

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

**TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO
PARA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN
ELECTRÓNICA A GASOLINA M.P.F.I.**

Araujo Benalcázar Ricardo Paúl

Cárdenas Espinoza Santiago David

Director: Ing. Geovanni Proaño

2010

Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN

Yo, Araujo Benalcázar Ricardo Paúl, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.



Firma del graduado

Araujo Benalcázar Ricardo Paúl

Yo, Ing. Giovanni Proaño, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor, Araujo Benalcázar Ricardo Paúl, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.



Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Ing. Giovanni Proaño

Director

CERTIFICACIÓN

Yo, Cárdenas Espinoza Santiago David, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.



Firma del graduado

Cárdenas Espinoza Santiago David

Yo, Ing. Geovanni Proaño, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor, Cárdenas Espinoza Santiago David, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.



Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Ing. Geovanni Proaño

Director

AGRADECIMIENTO

A Dios, por cubrirme con sus bendiciones día a día, porque gracias a él poseo lo más extraordinario del mundo, que es mi vida y la gente que me rodea.

A mi Madre, que ha sido la persona que con el mayor cariño ha guiado mi vida por el camino del bien; porque siempre me ha sabido escuchar, perdonar y aconsejar de la mejor manera; porque con inocencia y ternura me empuja a seguir mis anhelos, y al comprenderme muy bien, no deja que me rinda tan fácilmente; y gracias a todos los valores que me ha inculcado es que voy triunfando en cada etapa de mi vida; se que ella siempre se encontrará allí en la meta esperándome.

A mi Padre, que ha sido el más claro ejemplo de lo que significa ser una persona trabajadora, que el esfuerzo que ha hecho a lo largo de su vida no es más que para el bienestar de su familia; porque gracias a él es que he forjado este carácter que ayuda a no derrumbarme tan fácilmente; y es por él que he crecido tanto profesional como personalmente, y siempre se encontrará allí en el momento que necesite.

A mi hermano, que es la mejor persona que he conocido en mi vida, si todos fuéramos así este mundo sería mucho mejor; porque a pesar de la distancia que ahora existe, siempre ha estado al pie del cañón; ha sido fuente de inspiración para muchos de mis logros y sueños alcanzados.

A mi abuelito, que a pesar de que no se encuentre físicamente presente, lo siento como siempre, ha sido un ídolo en mi vida y por él es que estoy donde estoy.

A mi director de tesis y profesores de la UIDE, que han compartido sus conocimientos conmigo y me han apoyado hasta culminar este proyecto.

RICARDO PAÚL ARAUJO BENALCÁZAR

AGRADECIMIENTO

A mis Padres; tan solo por el hecho de haberme traído al mundo, haberme enseñado y educado con sus valores pero sobre todo con su incondicional amor, nunca olvidare sus consejos y reproches que hasta ahora me han guiado para ser un hombre de bien.

A mis hermanos que han sido mi compañía y refugio durante toda mi vida como estudiante, sobre todo la de universitario al no tener la presencia de mis padres; Paulina y Sebastián son mis eternos hermanos de lucha constante.

A mis primos que han sido mi alegría desde siempre, seguiremos unidos para no perder las sonrisas que nos mantienen vivos.

A mi abuelo que ha tallado en mi la suficiente madurez para afrontar los riesgos y desafíos de la vida, y un agradecimiento especial a mi abuela que aunque ya no esté presente, siempre será mi más grande semilla de amor.

A todos mis amigos y compañeros con los cuales hemos compartido y disfrutado la más grandiosa época que es la juventud.

A mi universidad y a mis docentes que han sabido impartir sus conocimientos para convertirme ahora en un profesional.

SANTIAGO DAVID CÁRDENAS ESPINOZA

DEDICATORIA

No solo este logro, sino todos van dedicados para mis padres, ya que ellos me regalaron la vida, y no bastando con eso, nunca se han apartado de mi lado y me han llevado siempre por el camino del bien. Me han apoyado en todo momento hasta que haga realidad cada uno de mis sueños. Y cada valor que me han enseñado ha servido para forjar mis ideales y cumplirlos, para distinguir el bien del mal y comprender la razón de cada situación de la vida. El sacrificio y cariño que me entregan diariamente se los retribuiré hasta el fin de mis días, porque no hay nada mejor que ser gratos con los padres.

También va dedicado para mi hermano y mi abuelito, que han sido guías claras para seguir adelante en mi vida, he aprendido tanto de ustedes que no encuentro mejor modelo a seguir.

RICARDO PAÚL ARAUJO BENALCÁZAR

DEDICATORIA

Un sueño es para cumplirlo, es la esperanza de luchar por un objetivo, es la semilla que florece en el corazón.

Por lo tanto desde que escribí las primeras notas en mi aula universitaria estaba satisfecho por haber elegido mi carrera, ahora plasmo aquí mi esfuerzo y educación.

Ahora con este sueño satisfecho me dirigiré a la vida profesional que me viene por delante, con el conocimiento adquirido me enfrentare a nuevos retos que me propone la vida.

Este camino ha llegado a su fin pero habrá otros que forjaran mi andar, así que este sueño dedico a mi familia que jamás han soltado mis manos:

A mis padres Manuel y Amparito.

Y a mis hermanos Paulina y Sebastián

SANTIAGO DAVID CÁRDENAS ESPINOZA

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

1.	GENERALIDADES.....	1
1.1.	FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA.....	1
1.1.1.	Magnitudes eléctricas.....	1
1.1.1.1.	Intensidad de corriente.....	1
1.1.1.2.	Resistencia.....	2
1.1.1.3.	Tensión.....	3
1.1.1.4.	Circuitos eléctricos.....	4
1.1.1.4.1.	Circuito en serie.....	5
1.1.1.4.2.	Circuito en paralelo.....	6
1.1.1.4.3.	Circuito mixto.....	8
1.1.2.	Ley de ohm.....	9
1.1.3.	Leyes de Kirchhoff.....	10
1.1.4.	Clases de corrientes.....	11
1.1.4.1.	Corriente continua.....	11
1.1.4.1.1.	Corriente continua constante.....	11
1.1.4.1.2.	Corriente continua decreciente.....	12
1.1.4.1.3.	Corriente continua pulsatoria.....	12
1.1.4.2.	Corriente alterna.....	15
1.1.4.2.1.	Corriente alterna senoidal.....	16
1.1.4.2.2.	Corrientes alternas cuadradas y rectangulares.....	16
1.1.4.2.3.	Magnitudes de una corriente alterna senoidal.....	17
1.1.5.	Componentes eléctricos y electrónicos.....	18
1.1.5.1.	Resistencias.....	19

1.1.5.1.1.	Características.....	19
1.1.5.1.2.	Código de colores.....	21
1.1.5.1.3.	Tipos de resistencia.....	23
1.1.5.2.	Bobinas.....	25
1.1.5.3.	Fusibles.....	27
1.1.5.4.	Transformadores.....	27
1.1.5.5.	Condensadores.....	29
1.1.5.6.	Diodos.....	30
1.1.5.6.1.	Funciones de los diodos.....	31
1.1.5.6.2.	Tipos de diodos.....	33
1.1.5.7.	Transistores.....	37
1.1.5.7.1.	Transistor bipolar.....	38
1.1.5.7.2.	Polarización de transistores.....	41
1.1.5.8.	Reguladores de tensión.....	43
1.1.5.8.1.	Regulación de carga.....	44
1.1.5.8.2.	Regulación de línea.....	44
1.1.5.9.	Relés.....	45
1.1.5.9.1.	Estructura de un relé.....	46
1.1.5.9.2.	Características de los relés.....	48
1.1.5.9.3.	Tipos de relés.....	48

CAPÍTULO 2

2.	LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA.....	51
2.1.	DESARROLLO Y APARICIÓN DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE.....	51

2.2.	IMPORTANCIA DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE.....	55
2.3.	PRINCIPIOS DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA.....	57
2.4.	TIPOS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE.....	58
2.4.1.	Según el lugar donde inyecta.....	59
2.4.1.1.	Inyección directa.....	59
2.4.1.2.	Inyección indirecta.....	59
2.4.2.	Según el numero y disposición de inyectores.....	60
2.4.2.1.	Inyección monopunto.....	60
2.4.2.2.	Inyección multipunto.....	60
2.4.3.	Según la forma de repartir la inyección a cada cilindro.....	61
2.4.3.1.	Inyección continua.....	61
2.4.3.2.	Inyección intermitente.....	61
2.4.3.2.1.	Secuencial.....	61
2.4.3.2.2.	Semisecuencial.....	61
2.4.3.2.3.	Simultanea.....	61
2.4.4.	Según el tipo de mando como funcionamiento y regulación.....	62
2.4.4.1.	Inyección mecánica.....	62
2.4.4.2.	Inyección electromecánica.....	62
2.4.4.3.	Inyección electrónica.....	63
2.5.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA M.P.F.I.....	64
2.5.1.	Circuito de control electrónico.....	65
2.5.2.	Sistema de flujo de aire.....	67
2.5.3.	Alimentación de combustible.....	68

2.5.4.	Sistema de encendido.....	69
2.5.5.	Esquema del circuito de un sistema de inyección electrónica...72	

CAPÍTULO 3

3.	SENSORES, ACTUADORES Y UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA EN EL SIMULADOR DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA M.P.F.I.....	76
3.1.	SENSORES.....	76
3.1.1.	Sensor de posición del cigüeñal (CKP).....	76
3.1.1.1.	Sensor CKP de tipo inductivo.....	77
3.1.2.	Sensor de posición de la aleta de aceleración (TPS).....	79
3.1.3.	Sensor de temperatura del refrigerante (ECT, CTS).....	82
3.1.4.	Sensor de presión de aire (MAP).....	84
3.1.4.1.	Sensor MAP por diferencia de presión.....	85
3.1.5.	Sensor de temperatura del aire (IAT).....	87
3.1.6.	Sensor de oxígeno (Sonda Lambda).....	88
3.2.	ACTUADORES.....	93
3.2.1.	Inyectores de combustible.....	94
3.2.1.1.	Equipo limpiador de inyectores por ultrasonido.....	97
3.2.2.	Válvula IAC.....	98
3.3.	UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECU, ECM).....	102
3.3.1.	Memorias de la Unidad de Control.....	105
3.3.1.1.	Memoria ROM.....	105
3.3.1.2.	Memoria RAM.....	105
3.3.1.3.	Memoria Flash.....	105

3.3.1.4.	Memoria EPROM.....	106
3.3.1.5.	Memoria EEPROM.....	106
3.3.2.	Funciones de la Unidad de Control.....	106
3.3.2.1.	Control de Inyección de Combustible.....	106
3.3.2.2.	Control del Tiempo de Ignición.....	107

CAPÍTULO 4

4.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MAQUETA.....	108
4.1.	DISEÑO DE LA MAQUETA.....	108
4.1.1.	Estructura de la maqueta.....	108
4.1.2.	Disposición y montaje de los elementos.....	113
4.1.2.1.	Disposición y esquema de los elementos de la maqueta.....	113
4.1.2.2.	Montaje de los elementos.....	114
4.2.	IMPLEMENTACIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL Y MEDICIÓN.....	128
4.2.1.	Diagrama del sensor ECT.....	129
4.2.2.	Diagrama del sensor MAP.....	130
4.2.3.	Diagrama del sensor de oxígeno.....	131
4.2.4.	Diagrama del sensor TPS.....	132
4.2.5.	Diagrama del IAC.....	133
4.2.6.	Diagrama de los inyectores.....	134
4.2.7.	Diagrama de conexión del tacómetro.....	135
4.2.8.	Diagrama de conexión del corte a la bobina.....	136
4.2.9.	Diagrama de conexión del taladro con dimer.....	136
4.2.10.	Esquema del Panel de control.....	137

CAPÍTULO 5

5.	FUNCIONAMIENTO, CÓDIGOS DE AVERÍA Y PRÁCTICAS.....	138
5.1.	FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUETA.....	138
5.2.	CÓDIGOS DE AVERÍA.....	140
5.3.	PRÁCTICAS EN EL EQUIPO.....	143
5.3.1.	Práctica #1 Circuito relé bomba combustible.....	144
5.3.2.	Práctica #2 Circuito sensor presión absoluta colector de admisión.....	149
5.3.3.	Práctica #3 Circuito sensor temperatura refrigerante motor.....	151
5.3.4.	Práctica #4 Circuito sonda lambda.....	153
5.3.5.	Práctica #5 Circuito potenciómetro mariposa.....	157
5.3.6.	Práctica #6 Circuito sensor cigüeñal.....	161
5.3.7.	Práctica #7 Circuito actuador velocidad ralentí.....	167
5.3.8.	Práctica #8 Circuito inyector.....	172

CAPÍTULO 6

6.	ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO.....	179
6.1.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	179
6.1.1.	Costos directos.....	179
6.1.1.1.	Materiales.....	180
6.1.1.2.	Mano de obra externa.....	181
6.1.1.3.	Insumos.....	181
6.1.2.	Costos indirectos.....	182
6.1.3.	Costo total.....	182

6.2.	ANÁLISIS FINANCIERO.....	183
------	--------------------------	-----

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	CONCLUSIONES.....	185
	RECOMENDACIONES.....	187
	ANEXOS.....	190
	BIBLIOGRAFÍA.....	201

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Partes del circuito eléctrico.....	4
Figura 1.2. Circuito en serie.....	6
Figura 1.3. Circuito en paralelo.....	7
Figura 1.4. Circuito mixto.....	8
Figura 1.5. Corriente continua constante.....	11
Figura 1.6. Corriente continua decreciente.....	12
Figura 1.7. Corriente continua pulsatoria de onda cuadrada.....	13
Figura 1.8. Corriente continua pulsatoria de onda rectangular.....	14
Figura 1.9. Corriente continua pulsatoria de onda rectangular diferente.....	14
Figura 1.10. Corriente continua pulsatoria de onda senoidal.....	15
Figura 1.11. Corriente alterna senoidal.....	16
Figura 1.12. Corriente alterna cuadrada y rectangular.....	17
Figura 1.13. Resistencia eléctrica.....	19
Figura 1.14. Símbolo bobina.....	26
Figura 1.15. Símbolos fusibles.....	27
Figura 1.16. Símbolo transformador.....	28
Figura 1.17. Símbolos condensador.....	29
Figura 1.18. Diodo.....	30
Figura 1.19. Protección del circuito con un diodo.....	32
Figura 1.20. Descarga del circuito con un diodo.....	32
Figura 1.21. Diodo rectificador.....	34
Figura 1.22. Diodo Led.....	35
Figura 1.23. Diodo varicap.....	36

Figura 1.24. Diodo zener.....	37
Figura 1.25. Transistor.....	38
Figura 1.26. Símbolo transistor NPN.....	40
Figura 1.27. Símbolo transistor PNP.....	41
Figura 1.28. Polarización de un transistor NPN.....	42
Figura 1.29. Polarización de un transistor PNP.....	42
Figura 1.30. Relé.....	46
Figura 1.31. Partes de un relé.....	47
Figura 1.32. Relé tipo armadura.....	49
Figura 1.33. Relé de núcleo móvil.....	49
Figura 1.34. Relé tipo reed o de lengüeta.....	50
Figura 1.35. Relé polarizado.....	50
Figura 2.1. Inyección directa e indirecta.....	59
Figura 2.2. Inyección monopunto y multipunto.....	60
Figura 2.3. Señales electrónicas de la inyección.....	65
Figura 2.4. Partes del sistema de encendido electrónico con distribuidor.....	71
Figura 2.5. Esquema de encendido electrónico sin distribuidor.....	72
Figura 2.6. Esquema de entradas y salidas de la ECU.....	73
Figura 3.1. Sensor CKP.....	76
Figura 3.2. Sensor CKP inductivo.....	78
Figura 3.3. Señal sensor CKP inductivo.....	78
Figura 3.4. Sensor TPS.....	80
Figura 3.5. Señal del sensor TPS.....	81
Figura 3.6. Sensor ECT.....	82
Figura 3.7. Circuito del sensor ECT.....	83

Figura 3.8. Onda del sensor ECT tipo NTC.....	83
Figura 3.9. Esquema básico de un sensor MAP.....	85
Figura 3.10. Cápsula con elemento sensible de un MAP.....	86
Figura 3.11. Señal de tensión del MAP.....	86
Figura 3.12. Sensor MAP.....	87
Figura 3.13. Sensor de temperatura de aire IAT.....	88
Figura 3.14. Sensor de oxígeno (Sonda Lambda).....	90
Figura 3.15. Dos tipos de sonda lambda.....	91
Figura 3.16. Corte de un inyector de combustible.....	94
Figura 3.17. Onda de un inyector.....	95
Figura 3.18. Equipo limpiador de inyectores por ultrasonido.....	97
Figura 3.19. Válvula IAC.....	98
Figura 3.20. Localización de la válvula IAC en el cuerpo de aceleración.....	99
Figura 3.21. Funcionamiento y partes de la válvula IAC.....	100
Figura 3.22. Componentes de una válvula IAC.....	101
Figura 3.23. ECU de un Ford Orión 1.8 GLX.....	104
Figura 4.1. Estructura facilitada por la UIDE.....	108
Figura 4.2. Estructuras posibles para la maqueta.....	109
Figura 4.3. Cortando la estructura.....	110
Figura 4.4. Planchas de tol.....	111
Figura 4.5. Remachando las planchas de tol.....	112
Figura 4.6. Planchas de tol remachadas.....	113
Figura 4.7. Esquema parte superior de la maqueta.....	114
Figura 4.8. ECU.....	115
Figura 4.9. Relé de la bomba de combustible.....	115

Figura 4.10. Cuerpo de aceleración.....	116
Figura 4.11. Riel de inyectores con manómetro de presión.....	117
Figura 4.12. Ubicación de la riel de inyectores en la maqueta.....	118
Figura 4.13. Fijación inferior de las probetas.....	118
Figura 4.14. Bobina de encendido fijada al tol superior.....	119
Figura 4.15. Soporte con cables de bujías y bujías.....	120
Figura 4.16. Polea del cigüeñal.....	121
Figura 4.17. Polea del cigüeñal fijada al taladro.....	121
Figura 4.18. Sensor CKP fijado a la platina.....	122
Figura 4.19. Ubicación del sensor CKP cerca de la polea.....	123
Figura 4.20 Ubicación de los sensores (O2, MAP y ECT).....	124
Figura 4.21. Disposición de los terminales para tomar medidas.....	125
Figura 4.22. Apreciación de la parte baja del tablero.....	125
Figura 4.23. Apreciación externa de la llave de paso.....	126
Figura 4.24. Conexión de la llave de paso.....	126
Figura 4.25. Apreciación frontal del panel de control.....	127
Figura 4.26. Apreciación posterior del panel de control.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Código de colores resistencias.....	22
Tabla 5.1. Códigos de avería.....	141
Tabla 6.1. Costo materiales.....	180
Tabla 6.2. Costo mano de obra externa.....	181
Tabla 6.3. Costo insumos.....	181
Tabla 6.4. Costos indirectos.....	182
Tabla 6.5. Costo total.....	182

SÍNTESIS

Desde hace muchos años atrás la conservación del medio ambiente y el control a la industria automotriz por la emisión de gases contaminantes se ha constituido en un factor fundamental, es así que esto ha obligado a los fabricantes a desarrollar tecnologías cada vez más precisas y avanzadas para así evitar mas deterioro al entorno, un ejemplo de esto es la incursión de la electrónica en los motores de combustión interna por medio de sensores y actuadores que permiten un mejor control y aprovechamiento del combustible y así evitan mayor contaminación; es precisamente de lo que trata nuestro proyecto en el cual se hace un “Diseño e implementación de un tablero didáctico para simulación de un sistema de inyección electrónica a gasolina M.P.F.I” en el mismo se explica el funcionamiento del sistema y la labor que hacen tanto los sensores y actuadores en dicho sistema, eso si de una manera mucho mas clara y didáctica, ya que se puede visualizar y presenciar de manera directa el trabajo por ejemplo de los inyectores los cuales muestran la manera en la que inyectan el combustible en los cilindros, igualmente se puede presenciar el salto de chispa de las bujías, etc.

Es así como se pretende que dicha maqueta del proyecto se convierta en una herramienta útil para los estudiantes e instructores de la Facultad de Ingeniería Automotriz, ya que aparte de mostrar y exponer el funcionamiento de un sistema multipunto de inyección electrónica, hemos implementado dispositivos de control algunos sensores y actuadores de la maqueta para así simular y provocar fallas que pueden ser diagnosticadas e investigadas gracias a las guías de práctica que son parte del proyecto y que junto a los diagramas ayudaran al estudiante a incrementar y reforzar sus conocimientos en cuanto a materias como son

electrónica y electricidad, inyección mecánica y electrónica, igualmente los profesores lograran plasmar mejor sus ideas con la ayuda de este simulador, e incluso reforzaran el manejo y conocimiento del multímetro en el estudiante.

El hecho de realizar este proyecto benefició igualmente a sus autores ya que se logró consolidar varios conocimientos que durante toda la carrera universitaria adquirimos.

Es así como esperamos que dicha herramienta se constituya en una gran ayuda y complemento en los estudios de los actuales y futuros estudiantes de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la UIDE.

SUMMARY

For many years the preservation of the environment and control the auto industry for pollutant emission has become a critical factor, so this has forced manufacturers to develop ever more precise technology and advanced and prevent further deterioration to the environment, an example is the incursion of electronics in internal combustion engines by means of sensors and actuators that allow better control and fuel efficiency and thus avoid further contamination, is precisely what is our project that is a "Design and implementation of a training board to simulate a fuel injection system MPFI petrol" in the same explains the operation of the system and the work they do both the sensors and actuators in the system , that if in a much more clear and didactic, and which can be viewed and directly witness the work for such injectors which show the way to inject fuel into the cylinders, also can witness the jump spark plugs, etc. Thus it is intended that this model of the project will become a useful tool for students and instructors from the School of Automotive Engineering, since aside to show and explain the operation of a multipoint electronic injection system, we have implemented control devices some sensors and actuators of the model in order to simulate and cause failures that can be diagnosed and investigated by practice guidelines that are part of the project and along with the diagrams help the student to increase and enhance their knowledge about such matters as are electronics and electrical, mechanical and electronic injection, teachers also able to capture your ideas with the help of this simulator, and even strengthen the management and knowledge of the multimeter to the student. The fact this project also benefited the perpetrators as they managed to

consolidate a number of knowledge throughout the university acquired. Thus we hope that this tool should become a great help and complement the studies of current and future students of the School of Automotive Engineering of UIDE.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA.

1.1.1 Magnitudes Eléctricas

Para el estudio de los circuitos es necesario conocer algunas magnitudes eléctricas, como lo son intensidad de corriente, diferencia de potencial, resistencia, energía eléctrica y potencia eléctrica. A continuación trataremos algunas de ellas.

1.1.1.1 Intensidad de corriente

Cuando circula la corriente eléctrica, existe un flujo de cargas. En el caso de un circuito eléctrico, los electrones se desplazan desde un borne del generador hasta el otro.

Para cuantificar el número de cargas que circulan en la unidad de tiempo se utiliza una magnitud denominada intensidad de corriente.

La intensidad de corriente (I) es la cantidad de carga eléctrica que atraviesa la sección de un conductor en la unidad de tiempo.

La unidad de medida de la intensidad de corriente es el Amperio (A).

1.1.1.2 Resistencia

Cuando la corriente eléctrica circula por un circuito, las cargas eléctricas que se mueven pueden chocar con las partículas que constituyen el material. A esta magnitud que cuantifica la oposición que presenta un material al paso o circulación de los electrones se la denomina resistencia.

Se mide en ohmios (Ω) en el SI. Su valor depende de tres factores:

- a. Longitud del conductor.- La resistencia que ofrece al paso de corriente eléctrica será mayor mientras más larga sea la longitud del hilo conductor. Es decir, ambas son directamente proporcionales. Por ejemplo: un cable conductor de 2 m de largo presentará el doble de resistencia que otro cable idéntico de 1 m de longitud. A dicha longitud del conductor se le representará de la siguiente manera **(l)**.

- b. Sección del conductor.- La resistencia que presenta un hilo conductor será menor cuando sea mayor la sección de dicho hilo. Es decir, la resistencia es inversamente proporcional a la sección. Por ejemplo: si la sección se duplica, la resistencia se reducirá a la mitad. Por lo cual podemos decir que, los hilos gruesos presentan menor resistencia que los hilos delgados. A dicha sección del conductor se la representará de la siguiente manera **(S)**.

- c. Naturaleza del material.- La resistencia que cada material presenta al paso de las cargas es diferente y depende de su estructura atómica. Dicho valor es conocido como resistividad y se lo representara así **(p)**. La resistencia

del material es directamente proporcional a su resistividad; existen buenos conductores como el cobre y la plata los cuales tienen una resistencia menor, y malos conductores como madera y vidrio que tienen una resistencia alta.

Ya con estas magnitudes puede determinarse el valor de la resistencia:

$$R = \rho \cdot l \cdot S$$

Donde R se mide en Ω ; ρ , en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$; l , en m , y, S , en mm^2 . (En el SI, ρ se mide en $\Omega \cdot \text{m}$, y S , en m^2 .)

Para medir el valor de la resistencia se emplea un equipo llamado óhmetro.

1.1.1.3 Tensión

La tensión, voltaje o diferencia de potencial es una magnitud física o fuerza que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito eléctrico cerrado, provocando el flujo de una corriente eléctrica. La diferencia de potencial también se conoce como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico, sobre una partícula cargada, para moverla de un lugar a otro. Su unidad de medida es el voltio (V).

El voltio se define como la diferencia de potencial existente entre dos puntos de un circuito.

1.1.1.4 Circuitos eléctricos

Se denomina circuito eléctrico a un grupo de componentes eléctricos o electrónicos, como pueden ser resistencias, condensadores, fuentes, y dispositivos electrónicos semiconductores, acoplados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o variar señales electrónicas o eléctricas.

Los circuitos eléctricos constan de las siguientes partes principales:

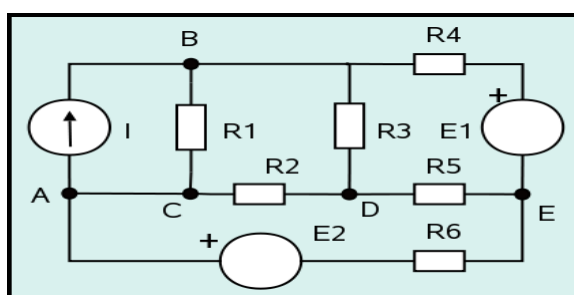


Figura 1.1 Partes del circuito eléctrico.¹

- Conductor: Es un cable de resistencia despreciable que une dos o más elementos eléctricos.
- Generador: Es una fuente que produce electricidad. En el circuito de la figura 1.1 hay tres fuentes, una de intensidad, I , y dos de tensión, $E1$ y $E2$.
- Nodo: Es el punto de un circuito donde se unen varios conductores distintos. En la figura 1.1 podemos apreciar cuatro nodos: A, B, D y E. Nótese que C no se ha tenido en cuenta ya que es el mismo nodo A al no existir entre ellos diferencia de potencial ($V_A - V_C = 0$), es decir entre

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:EjemploCircuito.png>

A y C no existe una resistencia o consumidor que haga variar la tensión.

d.- Rama: Es el conjunto de todos los componentes de un circuito comprendidos entre dos nodos consecutivos. En la figura 1.1 se encuentran siete ramales: AB por la fuente, AB por R1, AD, AE, BD, BE y DE. Obviamente, por un ramal sólo puede circular una corriente.

1.1.1.4.1 Circuito en serie

El circuito en serie es una disposición de conexión en la que los bornes o terminales de los dispositivos (generadores, resistencias, condensadores, interruptor, entre otros.) se conectan secuencialmente.

El terminal de salida de un dispositivo se conecta al terminal de entrada del dispositivo siguiente.

Cabe anotar que la corriente que circula en un circuito serie es la misma en todos los puntos del circuito.

Y este tipo de circuitos tienen las siguientes características:

- La intensidad que circula por todos los elementos es la misma.
- La diferencia de potencial entre los extremos de cada componente es la misma.
- En caso de que asociemos resistencias en serie, la resistencia equivalente es igual a la suma de las resistencias individuales.

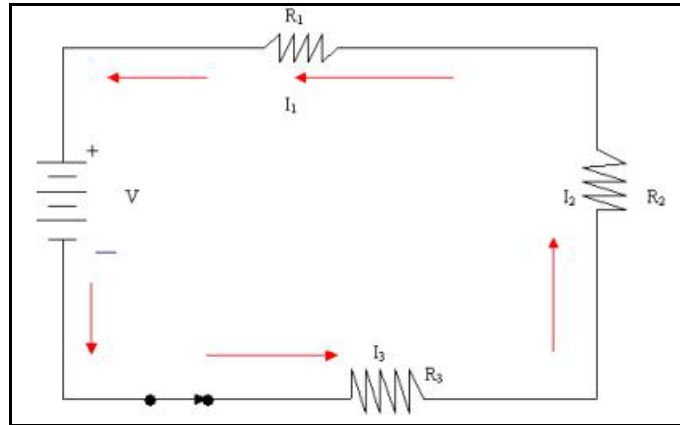


Figura 1.2 Circuito en serie.²

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = I_n$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_n$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_n$$

Donde:

I = La corriente de la fuente.

V= El voltaje de la fuente.

R = La resistencia total.

1.1.1.4.2 Circuito en paralelo

El circuito en paralelo es una conexión donde, los terminales de entrada de todos los dispositivos (generadores, resistencias, etc.) conectados coincidan entre sí, al igual que sus terminales de salida. Podemos mencionar un ejemplo de circuito en paralelo de la siguiente manera:

Los focos de iluminación de una casa forman un circuito en paralelo. Ya que si uno de los focos se apaga, los demás seguirán encendidos.

² <http://www.electricasas.com/wp-content/uploads/2009/01/serie.jpg>

La configuración contraria es el circuito en serie. En el cual, si un foco se apaga todos los demás focos se apagarán también. Y este tipo de circuitos tienen las siguientes características:

- La intensidad que pasa por cada elemento es diferente.
- La diferencia de potencial existente entre los extremos de cada elemento es la misma.
- En el caso de que asociemos resistencias en paralelo la resistencia equivalente se calcula según la fórmula descrita debajo de la figura.

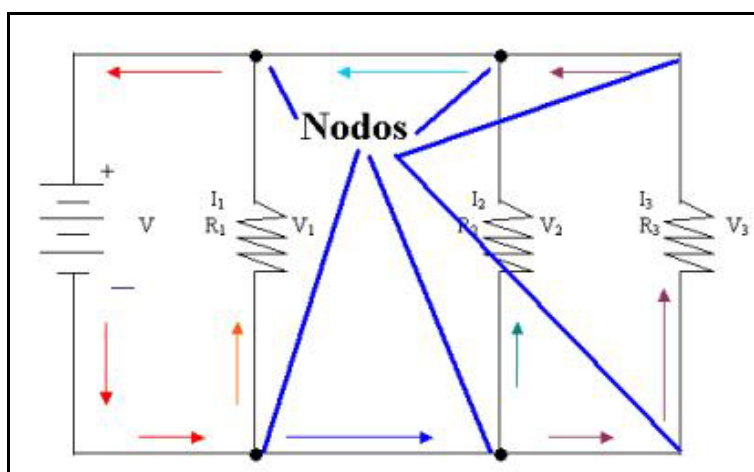


Figura 1.3 Circuito en paralelo.³

Donde:

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = V_n$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_n$$

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_n}}$$

I = La corriente de la fuente.

V = El voltaje de la fuente.

R = Es la resistencia total

³ <http://www.electricasas.com/wp-content/uploads/2009/01/paralelo.jpg>

1.1.1.4.3 Circuito mixto

El circuito mixto es una combinación de componentes eléctricos conectados en serie y en paralelo.

Para la solución de estos circuitos se trata de resolver primero los elementos más sencillos. Si hay dos elementos conectados en paralelo seguidos, se halla antes uno en serie que los reemplace.

Es decir, se trata de resolver primero todos los elementos que se encuentran en serie y en paralelo para finalmente reducir a la un circuito puro, ya sea este en serie o en paralelo.

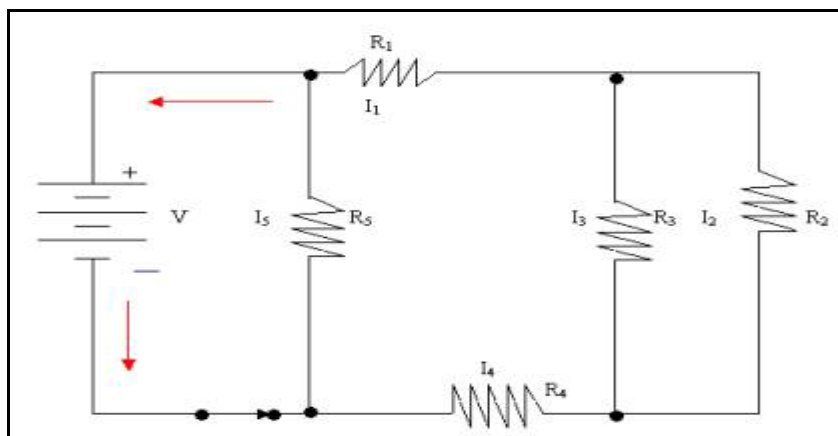


Figura 1.4 Circuito mixto.⁴

⁴ <http://www.electricasas.com/wp-content/uploads/2009/01/mixto.jpg>

1.1.2 Ley de Ohm

La Ley de Ohm establece que, "La intensidad de la corriente eléctrica que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo"⁵, esto podemos expresar matemáticamente con la siguiente ecuación:

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

Donde, empleando unidades del Sistema internacional, tenemos que:

I = Intensidad en amperios (A)

V = Diferencia de potencial en voltios (V)

R = Resistencia en ohmios (Ω).

Esta ley no se cumplirá, por ejemplo, si la resistencia del conductor varía con la temperatura, y la temperatura del conductor depende de la intensidad de corriente y el tiempo que esté circulando.

La ley define una propiedad específica de ciertos materiales por la que se cumple la relación:

$$V = I \cdot R$$

⁵ SCHAUM, Daniel; Teoría y Problemas de Física General, Editorial Mc Graw Hill, México 2004.

1.1.3 Leyes De Kirchhoff

Las dos primeras leyes establecidas por Gustav R. Kirchhoff son indispensables para los cálculos de circuitos, estas leyes son:

Primera ley.- La suma de las corrientes que entran, en un nudo o punto de unión de un circuito es igual a la suma de las corrientes que salen de ese nudo. Si asignamos el signo más (+) a las corrientes que entran en la unión, y el signo menos (-) a las que salen de ella, entonces la ley establece que la suma algebraica de las corrientes en un punto de unión es cero: $\sum I = 0$ (en la unión).

Segunda Ley.- Para todo conjunto de conductores que forman un circuito cerrado, se verifica que la suma de las elevaciones de potencial o tensión, es igual a la suma de las caídas de tensión a lo largo de él. Dicho de otra manera y considerando a un aumento de potencial como positivo (+) y una caída de potencial como negativo (-), la suma algebraica de las diferencias de potenciales (tensiones, voltajes) en una malla cerrada es cero: $\sum E - \sum I \cdot R = 0$
(Suma algebraica de las caídas $I \cdot R$, en la malla cerrada).

Como consecuencia de esto en la práctica para aplicar esta ley, supondremos una dirección arbitraria para la corriente en cada rama. Así, en principio, el extremo de la resistencia, por donde penetra la corriente, es positivo con respecto al otro extremo. Si la solución para la corriente que se resuelva, hace que queden invertidas las polaridades, es porque la supuesta dirección de la corriente en esa rama, es la opuesta.

1.1.4 Clases De Corrientes

1.1.4.1 Corriente Continua.

Se conoce a la corriente continua como el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial. Al contrario de la corriente alterna, en la corriente continua las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección.

Aunque frecuentemente se identifica la corriente continua con la corriente constante (por ejemplo la suministrada por una batería), es continua toda corriente que mantenga siempre la misma polaridad.

1.1.4.1.1 Corriente continua constante.

Esta corriente es la que permanece invariable desde su aplicación, en ese momento alcanza su valor, y en todo el tiempo que permanece sigue manteniendo el mismo.

