCOPIO.

El osciloscopio es un instrumento de medición que permite ver señales eléctricas variables en el tiempo graficadas en una pantalla o monitor. El eje vertical, denominado Y puede representar el voltaje, la corriente o la resistencia; mientras que el eje horizontal, denominado X, representa el tiempo.

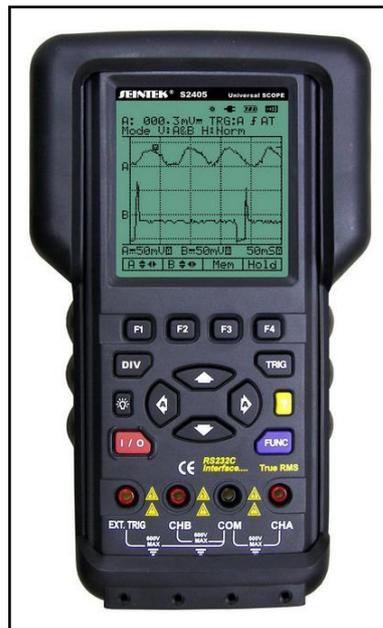


Figura 3.1: Osciloscopio Seintek.

En la descripción de las señales se utiliza un osciloscopio marca SEINTEK S2405, figura 3.1. Este instrumento permite obtener las señales de los actuadores, sensores y verificar su funcionamiento.

Este osciloscopio automotriz viene precargado con un software que permite la selección del elemento, actuador o sensor que se va a diagnosticar, figura 3.2. Mediante este software se logra la calibración automática de las escalas de tiempo y voltaje según el elemento en medición.

Cuenta también con graficas de señales pregrabadas de referencia, que ayudan a determinar el modelo y forma de onda, para cada elemento en cuestión. A continuación cada una de las señales de actuadores y sensores, con su descripción y análisis.

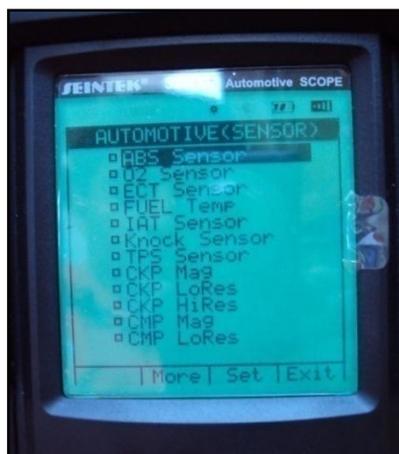


Figura 3.2: Menú de selección de componente.

3.1.1 Sensor de posición del cigüeñal (CKP).

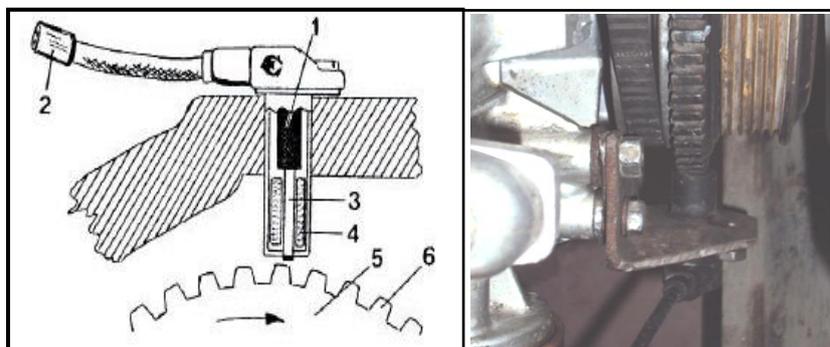


Figura 3.3: Sensor de posición del cigüeñal.

El sensor CKP de tipo inductivo genera una onda alterna senoidal con una irregularidad cíclica producida por un faltante de dientes sobre la rueda fónica de excitación montada en el cigüeñal, consta de una bobina arrollada sobre un núcleo de imán enfrentado a la rueda dentada o fónica mostrada en la figura 3.3.

En el oscilograma de la figura 3.4, se observa el corte en la señal producido por el faltante de dientes, que indica una proximidad en grados al PMS del cilindro 1 y 4.

Los sensores CKP, tiene solo dos pines de conexión correspondientes a los extremos de la bobina del sensor, en donde la resistencia de estar entre 190Ω y 250Ω . Algunos CKP tienen 3 cables, siendo el tercero un mallado o blindaje a masa, para evitar interferencias parásitas del encendido.

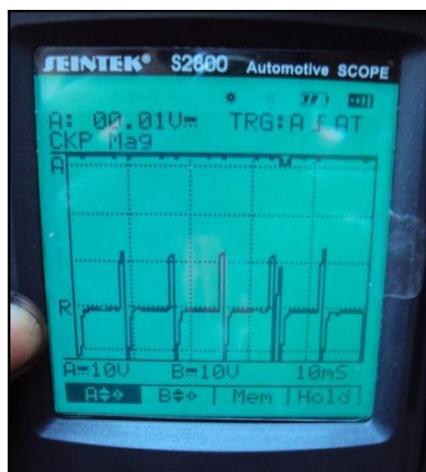


Figura 3.4: Señal del sensor CKP.

3.1.2 Sensor de oxígeno (EGO).

Para su correcto funcionamiento requiere una temperatura superior a los 300 grados centígrados.

El sensor tendrá conexiones eléctricas que varían y puede tener hasta cuatro cables; reacciona al contenido en oxígeno en el tubo de escape y producirá por si solo un voltaje pequeño dependiendo de la mezcla aire/combustible. La gama del voltaje considerada, en la mayoría de los casos, variará entre 0.2 y 0.8 voltios: 0.2 voltios indica que una mezcla pobre y un voltaje de 0.8 voltios demuestra una mezcla rica.

Para proceder con las mediciones en el osciloscopio es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

- Calentar el motor hasta la temperatura de trabajo.
- Tener acelerado durante dos minutos a 2000 rpm.

Mida la señal sobre el cable negro o violeta de la sonda con la misma conectada al ramal y observe la variación de la señal como el grafico mostrado. Con el osciloscopio, contar cuantas oscilaciones de tensión, contando un cambio como una subida y bajada de tensión, se producen en 10 segundos, figura 3.5.

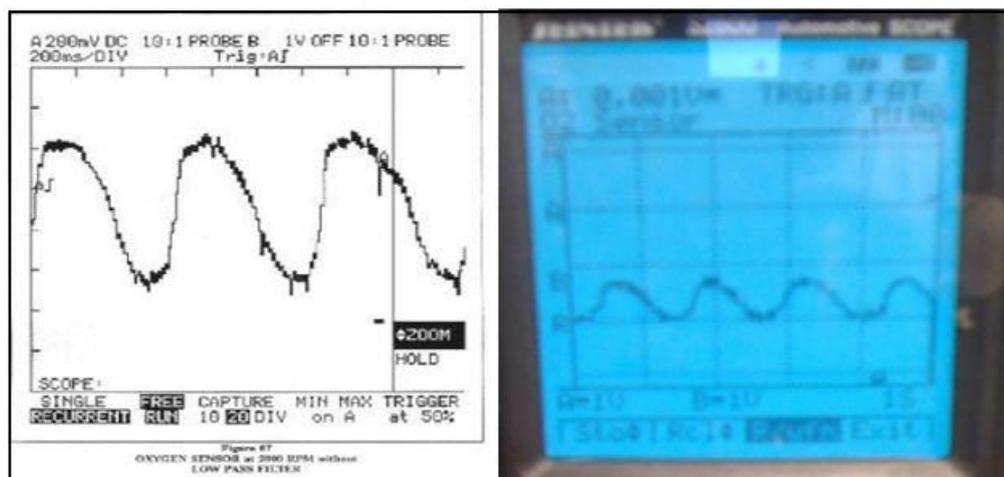


Figura 3.5: Señal del sensor EGO.

3.1.3 Sensor de presión absoluta en el múltiple (MAP).

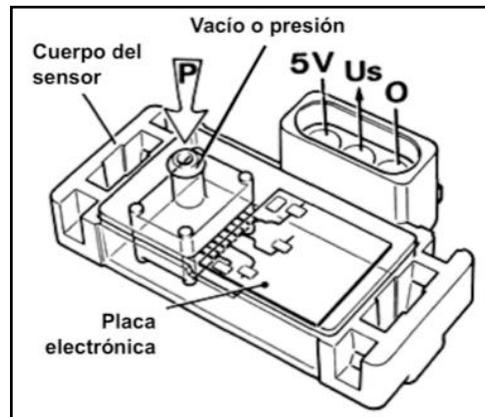


Figura 3.6: Terminales del conector del sensor MAP.

