



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS
PARA LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO DE
VEHÍCULOS CON SISTEMAS DE INYECCIÓN
ELECTRÓNICA PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ”.

WILLIAM MARCELO LAICA CUNALATA

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

DERECHOS DE AUTORÍA

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

f.) William Marcelo Laica Cunalata

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, especialmente a la Escuela de Ingeniería Automotriz y a todos sus docentes, en especial al Dr. Mario Audelo y al Ing. Fernando Gonzales, por su invaluable aporte durante la realización de este proyecto. A Dios y a mi familia por el apoyo incondicional durante la realización de mis estudios y todos y cada uno de los grandes amigos y compañeros con los cuales compartí, la que sin duda alguna ha sido la mejor época de mi vida.

William Marcelo Laica Cunalata

DEDICATORIA

A mi padre Byron Laica y a mi madre Blanca Cunalata, quienes con su esfuerzo y dedicación, lograron brindarme una oportunidad de superación, para hacer de mí un hombre de bien y útil a la sociedad, lo que sin su amor, paciencia y apoyo incondicional, no hubiera sido posible.

A mis hermanos y en especial a mi pequeña hermanita Alison Lizeht, quien se convirtió en la fuente de alegría y felicidad de mi familia desde su llegada.

William Marcelo Laica Cunalata

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>		<u>PÁGINA</u>
1.	GENERALIDADES	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo general.....	2
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Introducción.....	4
2.2	Generalidades del funcionamiento interno de las ECU.....	5
2.3	Procesamiento de datos de la computadora.....	5
2.3.1	Procesamiento de datos a la entrada.....	5
2.3.2	Procesamiento central de datos.....	6
2.3.3	Procesamiento de datos a la salida.....	7
2.3.4	Otras funciones controladas por la ECU.....	8
2.4	Sistemas de inyección electrónica.....	9
2.4.1	Clasificación de los sistemas de inyección electrónica.....	10
2.4.1.1	Según el lugar donde inyectan.....	10
2.4.1.2	Según el número de inyectores.....	11
2.4.1.3	Según el número de inyecciones.....	12
2.4.1.4	Según las características de funcionamiento.....	13
2.5	Sensores del sistema de inyección y sus características.....	13
2.5.1	Sensor MAP.....	13
2.5.1.1	Introducción.....	13
2.5.1.2	Ubicación.....	13
2.5.1.3	Principio de funcionamiento.....	14
2.5.1.4	Valores de trabajo del sensor MAP.....	16
2.5.2	Sensor TPS.....	17
2.5.2.1	Introducción.....	17
2.5.2.2	Ubicación.....	17
2.5.2.3	Principio de funcionamiento.....	18
2.5.2.4	Valores de trabajo del sensor TPS.....	19

2.5.3	Sensor ECT.....	20
2.5.3.1	Introducción.....	20
2.5.3.2	Ubicación.....	20
2.5.3.3	Principio de funcionamiento.....	21
2.5.3.4	Valores de trabajo del sensor ECT.....	22
2.5.4	Sensor IAT.....	23
2.5.4.1	Introducción.....	23
2.5.4.2	Ubicación.....	23
2.5.4.3	Principio de funcionamiento.....	24
2.5.4.4	Valores de trabajo del sensor IAT.....	25
2.5.5	Sensor CKP.....	26
2.5.5.1	Introducción.....	26
2.5.5.2	Ubicación.....	26
2.5.5.3	Principio de funcionamiento.....	27
2.5.5.3	Valores de trabajo del sensor CKP.....	30
2.5.6	Sensor CMP.....	30
2.5.6.1	Introducción.....	30
2.5.6.2	Ubicación.....	31
2.5.6.3	Principio de Funcionamiento.....	32
2.5.6.4	Valores de trabajo del sensor CMP.....	33
2.6	Actuadores del sistema de inyección y sus características.....	33
2.6.1	Inyectores.....	33
2.6.1.1	Introducción.....	33
2.6.1.2	Ubicación.....	34
2.6.1.3	Principio de funcionamiento.....	35
2.5.6.4	Valores de trabajo de los inyectores.....	37
2.6.2	Bobinas de ignición.....	37
2.6.2.1	Introducción.....	37
2.6.2.2	Ubicación.....	37
2.6.2.3	Principio de funcionamiento.....	39
2.6.2.4	Valores de operación.....	44
2.6.3	Válvula de control de aire (IAC).....	44
2.6.3.1	Introducción.....	44
2.6.3.2	Ubicación.....	44
2.6.3.3	Principio de funcionamiento.....	45
2.6.3.4	Valores de trabajo de la válvula IAC.....	48

2.6.4	Relevadores.....	48
2.6.4.1	Introducción.....	48
2.6.4.2	Ubicación.....	48
2.6.4.4	Principio de funcionamiento.....	49
3.	DISEÑO Y PROYECCIÓN	
3.1	Introducción.....	51
3.2	Delimitación.....	52
3.3	Descripción de elementos electrónicos.....	55
3.3.1	Resistencias.....	55
3.3.2	Diodos.....	56
3.3.3	Capacitores.....	57
3.3.4	Reguladores de voltaje.....	59
3.3.5	Microcontroladores.....	59
3.3.5.1	Introducción.....	59
3.3.5.2	Arquitectura básica.....	60
3.3.5.3	Partes.....	61
3.3.5.4	Características.....	62
3.3.6	Osciladores a cristal de cuarzo.....	62
3.4	Descripción de los circuitos electrónicos.....	63
3.4.1	Generación de señales pulsantes.....	64
3.4.1.1	Simulación de la señal CKP.....	64
3.4.1.2	Simulación de la señal CMP.....	67
3.4.2	Generación de señales por variación de tensión.....	70
3.4.3	Diseño del circuito de retroalimentación de datos.....	72
3.4.4	Diseño del circuito de comunicación.....	73
3.4.5	Diseño del circuito de alimentación de tensión.....	75
3.5	Desarrollo del Software de control.....	76
3.5.1	Configuración.....	78
3.5.2	Operación.....	80
3.5.3	Graficas.....	83
3.5.4	Medición.....	85
4.	CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE	
4.1	Diseño digital de circuitos impresos.....	87
4.1.1	Circuito impreso de la placa de control.....	87

4.1.2	Circuito impreso de la placa de comunicación.....	89
4.1.3	Circuito impreso de la placa de medición.....	91
4.1.4	Circuito impreso de la placa de alimentación de tensión.....	93
4.2	Elaboración de placas electrónicas.....	94
4.2.1	Impresión.....	94
4.2.2	Revelado.....	96
4.2.3	Perforado.....	97
4.2.4	Montaje de componentes electrónicos.....	97
4.3	Diseño del case ilustrativo.....	98
4.3.1	Dimensionamiento.....	98
4.3.2	Construcción.....	99
4.4	Ensamblaje del BCECU.....	100
4.4.1	Instalación de la fuente de tensión.....	100
4.4.2	Instalación de los elementos ilustrativos.....	101
4.4.3	Instalación de las placas electrónicas.....	103
4.4.3.1	Conexiones de la placa de alimentación de tensión.....	104
4.4.3.2	Conexiones de la placa de control.....	106
4.4.3.3	Conexiones de la placa de comunicación.....	107
4.4.3.4	Conexiones de la placa de medición.....	108
4.4.4	Instalación del conector principal.....	110
4.5	Armado de los arneses de comunicación.....	112
4.5.1	Arnés de comunicación de la ECU del CHEVROLET CORSA.....	113
4.5.2	Arnés de comunicación de la ECU del CHEVROLET LUV 2.2 C22NE.....	115
4.5.3	Arnés de comunicación de la ECU del CHEVROLET LUV D-MAX C24SE...	117
4.5.4	Arnés de comunicación de la ECU del CHEVROLET SPARK 1.3.....	118
4.6	Análisis de costos.....	120
5.	FASE EXPERIMENTAL	
5.1	Comprobación del funcionamiento de los componentes del BCECU.....	123
5.1.1	Verificación del software de control y la comunicación USB.....	123
5.1.2	Verificación de las señales por variación de tensión.....	125
5.1.3	Verificación de las señales pulsantes.....	125
5.1.4	Verificación de elementos ilustrativos.....	129
5.2	Pruebas de laboratorio del funcionamiento integral del BCECU.....	131
5.2.1	Comprobación del BCECU con la ECU del vehículo CHEVROLET CORSA...	132
5.2.2	Comprobación del BCECU con la ECU del vehículo CHEVROLET LUV.....	134

5.2.3	Comprobación del BCECU con la ECU del vehículo CHEVROLET LUV DMAX.....	136
5.2.4	Comprobación del BCECU con la ECU del vehículo CHEVROLET SPARK...	138
5.3	Mantenimiento del BCECU.....	140
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.....	142
6.2	Recomendaciones.....	143

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKCOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1	Esquemático de un sistema de inyección directa.....	10
2.2	Esquemático de un sistema de inyección indirecta.....	11
2.3	Esquemas de los sistemas monopunto y multipunto.....	11
2.4	Descripción de los tipos de inyección.....	12
2.5	Ubicación del sensor MAP.....	13
2.6	Círculo eléctrico del sensor MAP.....	14
2.7	Esquema de los elementos tipo extensómetros.....	14
2.8	Sensor MAP.....	15
2.9	Curva característica del Sensor MAP.....	15
2.10	Puente de Wheatstone.....	16
2.11	Ubicación del sensor TPS.....	17
2.12	Conexión eléctrica del sensor TPS.....	18
2.13	Descripción del sensor TPS.....	18
2.14	Curva característica del sensor TPS.....	19
2.15	Ubicación del sensor ECT.....	21
2.16	Conexión eléctrica del sensor ECT.....	21
2.17	Sensor ECT.....	22
2.18	Curva característica del sensor ECT.....	22
2.19	Ubicación del sensor IAT.....	24
2.20	Conexión eléctrica del sensor IAT.....	24
2.21	Círculo divisor de Tensión del Sensor IAT.....	25
2.22	Curva característica del sensor IAT.....	25
2.23	Ubicación del sensor CKP.....	26
2.24	Conexión eléctrica del sensor CKP.....	27
2.25	Componentes del sensor CKP.....	28
2.26	Principio de Funcionamiento del sensor CKP.....	28
2.27	Forma de onda del Sensor del CKP.....	28
2.28	Constitución del Sensor CKP.....	29
2.29	Ubicación del sensor CMP.....	31
2.30	Conexión eléctrica del sensor CMP.....	31
2.31	Principio de Funcionamiento del Sensor CMP.....	32
2.32	Forma de onda del Sensor CMP.....	33

2.33	Ubicación de los inyectores.....	34
2.34	Conexión eléctrica de los inyectores.....	34
2.35	Esquema de un inyector de combustible.....	35
2.36	Forma de onda de un inyector de combustible.....	36
2.37	Ubicación de las bobinas.....	38
2.38	Conexión eléctrica del sistema DIS.....	38
2.39	Conexión eléctrica del sistema COP.....	38
2.40	Forma de onda del pulso de activación de la bobina.....	40
2.41	Pico de autoinducción de la bobina.....	41
2.42	Tiempo de quemado de la chispa.....	42
2.43	Esquema eléctrico del sistema COP.....	43
2.44	Ubicación de la válvula IAC.....	45
2.45	Conexión eléctrica de la válvula IAC.....	45
2.46	Constitución de la válvula IAC.....	46
2.47	Descripción del desplazamiento de la válvula IAC.....	47
2.48	Forma de onda de activación de la válvula IAC.....	47
2.49	Ubicación del relevador.....	48
2.50	Conexión eléctrica del relevador.....	49
2.51	Control de relevadores a través de la ECU.....	50
3.1	Esquema general del BCECU.....	55
3.2	Datos estadísticos del Parque Automotor del Ecuador.....	56
3.3	Datos estadísticos de los modelos más comunes de CHEVROLET.....	57
3.4	Esquema general de las resistencias.....	58
3.5	Código de colores de las resistencias.....	59
3.6	Esquema del diodo.....	59
3.7	Esquema del diodo LED.....	60
3.8	Esquema del capacitor cerámico.....	61
3.9	Esquema del capacitor electrolítico.....	61
3.10	Esquema del capacitor de tantalio.....	61
3.11	Esquema del regulador de voltaje.....	62
3.12	Tipos de reguladores de voltaje.....	62
3.13	Arquitectura de los microcontroladores PIC.....	63
3.14	Representación de un cristal de cuarzo.....	66
3.15	Descripción de la forma de onda del sensor CKP.....	67
3.16	Esquema del PIC 16F628A.....	68
3.17	Esquema del circuito eléctrico del generador de señal pulsante.....	68

3.18	Verificación del circuito eléctrico generador de señal pulsante.....	69
3.19	Verificación del circuito eléctrico generador de la señal CKP.....	69
3.20	Esquema del circuito eléctrico generador de la señal CKP completo.....	70
3.21	Descripción de la relación entre la señal CKP y CMP.....	71
3.22	Esquema del circuito eléctrico del generador de señal CMP.....	72
3.23	Verificación del circuito eléctrico generador de las señales CKP y CMP.....	72
3.24	Esquema del PIC 16F876A.....	73
3.25	Descripción de la modulación por ancho de pulso PWM.....	74
3.26	Esquema del circuito eléctrico generador de señales por variación de tensión....	75
3.27	Verificación del circuito eléctrico generador de señales por variación de tensión	75
3.28	Esquema del circuito eléctrico de retroalimentación de señales.....	76
3.29	Esquema del PIC 18F2450.....	77
3.30	Esquema del integrado RS485.....	77
3.31	Esquema de la comunicación entre los PIC's con el servidor.....	77
3.32	Esquema de circuito eléctrico del servidor de comunicación.....	78
3.33	Esquema de circuito eléctrico de alimentación de tensión.....	79
3.34	Presentación general de la ventana "Configuración".....	81
3.35	Descripción del estado de la comunicación.....	82
3.36	Descripción del cuadro de dialogo de configuración de valores.....	82
3.37	Presentación general de la ventana "Operación".....	83
3.38	Descripción de los controladores gráficos de control de revoluciones.....	84
3.39	Descripción de los controladores gráficos para las señales por variación de tensión.....	85
3.40	Descripción del controlador desplegable para la selección de modelos.....	85
3.41	Descripción del visualizador de formas de onda de las señales por variación de tensión.....	86
3.42	Presentación general de la ventana "Graficas".....	87
3.43	Descripción del visualizador de formas de onda de las señales CKP y CMP.....	87
3.44	Presentación general de la ventana "Medición".....	88
4.1	Diseño final del circuito impreso de la placa de control.....	91
4.2	Proyección final del circuito impreso de la placa de control.....	91
4.3	Diseño final del circuito impreso de la placa de comunicación.....	93
4.4	Proyección final del circuito impreso de la placa de comunicación.....	93
4.5	Diseño final del circuito impreso de la placa de medición.....	95
4.6	Proyección final del circuito impreso de la placa de comunicación.....	95
4.7	Diseño final del circuito impreso de la placa de alimentación.....	96

4.8	Proyección final del circuito impreso de la placa de comunicación.....	97
4.9	Preparación de las placas para la impresión.....	98
4.10	Estampado de los circuitos impresos.....	98
4.11	Corrección de defectos de impresión en los circuitos impresos.....	99
4.12	Proceso de corrosión de los circuitos impresos.....	99
4.13	Revelado de los circuitos impresos.....	100
4.14	Perforado de los circuitos impresos.....	100
4.15	Montaje de los componentes electrónicos en los circuitos impresos.....	101
4.16	Dimensionamiento del Case para el BCECU.....	102
4.17	Construcción del Case para el BCECU.....	103
4.18	Instalación de la fuente de poder en el BCECU.....	104
4.19	Instalación de los elementos ilustrativos en el BCECU.....	104
4.20	Diseño gráfico del Panel Frontal del BCECU.....	105
4.21	Instalación de las Placas Electrónicas del BCECU.....	106
4.22	Codificación alfanumérica de la placa de alimentación.....	107
4.23	Codificación alfanumérica de la placa de control.....	109
4.24	Representación del conector USB de la placa de comunicación.....	110
4.25	Codificación alfanumérica de la placa de comunicación.....	111
4.26	Representación interruptor de tres vías de la placa de medición.....	112
4.27	Codificación alfanumérica de la placa de medición.....	112
4.28	Representación externa del conector principal.....	113
4.29	Representación interna del conector principal.....	114
4.30	Codificación alfanumérica del conector principal.....	114
4.31	Representación del conector original del CHEVROLET CORSA.....	116
4.32	Arnés de comunicación para el BCECU del CHEVROLET CORSA.....	116
4.33	Representación del conector original del CHEVROLET LUV 2.2.....	118
4.34	Arnés de comunicación para el BCECU del CHEVROLET LUV 2.2.....	118
4.35	Representación del conector original del CHEVROLET LUV D-MAX.....	120
4.36	Arnés de comunicación para el BCECU del CHEVROLET LUV D-MAX.....	120
4.37	Representación del conector original del CHEVROLET SPARK.....	122
4.38	Arnés de comunicación para el BCECU del CHEVROLET SPARK.....	122
5.1	Inicialización del software de control.....	126
5.2	Comprobación de la comunicación USB.....	127
5.3	Verificadores de señales por variación de tensión.....	127
5.4	Matriz de verificación de las señales por variación de tensión.....	128
5.5	Controladores numéricos de las señales por variación de tensión.....	128

5.6	Verificadores de señales pulsantes	129
5.7	Controladores numéricos de las señales pulsantes.....	130
5.8	Verificación de la señal simulada CKP.....	130
5.9	Verificación de la señal simulada CMP.....	130
5.10	Codificación numérica del panel frontal del BCECU.....	132
5.11	Prueba de funcionamiento del la ECU del vehículo CHEVROLET CORSA con el BCECU.....	134
5.12	Prueba de funcionamiento del la ECU del vehículo CHEVROLET LUV 2.2 con el BCECU.....	136
5.13	Prueba de funcionamiento del la ECU del vehículo CHEVROLET LUV D-MAX con el BCECU.....	139
5.14	Prueba de funcionamiento del la ECU del vehículo CHEVROLET SPARK con el BCECU.....	141

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1	Conexión del sensor MAP de la Figura 2.6.....	14
2.2	Valores de operación de sensor MAP para la línea GM.....	16
2.3	Conexión del sensor MAP de la Figura 2.12.....	18
2.4	Valores de operación de sensor TPS para la línea GM.....	19
2.5	Conexión del sensor ECT de la Figura 2.16.....	21
2.6	Valores de operación de sensor ECT para la línea GM.....	22
2.7	Conexión del sensor IAT de la figura 2.20.....	24
2.8	Valores de operación de sensor IAT para la línea GM.....	25
2.9	Conexión del sensor CKP de la Figura 2.24.....	27
2.10	Valores de operación de sensor CKP para la línea GM.....	30
2.11	Conexión del sensor CMP de la Figura 2.30.....	31
2.12	Valores de operación de sensor CMP para la línea GM.....	33
2.13	Conexión de los inyectores de la Figura 2.34.....	34
2.14	Conexiones del encendido DIS de la Figura 2.38.....	38
2.15	Conexiones del encendido COP de la Figura 2.39.....	39
2.16	Conexión de la válvula IAC de la Figura 2.44.....	45
2.17	Conexión del relevador de la Figura 2.49.....	49
4.1	Elementos electrónicos utilizados en la placa de control.....	92
4.2	Elementos electrónicos utilizados en la placa de comunicación.....	94
4.3	Elementos electrónicos utilizados en la placa de medición.....	95
4.4	Elementos electrónicos utilizados en la placa de alimentación de tensión.....	97
4.5	Conexiones de la placa de alimentación de tensión.....	108
4.6	Conexiones de la placa de control.....	109
4.7	Conexiones de la placa de comunicación.....	111
4.8	Conexiones de la placa de medición.....	112
4.9	Conexiones de conector principal.....	114
4.10	Conexiones del arnés de comunicación de CHEVROLET CORSA.....	117
4.11	Conexiones del arnés de comunicación de CHEVROLET LUV 2.2.....	119
4.12	Conexiones del arnés de comunicación de CHEVROLET LUV D-MAX.....	121
4.13	Conexiones del arnés de comunicación de CHEVROLET SPARK.....	122
4.14	Análisis de costos en la construcción del BCECU.....	123
5.1	Valores obtenidos en la verificación de las señales de tensión.....	129

5.2	Valores obtenidos en la verificación de las señales pulsantes.....	131
5.3	Verificación y codificación numérica de los elementos ilustrativos.....	132
5.4	Resultados de la prueba de laboratorio efectuada en la ECU del vehículo CHEVROLET CORSA.....	135
5.5	Resultados de la prueba de laboratorio efectuada en la ECU del vehículo CHEVROLET LUV 2.2.....	137
5.6	Resultados de la prueba de laboratorio efectuada en la ECU del vehículo CHEVROLET LUV D-MAX.....	139
5.7	Resultados de la prueba de laboratorio efectuada en la ECU del vehículo CHEVROLET SPARK.....	142

LISTA DE ABREVIACIONES

ECU	Unidad de control electrónica
IAT	Sensor de temperatura del aire
ECT	Sensor de temperatura de refrigerante
TPS	Sensor de posición de mariposa del acelerador
MAP	Sensor de posición absoluta
CKP	Sensor de posición del cigüeñal
CMP	Sensor de posición del árbol de levas
ECT	Sensor de temperatura del motor
NTC	Coefficiente térmico negativo
RPM	Revoluciones por minuto
CPU	Unidad central de procesos
ALU	Unidad lógica de cálculo
ROM	Memoria de solo lectura
RAM	Memoria de acceso aleatorio
BLM	Bloques de memoria programables
PROM	Memoria de solo lectura programable
GDI	Inyección directa de combustible
GM	General Motors Company
ABS	Sistema antibloqueo de frenos
TCS	Sistema de control de tracción
PMS	Punto muerto superior
PMI	Punto muerto inferior
DIS	Sistema de ignición directa
COP	Bobina sobre bujía
IAC	Control de marcha mínima
PWM	Modulación de ancho de pulso

BCECU	Banco de comprobación de unidades de control electrónico
SRI	Servicio de rentas internas del Ecuador
LED	Diodo emisor de luz
TTL	Nivel de comunicación serial
VISA	Arquitectura de software para instrumentos virtuales
USB	Bus universal serial
DC	Corriente directa
AC	Corriente alterna
CASE	Armazón de protección de elementos

SUMARIO

Se ha Construido un Banco de Comprobación de Unidades de Control Electrónico de Vehículos con Sistemas de Inyección Electrónica, para la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH, el mismo que con propósitos didácticos fue diseñado considerando cuatro modelos específicos de ECU (Engine Control Unit), con la finalidad de contribuir en la aplicación de los conocimientos que los estudiantes adquieran en las cátedras relacionadas con la Autotrónica.

En el diseño y construcción de este equipo electrónico, fue necesario realizar un extenso estudio, acerca de todos los factores fundamentales necesarios al realizar una operación simulada, de una ECU. Datos utilizados en la creación de señales analógicas y digitales, en representación de los distintos sensores que utiliza un sistema de inyección electrónica, las mismas que fueron digitalizadas a través de microcontroladores, los cuales en conjunto con un Software de Control, logran simular diversas condiciones de operación que permiten la verificación de las ECU consideradas. Todo este proceso requirió la utilización de herramientas informáticas especializadas en el área de programación, y un posterior desarrollo de circuitos electrónicos que complemento su elaboración.

Este equipo está diseñado con fines didácticos, con esta consideración se le dio la funcionalidad de una herramienta de diagnóstico, complementándolo con diversos aditamentos necesarios para su operación, como líneas de alimentación, comunicación y control. Además dispone de varios elementos ilustrativos en representación de sensores y actuadores de un sistema de inyección electrónica, complementados con puntos de verificación, lo cual permitirá utilizar equipos de medición auxiliares, en las distintas practicas planificadas.

SUMMARY

A Testing Bank of Units of Electronic Control for Vehicles of Electronic Injection Systems for the Automotive Engineering School of the ESPOCH has been constructed which was designed with didactic purposes considering four specific models of ECU (Engine Control Unit) to contribute to the application of the knowledge to be acquired by the students in the subjects related to Autotronics. In the design and construction of this electronic equipment it was necessary to perform a simulated operation of an ECU. The data used in the creation of analogical and digital signals, in representation of the different sensors used by a system, digitalized through micro-controllers, together with the control software, do simulated the diverse operation conditions permitting to verify the ECU. All this process required the use of informatics tools specialized in the programming area, and a further electronic circuit development which completed its elaboration. This equipment is designed with didactic purposes; with this consideration it was given the functioning of a diagnosis tool, complemented it with diverse supplements necessary for its operation, such as feeding, communication and control lines. Moreover there are various illustrative elements in representation of sensors and actuators of an electronic injection system, complemented with verification points which will permit to use auxiliary measurement equipment in the different planned practices.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

El avance tecnológico que ha incursionado en el sector automotriz en los últimos años ha sido notable, esta tecnología se encuentra presente en nuestro país desde hace más una década, tecnología que si bien ha sido desarrollada en países del primer mundo, ha tenido que ser adoptada, investigada y evaluada para poder brindar servicios de vanguardia y acordes a la nuevas exigencias que estos vehículos requieren para un mantenimiento eficiente, que ya no requiere conocimientos limitados al campo mecánico simplemente, sino también conocimientos en otras áreas, como la electrónica o la autotrónica propiamente dicha.

Estos vehículos dotados de sistemas de Inyección Electrónica, que a diferencia de los sistemas convencionales como los sistemas a carburador que utilizan conjuntos mecánicos para aportar los elementos necesarios para la combustión (aire, combustible, chispa), los sistemas a inyección electrónica utilizan componentes electrónicos en forma de sensores y actuadores los cuales se encargan de proporcionar la información necesaria para controlar los elementos mencionados de una manera más eficiente e implementando otros sistemas adicionales mejoran el rendimiento del motor, aumentando la eficiencia y reduciendo los índices de contaminación.