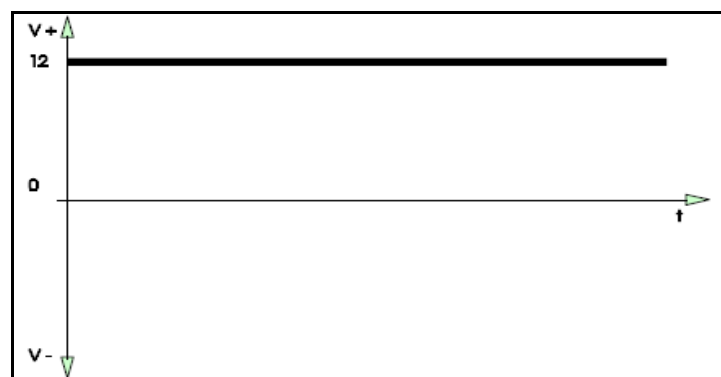


Figura 1.5 Corriente continua constante.⁶

⁶ Departamento 2, TEMA_3 tipos de corriente.pdf, página 9.

1.1.4.1.2 Corriente continua decreciente.

Esta corriente es la que siempre tiene el mismo sentido, pero que a medida que va pasando el tiempo su valor va disminuyendo, un ejemplo lo podemos tener en las pilas o baterías.

Cuando permanecen largo tiempo conectadas, su valor va disminuyendo a medida que se van desgastando.

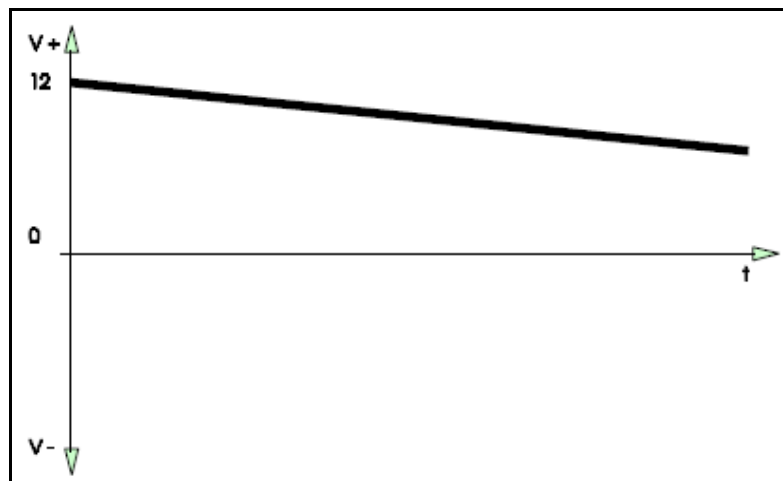


Figura 1.6 Corriente continua decreciente.⁷

1.1.4.1.3 Corriente continua pulsatoria.

Esta corriente no varía su sentido de circulación pero sí sus valores de tensión, alcanzando en ciertos momentos su máximo valor, manteniéndose un momento para después bajar instantáneamente al valor cero.

Hay varios tipos de ondas, por lo tanto en los gráficos a continuación expondremos algunas de ellas:

⁷ Departamento 2, TEMA_3 tipos de corriente.pdf, página 9.

a.- En este caso la corriente continua pulsatoria la onda cuadrada alcanza su valor máximo instantáneamente, persiste durante un tiempo y baja a cero su valor, para estar sin tensión durante el mismo tiempo que la ha mantenido.

Como los tiempos son iguales se denomina de onda cuadrada. Esta señal suele ser muy empleada para información de revoluciones.

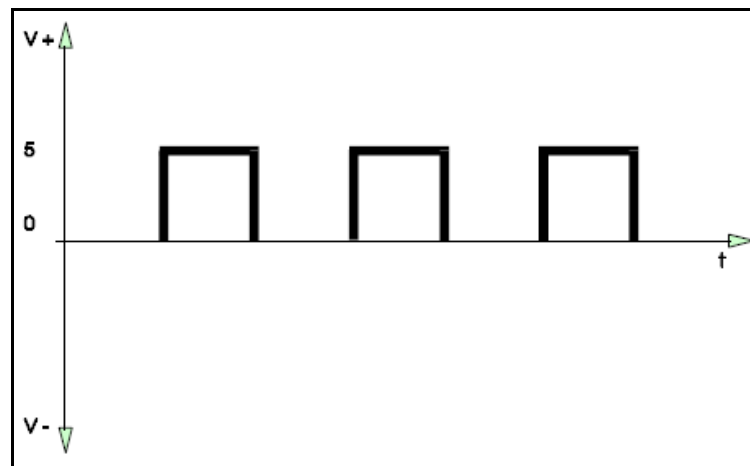


Figura 1.7 Corriente continua pulsatoria de onda cuadrada.⁸

b.- Existe también la onda rectangular que es similar a la cuadrada, pero los tiempos de permanencia de la onda son superiores a los de desaparición de la misma.

⁸ Departamento 2, TEMA_3 tipos de corriente.pdf, página 10.

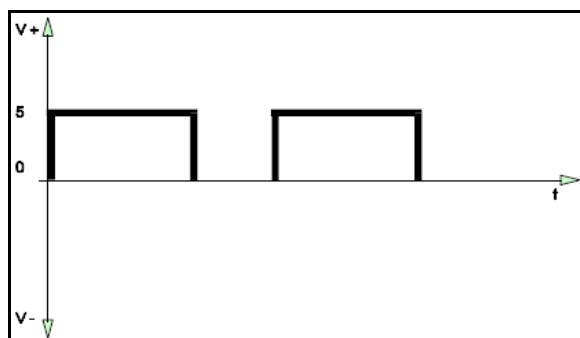


Figura 1.8 Corriente continua pulsatoria de onda rectangular.⁹

c.- Existe una onda rectangular que se diferencia de la anterior, es decir los tiempos de permanencia de la onda son inferiores a los de ausencia de la misma. Un claro ejemplo de esta onda es la enviada al motor de ralentí en los sistemas de inyección.

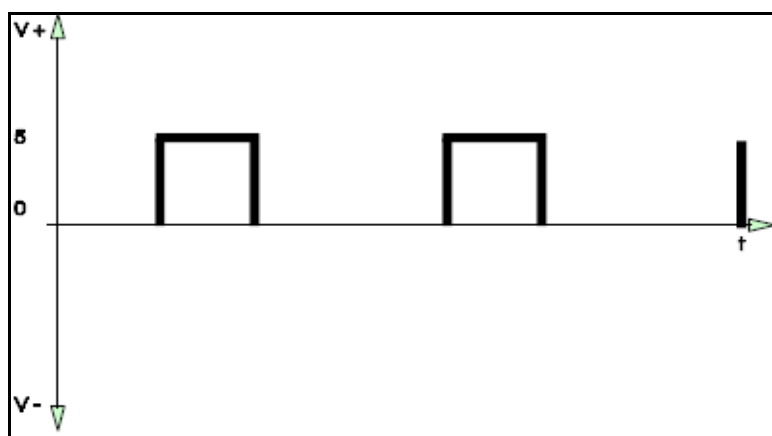


Figura 1.9 Corriente continua pulsatoria de onda rectangular diferente.¹⁰

d.- Similar a la onda cuadrada la onda senoidal de un solo semiciclo es muy utilizada en la electrónica. La diferencia con la onda cuadrada es que su valor máximo se va alcanzando poco a poco, permanece

⁹ Departamento 2, TEMA_3 tipos de corriente.pdf, página 10.

¹⁰ Departamento 2, TEMA_3 tipos de corriente.pdf, página 10.

durante un instante y va decayendo, empleando el mismo tiempo hasta desaparecer; puede darse en forma de impulsos o de forma continua.

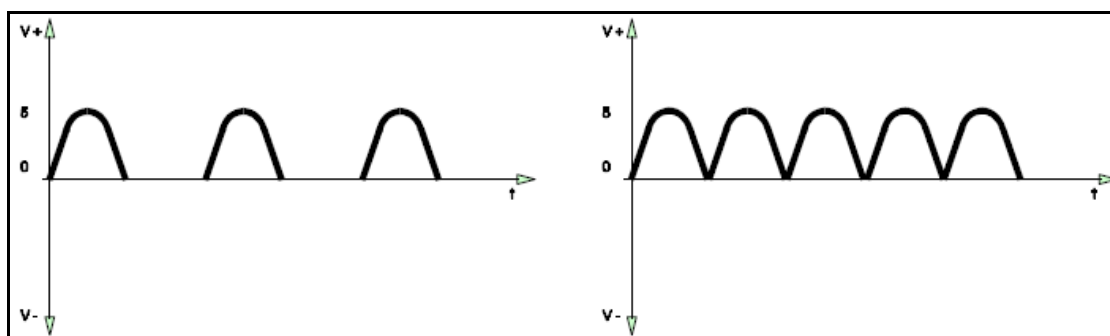


Figura 1.10 Corriente continua pulsatoria de onda senoidal.¹¹

1.1.4.2 Corriente alterna.

Se conoce a la corriente alterna como la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían constantemente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda sinusoidal o senoidal, ya que se consigue una transmisión más eficiente de la energía.

El uso más común de la corriente alterna es la que se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares ya que en este caso no importa como conectemos los electrodomésticos a diferencia de la corriente continua en la cual debemos tener en cuenta la polaridad para hacer la conexión.

Sin embargo, las señales de audio y de radio transmitidas por los cables eléctricos, son también ejemplos de corriente alterna. En estos usos, el fin más

¹¹ Departamento 2, TEMA_3 tipos de corriente.pdf, página 11

importante suele ser la transmisión y recuperación de la información codificada o modulada sobre la señal de dicha corriente alterna.

1.1.4.2.1 Corriente alterna senoidal.

Conocida como la más importante de las corrientes alternas la llamada corriente sinusoidal o senoidal, es la única capaz de pasar a través de resistencias, bobinas y condensadores sin deformarse. Puede comprobarse que cualquier otra forma de onda se puede construir a partir de una suma de ondas sinusoidales de determinadas frecuencias. Es nombrada senoidal ya que sigue la forma gráfica de la función matemática SENO . Que es la representada en el gráfico a continuación expuesto.

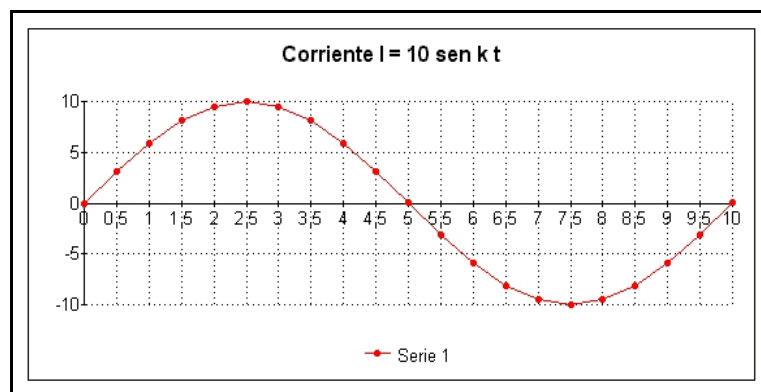


Figura 1.11 Corriente alterna senoidal.¹²

1.1.4.2.2 Corrientes alternas cuadradas y rectangulares.

Las corrientes alternas cuadradas y rectangulares o de ondas cuadradas y rectangulares son las que alterna su valor entre dos valores extremos sin pasar por los valores intermedios (al contrario de lo que sucede con la onda senoidal y la onda triangular, etc.)

¹² <http://www.ifent.org/lecciones/CAP08/figcap080301.JPG>

Es usada principalmente en la generación de pulsos eléctricos que son usados como señales (1 y 0) que permiten ser manipuladas fácilmente, un circuito electrónico que genera ondas cuadradas se conoce como generador de pulsos, este tipo de circuitos es la base de la electrónica.

En este gráfico se puede observar la onda rectangular de una corriente alterna.

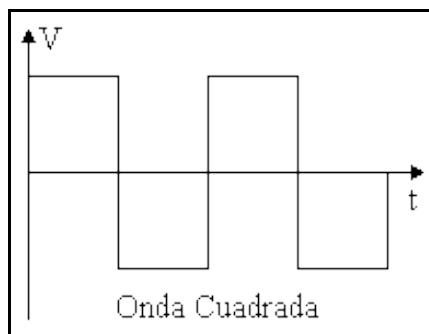


Figura 1.12 Corriente alterna cuadrada y rectangular.¹³

1.1.4.2.3 Magnitudes de una corriente alterna senoidal.

Las principales magnitudes de una señal alterna senoidal son la amplitud de la señal y el período.

Amplitud de la señal (A) es la altura máxima que alcanza la señal o valor de pico.

Dicha magnitud se mide en voltios o en amperios, según se refiera a señal de tensión o intensidad de corriente eléctrica, respectivamente.

¹³ <http://estaticos.poblenet.com/01/tutoriales/166/cuadrada.gif>

Período de la señal (T) se refiere al tiempo que la señal se demora en repetir su forma. La magnitud que es inversa del período se denomina frecuencia de la señal (f) y representa el número de ciclos que se producen durante un segundo.

Su unidad de medida es el hercio (Hz).

$$f = 1 / T$$

1.1.5 Componentes eléctricos y electrónicos

1.1.5.1 Resistencias

La resistencia es una propiedad de un objeto que hace que se oponga al paso de la corriente eléctrica. La resistencia de un circuito eléctrico determina según la Ley de Ohm cuánta corriente fluye en el circuito cuando se le aplica un determinado voltaje. La unidad es el Ohmio. La abreviatura habitual para la resistencia eléctrica es R, y el símbolo del ohmio es la letra griega omega, Ω .

Podemos decir que la resistencia de un conductor si es recorrido por una corriente de 1 amperio cuando se le aplica una tensión de 1 voltio es igual a 1 ohmio.

Para medir la resistencia de un componente eléctrico se utiliza un equipo llamado óhmetro, o el conocido multímetro en la función de ohmios. En algunos cálculos eléctricos se emplea el inverso de la resistencia, $1/R$, a esta se la denomina conductancia y se representa por G.

La unidad de conductancia es Siemens, cuyo símbolo es S.

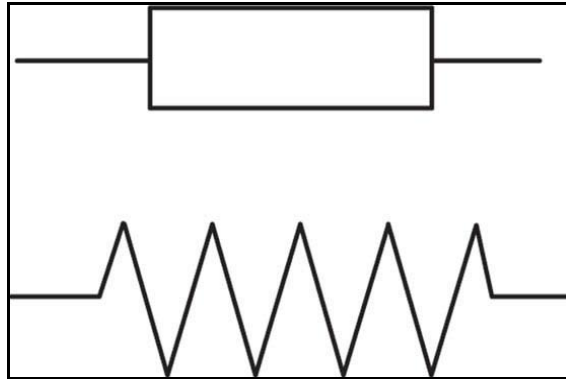


Figura 1.13 Resistencia eléctrica.¹⁴

1.1.5.1.1 Características

- a. Constitución.- Para la fabricación de resistencia los materiales empleados son muy variados, pero los más comunes son aleaciones de cobre, níquel y zinc en diversas proporciones de cada uno, lo que hará variar la resistividad. El níquel es quien determinará un aumento de la resistividad, ya que si dicha aleación lleva un porcentaje alto de éste, la resistencia tendrá una alta resistividad.

Las aleaciones de níquel-hierro y las de cobre-níquel tienen una resistividad de 10 a 30 veces mayor que el cobre, y las aleaciones de níquel-cromo son de 60 a 70 veces más resistivas que las de cobre, además que presentan un gran comportamiento en temperaturas elevadas.

¹⁴http://uy.kalipedia.com/kalipediamedia/cienciasnaturales/media/200709/24/fisicayquimica/20070924klpcnafyq_229.Ges.SCO.jpg

También se suele utilizar el carbono, ya que la resistividad está entre 400 y 2.400 veces mayor a la del cobre, por este motivo una gran aplicación de este, es en las escobillas de los motores eléctricos.

- b. Valor nominal.- Toda resistencia al igual que cualquier componente eléctrico o electrónico, tiene un valor nominal, y es el que indica el fabricante.

Este valor por lo general es diferente del valor real, en vista de que influyen diferentes factores de tipo ambiental o de los mismos procesos de fabricación, pues no son exactos.

El valor nominal suele venir indicado, ya sea marcado en el componente eléctrico o en un código de colores.

- c. Tolerancia.- Se establece el concepto de tolerancia como un porcentaje (%) del valor nominal. Toda resistencia tiene una tolerancia, esto quiere decir los valores que rodean el valor nominal y en el que se halla el valor real de la resistencia.

Esta tolerancia viene determinada por un porcentaje que va desde 0.001% hasta 20% el valor más utilizado es el de 10%. También la tolerancia viene marcada por un código de colores.

Podemos acotar que, si sumamos el valor nominal con el valor del porcentaje de la tolerancia, obtenemos un valor límite superior. Si por el contrario lo que hacemos es restarlo, obtenemos un valor límite inferior.

- d. Coeficiente de Temperatura.- Las resistencias tienen un coeficiente de temperatura, este valor dependerá de la temperatura que la resistencia alcance cuando empieza a circular corriente.

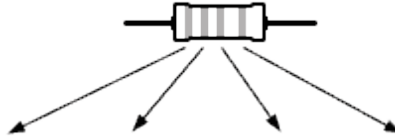
Tiene un rango de trabajo y por tanto un límite de funcionamiento que vendrá establecido por su capacidad de disipar el calor, la tensión y por su temperatura máxima; por lo tanto la temperatura máxima es con la cual podrá trabajar sin deteriorarse.

- e. Coeficiente de tensión.- La resistencia también tiene un coeficiente de tensión que limitará el paso de la corriente eléctrica entre sus dos extremos y que será la variación relativa del cambio de tensión al que se someta.

1.1.5.1.2 Código de colores

Todas las resistencias eléctricas poseen un valor resistivo diferentes entre sí al igual que su tolerancia, para conocer el valor exacto de esta resistencia y de la tolerancia, podemos identificar fácilmente de acuerdo a un código de colores que viene marcado en cada resistencia, para esto mostramos la siguiente tabla que especifica los colores que marcan las resistencias y sus respectivos valores.

Tabla 1.1 Código de colores resistencias.¹⁵



Colores	1ª Cifra	2ª Cifra	Multiplicador	Tolerancia
Negro		0	0	
Marrón	1	1	$\times 10$	$\pm 1\%$
Rojo	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
Naranja	3	3	$\times 10^3$	
Amarillo	4	4	$\times 10^4$	
Verde	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
Azul	6	6	$\times 10^6$	
Violeta	7	7	$\times 10^7$	
Gris	8	8	$\times 10^8$	
Blanco	9	9	$\times 10^9$	
Oro			$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
Plata			$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$
Sin color				$\pm 20\%$

Ejemplo:

Si los colores de una resistencia son: Marrón – Negro – Rojo – Oro. Su valor en ohmios será: $10 \times 100 = 1000\Omega = 1K\Omega$. Y tendrá una tolerancia de $\pm 5\%$.

También existen resistencia con 5 bandas de colores, la única diferencia que radica frente a la tabla expuesta es que la tercera banda de color será la tercera cifra, el resto sigue igual.

¹⁵http://bp0.blogger.com/_CLgBhLWOzM0/SJSZtHRusPI/AAAAAAAAAAc/X6cWWvCFz18/s400/Colores+Resistencias.jpg

1.1.5.1.3 Tipos de resistencias

Existen varios tipos de resistencias eléctricas, pero en definitiva se pueden agrupar en fijas, variables y especiales.

Las resistencias fijas son las que su valor en ohmios no cambia y se define al fabricarlas, y estas se pueden clasificar en:

- a. Bobinadas.- Estas resistencias vienen así para disipar potencia. Se construyen sobre una base aislante en forma cilíndrica para enrollar un hilo de alta resistividad, por lo general wolframio o manganina. La longitud y sección de dicho hilo darán su resistividad junto con la composición de éste. Vienen marcadas en la superficie y suelen utilizarse para grandes potencias, pero con el inconveniente de ser inductivas.
- b. Aglomeradas.- Estas resistencias son de las más utilizadas. Fabricadas de una pasta con granos muy finos de grafito. Sus valores se determinan por el código de colores que explicamos anteriormente.

Al igual que las bobinadas constan de un hilo enrollado pero se les somete a un proceso a alta temperatura con un barniz especial cuya misión es proteger el hilo resistivo para que no entren en contacto las espiras enrolladas. En este barniz es donde se marca el código de colores.

- c. Película de carbono.- Se coloca una fina capa de pasta de grafito por encima de una base de cerámica cilíndrica. La sección y su composición establecerán el valor de la resistencia.

- d. Pirolíticas.- Son inductivas. Son muy parecidas a las anteriores, pero con una película de carbón rayada en forma de hélice para ajustar el valor de la resistencia.

Las resistencias variables son resistencias sobre las que se desliza un contacto móvil, es de esta manera que varía su valor. A este contacto móvil se le denomina flecha o cursor, y divide a la resistencia en dos resistencias cuyos valores son menores y cuya suma será el valor total de la resistencia. Se dividen en dos categorías.

- a. Potenciómetros.- Se utilizan comúnmente en circuitos con poca corriente, pues no disipan mucha potencia. Se puede controlar la intensidad de corriente que hay por una línea si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial si se conecta en serie. Los potenciómetros se utilizan para variar niveles de voltaje.
- b. Reóstatos.- Son dispositivos capaces de soportar tensiones y corrientes muchísimo mayores, y de disipar potencias muy grandes. Se conecta en serie con el circuito, y se debe tener cuidado de que el valor en ohmios y la potencia en watts sea el adecuado para aguantar la corriente en amperios que va a circular por él. Los reóstatos se utilizan para variar niveles de corriente.

Las resistencias especiales son aquellas en las que el valor óhmico variará en función de una magnitud física. Se clasifican de la siguiente manera.

- a. PTC (Positive Temperature Coefficient = Coeficiente Positivo de Temperatura); aumenta el valor óhmico al aumentar la temperatura.
- b. NTC (Negative Temperature Coefficient = Coeficiente Negativo de Temperatura): disminuye el valor óhmico al aumentar la temperatura.
- c. LDR (Light Dependent Resistors = Resistencias Dependientes de Luz): disminuye el valor óhmico al aumentar la luz que incide sobre ella.
- d. VDR (Voltage Dependent Resistors = Resistencias Dependientes de Voltaje): disminuye el valor óhmico al aumentar el voltaje eléctrico entre sus extremos.

1.1.5.2 Bobinas.

La bobina se compone de un enrollado de alambre de cobre sobre un núcleo, que puede ser de aire (sin núcleo), de ferrite, hierro, silicio, etc.

También llamadas inductores; cuando una corriente pasa a través de la bobina, alrededor de la misma se crea un campo magnético que tiende a oponerse a los cambios bruscos de la intensidad de la corriente.

Del mismo modo que un condensador, una bobina puede utilizarse para diferenciar entre señales rápida y lentamente cambiantes o sea entre altas y bajas frecuencias.

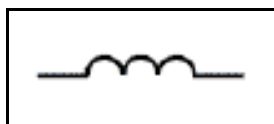


Figura 1.14 Símbolo bobina.¹⁶

Las bobinas más comunes son:

- a. Con núcleo de hierro: Están hechos con un bobinado de alambre de cobre sobre un soporte de hierro dulce. Dichas bobinas solo son apropiadas para aplicaciones de electroimán, en donde la corriente a través de su bobinado induce un efecto de imantación temporal sobre el hierro.
- b. Con núcleo de aire: Esta bobina se encuentra enrollada en el aire, o sea, que no posee núcleo. La inductancia en este tipo de bobinas es muy baja, pero su ventaja es que son muy apropiadas para trabajar con altas frecuencias.
- c. Con núcleo de ferrite: Este núcleo está hecho con hierro, carbono y otros metales, produciendo una barra a partir de un granulado muy fino de estos elementos. Se utilizan mucho en los receptores de radio. Este núcleo permite que la inductancia de la bobina aumente, y son apropiados para altas frecuencias.

¹⁶www.isftic.mepsyd.es/w3/recursos/bachillerato/tecnologia/manual/electro/images/elem049.gif

- d. Con núcleo laminado: Este tipo de núcleo está compuesto por delgadas chapas de silicio, que se entrelazan formando un núcleo compacto; de esta manera permite manejar elevadas potencias, y disminuye las pérdidas y el calentamiento.

1.1.5.3 Fusibles

El fusible es un dispositivo de seguridad que se utiliza para proteger un circuito eléctrico de un exceso de corriente. Su principal componente es, por lo general, un hilo o una banda de metal que se derrite a una determinada temperatura. Si la corriente del circuito sobrepasa un valor predeterminado, el metal del fusible se rompe y abre el circuito.

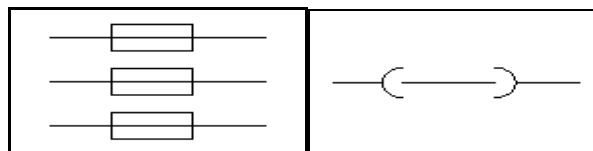


Figura 1.15 Símbolos fusibles.¹⁷

1.1.5.4 Transformadores.

Es un dispositivo que consta de una bobina de cable situada junto a una o varias bobinas más, y que se utiliza para unir dos o más circuitos de corriente alterna así se aprovecha el efecto de inducción entre las bobinas. La bobina que está

¹⁷ http://www.dimensioncad.com/jpegs/small/5/3/20001583_symbol_small.gif

conectada a la fuente de energía se llama bobina primaria. El resto de bobinas son conocidas como bobinas secundarias.

El transformador cuyo voltaje secundario sea superior al primario se llama transformador elevador. De lo contrario si el voltaje secundario es inferior al primario este dispositivo recibe el nombre de transformador reductor.

La intensidad de corriente por el voltaje da un producto constante en cada juego de bobinas, de forma que en un transformador elevador el aumento de voltaje de la bobina secundaria viene acompañado por la correspondiente disminución de corriente.

Según cuantos bobinados y tomas tengan la cantidad de terminales varía. Para el auto-transformador son tres como mínimo y cuatro o más para los transformadores. No poseen polaridad aunque si una orientación magnética de los bobinados.

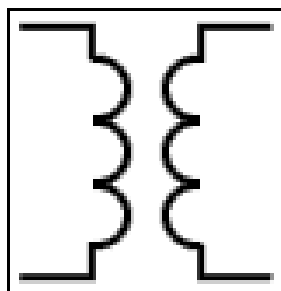


Figura 1.16 Símbolo transformador.¹⁸

¹⁸ <http://orbita.starmedia.com/~diet201eq2/tareas/tarea1/lmage41.gif>

1.1.5.5 Condensadores

También se suele llamar capacitores o capacitadores. El condensador es uno de los componentes más utilizados en los circuitos eléctricos. Un condensador es un elemento que tiene la cualidad de almacenar energía eléctrica. Está formado por dos láminas de material conductor que se encuentran separados por un material dieléctrico o aislante.

Un condensador simple, cualquiera que sea su apariencia exterior, tendrá dos terminales, los cuales a su vez están conectados a las dos láminas conductoras.

Los condensadores por lo general se utilizan en baterías, memorias, por su gran capacidad de almacenar energía; en filtros, adaptación de impedancias; en flash de cámaras fotográficas, tubos fluorescentes, mantienen corriente en el circuito e impiden caídas de tensión.

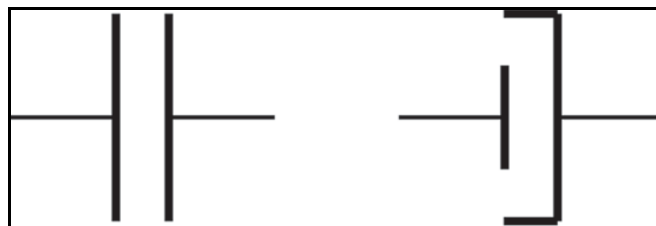


Figura 1.17 Símbolos condensador.¹⁹

¹⁹http://uy.kalipedia.com/kalipediamedia/ingenieria/media/200708/22/tecnologia/20070822klpinctn_101.Ges.SCO.png

1.1.5.6 Diodos

La palabra diodo es una palabra griega que significa “dos caminos”. El diodo es un semiconductor que tiene la característica similar al de un interruptor, que es permitir el paso de corriente eléctrica en una sola dirección.

Debido a esto, se les denomina también rectificadores, ya que son dispositivos capaces de suprimir la parte negativa de cualquier señal, como paso inicial para convertir una corriente alterna en corriente continua.

Los diodos son componentes fundamentales de los circuitos electrónicos. También se utilizan para formar otros componentes, como por ejemplo el transistor bipolar, que utiliza dos diodos en serie.

Existen diferentes tipos de diodos y su aspecto externo varía de acuerdo a la aplicación a la que este destinado.

En las representaciones graficas a los diodos se les suele por lo general representar de la siguiente manera:

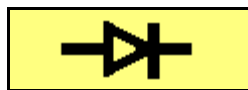


Figura 1.18 Diodo.²⁰

²⁰ <http://www.electronica2000.com/temas/imagenestem/diodorec.gif>

Un diodo está formado por la unión de dos semiconductores, uno de tipo P y otro de tipo N, de tal manera que si la corriente entra por P, ésta puede atravesar el diodo, por el contrario si entra la corriente por N, no atravesará el diodo.

Por esta razón es que decimos que un diodo se comporta como un interruptor, dejando pasar o no la corriente en función del sentido en que ésta circule.

Este elemento a veces puede ser un buen conductor de la corriente, y otras veces mal conductor, vemos que la resistencia que ofrece esta unión PN depende del sentido de la polarización.

Al sentido de la corriente de P a N se le llama sentido de paso, y a la disposición opuesta, es decir, de N a P sentido de bloqueo. Al lado P se le da el nombre de ánodo, y al lado N, el nombre de cátodo.

1.1.5.6.1 Funciones de los Diodos

- Como rectificadores.- Este es el empleo más común y que ya mencionamos, la función es de convertir una corriente alterna en corriente continua.
- Como protectores.- Un circuito en donde convenga que la corriente circule en un sólo sentido determinado, y nunca en sentido contrario, puede ser protegido por la presencia de un diodo.

Por ejemplo se puede colocar un diodo entre un generador de corriente continua y la batería, tal como se muestra en la figura 1.19. El diodo no dejará pasar la corriente de la batería al generador, pero sí lo hace desde el generador hacia la batería de manera que hace las veces de un disyuntor sin contactos móviles ni desgaste.

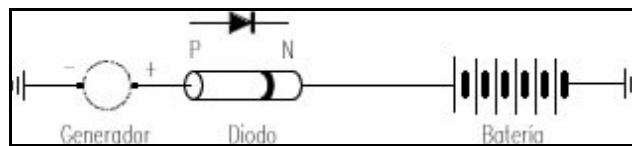


Figura 1.19 Protección del circuito con un diodo.²¹

- Descarga.- Un diodo colocado en derivación en un circuito dotado de una fuente de autoinducción, como se aprecia en la figura 1.20, bloquea el paso de alguna corriente cuando el circuito está alimentado por una corriente exterior; pero cuando el interruptor se abre permite el paso de una extracorrente de ruptura.

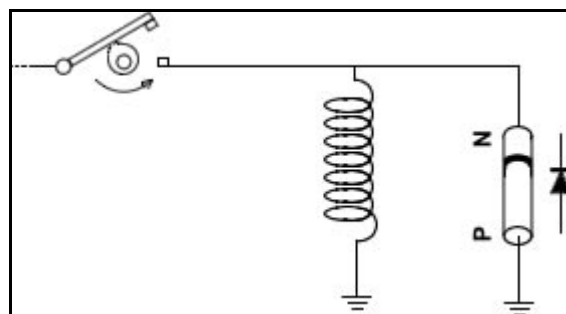


Figura 1.20 Descarga del circuito con un diodo.²²

²¹ <http://www.araelectronica.com/img/diodo-protector.jpg>

²² <http://www.araelectronica.com/img/diodo-descarga.jpg>

- Otras variantes.- Existen variedad de diodos con características especiales. Precisamente, los hay de disparo, que dejan pasar la corriente cuando se alcanza un determinado valor; los hay luminiscentes, termosensibles, etc. que básicamente cumplen con trabajos de regulación y estabilización de circuitos.

1.1.5.6.2 Tipos de Diodos

Existen diferentes clases de diodos de acuerdo a la aplicación que se vaya a tener en un circuito, a continuación detallamos los siguientes tipos.

- a. Diodos Rectificadores.- Los diodos rectificadores facilitan el paso de la corriente continua en un sólo sentido (polarización directa), en otras palabras, si hacemos que circule corriente alterna a través de un diodo rectificador, ésta solo lo hará en la mitad de los semiciclos, aquellos que polarizarán directamente el diodo, por lo que a la salida del mismo obtenemos una señal de tipo pulsatoria pero continua.

Se conoce por señal o tensión continua a aquella que no varía su polaridad.

Existen también unos diodos que se usan mucho como rectificadores de pequeños aparatos electrónicos, debido a que son diodos para baja potencia, a estos diodos se les suele llamar de unión o de juntura.

La representación grafica de un diodo rectificador es la siguiente:

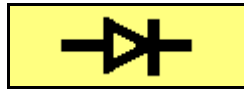


Figura 1.21 Diodo Rectificador²³

- b. Diodos emisores de luz.- También son conocidos con el nombre de LED (Light Emitter Diode), tienen la particularidad de emitir luz cuando son atravesados por la corriente eléctrica. Consiguen una luz bastante viva y, además, con un consumo de mínima cantidad de corriente. Se encuentran de diferentes formas, tamaños y colores.

La forma de operar de un Led se basa en la recombinación de portadores mayoritarios en la capa de barrera cuando se polariza una unión Pn en sentido directo. En cada recombinación de un electrón con un hueco se libera cierta energía. Esta energía, en el caso de determinados semiconductores, se irradia en forma de luz, en otros se hace de forma térmica.

Dichas radiaciones son básicamente monocromáticas (sin color). Por un método de "dopado" del material semiconductor se puede afectar la energía de radiación del diodo.

²³ <http://www.electronica2000.com/temas/imagenestem/diodorec.gif>

Además de los diodos Led existen otros diodos con diferente emisión, como la infrarroja, y que responden a la denominación IRED (Diodo emisor de Infra-rojos).

La representación grafica de los diodos LED es la siguiente:



Figura 1.22 Diodo LED.²⁴

- c. Diodo capacitivo (varicap).- Este diodo, también conocido como diodo de capacidad variable, es, en esencia, un diodo semiconductor cuya característica principal es la de obtener una capacidad que depende de la tensión inversa a él aplicada.

Podemos decir que los diodos de capacidad variable, más conocidos como varicap's, varían su capacidad interna al ser alterado el valor de la tensión que los polariza de forma inversa.

Se usa especialmente en los circuitos sintonizadores de televisión y los de receptores de radio en FM.

²⁴ <http://www.electronica2000.com/temas/imagenestem/diodoled.gif>

La representación grafica de un diodo de capacidad variable es la siguiente:



Figura 1.23 Diodo Varicap.²⁵

d. Diodo Zener.- Si se polariza inversamente un diodo estándar y aumentamos la tensión llegará un momento en que se origina un fuerte paso de corriente que lleva al diodo a su destrucción. Este punto se da por la tensión de ruptura del diodo.

Se puede controlar este fenómeno y aprovecharlo, de tal manera que no se origine la destrucción del diodo. Lo que se debe hacer es que este fenómeno se presente dentro de márgenes que se puedan controlar.

El diodo zener es capaz de trabajar en esta misma región que lleva su nombre, cuando las condiciones de polarización así lo determinen y volver a comportarse como un diodo estándar a la vez que la polarización retorna a su zona de trabajo normal.

En otras palabras, decimos que, el diodo zener se ha fabricado para soportar el momento que alcance la tensión zener, y hasta ello se

²⁵ <http://www.electronica2000.com/temas/imagenestem/diodovaricap.gif>

comportará como un diodo normal, en el momento que llegue a darse dicha tensión zener, es ahí cuando dejará pasar a través de él una cantidad determinada de corriente.

Las aplicaciones para este efecto se dan en todo tipo de circuitos reguladores, limitadores y recortadores de tensión.

La representación grafica de un diodo zener es la siguiente:

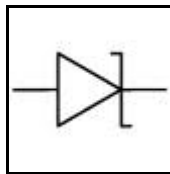


Figura 1.24 Diodo Zener.²⁶

1.1.5.7 Transistores

Los transistores están compuestos de semiconductores. Son materiales, como el silicio o el germanio, dopados, o sea se les han incrustado pequeñas cantidades de materias extrañas, de tal manera se produce un exceso o una carencia de electrones libres. En el caso inicial se dice que el semiconductor es del tipo n, y en el segundo, que es del tipo p. Si combinamos materiales del tipo n y del tipo p podemos producir un diodo.

Si éste se conecta a una batería de manera tal que el material tipo p es positivo y el material tipo n es negativo, estos electrones son repelidos desde el terminal

²⁶ http://www.educared.net/concurso2009/WEB_1133/images/grzener.jpg

negativo de la batería y pasan, sin ningún obstáculo, a la región p, que carece de electrones.