La figura 3.6 y 3.7 muestran un sensor MAP análogo de tres cables de conexión correspondientes a:

- Masa
- Alimentación
- Señal

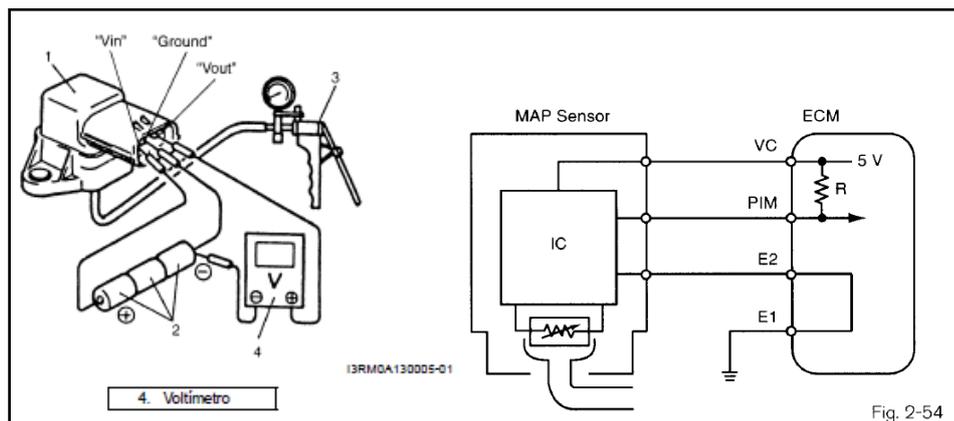


Figura 3.7: Verificación del sensor MAP.

Verificar la alimentación del sensor, la cual debe ser un voltaje continuo de 5 voltios.

Pinchar el cable de señal y medir el voltaje según los siguientes valores típicos:

- En contacto motor cerrado: 4V a 4,7V (según presión atmosférica)
- Motor en ralentí: 1,2V a 1,6V
- En desaceleración brusca: 0,5V a 0,9V
- En aceleración brusca: la señal debe crecer a 3V o más.

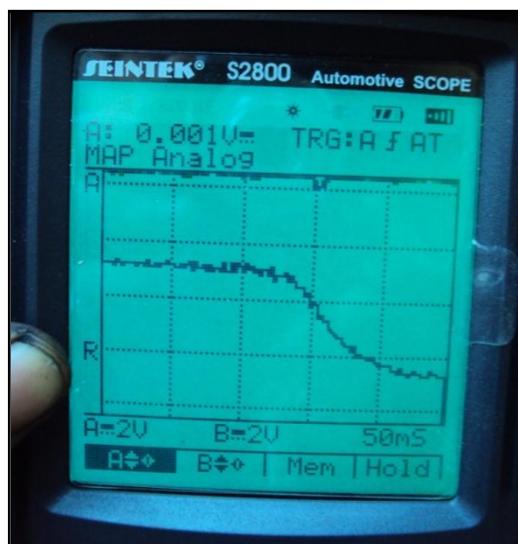


Figura 3.8: Mediciones sobre el sensor MAP.

3.1.4 Sensor de posición del estrangulador (TPS).

La función es enviar una señal al módulo de control electrónico del motor para verificar el ángulo de apertura de la mariposa del acelerador y la velocidad de apertura, este sensor es de tipo potenciómetro, es decir que envía una señal de voltaje analógica a la ECU para determinar la posición.

La señal es procesada e interpretada para:

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

Para la medición de la señal del sensor TPS se ubica el terminal que presenta la información de la posición, pinchando los cables determinar el valor de salida como indica la figura 3.9, para determinar cada uno de los voltajes.

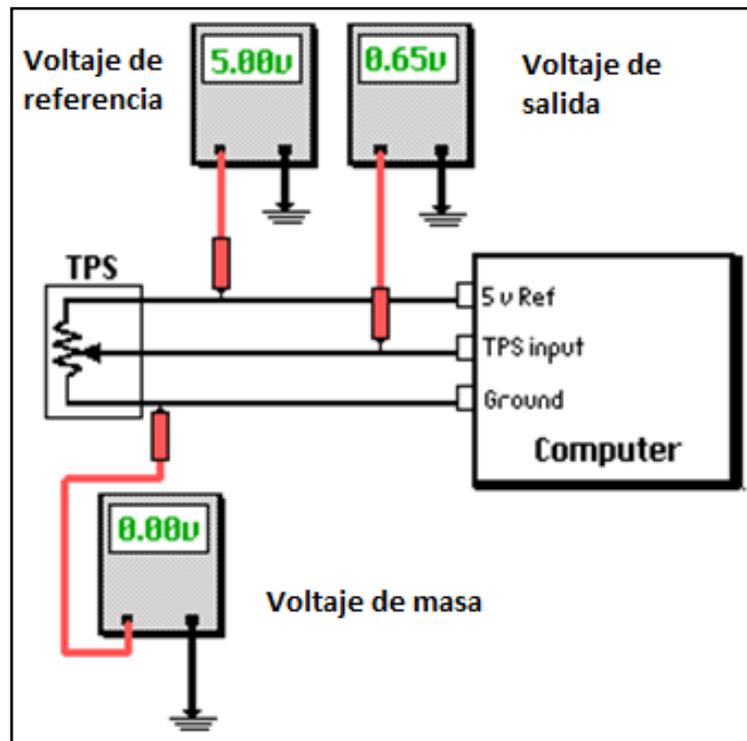


Figura 3.9: Esquema de conexión y medición del TPS.

Las lecturas se realizarán bajo las siguientes condiciones:

Interruptor de encendido en posición ON y motor apagado, sensor conectado.

Alimentación al sensor: 4,8 a 5,2 volt.

Masa del sensor: lectura máxima 60 mV.

Señal variable: (valores típicos):

- Placa cerrada: 0,6 + 0,2 voltios.
- Placa abriendo: tensión aumentando.
- Placa abierta: 3,8 a 4,8 voltios.

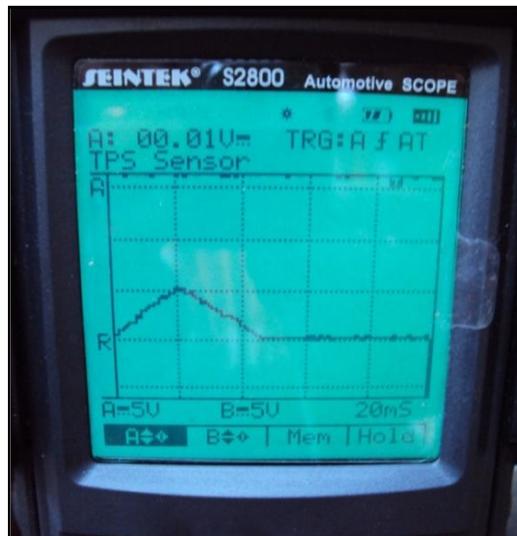


Figura 3.10: Señal del sensor TPS.

Repita las pruebas con motor en marcha y tenga en cuenta que la posición de la placa de aceleración no haya sido modificada con el tornillo de ajuste de fábrica, esto alterará las lecturas de la señal. Ajuste la placa según los procedimientos del fabricante antes de corregir la posición del TPS (si es ajustable).

3.1.5 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).

El Sensor de Temperatura del Refrigerante envía información para la preparación de la mezcla aire / combustible, registrando las temperaturas del motor, la computadora adapta el ángulo de avance al encendido y el tiempo de apertura de inyección para las diferentes condiciones de trabajo, dependiendo de la información del sensor.

El ECT es un sensor tipo termistor con un coeficiente negativo, lo que significa que su resistencia interna aumenta cuando la temperatura disminuye, como muestra la figura 3.11.

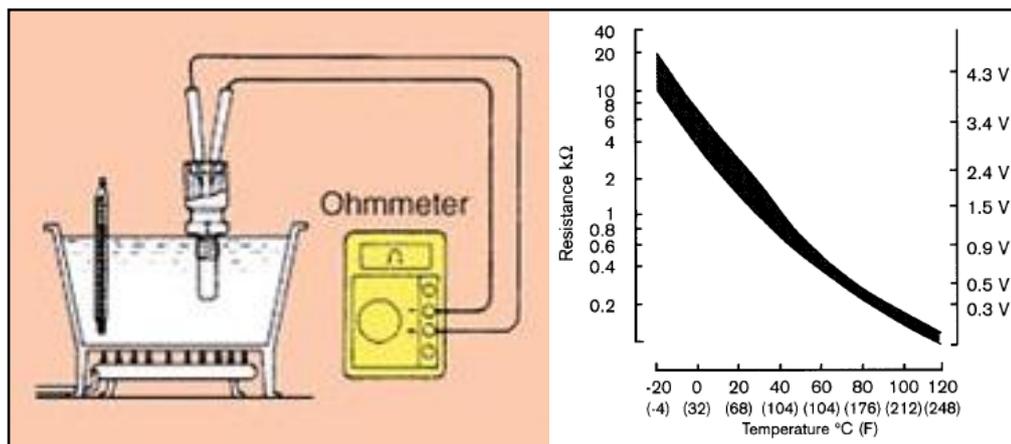


Figura 3.11: Medición de la resistencia del ECT.