Todos estos componentes electrónicos son controlados por la ECU (Unidad de Control electrónico), que recibe toda la información suministrada por los sensores en forma de señales eléctricas y utilizando cartografías de valores preestablecidos, emite señales hacia los actuadores para estos trabajen de acuerdo a los requerimientos del motor. Estos valores son generales para la mayoría de ECU's ya que al utilizar sensores y actuadores basados en un mismo principio de funcionamiento, los valores son similares y podrían ser homologados para su verificación.

1.2 Justificación

El proceso de realizar un diagnóstico apropiado para la Unidad de Control Electrónico (ECU) crea la necesidad de contar con un Banco de Comprobación, un equipo que centralice todas las señales emitidas y receptadas por la ECU y nos permita visualizarlas para su verificación. Comprobando además que se encuentren dentro de los parámetros apropiados de funcionamiento, parámetros que incluyen valores específicos de voltaje resistencia, intensidad, frecuencia etc, de los cuales depende el funcionamiento óptimo de estas unidades.

Valiéndonos de la electrónica y de herramientas informáticas es posible la simulación de las señales básicas que requieren las ECU's para entrar en operación y realizar el control de gestión del motor, lo que se resuelve a simular la señal de los sensores de rotación CKP y CMP, esto además de la correcta conexión del circuito principal de alimentación daría como resultado un funcionamiento externo y controlado de la ECU, que acompañado de la simulación de las señales de sensores de gestión del motor nos permitirán visualizar y comprobar en cualquier condición el comportamiento real y la interacción que existe entre las señales que se emitirán con las que se receptoran de lo cual se puede deducir el diagnóstico.

Con esto se puede contar con un equipo muy útil, didáctico y versátil que a más de ser un una herramienta de diagnóstico, servirá como banco de aprendizaje, ya que al tener una Ecu en funcionamiento se puede deducir los principios de operación, además constatar los criterios y teorías infundados en la etapa de aprendizaje de los estudiantes.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Implementar un Banco de Pruebas para la unidad de control electrónico de vehículos con sistemas de inyección electrónica, para la Escuela de Ingeniería Automotriz.

1.3.2 Objetivos específicos

- Enmarcar todos los conceptos y criterios teóricos necesarios para el diseño y la construcción de este banco de comprobación.
- Realizar el diseño y simulación de un circuito que controle los parámetros requeridos para el banco de comprobación.
- Realizar la construcción de los componentes y el posterior ensamblaje del banco de comprobación.
- Realizar pruebas de funcionamiento con casos prácticos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

La máxima expresión de la electrónica aplicada a los automóviles se encuentra en las ECU “Unidades Electrónicas de Control”. Se las conoce o también se las puede nombrar como: ECC, ECM, ECU, ECCS, CPU, etc.

Por medio de estos pequeños cerebros se obtienen comportamientos óptimos de algunos, varios o muchos elementos de la mecánica del automóvil, de modo que se prevé, que dentro de poco tiempo, todos los automatismos de control que se deban realizar en el automóvil puedan estar controlados directamente por estas cajas electrónicas.

No solamente por su complejidad de diseño electrónico sino también por la forma de estar construidas, las unidades electrónicas de control no permiten el acceso a sus elementos electrónicos.

El fallo de un condensador, de un transistor, de una resistencia, o hasta de un micro controlador, puede no ser fácil de detectar, pero si se tiene los criterios de funcionamiento, las herramientas necesarias, y todos los datos necesarios sobre el modulo en el que vamos a trabajar, como los valores de corriente que son aceptables por los principales conjuntos del circuito, se puede facilitar de cierta manera el encontrar su posible falla.

Por otra parte la técnica de miniaturización de los circuitos mantiene la tendencia del cambio completo de conjuntos, como por ejemplo un diodo o un transistor.

Lo que facilita el diagnóstico de estas unidades, evitando así realizar un recambio en el caso de que el daño producido, permita reinsertar estos componentes lo que representa un abaratamiento de costos en el mantenimiento de estas unidades.

2.2 Generalidades del funcionamiento interno de las ECU

La Unidad Electrónica de Control está constituida por un conjunto de componentes electrónicos dispuestos en placas de circuito impreso, alojadas en una caja de aluminio, provistas de aletas para su refrigeración. Hasta la unidad llegan las diversas señales sobre el funcionamiento del motor, que son transmitidas por diferentes sensores, las evalúa y calcula las señales de activación para los elementos actuadores. El programa de control está almacenado en la memoria. De la ejecución del programa se encarga un microcontrolador. Tanto las señales de entrada como las de salida para los diferentes actuadores se transmiten a la unidad de control por medio de un conector múltiple.

2.3 Procesamiento de datos de la computadora [1]

2.3.1 Procesamiento de datos a la entrada

La unidad electrónica de control, consta en primer lugar de unas entradas de información que proceden de los sensores. Esta información, permanece mientras está en funcionamiento el motor, penetra por las “etapas de entrada” que está compuesta por dos elementos: el conformador de impulsos y el convertidor analógico digital (A/D).

- **Conformadores de Impulso.-** Actúa para recibir los impulsos de tensión de los órganos de información del encendido. Estos impulsos son modificados en magnitud y en forma, para dejarlos en condiciones que puedan ser procesados por el microordenador. Una vez hechas estas transformaciones, pasan al circuito de entrada y salida.
- **Convertidor Analógico Digital (A/D).-** Es el encargado de recibir las señales que se producen por variaciones de tensión y que corresponden al resto de la información enviada por los sensores. Sin embargo estas variaciones de tensión, que podrían ser procesadas de una manera analógica, es necesario convertirlas en señales digitales. Las señales pasan de ser convertidas, pero en vez de hacerlo en una tensión en forma de diente de sierra, de desarrollo lineal, (que sería una señal analógica) lo hace en una cifra o número de impulsos por medio de lo cual se puede definir como señal digital.

Desde las etapas de entrada, la información, pasa al interior del microordenador a través de un conducto de “Entrada/Salida”. Desde este punto los datos se distribuyen según su frecuencia a través del intercambiador de datos que lo transporta al “Bus”. El Bus está formado por un conjunto de líneas de transmisión que permiten el acceso a todas las unidades preparadas para la recepción. Son pues las vías a través de las cuales se alimenta de información a cada una de las unidades integradas fundamentales de la ECU.

2.3.2 Procesamiento central de datos

Es realizado por un microprocesador o CPU “Unidad Central de Procesos” y contiene en su interior tres dispositivos fundamentales que son: una unidad lógica de cálculo (ALU), un acumulador y una unidad de control.

- **Unidad Lógica de Cálculo (ALU).**- Realiza operaciones aritméticas como una calculadora y también operaciones lógicas.

Los programas y datos que precisa para saber que ha de hacer los obtiene de la memoria ROM, mientras los datos que ha de procesar le viene de la memoria RAM que almacena los datos suministrados por los sensores.

- **Acumulador.**- Es una memoria intermedia que le permite a la ALU guardar datos mientras trabaja con otros que tienen relación con lo que está procesando. Es pues una unidad de espera.
- **Unidad de Control.**- Es el miembro activo que solicita los datos, controla las entradas y las salidas y el desarrollo de las operaciones.

Toda la información requerida para el procesamiento de los datos durante esta etapa es requerida a través de las memorias principales que son:

- **Memoria ROM.-** Como en todos los ordenadores la memoria ROM mantiene grabados los programas con todos los datos y curvas características, valores teóricos, etc. con los que ha de funcionar el sistema. Es una memoria no volátil que no puede borrarse.
- **Memoria RAM.** Esta es la memoria de acceso aleatorio en la que se acumulan los datos de funcionamiento. Esta sección tiene tres funciones principales en la ECU.

La primera función actúa como la libreta de apuntes de la ECU; siempre que se necesite hacer un cálculo matemático, la ECU utiliza la RAM.

La segunda función es almacenar información en el sistema multiplicador de aprendizaje a bloques (BLM) cuando el motor está apagado o funciona en lazo abierto.

La tercera función es almacenar los códigos de diagnóstico cuando se ha detectado una falla del sistema. Estos códigos son almacenados por cincuenta re-arranques del motor o hasta que la potencia de la batería se retira de la ECU.

Este trabajo se efectúa de una manera constante durante el funcionamiento del equipo y todo se borra al desconectar la instalación es decir es una memoria volátil.

- **Memoria PROM.-** O memoria programable solo para leer, es la sección de calibración del chip en la ECU. El PROM funciona junto con la ROM para las funciones del ajuste fino del control de combustible y del tiempo de encendido para la aplicación específica.

El PROM es también una memoria no volátil. Contiene la información acerca del tamaño del motor, tipo de transmisión, tamaño y peso del auto, resistencia de rodamiento, coeficiente de arrastre y relación final de tracción.

2.3.3 Procesamiento de datos a la salida

Por último los datos elaborados salen al exterior a través de las llamadas “Etapas Finales” que mandan señales eléctricas elaboradas a los diferentes actuadores, como por ejemplo la electrobomba, la bobina de encendido, los inyectores.

Estas órdenes tienen la siguiente secuencia:

- En lo que respecta a la electrobomba, el mantenimiento de la presión dentro de unos valores muy estrictos pues evidente que, al controlar la inyección por medio de tiempo, la cantidad de gasolina que salga durante los milisegundos de abertura del inyector dependerá mucho de la presión a que éste sometido el combustible dentro del circuito que lo contiene.
- En cuanto al control de la bobina de encendido es otro de los fundamentales puntos que sirve para determinar el momento en que deberá saltar la chispa en cada uno de los cilindros, según la carga a la que esté sometido el motor en cada momento, y también según el régimen de giro al que se halle girando, cabe calcular exactamente los grados de adelanto del encendido que el motor debe tener para logra así su máximo rendimiento. La ECU puede atrasar o adelantar el tiempo de corte del primario de la bobina y con ello obtener desde aquí un adelantado o atraso conveniente del encendido.
- La salida de combustible a través de los inyectores, debe corresponder a una cantidad muy precisa para obtener una adecuada mezcla de gasolina de acuerdo con la cantidad de aire aspirado en una proporción que de pie al mejor funcionamiento posible del motor, a un quemado lo más completo posible de la mezcla y, por lo mismo, al mayor rendimiento posible de la combustión.

2.3.4 Otras funciones controladas por la ECU

- **Control de la inyección de combustible:** Para un motor con inyección de combustible, una ECU determinará la cantidad de combustible que se inyecta basándose en un cierto número de parámetros. Si el acelerador está presionado a fondo. La ECU inyectará más combustible según la cantidad de aire que esté pasando al motor. Si el motor no ha alcanzado la temperatura suficiente, la cantidad de combustible inyectado será mayor (haciendo que la mezcla sea más rica hasta que el motor esté caliente). Sin embargo la ECU proporciona un control más minucioso. Por ejemplo, se utiliza un sistema de control de aprendizaje para mantener en todo momento una proporción óptima de mezcla en ralentí.

- **Control del tiempo de inyección:** Un motor de ignición de chispa necesita para iniciar la combustión una chispa en la cámara de combustión. Una ECU puede ajustar el tiempo exacto de la chispa (llamado tiempo de ignición) para proveer una mejor potencia y un menor gasto de combustible. Si la ECU detecta un cascabeleo y analiza que esto se debe a que el tiempo de ignición se está adelantando al momento de la compresión, la ECU (retardará) el tiempo en el que se produce la chispa para prevenir la situación.
- **Control de la distribución de válvulas:** Algunos motores poseen distribución de válvulas. En estos motores la ECU controla el tiempo en el ciclo del motor en el que las válvulas se deben abrir. Las válvulas se abren normalmente más tarde a mayores velocidades que a menores velocidades. Esto puede optimizar el flujo de aire que entra en el cilindro, incrementando la potencia y evitando la mala combustión de combustible.
- **Control bomba de combustible:** La ECU controla, el voltaje aplicado a la bomba de combustible, éste reduce el voltaje aplicado a la bomba de combustible para así reducir el ruido de la bomba de combustible y el consumo de energía eléctrica en ralentí.
- **Auto-Diagnóstico:** Verifica si los sistemas de señales de entrada y de salida hacia y desde la unidad de control son normales.
- **Control de régimen de marcha en vacío:** Recibe señales de diversos sensores y regula el motor a régimen de marcha en vacío óptimo de acuerdo a la carga del motor.
- **Control Ralentí:** Aumenta el régimen de marcha en vacío cuando el voltaje de la batería es bajo, o cuando hay muchos interruptores de carga accionados.
- **Control regulador de presión:** Aumenta temporalmente la presión de combustible cuando se pone en marcha el motor con elevada temperatura de refrigerante. Existe otro módulo además de la unidad de control.

2.4 Sistema de inyección electrónica [2]

La inyección electrónica es un sistema no accionado por el motor, comandado electrónicamente y que dosifica el combustible, controlando la mezcla aire-combustible en función de las necesidades

inmediatas del motor. De una forma similar, el encendido digital permite que el motor trabaje con su punto de encendido sincronizado con las varias condiciones de funcionamiento de este motor.

El propósito es dar equilibrio de funcionamiento para el motor, a través de un rígido control de la mezcla aire-combustible y del ángulo de encendido, en cualquier régimen de trabajo, proporcionando mayor desempeño, menor consumo, facilidad de arranque en frío y calor y principalmente, menor emisión de gases contaminantes.

2.4.1 Clasificación de los sistemas de inyección electrónica

Se pueden clasificar en función de cuatro características distintas:

- Según el lugar donde inyectan.
- Según el número de inyectores.
- Según el número de inyecciones.
- Según las características de funcionamiento.

2.4.1.1 Según el lugar donde inyectan

- **Inyección directa:** El inyector introduce el combustible directamente en la cámara de combustión. Este sistema de alimentación es el más novedoso y se está empezando a utilizar ahora en los motores de inyección gasolina como el motor GDi de Mitsubishi o el motor IDE de Renault.

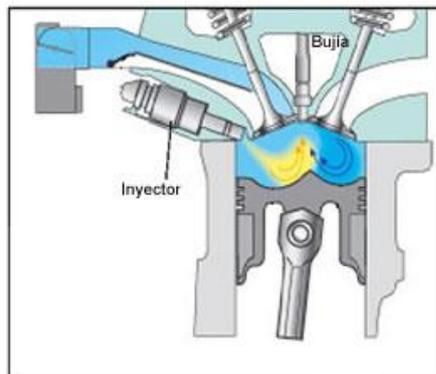


Figura 2.1 Esquemático de un sistema de inyección directa [2]

- **Inyección indirecta:** El inyector introduce el combustible en el colector de admisión, encima de la válvula de admisión, que no tiene por qué estar necesariamente abierta. Es la más usada actualmente.

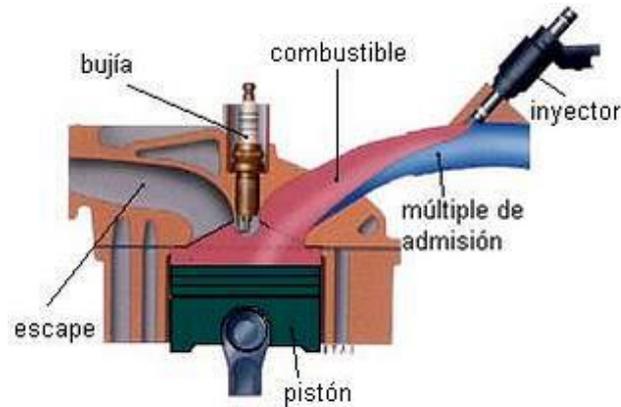


Figura 2.2 Esquemático de un sistema de inyección indirecta [2]

2.4.1.2 Según el número de inyectores:

- **Inyección mono punto:** Hay solamente un inyector, que introduce el combustible en el colector de admisión, después de la mariposa de gases. Es la más usada en vehículos turismo de baja cilindrada que cumplen normas de antipolución.
- **Inyección multipunto:** Hay un inyector por cilindro, pudiendo ser del tipo "inyección directa o indirecta". Es la que se usa en vehículos de media y alta cilindrada, con antipolución o sin ella.

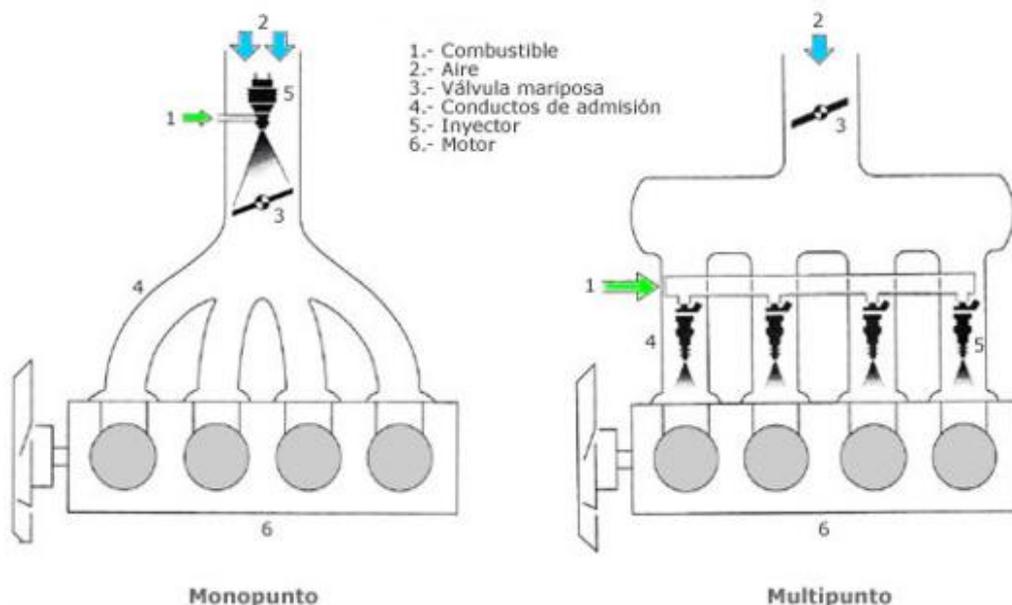


Figura 2.3 Esquemas de los sistemas monopunto y multipunto [2]

2.4.1.3 Según el número de inyecciones

- **Inyección continua:** Los inyectores introducen el combustible de forma continua en los colectores de admisión, previamente dosificada y a presión, la cual puede ser constante o variable.
- **Inyección intermitente:** Los inyectores introducen el combustible de forma intermitente, es decir; el inyector abre y cierra según recibe órdenes de la centralita de mando. La inyección intermitente se divide a su vez en tres tipos:
 - Simultanea:** El combustible es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a la vez, es decir; abren y cierran todos los inyectores al mismo tiempo.
 - Semisecuencial:** El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos.
 - Secuencial:** El combustible es inyectado en el cilindro con la válvula de admisión abierta, es decir; los inyectores funcionan de uno en uno de forma sincronizada.

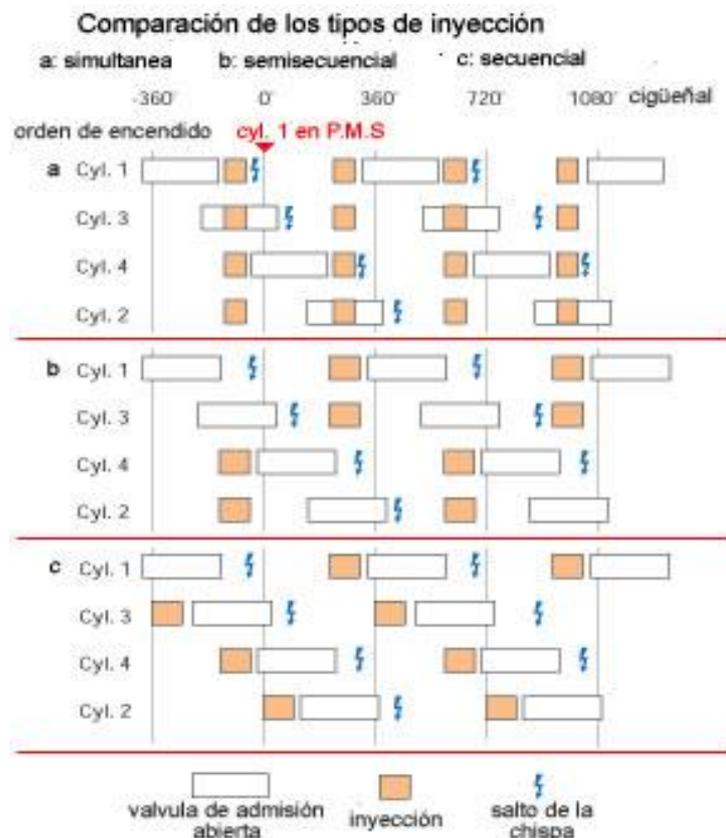


Figura 2.4 Descripción de los tipos de inyección [2]

2.4.1.4 Según las características de funcionamiento:

- Inyección mecánica (K-jetronic)
- Inyección electromecánica (KE-jetronic)
- Inyección electrónica (L-jetronic, LE-jetronic, motronic, Dijijet, Digifant, etc.)

Todas las inyecciones actualmente usadas en automoción pertenecen a uno de los tipos anteriores.

2.5 Sensores del sistema de inyección y sus características

2.5.1 Sensor MAP. [3]

2.5.1.1 Introducción

EL sensor de Presión Absoluta del Múltiple (Manifold Absolute Pressure) Obtiene información sobre los cambios en la presión atmosférica, en el vacío del motor y en el múltiple de admisión, enviando una señal a la ECU para que pueda controlar el tiempo de ignición y ajustar la mezcla de aire combustible en las diferentes condiciones de carga del motor y altitud sobre el nivel del mar.

2.5.1.2 Ubicación

El sensor MAP, se encuentra en la parte externa del motor después de la mariposa de aceleración, presentándose en algunos casos integrado en la ECU o también pueden llegar a encontrarse directamente alojados sobre el múltiple de admisión.



Figura 2.5 Ubicación del sensor MAP

El sensor MAP está conectado de la siguiente manera.

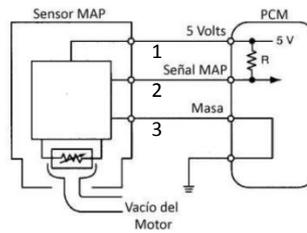


Figura 2.6 Circuito eléctrico del sensor MAP [3]

Tabla 2.1 Conexión del sensor MAP de la Figura 2.6

Pines del sensor	Descripción
1	Alimentación 5V
2	Señal del sensor
3	Masa

2.5.1.3 Principio de funcionamiento

Este sensor utiliza elementos sensibles del tipo extensómetros (strain-gage) los cuales son medidores de deformación, una vez que la resistencia varía proporcionalmente a su deformación.

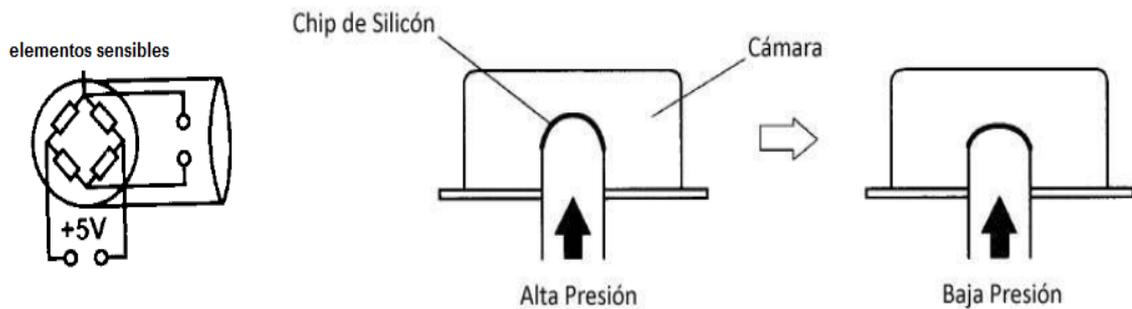


Figura 2.7 Esquema de los elementos tipo extensómetros [3]

Estos extensómetros son grabados en una placa de cerámica muy fina (diafragma), de manera circular, colocada en la parte interior de un soporte en forma de anillo del mismo material cerámico, en una geometría que permite sentir las deformaciones del diafragma en todos los sentidos.

La parte superior del anillo es cerrada por otra placa que también sirve como apoyo de amplificador electrónico de señal.

El diafragma divide la cámara en dos partes. En la primera se crea vacío absoluto, de tal manera que el sensor se influenciado solamente por la variación de presión en la segunda cámara.

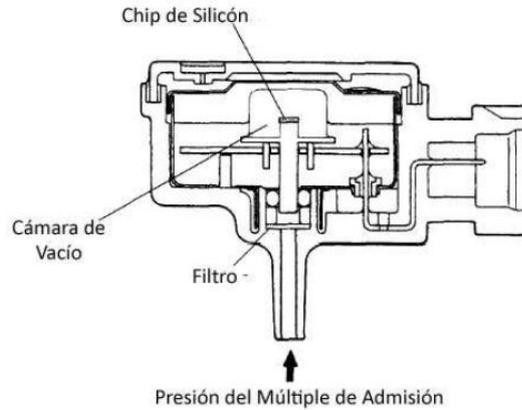


Figura 2.8 Sensor MAP [3]

Como la alimentación es mantenida rigurosamente por la ECU con un valor de 5 voltios, variando el valor de la presión, varia linealmente el valor de la tensión de salida. Para cada modelo lógicamente existirá una calibración diferente, que representara una curva específica para cada modelo. Sin embargo el principio de funcionamiento sigue siendo el mismo.