En el caso de que invirtamos la batería, los electrones que llegan al material p pueden pasar sólo con muchas dificultades hacia el material n, esto es porque ya está lleno de electrones libres, en cuyo caso la corriente es prácticamente cero.

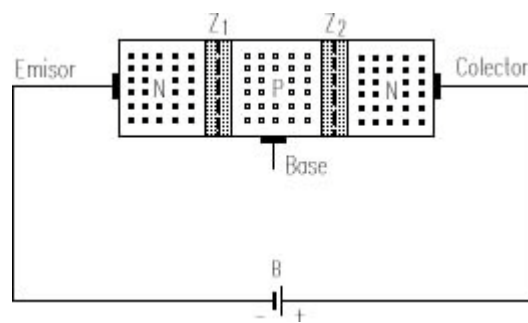


Figura 1.25 Transistor.²⁷

1.1.5.7.1 Transistor bipolar.

Es un dispositivo electrónico de estado sólido y consiste en dos uniones PN muy cercanas entre sí, lo cual permite controlar el paso de la corriente a través de sus terminales. Estos transistores bipolares son usados generalmente en electrónica analógica.

El transistor de unión bipolar se encuentra conformado por dos Uniones PN en un solo cristal semiconductor, separados por una región muy estrecha.

Así quedan formadas tres regiones:

²⁷ <http://www.araeelectronica.com/img/transistor-npn.jpg>

- a. Emisor, con la principal diferencia de las otras dos por estar fuertemente dopada, comportándose a modo de un metal. El nombre se debe a que esta terminal funciona como un emisor de portadores de carga.
- b. Base, la parte del medio, muy estrecha, que separa el emisor del colector.
- c. Colector, con una extensión mucho mayor.

En el funcionamiento normal, la unión base-emisor está polarizada directamente, mientras que la base-colector inversamente.

Los portadores de carga emitidos por el emisor cruzan la base, que por ser muy angosta, hay poca recombinación de portadores, y en su mayoría pasan al colector. El transistor de unión bipolar se subdivide en dos:

a.- Transistor NPN.

El transistor NPN es uno de los tipos de transistores bipolares, en el cual las letras "N" y "P" se refieren a los portadores de mayor carga dentro de las diferentes regiones del transistor. En su mayoría los transistores bipolares más usados hoy en día son NPN, ya que la movilidad del electrón es mayor que la movilidad de los "huecos" en los semiconductores, permitiendo así que mayores corrientes y velocidades operen.

Estos transistores NPN constan de una capa de material semiconductor dopado "P" o sea la "base" entre dos capas de material dopado "N". Cuando una corriente pequeña ingresa a la base en configuración emisor-común es amplificada en su salida del colector.

En la figura 1.26 podemos apreciar que la flecha en el símbolo del transistor NPN está en la terminal del emisor y nos indica la dirección en la que la corriente convencional circula cuando el dispositivo está en activa función.

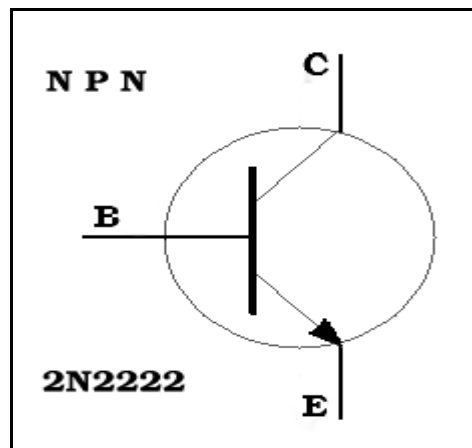


Figura 1.26 Símbolo transistor NPN.²⁸

b.- Transistor PNP.

Otro transistor de unión bipolar es del tipo PNP con sus letras "P" y "N" refiriéndose a las cargas mayoritarias dentro de las diferentes regiones del transistor. Muy pocos transistores son usados hoy en día del tipo PNP, esto es porque el NPN posibilita un mejor desempeño en la mayoría de los casos.

Constan de una capa de material semiconductor dopado "N" entre dos capas de material dopado "P". Comúnmente este tipo de transistores PNP son operados

²⁸ http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/22/Transistor_npn.png

con el colector a masa y el emisor conectado al terminal positivo de la fuente a través de una carga eléctrica externa. Una corriente pequeña que circula desde la base permite que una corriente mayor circule del emisor hacia el colector.

En la figura 1.27 observamos que la flecha en el transistor PNP está en el terminal del emisor e indica la dirección en que la corriente convencional circula cuando el dispositivo está en su activo funcionamiento.

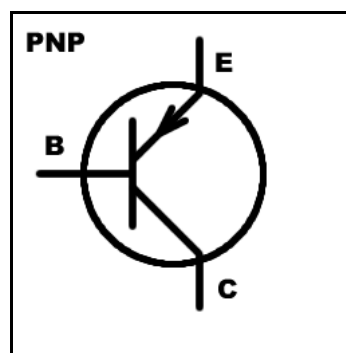


Figura 1.27 Símbolo transistor PNP.²⁹

1.1.5.7.2 Polarización de transistores.

El transistor cuenta con dos uniones PN, por lo cual es necesario que sea polarizado correctamente. La unión emisor debe estar polarizada directamente y la unión colector debe de estar polarizada inversamente.

En el caso de que en un transistor NPN, dispondremos de dos baterías, una tendrá conectado a su polo positivo el colector N del transistor y la otra tendrá conectado a su polo negativo el emisor N del transistor, quedando así polarizado el transistor, circulando de esta manera una corriente del emisor a la base y de

²⁹ http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Transistor_PNP_symbol.png

esta al colector, de la misma forma circula una pequeña intensidad de base, y esta es muy pequeña comparada con la intensidad de colector, que se puede tomar en la práctica casi idéntica a la intensidad de emisor, aunque la intensidad de emisor sea parecida a la intensidad de colector más la intensidad de base.

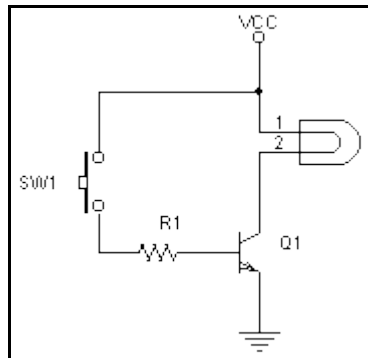


Figura 1.28 Polarización de un transistor NPN.³⁰

La correcta polarización permite el funcionamiento de este componente. No es lo mismo polarizar un transistor NPN que PNP.

En general se dice que la unión base - emisor se polariza directamente y la unión base - colector inversamente.

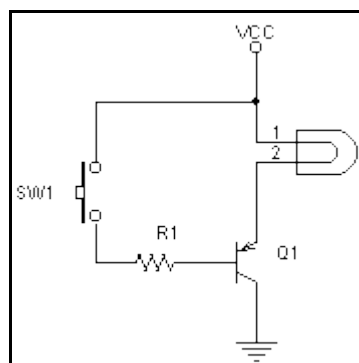


Figura 1.29 Polarización de un transistor PNP.³¹

³⁰ <http://estaticos.poblenet.com/01/tutoriales/155/NPN1.gif>

1.1.5.8 Reguladores de Tensión

Los reguladores de tensión son dispositivos electrónicos cuyo objetivo principal es proteger a los aparatos eléctricos y electrónicos de variaciones de diferencia de potencial (tensión/voltaje), del "ruido" existente en la corriente alterna de la distribución eléctrica, y de descargas eléctricas.

Los reguladores de tensión se encuentran en las fuentes de alimentación de corriente continua reguladas, con la tarea de proporcionar una tensión constante a su salida.

Lo que hace un regulador de tensión es elevar o disminuir la corriente para que el voltaje sea estable, es decir, para que el flujo de voltaje llegue a un aparato sin irregularidades. Por otro lado un "supresor de picos" únicamente evita los sobre voltajes repentinos, conocidos como "picos". Un regulador de voltaje puede o no incluir un supresor de picos.

En el vehículo la función del regulador de tensión es mantener constante la tensión del alternador, y con ella la del sistema eléctrico de todo el auto, a pesar de las revoluciones del motor y de la carga.

La tensión del alternador depende en gran medida de la velocidad de giro y de la carga a que esté sometido. A pesar de estas condiciones, continuamente variables, es necesario asegurar que la tensión se regula al valor predeterminado.

³¹ <http://estaticos.poblenet.com/01/tutoriales/155/PNP1.gif>

Esta limitación de tensión protegerá a los consumidores contra sobre tensiones e impedirá que se sobrecargue la batería.

1.1.5.8.1 Regulación de carga

La regulación de carga es la capacidad que tiene una fuente de alimentación para regular la tensión solicitada independientemente de la corriente que le sea requerida.

En otras palabras, una fuente nunca deberá variar la tensión eléctrica que se le haya requerido, independiente de que no haya carga, por ejemplo sin nada conectado a la fuente, o de que exista la máxima carga admitida por la fuente.

1.1.5.8.2 Regulación de línea

La regulación de línea es la capacidad que tiene una fuente de alimentación para conservar la tensión de salida nominal con variación de la tensión de alimentación. Normalmente la tensión de alimentación es una tensión continua no regulada.

Es decir, una fuente no debe variar la tensión que se le haya solicitado independientemente de que la tensión de la línea exterior varíe, siempre que esté dentro de los límites que admite la fuente.

Un regulador lineal es un regulador de tensión basado en un elemento activo, como un transistor, operando en su "zona lineal", o uno pasivo, como un diodo zener operando en su zona de ruptura.

Por el contrario un regulador conmutado está basado en forzar la actuación de un transistor, para que funcione como un interruptor on/off.

El dispositivo regulador actuará como una resistencia variable, ajustada continuamente a un divisor de tensión para mantener constante una tensión de salida.

1.1.5.9 Relés

La palabra relé proviene del francés “relay” que significa relevo; es un dispositivo electromecánico que funciona parecido a un interruptor, controlado por un circuito eléctrico.

Por medio de una bobina y un electroimán, se accionan unos contactos, abriendo y cerrando circuitos eléctricos. Puede también considerarse como un amplificador eléctrico, ya que es capaz de controlar un circuito de salida con mayor potencia que el de entrada.

Al pasar corriente eléctrica por la bobina, ésta se convierte en un electroimán, por ello se tiene un efecto de atracción magnética que hace que los contactos auxiliares cambien su posición.

Los relés tienen como mínimo cuatro terminales, dos de ellos son de la bobina que mueve al un contacto, y los otros dos o más son de los contactos en sí.

La representación grafica de un relé es la siguiente:

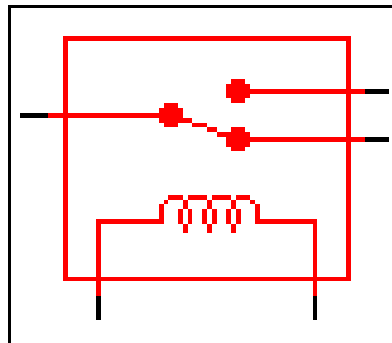


Figura 1.30 Relé³²

1.1.5.9.1 Estructura de un relé.

En la Figura 1.31 se muestra, de manera esquemática, la posición de los distintos elementos que conforman un relé de un solo contacto de trabajo o circuito.

Son denominados contactos de trabajo aquellos que se juntan cuando la bobina del relé es alimentada y contactos de reposo a los que se encuentran cerrados en ausencia de alimentación de la misma.

Entonces, los contactos de un relé pueden ser normalmente abiertos “NA”, normalmente cerrados “NC”, o de conmutación.

La lámina central es conocida como lámina inversora o de contactos inversores o de conmutación ya que son los contactos móviles que transmiten la corriente a los contactos fijos.

³² <http://www.pablin.com.ar/electron/cursos/simbolos/rele.gif>

En el primer caso los contactos normalmente abiertos conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos son ideales para aplicaciones en las que se necesita conmutar fuentes de poder de alta intensidad.

En otro caso los contactos normalmente cerrados desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.

Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto NA y uno NC con una terminal común.

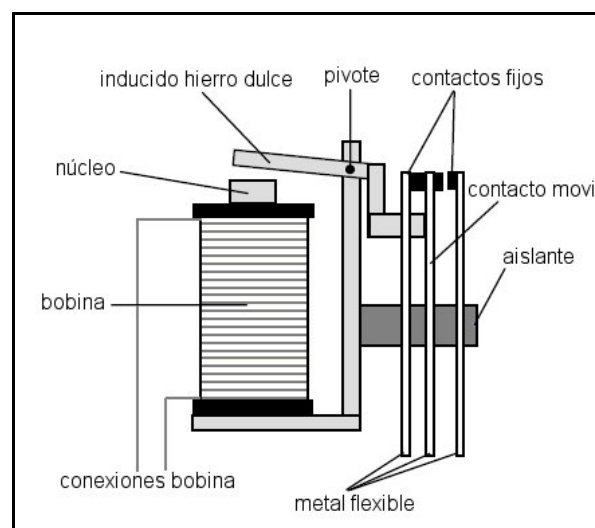


Figura 1.31 Partes de un relé.³³

³³ http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Rele_partes.jpg

1.1.5.9.2 Características de los relés.

Las principales características de un relé son:

- a. El aislamiento en terminales de entrada y de salida.
- b. Fácil adaptación a la fuente de control.
- c. La posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida.
- d. En las dos posiciones de trabajo los bornes de salida de un relé se caracterizan por:
 - Cuando está abierto, alta impedancia.
 - Cuando está cerrado, baja impedancia.

1.1.5.9.3 Tipos de relés

Existen distintos tipos de relés ya sea por el número de contactos que tenga, el tipo de corriente de accionamiento, tiempo de activación y desactivación, etc.

Se les llamará contactores en lugar de relés, cuando éstos controlan grandes potencias. Los relés más utilizados y más conocidos son los relés electromecánicos y se dividen en:

- a. Relés de tipo armadura.- Son los más antiguos y los más utilizados en diversas aplicaciones.

Un electroimán al ser excitado provoca la basculación de la armadura, cerrando o abriendo unos contactos, dependiendo si es normalmente abierto o normalmente cerrado.

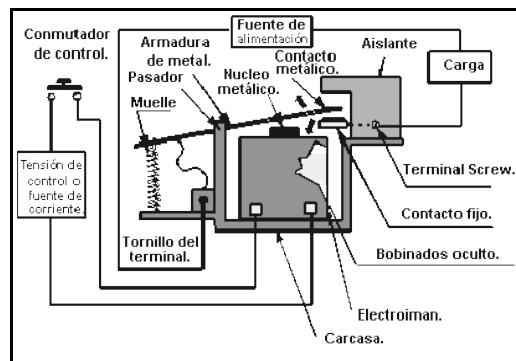


Figura 1.32 Relé tipo armadura³⁴

- b. Relés de núcleo móvil.- Estos relés tienen un embolo en vez de la armadura, se utiliza un solenoide para cerrar los contactos debido a su gran fuerza de atracción. Es útil para manejar grandes corrientes.

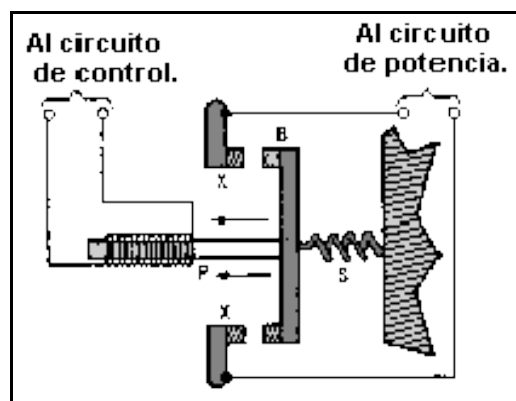


Figura 1.33 Relé de núcleo móvil³⁵

³⁴ http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/elembas/rele2.gif

³⁵ http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/elembas/rele3.gif

- c. Relés tipo reed o de lengüeta.- Se encuentran constituidos por una ampolla de vidrio y en su interior se encuentran los contactos montados sobre delgadas láminas de metal, éstos contactos se cierran por la excitación de una bobina que se encuentra alrededor de dicha ampolla de vidrio.

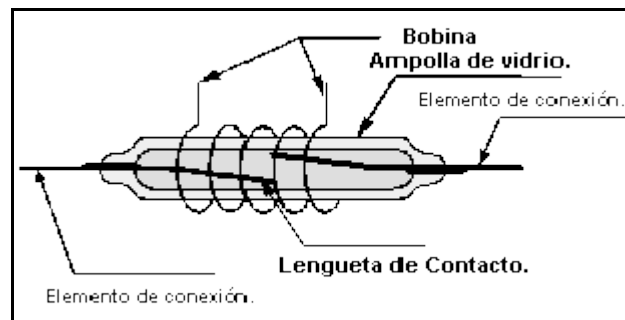
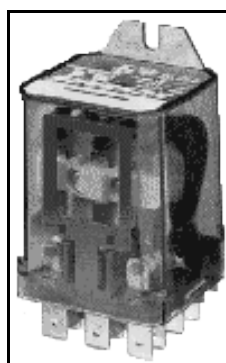


Figura 1.34 Relé tipo reed o de lengüeta³⁶

- d. Relés polarizados o biestables.- Están compuestos por una pequeña armadura solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electroimán, y el otro lleva una cabeza de contacto. Si se excita al electroimán, se mueve la armadura y se cierran los contactos.



e.

f. Figura 1.35 Relé polarizado³⁷

³⁶ http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/elembas/rele4.gif

³⁷ http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/elembas/rele5.gif

CAPÍTULO 2

LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA.

2.1 DESARROLLO Y APARICIÓN DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE

A principios del siglo XIX Nicolás Otto y Lenoir presentaban motores de combustión interna en París.

En 1875, el primero en convertir un motor de gas para funcionar con gasolina fue Wilhelm Maybach de Deutz. El motor que el desarrollo usaba un carburador con una mecha cuyos extremos estaban sumergidos en la gasolina recipiente debajo de ella y estaba suspendida a través del flujo del aire entrante. Cuando se arrancaba el motor, el aire entrante pasaba a través de la mecha, la gasolina era evaporada y llevaba los vapores del combustible dentro del motor para ser quemado.

A finales del siglo, Maybach, Carl Benz y otros, habían desarrollado un alto nivel de tecnología en el carburador. En consecuencia se había desarrollado el carburador de chorro de rocío controlado por un flotador.

En 1883, junto con los que trabajaban en los carburadores, otros ya empezaban a experimentar con la inyección de combustible rudimentaria, ellos eran Edward Butler, Deutz y otros los cuales desarrollaron sistemas precursores de inyección de combustible.

La inyección de combustible gasolina empezó a evolucionar por medio de la aviación.

En 1.903, Wright utilizó en su avión que poseía un motor de 28hp con inyección de combustible.

Durante la primera guerra mundial se desarrollo un énfasis en el incremento en los costos por rapidez y desarrollo. La evolución de los carburadores se impuso y la inyección de combustible quedó relegada por varios años.

La posguerra en los años veintes trajo consigo la renovación del interés por el desarrollo de la inyección de combustible.

En la Alemania pre nazi comenzó un proyecto por parte de Bosch hacia la evolución de la inyección de combustible en la rama de la aviación. En sus primeros sistemas Bosch usaba inyección directa, el cual rociaban el combustible a gran presión dentro de la cámara de combustión, tal y como lo hace el sistema de inyección diesel.

Conforme avanza la segunda guerra mundial la inyección de combustible iba dominando los cielos. Ya progresada la guerra, Continental empleó un sistema de inyección de combustible que fue diseñado por la compañía de carburadores SU de Inglaterra.

El primero en incorporar en 1940 un solenoide eléctrico para controlar el flujo del combustible hacia el motor fue Ottavio Fuscaldo.

Todo esto llevó a la industria automotriz hacia la inyección electrónica de combustible. Posterior a la segunda guerra mundial la inyección de combustible tocó tierra. Con esta investigación y el desarrollo de la industria aérea cambiados de la inyección de combustible a los motores de chorro, los adelantos que se originaron en la guerra parecían destinados al olvido.

Así, en 1949, un auto equipado con inyección de combustible, Offenhauser participó en la carrera de Indianápolis 500. Este sistema de inyección fue diseñado por Stuart Hilborn y el mismo utilizó inyección directa, en el cual el combustible inyectaba en el múltiple de admisión precisamente delante de la válvula de admisión.

Este sistema era como un sistema de inyección regulado para cada cilindro; y era semejante al sistema K-Jetronic de Bosch usado en los VW; Rabbit, Audi 5000, Volvo y otros en el cual el combustible no era expulsado en la lumbrera de admisión sino rociado continuamente, a lo que se conoció como inyección de flujo constante.

En 1957 el primer motor con inyección de combustible de producción en masa fue el Corvette presentado por Chevrolet. El sistema tenía el problema de la falta de comprensión por parte de los responsables de su mantenimiento diario.

En los setentas el sistema D-Jetronic se uso en varias aplicaciones europeas, incluyendo SAAB, Volvo y Mercedes pero los encargados de dar servicio al sistema no comprendían del todo cómo funcionaba, el D-Jetronic continuó y los procedimientos de servicio y diagnóstico del EFI se expusieron a los mecánicos de los Estados Unidos. Cadillac fue el primero en introducir el sistema EFI de producción en masa en 1975.

Por esa misma época Cadillac presento un sistema de inyección digital de combustible; para simplicidad, era un sistema de dos inyectores.

La inyección de combustible centralizada a gran presión (CFI) fue presentada por Ford en el Versailles de 5 litros su uso se extendió en 1981 hasta el LTD y el Gran Marqués.

En 1983 se vio la introducción de la inyección multipuntos (MPI) en las aplicaciones de 1.6 litros por parte de la misma Ford.

Como había sucedido con Bosch y Mercedes-Benz, GM optó por la inyección directa a la cámara de combustible y emprendió la conversión de una bomba de inyección de un motor Diesel, agregándole ya unos controles de dosificación.

Después de un largo análisis, los ingenieros de GM llegaron a la conclusión de que inyectando en los puertos de admisión en vez de en la cámara de combustión, el diseño de la boquilla podría simplificarse bastante y esto lograría

disminuir el costo del sistema y lo haría más llamativo para emplearlo en automóviles.

Los controles electrónicos y su introducción surgieron por la insatisfacción que originaban los medios mecánicos de dosificación de combustible.

Aunque los pocos sistemas desarrollados hasta estas fechas no lograron satisfacer los objetivos de costo de los fabricantes ni fue aceptado en Detroit, la fuerza de la revolución electrónica aumento y predijo la evolución que estaba por llegar.

Entonces estaba presente que la electrónica llegaría a dominar el panorama de la inyección de combustible y revolucionaría los sistemas de encendido e instrumentación como lo ha logrado hacer en la actualidad y como sus fabricantes siguen haciéndolo e investigando para mejorarla.

2.2 IMPORTANCIA DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE

La inyección electrónica es uno de los mejores sistemas de dosificación de combustible que se ha creado, cumple con los mismos principios de los sistemas antiguos de carburador con la diferencia de que se basa en la electrónica para su funcionamiento.

En vista que es una tecnología más desarrollada al sistema de dosificación de combustible mediante carburador, se han obtenido diversas ventajas frente a éste, por ello es que en la actualidad se sigue utilizando en la gran mayoría de vehículos de diferentes clases.

La introducción del sistema de inyección de combustible se debió a un aumento en las exigencias de los organismos de control del medio ambiente, ya que buscaban disminuir las emisiones de los motores.

El sistema de inyección electrónica de combustible netamente es superior al sistema de carburador, debido a su mejor capacidad de dosificar el combustible, con lo que, se logra una mezcla de aire – combustible mucho más próxima a la estequiométrica (para la gasolina 14,7:1) en cualquier condición de funcionamiento. Con esta mezcla estequiométrica se consigue una mejor combustión, lo que garantiza la reducción de los porcentajes de gases tóxicos a la atmósfera.

Para entender mejor lo antes explicado, decimos que una relación estequiométrica es la proporción exacta de aire y combustible, a lo que responde una combustión completa de toda la mezcla. Debido a ésta mejor combustión es que los gases contaminantes se han reducido en grandes porcentajes.

En cualquier condición de funcionamiento, es decir, de acuerdo a la presión y altura a la que se encuentre sobre nivel del mar, de acuerdo a la exigencia que tenga el conductor, según el aire que está ingresando, etc.; en definitiva los

sensores enviaran una señal exacta de todas esas condiciones a la unidad de control o computadora, quien se encargara de comandar a los actuadores, entre ellos los inyectores, para que entreguen la cantidad exacta de combustible, logrando entre otras, la ventaja de reducir los niveles de polución. Por esta misma razón obtenemos otra de las grandes ventajas de un sistema de inyección electrónica de combustible frente a su alterno el carburador, que es la reducción del consumo de combustible. Se han realizado ensayos, demostrando que el ahorro es de un 11 a 16 % frente al sistema de carburador.

Otra de las virtudes de este sistema es que se consigue una mayor potencia, ya que su utilización permite optimizar la forma de los colectores o múltiples de admisión, con el consiguiente mejor llenado de los cilindros. El resultado de esto es una mayor potencia y un aumento del par motor.

Así mismo encontramos otra gran ventaja, esta vez relacionada con el arranque en frío, y es que mediante la exacta dosificación de combustible en función de la temperatura del motor y del régimen de arranque, se consigue un tiempo de arranque más breve y una aceleración más rápida y segura desde ralentí a comparación del antiguo sistema de carburador.

2.3 PRINCIPIOS DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA.

La inyección electrónica básicamente se fundamenta en que existen unos captadores o sensores que detectan permanentemente el estado de funcionamiento del motor y sus características. En forma de señales eléctricas,

transmiten las señales recogidas a una unidad electrónica de control, que se encargará según los diferentes valores recibidos de:

- Determinar la cantidad exacta de combustible necesario para cada momento de funcionamiento del motor.
- Gobernar con precisión el instante y la duración que permanecerán abiertos los inyectores.
- El inyector está alimentado con gasolina bajo una presión constante, y el tiempo en que permanecerá abierto es proporcional a la cantidad que precisa.

Estos principios son los mismos para cualquiera de los tipos de inyección electrónica de gasolina.

2.4 TIPOS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE.

Los sistemas de inyección se pueden clasificar de acuerdo a cuatro características distintas:

- Según el lugar donde inyectan.
- Según el número y disposición de inyectores.
- Según la forma de repartir la inyección a cada cilindro.
- Según el tipo de mando, funcionamiento y regulación.

2.4.1 Según el lugar donde inyectan.

2.4.1.1 Inyección Directa.

El inyector introduce el combustible directamente en las cámaras de combustión. Este sistema de alimentación es el más novedoso y se está empezando a utilizar ahora en los motores de inyección a gasolina.

2.4.1.2 Inyección Indirecta.

El inyector introduce el combustible en el múltiple de admisión, encima o antes de la válvula de admisión, que no tiene por qué estar necesariamente abierta.

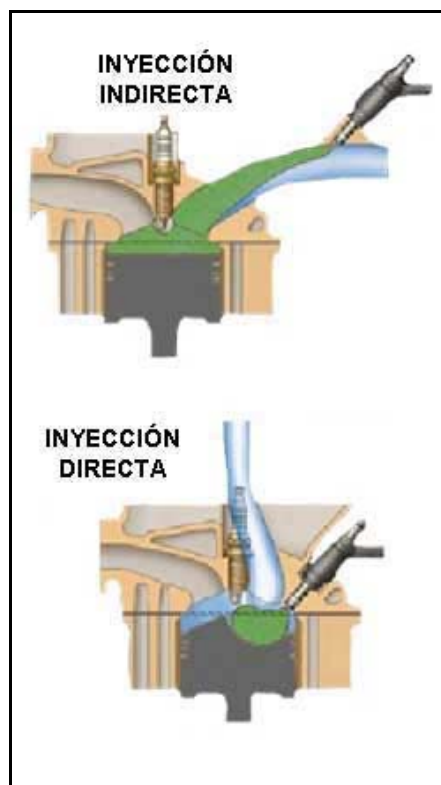


Figura 2.1 Inyección Directa e Indirecta.³⁸

³⁸ <http://www.autocity.com/img/manuales/inyecciondirecta1.jpg>

2.4.2 Según el número y disposición de inyectores.

2.4.2.1 Inyección Monopunto.

Existe solamente un inyector, el cual introduce el combustible en el múltiple de admisión, antes de la mariposa de aceleración.

2.4.2.2 Inyección Multipunto.

En éste sistema se tiene un inyector por cilindro, es decir si el motor consta de 4 cilindros tendremos 4 inyectores. Los inyectores están dispuestos de tal forma que inyecten el combustible hacia las cámaras de combustión. Es el sistema actualmente más utilizado.

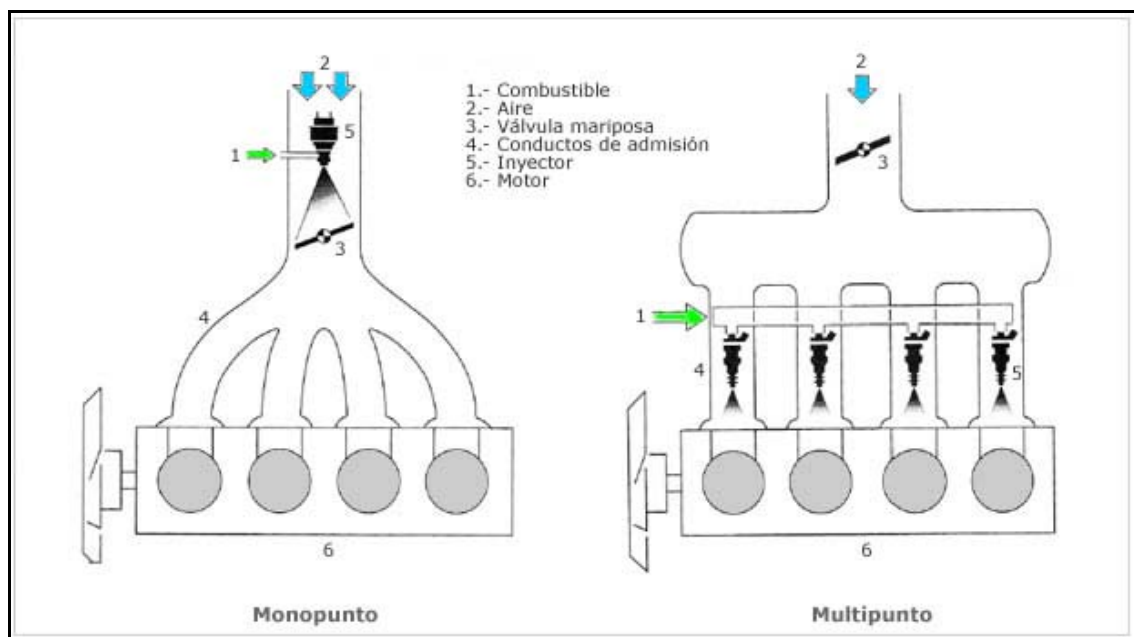


Figura 2.2 Inyección Monopunto y Multipunto³⁹

³⁹ <http://www.mecanicavirtual.org/images-admision/monopunto-multipunto.jpg>

2.4.3 Según la forma de repartir la inyección a cada cilindro.

2.4.3.1 Inyección Continua.

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

2.4.3.2 Inyección Intermitente.

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

2.4.3.2.1 Secuencial

Cada inyector funciona de uno en uno de forma sincronizada. El combustible es inyectado en el cilindro con la válvula de admisión abierta.

2.4.3.2.2 Semisecuencial

El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos, es decir, en un motor de cuatro cilindros, mientras dos inyectores están abiertos, los otros dos inyectores estarán cerrados.

2.4.3.2.3 Simultanea

Los inyectores abren y cierran todos al mismo tiempo, es decir, el combustible es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a la vez.

2.4.4 Según el tipo de mando, funcionamiento y regulación.

2.4.4.1 Inyección Mecánica

Este tipo de inyección es conocido también con el nombre de K- Jetronic. Su funcionamiento es netamente mecánico, debido a que su acción de inyección es controlada de forma mecánica. Cumple con las siguientes funciones fundamentales:

- El volumen de aire aspirado por el motor, es medido mediante un caudalímetro.
- Una bomba eléctrica se encarga de enviar el combustible hacia un dosificador distribuidor que suministra dicho combustible a los inyectores.
- La mezcla es preparada en función del aire aspirado por el motor y de acuerdo a la posición de la válvula de mariposa, de la misma manera lo censado por el caudalímetro actúa sobre el dosificador distribuidor.

2.4.4.2 Inyección Electromecánica

Este tipo de inyección es conocido también con el nombre de KE- Jetronic, el cual combina el anterior sistema K- Jetronic con una unidad de control electrónica. A diferencia de algunos detalles en este sistema encontramos los mismos principios hidráulicos y mecánicos del sistema K-Jetronic.

En el sistema KE-Jetronic se controla eléctricamente todas las correcciones de mezcla, mediante un actuador de presión electromagnético que funciona por medio de una señal eléctrica variable procedente de la unidad de control. Esta

unidad de control electrónico recibe y procesa las señales eléctricas que transmiten los sensores, como el de temperatura del refrigerante y el de posición de mariposa.

El caudalímetro de este sistema está equipado de un potenciómetro para detectar eléctricamente la posición del plato sonda; en la unidad de control se procesa esta señal y ayuda principalmente para determinar el enriquecimiento para la aceleración.

2.4.4.3 Inyección Electrónica

Este sistema de inyección se basa principalmente de la electrónica para la dosificación del combustible. Su función es tomar aire del medio ambiente, medirlo, e introducirlo al motor, de acuerdo a ésta medición y al régimen de funcionamiento del motor, inyecta la cantidad de combustible necesaria para que la combustión sea lo más completa posible, y se obtenga una mezcla estequiométrica; esto con cualquier condición de funcionamiento del motor.

Consta fundamentalmente de sensores, una unidad electrónica de control y de actuadores.

Este sistema basa su funcionamiento en la medición de ciertos procesos de trabajo del motor, como por ejemplo, la temperatura del aire, el caudal del aire, la temperatura del refrigerante, los gases de escape, la posición de la mariposa de aceleración, las revoluciones del cigüeñal y barra de levas, y la cantidad de oxígeno. El sistema de control electrónico se encarga de procesar toda esta información y los resultados se transmiten a modos de señales electrónicas a los

actuadores que van controlando según los requerimientos del motor la cantidad de mezcla aire - combustible por medio de los inyectores.

La unidad electrónica de este sistema permanentemente esta autodiagnosticando el funcionamiento óptimo del motor, de esta manera compara los datos que los sensores le han enviado con los que tiene en su registro, así comprueba el estado de cada elemento electrónico del vehículo. También permite un diagnóstico externo, ya que posee un puerto de conexión para un scanner, en el cual podremos verificar fácilmente el estado de los componentes y detectar las posibles fallas del sistema.

2.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA M.P.F.I.

El sistema de inyección electrónica de combustible multipunto podemos dividirlo básicamente en dos “subsistemas principales”, por llamarlo de algún modo, así tendríamos por un lado la parte electrónica, que sería todo lo correspondiente a los circuitos eléctricos y electrónicos que componen el motor de un vehículo; y por otro lado tendremos el sistema de alimentación de combustible, que sería todo lo que respecta al flujo del combustible a través de todo el circuito.

También podemos anotar que en la actualidad los sistemas de inyección electrónica están comandados junto al sistema de encendido por la unidad de control electrónica, por lo cual se considera importante respaldar a este sistema en correlación al sistema de inyección electrónica.

2.5.1 Circuito de control electrónico.

En la inyección electrónica de cualquier vehículo encontraremos muchas similitudes, y no es la excepción la parte de los circuitos electrónicos que componen la misma. Describiremos este sistema de una manera global, ya que en los siguientes capítulos profundizaremos el tema, explicando detalladamente acerca de los sensores y actuadores, con sus respectivos valores óptimos de funcionamiento e incluso las posibles fallas que pueden presentarse.