La resistencia de medición forma parte de un circuito divisor de tensión alimentado con 5 V. La tensión que se mide en la resistencia depende, por tanto, de la temperatura. Ésta se lee a través de un convertidor analógico-digital y es una medida de la temperatura del sensor. La unidad de control del motor tiene almacenada una curva característica que indica la temperatura correspondiente a cada valor de resistencia o tensión de salida.

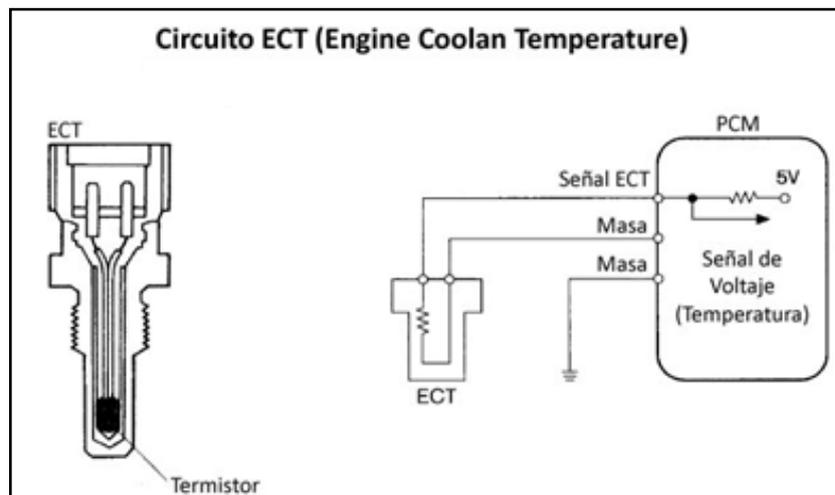


Figura 3.12: Esquema de conexión ECT.

Para medir el voltaje de salida del sensor ECT, localizar el cable que lleva esta información a la ECU, esto con el terminal del osciloscopio conectado a masa de batería y con el terminal positivo proceder al pinchado de los cables. Identificar los cables por su voltaje.

La señal que se obtiene como indica la figura 3.13, es logarítmica puesto que el aumentar la temperatura disminuye el voltaje.

El sensor de temperatura del refrigerante es un componente electrónico que juega un papel muy importante en el control de emisiones contaminantes. Envía información para la preparación de la mezcla aire / combustible, registrando las temperaturas del motor, la computadora adapta el ángulo y el tiempo de inyección, así como el tiempo de encendido para las diferentes condiciones de trabajo, dependiendo de la información del sensor se activa o desactiva el electroventilador.



Figura 3.13: Medición del sensor ECT.

3.1.6 Sensor de temperatura de aire de entrada (IAT).

Este sensor al igual que el ECT también es de tipo termistor, y la señal del mismo es imprescindible para calcular la entrega de gasolina a cualquier temperatura.

Cuando el aire a temperatura ambiente o el que entra al motor es frío es más pesado, más denso y por lo mismo hay mayor cantidad, para esta temperatura del aire que necesita más gasolina, respetando su relación estequiométrica. Cuando el aire es más caliente, es más ligero y por lo mismo necesita menor cantidad de gasolina. Este sensor se encuentra montado en el colector o múltiple de admisión.

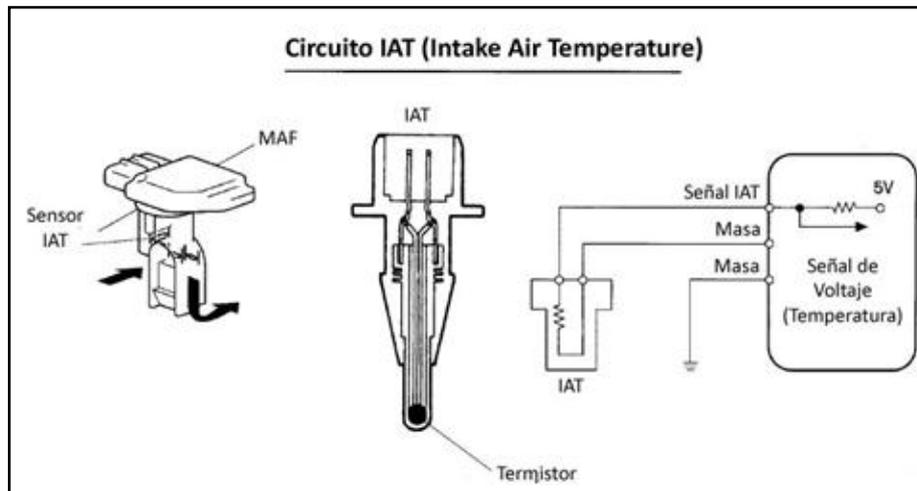


Figura 3.14: Esquema de conexión del IAT.

El procedimiento de medición del sensor IAT es el mismo del sensor ECT. Ubicando el cable de señal se procede a graficar la señal en osciloscopio. La forma de onda es de rizo, como muestra la figura 3.15, puesto que el flujo de aire es continuo según la velocidad del motor.

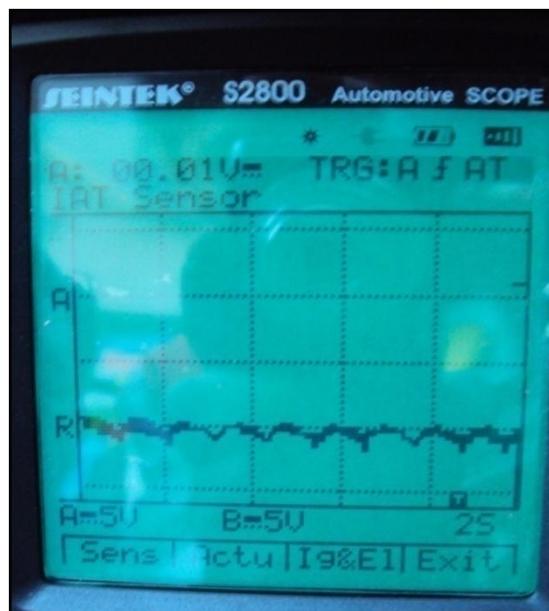


Figura 3.15: Medición del sensor IAT.

3.2 SCANNER.

Los sistemas de inyección electrónica poseen en la programación de su ECU una función de mucha ayuda para la detección de fallas en sus elementos, es decir del auto diagnóstico OBD (On Board Diagnosis).

3.2.1 Sistemas de diagnóstico OBD II.

La incorporación del sistema de diagnosis OBD es una exigencia impuesta inicialmente por los EEUU para todos los vehículos fabricados a partir de 1993. Esta normativa pretende disminuir la emisión de los gases contaminantes del motor, mediante la vigilancia continua de los componentes del sistema de inyección, por lo que se convierte en una herramienta efectiva en la diagnosis de averías en este sistema.

El sistema de diagnóstico OBD II en los motores de gasolina se permite verificar el control de los siguientes aspectos en el vehículo:

- Vigilancia del rendimiento del catalizador.
- Diagnóstico de envejecimiento de sondas lambda.
- Prueba de tensión de sondas lambda.
- Sistema de aire secundario (si el vehículo lo incorpora).
- Sistema de recuperación de vapores de combustible (cánister).
- Prueba de diagnóstico de fugas.
- Sistema de alimentación de combustible.
- Fallos de la combustión.
- Funcionamiento del sistema de comunicación entre unidades de mando, por ejemplo el Can-Bus.
- Control del sistema de gestión electrónica.
- Sensores y actuadores del sistema electrónico que intervienen en la gestión del motor o están relacionados con las emisiones de escape.

3.2.2 Obtención de PID's y DTC's.

En la verificación del funcionamiento de los componentes del sistema de inyección electrónica, mediante el uso del scanner, se hace necesario el conocimiento de algunas abreviaturas para su total comprensión.

a. DLC (Data link conector).

El cable de conexión de datos permite el acceso a la información de la ECU mediante una interface o scanner, figura 3.16.



Figura 3.16: Cable de datos DLC.

b. PID (Datos de información del programa).