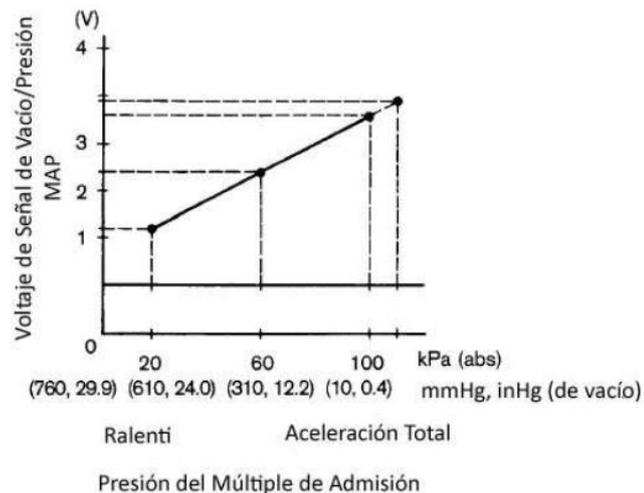


Figura 2.9 Curva característica del Sensor MAP [3]

La conexión eléctrica de los elementos extensores se basa en el puente de Wheatstone. Por la teoría de Wheatstone, considerando la conexión eléctrica tenemos que la diferencia entre los potenciales C y D (U_{CD}) será igual a cero cuando $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$ y aunque esta condición no esté satisfecha, $U_{CD} \neq 0$

Haciendo que la segunda cámara tenga una variación de presión, esta provocara una variación en la deformación del diafragma que alterará los valores de resistencias de los extensómetros, finalmente desequilibrando el puente y provocando una variación en la tención U_{CD}

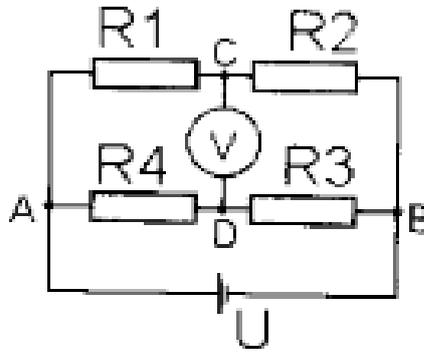


Figura 2.10 Puente de Wheatstone [3]

En la salida de la señal del Puente de Wheatstone está fijado un circuito amplificador que después de una serie de calibraciones compensa la dispersión térmica en todo el campo de utilización.

El sensor es instalado entonces en un recipiente plástico en el que se prevé una canalización que atada a un tubo de caucho en un punto central del colector de admisión, asegura la conexión neumática.

2.5.1.4 Valores de trabajo del sensor MAP

Tabla 2.2 Valores de operación de sensor MAP para la línea GM

Presión en el múltiple (KPa)	Voltaje de salida (Voltios)
160	0.30
260	0.90
360	1.55
460	2.25
560	3.00
660	3.80
760	4.60

2.5.2 Sensor TPS [3]

2.5.2.1 Introducción

Para que el motor tenga un funcionamiento óptimo en los distintos regímenes de funcionamiento, la ECU necesita saber los estados de plena carga del motor así como el estado en el que el pedal no se encuentra pisado, estos datos son adquiridos mediante el Sensor de Posición de la Mariposa TPS (Throttle Position Sensor). Su funcionamiento se basa en la variación de la resistencia, provocada por el desplazamiento de un brazo cursor conectado al eje de la mariposa, a medida que se desplaza este brazo cursor, el valor de la resistencia varía, permitiéndonos conocer la posición angular o de apertura de la válvula de mariposa. La transmisión de esta señal a la ECU determina el ligero enriquecimiento de la mezcla cuando se está en la posición de máxima abertura, y el corte de suministro cuando se establece un proceso de deceleración.

2.5.2.2 Ubicación

El sensor TPS se encuentra localizado en el múltiple de admisión, en el cuerpo de estrangulación, generalmente esta solidario a la aleta de aceleración unido a la misma por una prolongación de eje de la aleta el cual tiene en un extremo una muesca especial que encaja en un emplazamiento dentro del sensor con la misma forma, la aleta de aceleración es accionada por el cable de aceleración por ende al estar acoplada al conjunto también es accionado el sensor dependiendo de la posición del pedal de aceleración.



Figura 2.11 Ubicación del sensor TPS

El sensor TPS está conectado de la siguiente manera.

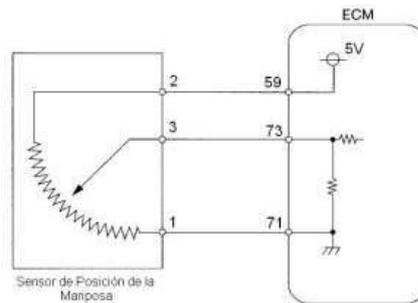


Figura 2.12 Conexión eléctrica del sensor TPS [3]

Tabla 2.3 Conexión del sensor TPS de la Figura 2.12

Pines del sensor	Descripción
1	Masa
2	Señal del sensor
3	Alimentación 5V

2.5.2.3 Principio de funcionamiento

El sensor de posición de la mariposa o TPS, está montado sobre el cuerpo de la válvula de aceleración, y convierte el ángulo de la válvula en una señal eléctrica mediante un potenciómetro de precisión. A medida que la válvula de aceleración se abre, la tensión de la señal eléctrica aumenta. El módulo de control utiliza esta señal para determinar si el motor se encuentra en ralentí, con la mariposa en posición media o con la mariposa totalmente abierta; para la corrección de la mezcla aire/combustible, para la corrección del incremento de potencia y para el corte de combustible.

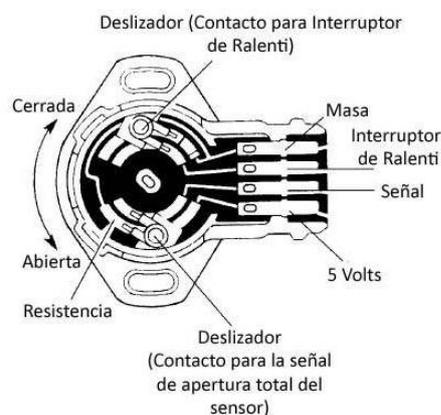


Figura 2.13 Descripción del sensor TPS [3]

El TPS común posee tres terminales, una de alimentación de 5 Voltios que proviene del módulo de control, un terminal de señal de salida y un terminal de tierra proveniente del módulo de control para cerrar el circuito. Cuando el motor se encuentra en ralentí, la señal en el terminal de salida es de unos 0.6 a 0.9 Voltios, lo que indica al módulo que la mariposa se encuentra cerrada. Cuando la mariposa está totalmente abierta, la señal de salida es de 3.5 a 4.7 Voltios.

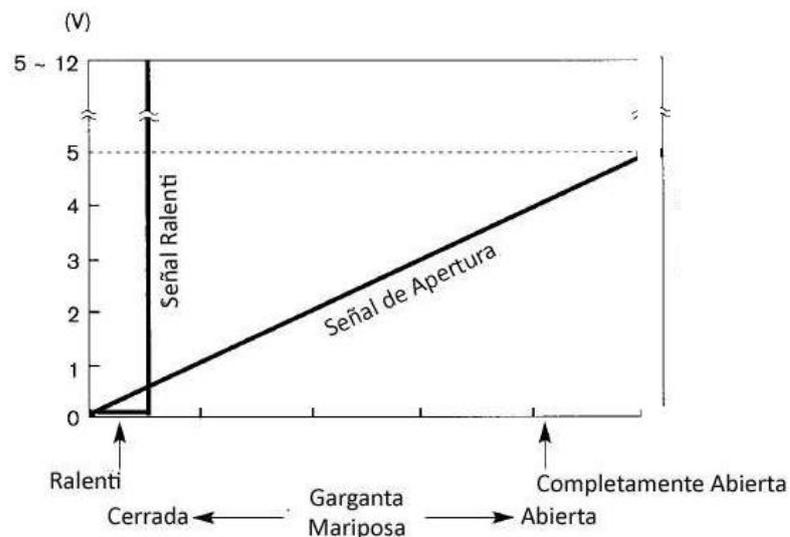


Figura 2.14 Curva característica del sensor TPS []

Dentro del sensor TPS, existe una resistencia y un brazo giratorio, el cual está siempre en contacto con el resistor. A medida que el brazo giratorio se desplaza sobre el resistor, la señal de voltaje del terminal de señal de salida, se ve afectada por la variación de la resistencia. Al igual que muchos de los sensores dentro del vehículo, la resistencia variable, es parte de un circuito partidor de tensión, el cual transforma la variación de resistencia, generada por el desplazamiento del brazo giratorio, en una señal de tensión de salida hacia el módulo de control.

2.5.2.4 Valores de trabajo del sensor TPS

Tabla 2.4 Valores de operación de sensor TPS para la línea GM

Angulo de la mariposa	Abertura de la mariposa	Voltaje
(°)	(Fraccion)	(V)

0	0	0.60 V
21	1/4	1.58 V
42	2/4	2.57 V
63	3/4	3.55 V
84	4/4	4.54 V

2.5.3 Sensor ECT [4]

2.5.3.1 Introducción

Es de conocimiento que el motor de combustión interna no se mantiene con una temperatura constante de funcionamiento, sino que ésta varía dependiendo el régimen en el que trabaja el motor, por ejemplo en el arranque en frío el motor debe vencer la resistencia de sus partes móviles; adicionalmente un buen porcentaje del combustible inyectado se condensa en las paredes del múltiple de admisión, de igual manera en los cilindros debido a la mala combustión, por lo que requerimos inyectar una cantidad adicional de combustible durante el arranque en frío y reducir paulatinamente este caudal hasta llegar al ideal en la temperatura óptima de funcionamiento.

El sensor de temperatura del refrigerante ECT (Engine Coolant Temperature) es el encargado de enviar la señal que informa al computador la temperatura del refrigerante del motor, con el objetivo de que este pueda enriquecer automáticamente la mezcla aire/combustible cuando el motor está frío y la empobrezca paulatinamente en el incremento de la temperatura, hasta llegar a la temperatura normal de funcionamiento, donde se dosifica una mezcla aire/combustible ideal.

2.5.3.2 Ubicación

Este sensor se encuentra ubicado en el Block del motor cerca de la conexión de la manguera superior, que lleva agua del motor al radiador, junto al termostato donde desde esa posición es fácil detectar la temperatura del refrigerante del motor.



Figura 2.15 Ubicación del sensor ECT

El sensor ECT está conectado de la siguiente manera.

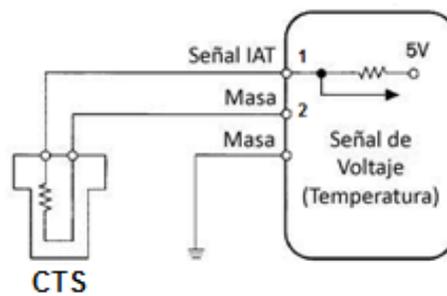


Figura 2.16 Conexión eléctrica del sensor ECT [4]

Tabla 2.5 Conexión del sensor ECT de la Figura 2.16

Pines del sensor	Descripción
1	Señal del sensor
2	Masa

2.5.3.3 Principio de funcionamiento

El sensor de temperatura del refrigerante del motor ECT, posee el mismo principio de funcionamiento que el sensor de temperatura de aire IAT, este sensor contiene un termistor dentro de una carcasa del tipo NTC, la cual es diseñada para ser insertada dentro del circuito de refrigeración del motor. El sensor está encapsulado en un cuerpo de bronce, para que pueda resistir los agentes químicos del refrigerante y tenga además una buena conductibilidad térmica. En el extremo opuesto tiene un conector con dos pines eléctricos, aislados del cuerpo metálico.



Figura 2.17 Sensor ECT [4]

Este termistor posee un coeficiente de temperatura negativo NTC, es decir, su resistencia disminuye a medida que la temperatura aumenta, un termistor típico nos da un valor de resistencia de 100 k Ω a una temperatura de -40 $^{\circ}\text{C}$, y una resistencia de 70 k Ω para una temperatura de 130 $^{\circ}\text{C}$, para transformar esta variación de resistencia por la temperatura, en una señal de voltaje, este sensor generalmente forma parte de un circuito divisor de tensión alimentado con 5 Voltios. De esta forma la señal de voltaje disminuye a medida que la temperatura del refrigerante aumenta

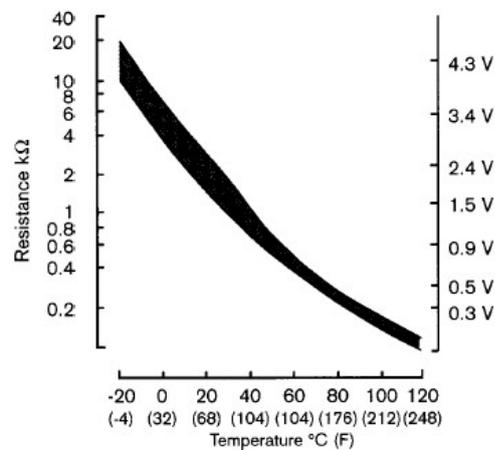


Figura 2.18 Curva característica del sensor ECT [4]

2.5.3.4 Valores de trabajo del sensor ECT

Tabla 2.6 Valores de operación de sensor ECT para la línea GM

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Resistencia (Ω)	Voltaje (V)
10	5870	3.52
20	3730	3.06
30	2430	2.62
40	1620	2.16
50	1100	1.72
60	770	1.35
70	540	1.04
80	380	0.80

90	280	0.61
100	210	0.47
110	150	0.36
120	120	0.28

2.5.4 Sensor IAT [4]

2.5.4.1 Introducción

La temperatura del aire que ingresa en el motor, es uno de los aspectos esenciales a ser medido y enviado a la ECU, esta información junto con el flujo de masa de aire de ingreso le dan a la módulo de control una idea exacta de la masa y densidad del aire que ingresa al motor para poder inyectar un caudal preciso de combustible, para que la relación aire/combustible sea óptima.

Si solamente se recibe la cantidad de aire como información, las moléculas del mismo podrían estar muy condensadas debido al frío, por lo tanto se tendrá un número mayor de moléculas de aire que se mezclen con la cantidad de moléculas del combustible inyectado; en cambio, si el aire está muy caliente, el número de moléculas será mucho menor en el mismo volumen aspirado, mezclándose con la misma cantidad de moléculas de combustible que se inyecta, empobreciéndose la mezcla que ingresa a los cilindros del motor.

Por estas razones, la información del flujo de masa del aire, mas la temperatura del mismo, nos permiten conocer con exactitud la cantidad de aire que ingresa a los cilindros y la densidad del mismo, como resultado obtenemos el número exacto de la cantidad de moléculas del aire. El sensor de temperatura del aire está localizado en el circuito de admisión de aire, de tal manera que la temperatura del flujo de aire que ingresa sea detectada rápidamente al chocar con el elemento sensor y pueda detectar rápidamente cualquier variación en la temperatura.

2.5.4.2 Ubicación

Este sensor dependiendo del tipo del sistema de inyección electrónica utilizado puede tener varia ubicaciones, principalmente se encuentra en el ducto de plástico del colector de admisión del aire

también puede estar localizado en el depurador o filtro de aire o en la entrada de la mariposa de aceleración o forma un solo conjunto con el sensor de flujo másico conformando un sensor T-MAF.

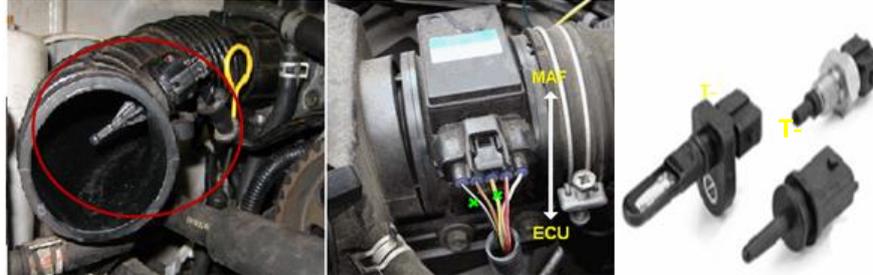


Figura 2.19 Ubicación del sensor IAT

El sensor IAT está conectado de la siguiente manera.

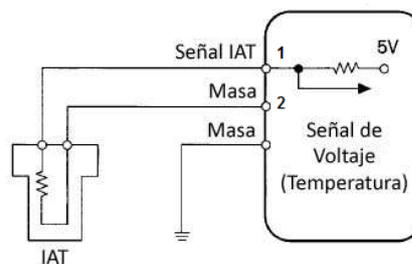


Figura 2.20 Conexión eléctrica del sensor IAT [4]

Tabla 2.7 Conexión del sensor IAT de la figura 2.20

Pines del sensor	Descripción
1	Señal del sensor
2	Masa

2.5.4.3 Principio de funcionamiento

Para la medición de la temperatura del aire de admisión se utiliza como elemento sensor un termómetro de contacto, construido de elementos resistivos dependientes de la temperatura tipo NTC. Para transformar esta variación de resistencia por la temperatura, en una señal de voltaje, este sensor generalmente forma parte de un circuito divisor de tensión. Generalmente el rango de medición de temperatura del aire dentro del vehículo se encuentra entre los $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los $170\text{ }^{\circ}\text{C}$.

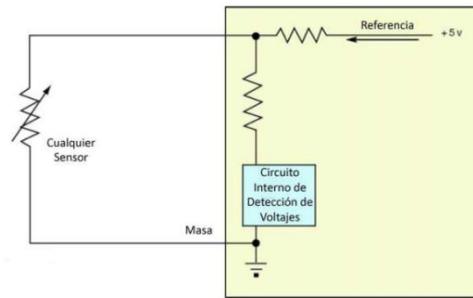


Figura 2.21 Circuito divisor de Tensión del Sensor IAT [4]

Dentro del cuerpo del sensor encontramos una resistencia termo sensible de material semiconductor de coeficiente de temperatura negativo (NTC) es decir que su resistencia disminuye a medida que sube la temperatura. Esta resistencia variable forma parte de un circuito divisor de tensión alimentado con 5 Voltios, así la señal de voltaje dependerá de la variación de la resistencia del elemento sensor. Esta señal de voltaje es leída por un convertidor analógico-digital y comparado con los valores de la curva característica almacenada en el módulo de control del motor, asignando cada valor de voltaje a una temperatura determinada.

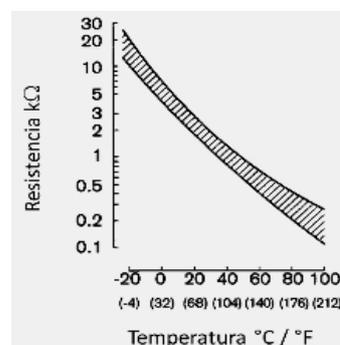


Figura 2.22 Curva característica del sensor IAT [4]

2.5.4.4 Valores de trabajo del sensor IAT

Tabla 2.8 Valores de operación de sensor IAT para la línea GM

Temperatura (°C)	Resistencia (Ω)	Voltaje (V)
10	6000	3.51
20	3400	3.07
40	1700	2.13
60	600	1.33
80	350	0.78
100	180	0.46

2.5.5 Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP). [5]

2.5.5.1 Introducción.

Para la sincronización del encendido y del tiempo de inyección resulta indispensable que la ECU conozca en todo momento el estado de giro en que se encuentra el cigüeñal. La unidad de control ECU puede determinar de esta forma no solamente la posición que el cigüeñal tiene en cada momento, sino también la velocidad de régimen (rpm).

El sensor de posición del cigüeñal CKP (Crankshaft Position Sensor) está formado por un imán permanente al cual esta enrollado una espiral. Cerca del sensor se encuentra una rueda dentada (volante motor o polea del cigüeñal) que gira en sincronía con el motor. Cuando la rueda dentada gira pasando cerca del sensor rompe las líneas de fuerza generadas por el imán permanente y se induce una tensión en la bobina del sensor. Los sensores de velocidad de rotación y de velocidad lineal miden el ángulo descrito o el espacio recorrido por unidad de tiempo. En ambos casos, este tipo de medición se realiza obteniendo magnitudes de medición relativas entre dos piezas.

2.5.5.2 Ubicación

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



Figura 2.23 Ubicación del sensor CKP

El sensor CKP está conectado de la siguiente manera.

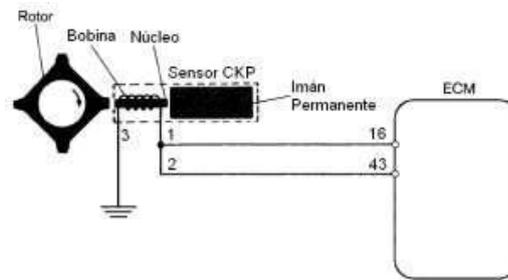


Figura 2.24 Conexión eléctrica del sensor CKP [5]

Tabla 2.9 Conexión del sensor CKP de la Figura 2.24

Pines del sensor	Descripción
1	Señal
2	Retorno
3	Masa (coaxial)

2.5.5.3 Principio de funcionamiento

Los sensores electromagnéticos son muy usados para determinar la velocidad y la posición angular de un objeto rotativo. Las dos funciones más comunes que se les dan a estos tipos de sensores son: la posición del cigüeñal para el control de la ignición y la inyección de combustible, y la otra es la velocidad de rotación de las ruedas para los frenos ABS y el control de tracción TCS. La interacción entre electricidad y magnetismo es utilizada de varias formas para producir el efecto sensor deseado. Existen dos tipos de sensores que son ampliamente utilizados en los sistemas del vehículo: los sensores de reluctancia variable y los sensores de tipo Hall. En el caso del sensor de posición del cigüeñal CKP, se utilizan generalmente los sensores de reluctancia variable. Los principales componentes de este tipo de sensor son:

- Rotor dentado de hierro.
- Imán Permanente.
- Núcleo de Hierro, para dirigir el flujo magnético.

- Bobina enrollada alrededor el núcleo magnético, en el cual el voltaje es inducido.

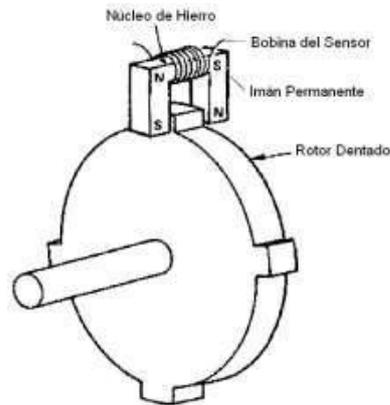


Figura 2.25 Componentes del sensor CKP [5]

El rotor dentado posee un número determinado de dientes, y estos pasan a través del espacio entre el flujo magnético. Cuando un diente del rotor pasa por el entrehierro, se induce en la bobina del sensor un voltaje, el cual está relacionado con el cambio de flujo magnético del circuito. Mientras más rápido sea el cambio de flujo magnético, mayor será el voltaje generado en la bobina del sensor. Cuando el diente del rotor se alinea con el entrehierro, el voltaje del sensor es cero. A medida que los dientes pasan por el entrehierro, el flujo magnético se incrementa rápidamente por lo cual el voltaje del sensor también se incrementa rápidamente.

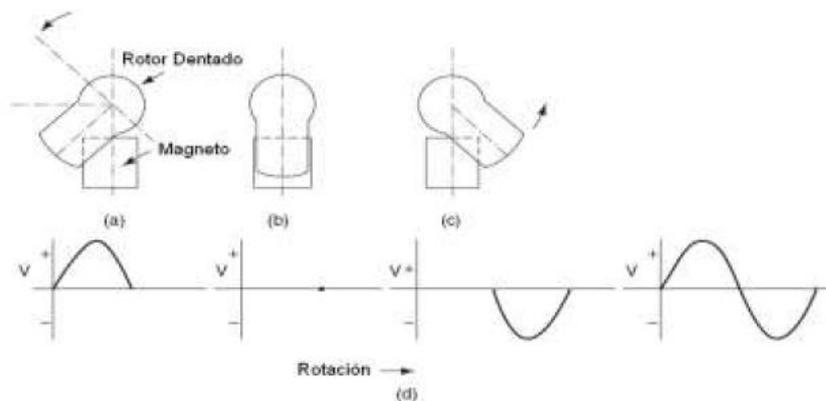


Figura 2.26 Principio de Funcionamiento del sensor CKP [5]

En la figura anterior podemos ver el comportamiento del sensor y la señal de voltaje correspondiente. Vemos que cuando un diente del rotor ingresa por el entrehierro se produce un pico de voltaje positivo, cuando el diente está perfectamente alineado con el entrehierro el voltaje cae a

cero (si bien el flujo magnético es fuerte en este punto, este se mantiene constante, por lo cual el voltaje es cero). Cuando el diente del rotor abandona el entrehierro, la variación de flujo magnético se produce rápidamente, pero en dirección opuesta a la producida cuando el diente ingresa en el entrehierro. El resultado es un pico de voltaje negativo.

Cuando el espacio entre el entrehierro se encuentra vacío, la variación de flujo es nula, por lo tanto la señal de voltaje es cero. Al entrar otro diente del rotor, el proceso se repite nuevamente. Si la bobina del sensor se conectara a un osciloscopio, podríamos obtener una señal de voltaje sinusoidal.

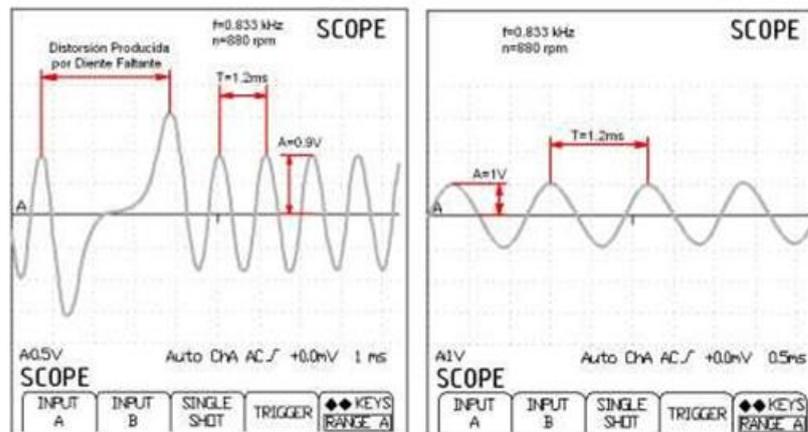


Figura 2.27 Forma de onda del Sensor del CKP

Este es el principio básico del sensor de posición del cigüeñal, aquí el rotor se encuentra montado sobre el volante motor, el imán permanente, el núcleo de hierro y la bobina del sensor forman un solo conjunto el cual está montado en el bloque del motor o en la carcasa de la caja de cambios. Cada diente que pasa por el entrehierro del sensor, genera un voltaje inducido en la bobina del mismo.