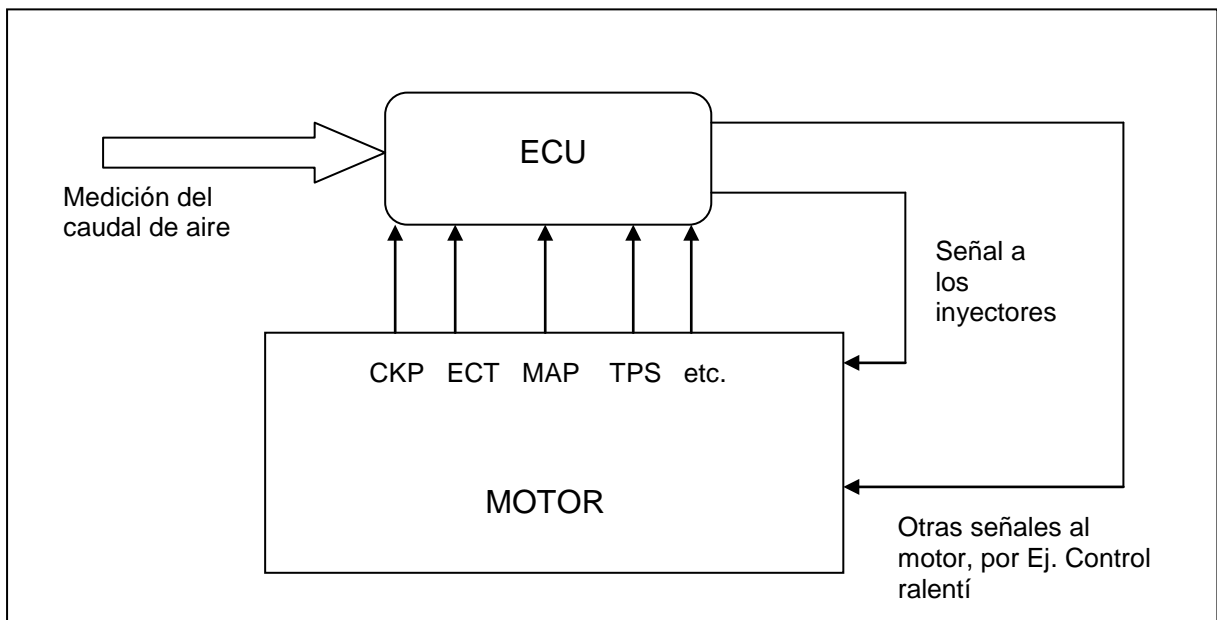


Figura 2.3 Señales electrónicas de la inyección.⁴⁰

En la figura 2.3 podemos apreciar claramente lo que queremos decir en esta parte del circuito de control electrónico de un sistema de inyección multipunto. Observamos que en la unidad de control electrónico (ECU) entran y salen señales, éstas son señales de voltaje, las cuales hacen que el motor opere de manera correcta en distintas condiciones de funcionamiento, las señales que

⁴⁰ Figura realizada por los autores.

entran a la ECU son las de todos los sensores, los cuales miden todas las características que está presentando ese mismo instante el motor. La ECU se encarga de comparar esos datos con los que tiene registrados en su memoria, para así saber en qué condiciones se encuentra operando ese motor y también saber si todos los componentes se encuentran en orden y funcionando adecuadamente. Posteriormente la misma ECU enviará los datos a los actuadores, para que operen de acuerdo a lo que los sensores han captado.

Entre los diferentes sensores que tenemos en la inyección electrónica están: CKP que mide las revoluciones por minuto del motor, CMP que mide las revoluciones de la barra de levas, ECT que mide la temperatura del refrigerante del motor, IAT que mide la temperatura del aire que ingresa al motor, MAP que mide la presión de aire que existe en el múltiple de admisión, MAF que mide el flujo de aire, EGR que mide los gases de escape, TPS que mide la posición de la mariposa de aceleración, entre otros, que miden presión barométrica, altura, etc.

Y entre los actuadores contamos con los mismos inyectores, que entregan el combustible pulverizado en las cámaras de combustión, a la válvula de control de ralentí, también conocida como IAC, que se encarga de regular el paso de aire para mantener estable la marcha mínima o ralentí y una combustión mejorada, entre otros.

2.5.2 Sistema de flujo de aire.

Después de que el aire pasa por el filtro, su caudal se mide mediante un caudalímetro que dependiendo de la marca del fabricante puede ser de ultrasonidos, o con un sistema a presión que en algunos casos en el mismo caudalímetro se incluyen el captador de presión atmosférica y el sensor de temperatura de aire, el más conocido sensor para detectar el flujo del aire que ingresa al motor es el sensor MAF que puede ser de hilo caliente o película caliente; en ambos casos el funcionamiento es de la siguiente forma: el elemento sensor es calentado por la corriente que alimenta al sensor, la ECU trata de mantener una temperatura constante, pero conforme el aire ingresa al múltiple, el sensor es enfriado por lo que la corriente para mantener dicha temperatura aumenta. Esto quiere decir que cuando el aire enfría al elemento del sensor, este cambiará su resistencia lo cual permitirá el paso de mayor corriente por el circuito del sensor e inversamente si se vuelve a calentar o sea menor paso de aire; el voltaje será menor; logrando así proporcionar a la unidad de control la información sobre la cantidad de aire que ingresa al múltiple.

Otros tipos de sensor MAF no envían información en voltaje sino que utilizan un componente inductivo el cual varía su frecuencia proporcionalmente al paso de aire.

En este subsistema relacionado con el flujo de aire existen más componentes o sensores como el MAP, IAT, etc. que lo integran pero que serán detallados y explicados en el siguiente capítulo.

2.5.3 Alimentación de combustible.

En lo referente a la alimentación de combustible en un sistema de inyección electrónica, podemos decir que cumple con el mismo principio de funcionamiento que cualquier otro sistema convencional, es decir, consta de un tanque o depósito de combustible, del cual obtiene éste carburante, una bomba, en el caso de la inyección electrónica una bomba eléctrica que previamente pasa por un filtro para retener las impurezas existentes. Consecutivamente esta bomba entregara a un caudal determinado al resto del sistema que se encarga de mantener una presión, aproximadamente de 2,5 a 4 bares. Los elementos que continúan son los que cambian en comparación de un sistema de carburador. Una vez que la bomba ha entregado ya el combustible, éste se dirige hacia un riel de inyectores, pasando por un regulador de presión, para que exista una presión constante y el funcionamiento sea óptimo. De igual manera explicaremos de una manera más detallada el funcionamiento de todos estos componentes en los siguientes capítulos.

Ahora se encuentra el combustible en el riel de inyectores, a una presión adecuada para finalmente pasar a cada uno de los inyectores, los mismos que abrirán y entregaran el combustible pulverizando a las cámaras de combustión, donde se quemará a su respectivo momento y evacuará a manera de gas por el sistema de escape.

2.5.4 Sistema de encendido.

Está sincronizado con el sistema de inyección para una combustión perfecta, la unidad de control se encarga de realizar las operaciones necesarias para que esto ocurra.

Este sistema posee en general un modulo de encendido que esta sellado y puede tener o no en su interior las bobinas de encendido, dicho modulo está controlado por la unidad de control electrónico. En otros casos las bobinas pueden controlar dos bujías o también controlan individualmente cada bujía; esto depende específicamente del tipo de sistema de encendido que posea cada vehículo.

En el caso de que no exista distribuidor el avance centrífugo y el avance por depresión son reemplazados por un campo característico memorizado en la unidad de control, así mismo el avance del ángulo de encendido puede corregirse en función de las temperaturas del motor, de la cantidad de aire aspirado; y de la posición de la aleta de la mariposa.

Esta variación electrónica del encendido proporciona al motor dos ventajas principales:

En primer, lugar el régimen del motor lo toma directamente del sensor del cigüeñal, lo cual permite receptor datos con mayor precisión que con el distribuidor sea este de transmisor inductivo o de efecto hall. Así se consigue aprovechar mejor el combustible y el par motor es mayor.

En segundo lugar, debido a la posibilidad de la unidad de control de memorizar, el ángulo del avance puede modificarse óptimamente y sin influir en el avance de encendido en otros casos. Así logramos mejorar el rendimiento del motor y bajar el consumo del combustible.

Para el hecho de activar o encender cada bujía en el orden preciso, la ECU tiene ya establecidos los parámetros y el orden en el que debe hacerlo; así mismo mediante la información que los sensores como el MAP, TPS, VSS, CKP, etc. proveen a la ECU esta puede controlar el avance del encendido logrando así una combustión casi perfecta.

En la siguiente figura 2.4 podemos observar las partes de un sistema de encendido en la inyección MPFI todavía con distribuidor, en el cual se destacan las siguientes partes:

- 1.- Cerradura de encendido.
- 2.- Bobina de encendido.
- 3.- Distribuidor de alta tensión.
- 4.- Cables de encendido.
- 5.- Conectores de bujías.
- 6.- Bujías de encendido.
- 7.- Módulo de encendido de la unidad de control.
- 8.- Conexión al borne positivo de la batería.

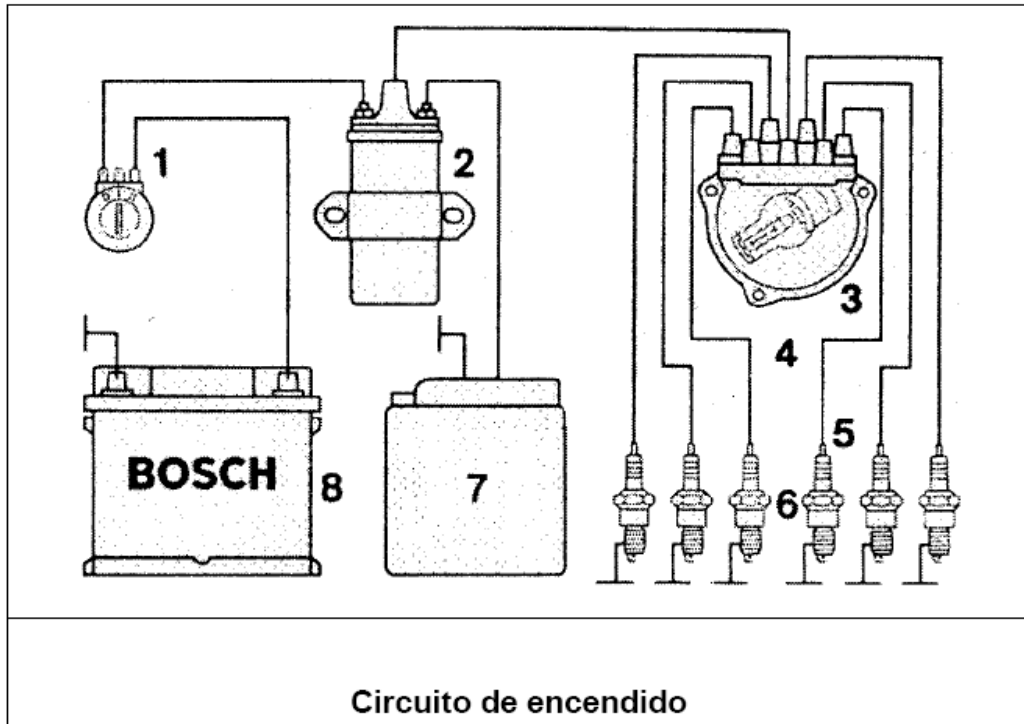


Figura 2.4 Partes del sistema de encendido electrónico con distribuidor.⁴¹

En esta figura 2.5 se observa un circuito de encendido electrónico sin distribuidor.

Constando de las siguientes partes:

- 1.- Módulo de alta tensión.
- 2.- Modulo de encendido, unidad electrónica.
- 3.- Captador posición-régimen.
- 4.- Captador de presión absoluta.
- 5.- Batería.
- 6.- Llave de contacto.
- 7.- Minibobina de encendido.
- 8.- Bujías.

⁴¹ Carmen, inyección-motronic.pdf, página 16.

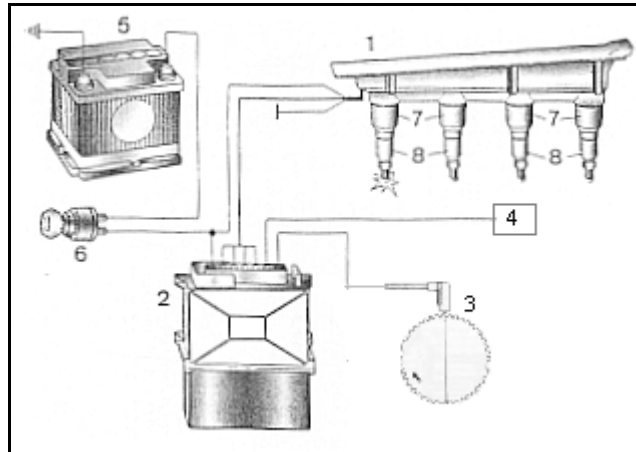


Figura 2.5 Esquema de encendido electrónico sin distribuidor.⁴²

2.5.5 Esquema del circuito de un sistema de inyección electrónica.

En este capítulo hemos venido tratando las explicaciones básicas de los principios y funcionamiento del sistema de inyección electrónica multipunto a gasolina. De igual forma como ya mencionamos, en capítulos posteriores trataremos más a fondo cada uno de los detalles de éste sistema.

A continuación trataremos, lo más entendible posible, la manera en la que opera un sistema de inyección electrónica a gasolina, y es sabido que mediante gráficas es mucho más sencillo comprender, por lo cual demostraremos un esquema general de las entradas y salidas que presenta la unidad de control electrónica ECU en la inyección electrónica de hoy en día.

⁴² <http://www.mecanicavirtual.org/imagesartic/AEI-encendido.gif>

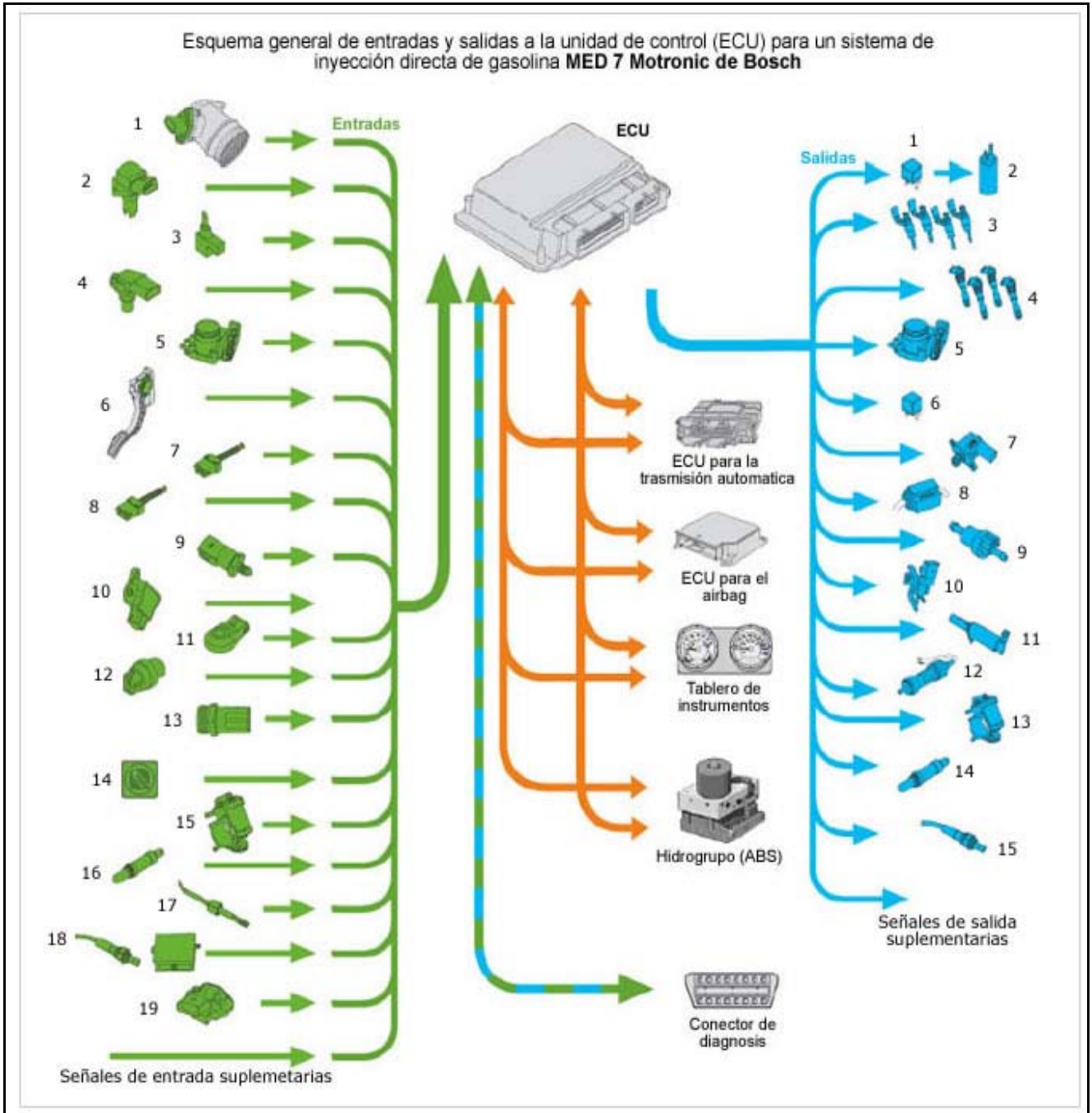


Figura 2.6 Esquema de entradas y salidas de la ECU⁴³

⁴³ <http://www.mecanicavirtual.org/images-inyecc/MED7-entradas-salidas.jpg>

Entradas

1. Medidor de masa de aire
Sensor de temperatura de aire aspirado
2. Sensor de presión en el colector de admisión
3. Sensor de régimen del motor
4. Sensor Hall (posición de árboles de levas)
5. Unidad de mando de la mariposa
Sensor de ángulo 1 + 2
6. Sensor de posición del acelerador
Sensor 2 de posición del acelerador
7. Conmutador de luz de freno F
Conmutador de pedal de freno
8. Conmutador de pedal de embrague
9. Sensor de presión de combustible
10. Potenciómetro para chapaleta en el colector de admisión
11. Sensor de picado
12. Sensor de temperatura del líquido refrigerante
13. Sensor de temperatura del líquido refrigerante a la salida del radiador
14. Potenciómetro, botón giratorio para selección de temperatura
15. Potenciómetro para recirculación de gases de escape
16. Sonda Lambda
17. Sensor de temperatura de los gases de escape
18. Sensor de NOx
Unidad de control para sensor de NOx
19. Sensor de presión para amplificación de servofreno

Salidas

1. Relé de bomba de combustible
2. Bomba de combustible
3. Inyectores cilindros 1- 4
4. Bobinas de encendido 1 - 4
5. Unidad de mando de la mariposa
Mando de la mariposa
6. Relé de alimentación de corriente para Motronic
7. Válvula reguladora de la presión del combustible
8. Válvula de dosificación del combustible
9. Electroválvulas para depósito de carbón activo
10. Válvula para gestión del aire de la chapaleta en el colector de admisión
11. Válvula de reglaje de distribución variable
12. Termostato para refrigeración del motor
13. Válvula para recirculación de gases de escape unidad indicadora en el
14. Calefacción para sonda lambda
15. Calefacción para sensor de NOx

CAPÍTULO 3
SENSORES, ACTUADORES Y UNIDAD DE CONTROL
ELECTRÓNICA EN EL SIMULADOR DE INYECCIÓN
ELECTRÓNICA A GASOLINA M.P.F.I.

3.1 SENSORES.

Los sensores informan al módulo electrónico de control mediante las señales eléctricas en todo momento las condiciones reales del funcionamiento motor.

3.1.1 Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

Conocido como CKP por sus siglas en inglés que significan Crankshaft Position Sensor. Proporciona a la ECU información relacionada con la posición angular del cigüeñal y las revoluciones del motor, mediante estos parámetros la unidad de control puede calcular el avance del encendido así como también el tiempo de inyección. En la figura 3.1 podemos ver el eje de la rueda dentada, y el sensor.

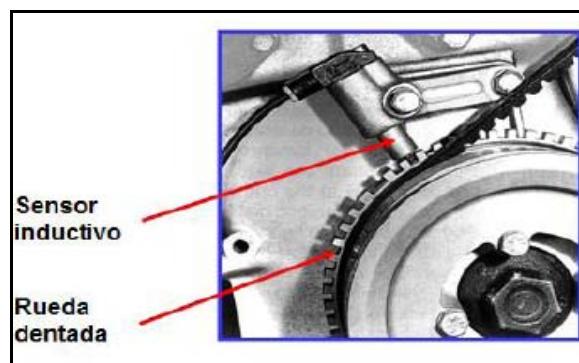


Figura 3.1 Sensor CKP⁴⁴

⁴⁴ CELANI Vicente; INDEA, Inyección Mod 2 sensores.pdf, página 4.

En este tipo de sensor de giro existen varios tipos siendo los más comunes los inductivos y de efecto hall. A continuación se explica el tipo de sensor que se utiliza en la maqueta.

3.1.1.1 Sensor CKP de tipo inductivo.

El sensor encargado de dar información referente al régimen de giro y la fase en la que se encuentra el motor en este caso es de tipo inductivo.

Su funcionamiento se basa en los principios electromagnéticos de inducción de corriente esto ocurre al variar la posición de un campo magnético que esta cerca de un espiral. Este sensor consta de un imán permanente al cual esta enrollado un espiral. Cerca del sensor esta situada una rueda dentada que gira equiparadamente con el motor.

Lo que sucede es que cuando la rueda dentada gira y pasa cerca del sensor se rompen las líneas de fuerza que están siendo generadas por el imán permanente provocando la inducción de una tensión en la bobina del sensor así que cuando frente al imán hay un diente el flujo magnético es máximo y cuando hay un espacio vacío el flujo magnético es mínimo; muchas ruedas dentadas tienen un faltante de uno o dos dientes a los efectos de reconocer la posición del cilindro número 1 y cerca de alcanzar el PMS punto muerto superior.

Los cambios en el flujo magnético inducen en la bobina una tensión sinusoidal de salida la cual es proporcional a la velocidad de las variaciones y, por ende, al número de revoluciones. La amplitud de la tensión alterna se intensifica a medida

que el número de revoluciones aumenta de pocos mV hasta varios V. Existe una amplitud suficiente a partir de un número mínimo de 30 revoluciones por minuto, como se puede observar en la figura 3.3 la señal que provoca este sensor es de una onda alternada.

Por lo general estos sensores poseen 2 pines los cuales corresponden a los extremos de la bobina, algunos suelen poseer otro cable adicional que es un blindaje de masa para evitar interferencias parasitas del encendido.

Existen algunas comprobaciones rápidas para verificar el estado de este sensor:

- Medición de resistencia la cual debe marcar entre 250 ohm a 1500 ohm según el tipo de sistema.
- Medición de aislamiento de masa conectando un pin del sensor a masa debe marcar resistencia infinita.

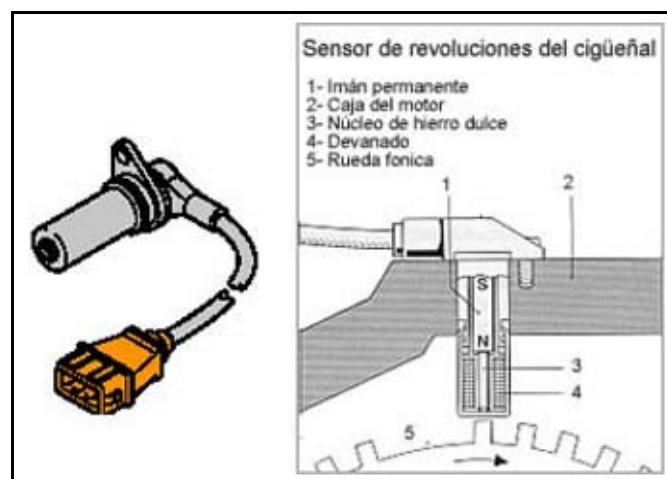


Figura 3.2 Sensor CKP inductivo.⁴⁵

⁴⁵ <http://www.mecanicavirtual.org/images-sensores/sensor-rpm-2.jpg>

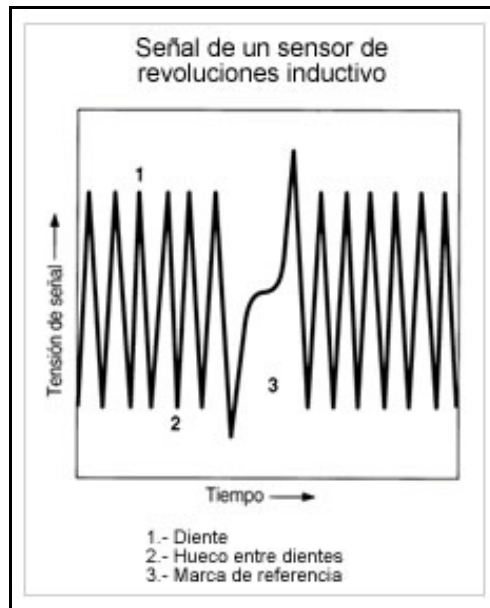


Figura 3.3 Señal sensor CKP inductivo.⁴⁶

3.1.2 Sensor de posición de la aleta de aceleración (TPS)

Este sensor de posición de la mariposa, también se le denomina TPS por sus siglas en inglés Throttle Position Sensor. Está situado sobre la mariposa, y en algunos casos del sistema monopunto está en el cuerpo.

Su función es la de registrar la posición de la mariposa enviando la información hacia la unidad de control. Envía una señal de tensión proporcional al ángulo de apertura de la aleta de aceleración. También informa de situaciones como aceleración rápida o aceleración gradual.

Consiste en un potenciómetro que es en sí una resistencia variable lineal alimentada con una tensión de 5V, que varía la resistencia proporcionalmente con respecto al efecto causado por esa señal. Si no se ejerce ninguna acción sobre la

⁴⁶ <http://www.mecanicavirtual.org/imagesdiesel/sensor-inductivo-onda.jpg>

mariposa entonces la señal estaría en 0 volts, con una acción total sobre la misma mariposa, la señal será del máximo de la tensión, por ejemplo 4.6 volts, con una aceleración media la tensión sería proporcional con respecto a la máxima, es decir 2.3 volts.

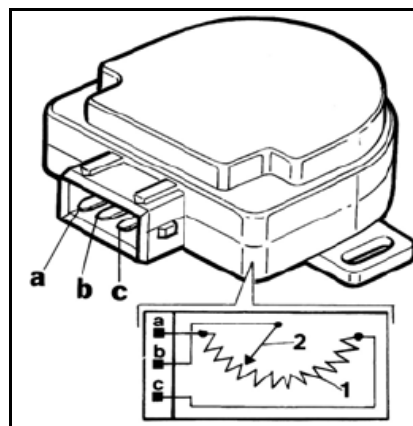


Figura 3.4 Sensor TPS⁴⁷

Por lo general el sensor TPS tiene 3 terminales de conexión, o 4 cables si incluyen un switch destinado a la marcha lenta. En caso de tener los 3 cables, el cursor al recorrer la pista se puede conocer según la tensión dicha, la posición del cursor. Si posee switch para marcha lenta, es decir los 4 terminales, el cuarto cable va conectado a masa cuando es detectada la mariposa en el rango de marcha lenta, que depende según el fabricante y modelo, por lo general se encuentran en un rango de 0.45 a 0.55 Volts.

⁴⁷ CELANI Vicente; INDEA, Inyección Mod 2 sensores.pdf, página 26.

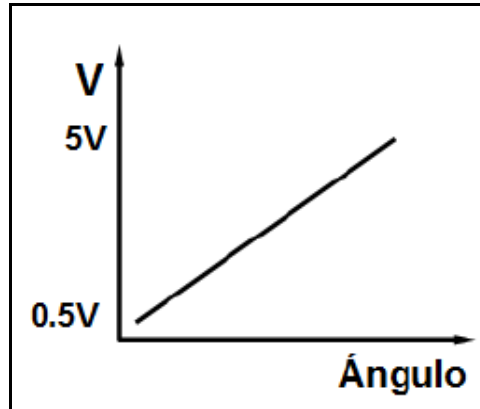


Figura 3.5 Señal del sensor TPS⁴⁸

Un problema causado por un TPS en mal estado es la pérdida del control de marcha lenta, quedando el motor acelerado o regulando en un régimen incorrecto.

La causa de esto es una modificación sufrida en la resistencia del TPS por efecto del calor producido por el motor, produciendo cambios violentos en el voltaje mínimo y haciendo que la unidad de control no reconozca la marcha lenta adecuadamente.

Esta falla es una de las más comunes en los TPS, y se detecta mediante el chequeo del barrido, que consiste en realizar con un tester preferentemente de aguja o con un osciloscopio debiéndose comprobar que la tensión se mantenga uniforme y sin ningún tipo de interrupción durante su ascenso. La tensión comienza con el voltaje mínimo y en su función normal, y así continuar elevando hasta llegar al voltaje máximo, valor que depende según el fabricante.

⁴⁸ CELANI Vicente; INDEA, Inyección Mod 2 sensores.pdf, página 26.

3.1.3 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT, CTS)

Por sus siglas en inglés conocido como ECT que significa ***Engine Coolant Temperature***, o ***CTS que expresa Coolant Temperature Sensor***.

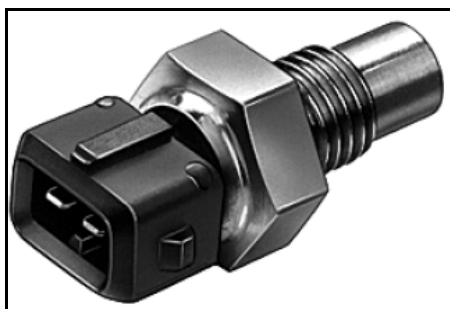


Figura 3.6 Sensor ECT.⁴⁹

Es el encargado de enviar información a la unidad de control sobre la temperatura del motor a través de conocer la temperatura del líquido refrigerante, para que con esta información la unidad de control electrónico pueda ajustar la mezcla y el ángulo de encendido según las condiciones de temperatura a las que se encuentre sometido el motor; logrando así cumplir un papel importante en el control de emisiones de un vehículo. Este es un sensor de coeficiente negativo lo que quiere decir que su resistencia interna y el voltaje aumentan cuando la temperatura disminuye o viceversa cuando la temperatura aumenta la resistencia y el voltaje disminuyen. Esta información también le sirve a la unidad de control para activar o desactivar el ventilador.

⁴⁹ ALBERT HUTT Roy, Sensor_ECT_2002_02_08.pdf, página 1.

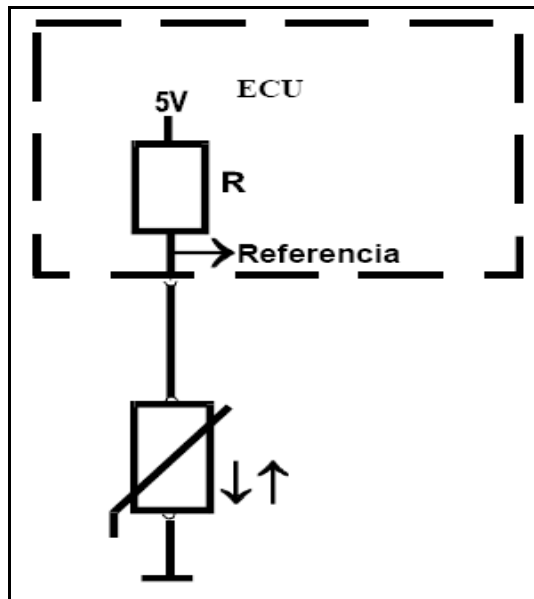


Figura 3.7 Circuito del sensor ECT.⁵⁰

Las fallas en este sensor pueden ser percibidas cuando sucede lo siguiente con el motor:

- Variaciones en marcha mínima o ralentí.
- Alto consumo de combustible.
- Dificultades al arrancar.

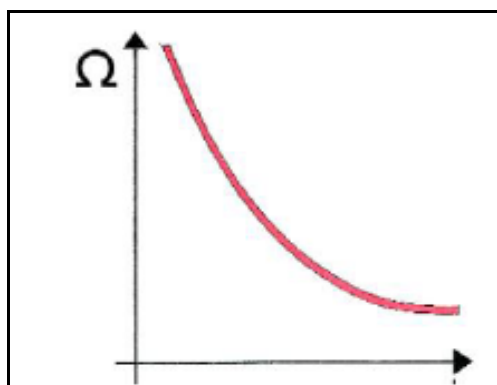


Figura 3.8 Onda del sensor ECT tipo NTC.⁵¹

⁵⁰ ALBERT HUTT Roy, Sensor_ECT_2002_02_08.pdf, página 1.

⁵¹ CELANI Vicente; INDEA, Inyección Mod 2 sensores.pdf, página 33.

Para el diagnóstico del estado de este sensor podemos realizar esta comprobación:

Conectamos el negativo del voltímetro a masa y el positivo del voltímetro al cable que envía la señal del sensor. El sensor con motor frío debería de marcar una tensión en el rango de 4,8 a 5 V, es decir, el voltaje de alimentación que lleva este sensor.

Con el aumento de temperatura del refrigerante, el sensor entonces procederá con el motor tibio a entregar un voltaje de alrededor de 2,25 V, hasta alcanzar valores de 0.7 a 1,5 V aproximadamente con el motor totalmente caliente.

Si verificamos estos cambios significa que el sensor se encuentra operativo con su resistencia variable en servicio, un sensor dañado en cambio no marcará estos cambios de voltaje frente a las variaciones de temperatura.

3.1.4 Sensor de presión de aire (MAP)

Es conocido como MAP por sus siglas en inglés que significan Manifold Absolute Pressure. Se encuentra en la parte exterior del motor después de la mariposa de aceleración.

Este sensor se encarga de medir la presión absoluta en el colector de admisión; puede ser de dos tipos por diferencia de presión o por diferencia de frecuencia.

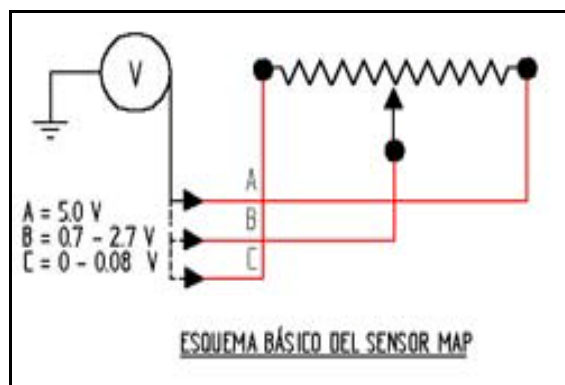


Figura 3.9 Esquema básico de un sensor MAP.⁵²

3.1.4.1 Sensor MAP por diferencia de presión.

El funcionamiento del MAP por diferencia de presión es con una resistencia variable accionada por el vacío generado en el colector de admisión esta conformado en su interior por una capa de silicio semiconductor sobre una capa de óxido especial lo cual permite que ante alguna deformación exterior (en este caso el vacío) exista una variación de su resistencia eléctrica. Esta placa de material sensible en su interior permite emitir una señal analógica a la unidad de control electrónico como la mostrada en la figura 3.11.

Esta señal conjuntamente con la del CKP le permite a la ECU controlar los inyectores de una manera más eficiente y de acuerdo a los requerimientos exactos del motor.

⁵² <http://motos.autocity.es/img/manuales/map.jpg>

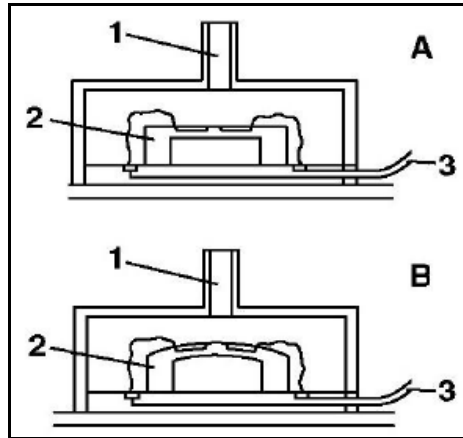


Figura 3.10 Cápsula con elemento sensible de un MAP.⁵³

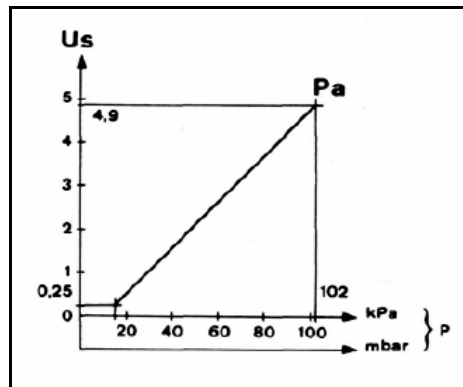


Figura 3.11 Señal de tensión del MAP.⁵⁴

Us: Tensión de salida en voltios.

kPa: Presión medida en kilo pascales

mbar: Presión medida en mili bares.

El sensor MAP generalmente tiene tres cables, uno de alimentación al sensor que suele ser 5 V, otro de la masa que deberá marcar una tensión máxima de 0.8 V (80 mV) y por último el de señal que va hacia la ECU y suele oscilar entre un

⁵³ CELANI Vicente; INDEA, Inyección Mod 2 sensores.pdf, página 16.

⁵⁴ CELANI Vicente; INDEA, Inyección Mod 2 sensores.pdf, página 18.

voltaje de 0.7 a 2.7 V. Estos datos servirán de ayuda para realizar la comprobación del estado de este sensor.