El scanner permite la visualización de las señales de entrada y salida en tiempo real e interpretada como valores físicos, es decir, se puede visualizar los datos de temperatura del motor, revoluciones, presión en el múltiple, etc. En la figura 3.17 se presenta los PID's obtenidos en el diagnóstico del sistema mediante el scanner universal Launch.

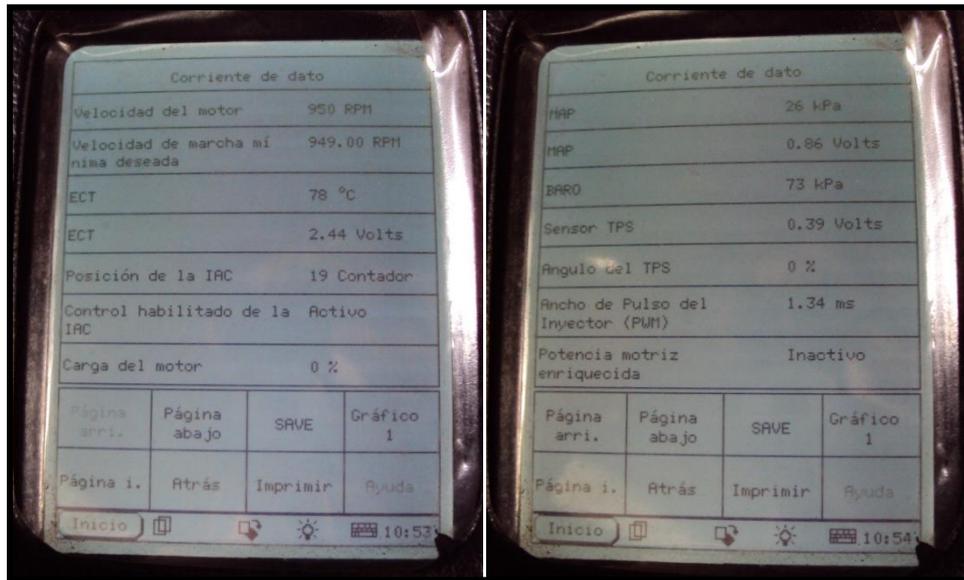


Figura 3.17: Datos de información del programa.

c. DTC (Data trouble code).

Los Códigos de falla indican de manera precisa el componente sensor o actuador cuyos parámetros de funcionamiento están fuera de lo normal, es decir, el sistema al que corresponde el elemento presenta una avería.

3.3 DINAMÓMETRO.

El banco de pruebas llamado dinamómetro o freno hidráulico es un sistema novedoso que permite rodar cualquier vehículo, dentro del taller a la velocidad deseada, simulando esfuerzos de frenado sobre los neumáticos, es decir que se simulan condiciones de carretera, pudiendo

registrar en forma gráfica las curvas de torque y potencia, variables en el tiempo y grabar los resultados de las mediciones efectuadas.

El dinamómetro permitirá registrar los valores de torque y potencia máximos, antes y después de la repotenciación del vehículo, con lo cual se obtendrá valores reales de la mejora de performance o rendimiento, en cuanto a potencia y torque.

Este sistema de ensayo consta de cuatro rodillos que trabajan en conjunto con un freno hidráulico el cual se acciona sobre los rodillos que están asociados a las ruedas motrices del vehículo, con lo cual se le puede dar una carga constante, la que es medida por una celda de carga como muestra la figura 3.18. El computador toma los datos del sensor de carga y las exhibe en la pantalla en tiempo real.

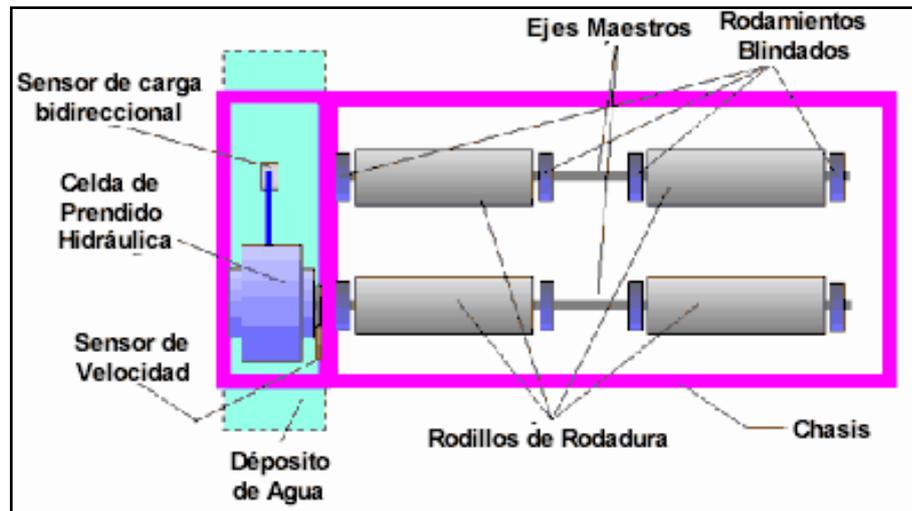


Figura 3.18: Componentes del dinamómetro.

3.3.1 Manejo y obtención de datos.

Para la utilización de este banco de pruebas, asegurar que el vehículo se encuentre correctamente ubicado sobre los rodillos, verificar

el anclaje del mismo y el uso de la manga para gases de escape, todo esto con el fin de evitar accidentes.

Un accesorio imprescindible para el uso del dinamómetro es el ventilador, éste brinda un flujo de aire, el cual permite la refrigeración del motor, simulando el aire que el automóvil normalmente corta en la carretera.

Luego de verificar los puntos antes mencionados, se procede a abrir el programa de interfaz del dinamómetro, el cual inicialmente pedirá una calibración previa, para lo cual se utiliza un multímetro automotriz que permita medir revoluciones del motor. Rodar el vehículo y llegar a las revoluciones especificadas para la calibración, dar clic en calibrar y listo el dinamómetro ya está calibrado para el vehículo.

Nota: Se debe calibrar el dinamómetro para cada vehículo, puesto que depende de la relación de transmisión además del diámetro de la circunferencia de rodaje.

Para obtener las curvas de torque y potencia, encender la bomba hidráulica, para provocar una carga en los rodillos, mediante la cual el banco de pruebas calculará los valores mencionados. La carga se varía mediante una llave de paso.

3.3.2 Potencia y torque previo la modificación.

A continuación los valores obtenidos antes de la repotenciación del vehículo.

Realizar algunas pruebas con diferentes cargas y los mejores resultados, como se observa en la figura 3.19, es la curva de color rojo y violeta. Estas curvas serán analizadas a continuación.

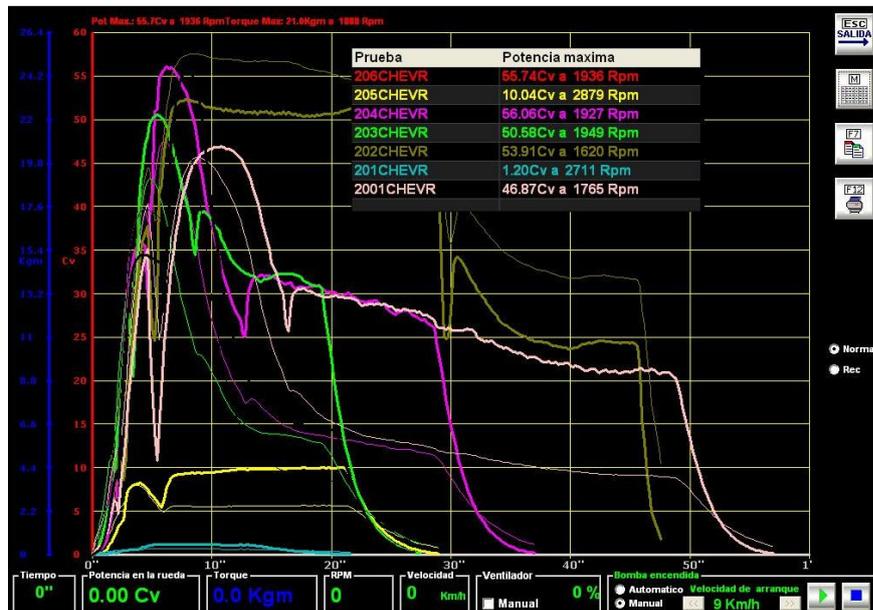


Figura 3.19: Curvas de torque y potencia antes de la repotenciación.