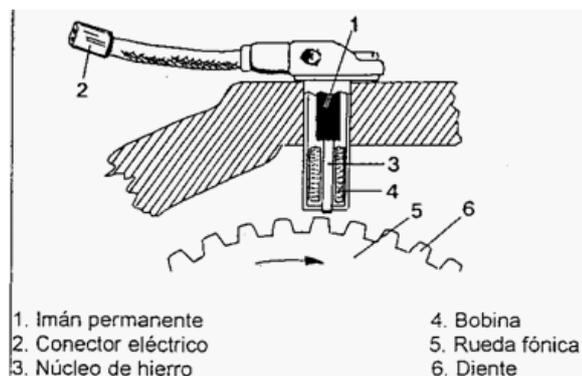


Figura 2.28 Constitución del Sensor CKP [5]

El valor de voltaje, inducido en la bobina del sensor, depende de la velocidad, cuanto más rápido gire el motor, mayor será el voltaje inducido en el sensor.

Cada vez que un diente pasa por el entrehierro, se produce una onda de corriente alterna, dependiendo de la velocidad del motor, esta tensión puede alcanzar los 100 Voltios; por lo cual algunos circuitos son diseñados para restringir el voltaje máximo. Para que el módulo de control tenga una referencia del Punto Muerto Superior (PMS), existen dos diseños de ruedas fónicas principales:

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

2.5.5.4 Valores de trabajo del sensor CKP

Tabla 2.10 Valores de operación de sensor CKP para la línea GM

Revoluciones (rpm)	Amplitud (V)	Frecuencia (kHz)	Periodo (mseg)
880	0.95	0.833	1.2
2640	2	2.5	0.4
3520	2	3.33	0.31
3840	2	3.63	0.27

2.5.6 Sensor de Posición del Árbol de Levas (CMP) [6]

2.5.6.1. Introducción

El sensor de posición del árbol de levas CMP (Camshaft Position Sensor), es utilizado conjuntamente con el sensor de posición del cigüeñal para determinar la posición del pistón del cilindro número 1, si este se encuentra en fase de compresión o escape durante su recorrido hacia el punto muerto superior PMS. Este tipo de sensor es muy utilizado en los sistemas de inyección secuencial como referencia para medir el tiempo de inyección y el tiempo de encendido. Su funcionamiento se basa en el efecto Hall, y se encuentra montado directamente sobre el árbol de levas del motor.

2.5.6.2 Ubicación

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

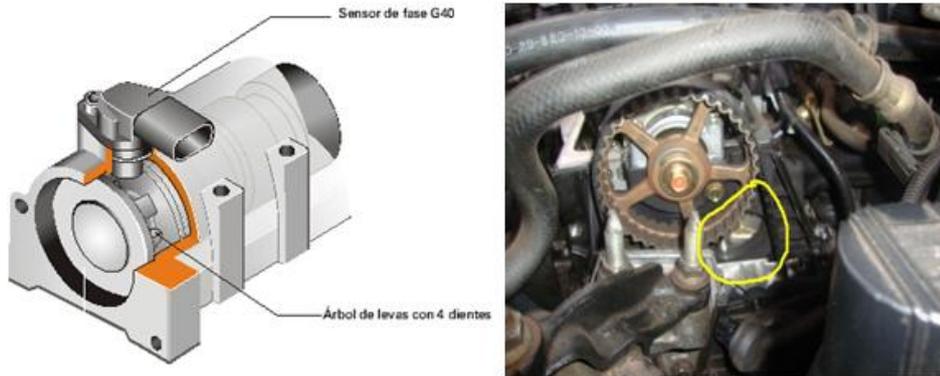


Figura 2.29 Ubicación del sensor CMP

El sensor CMP está conectado de la siguiente manera.

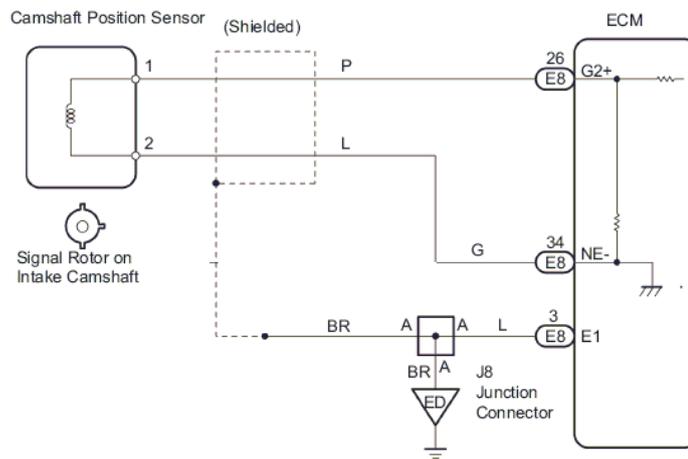


Figura 2.30 Conexión eléctrica del sensor CMP [6]

Tabla 2.11 Conexión del sensor CMP de la Figura 2.30

Pines del sensor	Descripción
1	Señal
2	Retorno
3	Masa (coaxial)

2.5.6.3 Principio de Funcionamiento

El principio de funcionamiento de este sensor, es el efecto Hall, el cual se basa en hacer pasar una corriente eléctrica constante I_v a través de una placa Hall (M), construida de un material semiconductor; y se la somete a un campo magnético (B), que actúa de forma perpendicular a la corriente eléctrica. Este campo magnético es generado por acción de unos imanes permanentes colocados lateralmente sobre la placa de semiconductor. Cuando el flujo magnético que actúa en la placa Hall (M) varía, cierta cantidad de electrones de la corriente I_v se desvían hacia la placa D_1 produciéndose así una tensión U_H entre las placas D_1 y D_2 conocida como Tensión Hall.

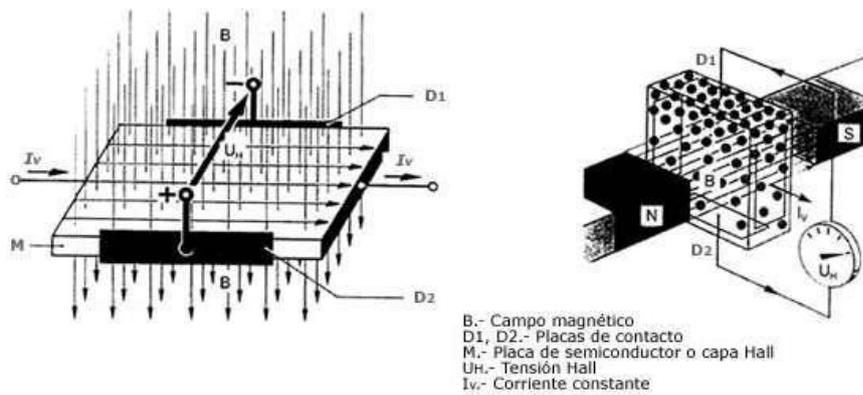


Figura 2.31 Principio de Funcionamiento del Sensor CMP [6]

El cambio de flujo magnético se realiza por acción de una rueda de impulsos dentada, la cual está montada sobre un rotor que gira con el árbol de levas. Esta rueda de impulsos está construida de un material ferromagnético. El circuito Hall se ubica entre el rotor y el imán permanente que produce el campo magnético perpendicular al elemento Hall.

Cuando un diente de la rueda de impulsos pasa por delante de la placa Hall, varía la intensidad del campo magnético perpendicularmente a la misma, lo cual hace que los electrones que cruzan la placa Hall, se desvían perpendicularmente al sentido de la corriente que cruza inicialmente. Los electrones desviados generan la tensión Hall, que se encuentra en el orden de los milivoltios, esta tensión es independiente de la velocidad a la que gire el rotor y es amplificada y acondicionada para entregar una señal de salida de onda cuadrada.

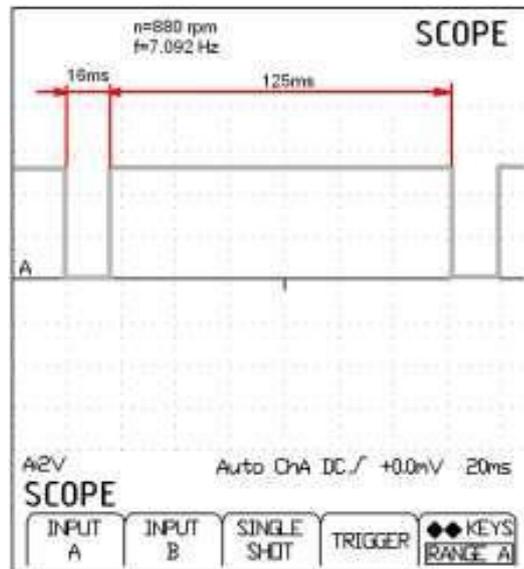


Figura 2.32 Forma de onda del Sensor CMP

2.5.6.4 Valores de trabajo del sensor CMP

Tabla 2.12 Valores de operación de sensor CMP para la línea GM

Revoluciones (rpm)	Amplitud (V)	Frecuencia (kHz)	Periodo (mseg)
880	5	7.092	141
2000	5	16.129	62
4000	5	32.258	31

2.6 Actuadores del sistema de inyección y sus características

2.6.1 Inyectores [7]

2.6.1.1 Introducción

Este componente del sistema de inyección es el encargado de inyectar el combustible al interior del cilindro. Los inyectores pulverizan la gasolina dentro del múltiple de admisión en sincronización con la apertura de las válvulas las cuales permiten el ingreso del combustible a los cilindros de acuerdo a los requerimientos del vehículo. Los inyectores electrónicos se abren por medio de un solenoide eléctrico, y se cierran con un resorte; los inyectores continuos se abren, por la presión del combustible. Los inyectores también se denominan válvulas de inyección.

2.6.1.2 Ubicación

La ubicación de los inyectores depende específicamente del tipo de inyección con el que cuente el sistema como se vio anteriormente pueden ser directa o indirecta, indistintamente de esto la ubicación general es en el múltiple de admisión, entre el riel de inyectores y los orificios del múltiple.



Figura 2.33 Ubicación de los inyectores

Los inyectores están conectados de la siguiente manera.

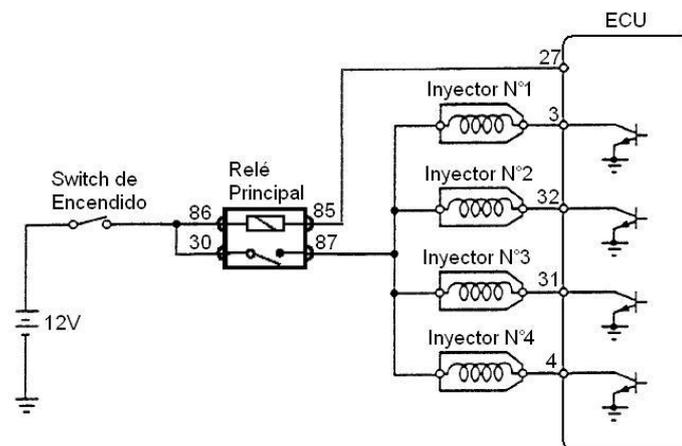


Figura 2.34 Conexión eléctrica de los inyectores [7]

Tabla 2.13 Conexión de los inyectores de la Figura 2.34

Pines del inyector	Descripción	
N°1	3	Pulso de activación de la ECU
	87	Alimentación 12V
N°2	32	Pulso de activación de la ECU
	87	Alimentación 12V

N°3	31	Pulso de activación de la ECU
	87	Alimentación 12V
N°4	4	Pulso de activación de la ECU
	87	Alimentación 12V

2.6.1.3 Principio de funcionamiento

En los sistemas multipunto existen un inyector por cada cilindro, los cuales se encuentran ubicados de tal forma que rocíen el combustible dentro del conducto de admisión, cerca de las válvulas de admisión. Los sistemas de inyección multipunto usan una galería de combustible a la cual está conectada a todos los inyectores. La presión en esta galería es controlada por el regulador de presión (4.5 bar). Esto significa que la cantidad de combustible que proporciona cada inyector, es regulada por el periodo de tiempo que el módulo de control mantiene el inyector abierto. Este tiempo varía desde 1.5 milisegundos aproximadamente con el moto en baja carga, hasta aproximadamente 10 milisegundos con el motor a plena carga.

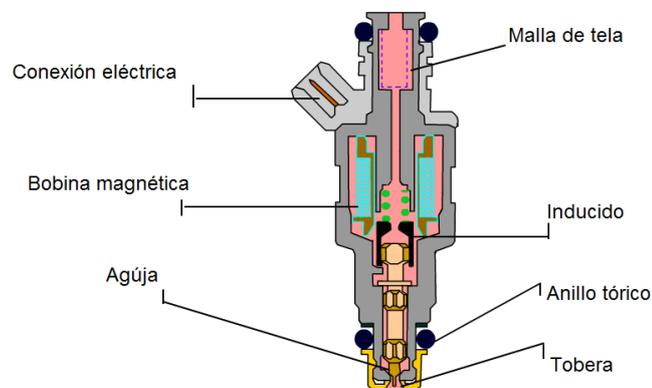


Figura 2.35 Esquema de un inyector de combustible [7]

Existen tres métodos eléctricos usados comúnmente para regular la operación de los inyectores de combustible todos estos con el objetivo de mantener el devanado del solenoide tan frío como sea posible mientras se consigue el mejor rendimiento del inyector. Estos métodos son:

- Pico y retención de corriente.
- Conexión a tierra convencional (del transistor comandado por la ECM).

- Modulación de ancho de pulso.

De estos tres métodos el segundo es el más utilizado, por lo que nos concentraremos en el estudio del mismo. En el método de Conexión a Tierra Convencional, un transistor de alto rendimiento que es comandado por el módulo de control, es utilizado para cerrar el circuito a tierra para accionar los inyectores. En este caso la onda visualizada en el osciloscopio será similar a la mostrada en la siguiente figura.

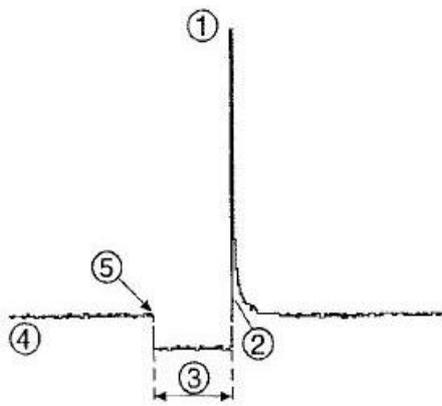


Figura 2.36 Forma de onda de un inyector de combustible [7]

Para limitar el flujo de corriente en el circuito del solenoide del inyector, la conexión a tierra puede contener una resistencia en serie.

En algunas aplicaciones, el solenoide del inyector es diseñado para tener una alta resistencia. Según la gráfica podemos analizar algunos aspectos.

- El alto voltaje en (1) es producido por la sobrecarga que ocurre cuando la corriente es cortada y el campo magnético del solenoide del inyector colapsa.
- En (2) es el punto en el cual el módulo de control desactiva el transistor y la corriente deja de fluir. Es el fin del pulso de inyección.
- Este punto (3), representa el periodo de tiempo en el cual el inyector está entregando combustible y cuyo tiempo puede ser determinado verificando la escala en el osciloscopio.
- El punto (4) representa el voltaje entregado al inyector, normalmente de 12 Voltios.
- Finalmente el punto (5) es el punto en el cual el módulo de control activa el transistor de mando,

conectando a tierra el solenoide, e iniciando la inyección de combustible.

2.5.6.4 Valores de trabajo de los inyectores

El valor de ciclo de trabajo de un inyector no puede ser generalizado ya que el ancho del pulso de inyección no depende tanto del número de revoluciones del motor, sino de la carga a la que está sometido el mismo, ya que en una aceleración brusca o progresiva, el pulso del inyector aumenta considerablemente hasta que se estabiliza en un nuevo régimen, momento en el cual mantiene su ancho de pulso en un intervalo de entre 2 y 3 ms, variando únicamente la frecuencia de los pulsos debido al aumento del número de revoluciones por minuto del motor. Podemos anotar también, que durante el arranque en frío el ancho de los pulsos alcanzan hasta los 5 o 6 ms, reduciéndose este periodo a medida que el motor alcanza su temperatura normal de funcionamiento, momento en el cual el ancho del pulso se estabiliza en 2 ms.

2.6.2 Bobinas de ignición [8]

2.6.2.1 Introducción

Las bobinas en conjunto con el sistema de encendido electrónico, tiene la función de producir la chispa con potencia suficiente para realizar una buena combustión. En los sistemas de encendido comandados directamente por la ECU se distingue un sistema principal y q es el más utilizado, el sistema DIS (Direct Ignition Sistem), del cual se derivan otros sistemas que resultan en la evolución del primero como el sistema COP (Coil on Plug), los cuales son sistemas en los que se elimina completamente el distribuidor y se ejecuta el encendido a través de sensores la ECU y las bobinas de encendido.

2.6.2.2 Ubicación

Las bobinas no tienen un lugar fijo de ubicación ya que esta depende del espacio disponible y la facilidad para que la ubicación brinde un adecuado funcionamiento de las bobinas, en general se encuentran localizadas en la culata.

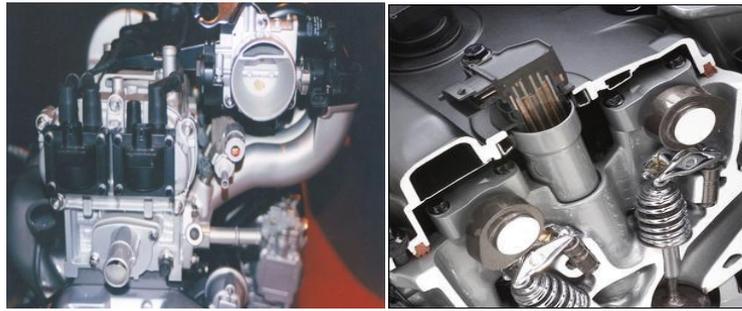


Figura 2.37 Ubicación de las bobinas

Los sistemas de encendido están conectados de la siguiente manera.

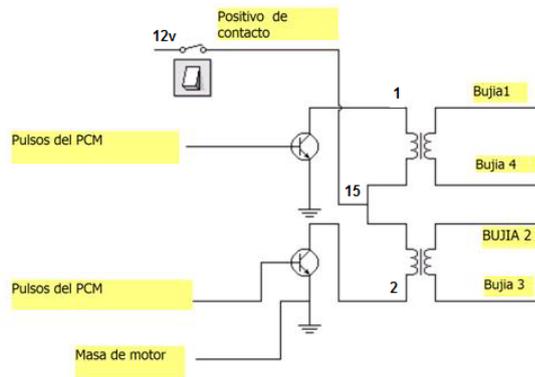


Figura 2.38 Conexión eléctrica del sistema DIS [8]

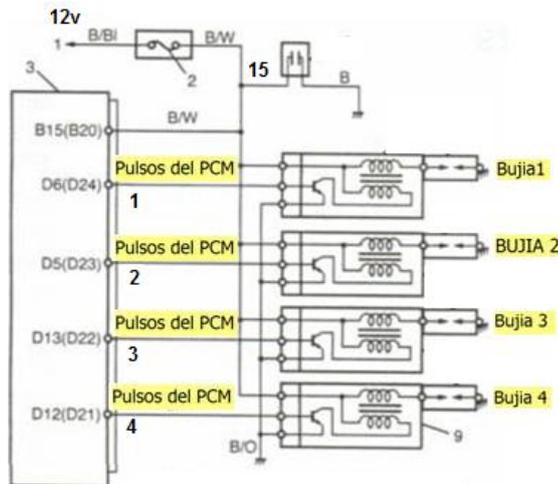


Figura 2.39 Conexión eléctrica del sistema COP [8]

Tabla 2.14 Conexiones del encendido DIS de la Figura 2.38

Pines de la bobina	Descripción
1	Pulso de activación del bloque 1 y 4
2	Pulso de activación del bloque 2 y 3

15	Alimentación 12v
----	------------------

Tabla 2.15 Conexiones del encendido COP de la Figura 2.39

Pines de la bobina	Descripción
1	Pulso de activación de la bobina 1
2	Pulso de activación de la bobina 2
3	Pulso de activación de la bobina 3
4	Pulso de activación de la bobina 4
15	Alimentación 12v

2.6.2.3 Principio de funcionamiento

La bobina del tipo DIS, es lo que se llama un transformador puro, en esta bobina se presenta una activación del primario y en el secundario se tiene un circuito que pasa por dos cilindros al mismo tiempo. En el esquema de la Figura 2.38 se puede interpretar que la bobina es un transformador el cual tiene un devanado primario y un devanado secundario, el primario es donde se encuentra el positivo de contacto y la activación de la ECU, y en el secundario tenemos los cables de alta tensión hasta las bujías.

En el primario encontramos que el circuito se encuentra colocado permanente a positivo, este positivo proviene directamente del interruptor de encendido, o en algunos casos desde un rele. Este rele provee el positivo de una manera más firme puesto que evita las caídas de tensión desde la batería hasta la bobina que a veces ocurren cuando la corriente pasa por el interruptor de encendido.

La alimentación de este componente es provista por el sistema de carga, y es parte fundamental para un buen funcionamiento que este se encuentre siempre en valores adecuados. Por el otro lado del circuito primario, se encuentra la activación de la bobina. Esta activación es dada por una masa la cual proviene directamente la ECU. Esta masa la coloca un transistor de potencia o un circuito integrado que cumpla esta función (Driver).

La gestión electrónica que permite calcular el momento exacto para generar el pulso de masa al primario de la bobina, estará dado por la respectiva posición del CKP y el CMP.

La duración y avance de este pulso dependen de estrictamente de la carga del motor y las condiciones de operación.

El pulso a masa en el primario de la bobina es el conocido ángulo DWELL, este tiempo que demora la masa en el primario de la bobina logra saturar el devanado primario y una vez que la ECU, suelta esta masa se genera la inducción al circuito secundario. Si se analiza el punto 1 del esquema de la Figura 2.38 con un osciloscopio, encontraremos que cuando no se tiene pulso a masa se encuentra una línea positiva que debe tener el voltaje del sistema de carga, en la siguiente imagen se presenta este detalle.

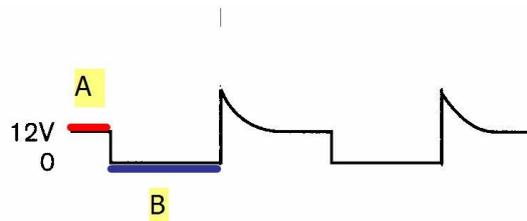


Figura 2.40 Forma de onda del pulso de activación de la bobina [8]

En la parte A (sombreada de rojo) de la Figura 2.40 se puede apreciar el voltaje positivo, este positivo que se registra pasa a través del devanado primario. Una vez que la ECU determina que es necesario colocar masa, o sea realizar la saturación de la bobina, esta línea baja a un estado de 0 (masa).

El tiempo que la bobina se encuentra conectada masa en su primario se muestra en la parte B (sombreada con azul) de la Figura 2.40, este tiempo es el tiempo de saturación de la bobina. La saturación es muy importante porque determina el nivel de carga de la bobina y cambia de acuerdo a las revoluciones y la carga del motor.

Esta saturación se ve sacrificada en altas revoluciones, para lo cual el sistema está diseñado para que en alto régimen se tenga una correcta saturación. Esto se da cuando se carga completamente la bobina, ahora como en bajas revoluciones se cuenta con mucho más tiempo para esta operación es necesario acortar esta saturación. Por eso en algunos casos se encuentran limitaciones de corrientes en bajas revoluciones.

Es decir en bajas revoluciones del motor la ECU limita la corriente en la bobina, pero en altas revoluciones, suprime esta estrategia, puesto que es necesario utilizar todo el tiempo de saturación para que se cargue la bobina.

Una vez que se “suelta” esta masa que fue colocada por un transistor, se genera un fenómeno de inducción magnética, es en ese instante se comenzara a producir la chispa en la bujía.

En el devanado primario vamos a encontrar que seguido del ángulo DWELL o saturación de la bobina se tendrá un pico producto de esta inducción, la grafica siguiente muestra esta interpretación.

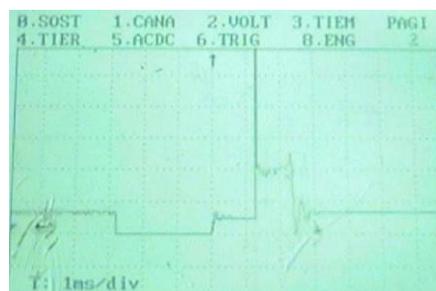


Figura 2.41 Pico de autoinducción de la bobina

En la grafica se observa que seguido del ángulo DWELL, el cual es de aproximadamente 3 ms, se da un pequeño corte de esta masa, esto es una limitación de corriente por parte del modulo de encendido o la ECU. Una vez que se suelta completamente la masa se genera un pico de extra tensión que llega a valores de hasta 400 V, la buena condición de este pico determina en muchos casos una buena operación del sistema. Este fenómeno se presenta de forma similar tanto en el devanado primario como en el secundario, solo que en el secundario son multiplicados los valores de voltaje y divididos los valores de corriente. Una vez que se genera el pico de tención es cuando en el secundario

se alcanza tanta tensión eléctrica como para vencer la resistencia del espacio entre los electrodos de la bujía al nivel de presión de la cámara.

El tiempo que dure fluyendo la chispa entre los electrodos de la bujía, se conoce como tiempo de quemado, y se produce después de la generación del pico máximo de tensión.

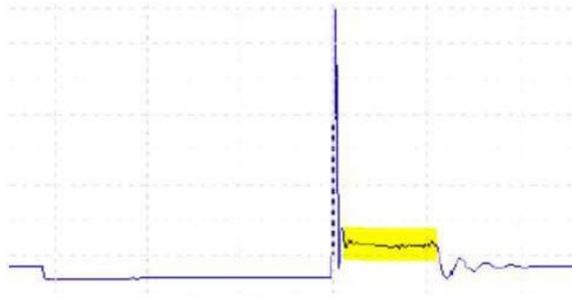


Figura 2.42 Tiempo de quemado de la chispa [8]

Toda la parte sombreada de color amarillo en la Figura 2.41 es el tiempo de quemado, este debe encontrarse dentro de valores muy precisos, a nivel de 3000 Rpm este tiempo de quemado se debe encontrar entre 1 y 2 ms, de lo contrario es necesario analizar lo que pasa con las bujías y separaciones de los electrodos. Seguido del tiempo de quemado se encuentra unas pequeñas ondulaciones, las cuales se llaman oscilaciones de la bobina, están indicando que la bobina todavía presenta carga almacenada y son una buena demostración de su estado. La ausencia de estas oscilaciones indica deterioro de los devanados.