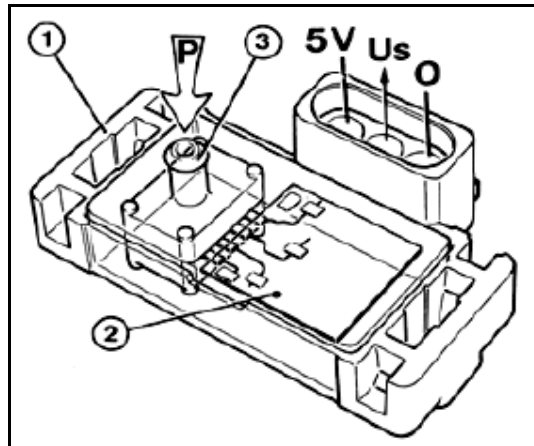


Figura 3.12 Sensor MAP.⁵⁵

1= Cuerpo del sensor

5V= Polarización (+) 5 Volt

2= Placa electrónica

Us= Salida de señal

3= Conexión de vacío o presión

O= Masa eléctrica

3.1.5 Sensor de temperatura del aire (IAT)

El sensor de temperatura del aire conocido por IAT por sus siglas en inglés Intake Air Temperature, tiene como función, como su nombre mismo la indica, medir la temperatura del aire que está ingresando en el motor. De esta manera se puede ajustar la mezcla con mayor precisión, este sensor es de los que tiene menor incidencia en la obtención de la mezcla, pero su mal funcionamiento tendrá como consecuencias fallas en el motor.

⁵⁵ CELANI Vicente; INDEA, Inyección Mod 2 sensores.pdf, página 18.



Figura 3.13 Sensor de temperatura de aire IAT⁵⁶

Posee una resistencia, la cual aumenta proporcionalmente con el aumento de la temperatura del aire. El sensor IAT está situado en el ducto de la admisión del aire, pudiéndose encontrar dentro o fuera del filtro de aire. Los problemas que este sensor presenta se aprecian sobre todo en emisiones de monóxido de carbono demasiado elevadas, problemas para arrancar el vehículo cuando está frío y un consumo excesivo de combustible. También se manifiesta una aceleración elevada. Es aconsejable verificar cada 30000 o 40000 kilómetros que no exista presencia de óxido en los terminales, ya que los falsos contactos de éste sensor suelen ser uno de los problemas más comunes en ellos.

3.1.6 Sensor de oxígeno (Sonda Lambda)

Este sensor sonda lambda mide el oxígeno de los gases de combustión con referencia al oxígeno atmosférico, gracias a esto la unidad de control electrónica puede regular con mayor precisión la cantidad de aire y combustible hasta en una relación estequiométrica, es decir 14,7 a 1. Con su medición contribuye a una mejor utilización del combustible y a una combustión menos contaminante hacia el medio ambiente gracias al control de los gases de escape que realiza.

⁵⁶ <http://www.mecanicafacil.info/images/SensorTemperaturaAire.jpg>

La sonda lambda se encuentra situada en el tubo de escape del auto, se busca en su colocación la mejor posición para su funcionamiento cualquiera sea el régimen del motor. La temperatura óptima de funcionamiento de la sonda es alrededor de los 300°C o más.

Una parte del sensor de oxígeno siempre está en contacto con el aire de la atmósfera, es decir, exterior al tubo de escape, mientras que otra parte de ella lo estará con los gases de escape producidos por la combustión. El funcionamiento del sensor sonda lambda se basa en dos electrodos de platino, uno en la parte en contacto con el aire y otro en contacto con los gases quemados, separados entre sí por un electrolito de cerámica. Los iones de oxígeno son recolectados por los electrodos, cada uno de los electrodos estarán en diferentes lugares, uno al aire atmosférico y otro a los gases de escape, creándose así una diferencia de tensión entre ambos, o bien puede ser una diferencia nula, consistente en una tensión de 0 a 1 volt.

Ante una diferencia de oxígeno entre ambas secciones la sonda produce una tensión eléctrica enviándola a la unidad de control electrónica, para que ésta se encargue de regular la cantidad de combustible a pulverizar.



Figura 3.14 Sensor de oxígeno (Sonda Lambda).⁵⁷

Los sensores sonda lambda suelen tener diferente número de cables, por ejemplo existen de 1, 2, 3 o 4 cables.

Los sensores que tienen 1 sólo cable, corresponde a la alimentación del sensor sonda lambda, la masa se logra por el contacto de la misma carcasa del sensor.

Este cable suele ser de color negro.

Las sondas de 3 o 4 cables, son las que presentan resistencia calefactora, por lo general en éste tipo de sondas los cables blancos son los encargados de la alimentación de la sonda calefactora, con el positivo y la masa.

Finalmente el cable extra en las sondas lambda de 4 cables, corresponde a la masa del sensor que por lo general es de color gris.

⁵⁷ <http://www.mecanicafacil.info/images/Lambda.jpg>

Entre las consecuencias de fallos en las sondas lambda podemos encontrar el encendido del testigo “Check Engine” en el tablero, un elevado consumo de combustible, tironeos en la marcha, presencia de carbón en las bujías y humo.

Indiscutiblemente estas fallas no son siempre producidas por una falla en la sonda lambda, pero si existe la posibilidad de que estos síntomas se deban a ellas. Este sensor es como cualquier otro repuesto de un vehículo en el aspecto de cumplir una vida útil. Según el fabricante de la sonda, existen recomendaciones sobre su reemplazo cada ciertos miles de kilómetros, lo que recomendamos es verificar los gases de escape continuamente y testear la sonda lambda cada 20.000 o 30.000 kilómetros.



Figura 3.15 Dos tipos de sonda lambda.⁵⁸

En la figura 3.15 podemos apreciar dos tipos de sensores sonda lambda, en la parte derecha se encuentra la sonda con un solo cable, es decir la que no posee resistencia calefactora; y en la izquierda una sonda con varios cables, es decir la que si posee resistencia calefactora. La diferencia entre este tipo de sondas

⁵⁸ <http://www.mecanicafacil.info/images/Lambda3.jpg>

radica únicamente en la temperatura necesaria para comenzar a generar el voltaje de referencia para la ECU.

Es importante recalcar que una sonda lambda en mal estado puede ocasionar un consumo excesivo de combustible, por lo que es ideal asegurarse que la sonda tiene un correcto funcionamiento. El funcionamiento de las sondas lambda que no poseen calefacción, comienza a partir de los 300°C. Mientras que las sondas con calefacción reciben corriente en la resistencia interna inmediatamente en cuanto ponemos contacto con la llave del vehículo. Esto permite que la parte del sensor adquiera temperatura y comience a funcionar enseguida de la puesta en marcha del motor.

Un aspecto fundamental a tener en cuenta con las sondas lambda es mantener la superficie del sensor lo más limpia posible, ya que esta sección del sensor puede presentar impurezas que impedirán un funcionamiento óptimo, como puede ser la presencia de carbón. Al comprobar esto podremos ya tener una orientación acerca de otros fallos existentes en el motor, por ejemplo si presenta mucho carbón sabremos que la inyección presenta un exceso de mezcla, si observamos pequeños puntos brillantes se debe a que el motor está quemando aceite.

Por lo tanto, antes de proceder con cualquier prueba o medición, debemos asegurarnos que la toma de gas de escape del sensor se encuentre limpia, pues de lo contrario la información generada por la sonda no será la correcta.

Para realizar mediciones debemos tomar en cuenta si la sonda tiene o no calefacción. En caso de que no posee calefacción nos veremos obligados a esperar unos 15 minutos antes de comenzar a realizar cualquier medición sobre el sensor, ya que no estará operativo hasta no alcanzar la temperatura necesaria para su funcionamiento.

Caso contrario ocurrirá con las que poseen calefacción, es decir, las podremos medir a los pocos instantes de encendido el motor. Tanto las sondas con o sin calefacción enviarán la información a la unidad de control electrónica a través de un cable negro, en el caso de las sondas sin calefacción obviamente este será el único cable. Utilizaremos entonces el multímetro colocando el positivo al cable negro de la sonda y el negativo a masa con el chasis del auto.

Los valores de voltaje medido si la sonda estuviese funcionando correctamente deberán estar en los rangos de 0,2 y 1,2 volts. El voltaje esperado con el motor en marcha lenta, es decir, entre 800 y 900 rpm estaría situado entre 0,4 y 0,5 volts, subiendo a más de 0,8 a medida que lo aceleramos.

Si la medición nos da valores inferiores a 0,3 volts al momento que aceleramos nos encontramos ante una sonda con un mal funcionamiento.

3.2 ACTUADORES

Hemos visto ya los sensores que componen el sistema de inyección electrónica MPFI, ahora hablaremos acerca de los actuadores, estos son los que van a recibir las ordenes de la unidad de control electrónica en base a las señales recogidas

por los sensores, para ejecutar determinadas acciones. Entre los actuadores que componen un sistema de inyección electrónica podemos anotar a los siguientes: inyectores de combustible, válvula de control de ralentí IAC y las electroválvulas EGR.

3.2.1 Inyectores de combustible

En un sistema de inyección electrónica MPFI el número de inyectores será igual al número de cilindros que posea el motor. Los inyectores de combustible son electroválvulas que abren o cierran el paso del combustible hacia el motor. En su interior constan de una bobina, una armadura, un resorte y una válvula.

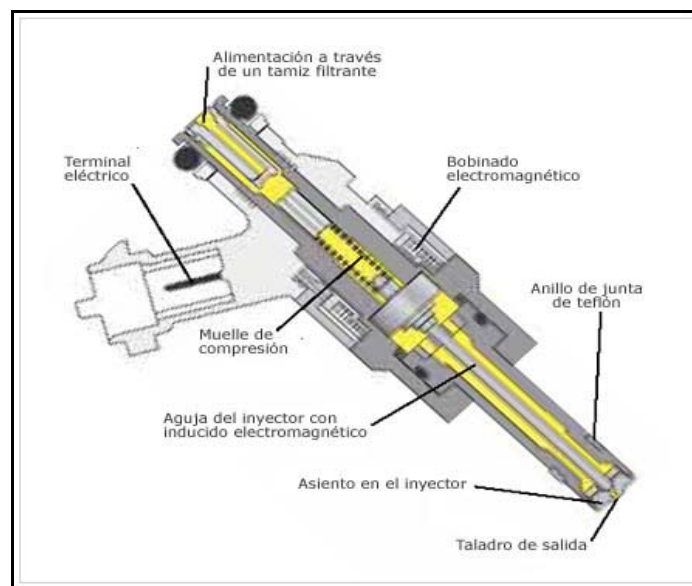


Figura 3.16 Corte de un inyector de combustible.⁵⁹

El funcionamiento de un inyector se fundamenta básicamente en que, cuando una corriente eléctrica pasa a través de la bobina, se crea un campo magnético que

⁵⁹<http://www.cise.com/OutTraining/Notas%20tecnicas/Limpieza%20de%20Inyectores.pdf>

hace que la válvula se abra. Todo este proceso comandado por la ECU según los requerimientos del motor; la onda mas común es la mostrada en la figura 3.17.

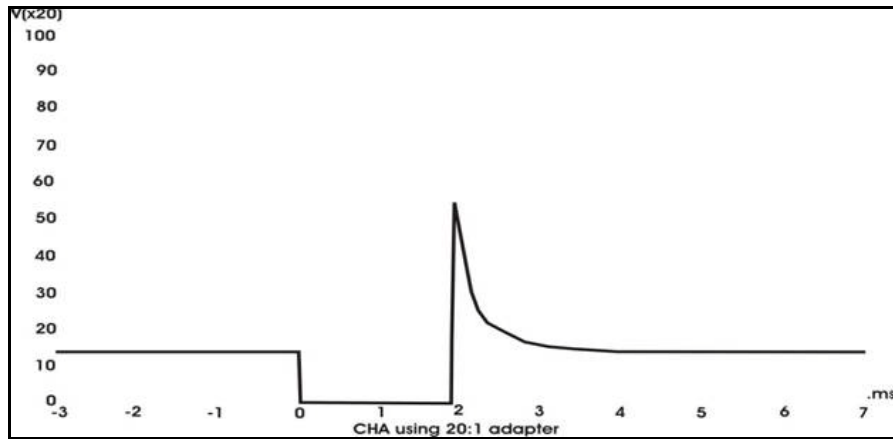


Figura 3.17 Onda de un inyector.⁶⁰

Después de un tiempo prolongado del uso de un vehículo con sistema de inyección electrónica de gasolina, es importante que se efectúe la limpieza de los inyectores, debido a la formación de sedimentos en su interior que impiden la pulverización adecuada del combustible dentro del cilindro, produciendo marcha lenta irregular, pérdida de potencia que poco a poco se va apreciando en la conducción.

Existen algunos métodos para realizar la limpieza de los inyectores, entre ellos tenemos a los siguientes:

Agregar periódicamente al combustible líquidos limpiadores de inyectores, este método es relativamente efectivo.

⁶⁰ http://www.guiamecanica.com.ar/articulos/itsa%201_archivos/image003.jpg

Otro método muy parecido al anterior es inyectar en el sistema de inyección solventes desincrustadores directamente. Mientras el motor se encuentra en marcha acelerada a un nivel de Rpm's que permita el arrastre y desalojo de las incrustaciones y el carbón que se puedan haber depositado en los inyectores.

Finalmente el método más efectivo en la limpieza de inyectores es el de ultrasonido, que consiste en desmontar todos los inyectores de su alojamiento en el motor y también del riel de inyectores, sumergirlos en solventes para limpieza de los mismos, y a los inyectores colocarlos en el equipo de ultrasonido para que puedan desprenderse en su interior de todos los residuos carbonosos, posteriormente hacerlos funcionar en un banco de pruebas con la ayuda de un generador de pulsos, con esto medimos el rendimiento de cada uno de los inyectores, el cual no deberá variar más de un 10% unos de otros.

En caso de que uno o más inyectores se encuentren por debajo del 10% del mejor, se deberá comprobar que este lo suficientemente limpio, y en caso que persista la falla reemplazar el o los averiados.

Cuando se reinstalan los inyectores, se debe reemplazar los anillos O, o también conocidos como o-rings de todos los inyectores, para asegurarse de que no produzcan perdidas de combustible que son tan peligrosas. También se debe reemplazar los microfiltros de cada inyector.

Al momento de trabajar en las tuberías de combustible en un sistema de inyección se debe tener muy en cuenta que el sistema puede estar bajo presión, por lo tanto

lo primero que se debe hacer antes de desmontar algo, es sacarle la presión de combustible remanente, para lo cual se deben colocar alrededor de las tuberías trapos absorbentes o papeles que puedan retener todo el combustible para que no se derrame, porque puede ser fatal, considerando el grado de inflamabilidad de la gasolina.

3.2.1.1 Equipo limpiador de inyectores por ultrasonido.

Los equipos limpiadores de inyectores por ultrasonido no solo sirven para realizar limpieza en inyectores sino que también tiene mucha utilidad para limpiar todo tipo de piezas, especialmente aquellas donde se desee limpiar partes internas y que no es posible llegar a estas partes, como por ejemplo: Carburadores, Válvulas, Electroválvulas, Rodamientos, etc.

Existen equipos de ultrasonido de diferentes capacidades, 2, 4, 6, 10 litros, etc.

Para limpiar los inyectores y piezas pequeñas, un equipo de 2 litros es suficiente.



Figura 3.18 Equipo limpiador de inyectores por Ultrasonido.⁶¹

⁶¹http://2.bp.blogspot.com/_ISOuK5Hc5c/Rq_iYdHbbAI/AAAAAAAAAB8/D_ayHCKAYPY/s400/Limpia%2BInyectores%2Bpor%2Bultrasonido.jpg

“Un equipo de ultrasonido limpia por el fenómeno de Cavitación Ultrasónica. La cavitación ultrasónica es el fenómeno mediante el cual es posible comprender el principio del lavado por ultrasonido. En un medio líquido, las señales de alta frecuencia producidas por un oscilador electrónico y enviadas a un transductor especialmente colocado en la base de una batea de acero inoxidable que contiene dicho líquido, generan ondas de compresión y depresión a una altísima velocidad. Esta velocidad depende de la frecuencia de trabajo del generador de ultrasonido. Generalmente estos trabajan en una frecuencia comprendida entre 24 y 55 Khz. Las ondas de compresión y depresión en el líquido originan el fenómeno conocido como Cavitación Ultrasónica.”⁶²

3.2.2 Válvula IAC.

Conocida por sus siglas en inglés que significan Idle Air Control, que quiere decir control de aire del ralentí.



Figura 3.19 Válvula IAC.⁶³

⁶² BASE, CISE; Limpieza%20de%20Inyectores.pdf, página 3.

⁶³ <http://image.made-in-china.com/2f0j00teATljzbbaqK/Idle-Air-Control-Motor-SKK-C-SERIES-.jpg>

Este actuador es el encargado de dejar pasar el aire que el motor necesita para estabilizar la marcha mínima o ralentí, lo hace puenteando la mariposa del acelerador o sea es como un bypass en el TPS cuando no estamos accionando el acelerador. Por ejemplo cuando arrancamos el motor, cuando se activa el aire acondicionado, cuando aumenta la carga del alternador o cuando movemos la dirección hidráulica y principalmente cuando el acelerador esta en reposo y el auto encendido. Por lo general la válvula IAC se encuentra montada en el cuerpo de aceleración cerca o conjuntamente con el TPS, el aire va a ser puenteado cuando la mariposa de aceleración este cerrada, y controlado por el vástago al interior del IAC.

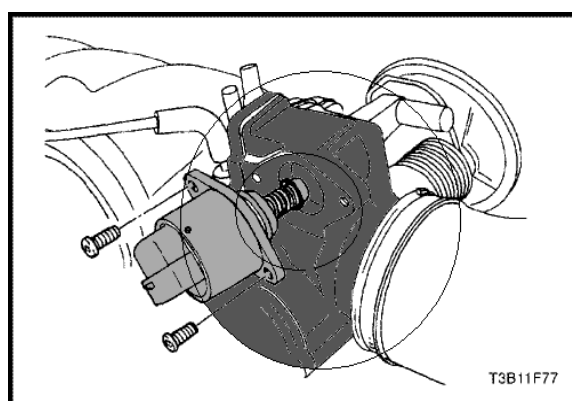


Figura 3.20 Localización de la válvula IAC en el cuerpo de aceleración.⁶⁴

El control del vástago o sea el cierre y apertura del mismo se produce cuando circula corriente por el bobinado y vence la fuerza del resorte que esta en el otro extremo como se muestra en la figura 3.42. El momento que la ECU hace circular corriente por el bobinado, se genera un campo magnético lo cual permite que el imán permanente del cual esta formado el vástago se desplace moviendo

⁶⁴ <http://www.clubaveo.com.ve/files/u367/iac.png>

el resorte y abriendo la válvula. Para el cierre la ECU deja de enviar corriente por lo tanto se termina el magnetismo y por acción del resorte el vástago ya sin fuerza vuelve a su posición original.

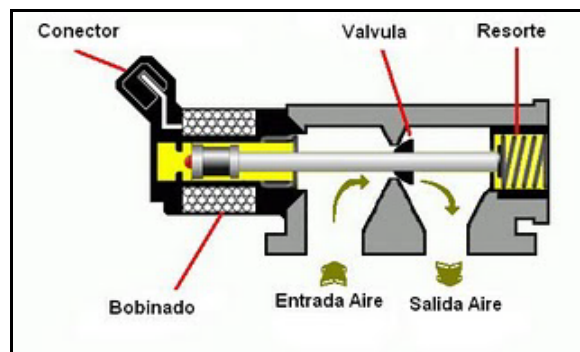


Figura 3.21 Funcionamiento y partes de la válvula IAC.⁶⁵

Este dispositivo permite mayor o menor paso de aire, de esta forma el ralentí estará siempre estable, entonces si la ECU tiene programado que debe girar a 800 o 900 Rpm's para mantenerse en ralentí; por ejemplo al prender el aire acondicionado la válvula IAC se abrirá comandado por la ECU permitiendo un mayor paso de aire por ende mayor cantidad de combustible logrando así compensar la carga que el compresor del aire acondicionado implica en el motor y manteniendo así un ralentí ideal.

Otras válvulas IAC para su funcionamiento poseen en su interior un motor reversible con dos embobinados para que dicho rotor pueda girar en los dos sentidos. Este rotor posee rosca en su interior y el vástago de la válvula se enrosca al rotor; entonces cuando el rotor gira en un sentido, el vástago saldrá

⁶⁵http://bp3.blogger.com/_GlwKMvMCZDg/Rd0EBmOKP_I/AAAAAAAAAF8/jPY13iKhQzw/s320/ValvulaIACCorte.JPG

cerrando el flujo del aire; a diferencia que cuando el rotor gire en el otro sentido el vástago se regresará aumentando el flujo de aire. Consta de 4 pines que se conectan a la ECU para que controle el motor de la válvula IAC, esto depende de la cantidad de aire que el motor necesite aumentando o restringiendo la cantidad del mismo para mantener estable la marcha mínima o ralentí. Los bobinados anteriormente nombrados no deben tener una resistencia menor a 20 ohmios ya que podrían afectar e incluso dañar a la unidad de control electrónico ECU.

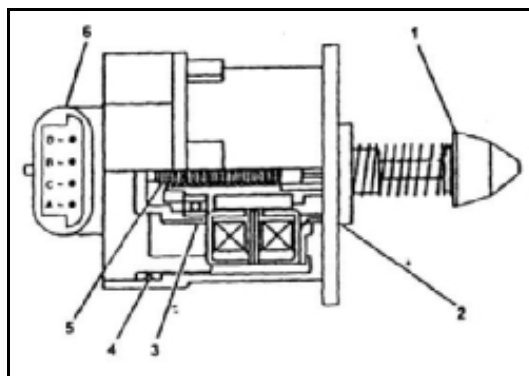


Figura 3.22 Componentes de una válvula IAC.⁶⁶

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| 1.- Cono de la válvula. | 4.- Anillo de sellaje. |
| 2.- Falange de la empaquetadura. | 5.- Engranaje sin fin. |
| 3.- Rodamiento trasero. | 6.- Conector. |

Una falla o mal funcionamiento de la válvula IAC puede reflejar en el motor variaciones en marcha mínima, se acelera o desacelera sin tocar el pedal, por lo general esto se puede solucionar con una limpieza y calibración de esta válvula

⁶⁶ <http://70.87.94.162/~itsct/images/stories/PorCargar/imagen24.jpg>

IAC; si esto no soluciona el problema habrá que revisar los sensores relacionados como son TPS, MAF, etc. O de lo contrario reemplazar el IAC.

3.3 UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECU, PCM, ECM).

Todos los vehículos en la actualidad vienen incorporados de por lo menos una unidad de control electrónica, es una unidad de control que se encarga de controlar electrónicamente varios aspectos, entre ellos los referentes al trabajo de combustión que realiza el motor; se la conoce comúnmente como ECU por sus siglas en inglés, Electronic Control Unit, o algunos le dan otra definición como Engine Control Unit; anteriormente las ECU antiguas tan sólo controlaban la cantidad de combustible a inyectar; en la actualidad, gracias al desarrollo de la electrónica en el automóvil la ECU ha logrado llegar a controlar todo el sistema de inyección de combustible como por ejemplo el punto de encendido, tiempos de apertura de válvulas, e incluso el nivel de impulso del turbo compresor si fuere el caso.

La ECU se encarga de determinar la cantidad de combustible a ser dosificado e incluso el tiempo que permanecerán abiertos los inyectores, el tiempo de encendido y otros parámetros, esto gracias a la información que recibe de varios sensores como son el MAP, TPS, CKP, IAT, ECT, Sonda Lambda y varios otros; los cuales le indican en el estado de funcionamiento y necesidades del motor.

Una vez que recibió todas las señales de los sensores, determinando las condiciones a las que está sometido el vehículo, mediante un programa se encarga de controlar y enviar señales hacia los actuadores para que estos

realicen su trabajo correctamente y acorde a las necesidades del vehículo. La unidad de control electrónica se encuentra constituida en su interior por múltiples circuitos y varios tipos de memorias, en las cuales se encuentran registrados todos los datos referentes al óptimo funcionamiento del motor, con los cuales deberán ser comparados los datos que recibe de los sensores, para posteriormente verificar si todas las partes electrónicas operativas se encuentran funcionando y trabajando de una manera adecuada, de no ser así detectara una falla y enviará una señal al usuario indicando que su auto debe ser revisado, esta señal por lo general se encuentra en el tablero central y es una luz indicando “Check Engine”, o “Service”.

Muy cerca de los pines encontramos un circuito en particular, es el circuito de alimentación, el cual maneja una cantidad de corriente considerable y su misión es mantener una tensión estable en la unidad de control para protegerla. Para mantener estable los niveles de tensión y corriente se encuentra constituida por elementos electrónicos que describimos en el primer capítulo, entre ellos, condensadores, diodos rectificadores, diodos zener, reguladores de tensión, resistencias, etc.

Componentes como transistores o circuitos integrados, conforman al llamado circuito de control, los cuales cumplen la función de controlar a los actuadores.

Para acceder a este circuito de control, dentro de la unidad de control electrónica, observaremos las placas disipadoras de calor, ya que es ahí donde estará ubicado este circuito, también para identificarlo podemos ver las pistas de gran

tamaño que poseen. El circuito de control maneja corrientes que suelen alcanzar los 5 Amperios, y voltajes de hasta 400V. Encontramos también otro circuito en el interior de la ECU, el cual es la parte lógica y operacional, en el mismo se encuentran almacenados todos los datos que implican un óptimo funcionamiento del vehículo, siendo este conjunto la llamada memoria de la unidad de control, posteriormente detallaremos los diferentes tipos de memoria que encontramos en un módulo de control. Conjuntamente a lo anterior encontramos un componente denominado procesador, el cual se encarga de controlar todas las señales de la unidad de control.

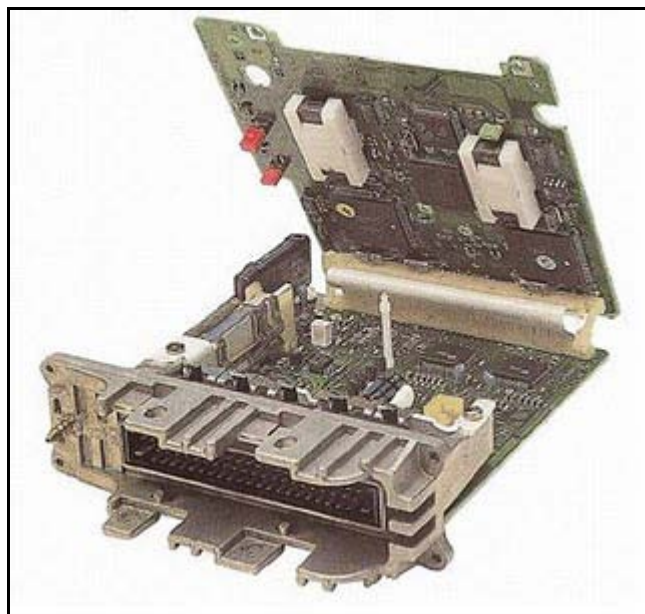


Figura 3.23 ECU de un Ford Orion 1.8 GLX.⁶⁷

El trabajo de estos circuitos simultáneamente hacen que la ECU se desenvuelva adecuadamente de acuerdo a los diferentes requerimientos del motor.

⁶⁷http://bp2.blogger.com/_GlwKMvMCZDg/RmdBEnCr93I/AAAAAAAAAPI/tMVQqvcc5XE/s320/Ecupordentro.JPG

Encontramos en ciertos casos un elemento denominado “Microcontrolador”, el mismo que abarca en su interior a la memoria y al procesador.

3.3.1 Memorias de la Unidad de Control.

La unidad de control electrónica, con el fin de lograr un correcto desempeño, se ayuda de varios tipos de memoria, las mismas que detallamos a continuación.

3.3.1.1 Memoria ROM.

La memoria ROM por sus siglas en inglés, Read Only Memory, es básicamente de lectura, la cual es programada en la misma fábrica, y también se le denomina máscara. Por el hecho de ser programada en la misma fábrica, contiene datos que no pueden ser modificados o alterados tan fácilmente.

3.3.1.2 Memoria RAM.

La memoria RAM por sus siglas en inglés, Random Acces read/write Memory, es una memoria de acceso a lectura o escritura aleatoria, almacena temporalmente los datos y se usa para el cálculo intermedio de los resultados. Esta memoria cuando se queda sin alimentación perderá los datos.

3.3.1.3 Memoria Flash.

La memoria flash es programable y fácilmente borrable eléctricamente, es decir, permite que múltiples posiciones de memoria sean modificadas en la misma operación de programación mediante impulsos eléctricos. Esta memoria funciona a velocidades muy superiores a los otros tipos de memorias. Esta memoria mantiene sus datos inalterados a pesar de que no posea alimentación alguna.

3.3.1.4 Memoria EPROM.

La memoria EPROM por sus siglas en inglés, Erasable Programmable Read Only Memory, es tan sólo una memoria de lectura programable eléctricamente, una vez programada esta memoria, solamente se puede borrar mediante la exposición a una fuerte luz ultravioleta.

3.3.1.5 Memoria EEPROM.

La memoria EEPROM por sus siglas en inglés, Electrically Erasable Programmable Read Only Memory, es un tipo de memoria ROM la cual puede ser programada borrada y reprogramada eléctricamente. Una memoria EEPROM puede ser leída un número ilimitado de veces, aun que borrada y reprogramada cierta cantidad de veces.

3.3.2 Funciones de la Unidad de Control.

3.3.2.1 Control de Inyección de Combustible.

La ECU es la encargada de determinar la cantidad de combustible que se inyectara y a su vez controlara esta cantidad de acuerdo a las condiciones a las que está sometido el motor, esto basándose en las señales que recibe de los sensores, como por ejemplo si el acelerador está pisado a fondo la cantidad de combustible a inyectar será mayor. La ECU controla a los inyectores en tiempos determinados (milisegundos).

3.3.2.2 Control del Tiempo de Ignición.

En lo referente al encendido, la ECU está capacitada para ajustar el tiempo exacto de la chispa, para de esta manera obtener mayor potencia y menor consumo de combustible. De igual manera, esto lo logra gracias a todas las señales de los sensores, particularmente se ayuda del sensor de detonación, para así encargarse de regular los grados de adelanto al encendido.

Adicionalmente a estas funciones, algunos vehículos poseen la capacidad de controlar el sistema de distribución variable de válvulas, en este caso la ECU controlará el momento exacto en que las válvulas deberán abrirse, con el fin de optimizar un mejor llenado y por ende una mayor potencia.

CAPÍTULO 4

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MAQUETA

4.1 DISEÑO DE LA MAQUETA.

Para el desarrollo del proyecto y en si de la maqueta se requirieron de varios insumos y materiales, empezaremos por describir la construcción de la estructura que soportará toda la maqueta.

4.1.1 Estructura de la maqueta.

Utilizaremos como estructura de nuestra maqueta, una ya existente en la Universidad, la cual nos fue facilitada ya que no cumplía ninguna función; de dos estructuras que disponíamos se escogió la de color rojo ya que tiene el espacio suficiente para colocar todos los elementos como se puede observar en las figuras 4.1 y 4.2.



Figura 4.1 Estructura facilitada por la UIDE.



Figura 4.2 Estructuras posibles para la maqueta.

Además la estructura roja está provista de ruedas que nos permiten un fácil desplazamiento de la misma.

Después de decidir que estructura usaríamos procedimos a hacer los cortes respectivos de algunas partes que no nos servían y estorbaban en la idea planteada como se puede observar en la figura 4.3; todos los cortes fueron realizados con amoladora y utilizando los equipos de protección como son gafas y guantes.



Figura 4.3 Cortando la estructura.

Después de hacer los cortes respectivos la estructura quedó con las siguientes medidas:

En la parte superior tenemos 1.40 m de largo por 0.60 m de ancho.

En la parte frontal y posterior tenemos 1.40 m de largo por 0.75 m de alto.

En los laterales tenemos 0.60 m de ancho por 0.75 m de altura.

Y en el tablero de mandos tenemos 0.28 m de largo por 0.29 m de ancho.

Posteriormente adquirimos las planchas de tol con las medidas respectivas y con los siguientes espesores:

Para el tol de la parte superior (1.40 m x 0.60 m) un espesor de 2 mm, este es de mayor espesor a comparación de los otros ya que soportará el peso de todos los elementos de nuestro sistema de inyección multi punto.

Con respecto al tol de las partes laterales (0.60 m x 0.75 m), frontal y posterior (1.40 m x 0.75 m), y el del tablero de mandos (0.28 m x 0.29 m), el espesor es de 0.90 mm, ya que consideramos suficiente porque cumple con la única función de cubrir la estructura estéticamente para tapar elementos que no necesitan ser apreciados, como por ejemplo el cableado, y en el caso del tablero no soportara un peso considerable para que escojamos un mayor espesor de la plancha de tol.

Dichas medidas y espesores están detallados en el plano de la estructura indicado en el anexo 1.



Figura 4.4 Planchas de Tol.

Con la ayuda de herramientas como taladro, remachadora y flexometro, procedimos a remachar cada plancha de tol en su respectivo lugar de la estructura.



Figura 4.5 Remachado de planchas de tol.



Figura 4.6 Planchas de tol remachadas.

4.1.2 Disposición y montaje de los elementos.

Los elementos que van a formar parte de nuestra maqueta pertenecen al sistema de inyección de un Chevrolet Corsa Sedán 1996.

4.1.2.1 Disposición y esquema de los elementos de la maqueta.

En vista de que la maqueta tendrá un fin didáctico, la disposición de los componentes de nuestro sistema de inyección, será de tal forma que en la parte frontal contemos con un tablero de mandos para la manipulación de los elementos. Y en la parte posterior que lógicamente tendremos mejor apreciación se encontrarán las piezas que observaremos en funcionamiento como son los inyectores y bujías. Además que esta disposición que optamos concuerda con las dimensiones del cableado del sistema de inyección que conseguimos.

Para tener una mejor idea de la disposición que tendrán los elementos en la maqueta, detallamos el siguiente esquema.

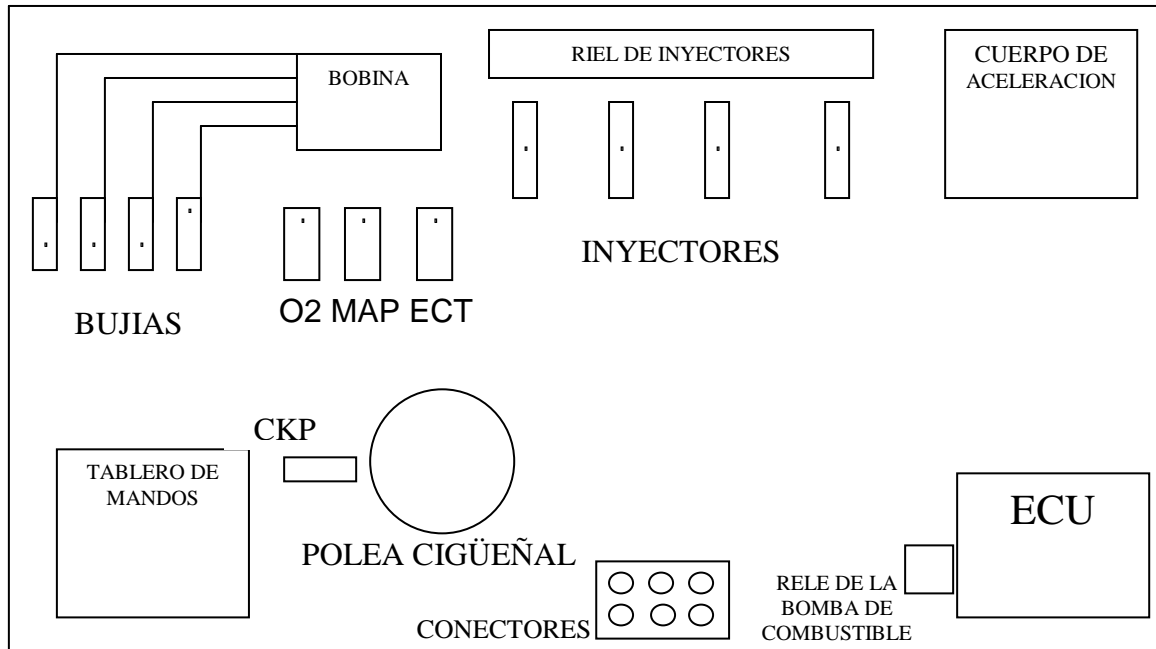


Figura 4.7 Esquema parte superior de la maqueta.

4.1.2.2 Montaje de los elementos.

Cada componente será colocado de diferente manera, y a continuación detallamos el montaje de cada uno de ellos.