Se observa el desarrollo del motor, la curva más resaltada o gruesa en la figura 3.20, pertenece a la potencia del motor con un valor máximo de 55.7 CV a 1936 rpm. La curva más fina pertenece al torque, cuyo valor máximo alcanza 21 Kg.m a 1888 rpm.

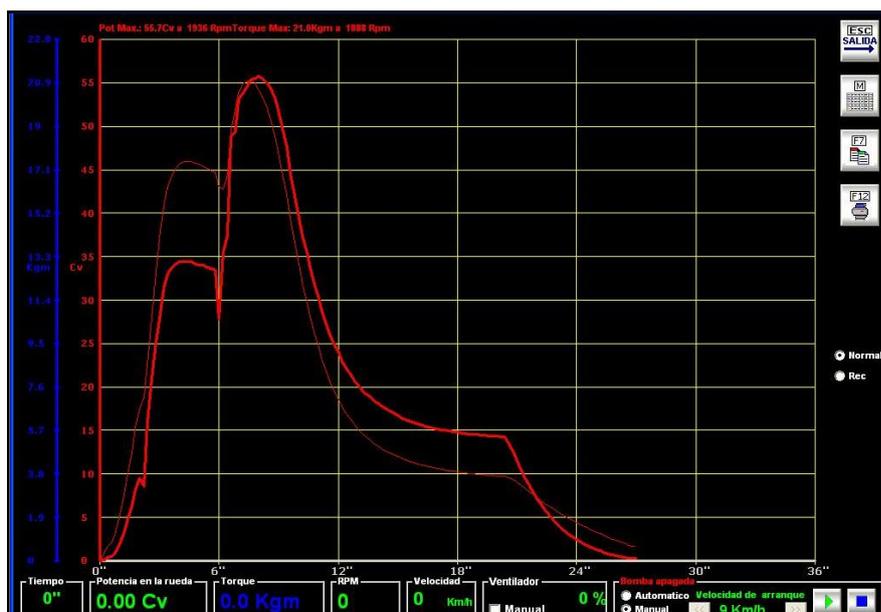


Figura 3.20: Curva primera prueba.

En la figura 3.21 se observan que los valores picos de potencia y torque son respectivamente 56.1 CV a 1927 rpm y de 20.9 Kg.m a 1912 rpm.

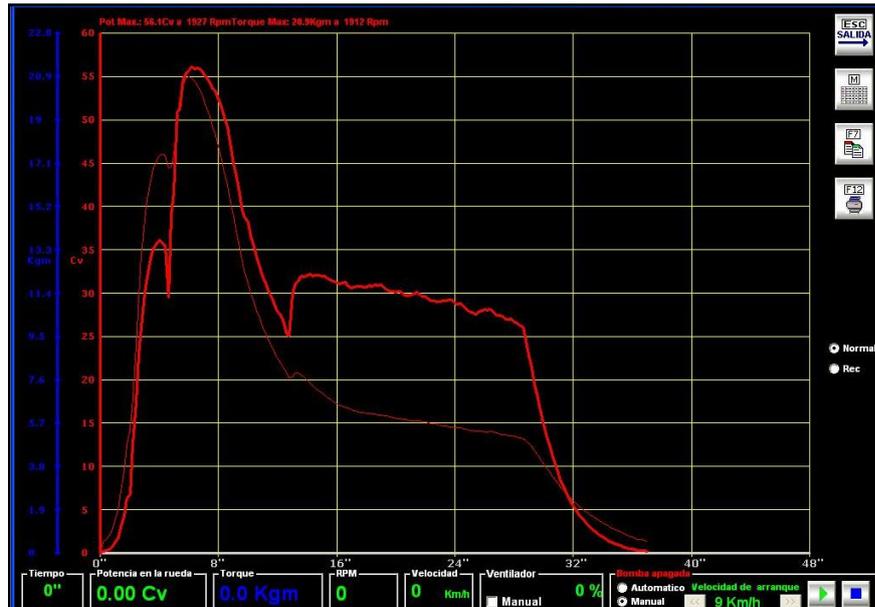


Figura 3.21: Curva segunda prueba.

Con los datos obtenidos se ha considerado una potencia y torque medios para determinar los valores finales para poder realizar la comparación en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Torque y potencia máximos antes de la repotenciación.

Prueba	Potencia	Torque
	[CV]	[Kg.m]
Curva 1	55.7	21
Curva 2	56.1	20.9
Promedio	55.9	20.95

3.3.3 Potencia y torque después de la modificación.

Luego de terminar la repotenciación del motor y adaptación del sistema de inyección multipunto se realizaron las pruebas en el dinamómetro obteniendo los siguientes resultados mostrados en la figura 3.22.

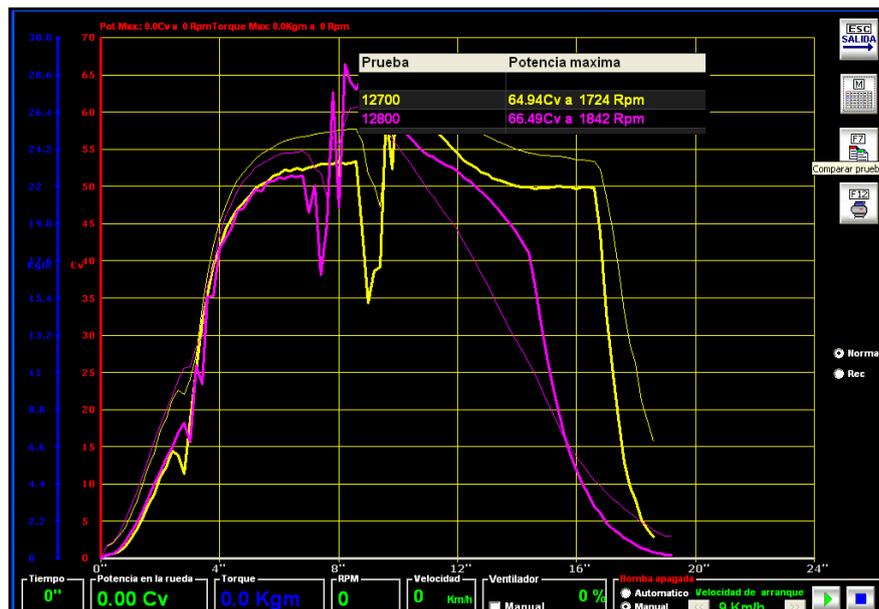


Figura 3.22: Curvas de torque y potencia después de la repotenciación.

Se puede observar en la figura 3.23 que el banco de pruebas arrojó los siguientes resultados, la potencia del motor con un valor máximo de 64.9 CV a 1724 rpm, y la curva de torque entregó un valor máximo de 28,1 Kg.m a 1569 rpm.

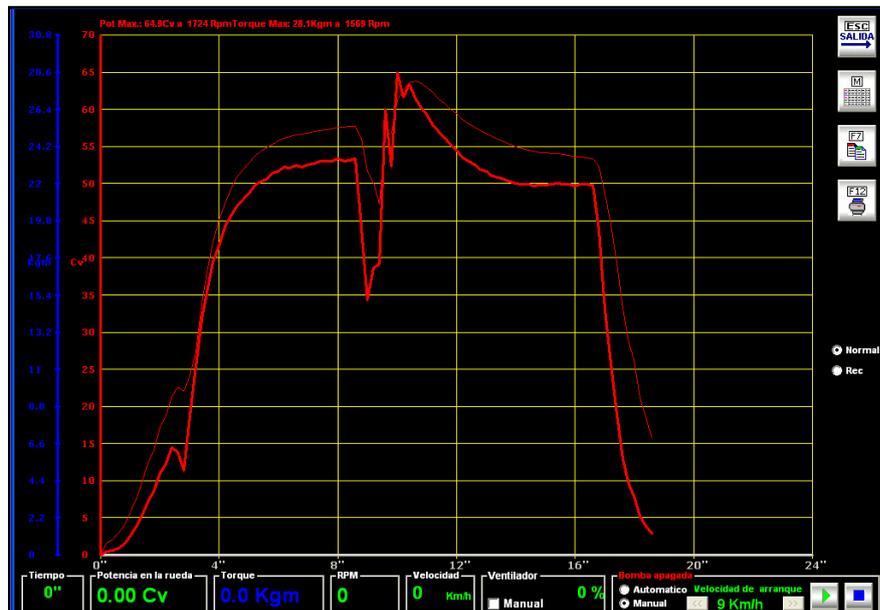


Figura 3.23: Curva primera prueba.

En la segunda prueba se pudo verificar que los valores picos de potencia y torque son respectivamente 66,5 CV a 1842 rpm y de 26,8 Kg.m a 1728 rpm.