En los sistemas DIS se presenta un fenómeno por el cual la corriente en el secundario pasa a través de dos bujías al mismo tiempo, es decir en una parte del circuito la corriente es ascendente y en el otro es descendente, el arreglo o la disposición de los cables de alta está determinado de tal forma que cada vez que existe la chispa de encendido se aproveche en el cilindro que se encuentre en compresión mientras el cilindro complementario se encuentra en tiempo de escape. Estos sistemas se conocen como chispa perdida, por la explicación anterior, en algunos modelos podemos encontrar varios cilindros operados con una sola bobina, en este caso se tiene varios transformadores dentro de un solo cuerpo.

A este sistema se lo conoce como sistemas COP, este tipo de bobinas incorpora un transistor de los mencionados anteriormente en las bobinas DIS, por lo tanto están comandadas por la ECU a través de pulsos, pero a diferencia de las bobinas DIS, encontramos una bobina por cada cilindro este tipo de bobinas están incorporadas directamente sobre las bujías lo que permite eliminar los cables de alta tensión, con lo cual se simplifica la resistencia a la alta tensión y se mejora la eficiencia del quemado, además el sistema no pierde eficiencia al aumentar las revoluciones del motor con lo que se obtiene un mínimo desgaste en su operación aumentando la vida útil del sistema.

Si analizamos el esquema eléctrico de esta bobina vamos a encontrar que debe tener una masa un positivo y una señal (Pulsos provenientes de la ECU).

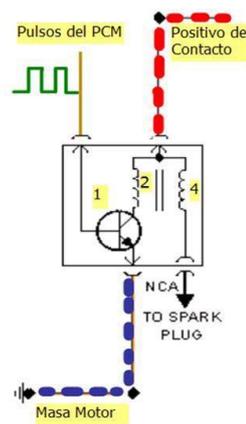


Figura 2.43 Esquema eléctrico del sistema COP [8]

En este esquema de la Figura 2.42 se puede apreciar que la bobina tiene 3 conectores, en los cuales se pueden encontrar un positivo de contacto o ignición sombreado con rojo una masa de motor sombreada con azul y una serie de pulsos provenientes de la ECU, cada uno de estos pulsos logra excitar la base del transistor y de esta forma lograr unir el colector con el emisor el cual está anclado a masa, de esta manera se satura la bobina y se genera la chispa. Siguiendo con la descripción encontramos en (1) el transistor de potencia y en (2) se tiene el devanado primario el cual sería imposible de analizar con un osciloscopio, ya que se encuentra alojado en la carcasa de la bobina las cuales tienen un sellado hermético, en (4) se tiene el secundario el cual termina con un circuito a masa a través de la bujía.

El proceso de saturación, autoinducción y tiempo de quemado es el mismo que el descrito en el sistema DIS por ende la su curva característica tiene similitud con el sistema de encendido.

En este tipo de bobina se puede analizar con el osciloscopio los pulsos a la bobina, y la relación que existe entre los pulsos de la bobina, el positivo y la masa respectivamente.

2.6.2.4 Valores de operación

En este tipo de actuadores no es posible realizar una medición estándar de valores, ya que el tiempo de saturación depende de muchos factores de operación como la carga del motor, las revoluciones, su temperatura de operación, la altitud a la que se encuentra y otras estrategias de funcionamiento que puede adoptar la ECU dependiendo de las condiciones de trabajo, Aunque se podría pensar que la ECU, solo tendría que colocar chispa cada 360 grados dependiendo del número de cilindros del motor, gracias al CKP y el CMP, se puede conocer que cilindro requiere chispa para la inflamación de la mezcla y además cuantos grados de avance coloca a cada uno de ellos.

2.6.3 Válvula de control de aire (IAC) [9]

2.6.3.1 Introducción

Válvula IAC (Idle Air Control) se encarga de proporcionar el aire necesario para el funcionamiento en marcha lenta. Estando el motor en marcha lenta, la cantidad de aire que pasa por la mariposa de aceleración es muy poco y la válvula IAC proporciona el resto del aire por un conducto. Usualmente es un motor reversible, que se mueve en incrementos o pasos. Durante la marcha mínima o desaceleración.

2.6.3.2 Ubicación

Esta montado directamente en el múltiple de admisión. En conjunto con el cuerpo de estrangulación generalmente a un costado controlando un conducto de aire adicional.



Figura 2.44 Ubicación de la válvula IAC

La válvula IAC está conectada de la siguiente manera.

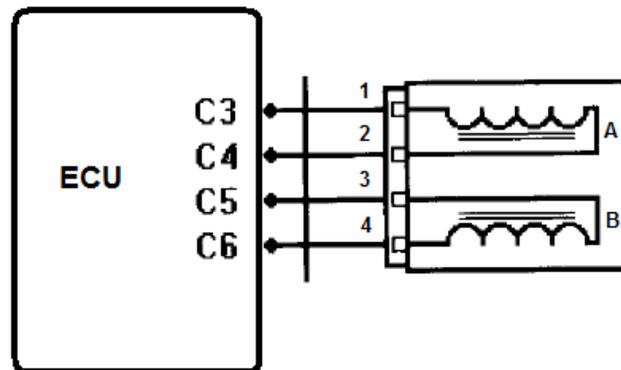


Figura 2.45 Conexión eléctrica de la válvula IAC [9]

Tabla 2.16 Conexión de la válvula IAC de la Figura 2.44

Pines de la válvula IAC	Descripción
1	Pulso IAC A Low
2	Pulso IAC A High
3	Pulso IAC B Low
4	Pulso IAC B High

2.6.3.3 Principio de funcionamiento

La válvula IAC opera a través de un motor de pasos, el cual está constituido de un estator y de un rotor con rosca sinfín. El estator consiste en dos bobinas fijas, y el rotor en un imán permanente y una astilla roscada sinfín que comanda el actuador mecánico.

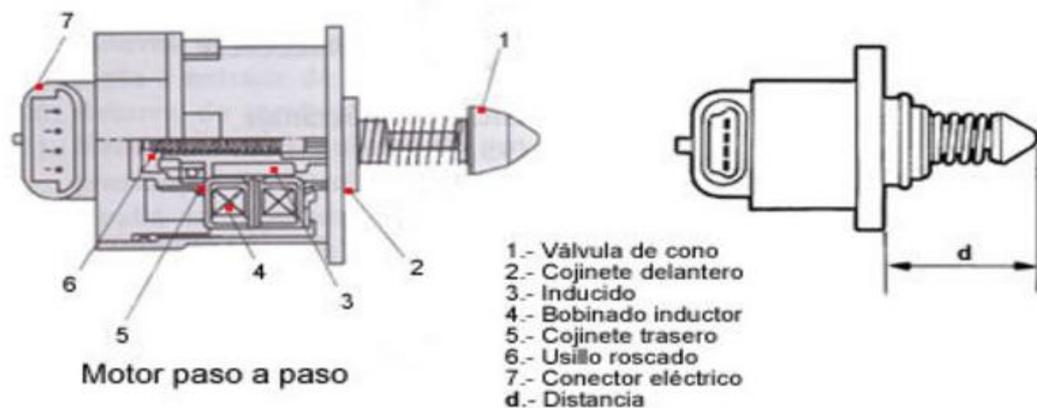


Figura 2.46 Constitución de la válvula IAC []

La astilla roscada esta en el imán y es guiada por la carcasa evitando su movimiento de giro, o sea, la astilla es solidaria al eje imantado del rotor, girando con la misma rotación. Por este motivo, el actuador mecánico se desplaza axialmente, en un movimiento de vaivén.

El actuador “va” o “viene” dependiendo del sentido de giro del rotor.

El sistema es nombrado de “paso” porque el rotor tiene un giro escalonado, conforme a la conmutación del campo magnético del estator. Similar al funcionamiento de una brújula, cuando se energiza la bobina, creando el campo magnético, el indicador de la brújula gira e indica un punto fijo de la bobina (un paso); para hacer girar nuevamente y apuntar en la dirección opuesta, era necesario invertir el sentido de la corriente en la bobina. Si se hiciese esto, el puntero giraría hasta indicar el sentido contrario y se fijaría nuevamente (otro paso). De esta manera, para hacer girar el puntero de la brújula, sería necesario conmutar el sentido de la corriente eléctrica por la bobina, y el puntero de la brújula daría pasos de 180° a cada conmutación.

De la misma manera está construido un motor paso a paso, pero para obtener una mayor precisión en el desplazamiento del vástago se usa una mayor cantidad de bobinados con esto se controla la rotación del vástago dependiendo del número de polos es decir el numero de paso es igual al número de polos multiplicado por dos

$$2 \text{ polos} * 2 = 4 \text{ (pasos de } 90^\circ \text{ cada uno)}$$

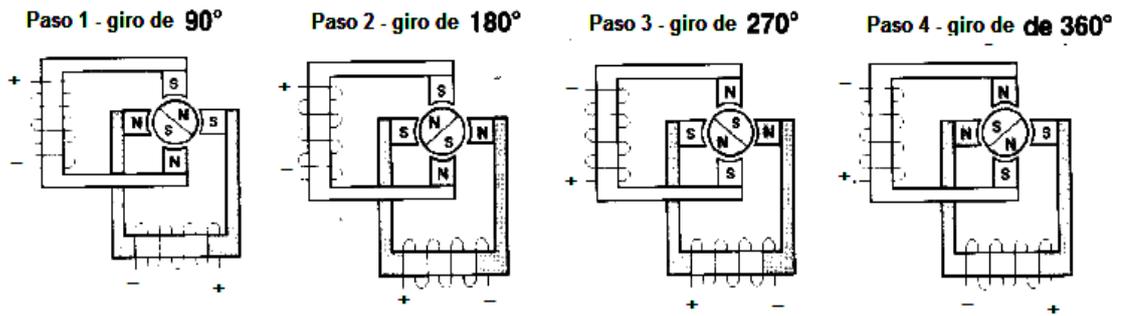


Figura 2.47 Descripción del desplazamiento de la válvula IAC [9]

Los motores paso a paso son comandados por un circuito electrónico perteneciente a la ECU y su accionamiento es producido por pulsos positivos de forma rectangular que son aplicados a sus bobinas en una secuencia determinada, para que su vástago se extienda y en una secuencia inversa para que este se retraiga.

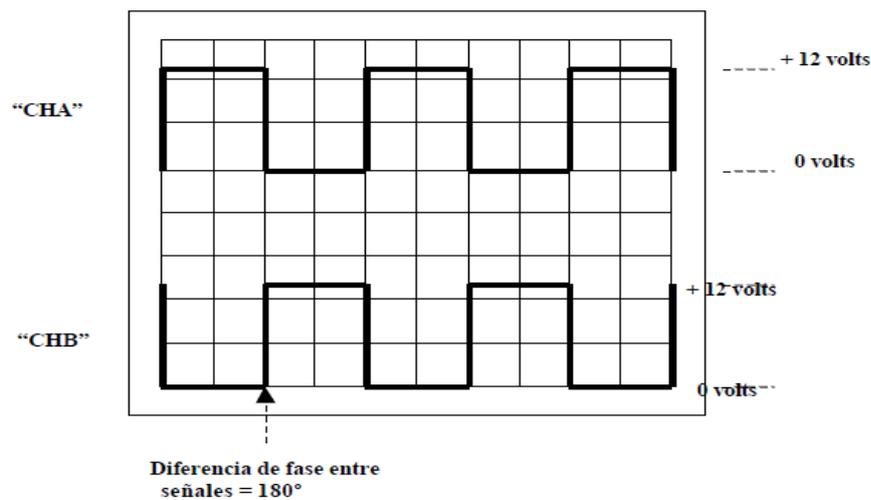


Figura 2.48 Forma de onda de activación de la válvula IAC [9]

La ECU que se encarga de regular su funcionamiento dependiendo de las condiciones de operación del motor, que calcula la posición necesaria del IAC basado en los siguientes factores:

- Voltaje de la batería
- Velocidad del vehículo
- Temperatura del motor
- Carga del motor

- Revoluciones del motor

2.6.3.4 Valores de trabajo de la válvula IAC

La activación del motor pasó a paso está controlada por PWM, y su activación depende de diversos factores que afectan el desempeño de este actuador considerando la carga del motor, las revoluciones de giro del motor, la temperatura etc, como los más relevantes, de esta manera resulta difícil tomar una medida estándar del desempeño del actuador.

2.6.4 Relevadores [9]

2.6.4.1 Introducción

El relé es un elemento electromecánico que puede actuar como interruptor o conmutador, dependiendo del número de contactos, accionado por una corriente eléctrica. Consta de un circuito de excitación, formado por la bobina unida a la armadura fija, y un circuito de trabajo, compuesto por la armadura móvil y el grupo de contactos.

El relé puede poseer uno o varios circuitos o grupos de contactos, usándose solo dos de ellos como interruptor o tres como conmutador o inversor.

2.6.4.2 Ubicación

Estos elementos son ubicados de acuerdo a la función o el uso que se les asigne, en un vehículo se encuentran en diversas partes conformando circuitos de diferentes sistemas.



Figura 2.49 Ubicación del relevador

El relevador está conectado de la siguiente manera.

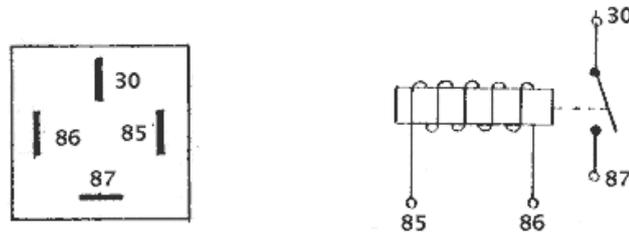


Figura 2.50 Conexión eléctrica del relevador [9]

Tabla 2.17 Conexión del relevador de la Figura 2.49

Pines del relevador	Descripción
85	Señal de la bobina
86	Señal de la bobina
87	Contacto N/A
30	Alimentación 12v

2.6.4.4 Principio de funcionamiento

Consta de una bobina formada por un conductor de alambre de cobre arrollado sobre un núcleo cilíndrico ferro magnético de baja remanencia o sea no imanable. Frente a uno de los extremos del núcleo se dispone una armadura, que consiste en una pequeña platina de material ferro magnético no imanable. Esta platina puede pivotar sobre uno de sus lados y es mantenida en su posición de reposo por medio de un resorte de extensión calibrado. Solidario con esta platina pueden existir uno o más platinos de contacto, logrando según la combinación de contactos que se dispongan al fabricar el relevador, sistemas de una vía (dos; tres; etc.) normalmente abiertos o cerrados, inversores o no.

La principal utilización del relé en el automóvil, es la de “telecomandar” un consumidor mediante una tensión eléctrica. Esto es, que mediante un pequeño interruptor con una corriente eléctrica de unos cuantos miliamperios, podemos controlar encendidos de elementos con consumos del orden de amperios. El ejemplo más práctico podemos verlo en el circuito de luces, que de tener que atravesar tanto el conmutador de encendido como el de cambio de luces, el cableado debería ser de

sección considerable, así como los contactos de los interruptores. En automoción también suelen ser conocidos como “telerruptores”.

En los sistemas de inyección electrónica están encargados de alimentar varios actuadores como la bomba de combustible, el circuito de alimentación de inyectores y bobinas etc. Generalmente los circuitos electrónicos internos de las ECU que manejan relevadores, operan a estos cerrando el circuito de la bobina por negativo (masa). Estos circuitos no son más que una llave electrónica que conecta y desconecta el negativo de un extremo de la bobina, el otro extremo indudablemente debe estar conectado al positivo de batería.

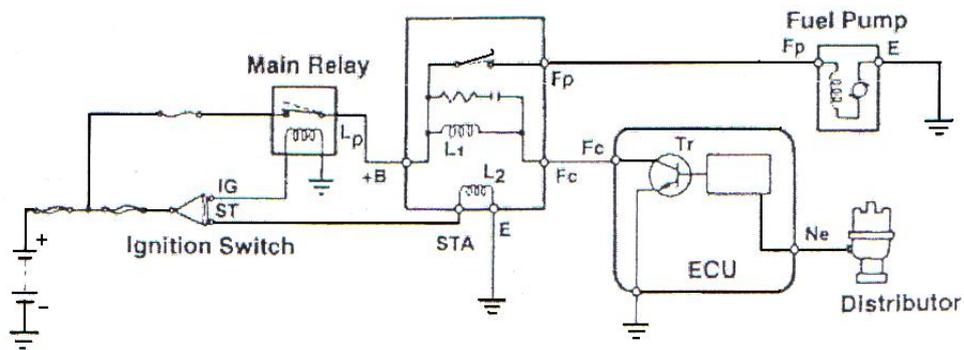


Figura 2.51 Control de relevadores a través de la ECU [9]

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y PROYECCIÓN

3.1 Introducción

Una vez que se han descrito todas las señales que se requieren para poner en funcionamiento la Unidad de Control Electrónico (ECU), es necesario esquematizar las funciones que desempeñara el banco de comprobación de estas unidades (el cual de aquí en adelante se lo denominara BCECU), para realizar un diagrama general de lo que se pretende conseguir mediante la creación del mismo.

El equipo debe cumplir las siguientes características:

- Proveer una alimentación de 12v y conexión a masa constantes.
- Generar la señal principal de giro, la cual es proporcionada por medio de los sensores CKP y CMP, por medio de la generación de impulsos, para poner en funcionamiento las ECU, estas señales deben ser adecuadas electrónicamente para intervenir en las ECU como lo hacen las señales originales.
- Generar las señales de los sensores principales de gestión del motor es decir las señales de los sensores TPS, MAP, IAT y ECT, por medio de variaciones de tensión.
- Demostrar el desempeño de las ECU a través de la visualización del comportamiento de los actuadores principales como los inyectores, bobinas, control de marcha mínima y relevadores de activación de los circuitos principales como el de la bomba de combustible.
- Contar con puntos de medición para la verificación de todas las señales emitidas y receptadas.
- Contar con un interfaz de control, desde el cual sea posible la operación y visualización de las señales, a través de un software de control.

Es necesario recalcar que al efectuar un funcionamiento externo y simulado de las ECU, no podremos contar con muchos parámetros de funcionamiento como, el estado estequiométrico de la mezcla y la velocidad del vehículo. Al no contar con estos datos, la ECU no podrá realizar algunas funciones como:

- Control de emisiones contaminantes.
- Fase de emergencia.
- Auto diagnóstico.
- Control de sistemas periféricos.

Por lo anteriormente mencionado, el control que efectuara el BCECU se regirá estrictamente a la verificación del encendido electrónico integral a la inyección electrónica digital.

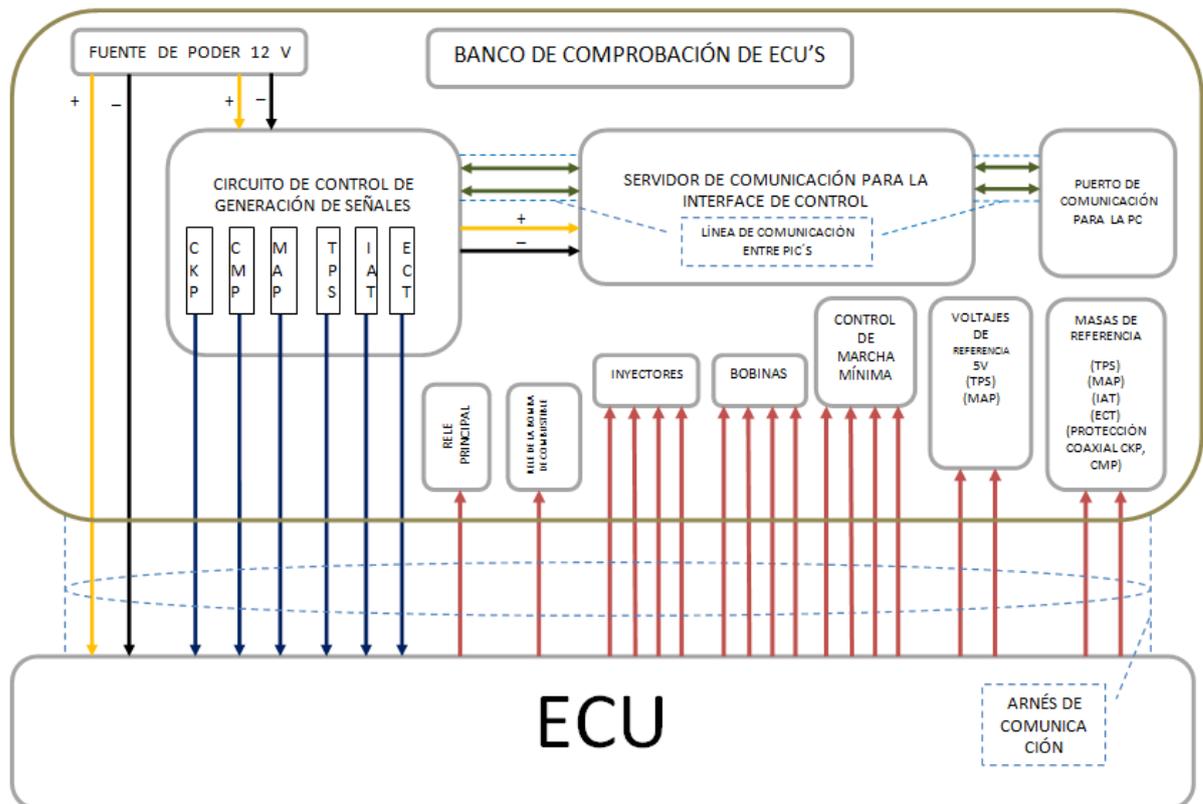


Figura 3.1 Esquema general del BCECU

3.2 Delimitación

Después de haber esquematizado todas las funciones que desempeñara el BCECU, existe la necesidad de priorizar modelos específicos de vehículos con los cuales se podrá utilizar el BCECU. Al realizar la simulación de las señales, basadas en el principio de funcionamiento de los sensores, básicos de un sistema de inyección electrónica, nos enfocaremos en categorizar a estos sistemas relacionándolos con las marcas de vehículos más comerciales de nuestro medio y que utilicen estos sistemas de inyección. Además al ser un equipo concebido con fines didácticos, se hará prevalecer la

disponibilidad que se pueda tener hacia este tipo de ECU's, por lo que se vuelve primordial utilizar modelos de vehículos que estén al alcance o se encuentren en el medio de los estudiantes, para que el equipo pueda ser aprovechado en su totalidad, mediante la realización de prácticas.

Para los fines indicados utilizaremos datos estadísticos proporcionados por el SRI (Servicio de Rentas Internas), acerca del parque automotor de nuestro país en la actualidad, con los cuales estamos en la capacidad de categorizar las marcas más comerciales, y a partir de esto, deducir los modelos más comunes de estas marcas y que además cumplan con los requisitos previos de afinidad en los sistemas de inyección electrónica y accesibilidad para los estudiantes. [10]

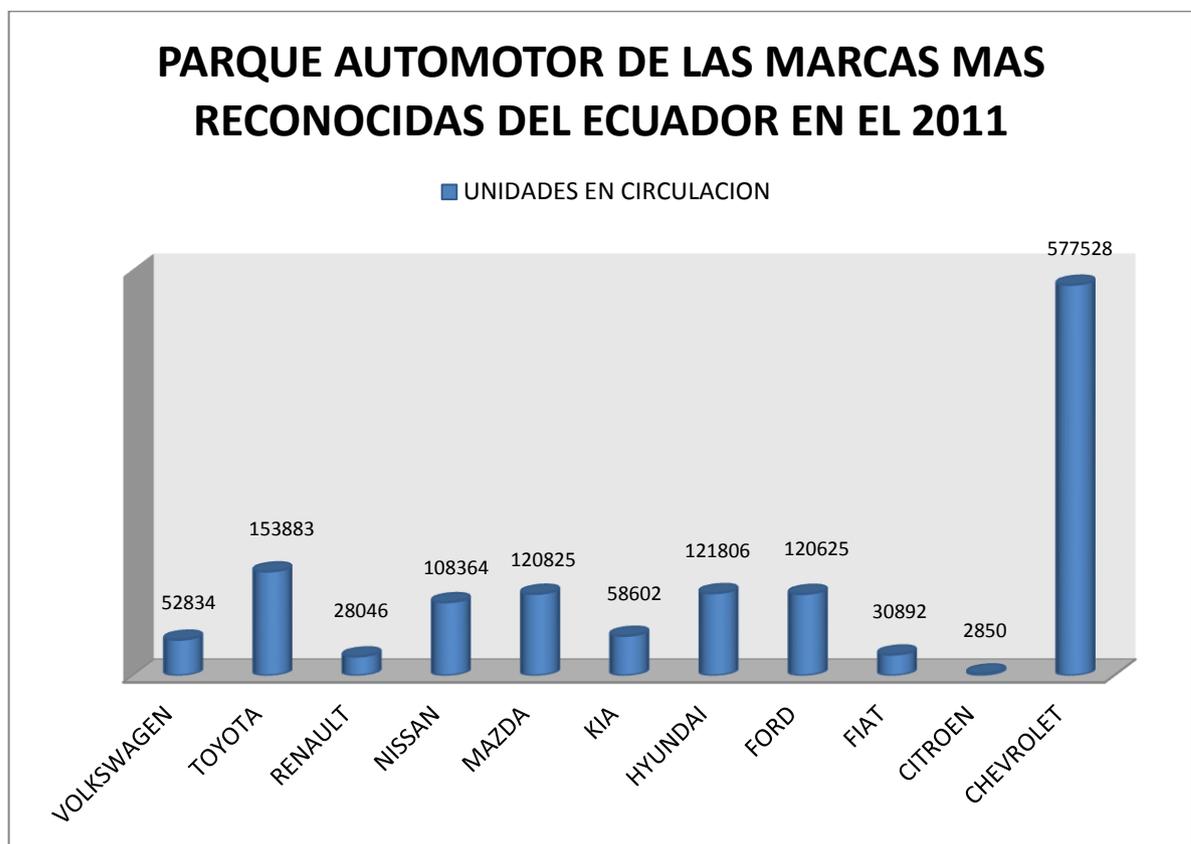


Figura 3.2 Datos estadísticos del Parque Automotor del Ecuador

De la Figura 3.2 podemos deducir que el número de vehículos de las marcas más reconocidas en Ecuador, tienen un nivel promedio, en cuanto a las unidades en circulación que poseen, cabe recalcar que el dato proporcionado hace referencia al número total de vehículos que se encuentran hábiles, sin descartar el tipo o clase a la cual pertenezcan. Pero existe una marca en particular que sobresale de

entre todas. La marca CHEVROLET según los datos proporcionados, es la marca que puede ser catalogada como líder en cuanto a vehículos en circulación, un dato que sin duda alguna es palpable en nuestro medio, por lo cual se utilizarán los modelos de vehículos más comunes de esta marca, para nuestro objetivo principal.