La ECU se colocó en la esquina frontal derecha, con sus respectivos sockets y el cableado, el cual lo atravesamos por la parte inferior de la plancha de tol, hasta la parte posterior de la maqueta, con esto facilitamos el traslado de los cables hacia los inyectores y demás sensores. Para asegurar la ECU utilizamos una platina que la fije contra la plancha de tol con la ayuda de dos pernos M10 y sus respectivas tuercas.



Figura 4.8 ECU

Contamos también con el relé de la bomba de combustible y el socket correspondiente, la ubicación será a la izquierda de la ECU, para esto realizamos un orificio en la plancha de tol con las dimensiones del socket para que éste se encuentre fijo.



Figura 4.9 Relé de la bomba de combustible.

En la esquina posterior derecha se encuentra ubicado el cuerpo de aceleración, la fijación de este elemento es gracias a dos platinas dobladas en "L" y remachadas a la plancha de tol, todo esto con el fin de tener al cuerpo de aceleración de una manera apreciable, sobretodo el movimiento de la mariposa de aceleración. Este componente esta asegurado a las platinas mediante cuatro pernos M10 con sus respectivas tuercas. En una de sus esquinas mediante una platina está sujeto el sensor IAT., para poder apreciarlo de mejor manera ya que no se colocó la manguera en la cual viene instalado originalmente.



Figura 4.10 Cuerpo de aceleración.

La riel de los inyectores se encuentra al lado izquierdo del cuerpo de aceleración, y de igual manera está suspendida sobre las probetas mediante dos platinas dobladas en "L" y remachadas a la plancha de tol. Dos pernos M10 son los que están asegurando al riel de inyectores con las platinas. Cabe resaltar que debajo de cada probeta se encuentra un orificio, para la fijación de cada probeta y con el fin de que por la parte inferior se comuniquen a cada probeta con el tanque de combustible a manera de retorno del combustible inyectado hacia el depósito.



Figura 4.11 Riel de inyectores con manómetro de presión.



Figura 4.12 Ubicación de la riel de inyectores en la maqueta.



Figura 4.13 Fijación inferior de las probetas.

En la parte izquierda del riel de inyectores se encuentra la bobina de encendido, la misma que está fijada a la plancha de tol mediante tres pernos M12 con sus respectivas tuercas.

La disposición de la bobina está dada para que la salida de los cables de bujía se dirija hacia un soporte ubicado en la esquina posterior izquierda de la maqueta.



Figura 4.14 Bobina de encendido fijada al tol superior.

Se hizo una platina doblada y se fijo a la plancha de tol mediante cuatro remaches. El fin de esta platina a manera de soporte, es asegurar a cada cable de bujía con su respectiva bujía suspendida, para que en el momento del funcionamiento se pueda apreciar el salto de chispa en cada una de ellas.



Figura 4.15 Soporte con cables de bujías y bujías.

La polea del cigüeñal estará accionada por el motor eléctrico de un taladro de 110 V, y para la ubicación de estos componentes se realizó un orificio con el diámetro del mandril del taladro, el cual estará soldado a la polea del cigüeñal.

La ubicación de la polea del cigüeñal es en la parte central de la plancha de tol y en su parte inferior estará el motor del taladro que le proporcionará el giro, con la capacidad de poder variar el régimen de revoluciones.



Figura 4.16 Polea del cigüeñal.



Figura 4.17 Polea del cigüeñal fijada al taladro.

El sensor CKP obligadamente tiene que estar ubicado cerca del dentado de la polea del cigüeñal para poder obtener la señal, esta distancia es aproximadamente de La fijación de este sensor es mediante una pequeña platina doblada en “L” y que está remachada a la plancha de tol, el sensor está sujeto con un perno M10 a dicha platina.



Figura 4.18 Sensor CKP fijado a la platina.



Figura 4.19 Ubicación del sensor CKP cerca de la polea.

Ubicados en una platina a manera de soporte, muy similar al de las bujías, se encuentran: el Sensor de Oxígeno, el MAP, y el Sensor de Temperatura de Refrigerante. La posición de estos sensores en la maqueta será en la parte inferior de la bobina de encendido, y por encima de la polea del cigüeñal; y al igual que con los demás elementos, el cableado seguirá su respectivo orden hacia el panel de control y a los terminales para tomar las medidas respectivas.



Figura 4.20 Ubicación de los sensores (O2, MAP y ECT).

Finalmente entre los elementos que se pueden apreciar en la parte superior del tablero tenemos a los terminales, plugs, o también conocidos como bananas, los cuales están destinados a la toma de mediciones de los sensores y actuadores correspondientes a la maqueta, esto con ayuda de un multímetro. La ubicación de estos plugs será a la derecha de la polea del cigüeñal y a la izquierda del relé de la bomba de combustible.

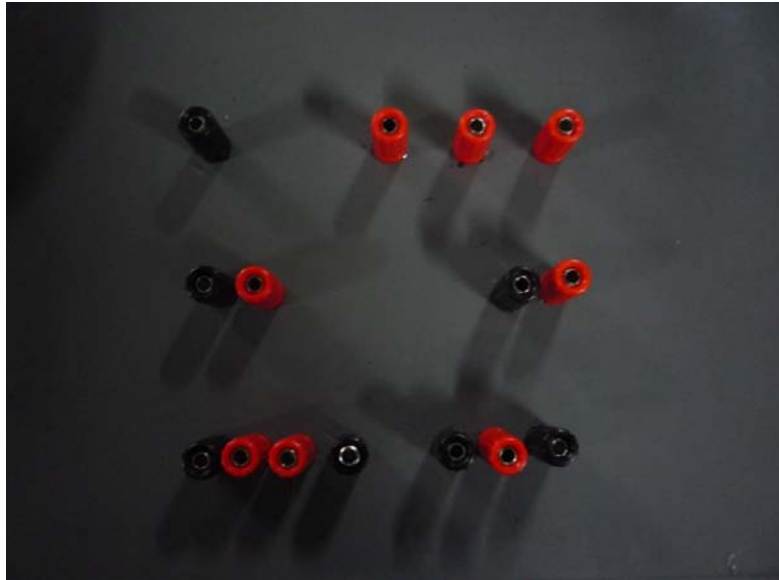


Figura 4.21 Disposición de los terminales para tomar medidas.

Por la parte inferior del tablero conducimos todo lo que es mangueras de alimentación y retorno de combustible, así como también el cableado de todos los elementos. También vamos a encontrar la batería de 12v que es la fuente de alimentación del sistema, el cable que conectará a 110v que accionará a la polea del cigüeñal mediante el trabajo de un taladro, y finalmente el depósito o tanque de combustible, que es simplemente un galón, en el cual se encuentra sumergida la bomba de combustible.



Figura 4.22 Apreciación de la parte baja del tablero.

Por el costado derecho de la maqueta contamos con una llave de paso, la cual sirve para desfogar o retorno de combustible hacia el tanque, mientras esté cerrada esta llave, el nivel de combustible seguirá aumentando en cada una de las probetas, y al momento de abrir la llave, el nivel irá bajando y el combustible se dirigirá hacia el tanque.



Figura 4.23 Apreciación externa de la llave de paso.

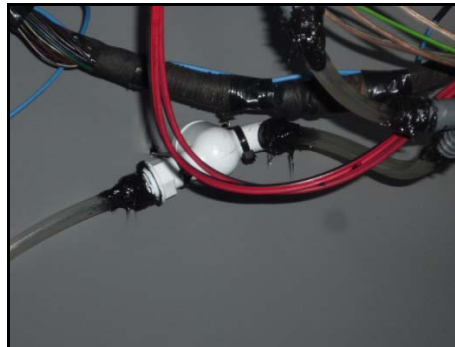


Figura 4.24 Conexión de la llave de paso.

El panel de control consta de dos switches principales, contacto y corriente, un potenciómetro o dimer que controla el taladro y así el régimen de revoluciones de la polea, catorce switches que controlan a los sensores de oxígeno, masa de aire, temperatura de aire, temperatura de refrigerante, así como también al TPS, IAC,

inyectores, y a la bobina de encendido, permitiendo o impidiendo el salto de chispa en todas o en dos bujías.

También hemos incorporado un tacómetro de 2 pulgadas, en el cual podemos apreciar las revoluciones por minuto a la que está girando la polea del cigüeñal de la maqueta, la conexión de este tacómetro es exactamente la misma que la de un vehículo convencional.



Figura 4.25 Apreciación frontal del panel de control.



Figura 4.26 Apreciación posterior del panel de control.

4.2 IMPLEMENTACIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL Y MEDICIÓN.

Como parte de nuestra maqueta se encuentran instalados varios elementos de control, tales como switches, los cuales cumplen la misión de dejar pasar o impedir el paso de la corriente a los diferentes sensores y actuadores que comprenden nuestro sistema de inyección M.P.F.I., para de esta manera cumplir con uno más de los objetivos planteados, como es el de provocar fallas al funcionamiento normal del sistema que comprende nuestra maqueta.

Por otro lado colocamos varios conectores, también conocidos como “bananas”, los cuales están dispuestos de acuerdo a los diagramas y de acuerdo a las conexiones que realizamos en los diferentes sensores, con esto podemos tomar medidas en cada uno de estos, y realizar las prácticas respectivas que se detallaran en el siguiente capítulo.

A continuación presentamos cada uno de los diagramas de los sensores y actuadores que fueron modificados de su instalación original. Así como también indicaremos el diagrama de las conexiones que se realizaron en el panel de control, tales como el tacómetro, el potenciómetro que varia el régimen de revoluciones de la polea del cigüeñal, y el corte de alimentación de la bobina de encendido.

4.2.1 Diagrama del sensor ECT.

DIAGRAMA SENSOR ECT CONVENCIONAL.

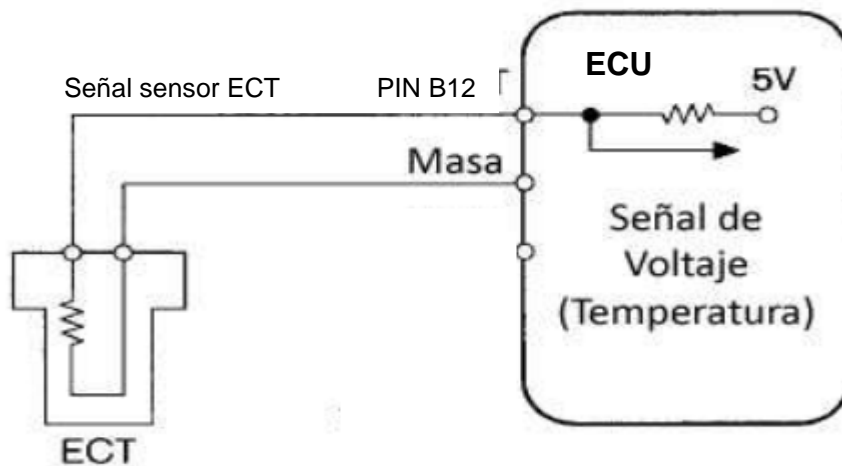
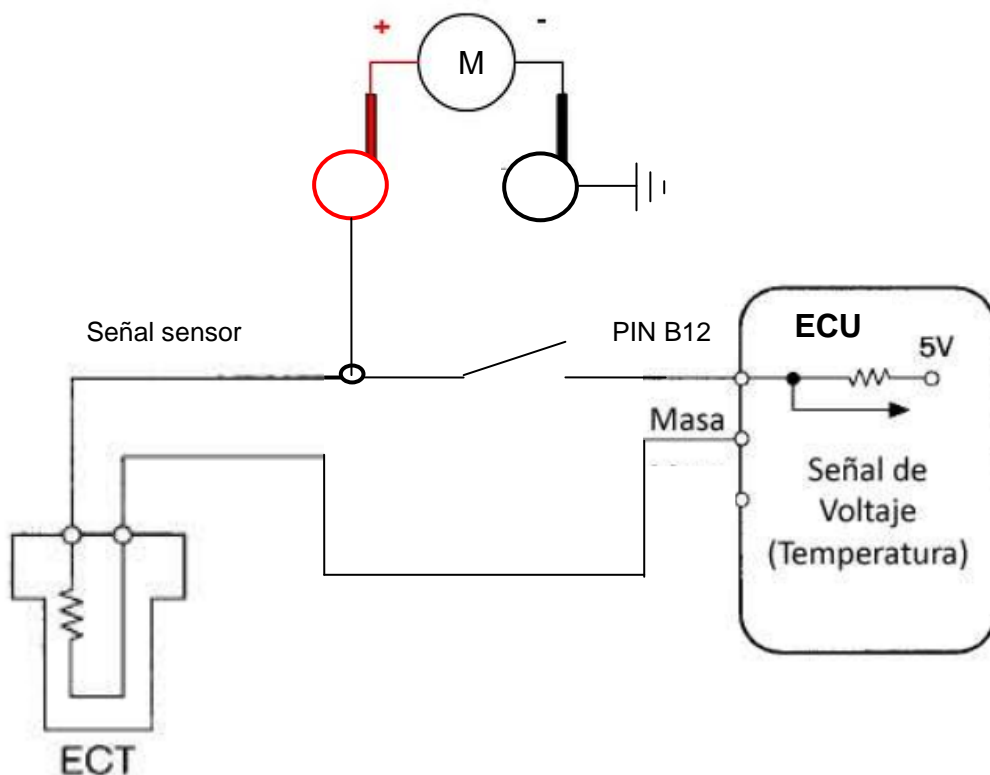


DIAGRAMA SENSOR ECT CON ELEMENTO DE CONTROL.



4.2.2 Diagrama del sensor MAP.

DIAGRAMA SENSOR MAP CONVENCIONAL.

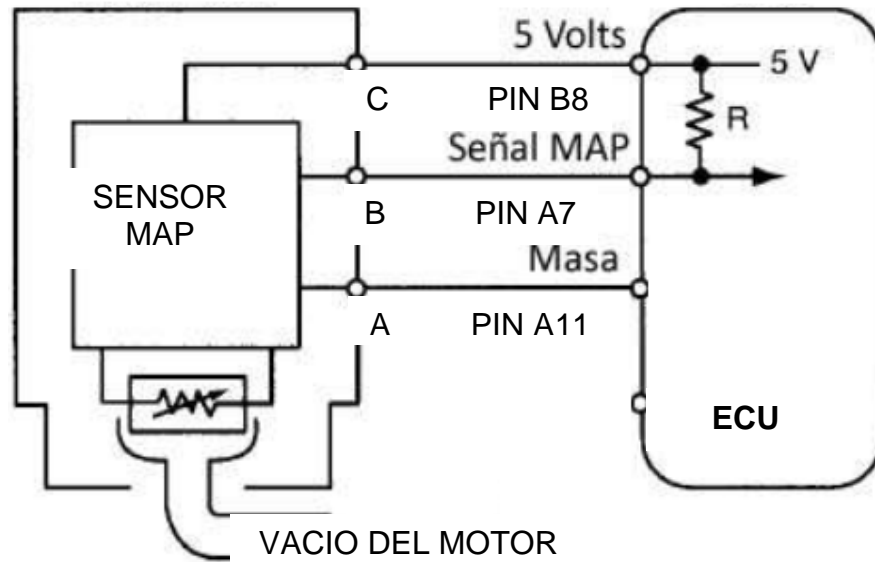
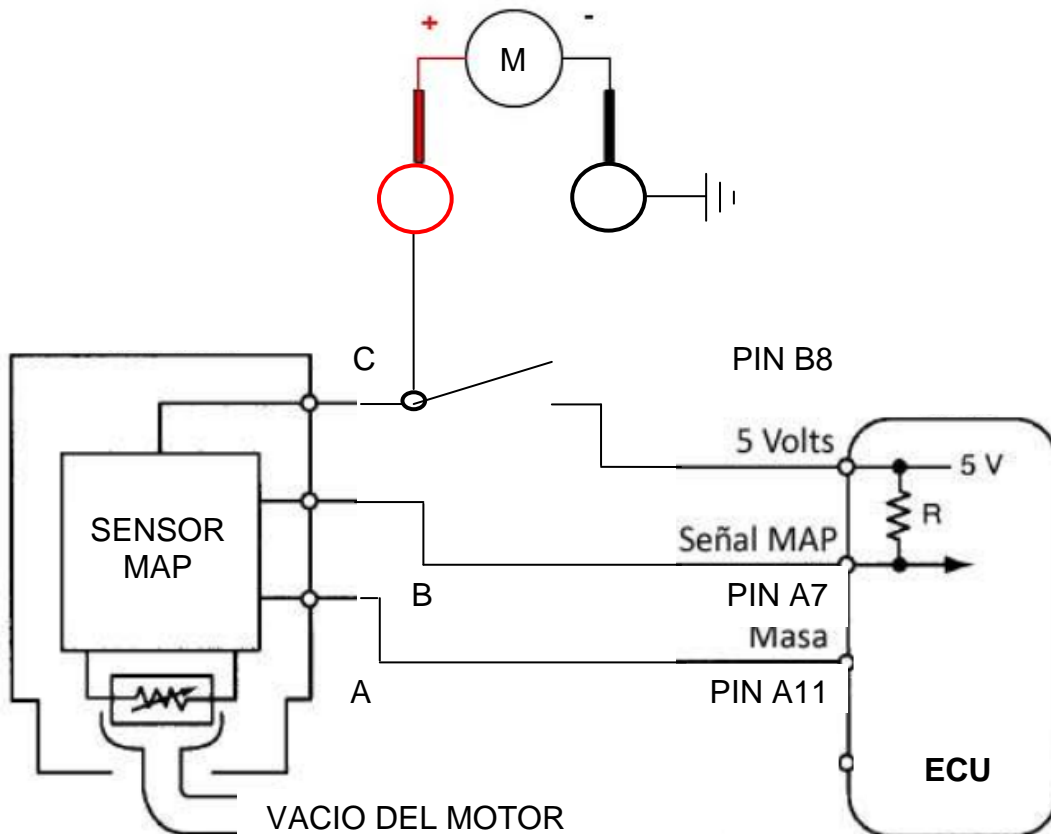


DIAGRAMA SENSOR MAP CON ELEMENTO DE CONTROL.



4.2.3 Diagrama del sensor de oxígeno.

DIAGRAMA SENSOR O2 CONVENCIONAL.

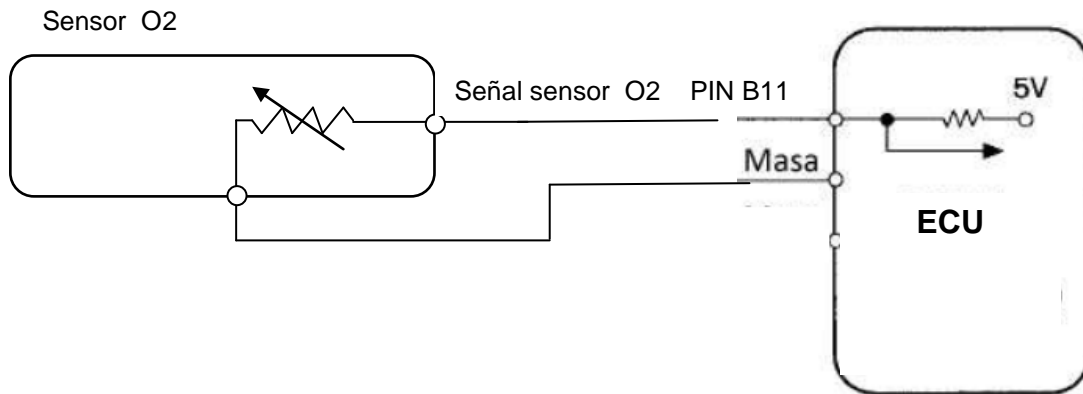
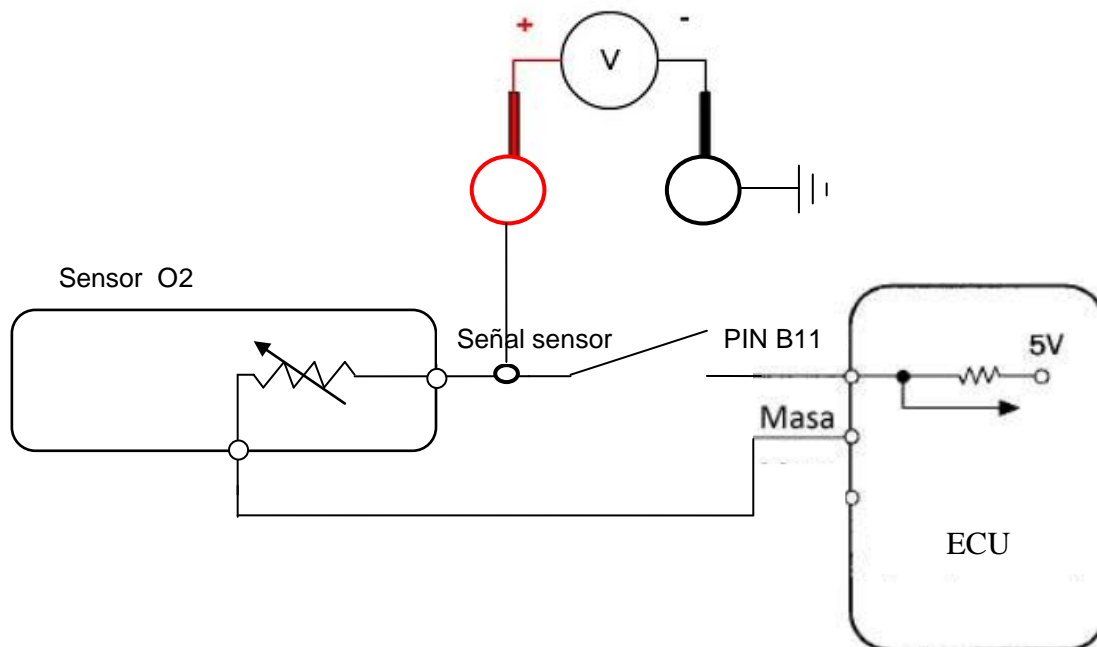


DIAGRAMA SENSOR O2 CON ELEMENTO DE CONTROL.



4.2.4 Diagrama del sensor TPS.

DIAGRAMA SENSOR TPS CONVENCIONAL.

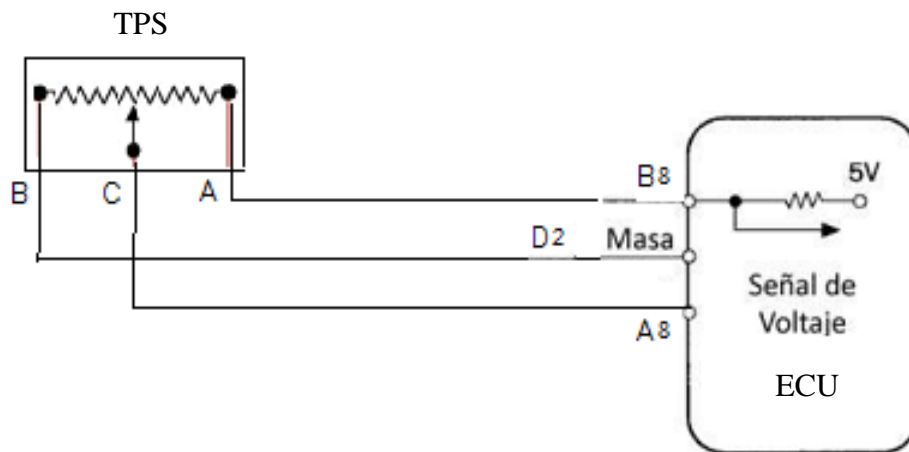
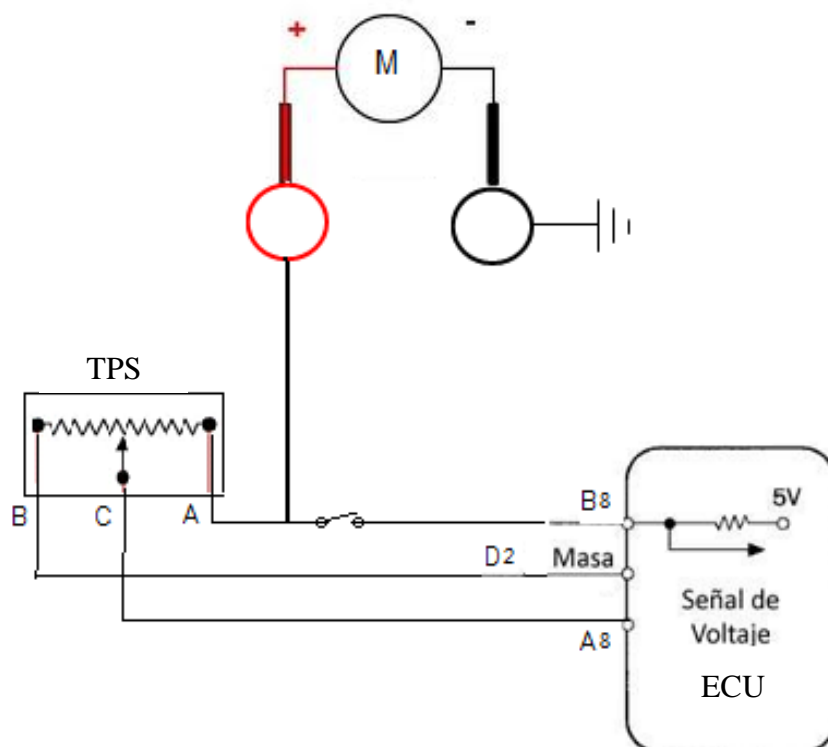


DIAGRAMA SENSOR TPS CON ELEMENTO DE CONTROL.



4.2.5 Diagrama del IAC.

DIAGRAMA DEL IAC CONVENCIONAL

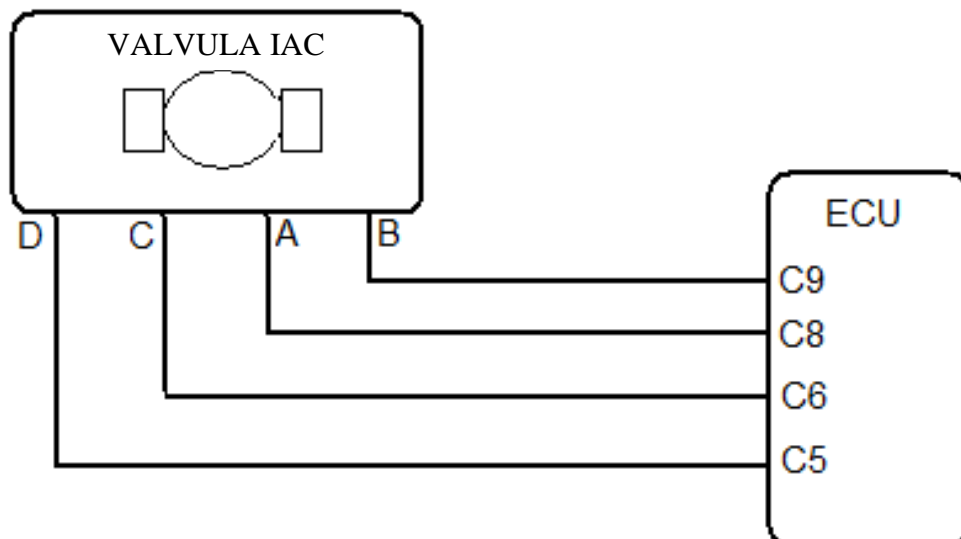
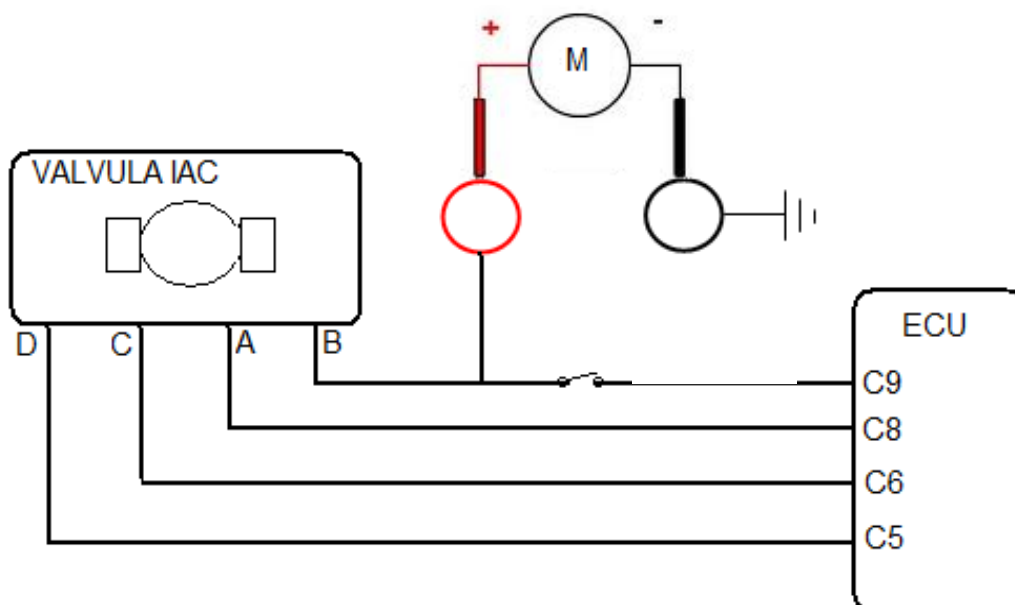


DIAGRAMA DEL IAC CON ELEMENTO DE CONTROL.



4.2.6 Diagrama de los inyectores.

DIAGRAMA CONVENCIONAL DE LOS INYECTORES.

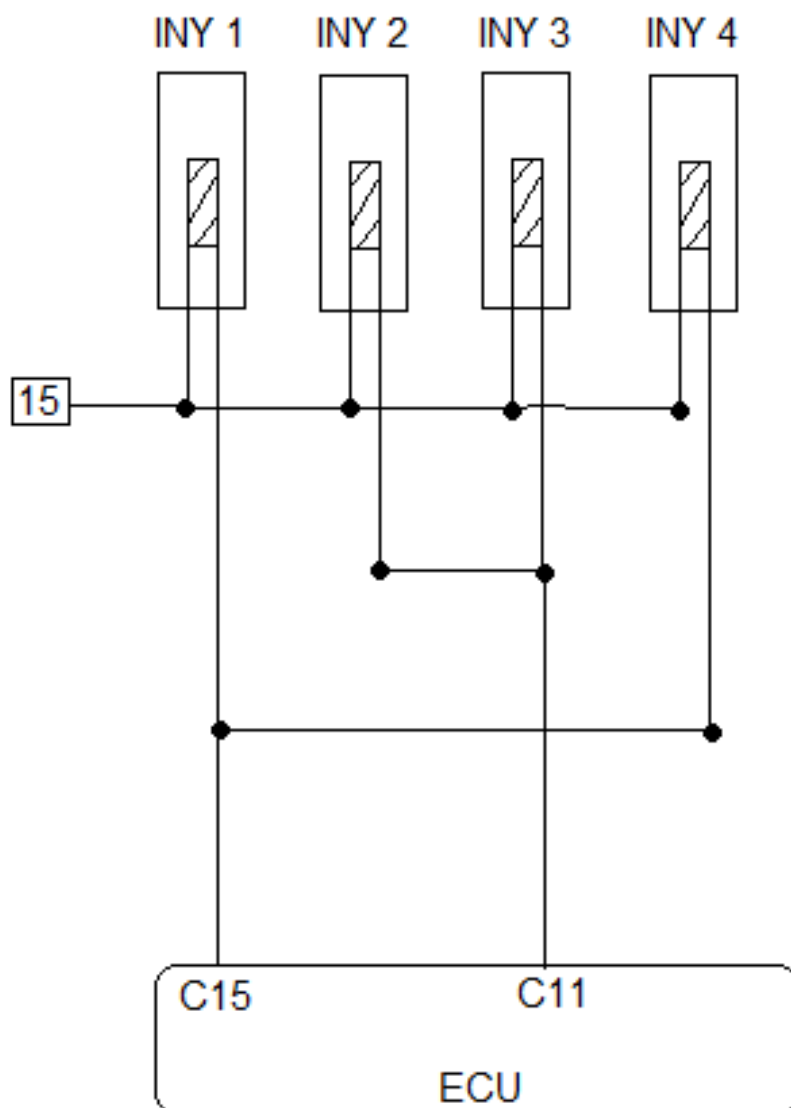
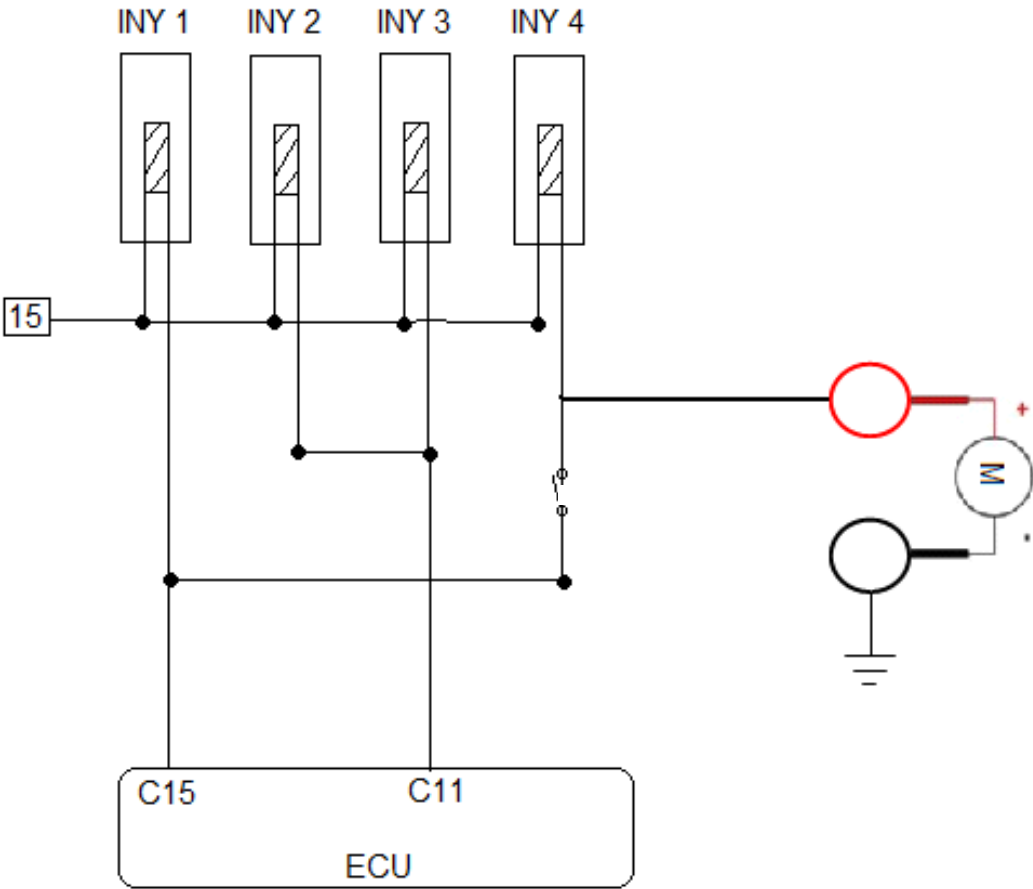
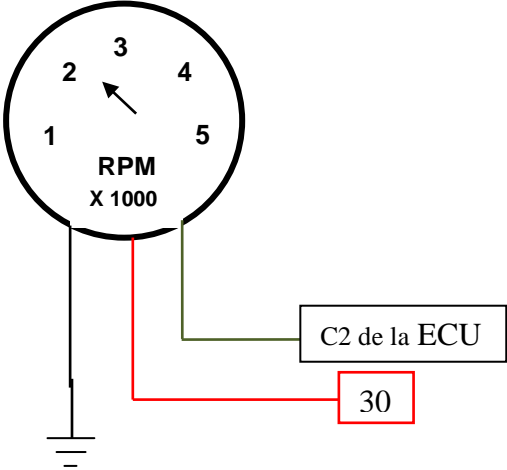


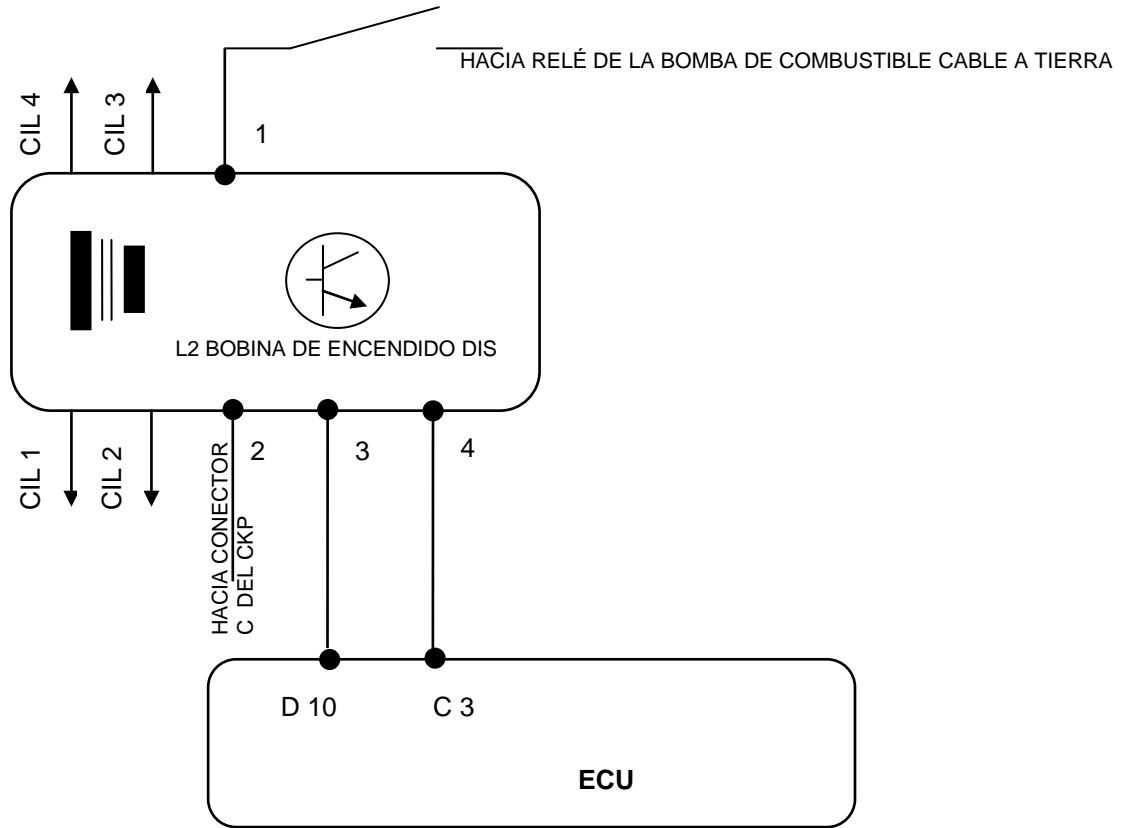
DIAGRAMA CON ELEMENTO DE CONTROL DE LOS INYECTORES.