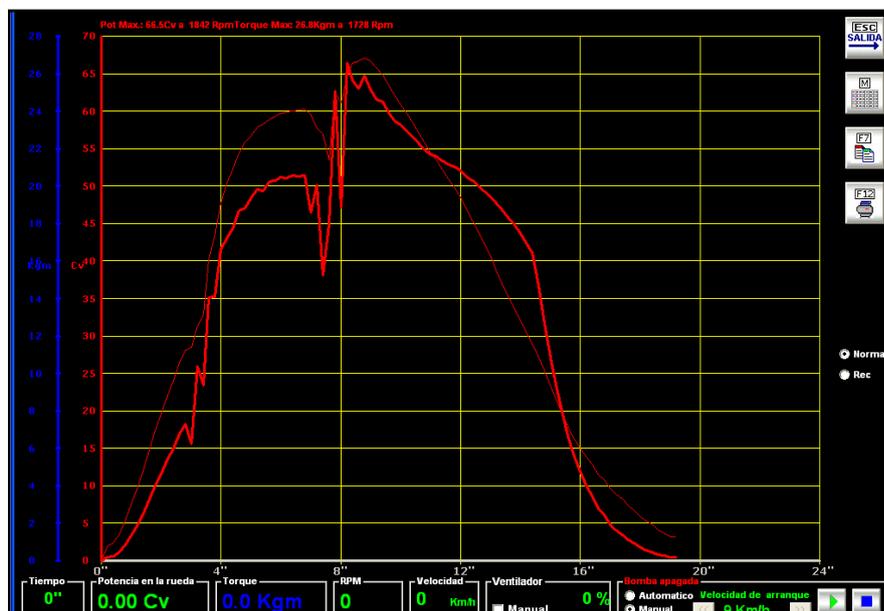


Figura 3.24: Curva segunda prueba.

Con los datos obtenidos se ha considerado una potencia y torque medios para determinar los valores finales para poder realizar la comparación

Tabla 3.2: Torque y potencia después de la repotenciación.

Prueba	Potencia	Torque
	[CV]	[Kg.m]
Curva 3	64,9	28,1
Curva 4	66,5	26,8
Promedio	65,7	27,45

3.4 ANALIZADOR DE GASES

El analizador de gases es un instrumento que permite medir la proporción de los gases producto de la combustión en los cilindros. Este aparato de medida permite analizar la calidad de la combustión y la eficiencia en la dosificación de combustible del sistema de inyección implementado.

El analizador de gases que se utilizó es de la marca Brain Bee Automotive modelo AGS 688. Su funcionamiento se basa en las propiedades de los gases de absorber ondas de luz específicas, en este caso se utiliza ondas de luz infrarroja las cuales atraviesan los gases y son captadas por unos sensores los cuales calculan la cantidad del gas individualmente. En la figura 3.25, se observa el esquema de funcionamiento del analizador de gases.

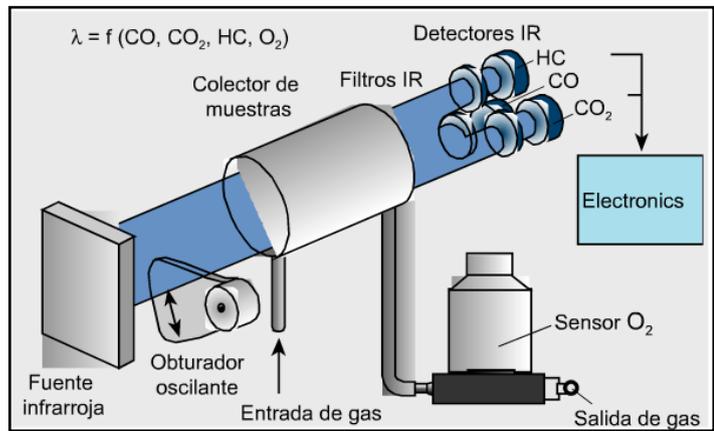


Figura 3.25: Esquema de funcionamiento del analizador de gases.

El analizador de gases Brain Bee cuenta con un dispositivo complementario, el que permite medir temperatura y revoluciones del motor, factores importantes para la medición de los gases de escape y necesarios para la toma de datos de acuerdo a las normas de la CORPAIRE para la revisión vehicular.



Figura 3.26: Instrumentos de medición de gases de escape.

El dispositivo cuenta con una sonda la cual se inserta en el lugar de la varilla de medición del aceite para proporcionar la temperatura del motor. Las revoluciones del motor, las mide con solo conectar el instrumento a los bornes de la batería, sin la necesidad de pinzas

inductivas. Toda esta información es transmitida a la interfaz y luego a la pantalla del computador por medio de señales de radio, figura 3.27.



Figura 3.27: Transmisión de datos.

3.4.1 Análisis de los gases de escape de los motores de combustión interna.

A continuación se analizará la combustión de la gasolina, sus productos.

La combustión completa o ideal es un proceso de oxidación donde un combustible reacciona con el oxígeno del aire, obteniendo como producto moléculas saturadas de dióxido de carbono y agua en estado de vapor.

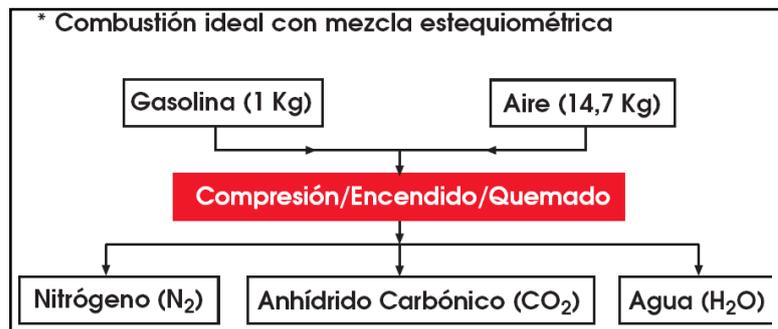


Figura 3.28: Esquema de la combustión ideal o completa.

La combustión ideal es un proceso difícil de obtener, ya que depende de un sin número de variables, las cuales están cambiando durante la marcha del motor. La inyección electrónica pretende controlar todas estas variables con el fin de obtener una relación estequiométrica en la mezcla aire combustible, base para la combustión ideal.

Sin embargo, estos sistemas no logran reducir las emisiones contaminantes por completo, por esta razón los países han desarrollado normativas para la circulación vehicular exigiendo parámetros y límites en la emisión de gases, figura 3.29.



Figura 3.29: Ubicación de la sonda del analizador de gases.

En nuestro país el organismo encargado de implantar estas regulaciones es la CORPAIRE que es la Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito. En base a la información que presenta en su página de internet, de Revisión Técnica Vehicular se obtuvo las tablas para determinar las condiciones de funcionamiento del sistema de inyección electrónica, tabla 3.3.

Tabla 3.3: Normativa de gases de escape para vehículos a gasolina.

Vehículos a Gasolina (Excepto Motos)				
Año	HC en ppm	CO en %	O2 en %	Tipo de Falta
Del 2000 en adelante	$0 \leq X < 160$	$0 \leq X < 0,6$	$0 \leq X < 3$	0
	$160 \leq X < 180$	$0,6 \leq X < 0,8$	$3 \leq X < 4$	1
	$180 \leq X < 200$	$0,8 \leq X < 1$	$4 \leq X < 5$	2
	$X \geq 200$	$X \geq 1$	$X \geq 5$	3
De 1990 a 1999	$0 \leq X < 650$	$0 \leq X < 3,5$	$0 \leq X < 3$	0
	$650 \leq X < 700$	$3,5 \leq X < 4$	$3 \leq X < 4$	1
	$700 \leq X < 750$	$4 \leq X < 4,5$	$4 \leq X < 5$	2
	$X \geq 750$	$X \geq 4,5$	$X \geq 5$	3
De 1989 y anteriores	$0 \leq X < 1000$	$0 \leq X < 6$	$0 \leq X < 3$	0
	$1000 \leq X < 1200$	$6 \leq X < 6,5$	$3 \leq X < 4$	1
	$1200 \leq X < 1300$	$6,5 \leq X < 7$	$4 \leq X < 5$	2
	$X \geq 1300$	$X \geq 7$	$X \geq 5$	3

Antes de realizar las modificaciones al vehículo, se toma las mediciones de las proporciones de gases de escape que el motor Isuzu G16 entrega al medio ambiente. La tabla 3.4 indican los resultados obtenidos con el analizador de gases en el motor carburado de 4 cilindros.

Tabla 3.4: Datos obtenidos en el analizador de gases antes de la repotenciación.