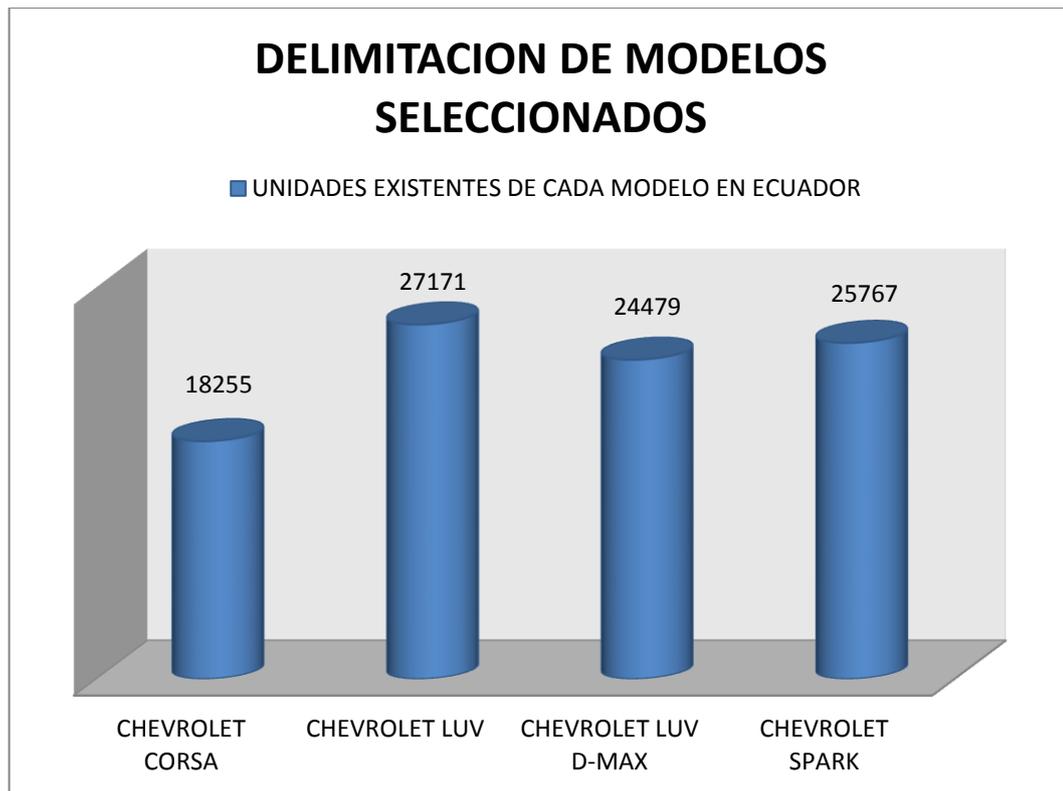


Figura 3.3 Datos estadísticos de los modelos más comunes de CHEVROLET

En la Figura 3.3 están indicados los modelos de vehículos CHEVROLET que han sido seleccionados para ser utilizados en el BCECU, estos modelos se tomaron en cuenta, considerando los factores antes mencionados de disponibilidad y de similitud en sus sistemas de inyección electrónica, además de contar con la característica principal, de contar con un sensor de giro CKP, 60 dientes menos 2 en su rueda fónica, lo que facilitara el poder operar las ECU de los modelos seleccionados con la misma señal simulada.

Los datos de compatibilidad del BCECU y los modelos seleccionados, en cuanto a la relación de las características específicas de modelo y el año de fabricación están dados en el ANEXO 1.

3.3 Descripción de elementos electrónicos

3.3.1 Resistencias [11]

Las resistencias son elementos cuya misión es dificultar el paso de la corriente eléctrica a través de ellas. Su característica principal es su resistencia óhmica aunque tienen otra no menos importante como la potencia máxima que pueden disipar. Ésta última depende principalmente de la construcción física del elemento.

La resistencia óhmica se mide en ohm (Ω), y se suele utilizar también múltiplos de esta unidad:

$$\text{Kilo Ohm} = 1\text{K}\Omega = 1000\Omega$$

$$\text{Mega Ohm} = 1\text{M}\Omega = 1000000 \Omega$$

Las resistencias no poseen polaridad. Es decir, se pueden colocar en la plaqueta sin tener en cuenta su orientación. Para conocer el valor de una resistencia, tenemos dos posibilidades. La primera, y más sencilla, es tomar un multímetro, seleccionar el modo óhmetro y medir directamente el valor de resistencia. La segunda, es observar los colores que aparecen sobre las mismas. Las resistencias llevan grabadas sobre su cuerpo unas bandas de color que nos permiten identificar el valor óhmico que éstas poseen. Cabe aclarar que esto es válido sólo para resistencias de potencia pequeña (menor de 2 Watt), ya que las de potencia mayor generalmente llevan su valor impreso, con números, sobre su cuerpo.

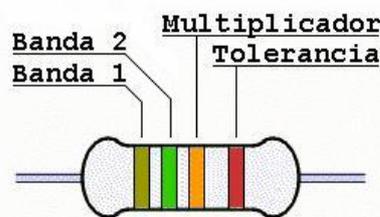


Figura 3.4 Esquema general de las resistencias [11]

El número que corresponde al primer color indica la primera cifra, el segundo color la segunda cifra y el tercer color indica el número de ceros que siguen a la cifra obtenida (multiplicador), con lo que se tiene el valor efectivo de la resistencia. El cuarto anillo, o su ausencia, indican la tolerancia.

Por último, comentar que una precisión del 2% se considera como muy buena, aunque en la mayoría de los circuitos usaremos resistencias del 5%, que son las más corrientes.

Color	Banda1	Banda2	Multiplicador	Tolerancia
Plata	-	-	X 0.01	10 %
Oro	-	-	X 0.1	5 %
Negro	0	0	X 1	-
Marrón	1	1	X 10	1 %
Rojo	2	2	X 100	2 %
Naranja	3	3	X 1000	-
Amarillo	4	4	X 10000	-
Verde	5	5	X 100000	% 0.5
Azul	6	6	X 1000000	-
Violeta	7	7	-	-
Gris	8	8	-	-
Blanco	9	9	-	-
-Ninguno-	-	-	-	% 20

Figura 3.5 Código de colores de las resistencias [11]

3.3.2 Diodos [11]

El diodo es un elemento de dos terminales (ánodo y cátodo) que permite o no permite, el paso de la corriente en una sola dirección, según cómo se coloque la tensión en sus bornes. La forma de alimentación o de conexión se le llama polarización.

Si se coloca una tensión mayor en el ánodo que en el cátodo, el diodo se encuentra polarizado directamente. Un diodo en estas condiciones permite el paso de la corriente. Es decir, es equivalente a una llave abierta. Si se coloca una tensión mayor en el cátodo que en el ánodo, el diodo se encuentra polarizado en inversa. Un diodo en estas condiciones no permite el paso de corriente.

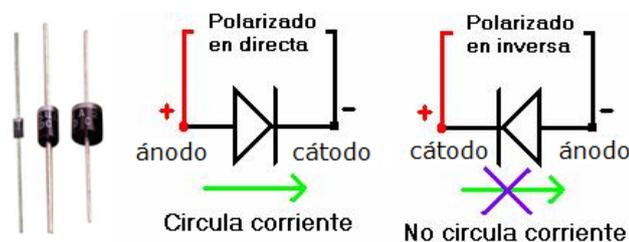


Figura 3.6 Esquema del diodo [11]

Otro tipo de diodos, son los LED. La polarización es equivalente a un diodo común con la diferencia que al estar conectado directamente y conducir una corriente, éste emite una radiación en

forma de luz visible. Según el material y la tecnología de fabricación estos diodos pueden emitir en el infrarrojo (diodos IRED), rojo, azul, amarillo y verde, dependiendo de cuál sea la longitud de onda en torno a la cual emita el LED.

Los diodos LED poseen un corte que indica el terminal negativo (cátodo). También poseen un terminal más largo que corresponde al positivo (ánodo).

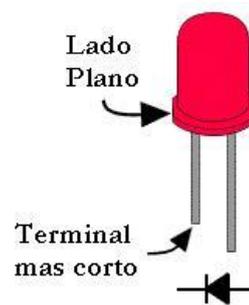


Figura 3.7 Esquema del diodo LED [11]

3.3.3 Capacitores [11]

Básicamente un capacitor es un dispositivo capaz de almacenar energía. Su unidad es el Faradio, y sus submúltiplos son:

Microfaradios $1\mu\text{F} = 0.000001 \text{ F} = 1.10^{-6}\text{F}$

Nanofaradios $1\text{nF} = 0.000000001 \text{ F} = 1.10^{-9}\text{F}$

Picofaradios $1\text{pF} = 0.000000000001 \text{ F} = 1.10^{-12}\text{F}$

Existen diferentes tipos de capacitores. Los más típicos son:

- **Capacitores cerámicos.** Los cerámicos son los capacitores más corrientes. Sus valores de capacidad están comprendidos entre 0.5 pF y 47 nF. No poseen polaridad. Es decir, se pueden colocar en la plaqueta sin tener en cuenta su orientación. En el cuerpo del capacitor cerámico se indica el valor en pico faradios, con la siguiente nomenclatura:

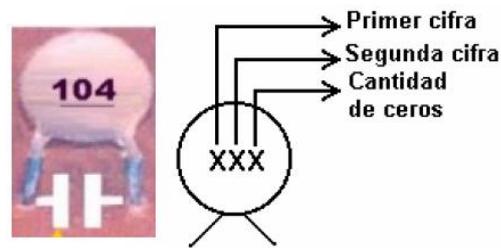


Figura 3.8 Esquema del capacitor cerámico [11]

- **Capacitores electrolíticos.** Los capacitores electrolíticos poseen polaridad. Es decir, se deben colocar en la plaqueta teniendo en cuenta su posición correcta. El signo menos indica la pata de polaridad negativa, que corresponde con el lado largo de la serigrafía como lo muestra la siguiente foto

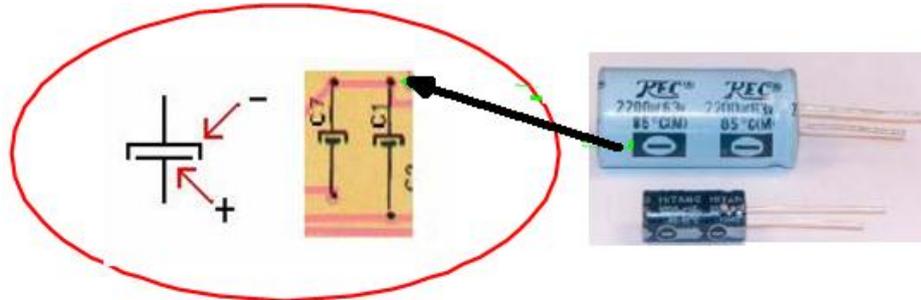


Figura 3.9 Esquema del capacitor electrolítico [11]

- **Capacitores de tantalio.** Los capacitores de tantalio son del tipo electrolítico, y por ende poseen polaridad. Esto quiere decir que es importante al momento de soldarlo a la placa colocarlo en la correcta posición.

La polaridad generalmente se indica mediante una línea (en forma de “L”) y en su extremo dibujado el signo “+”



Figura 3.10 Esquema del capacitor de tantalio [11]

3.3.4 Reguladores de voltaje [11]

La familia 78xx y 79xx son una gama de integrados dedicados a la regulación de voltaje, hay muchas variables: regulables, fijos, de tensión positiva o negativa.



Figura 3.11 Esquema del regulador de voltaje [11]

En la figura vemos un típico integrado regulador de tensión, a pesar que es parecido a un transistor, estos son circuitos integrados. Tenemos los puntos E, entrada de la fuente de alimentación; T, tierra y S, salida regulada. El "78", nos indica que es un regulador positivo (existe la serie "79" que regula negativamente); XX nos indica a que voltaje regulará.

Tipo de Regulador	Tensión en Volt	
	Mínima	Máxima
7805	7	25
7806	8	25
7808	11	25
7810	13	28
7812	15	30
7815	18	30
7818	21	33
7822	25	36
7824	27	38

Figura 3.12 Tipos de reguladores de voltaje [11]

3.3.5 Microcontroladores [12]

3.3.5.1 Introducción

Los microcontroladores son computadores digitales integrados en un chip que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa,

una memoria para almacenar datos y puertos de entrada salida. A diferencia de los microprocesadores de propósito general, como los que se usan en los computadores PC, los microcontroladores son unidades autosuficientes y más económicas. El funcionamiento de los microcontroladores está determinado por el programa almacenado en su memoria. Este puede escribirse en distintos lenguajes de programación. Además, la mayoría de los microcontroladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces.

3.3.5.2 Arquitectura básica

Aunque inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann, en el momento presente se impone la arquitectura Harvard. La arquitectura de Von Neumann se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control). La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes una, que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias.

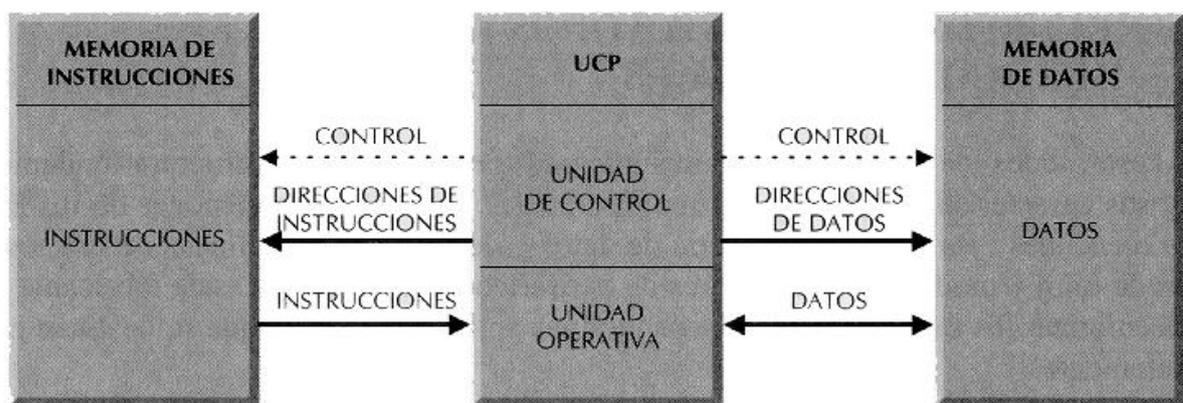


Figura 3.13 Arquitectura de los microcontroladores PIC [12]

La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes para datos y para instrucciones, permitiendo accesos simultáneos. Los microcontroladores PIC responden a la arquitectura Harvard, el cual resulta ser el más indicado para nuestra aplicación en específico.

3.3.5.3 Partes

- **El procesador o UCP.** Es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código OP de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado.
- **Memoria.** En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos. Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales: No existen sistemas de almacenamiento masivo como disco duro o disquetes. Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la memoria ROM, sólo hay que almacenar un único programa de trabajo. La RAM en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la ROM. Los usuarios de computadores personales están habituados a manejar Megabytes de memoria, pero, los diseñadores con microcontroladores trabajan con capacidades de ROM comprendidas entre 512 bytes y 8 k bytes y de RAM comprendidas entre 20 y 512 bytes. Según el tipo de memoria ROM que dispongan los microcontroladores, la aplicación y utilización de los mismos es diferente.
- **Puertas de Entrada y Salida.** La principal utilidad de las patitas que posee la cápsula que contiene un microcontrolador es soportar las líneas de E/S que comunican al computador interno con los periféricos exteriores. Según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

- **Reloj principal.** Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema. Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o una red R-C. Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones pero lleva aparejado un incremento del consumo de energía.

3.3.5.4 Características

Son diseñados para disminuir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la CPU, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación. El control de un electrodoméstico sencillo como una batidora, utilizará un procesador muy pequeño (4 u 8 bit) por que sustituirá a un autómata finito. En cambio un reproductor de música y/o vídeo digital (mp3 o mp4) requerirá de un procesador de 32 bit o de 64 bit y de uno o más Códec de señal digital (audio y/o vídeo). El control de un sistema de frenos ABS (Antilock Brake System) se basa normalmente en un microcontrolador de 16 bit, al igual que el sistema de control electrónico del motor en un automóvil.

3.3.6 Osciladores a Cristal de Cuarzo [12]

Los osciladores de cristal son circuitos osciladores de retroalimentación, A los cristales se les llama a veces resonadores de cristal y son capaces de producir frecuencias precisas y estables para contadores de frecuencias, sistemas electrónicos de navegación, transmisores y receptores de radio, televisores, video cassetas, relojes para sistemas de computación, y muchas otras aplicaciones.

La cristalografía es el estudio de la forma, estructura, propiedades y clasificación de los cristales. La cristalografía trata con redes, uniones, y el comportamiento que tienen las partes del cristal que han sido cortadas en varios ángulos con relación al eje del cristal. Las propiedades mecánicas de las redes

de cristal les permiten exhibir el efecto piezoeléctrico. Las secciones de los cristales que han sido cortadas y pulidas vibran cuando se aplican los voltajes en componente de alterna a través de sus caras. Las dimensiones físicas de un cristal, particularmente su grosor, dónde y cómo se cortó, determinan sus propiedades eléctricas y mecánicas.

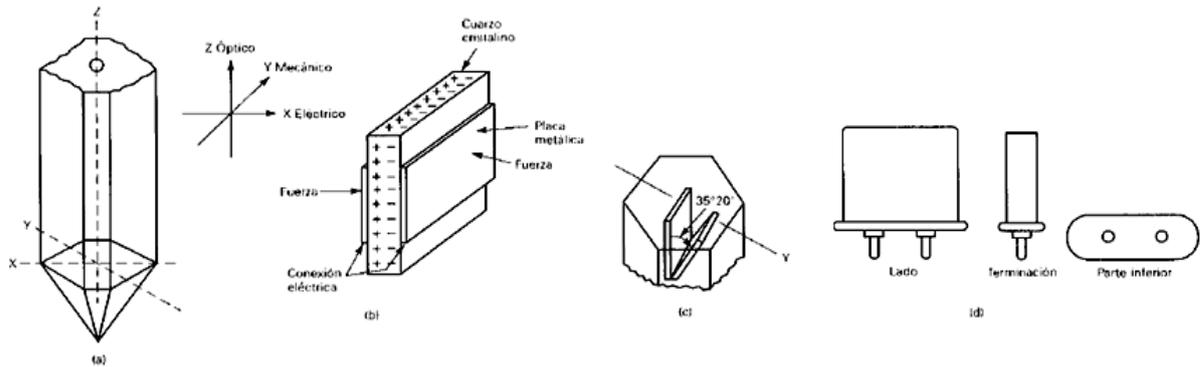


Figura 3.14 Representación de un cristal de cuarzo [12]

Para incrementar la frecuencia de la vibración de un cristal de cuarzo, la sección de cuarzo tiene cortes más delgados. Esto impone una limitación física obvia; entre más delgada sea la sección, es más susceptible de ser dañada y se vuelve menos útil. Aunque el límite práctico para osciladores de cristal de modo fundamental es aproximadamente de 30 MHz, es posible operar un cristal en modo de sobretono. En el modo de sobretono, se utilizan las vibraciones relacionadas armónicamente que ocurren simultáneamente con las vibraciones fundamentales. En el modo de sobretono el oscilador se sintoniza para operar en tercera, quinta, séptima, o hasta en novena armónica de la frecuencia fundamental del cristal. Las armónicas se llaman sobretonos porque no son verdaderas armónicas. Los fabricantes pueden procesar los cristales de tal manera que un sobretono sea mejorado más que otros. El uso del modo de sobretono incrementa a 200 MHz el límite de uso de los osciladores de cristal estándar.

3.4 Descripción de los circuitos electrónicos

Para la generación de las señales requeridas para el BCECU, será necesario recurrir no solo a la simulación de circuitos, de una manera física mediante la utilización de protoboards, donde los circuitos podrán ser probados. También será necesaria la utilización de software especializado, para

este proyecto en específico se recurrió al software PROTEUS 7 Professional, con su herramienta de diseño de circuitos ISIS 7 Professional. En el cual se llevara a cabo la simulación y digitalización de los circuitos que se pretende diseñar, realizando así la fase experimental de diseño.

3.4.1 Generación de señales pulsantes

3.4.1.1 Simulación de la señal CKP

Para la simulación de la señal de este sensor es necesario profundizar en el análisis de la onda que genera este sensor, que como ya se estudio es una señal de tipo sinusoidal que genera valores específicos de frecuencia y amplitud. Estos valores están determinados en la Tabla 2.10

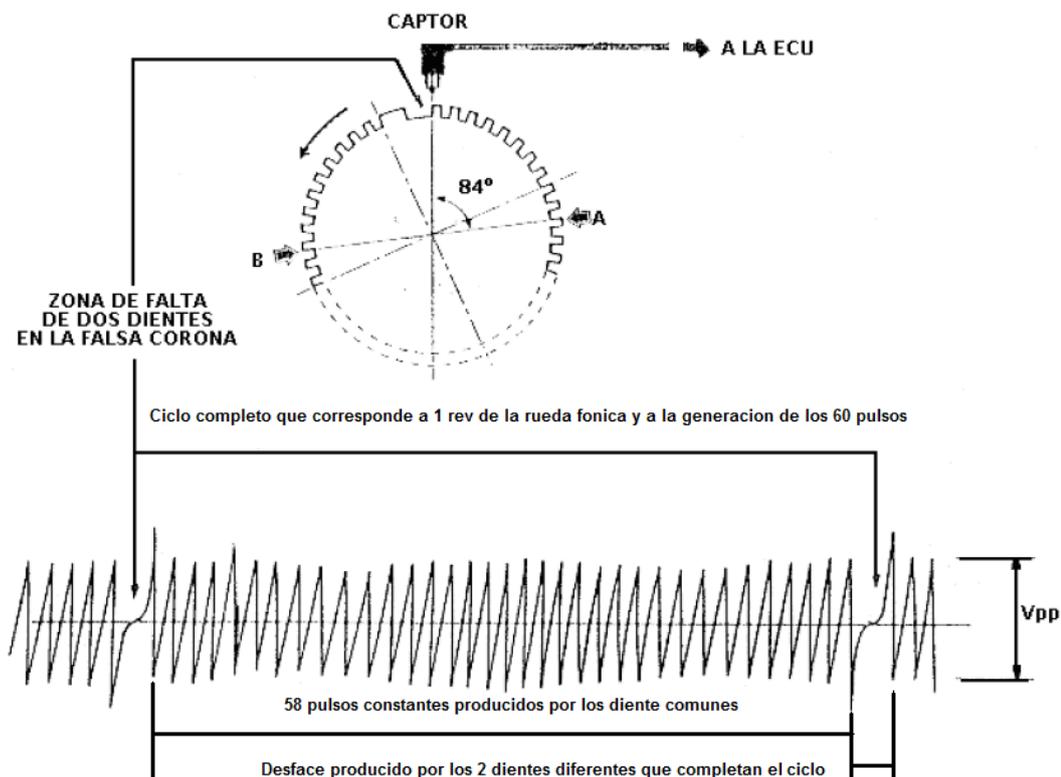


Figura 3.15 Descripción de la forma de onda del sensor CKP [4]

De la Figura 3.15 concluimos que esta onda genera un número constante de 58 pulsaciones producidas por los dientes de la rueda, con un desfase correspondiente a 2 dientes con lo que se completa un ciclo de giro o una revolución, el aumento de la frecuencia representa la aceleración que se produce en el vehículo.

Entonces para conseguir una señal similar en primer lugar necesitamos generar los pulsos, lo que conseguiremos a través de la programación del PIC 16F628A, del cual aprovecharemos las salidas 1, 17 y 18 para la generación de la onda, el código de programación utilizado para este fin estará disponible en el ANEXO 2.

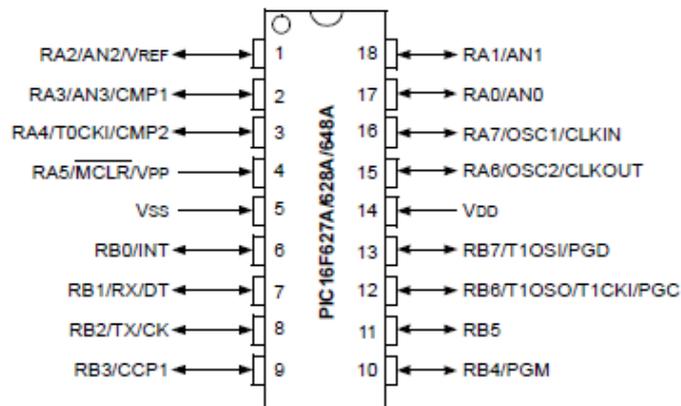


Figura 3.16 Esquema del PIC 16F628A [13]

Este microcontrolador tendrá la misión de generar la señal digital representando al sensor CKP antes mencionada y descrita, a través de la implementación de un circuito oscilador por cristal de cuarzo, que trabajara en conjunto con el microcontrolador y mediante un arreglo de resistencias conseguiremos las amplitudes requeridas.