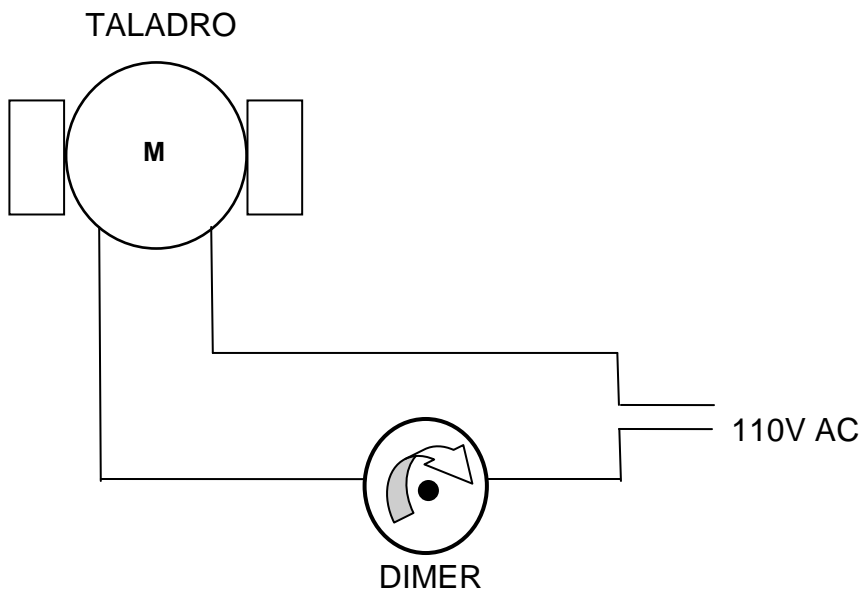
4.2.7 Diagrama de conexión del tacómetro.



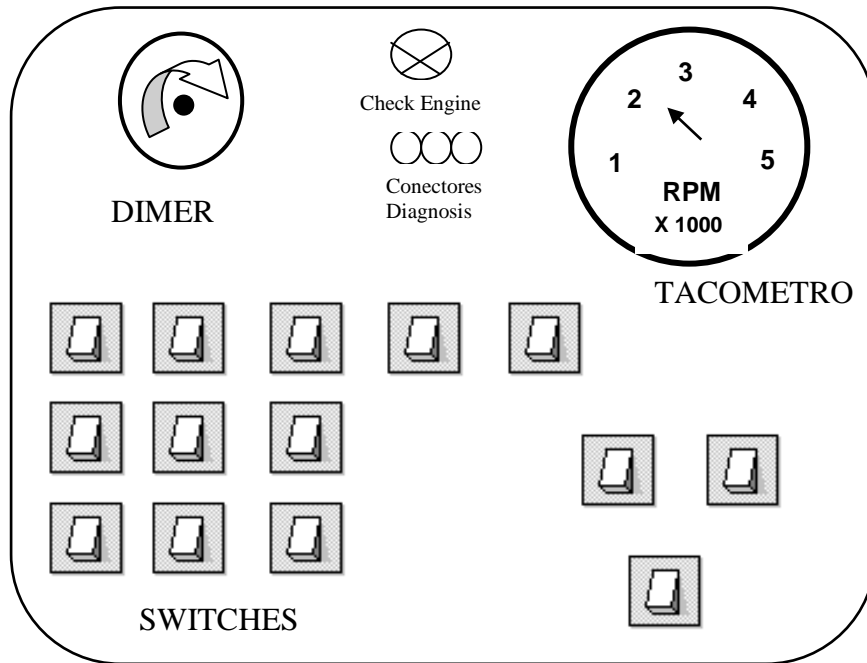
4.2.8 Diagrama de conexión del corte a la bobina.



4.2.9 Diagrama de conexión del taladro con dimer.



4.2.10 Esquema del Panel de control



En este esquema se muestra la ubicación de los elementos dispuestos en el Panel de control, los circuitos de conexión de cada uno de ellos se muestra en los anteriores diagramas.

CAPÍTULO 5

FUNCIONAMIENTO, CÓDIGOS DE AVERÍA Y PRÁCTICAS.

5.1 FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUETA.

Para la operación de la maqueta se debe seguir los siguientes pasos:

- 1.- Verificar que la batería posea una buena carga, es decir que no esté por debajo de 12,4 V.
- 2.- Verificar que el nivel de combustible sea el apropiado en el tanque, ya que de lo contrario la bomba no succionará lo suficiente para proveer el caudal necesario para el funcionamiento del sistema.
- 3.- Tener una fuente de alimentación cercana de 110 V, para la alimentación del motor eléctrico (taladro) que proporciona el giro a la polea del cigüeñal.
- 4.- Conectar los lagartos a la batería, el lagarto rojo irá en el borne positivo de la batería y por el contrario el lagarto negro, que está conectado a masa de la estructura, irá conectado al borne negativo de la batería.
- 5.- Conectar el cable del taladro al interruptor de corriente de 110 V.
- 6.- Colocar ON el switch 30, para tener tensión (corriente 30) en el sistema.

7.- Colocar ON el switch 15, para de esta manera tener conectado el encendido.

8.- Colocar ON el conjunto de seis switches que se encuentran en la parte inferior izquierda del panel de control.

9.- Girar en sentido horario el dimer, este controlará el régimen de revoluciones por minuto (RPM). Mientras más giremos la perilla del dimer, en sentido horario, las RPM se irán incrementando. La polea del cigüeñal tiene un giro máximo de 1000 RPM.

10.- Colocar ON el switch de la bobina de encendido, para permitir el paso de corriente de la bobina hacia las bujías.

Una vez que hayamos realizado todos estos pasos, apreciaremos claramente el funcionamiento del sistema, cumpliendo así otro de los objetivos planteados.

La maqueta posee un sistema de retorno de combustible hacia el tanque, en la riel de inyectores se utiliza el mismo retorno que el convencional del motor, y también poseemos el retorno por parte de las probetas, una vez que exista llenado en las mismas, se deberá abrir la llave de paso y permitir el retorno del combustible hacia el tanque.

Mientras la maqueta se encuentra en funcionamiento, podemos nosotros manipular algunos de los sensores que comprenden este sistema, el ejemplo más claro y visiblemente notorio es el del sensor TPS, ya que, en el instante que

movemos la mariposa, estamos simulando una aceleración; es aquí cuando observamos y escuchamos plenamente la variación en el ancho de pulso de los inyectores. De igual manera podemos manipular los switches de cada uno de los sensores y actuadores que comprenden esta maqueta. Es necesario aclarar que no es tan notoria la variación en la inyección del sistema a comparación de lo que antes explicamos con el sensor TPS, ya que dichos sensores no están expuestos a condiciones reales de funcionamiento dentro de un motor.

Al extremo izquierdo de la riel de inyectores encontramos un manómetro de presión, este nos está indicando que tenemos en el sistema 40 PSI, lo cual nos permite un funcionamiento adecuado del sistema ya que el valor esta dentro de lo recomendado por los fabricantes.

El fin de haber colocado los mencionados switches y las conexiones que explicamos en el capítulo 4, es de, simular fallas en el sistema y poder realizar las prácticas correspondientes que detallaremos más adelante.

5.2 CÓDIGOS DE AVERÍA.

Parte importante de la maqueta es el testigo luminoso que se encuentra en el panel de control, éste al igual que la luz de "Check Engine" en el tablero de un vehículo se enciende al momento de que el sistema presenta una falla. De igual manera gracias a los conectores de diagnosis que se encuentran en el mismo panel de control, conectando con masa, podemos verificar mediante pulsos luminosos del testigo, los códigos que el simulador está presentando.

Para interpretar estos códigos nos ayudaremos del cuadro que se encuentra más abajo, que viene ya especificada por el fabricante. La utilización de estos pulsos luminosos es de la siguiente manera:

El sistema debe tener alimentación y estar en contacto, es decir con los switches 30 y 15 encendidos.

Conectar el cable con los plugs en las “bananas” del panel de control entre masa y en conector D8, inmediatamente se encenderá la luz del Check Engine, indicando el pulso o código “12”, es decir, se enciende un pulso luminoso, se apagara por un segundo y enseguida dos pulsos luminosos más; esto por tres ocasiones seguidas; esto nos indica que está iniciando la diagnosis en el sistema.

Después de haber obtenido esta señal empezara el testigo luminoso a indicarnos los códigos que está presentando el sistema del simulador. A continuación detallamos los códigos que pueden presentarse en este sistema de inyección electrónica.

Tabla 5.1 Códigos de avería.

CÓDIGO	DETALLE DEL CÓDIGO	REVISAR
13	Circuito abierto de sonda lambda.	Práctica # 4
14	Tensión baja de temperatura del refrigerante.	Práctica # 3
15	Tensión alta de temperatura del refrigerante.	Práctica # 3

19	Señal de rpm incorrecta.	Práctica # 6
21	Tensión alta del sensor TPS.	Práctica # 5
22	Tensión baja del sensor TPS.	Práctica # 5
24	No hay señal de velocidad del vehículo.	Terminal B2
25	Tensión baja de la válvula del inyector.	Práctica # 8
29	Tensión baja del relé de la bomba de combustible.	Práctica # 1
32	Tensión alta del relé de la bomba de combustible.	Práctica # 1
33	Tensión del sensor MAP alta.	Práctica # 2
34	Tensión del sensor MAP baja.	Práctica # 2
35	Control de aire de ralentí.	Práctica # 7
41	Tensión alta de cable de excitación (EST) bobina de cilindros 2+3.	Terminal C3
42	Tensión alta de cable de excitación (EST) bobina de cilindros 1+4.	Terminal D10
49	Tensión alta de la batería.	Terminales B1, C16
51	Cambiar la unidad electrónica de control ECU.	Software
55	Cambiar la unidad electrónica de control ECU.	Hardware
63	Tensión baja de cable de excitación (EST) bobina de cilindros 2+3.	Terminal C3
64	Tensión baja de cable de excitación (EST) bobina de cilindros 1+4.	Terminal D10
69	Tensión baja de temperatura de aire de admisión.	Terminales D2, D3

71	Tensión alta de temperatura de aire de admisión.	Terminales D2, D3
81	Tensión alta de la válvula del inyector.	Práctica # 11
83, 84 85	Señal errónea del inmovilizador	

5.3 PRÁCTICAS EN EL EQUIPO.

Para que el equipo o maqueta sea de un uso más didáctico a parte de mostrar el funcionamiento del sistema MPFI, se han instalado varios elementos de control como son switches para así provocar fallas que serán comprobadas mediante la aplicación de las siguientes guías de práctica.

Se recomienda que para cumplir con el objetivo de cada una de las practicas, seguir los pasos indicados detallada y ordenadamente. Así como también ayudarse de los diagramas de conexiones que se encuentran detallados en los anexos 3, 4 y 5. Al referirnos en las guías de prácticas a “P01” nos referimos a Práctica # 1, y al mencionar “E01” nos referiremos a Error # 1.

5.3.1 Práctica #1 - Circuito relé bomba combustible.

Comprobación e instrucciones de trabajo.

P01 Comprobación interrupción circuito alimentación tensión.	
<ul style="list-style-type: none">- Encendido desconectado.- Desmontar el siguiente componente: K58 Relé de la bomba de combustible.- Mida tensión entre los siguientes terminales: K58 Relé de la bomba de combustible base. Terminal 4 y masa.	
Valor nominal: Superior a 11 V	
Sí: P02	No: E07

P02 Comprobación interrupción circuito alimentación tensión.	
<ul style="list-style-type: none">- Encendido conectado.- Mida la tensión entre los siguientes terminales: K58 Relé de la bomba de combustible base. Terminal 2 y masa.	
Valor nominal: Superior a 11 V	
Sí: P03	No: E06

P03 Comprobación cortocircuito a tensión del circuito de señal.

- Mida la tensión entre los siguientes terminales:

K58 Relé de la bomba de combustible base.

Terminal 6 y masa.

Valor nominal: Inferior a 0,3 V

Sí: P04

No: E05

P04 Comprobación interrupción del circuito de señal.

- Encendido desconectado.
- Desenchufe el conector de:

K57 Módulo ECU.

- Mida la resistencia entre los terminales siguientes:

K57 Módulo ECU socket terminal B6 y

K58 Relé de la bomba de combustible base, terminal 6.

Valor nominal: Inferior a 5 ohm

Sí: P05

No: E04

P05 Comprobación cortocircuito a masa del circuito de señal.

- Mida la resistencia entre los terminales siguientes:
K58 Relé de la bomba de combustible base.
Terminal 6 y masa.

Valor nominal: Superior a 500 kohm

Sí: P06

No: E03

P06 Comprobación cortocircuito tensión del circuito de señal.

- Encendido conectado.
- Mida la tensión entre los siguientes terminales:
K58 Relé de la bomba de combustible base.
Terminal 8 y masa.

Valor nominal: Inferior a 0,3 V

Sí: E01

No: E02

Resultado, causa de la avería.

E01 Componentes defectuosos.

- Componente averiados:
K58 Relé de la bomba de combustible.
O
K57 Módulo ECU.

E02 Cortocircuito a tensión.

- Cortocircuito a tensión entre:
K58 Relé de la bomba de combustible base, terminal 8 y
M21 Bomba de combustible (socket, terminal A)

E03 Cortocircuito a masa.

- Cortocircuito a masa entre:
K58 Relé de la bomba de combustible base, terminal 6 y
K57 Módulo ECU (socket, terminal B6)

E04 Interrupción circuito.

- Interrupción de circuito entre:
K58 Relé de la bomba de combustible base, terminal 6 y
K57 Módulo ECU (socket, terminal B6)

E05 Cortocircuito a tensión.

- Cortocircuito a tensión entre:
K58 Relé de la bomba de combustible base, terminal 6 y
K57 Módulo ECU (socket, terminal B6)
O
Componentes averiados:
K57 Módulo ECU.

E06 Interrupción circuito.

- Interrupción de circuito entre:
F 19 Fusible, contacto de salida y
K58 Relé de la bomba de combustible base, terminal 2.

E07 Interrupción circuito

- Interrupción de circuito entre:
F 26 Fusible, contacto de salida y
K58 Relé de la bomba de combustible base, terminal 4.

5.3.2 Práctica #2 - Circuito sensor presión absoluta colector de admisión.

Comprobación e instrucciones de trabajo.

P01 Comprobación cortocircuito a tensión/cortocircuito a masa/ interrupción circuito de señal.	
<ul style="list-style-type: none">- Encendido conectado. - Mida tensión entre los siguientes terminales: P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión. Conector, terminal C y masa.	
Valor nominal: 4,8... 5,2 V	
Sí: P02	No: E03

P02 Comprobación cortocircuito a tensión/cortocircuito a masa/interrupción circuito señal.	
<ul style="list-style-type: none">- Mida la tensión entre los siguientes terminales: P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión. Conector, terminal A y P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión. Conector, terminal C.	
Valor nominal: 4,8... 5,2 V	
Sí: E01	No: E02

Resultado, causa de la avería.

E01 Componentes defectuosos.

- Componente averiados:

P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión.

O

K57 Módulo ECU.

E02 Interrupción circuito.

- Interrupción de circuito entre:

K57 Módulo ECU (socket, terminal A11) y

P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión.

Socket, terminal A.

O

Componentes averiados:

K57 Módulo ECU.

E03 Interrupción circuito.

- Interrupción de circuito entre:

K57 Módulo ECU (socket, terminal B8) y

P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión.

Socket, terminal C.

5.3.3 Práctica #3 - Circuito sensor temperatura refrigerante motor.

Comprobación e instrucciones de trabajo.

P01 Comprobación interrupción del circuito de señal.	
<ul style="list-style-type: none">- Encendido conectado. - Mida tensión entre los siguientes terminales: P30 Sensor de temperatura del refrigerante. Conector ECT y masa.	
Valor nominal: 4,8... 5,2 V	
Sí: E01	No: P02

P02 Comprobación interrupción del circuito de señal.	
<ul style="list-style-type: none">- Encendido conectado. - Mida tensión entre los siguientes terminales: P30 Sensor de temperatura del refrigerante. Conector ECT y masa.	
Valor nominal: Superior a 1,8 V	
Sí: Comprobación finalizada	No: E02

Resultado, causa de la avería.

E01 Componentes defectuosos o Cortocircuito a tensión.

- Componente averiados:

P23 Sensor de temperatura del refrigerante.

O

K57 Módulo ECU.

E02 Cortocircuito a masa/interrupción circuito.

- Cortocircuito a masa/interrupción en el circuito de corriente entre:

K57 Módulo ECU (socket, terminal B12) y

P30 Sensor de temperatura del refrigerante.

Socket color de cable Azul.

O

Componentes averiados:

K57 Módulo ECU.

5.3.4 Práctica #4 - Circuito sonda lambda.

Comprobación e instrucciones de trabajo.

P01 Comprobación cortocircuito a tensión/cortocircuito a masa/

interrupción circuito de señal.

- Encendido conectado.

- Mida tensión entre los siguientes terminales:

P33 Sonda Lambda.

Conector O2 y masa.

Valor nominal: 350... 470 mV

Sí: P02

No: P04

P02 Comprobación interrupción del circuito de masa.

- Encendido desconectado.

- Desenchufe el conector de:

K57 Módulo ECU.

- Mida la resistencia entre los siguientes terminales:

K57 Módulo ECU.

Socket, terminal B10 y masa.

Valor nominal: Inferior a 5 ohm

Sí: P03

No: E03

P03 Comprobación funcionamiento mecánico.

- Compruebe el funcionamiento mecánico de los siguientes componentes y todas las piezas fijas a ellos:

Inyectores

Presión de combustible

Nota: El componente y todas las piezas fijas al mismo se deben examinar por si hubiera suciedad, obstrucción de tuberías, entradas/salidas de aire, etc.

Valor nominal: ¿Comprobación correcta?

Sí: E01

No: E02

P04 Comprobación cortocircuito a tensión/cortocircuito a masa/interrupción circuito de señal.

- Encendido conectado.

- Mida la tensión entre los siguientes terminales:

P33 Sonda Lambda.

Conector O2 y masa.

Valor nominal: Superior a 470 mV

Sí: E04

No: E05

Resultado, causa de la avería.

E01 Componentes defectuosos.

- Componente averiados:
P33 Sonda Lambda.

E02 Reparar otro sistema.

- Repare el circuito de corriente/componentes afectados.

E03 Interrupción circuito.

- Interrupción de circuito entre:
K57 Módulo ECU (socket, terminal B10) y masa.

E04 Cortocircuito a tensión.

- Cortocircuito a tensión entre:
P33 Sonda Lambda.
Socket color del cable Verde y
K57 Módulo ECU (socket, terminal B11)
O
- Componente averiados:
K57 Módulo ECU.

E05 Cortocircuito a masa/interrupción circuito.

- Cortocircuito a masa/interrupción en el circuito de corriente entre:

P33 Sonda Lambda.

Socket color del cable Verde y

K57 Módulo ECU (socket, terminal B11)

O

- Componente averiados:

K57 Módulo ECU.

5.3.5 Práctica #5 - Circuito potenciómetro mariposa.

Comprobación e instrucciones de trabajo.

**P01 Comprobación cortocircuito a tensión/cortocircuito a masa/
interrupción circuito de señal.**

- Encendido conectado.
- Mida tensión entre los siguientes terminales:
P34 Potenciómetro de la mariposa.
Conector, terminal A y masa.

Valor nominal: 4,8... 5,2 V

Sí: P02

No: P05

**P02 Comprobación cortocircuito a tensión/cortocircuito a masa/
interrupción circuito de señal.**

- Mida la tensión entre los siguientes terminales:
P34 Potenciómetro de la mariposa.
Conector, terminal A y
P34 Potenciómetro de la mariposa.
Conector, terminal B.

Valor nominal: 4,8... 5,2 V

Sí: P03

No: E01

P03 Comprobación cortocircuito a tensión/cortocircuito a masa/

interrupción circuito de señal.

- Encendido conectado.

- Mida tensión entre los siguientes terminales:

P34 Potenciómetro de la mariposa

Conector terminal A y masa.

Valor nominal: 4,8... 5,2 V

Sí: E02

No: P04

P04 Comprobación cortocircuito a tensión/cortocircuito a masa/

interrupción circuito de señal.

- Encendido conectado.

- Mida tensión entre los siguientes terminales:

P34 Potenciómetro de la mariposa

Conector terminal A y masa.

Valor nominal: Superior a 5,2 V

Sí: E03

No: P05

P05 Comprobación interrupción del circuito de señal.

- Encendido desconectado.
- Desenchufe el conector de:
K57 Módulo ECU.
- Mida la resistencia entre los siguientes terminales:
P34 Potenciómetro de la mariposa
Conector terminal A y masa.

Valor nominal: Superior a 500 ohm

Sí: Comprobación finalizada

No: E04

Resultado, causa de la avería.

E01 Interrupción circuito.

- Interrupción de circuito entre:
K57 Módulo ECU (socket, terminal D2) y
P34 Potenciómetro de la mariposa (socket, terminal B)
O
- Componente averiados:
K57 Módulo ECU.

E02 Componentes defectuosos.

- Componente averiados:
P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión.

E03 Cortocircuito a tensión.

- Cortocircuito a tensión entre:

K57 Módulo ECU (socket, terminal B8) y

P34 Potenciómetro de la mariposa (socket, terminal A) y

P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión (socket, terminal C)

O

- Componentes averiados:

K57 Módulo ECU.

E04 Cortocircuito a masa.

- Cortocircuito a masa entre:

K57 Módulo ECU (socket, terminal B8) y

P34 Potenciómetro de la mariposa (socket, terminal A) y

P23 Sensor de presión absoluta en el colector de admisión (socket, terminal C)

O

- Componente averiados:

K57 Módulo ECU.

5.3.6 Práctica #6 - Circuito sensor cigüeñal.

Comprobación e instrucciones de trabajo.

P01 Comprobación componente	
- Compruebe el blindaje del cable del siguiente componente: P35 Generador de impulsos del cigüeñal.	
Valor nominal: ¿Comprobación correcta?	
Sí: P02	No: E08

P02 Comprobación cortocircuito a tensión del circuito de señal.	
- Encendido desconectado.	
- Desenchufe el conector de: K57 Módulo ECU.	
- Encendido conectado.	
- Mida tensión entre los siguientes terminales: K57 Módulo ECU socket, terminal B3 Y Masa.	
Valor nominal: Inferior a 0,3 V	
Sí: P03	No: E07

P03 Comprobación interrupción del circuito de señal.

- Mida la resistencia entre los terminales siguientes:

K57 Módulo ECU socket, terminal A2

Y

K57 Módulo ECU sockets, terminal B3.

Valor nominal: Entre 400 y 800 ohmios.

Sí: P04

No: P07

P04 Comprobación interrupción del circuito de masa.

- Desenchufe el conector de:

P35 Generador de impulsos de cigüeñal.

- Mida la resistencia entre los terminales siguientes:

P35 Generador de impulsos de cigüeñal, cable de color negro

Y masa.

Valor nominal: Inferior a 5 ohmios.

Sí: P05

No: E04

P05 Comprobación componente.

- Enchufe el conector a:
P35 Generador de impulsos del cigüeñal.
- Ponga el multímetro en medición de tensión de corriente alterna.
- Mida la tensión entre los siguiente terminales:
K57 Módulo ECU socket, terminal A2 y
K57 Módulo ECU socket, terminal B3.
- Girar polea del cigüeñal.

Valor nominal: Superior a 0,1 V tensión alterna.**Sí: P06****No: E03****P06 Comprobación ajuste.**

- Compruebe el correcto funcionamiento de los componentes siguientes:
P35 Generador de impulsos del cigüeñal (contactos flojos, referencia incorrecta, posición de entrediente incorrecta, etc.)

Valor nominal: ¿Comprobación correcta?**Sí: Comprobación finalizada****No: E02**

P07 Comprobación interrupción del circuito de señal.

- Mida resistencia entre los terminales siguientes:
K57 Módulo ECU socket, terminal A2 y
K57 Módulo ECU socket, terminal B3.

Valor nominal: Superior a 800 ohmios

Sí: E05

No: E06

Resultado, causa de la avería.

E01 Componentes defectuosos.

- Componente averiado:
K57 Módulo ECU.

E02 Reparar otro sistema.

- Repare el circuito de corriente/componentes afectados.

E03 Componentes defectuosos.

- Componentes averiados:
P35 Generador de impulsos del cigüeñal.

E04 Interrupción de circuito.

- Interrupción de circuito entre:
P35 Generador de impulsos del cigüeñal cable color negro y masa.

E05 Interrupción circuito.

- Interrupción de circuito entre:

K57 Módulo ECU socket, terminal B3 y

P35 Generador de impulsos del cigüeñal socket, terminal B.

O

K57 Módulo ECU socket, terminal A2 y

P35 Generador de impulsos del cigüeñal socket, terminal A.

E06 Cortocircuito en mazo o arnés de cables.

- Cortocircuito en el ramal o arnés de cables entre:

K57 Módulo ECU socket, terminal A2 y

K57 Módulo ECU socket, terminal B3.

O

- Componente averiados:

P35 Generador de impulsos del cigüeñal.

E07 Cortocircuito a tensión.

- Cortocircuito a tensión entre:

K57 Módulo ECU socket, terminal B3 y

P35 Generador de impulsos del cigüeñal socket, terminal B.

O

K57 Módulo ECU socket, terminal A2 y

P35 Generador de impulsos del cigüeñal socket, terminal A.

O

- Componentes averiados:

P35 Generador de impulsos del cigüeñal.

E08 Reparar otro sistema.

- Repare el circuito de corriente/componentes afectados.

5.3.7 Práctica #7 - Circuito actuador velocidad ralentí.

Comprobación e instrucciones de trabajo.

P01 Comprobación cortocircuito a tensión del circuito de señal.	
<ul style="list-style-type: none">- Encendido desconectado.- Desenchufe el conector de: K57 Módulo ECU.- Encendido conectado.- Mida la tensión entre los siguientes terminales: K57 Módulo ECU, conector C8, C6 y Masa.	
Valor nominal: Inferior a 1,0 V	
Sí: P02	No: E05

P02 Comprobación interrupción del circuito de señal.	
<ul style="list-style-type: none">- Mida la resistencia entre los terminales siguientes: K57 Módulo ECU, conector terminal C8 y K57 Módulo ECU, conector terminal C9.	
Valor nominal: Entre 50 a 60 ohm.	
Sí: P03	No: P06

P03 Comprobación cortocircuito a tensión del circuito de señal.	
<ul style="list-style-type: none"> - Encendido conectado. - Mida tensión entre los siguientes terminales: K57 Módulo ECU, conector C5, C9 y Masa. 	
Valor nominal: Inferior a 12,0 V.	
Sí: P04	No: E03

P04 Comprobación interrupción del circuito de señal.	
<ul style="list-style-type: none"> - Mida resistencia entre los siguientes terminales: K57 Módulo ECU, conector C5 y K57 Módulo ECU, conector C6. 	
Valor nominal: Entre 60 a 70 ohm.	
Sí: E01	No: P05

P05 Comprobación interrupción del circuito de señal.	
<ul style="list-style-type: none"> - Mida resistencia entre los siguientes terminales: K57 Módulo ECU, conector C5 y K57 Módulo ECU, conector C6. 	
Valor nominal: Inferior a 50 ohm.	
Sí: E02	No: Comprobación finalizada.

P06 Comprobación interrupción del circuito de señal.

- Mida resistencia entre los siguientes terminales:

K57 Módulo ECU, conector C8 y

K57 Módulo ECU, conector C9.

Valor nominal: Inferior a 50 ohm.

Sí: E04

No: Comprobación finalizada.

Resultado, causa de la avería.

E01 Componentes defectuosos.

- Componente averiados:

K57 Módulo ECU.

O

- Componente con defectos mecánicos:

M66 Servomotor del ralentí.

E02 Cortocircuito en mazo o arnés de cables

- Cortocircuito en el ramal o arnés de cables entre:

K57 Módulo ECU socket, terminal C5 y

K57 Módulo ECU socket, terminal C6.

O

- Componentes averiados:

M66 Servomotor del ralentí.

E03 Cortocircuito a tensión.

- Cortocircuito a tensión entre:

K57 Módulo ECU socket, terminal C5 y

M66 Servomotor del ralentí socket, terminal D.

O

K57 Módulo ECU socket, terminal C9 y

M66 Servomotor del ralentí socket, terminal C.

O

- Componentes averiados:

M66 Servomotor del ralentí.

E04 Interrupción circuito.

- Interrupción de circuito entre:

K57 Módulo ECU socket, terminal C8 y

M66 Servomotor del ralentí socket, terminal A.

O

K57 Módulo ECU socket, terminal C9 y

M66 Servomotor del ralentí socket, terminal B.

O

- Componentes averiados:

E05 Cortocircuito a tensión.

- Cortocircuito a tensión entre:

K57 Módulo ECU socket, terminal C6 y

M66 Servomotor del ralentí socket, terminal B.

O

K57 Módulo ECU socket, terminal C8 y

M66 Servomotor del ralentí socket, terminal A.

O

- Componentes averiados:

M66 Servomotor del ralentí.

5.3.8 Práctica #8 - Circuito inyector.

Comprobación e instrucciones de trabajo.

P01 Comprobación cortocircuito a tensión del circuito de señal.	
<ul style="list-style-type: none">- Encendido desconectado.- Desenchufe el conector de: K57 Módulo ECU.- Encendido conectado.- Mida la tensión entre: K57 Módulo ECU socket, terminal C14 y Masa.	
Valor nominal: Inferior a 0,3 V.	
Sí: P02	No: E011

P02 Comprobación interrupción del circuito de señal.	
<ul style="list-style-type: none">- Encendido desconectado.- Mida la resistencia entre los terminales siguientes: K57 Módulo ECU socket, terminal C13 y K57 Módulo ECU socket, terminal C14.	
Valor nominal: Inferior a 5 ohm.	
Sí: P03	No: E010

P03 Comprobación cortocircuito a tensión del circuito de señal.

- Encendido conectado.

- Mida tensión entre los siguientes terminales:
Conector X, Y (inyectores combustible), y
Masa.

Valor nominal: Inferior a 0,3 V.

Sí: P04

No: E09

P04 Comprobación interrupción del circuito de masa.

- Mida la resistencia entre los terminales siguientes:
K57 Módulo ECU socket; terminal D1, A12 y
Masa.

Valor nominal: inferior a 5 ohm.

Sí: P05

No: E08

P05 Comprobación interrupción del circuito de señal.

- Mida la resistencia entre los terminales siguientes:
K57 Módulo ECU socket, terminal C11 y
Conector X, Y (inyector combustible).

Valor nominal: inferior a 5 ohm.

Sí: P06

No: E07

P06 Comprobación interrupción del circuito de señal.

- Mida la resistencia entre los terminales siguientes:
K57 Módulo ECU, conector C15 y
Conector X, Y (inyector combustible).

Valor nominal: inferior a 5 ohm.

Sí: P07

No: E06

P07 Comprobación cortocircuito a masa del circuito de señal.

- Encendido desconectado
- Mida la resistencia entre los terminales siguientes:
Conector C15 y
Masa.

Valor nominal: superior a 500 Kohm.

Sí: P08

No: E05

P08 Comprobación cortocircuito a masa del circuito de señal.

- Encendido desconectado
- Mida la resistencia entre los terminales siguientes:
K57 Módulo ECU socket, terminal C11 y
Masa.

Valor nominal: superior a 500 Kohm.

Sí: P09

No: E04

P09 Comprobación cortocircuito alimentación tensión.

- Encendido conectado.
- Mida la tensión entre los terminales siguientes:
Conector X, Y (inyector combustible) y
Masa.

Valor nominal: superior a 11 V.

Sí: P010

No: E03

P010 Comprobación componente.

- Conecte brevemente a masa varias veces el terminal siguiente:
Conector C15.

Valor nominal: El componente siguiente emite chasquidos:

INY1, INY4 Inyector combustible.

Sí: P011

No: E02

P011 Comprobación componente.

- Conecte brevemente a masa varias veces el terminal siguiente:
K57 Módulo ECU socket, terminal C11.

Valor nominal: El componente siguiente emite chasquidos:

INY3, INY2 Inyector combustible.

Sí: Comprobación finalizada

No: E01

Resultado, causa de la avería.

E01 Componentes defectuosos.

- Componentes averiados:
INY3, INY2 Inyector combustible.

E02 Componentes defectuosos.

- Componentes averiados:
INY1, INY4 Inyector combustible.

E03 Interrupción circuito.

- Interrupción del circuito entre:
F19 Fusible, contacto de salida y
INY1, INY2, INY3, INY4 Inyector combustible socket, terminal cable color negro.

E04 Cortocircuito a masa.

- Cortocircuito a masa entre:
K57 Módulo ECU socket, terminal C11 y
INY3, INY2 Inyector combustible socket, terminal cable color marrón con blanco.

E05 Cortocircuito a masa.

- Cortocircuito a masa entre:

K57 Módulo ECU socket, terminal C15 y

INY1, INY4 Inyector combustible socket, terminal cable color marrón con rojo.

E06 Interrupción de circuito.

- Interrupción de circuito entre:

K57 Módulo ECU socket, terminal C15 y

INY1, INY4 Inyector combustible socket, terminal cable color marrón con rojo.

E07 Interrupción de circuito.

- Interrupción de circuito entre:

K57 Módulo ECU socket, terminal C11 y

INY3, INY2 Inyector combustible socket, terminal cable color marrón con blanco.

E08 Interrupción de circuito.

- Interrupción de circuito entre:

K57 Módulo ECU socket, terminal D1, A12 y

Masa.

E09 Cortocircuito a tensión.

- Cortocircuito a tensión entre:
K57 Módulo ECU, terminal C15 y
INY1, INY4 Inyector combustible socket, terminal cable color marrón con rojo.

E010 Interrupción de circuito.

- Interrupción de circuito entre:
K57 Módulo ECU socket, terminal C13 y
K57 Módulo ECU socket, terminal C14.

E011 Cortocircuito a tensión.

- Interrupción de circuito entre:
K57 Módulo ECU socket, terminal C13 y
K57 Módulo ECU socket, terminal C14.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO.