Año	HC en ppm	CO en %	O2 en %
1977	706	3,91	5,10

Luego de realizar la instalación del sistema de inyección electrónica, se procede a la verificación de los parámetros para los gases de escape. La tabla 3.5 resume los resultados.

Tabla 3.5: Datos obtenidos en el analizador de gases después de la repotenciación.

Año	HC en ppm	CO en %	O2 en %
1977	233	1.31	2,46

combustible en adición sería el gasto durante el trayecto. Esto se resume en la tabla 3.6.

Tabla 3.6: Consumo de combustible antes de la repotenciación.

	Consumo	Precio/Galón	Total	Distancia recorrida
	Km/gl	USD	USD	Km
Viaje 1	24,38	1,48	13,78	227
Viaje 2	26,49	1,48	12,68	227
Promedio	25,435	1,48	13,23	227

3.5.2 Consumo de combustible después de la repotenciación.

Luego de la repotenciación mecánica y electrónica se realiza el mismo procedimiento para determinar los valores de consumo de combustible. Las pruebas arrojan los siguientes datos, tabla 3.7.

Tabla 3.7: Consumo de combustible después de la repotenciación.

	Consumo	Precio/Galón	Total	Distancia recorrida
	Km/gl	USD	USD	Km
Viaje 1	30,59	1,48	10,98	227
Viaje 2	32,38	1,48	10,38	227
Promedio	31,485	1,48	10,68	227

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE DATOS

4.1 ANÁLISIS CON EL OSCILOSCOPIO Y SCANNER.

En el capítulo anterior se determina las señales y formas de onda de todos y cada uno de los sensores, actuadores que conforman el sistema de inyección multipunto MPFI del vehículo Corsa 1.6. Los resultados de funcionamiento se detallan a continuación en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Análisis de funcionamiento de los sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica multipunto.

Sensor	Señal	Funcionamiento
Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)	Tipo Alterna Senoidal Resistencia: 197 Ω	OK
Sensor de Oxígeno (EGO)	Frecuencia: 7 cada 10s	OK
Sensor de Presión Absoluta en el Múltiple (MAP)	Señal Análoga, varía con la aceleración Voltaje de entrada 5V	OK
Sensor de Posición del Estrangulador	Señal Análoga, varía con la aceleración	OK
Sensor de Temperatura del Refrigerante (ECT)	Señal Análoga varía con la temperatura del refrigerante	OK
Sensor de temperatura de Aire de Entrada IAT	Señal Análoga	OK
Válvula de Control de Ralentí (IAC)	Señal Pulsante varía de 0 a 12v	OK
Inyectores	Señal Pulsante con Picos Inductivos	OK

Estos resultados indican el correcto funcionamiento de los sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica que se implementó en el motor G16. Además de ser comprobados con el osciloscopio también fueron verificados en función de los PID's del Scanner Launch.

4.2 ANÁLISIS DEL TORQUE Y POTENCIA.

Como se observa en las pruebas con el dinamómetro y en la tabla 4.2, hubo un significativo aumento de potencia en el motor G16. Esto debido a las modificaciones mecánicas realizadas, Además se debe considerar también la eficiencia del sistema de inyección implementado como parte de este incremento de potencia.

Tabla 4.2: Comparativa torque y potencia del motor G16 antes y después de la repotenciación.

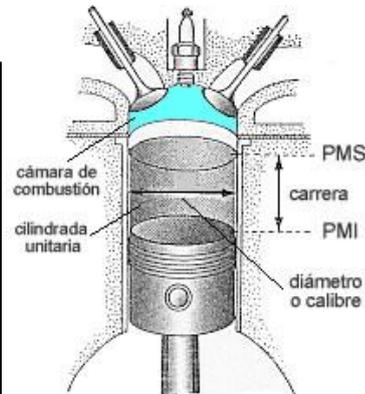
	Torque	Potencia
	Kg.m	CV
Antes	20,95	55,9
Después	27,45	65,7
Incremento	6,5	9,8
Porcentaje	31.03 %	17.53 %

4.2.1 Volumen total después de la repotenciación.

Para el análisis y cálculo del torque y potencia se utiliza datos antes citados como el diámetro del cilindro, recorrido del pistón y cilindraje, para determinar el cilindraje final. La ecuación 4.1, permite realizar la operación.

Tabla 4.3: Datos para el cálculo del volumen total final.

	Antes	Después
Motor	G161Z	G161Z
Año	75-93	75-93
Cilindrada	1584 cc	1663 cc
Número de cilindros	4	4
Diámetro	82 mm	84 mm
Carrera	75 mm	75 mm



V_H = Volumen Total

D = Diámetro

S = Carrera Del Pistón

i = Número de cilindros

$$V_H = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \times S \quad \text{Ec. 4.1}$$

$$V_H = \frac{\pi \cdot (84\text{mm})^2}{4} \times 75\text{mm} \times 4$$

$$V_H = 1663\text{cc}$$

Como conclusión se puede notar que el incremento mencionado es de 79 cc y equivale al 5% del volumen inicial.

4.3 ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE.

Las pruebas de emisiones de escape resultan ser un método de apoyo para el diagnóstico de fallas en los sistemas del automóvil. Antes de cualquier reparación o ajuste es necesario evaluar estos parámetros para dar un diagnóstico preciso del vehículo.

Para precisar el fallo de un determinado sistema, el cual puede causar incremento en las emisiones de determinado gas, es necesario

conocer las causas por las que este gas es conformado durante el proceso de combustión.

4.3.1 Formación de monóxido de carbono (CO).

Este gas contaminante es producto de la combustión incompleta del combustible y su formación se la atribuye directamente a la conformación deficiente de la mezcla aire combustible y su empobrecimiento. Las fallas que pueden causar altas emisiones de este gas son:

- Filtros de aire tapados.
- Mala pulverización de inyectores.
- Funcionamiento defectuoso del sensor EGO.
- Tiempo de encendido incorrecto.
- Utilización de bujías de grado térmico incorrecto, etc.

4.3.2 Emisión de hidrocarburos (HC).

Al igual que la formación del monóxido de carbono, la emisión de hidrocarburos es provocada principalmente por la excesiva o mala pulverización del combustible, la cual genera una combustión incompleta en el cilindro, por lo que vapores residuales salen sin quemarse.

4.3.3 Formación de óxidos de nitrógeno (NOx)

Aproximadamente el 80% del aire está formado por nitrógeno y tan solo un 20% de oxígeno. Aparentemente en la combustión el nitrógeno se comporta como un gas noble o ideal, es decir no reacciona con ningún componente, pero a temperaturas que exceden los 1300°C, el nitrógeno se puede combinar con el oxígeno y generar los óxidos de nitrógeno o NOx.

Las altas concentraciones de NOx indican una falla en los sistemas del motor, esta falla puede estar vinculada con los siguientes aspectos:

- Tiempo de ignición o encendido incorrecto.
- Bajo octanaje del combustible.
- Alta temperatura del aire de admisión.
- Elevada temperatura del motor.
- Presencia de carbonilla.
- Mala pulverización de los inyectores.
- Índice de compresión elevado.
- Operación del motor con una mezcla pobre, etc.

Según las pruebas realizadas en el analizador de gases los resultados son los siguientes, tabla 4.4:

Tabla 4.4: Datos obtenidos en el analizador de gases antes de la repotenciación.

Año	HC en ppm	CO en %	O2 en %
1977	706	3,91	5,10

De esta tabla se observa claramente la deficiencia en la constitución de la mezcla aire combustible. Aunque los resultados obtenidos, según la CORPAIRE están dentro de los parámetros, el sistema de alimentación por carburador generan altos niveles de gases contaminantes, además de una pésima combustión.

En la tabla 4.5, se analiza lo que sucede con el sistema de inyección electrónica implementado.

Tabla 4.5: Datos obtenidos en el analizador de gases después de la repotenciación.

Año	HC en ppm	CO en %	O2 en %
1977	233	1.31	2,46

Tabla 4.6: Normativa de gases de escape para vehículos a gasolina.