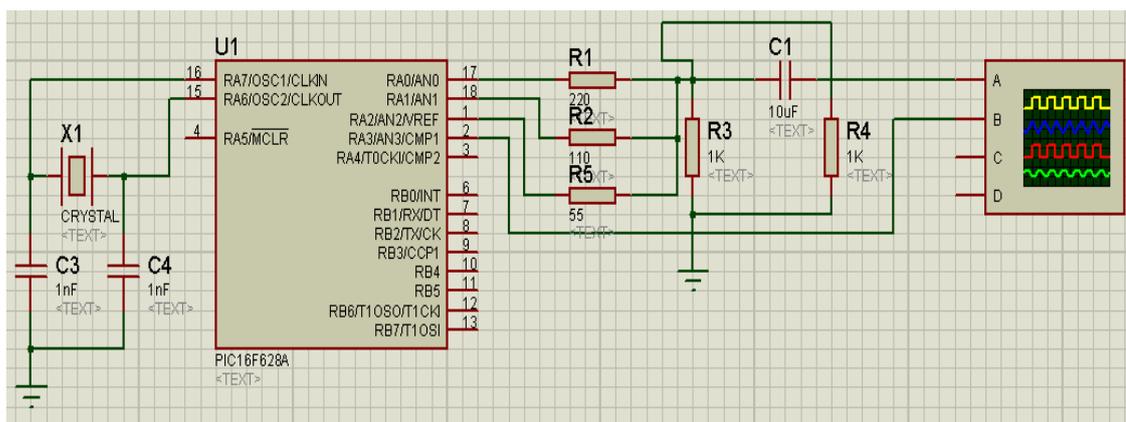


Figura 3.17 Esquema del circuito eléctrico del generador de señal pulsante

Una vez que el circuito ha sido simulado procedemos verificar que la generación de la señal pulsante esté siendo generada de una manera idónea para que posteriormente pueda ser manipulada para la generación de la onda principal.

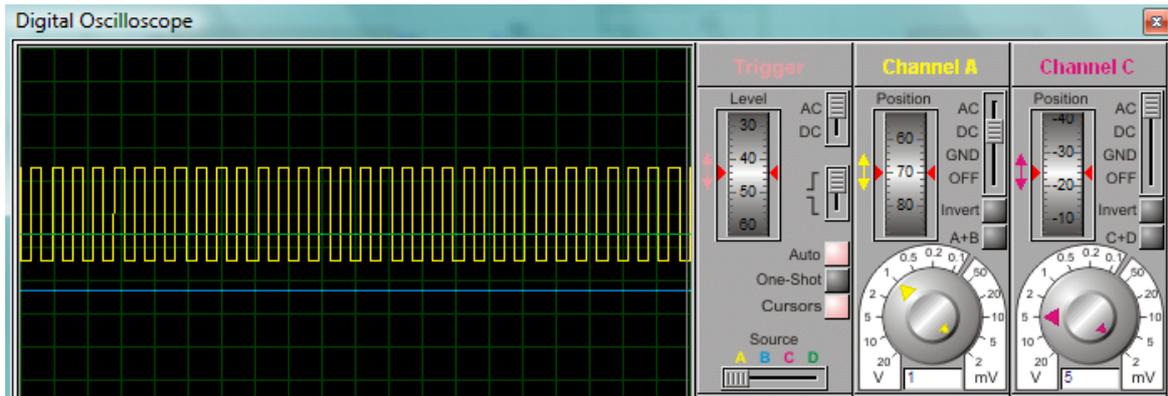


Figura 3.18 Verificación del circuito eléctrico generador de señal pulsante

Una vez que hemos conseguido la generación de pulsos a la frecuencias y amplitudes requeridas es momento de generar el desfase característico de la onda del sensor CKP, lo que será posible a través de la programación de un contador de pulsos el que se encargara de realizar el conteo de los 58 dientes constantes y producir una repetición del pulso en bajo que caracterizara al diente, durante dos ciclos, una vez que se ha realizado este conteo correspondiente a los 60 dientes de la rueda fónica, el contador deberá reiniciar el ciclo para producir una onda constante.

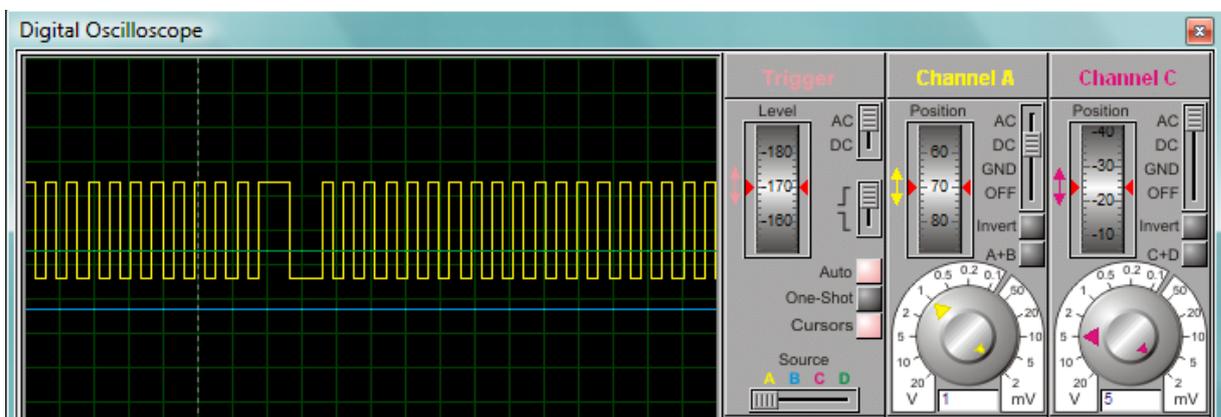


Figura 3.19 Verificación del circuito eléctrico generador de la señal CKP

Es necesario recalcar que la onda que estamos generando es una onda de tipo digital, q a diferencia de la onda original que produce un sensor CKP de tipo inductivo es analógica, lo que implicaría contar con un circuito rectificador de onda, para producir una onda similar, en este punto cabe recordar que como se estudio anteriormente, la ECU toma la señal analógica del sensor CKP y la filtra a través de un convertidor analógico digital para obtener la onda característica que ya se ha conseguido

mediante la simulación, es decir la señal que estamos generando es la misma que obtiene la ECU después de filtrar la señal enviada desde el sensor, por la unidad de conversión analógico-digital.

La programación del PIC 16F628A, se realizó utilizando el lenguaje de programación "C". Además como este microcontrolador estará gobernado por un software de control para la modificación de sus parámetros de funcionamiento, en este caso la variación de frecuencia de la señal que se ha generado, el circuito debe ser complementado con un integrado RS485 el que se encargara de realizar la comunicación entre los PIC's que serán utilizados con el servidor de comunicación.

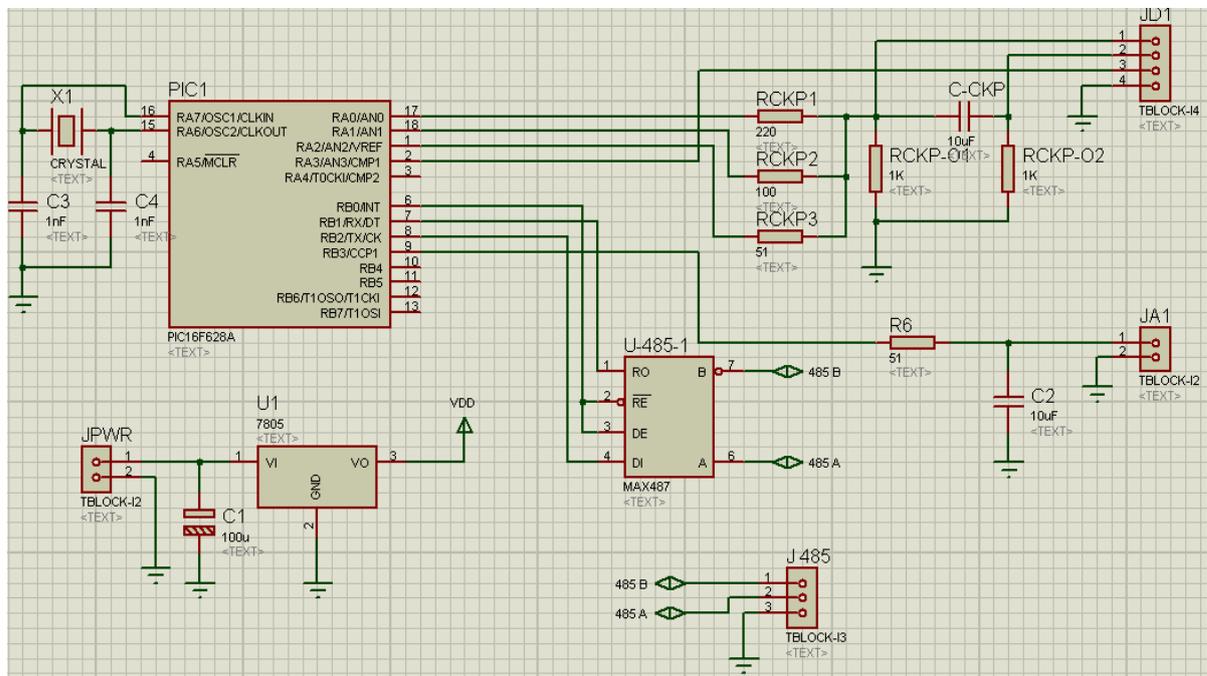


Figura 3.20 Esquema del circuito eléctrico generador de la señal CKP completo

3.4.1.2 Simulación de la señal CMP

Para la generación de esta señal de igual manera es necesario realizar un análisis más detallado de la onda que genera este sensor, la cual es una onda de tipo cuadrática producida por el sensor tipo efecto HALL, de la misma manera esta señal trabaja con valores de frecuencia y amplitud enlistados anteriorente, pero existe un criterio que requiere un análisis especial, se trata de una relación muy estricta que existe entre el sensor CMP y el sensor CKP.

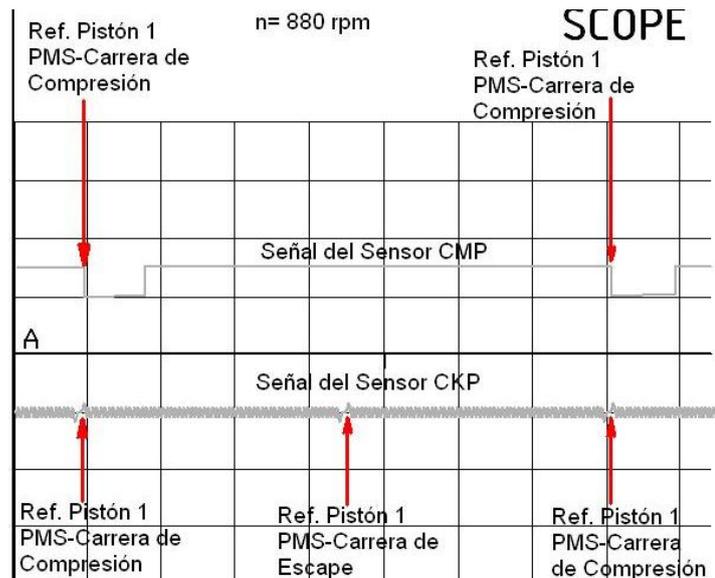


Figura 3.21 Descripción de la relación entre la señal CKP y CMP [4]

En la Figura 3.21 podemos observar la interacción entre las señales entregadas por el sensor CKP o de posición del cigüeñal y la del sensor CMP o de posición del árbol de levas. Como sabemos, el árbol de levas gira a la mitad de revoluciones que el cigüeñal, esta referencia se utiliza para informar a la computadora cuando el pistón del cilindro N°1 se encuentra en PMS y al final de la carrera de compresión. Cada ciclo del motor se realiza en 2 giros del cigüeñal, es decir este gira 720° para completar las 4 fases (admisión, compresión, expansión y escape). Durante este periodo, el pistón realiza 2 carreras ascendentes hacia el PMS (Punto Muerto Superior) y dos carreras descendentes hacia el PMI (Punto Muerto Inferior), la referencia del rotor del cigüeñal es percibida por el sensor CKP como se indicó anteriormente, y ésta juntamente con la referencia del sensor CMP, informan a la computadora que el pistón del cilindro N°1 se encuentra al final de la fase de compresión, instante en el cual debe producirse la ignición de la mezcla aire- combustible. Esta interacción entre las dos señales permite sincronizar tanto el encendido como la apertura de los inyectores en la fase de admisión en cada cilindro.

Una vez que se ha tomado en cuenta estos parámetros, digitalizaremos esta señal realizando la programación en el PIC 16F628A, utilizaremos el mismo microcontrolador que se está generando la señal CKP pero utilizaremos la salida o el puerto numero 2.

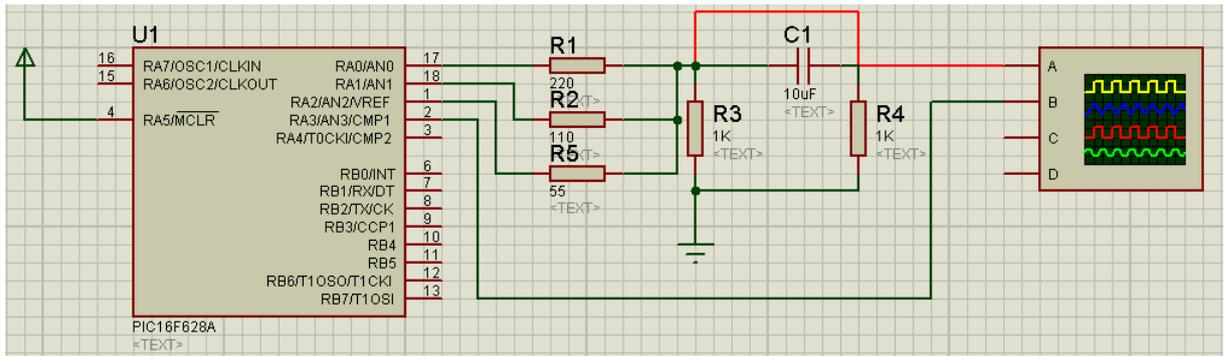


Figura 3.22 Esquema del circuito eléctrico del generador de señal CMP

En este caso no se requiere generar niveles de amplitud diferentes ya que los picos de onda son constantes, por lo que no requiere de un arreglo de resistencias, de igual manera esta señal utiliza el mismo circuito oscilador por cristal de cuarzo, y la variación de frecuencia está dada mediante la programación realizada, la misma que esta especificada en el ANEXO 2.

Después de realizar la simulación del circuito se verifica el tipo de onda que estamos obteniendo.

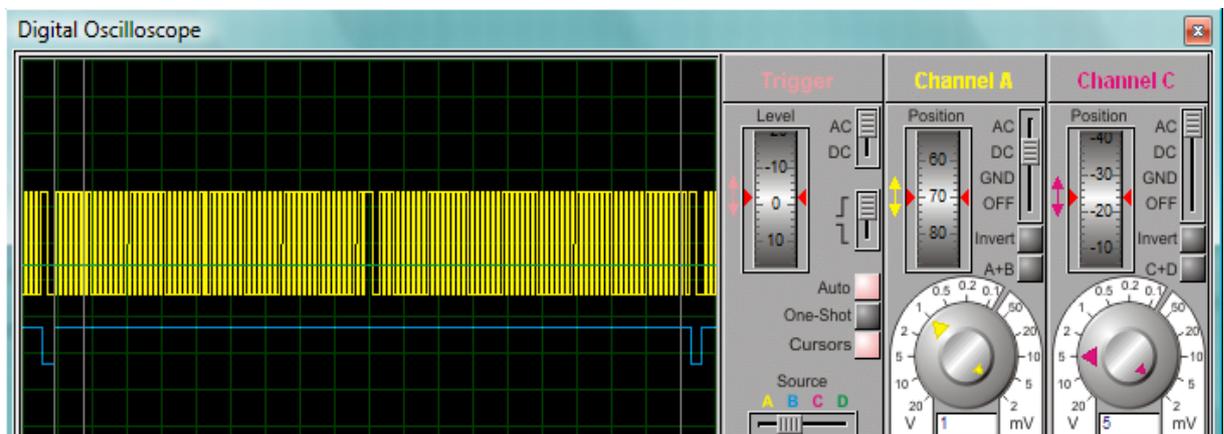


Figura 3.23 Verificación del circuito eléctrico generador de las señales CKP y CMP

Como se puede apreciar en figura la onda obtenida a través del contador programado es la señal requerida, la manipulación de esta señal la realizará el software de control el cual se encargará de la variación de la frecuencia, además posibilitará el adelanto o retraso del diente como lo hace el sistema de inyección para el control del adelanto o retraso del encendido. Al estar incluida la programación en el mismo PIC 18F628A el control lo realizará el integrado RS485 utilizado en el circuito de la Figura 3.20, en conclusión este circuito será el encargado de la generación de las señales pulsantes.

3.4.2 Generación de señales por variación de tensión

Las señales por variación de tensión las utilizaremos principalmente para la simulación de las señales de los sensores de gestión de el motor, es decir las señales de los sensores TPS, MAP, IAT y ECT, los cuales si bien tienen principios de funcionamiento y usos distintos, todas las señales resultantes son una variación de tensión que oscila de acuerdo al sensor desde 0.3 v, hasta un valor máximo de 4.7 v, estos valores tendrían que ser programados uno a uno tomando en cuenta distintos parámetros de funcionamiento del motor como su régimen de giro, carga y temperatura de operación.

Teniendo en cuenta esto y al tratarse de un equipo de comprobación que soportara distintos modelos de ECU, se optó por utilizar una variación de tensión general que tendrá rangos límites de entre 0 y 5 voltios, que son los valores de voltaje mínimo y máximo que pueden llegar a alcanzar estos sensores en su tope de funcionamiento, con lo que se podrá generar toda la gama de variaciones de tensión requeridas para cada sensor y cada modelo de ECU, a través una configuración abierta que tendrá cada señal simulada la cual será programable a través del software de control.

Para la simulación de esta señal por variación de tensión se utilizara el PIC 16F876A, el cual nos provee de 2 de salidas analógicas por los puertos 12 y 13, en nuestro caso necesitamos 4 salidas de tipo analógicas así que utilizaremos dos PIC's de este tipo, además aprovecharemos la salida analógica que nos provee el PIC 16F628A por medio del puerto 9, para la creación de estas 4 señales.

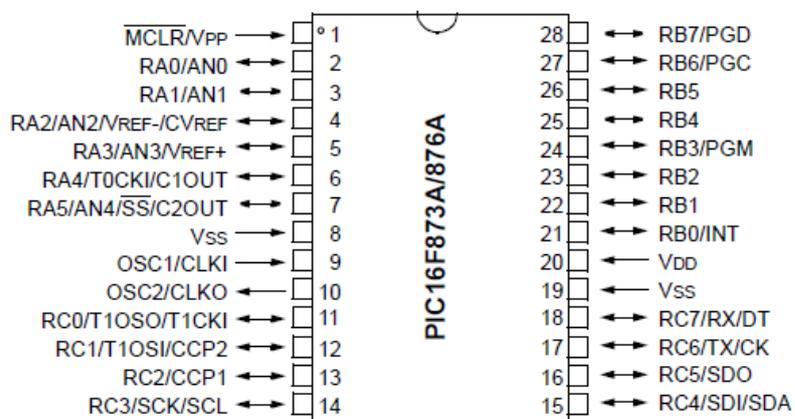


Figura 3.24 Esquema del PIC 16F876A [14]

La variación del voltaje será realizada por la modulación de ancho de pulso PWM, de las salidas asignadas, se utilizara un registro de datos de 10 bits es decir el ciclo de trabajo (duty cycle) tendrá registros correspondientes de 0% en 0 y 100% en 1023, estos registro serán convertidos a valores de voltaje haciendo la siguiente referencia.

Para un registro de 0 = 0 voltios

Para un registro de 1023 = 5 voltios

Estos valores serán obtenidos a través del ciclo de trabajo (Duty cycle), utilizando el promedio de la parte en alto o encendido del ciclo para obtener los distintos valores de voltaje.

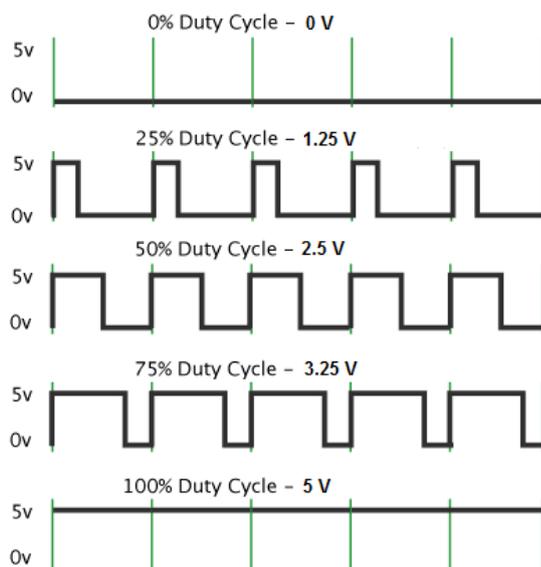


Figura 3.25 Descripción de la modulación por ancho de pulso PWM

Esta señal PWM será convertida posteriormente a una señal analógica a través de la adición de un circuito que actuara como filtro pasa-bajos, lo que convertirá esta señal digital en una señal analógica continua, además utilizaremos el circuito oscilador por cristal de cuarzo para generar la frecuencia de la señal PWM, la manipulación de estas señales estarán a cargo del software de control, por lo que se utilizara un integrado RS485 que hará factible la comunicación del PIC con el servidor de comunicación, además la secuencia de programación del PIC 16F876A está indicada en el ANEXO 2

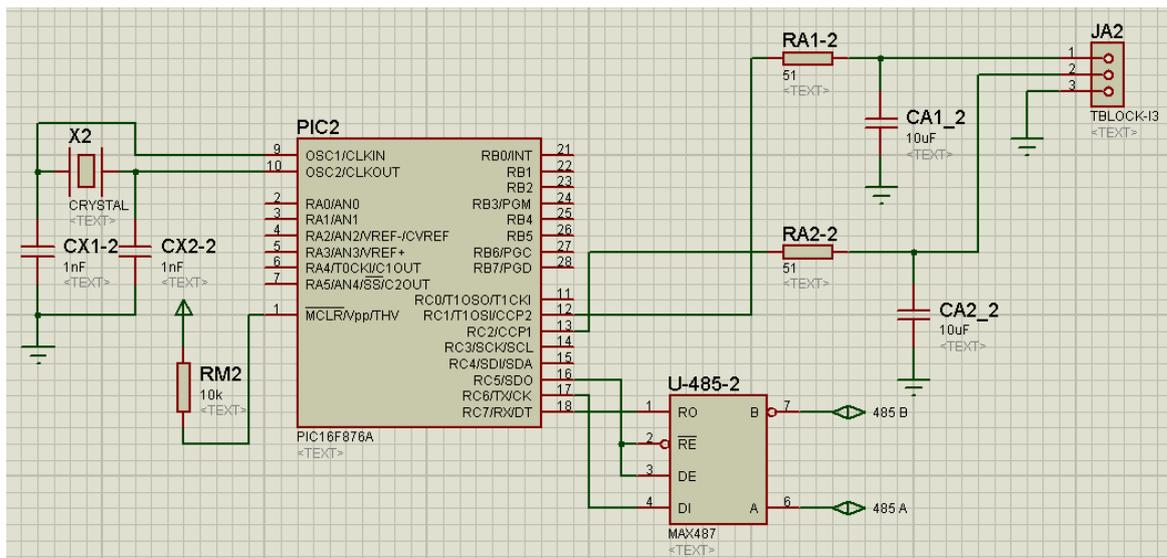


Figura 3.26 Esquema del circuito eléctrico generador de señales por variación de tensión

Con la simulación del circuito completa realizamos una prueba de verificación de voltajes a las salidas asignadas.

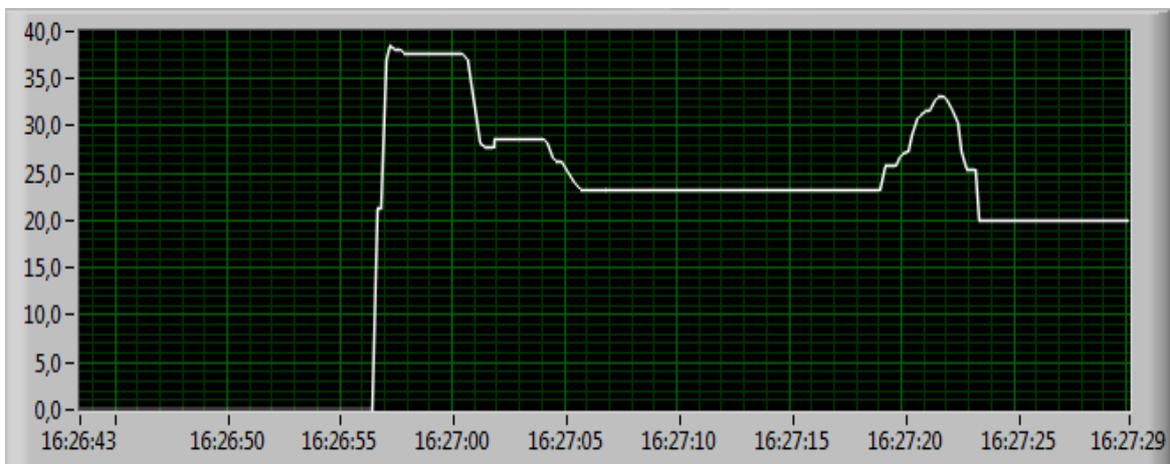


Figura 3.27 Verificación del circuito eléctrico generador de señales por variación de tensión

3.4.3 Diseño del circuito de retroalimentación de datos

Existe la necesidad de realizar una verificación de las señales que la ECU este emitiendo, una vez que esta ha sido puesta en operación, con este objetivo diseñaremos un circuito que nos permita comprobar estos pulsos, principalmente los emitidos para los sistemas de inyección y encendido, utilizando el PIC 16F876A el cual ya ha sido descrito anteriormente, se realizará la programación de una secuencia descrita en el ANEXO 2, la cual se encargará de realizar el conteo de los pulsos

emitidos por los sistemas mencionados en un determinado tiempo, este conteo servirá para determinar el ancho de pulso que conlleva cada una de estas señales. Ya que el PIC 16F876A solo nos ofrece la posibilidad de utilizar dos puertos con salidas analógicas provenientes de los pines 12 y 13, solamente estaremos en capacidad de realizar la medición de los pulsos de un inyector y una bobina, datos que sean suficientes para tenerlos como referencia en cuanto a la actuación del sistema de inyección.