6.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para realizar el análisis económico de este proyecto tomaremos en cuenta ciertos aspectos, tales como; el propósito principal de la culminación de este proyecto es cumplir con el último de los requisitos para la obtención del título de Ingeniería Automotriz. Por otro lado no existen fines de lucro, ya que dicho proyecto permanecerá en las instalaciones de la Universidad Internacional del Ecuador, para uso educativo y didáctico de todos aquellos que conforman la Facultad de Ingeniería Automotriz.

Por estos motivos es que a continuación detallaremos el costo que tuvo el desarrollo del proyecto y la financiación con la que se contó.

6.1.1 Costos directos.

A continuación detallamos un listado de los materiales que se emplearon para la elaboración de la maqueta con sus respectivos valores, como ya mencionamos en el capítulo 4, la estructura metálica que se utilizó, fue proporcionada por la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador. Además de los materiales, indicamos el costo de la mano de obra externa que se empleo, así como los insumos que fueron necesarios.

6.1.1.1 Materiales.

Tabla 6.1 Costo materiales.

MATERIALES UTILIZADOS	CANTIDAD	COSTO (USD)	TOTAL (USD)
Estructura Metálica	1	0	0
Motor Chevrolet Corsa Sedán 1996	1	1000	1000
Taladro Pretul 3/8''	1	24,1	24,1
Manómetro de 200 PSI	1	4,1	4,1
Acople para Manómetro	1	6,72	6,72
Plancha de tol 2mm (1,4x0,6)m2	1	23,04	23,04
Plancha de tol 0.9mm (0,75x0,60)m2	2	5,27	10,54
Plancha de tol 0.9mm (1,4x0,75)m2	2	15,1	30,2
Plancha de tol 0.9 mm (0,29 x 0,28)	1	1,22	1,22
Platina de 2mm (2m)	1	2,66	2,66
Paquete de remaches 3/16' (100 unid)	1	4	4
Remaches 1/8	10	0,03	0,3
Pernos M10	7	0,3	2,1
Pernos M12	3	0,36	1,08
Rodelas de Presión	10	0,1	1
Tuercas	10	0,15	1,5
Grapas de metal 3/4	6	0,15	0,9
Abrazaderas 3/8	8	0,6	4,8
Broca 1/8	1	0,4	0,4
Broca 3/16	1	0,65	0,65
Manguera para Combustible 1/4'' (3m)	1	3,7	3,7
Manguera transparente 5/16 (4m)	1	1,52	1,52
Batería	1	57,77	57,77
Switch 2 posiciones Medianos	2	0,5	1
Switch 2 posiciones Grande	1	2	2
Switch 2 posiciones Pequeños	14	0,5	7
Fusible 15 A	1	0,25	0,25
Fusible 20 A	1	0,3	0,3
Conectores "bananas" rojo y negro	15	0,36	5,4
Terminales de ojo	15	0,2	3
Dimer	1	4,7	4,7
Cable de parlante	20	0,6	12
Lagartos medianos	2	0,5	1
Manguera plástica para recubrimiento (3m)	1	5	5
Tacómetro	1	35	35

Llave de pico PVC	1	1,04	1,04
Acople en forma "T"	3	8	24
Jeringa 60cc	4	1,5	6
Bomba de gasolina Bosch	1	50	50
TOTAL:			1342,49

6.1.1.2 Mano de obra externa.

Tabla 6.2 Costo mano de obra externa.

RECURSO HUMANO	COSTO
Pintura Talleres Autolandia	60
Suelda Eléctrica Maestro Pedro Iza	35
TOTAL:	95

6.1.1.3 Insumos

Tabla 6.3 Costo insumos.

ITEM	CANTIDAD	COSTO (USD)	TOTAL (USD)
Gasolina Extra	5 gal.	1,48	7,4
Cinta aislante (tape)	2 unid.	1	2
Estaño	1 unid.	1	1
Pomada para soldar	1 unid.	1	1
Amarras plásticas	40 unid.	0,06	2,4
Silicona	1 unid.	5	5
Wipes	6 unid.	0,1	0,6
Cautín	1 unid.	3,5	3,5
Multímetro	1 unid.	25	25
TOTAL:			47,9

6.1.2 Costos indirectos.

A parte de los costos que señalamos anteriormente, para la culminación de este proyecto, sobre todo en la parte teórica, se necesito de las siguientes descripciones.

Tabla 6.4 Costos indirectos.

DESCRIPCION	CANTIDAD/USO	COSTO (USD)	TOTAL PROYECTO (USD)
Copias e impresiones	Total copias e impresiones	65	65
Adhesivos para maqueta	Total adhesivos	20	20
Solicitudes UIDE	2 solicitudes	4	8
Insumos de oficina	Total insumos oficina	12	12
Transporte	Total combustible utilizado	100	100
Servicio de Electricidad	12 meses	15 /mes	180
Servicio de Internet	12 meses	34 /mes	408
TOTAL:			793

6.1.3 Costo total.

Tabla 6.5 Costo total.

ITEM	MONTO (USD)
MATERIALES	1342,49
MANO OBRA EXTERNA	95
INSUMOS	47,9
COSTOS INDIRECTOS	793
TOTAL:	2278,39

6.2 ANÁLISIS FINANCIERO

Para el análisis financiero basta indicar que el proyecto mencionado ha sido culminado bajo gastos propios, es decir que los integrantes de este proyecto fueron quienes financiaron el 100% del costo del mismo.

En cuanto a la factibilidad para realizar este proyecto nos referimos a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados, para determinar la factibilidad nos apoyaremos en 3 aspectos básicos:

- * Técnico.
- * Económico.
- * Operativo.

El éxito de un proyecto esta determinado por el grado de factibilidad que se presente en cada una de los tres aspectos anteriores.

a) Factibilidad Técnica.

El diseño e implementación de un tablero didáctico para simulación de un sistema de inyección M.P.F.I. cuenta con factibilidad técnica ya que lo hemos desarrollado en base a nuestros conocimientos adquiridos en el transcurso de nuestra carrera, y con el apoyo de bibliografía especializada en el tema.

b).- Factibilidad Económica.

El proyecto es factible económicamente ya que como indicamos anteriormente en el grafico de costos, el valor global del proyecto fue de \$2278.39, valor que fue cubierto en su totalidad por los autores.

c).- Factibilidad Operativa.

El proyecto y maqueta desarrollados tiene factibilidad operativa ya que su uso esta garantizado, y el mismo tiene facilidades didácticas para el aprendizaje de los estudiantes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

- Mediante la elaboración de este proyecto se logró conocer los fundamentos y principios de la electricidad y electrónica automotriz, los cuales son de suma importancia para la comprensión del funcionamiento de un motor a inyección electrónica en el cual esta basado nuestra maqueta.
- Durante la construcción de nuestra maqueta se conoció y comprendió la labor de cada uno de los elementos que componen un sistema de inyección electrónica M.P.F.I.
- El proyecto permite convertir en un aporte tanto para el alumnado como para los instructores de la UIDE mediante su aplicación como herramienta didáctica y de investigación en el campo de la inyección electrónica automotriz.
- La implementación de dispositivos de control en algunos de los sensores y actuadores de la maqueta permiten a los usuarios de la misma la posibilidad de provocar y simular fallas, para que con la ayuda de las guías de práctica los alumnos y profesores de la Facultad de Ingeniería Automotriz comprendan un proceso para la detección de errores en el funcionamiento real de un sistema de inyección electrónica automotriz.

- De igual manera la maqueta esta proveída de terminales para que el estudiante con la ayuda de un multímetro pueda tomar las mediciones de los elementos y compararlas con los valores detallados en las guías de practica.

- Como conclusión final podemos decir que se cumplió con el objetivo general planteado al inicio de este proyecto el cual consistía en diseñar e implementar un tablero didáctico para la simulación de un sistema de inyección electrónica a gasolina M.P.F.I.

RECOMENDACIONES.

- En vista de que el equipo trabaja con combustible, es necesario que alrededor del mismo no se encuentren personas fumando, soldando, o utilizando algún elemento que pueda provocar un incendio.
- De igual manera, como se observa en la maqueta existe salto de chispa, por lo cual es recomendable no exponerse cerca de las mismas y peor aun intentar tocar las bujías o cables de las mismas.
- Como se explicó en el funcionamiento de la maqueta, es recomendable verificar la carga de la batería y el nivel de combustible en el tanque, esto para el correcto funcionamiento del equipo y evitar daños a la bomba de combustible.
- Al momento de encender el equipo, se recomienda verificar que no existan objetos cerca a la polea del cigüeñal, ya que al encender esta empezará a girar. De igual manera es recomendable no intentar tocar dicha polea.
- Es muy importante durante el funcionamiento del sistema, estar atento al llenado de las probetas, ya que recomendamos que al momento de llegar a la marca de 50cc. abrir la llave de paso para permitir el desfogue o la liberación de combustible inyectado, y que pueda retornar al tanque, para así evitar derrames en la estructura.

- Recomendable también es controlar el tiempo de funcionamiento del equipo, ya que como se explico, el movimiento de la polea es por medio del accionamiento de un taladro. Entonces el tiempo de funcionamiento deberá ser un máximo de entre 20 y 25 minutos, y permitir un descanso al equipo por un lapso de 5 minutos.

- Se recomienda para el apagado del sistema disminuir el régimen de RPM mediante el dimer, hasta dejarlo en la posición OFF, y de igual manera dejar todos los switches de control en posición OFF.

- Al no poseer un mecanismo que cargue constantemente a la batería como en un vehículo, es indispensable que se ponga a cargar a la batería después de haber utilizado el equipo. Un aproximado de 50 a 60 minutos de funcionamiento nos indicará que la batería debe ser puesta a cargar. Y para realizar dicha carga es importante que los lagartos se encuentren desconectados de los bornes de la batería.

- Una vez utilizado el equipo por varias ocasiones, se recomienda verificar el estado del filtro de combustible y el estado de las mangueras. De ser necesario el reemplazo de uno de ellos se deberá proceder por uno de las mismas características.

- Por último es recomendable a los alumnos y profesores que utilicen el equipo, que si existiese algún daño o desvarío en el funcionamiento de la misma basarse en los diagramas y conexiones presentados en el capítulo 4

y en el diagrama general expuesto en los anexos para la corrección de una posible falla.

ANEXOS.

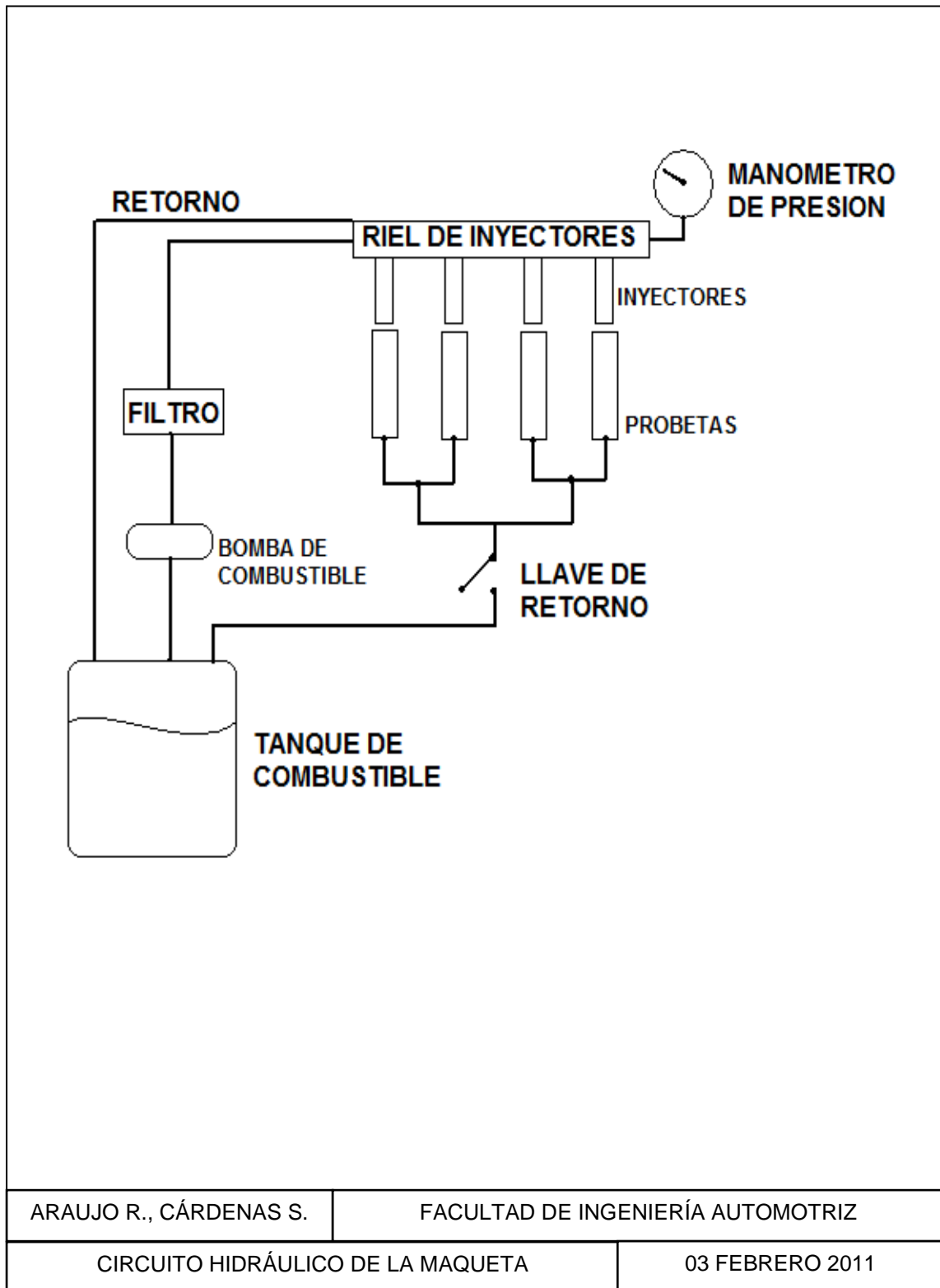
ANEXO 1

PLANO DE LA ESTRUCTURA DE LA MAQUETA

ARAUJO R., CÁRDENAS S.	FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
PLANO DE LA ESTRUCTURA DE LA MAQUETA	03 FEBRERO 2011

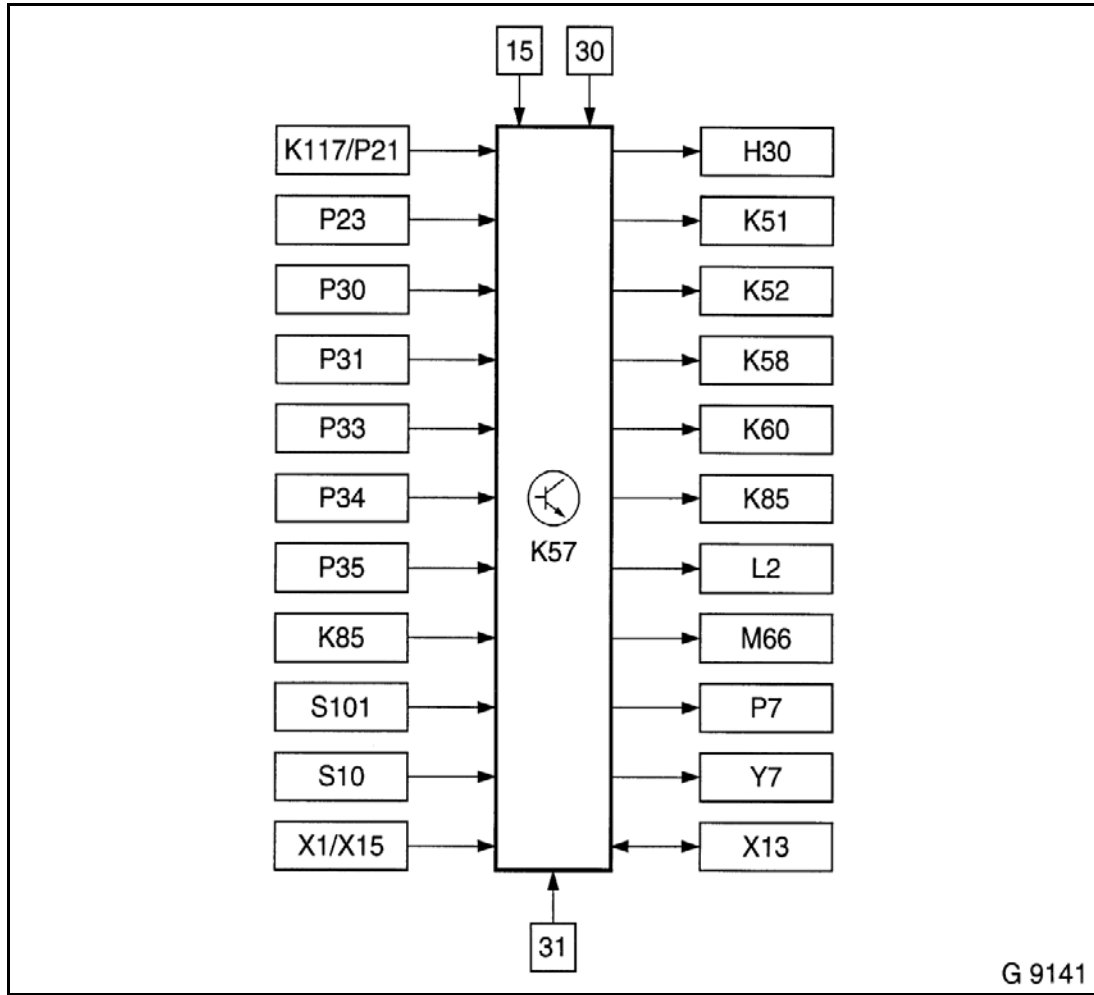
ANEXO 2

CIRCUITO HIDRÁULICO DE LA MAQUETA



ANEXO 3

DIAGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS DE MODULO K57 O ECM



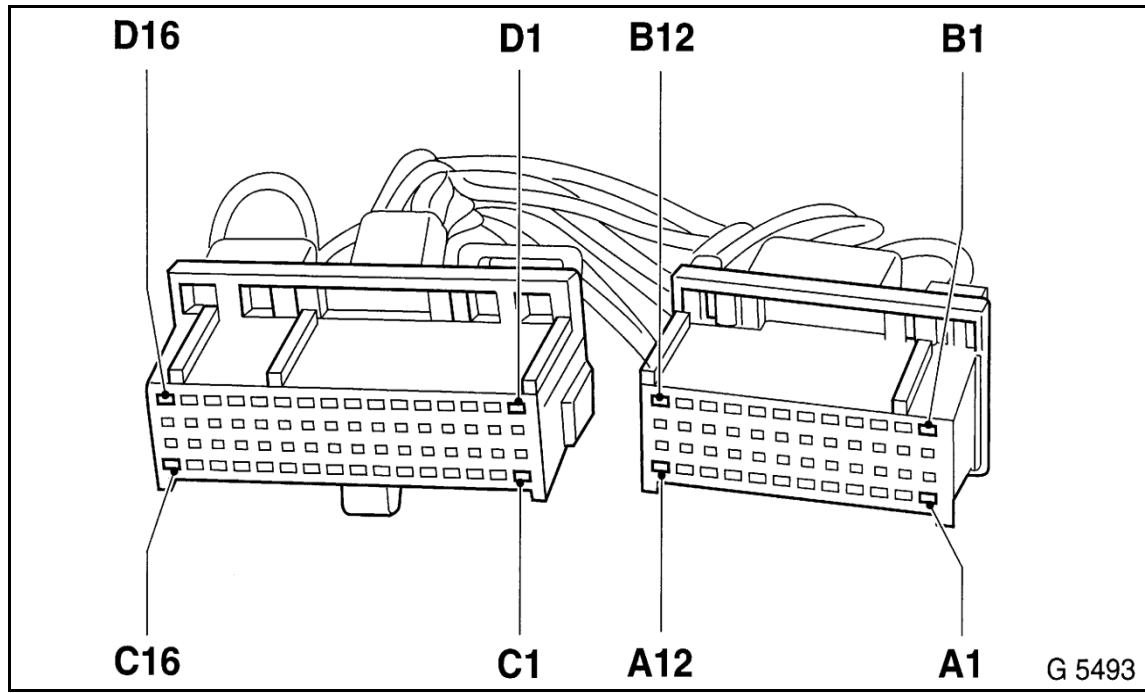
G 9141

Leyenda	Leyenda
15 Encendido DADO (terminal 15)	P7 Cuentarrevoluciones
30 Tensión de sistema (terminal 30)	P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión
31 Masa (terminal 31)	P30 Sensor de temperatura del refrigerante
H30 Testigo luminoso del motor	P31 Sensor de temperatura de aire de admisión
K51 Relé del ventilador del radiador	P33 Sonda Lambda
K52 Relé del ventilador del radiador	P34 Potenciómetro de la mariposa
K57 Módulo Multec	P35 Generador de impulsos del cigüeñal

K58 Relé de la bomba de combustible	S10 Conjunto de interruptores del cambio automático
K60 Relé del compresor del aire acondicionado	S101 Interruptor del aire acondicionado
K85 Módulo del cambio automático	X1 Conector octanaje o X15 Conector octanaje
K117 Módulo del inmovilizador o P21 Sensor de recorrido	X13 Enlace de diagnosis
L2 Bobina de encendido	Y7 Inyectores de combustible
M66 Servomotor del ralentí	

ANEXO 4

ASIGNACIÓN DE TERMINALES DEL SOCKET DE CABLEADO DE UNIDAD DE CONTROL K57 O ECM



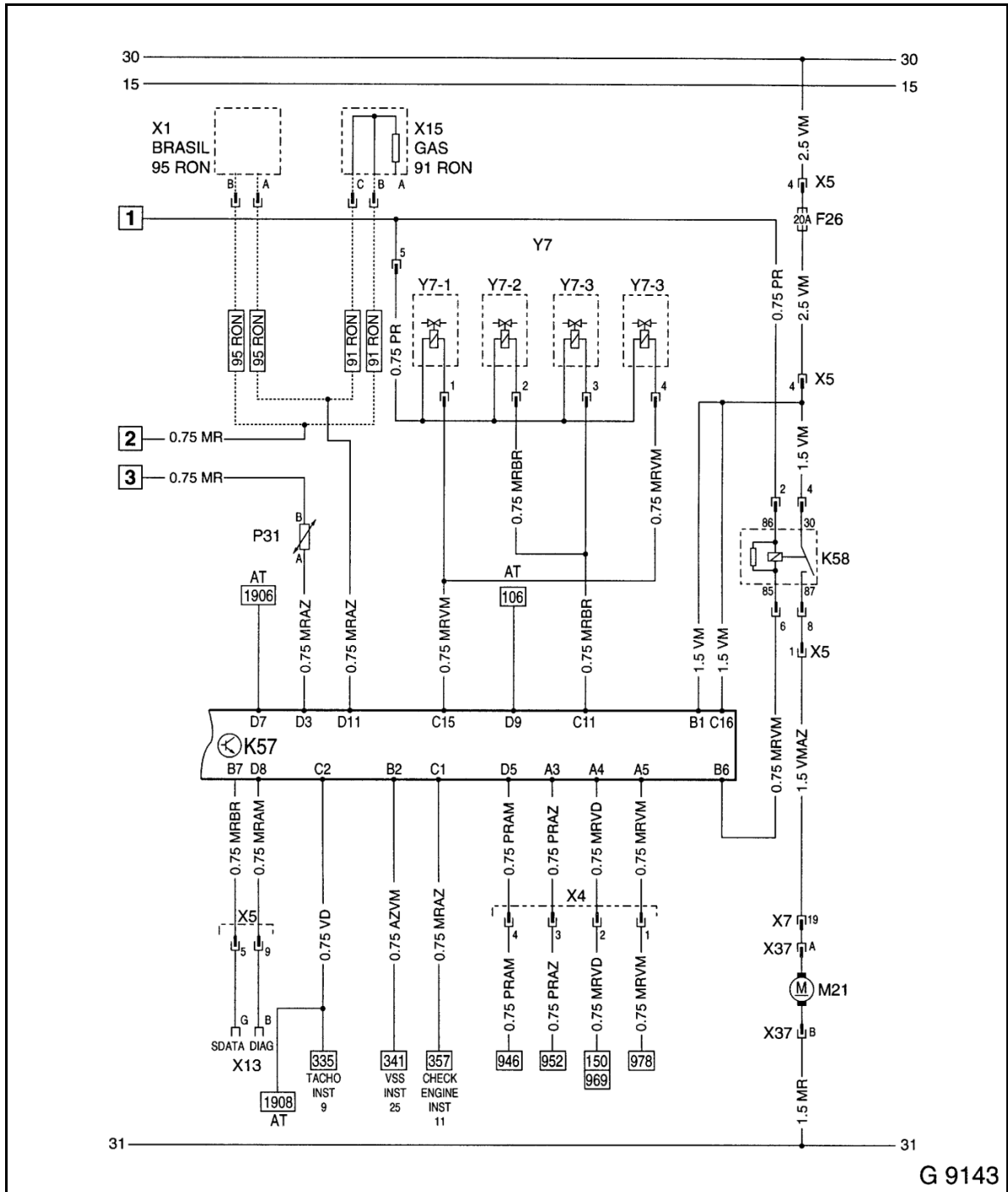
	Leyenda		Leyenda
A2	P35 Generador de impulsos del cigüeñal (cable de señal)	A8	P34 Potenciómetro de la mariposa (cable de señal)
A3	K60 Relé del compresor del aire acondicionado (hilo a tierra con interruptor)	A10	K85 Módulo del cambio automático Señal de carga de motor
A4	K51 Relé del ventilador del radiador (hilo a tierra con interruptor)	A11	P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión P30 Sensor de temperatura del refrigerante X1 Conector octanaje X15 Conector octanaje

A5	K52 Relé del ventilador del radiador (hilo a tierra con interruptor)	A12	Masa (Terminal 31)
A7	P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión (cable de señal)		
B1	30 Tensión de sistema (terminal 30)	B8	P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión P34 Potenciómetro de la mariposa
B2	Instrumento P21 Sensor de recorrido (cable de señal)	B10	Masa (Terminal 31)
B3	P35 Generador de impulsos del cigüeñal (cable de señal)	B11	P33 Sonda Lambda (cable de señal)
B6	K58 Relé de la bomba de combustible (hilo a tierra con interruptor)	B12	P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión P30 Sensor de temperatura del refrigerante (cable de señal)
B7	X13 Enlace de diagnóstico Conductor de diagnóstico		
C1	H30 Testigo luminoso del motor (hilo a tierra con interruptor)	C9	M66 Servomotor del ralentí (cable de señal)
C2	Instrumento P7 Cuentarrevoluciones (cable de señal) K85 Módulo del cambio automático	C11	Y7-2/Y7-3 Inyector - combustible (hilo a tierra con interruptor)

C3	L2 Bobina de encendido (cable de señal)	C13	Cable de acoplamiento de conector de mazo de cables K57, terminal C14
C4	Encendido CONECTADO (Terminal 15)	C14	Cable de acoplamiento de conector de mazo de cables K57, terminal C13
C5	M66 Servomotor del ralentí (cable de señal)	C15	Y7-1/Y7-4 Inyector - combustible (hilo a tierra con interruptor)
C6	M66 Servomotor del ralentí (cable de señal)	C16	Tensión de sistema (Terminal 30)
C8	M66 Servomotor del ralentí (cable de señal)		
D1	Masa (Terminal 31)	D7	K85 Módulo del cambio automático Control de par
D2	P31 Sensor de temperatura de aire de admisión P34 Potenciómetro de la mariposa	D9	S10 Conjunto de interruptores del cambio automático
D3	P31 Sensor de temperatura de aire de admisión	D8	X13 Enlace de diagnóstico Cable de código de parpadeo
D5	S101 Interruptor del aire acondicionado	D10	L2 Bobina de encendido (cable de señal)
D11	X1 Conector octanaje X15 Conector octanaje		

ANEXO 6

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO ORIGINAL DEL CABLEADO (2)

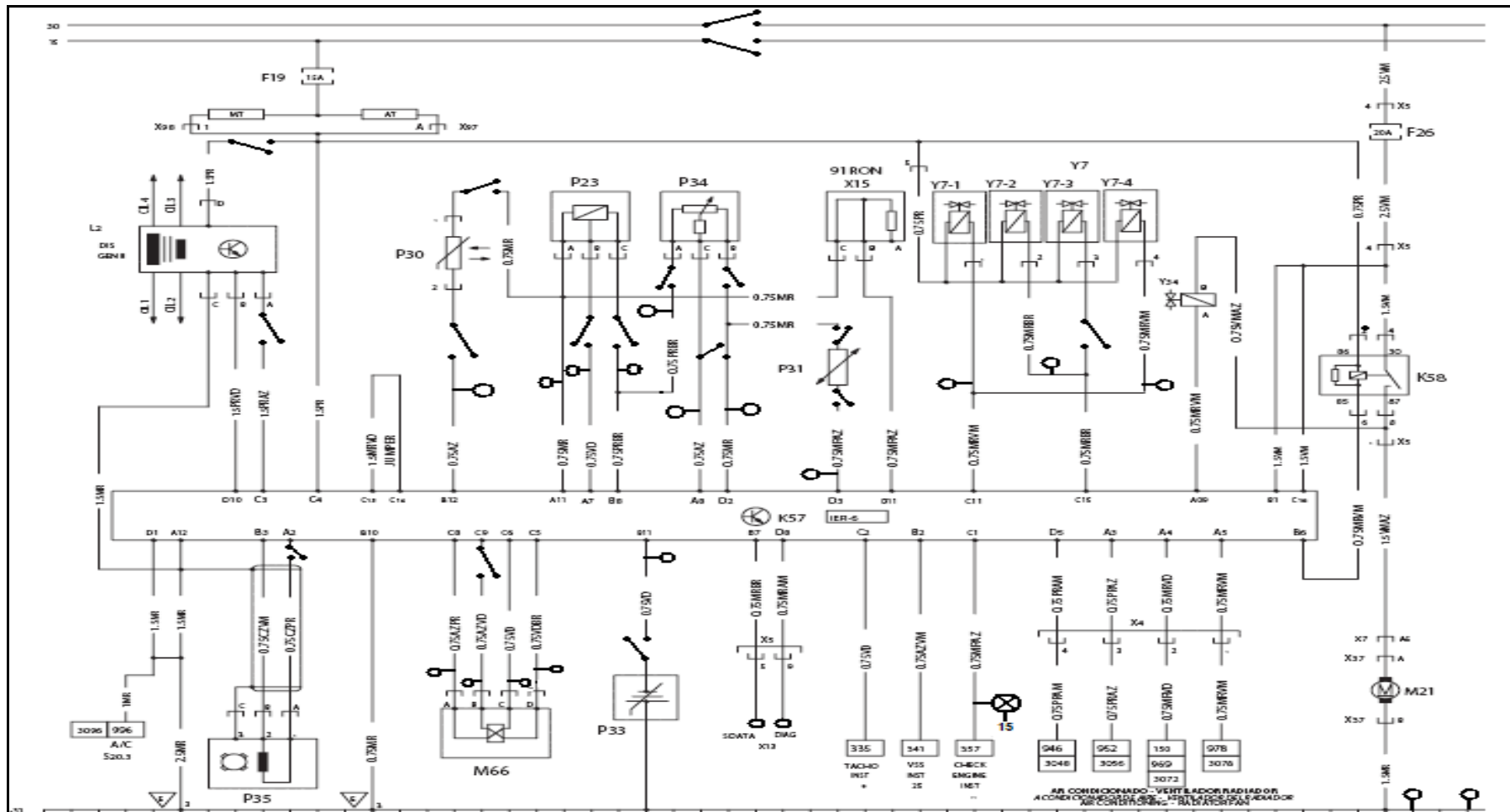


G 9143

TOMADO DE MANUAL DE GM	FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ	
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE CABLEADO 2		03 FEBRERO 2011

ANEXO 7

ESQUEMA GENERAL INTEGRADO DE LA MAQUETA



ARAUJO R., CÁRDENAS S.

FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

ESQUEMA GENERAL INTEGRADO DE LA MAQUETA

03 FEBRERO 2011

LEYENDAS DE LOS DIAGRAMAS

Leyenda	Leyenda
15 Encendido DADO (terminal 15)	M66 Servomotor del ralentí
30 Tensión de sistema (terminal 30)	P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión
31 Masa (terminal 31)	P30 Sensor de temperatura del refrigerante
F 19 Fusible	P33 Sonda Lambda
K57 Módulo Multec	P34 Potenciómetro de la mariposa
L2 Bobina de encendido	P35 Generador de impulsos del cigüeñal
15 Encendido DADO (terminal 15)	X1 Conector octanaje
30 Tensión de sistema (terminal 30)	X15 Conector octanaje
31 Masa (terminal 31)	X13 Enlace de diagnosis
F 26 Fusible	Y7-1 Inyector 1
K57 Módulo Multec	Y7-2 Inyector 2
K58 Relé de la bomba de combustible	Y7-3 Inyector 3
M21 Bomba de combustible	Y7-4 Inyector 4
P31 Sensor de temperatura de aire de admisión	
Abreviaturas:	
AT = Caja de cambios automática	SDATA = Línea datos serie
A/C = Sistema de aire acondicionado	TACHO = Tacómetro
DIAG = Conector de diagnosis	VSS = Señal de distancia
INST = Instrumento	

Nota:

Colores de cableado: VM=Rojo, AM=Amarillo, PR=Negro, BR=Blanco, AZ=Azul, CZ=Gris, VD=Verde, MA=Marrón, VI=Violeta.

BIBLIOGRAFÍA:

TEXTOS

- CISE Electronics. Técnico Máster en Electrónica Automotriz - Electricidad y Electrónica, mediciones eléctricas, nuevos dispositivos. 1º- Ed. 2008, Miami.
- CISE Electronics. Técnico Máster en Electrónica Automotriz – Inyección Electrónica Avanzada. 1º - Ed. 2008, Miami
- COELLO Serrano, Efrén. Sistemas de Inyección Electrónica de Gasolina. Ed. América, 2005, Quito.
- COELLO Serrano, Efrén. El Multímetro. Ed. América, 2004, Quito.
- ALONSO, José Manuel. Técnicas del automóvil. Inyección de gasolina y dispositivos anticontaminación. Ed. Paraninfo. 1998, España.
- DANAE, Enciclopedia de la ciencia y de la técnica. 1974, Barcelona, España. Tomo 1, 2, 3, 4, 5,6. Segunda edición.
- CULTURAL S.A., Manual del Automóvil. Ed. Cultural; Madrid, España; Octubre 2005.
- GERSCHLER Y Otros; Tecnología del Automóvil 2; versión española de la 20ª edición alemana; Barcelona, España. Ed. Reverté.
- M. STUBBLEFIELD, Manual de electricidad automotriz básica Haynes. Ed. Haynes, edición año 2000.
- MD COMUNICACIÓN, Electrónica y electricidad Automotriz Vol. 1. Ed. México Digital Comunicación; edición año 2006.
- NEGRI, Manual de inyección electrónica; edición 1998 español.
- INDEA, CD de Curso inyección electrónica y Can Bus. Buenos Aires, febrero 2008.

- SCHAUM, Daniel; Teoría y Problemas de Física General, Editorial Mc Graw Hill, México 2004.

DIGITAL Y PÁGINAS WEB

<https://www.autopartners.net/> (GM)

<http://www.cise.com/OutTraining/Notas%20tecnicas/Limpieza%20de%20Inyectores.pdf>

<http://www.guiamecanica.com.ar>

<http://www.autocity.com/img/manuales/inyecciondirecta1>

<http://www.mecanicavirtual.org/images-admision/monopunto-multipunto>

<http://automecanico.com/auto2002>

<http://www.mecanicafacil.info>

<http://motos.autocity.es/img/manuales>

<http://www.electronica2000.com/temas>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:EjemploCircuito>

<http://www.electricasas.com/wp-content/uploads/2009/01>

<http://www.ifent.org/lecciones>

http://www.dimensioncad.com/jpegs/small/5/3/20001583_symbol_small

<http://orbita.starmedia.com/~diet201eq2>

<http://www.educared.net>

<http://www.ariaelectronica.com>

<http://www.pablin.com.ar/electron/cursos/simbolos>

<http://fordfuelinjection.com>

<http://www.clubaveo.com.ve/files/u367/iac.png>

BASE, CISE; Limpieza%20de%20Inyectores.pdf

Departamento 2, TEMA_3 tipos de corriente.pdf.

Carmen, inyección-motronic.pdf.

CELANI Vicente; INDEA, Inyección Mod 2 sensores.pdf.

NUÑEZ Fernando, CISE; SensorCMP.pdf.

NUÑEZ Fernando, CISE; SensorMAF.pdf.

ALBERT HUTT Roy, Sensor_ECT_2002_02_08.pdf.