Vehículos a Gasolina (Excepto Motos)				
Año	HC en ppm	CO en %	O2 en %	Tipo de Falta
Del 2000 en adelante	$0 \leq X < 160$	$0 \leq X < 0,6$	$0 \leq X < 3$	0
	$160 \leq X < 180$	$0,6 \leq X < 0,8$	$3 \leq X < 4$	1
	$180 \leq X < 200$	$0,8 \leq X < 1$	$4 \leq X < 5$	2
	$X \geq 200$	$X \geq 1$	$X \geq 5$	3
De 1990 a 1999	$0 \leq X < 650$	$0 \leq X < 3,5$	$0 \leq X < 3$	0
	$650 \leq X < 700$	$3,5 \leq X < 4$	$3 \leq X < 4$	1
	$700 \leq X < 750$	$4 \leq X < 4,5$	$4 \leq X < 5$	2
	$X \geq 750$	$X \geq 4,5$	$X \geq 5$	3
De 1989 y anteriores	$0 \leq X < 1000$	$0 \leq X < 6$	$0 \leq X < 3$	0
	$1000 \leq X < 1200$	$6 \leq X < 6,5$	$3 \leq X < 4$	1
	$1200 \leq X < 1300$	$6,5 \leq X < 7$	$4 \leq X < 5$	2
	$X \geq 1300$	$X \geq 7$	$X \geq 5$	3

La señales en la tabla 4.6 propuesta por la CORPAIRE, indica la ubicación de los valores en los que se dispone el proyecto, antes (Rojo) y después de la repotenciación (Verde).

Se puede concluir que se ha logrado reducir notablemente los gases contaminantes en el vehículo pues se ha mejorado la combustión al instalar un sistema más preciso de dosificación de combustible.

Cabe recalcar que según la CORPAIRE se ha logrado cumplir las normas de emisiones que están dentro de los límites de vehículos a gasolina fabricados desde el año 1990 hasta el año 1999, e inclusive las normas más actuales con la adecuación de dispositivos anticontaminantes como un catalizador o un sistema de cánister.

4.4 ANÁLISIS DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

Una consecuencia de la buena combustión del combustible en el cilindro, es el bajo consumo del mismo, puesto que se lo aprovecha eficientemente durante el funcionamiento del motor. El análisis de gases muestra intrínsecamente un ahorro de combustible, pues disminuido los hidrocarburos residuales en los gases de escape.

En la prueba de ruta, el resultado del analizador de gases ha sido verificado, puesto que se ha recorrido la misma distancia (Ibarra - Latacunga) con un gasto mucho menor al del sistema de alimentación anterior. Se ha aumentado la eficiencia de combustible en 6,05 kilómetros por galón, lo que significa en el recorrido 2,55 dólares americanos.

La tabla 4.7 muestra los datos obtenidos en la prueba de ruta realizada antes y después de la modificación.

Tabla 4.7: Comparativa de consumo de combustible

	Consumo	Precio/Galón	Total	Distancia recorrida
	Km/gl	USD/gl	USD	km
Antes	25,435	1,48	13,23	227
Después	31,485	1.48	10,68	227
Ahorro	6,05		2,55	

CONCLUSIONES

Se logró la adaptación del Sistema de Inyección multipunto del vehículo modelo Corsa 1.6 del año 1998 en el motor G16 del vehículo Chevrolet LUV 1.6 del año 1977.

Se obtuvo un incremento de potencia y torque en un 17,53 % y 31,03 %, respectivamente, puesto que antes de la repotenciación del motor se obtuvo un valor de potencia máximo de 55.7 CV a 1936 rpm, y un valor de torque 21 Kg.m a 1888 rpm. Los valores después de la repotenciación se incrementaron a 64.9 CV a 1724 rpm un valor máximo de 28,1 Kg.m a 1569 rpm de potencia y torque respectivamente.

La potencia y torque iniciales, se ha mejorado mediante el aumento del cilindraje, el mejoramiento de la entrada de la mezcla aire combustible y la evacuación de los gases de escape.

En cuanto a la electrónica, la implantación de sistemas más eficientes de dosificación de combustible hizo que se reduzcan las emisiones en cuanto a gases de escape significativamente, pues en la actualidad está en la capacidad de aprobar las normas de revisión técnica vigentes de vehículos con el sistema de inyección implementado.

Se redujo el consumo de combustible con la implementación del sistema de inyección multipunto, que es un sistema más eficiente en la preparación y dosificación de la mezcla.

Se determinó un proceso ideal de conversión de sistemas de alimentación caducos con la instalación de tecnologías actuales y vigentes en el medio, es decir la inyección electrónica.

Se implementó en el vehículo un sistema más confiable y además con más accesibilidad a los repuestos ya que es un sistema vigente en el parque automotor del país.

RECOMENDACIONES

Durante el desmontaje y montaje se recomienda utilizar herramientas y equipos adecuados, en buen estado para evitar daños en las partes mecánicas, además de daños personales y accidentes laborales. Además la obtención de manuales de taller, diagramas eléctricos serán un buen respaldo para la realización de un trabajo de calidad.

Tomar las debidas precauciones en cuanto al manejo de cada uno de los sistemas a manipular o modificar.

Utilizar partes originales en cuanto al sistema electrónico, debido a que pueden surgir variaciones en las señales de cada uno de los componentes, tanto en sensores como en actuadores Pueden causar el mal funcionamiento del sistema de inyección y averías del mismo, así mismo como la alteración de los niveles de gases permitidos.

Durante la conexión de los elementos electrónicos comprobar el estado de los cables de conexión, verificar la continuidad, el estado del aislante y el estado de los conectores o sockets

Evitar el contacto de mangueras y cables con las zonas de alta presión del motor.

Las modificaciones mecánicas pueden causar el aumento de temperatura del motor, por lo que se hace necesario cambiar la válvula termostato por una válvula que permita un mayor flujo de refrigerante y una mejor evacuación de calor.

BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS-PAZ.: “Manual de Automóviles”. Editorial Dossat, Madrid-España, 2004.
- “Chilton`s Manual de reparación del Automóvil 1979-1987” Ediciones Centrum Técnicas y Científicas SA, México 1988.
- CROUSE, Anglin “Puesta a Punto y Rendimiento del Motor”, 3ra Edición, Alfa y Omega Editorial, Impreso en México. 2003.
- CROUSE, William “Equipo Eléctrico y Electrónico del Automóvil”, Editorial Thompson y Paraninfo, Impreso en España. 2003.
- GILLERI, Stefano.: “Preparación de motores de serie para competición”. Editorial CEAC, Madrid-España, 2004.

WEBGRAFÍA

- BOOSTER, Beto. “Sistemas de encendido electrónico”, disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos77/sistemas-encendido-electronico/sistemas-encendido-electronico.zip> Consultado en marzo 2010
- BOOSTER, Beto. “Manuales de sensores”, disponible en: <http://www.encendidoelectronico.com> Consultado en marzo 2010
- GUTIÉRREZ Ernesto. “Sistema de inyección no cartográfico para motores ciclo otto. Gestión de transitorios”, disponible en: <http://www.tesisexarxa.net/TDX-0203103-202014/> Consultado en diciembre 2009.
- “Introducción a la inyección electrónica”, disponible en: [http://aaa-ac.com/introduccion a la inyeccion electronica.htm](http://aaa-ac.com/introduccion%20a%20la%20inyeccion%20electronica.htm) Consultado en agosto 2010
- “Introducción a la inyección electrónica”, disponible en: <http://www.scribd.com/doc/31257841/2-Introduccion-Iny-gasolina> Consultado en junio 2010.
- “Instructivo de revisión técnica vehicular”, disponible en: http://www.corpaire.org/sitecorpaire/upload_files/publicaciones/instructivoRTV_v1.8.zip Consultado en septiembre 2010
- LOPEZ-KUNCKEL. “Equipos de medición de gases”, disponible en: <http://www.scribd.com/doc/19429855/Equipos-de-medicion-de-gases> Consultado en enero 2010

- “Manuales de mecánica”, disponible en: <http://www.taringa.net/posts/downloads/3813932/Manual-completo-de-Mecanica-Automotriz.html> Consultado en mayo 2010
- MOGROVIEJO, Daniel. “Sistema de encendido DIS (sistemas de encendido directo)”, disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/106> Consultado en junio 2010.
- “Preparación de motores de competición”, disponible en: <http://www.crespocompeticion.com/Fueltech> Consultado en septiembre 2010.

ANEXOS

Anexo “A”: Artículo para la revista.

Anexo “B”: Diagramas eléctricos del sistema de inyección electrónica implementado.

Anexo “C”: Especificaciones técnicas del motor G16.

Anexo “D”: Instrucciones de uso del analizador de gases.

**Anexo “E”: Tabla resumida de los parámetros establecidos
por la CORPAIRE.**

**Anexo “F”: Datos obtenidos en el analizador de gases
antes de la repotenciación**

**Anexo “G”: Datos obtenidos en el analizador de gases
después de la repotenciación**

Latacunga, Diciembre 2010

Realizado por:

FERNANDO MALDONADO PÁEZ

DIEGO ANDRÉS LOYO CAICEDO

ING. JUAN CASTRO C.
DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DR. EDUARDO VÁSQUEZ A.
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE
ADMISIÓN Y REGISTRO