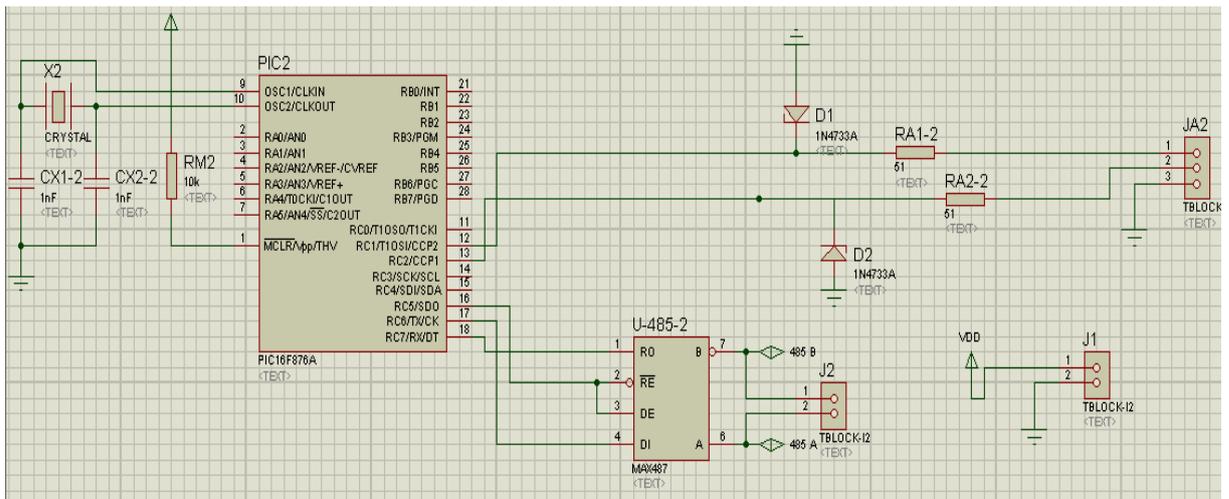


Figura 3.28 Esquema del circuito eléctrico de retroalimentación de señales

3.4.4 Diseño del circuito de comunicación

La comunicación del BCECU con una PC para el manejo del software de control, es un aspecto importante a tomar en cuenta en el diseño del circuito principal, para este propósito se utilizó un servidor cuya característica principal es la de convertir la comunicación SERIAL a una comunicación USB, ya que este tipo de comunicación es la más aconsejable a utilizarse en nuestro equipo puesto que de esta manera le damos la versatilidad y la portabilidad que este requiere para ser utilizado en cualquier PC de escritorio portátil, optimizando así el uso de equipo de diagnóstico abarcando un aspecto importante en el diseño..

La comunicación USB entre el servidor y la PC estará a cargo del PIC 18F2450, mediante los puertos 15 y 16 del PIC mencionado.

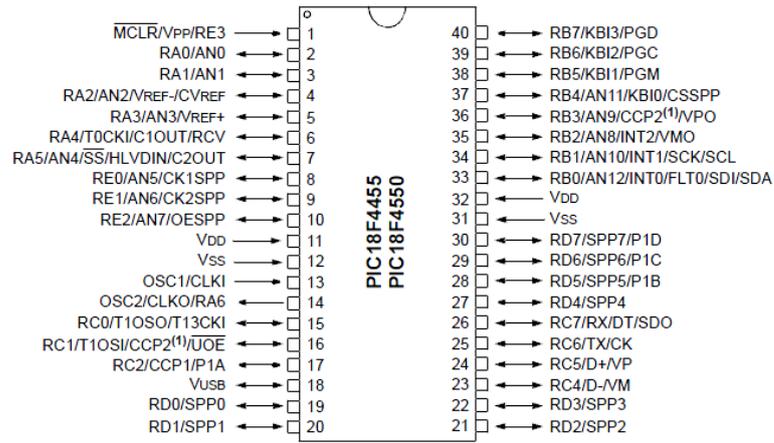


Figura 3.29 Esquema del PIC 18F2450 [15]

El sistema utilizado es una comunicación a dos hilos, donde los dos puertos están encargados de recibir y transmitir datos en niveles 485, estos datos enviados al PIC son transmitidos a través de la cadena de integrados RS485.

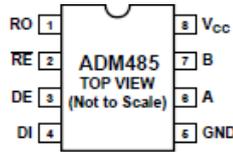


Figura 3.30 Esquema del integrado RS485 [16]

Este integrado se encarga de convertir los niveles 485 de comunicación USB, en niveles TTL de comunicación serial.

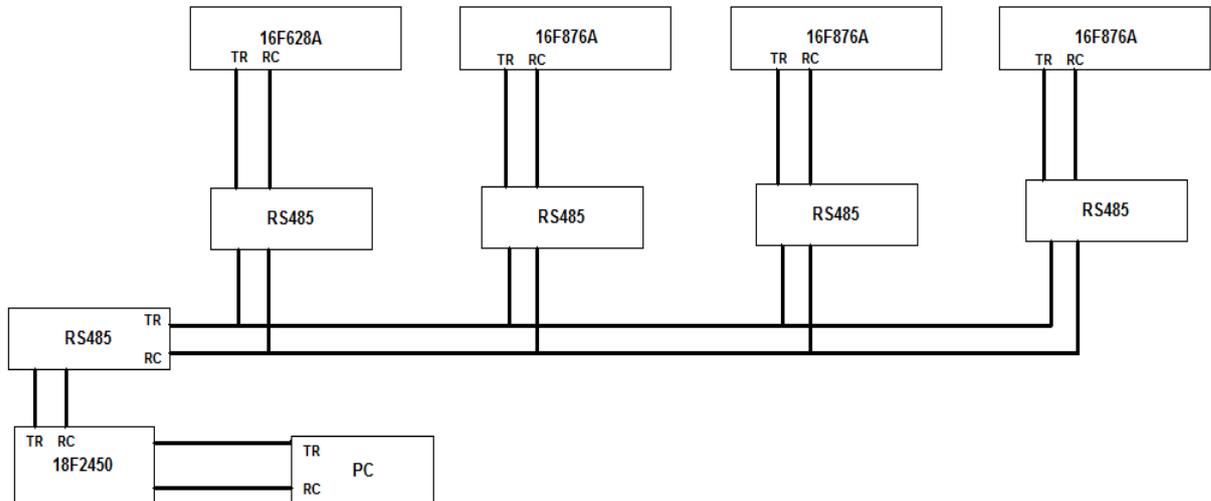


Figura 3.31 Esquema de la comunicación entre los PIC's con el servidor

Una vez que se ha esquematizado el circuito de comunicación es necesario realizar la simulación para verificar su funcionamiento.

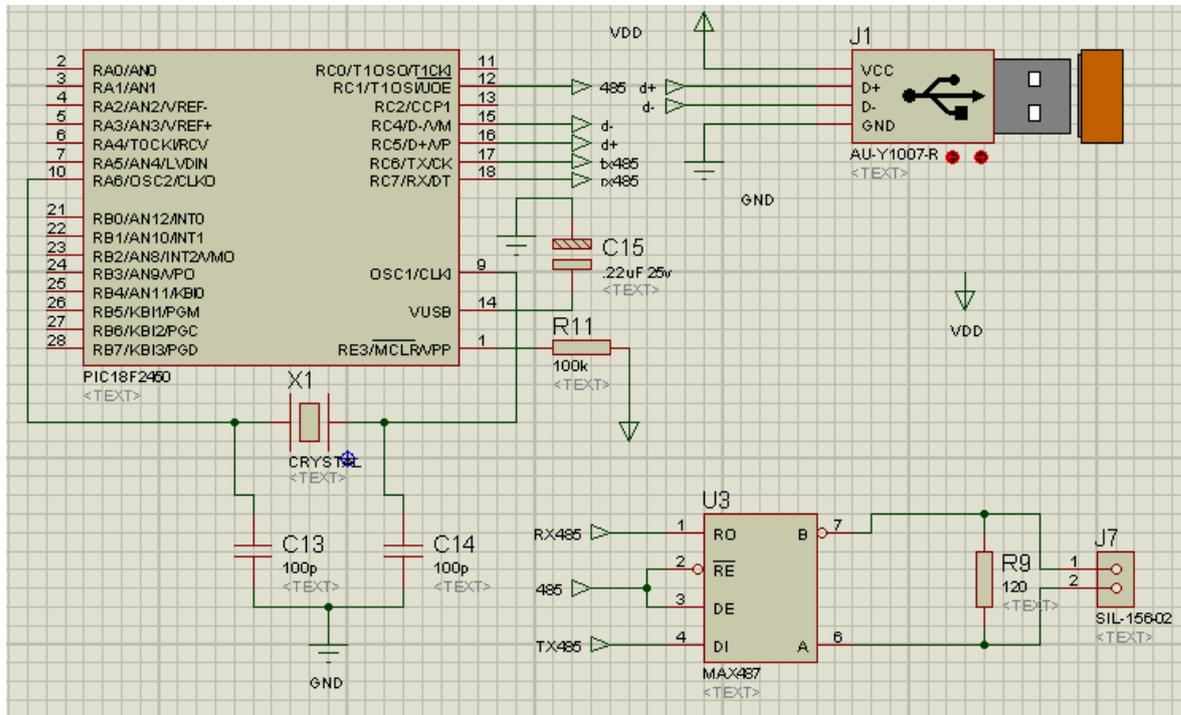


Figura 3.32 Esquema de circuito eléctrico del servidor de comunicación

3.4.5 Diseño del circuito de alimentación de tensión

Una vez que se han diseñado todos los circuitos eléctricos necesarios para el funcionamiento del BCECU, se ha observado la necesidad de contar con una fuente de alimentación de tensión, lo cual será suministrado a través de un regulador de voltaje de tipo comercial, el cual aprovechando el suministro de tensión de la red domestica, y por un transformador nos facilite los valores de voltaje que requerimos que están comprendidos en valores de 5 y 12 voltios, estos valores alimentaran a las placas de los circuitos que se han diseñado, pero es necesario recalcar que estos componentes no serán los únicos que requieran alimentación de tensión, también se requiere energizar la ECU que requiera ser comprobada para que esta pueda entrar en operación simulando un circuito básico de alimentación y además es necesario contar con voltaje para energizar los elementos ilustrativos, en representación de los actuadores básicos con los que contara nuestro BCECU, en este caso representados por medio de diodos LED.

Tomando en consideración estos requerimientos se realizó el diseño del circuito eléctrico de alimentación de tensión, el cual consta en primer lugar de una protección del circuito de 12 V, por medio de un fusible en caso de cortos o una mala conexión en el BCECU. Seguido se realizó un circuito básico de alimentación en el cual se ha ubicado dos relevadores principales que tendrán la misión de controlar los LED ilustrativos de bomba de combustible y alimentación de tensión principal, también se ha dejado tomas libres de tensión y tierra las cuales se utilizarán para energizar la ECU y por último terminales libres de tensión y tierra acompañados de resistencias que limitarán el voltaje ya que estas se utilizarán para los LED ilustrativos en representación de distintos actuadores, los cuales pueden ser controlados por pulsos positivos o negativos para su activación.

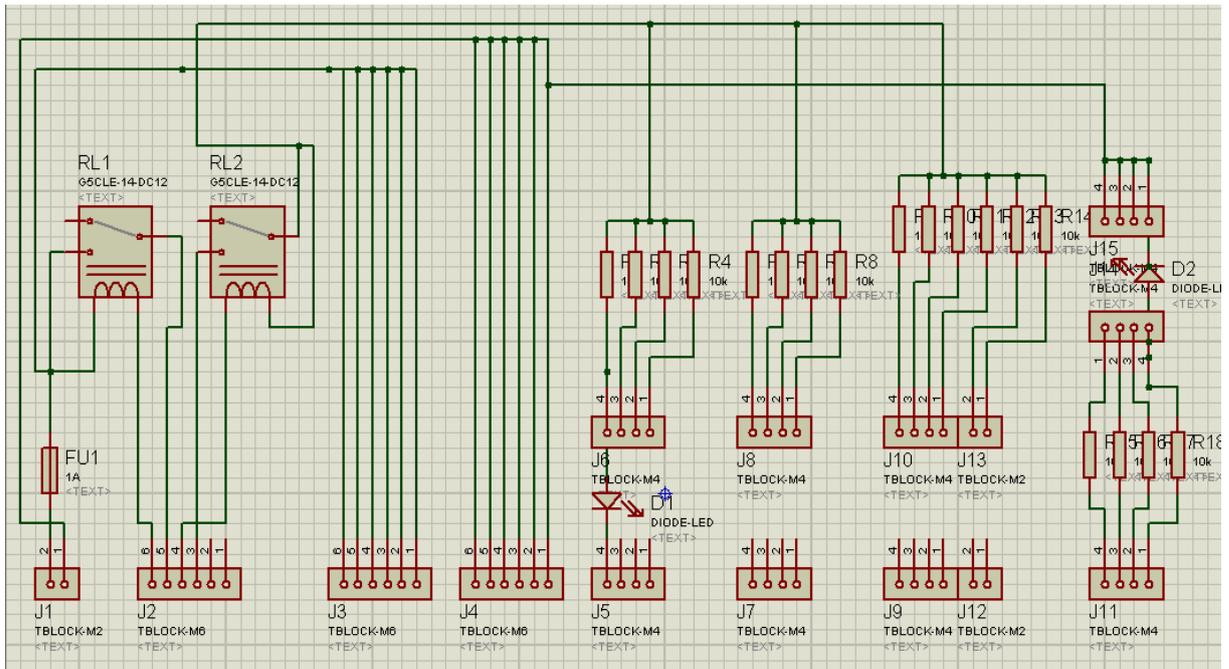


Figura 3.33 Esquema de circuito eléctrico de alimentación de tensión

3.5 Desarrollo del Software de control

Para la elaboración de nuestro software de control del BCECU, se ha utilizado el programa de NATIONAL INSTRUMENTS, LABVIEW 8.5, el cual nos permite realizar de una manera eficaz trabajos de adquisición, control, análisis y presentación de datos. LABVIEW es una interfaz poderosa

entre el mundo real y la PC permitiéndonos una comunicación fácil entre esta última y los periféricos utilizados en la creación del software.

En referencia a las funciones que debe desempeñar nuestro software de control podemos resaltar las siguientes características principales.

- Soportar la comunicación USB con el BCECU, para realizar el control de los microcontroladores que han sido programados con las distintas señales.
- Establecer una configuración inicial de los parámetros de funcionamiento de los sensores a través de un sistema que nos permita modificar los valores de voltajes en relación con los principios físicos de funcionamiento. Además el sistema deberá ser capaz de almacenar estos datos de funcionamiento para poder utilizarlos en cualquier instancia.
- Operar en las señales que están siendo generadas por los microcontroladores, a través de controladores gráficos que permitan ajustar el desempeño de las mismas.
- Mostrar el desempeño de la operación de las señales a través de un graficador tipo osciloscopio que permita la visualización en tiempo real, de las variaciones.

Una vez esquematizado las ideas principales de operación, utilizando las distintas herramientas de programación del software LABVIEW, se utilizo un cuadro de dialogo principal de selección por pestañas en el que se realizo la programación de cuatro cuadros secundarios para la utilización del software.

- Configuración.
- Operación.
- Graficas
- Medición

Aquí se programaron las diferentes acciones tomando en cuenta un orden secuencial de pasos para que, la puesta en marcha y el manejo del software resulten de una manera, fácil y eficiente. Los diagramas de la conformación de la programación de los distintos operadores gráficos y los

visualizadores de las formas de onda que fueron utilizados, están descritos en el ANEXO 3 del informe final de este proyecto.

3.5.1 Configuración

En esta ventana se priorizo la verificación de la comunicación efectiva entre el BCECU y la PC, es decir aquí podemos verificar que al realizar la conexión del servidor de control, por medio de una conexión USB hacia la PC, la transmisión y recepción de datos sea correcta.

Como segundo paso para la configuración inicial se agrego una opción de configuración de datos acerca de los parámetros de funcionamiento del modelo específico de ECU hacer verificado en el BCECU.

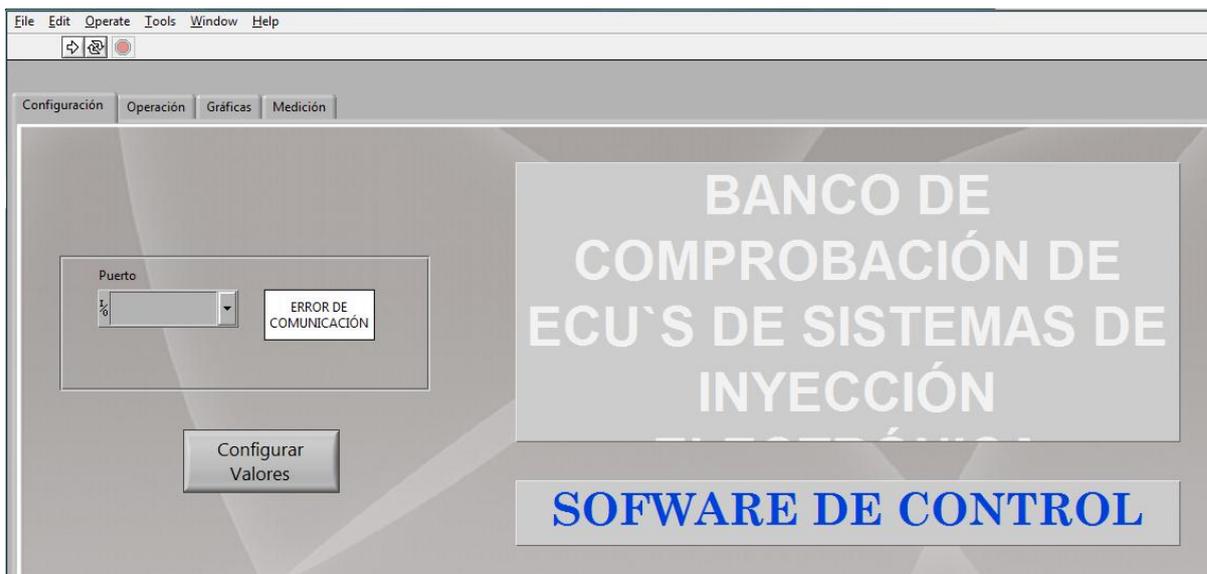


Figura 3.34 Presentación general de la ventana “Configuración”

La configuración del puerto de comunicación está representada por una pestaña desplegable en la cual a través de la configuración de un puerto VISA de adquisición y envío de datos. Podemos visualizar los puertos USB disponibles en la PC y seleccionar el puerto que se ha configurado para la comunicación, además se agrego la opción de reinstaurar el puerto de comunicación a través de la opción “Refresh” que configurara la comunicación cada vez que se conecte el BCECU, ya que una vez que se ha desconectado por defecto los microcontroladores quedan programados con los últimos datos

de funcionamiento. El estado de la comunicación está representado en el cuadro de texto contiguo que indica la etapa en la que se encuentra la conexión y si esta es correcta.



Figura 3.35 Descripción del estado de la comunicación

Para la configuración de datos, en esta ventana se realizó la programación del botón “Configurar Valores”. El cual es el encargado de desplegar el siguiente cuadro de dialogo.

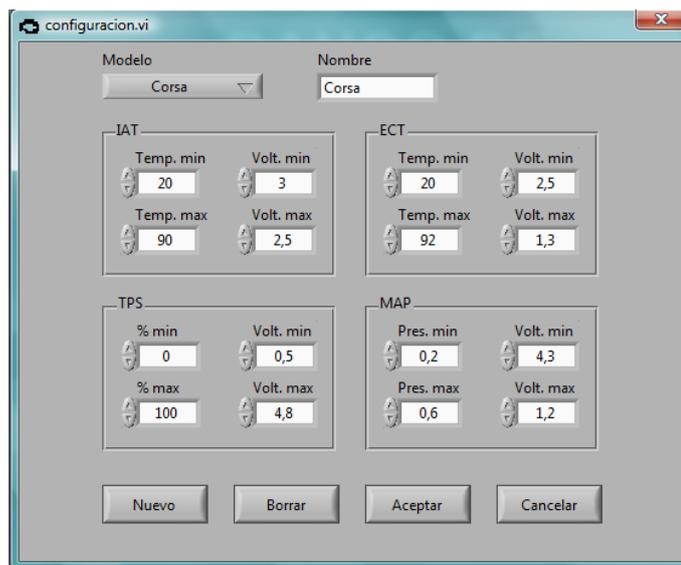


Figura 3.36 Descripción del cuadro de dialogo de configuración de valores

El cuadro de dialogo está programado en primera instancia para guardar los rangos de voltajes con sus correspondientes magnitudes físicas las cuales deben ser proporcionales a los datos de actuación de los sensores en funcionamiento de los modelos de vehículos fijados en la sección anterior, ya que los datos varían dependiendo del modelo del vehículo, cabe recalcar que los valores de voltaje de acuerdo a la programación de los microcontroladores no puede exceder el límite de 5v. El botón “Nuevo” es el encargado de generar una nueva matriz de datos, los cuales deben ser ingresados en los cuadros de texto según se van requiriendo, estos serán utilizados posteriormente por los

controladores numéricos asignados a cada sensor los cuales se encargaran de mostrar estos valores. La matriz de datos queda completamente guardada al pulsar el botón “Aceptar”.

La pestaña desplegable titulada como “Modelo” es la encargada de mostrar las matrices de datos que se van almacenando permitiéndonos visualizar el titulo principal del modelo que se ha guardado, el cual al ser cargado incluirá automáticamente los rangos de valores que se han configurado, esta matriz o modelo puede ser eliminada de la base de datos por medio del botón “Borrar” o simplemente podemos cancelar la adquisición o programación de datos a través de el botón “Cancelar” el cual cumple con esta función desplegando los datos que están cargados por defecto y cerrando automáticamente el cuadro de dialogo.

2.5.2 Operación

Esta ventana fue programada para realizar el control y la variación de las señales que se están generando a través de los microcontroladores las cuales representan a los sensores principales de gestión del motor CKP, CMP, IAT, ECT, TPS, MAP. Las cuáles serán las encargadas de poner en funcionamiento las ECU.

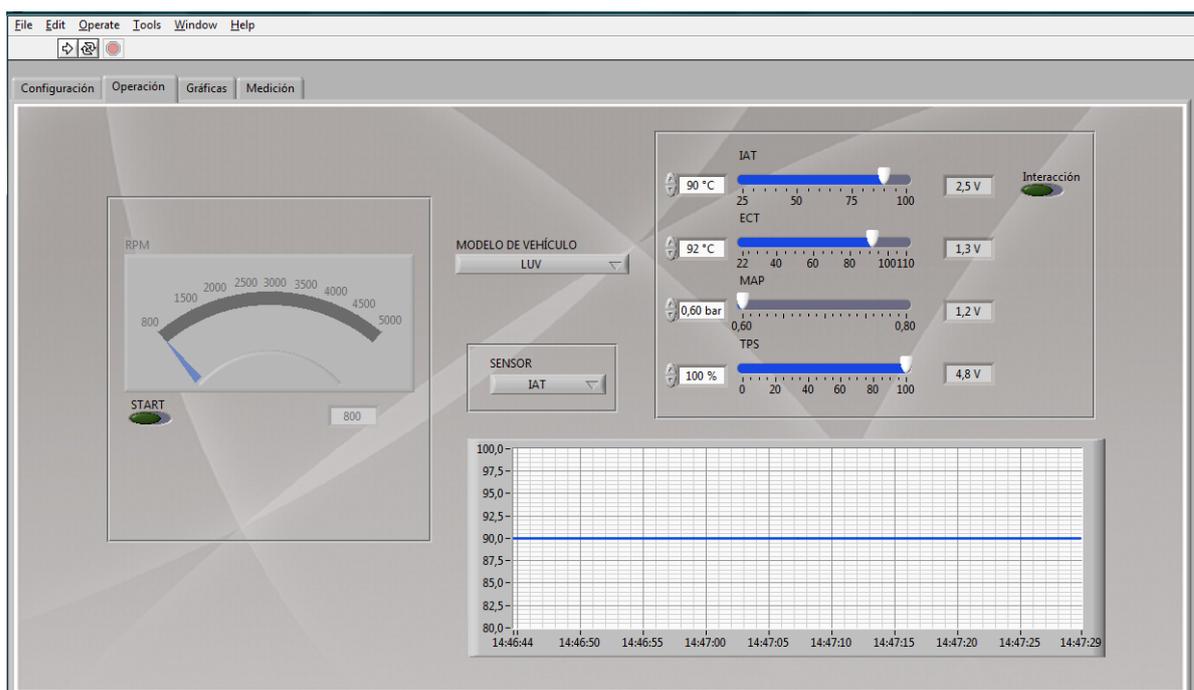


Figura 3.37 Presentación general de la ventana “Operación”

La primera función que cumple esta ventana es la controlar las señales pulsantes que están programadas en el microcontrolador asignado para los sensores CKP y CMP, lo que pondrá en operación a la ECU que este siendo verificada, al mencionar el control de estas señales hacemos referencia estrictamente a la variación de la frecuencia de estas ondas lo que simulara un aumento o disminución del régimen de giro del motor, para el efecto se ha asignado un controlador numérico titulado “RPM” el cual a través de la programación de un puerto VISA se encarga de realizar la variación de frecuencia de las dos señales.

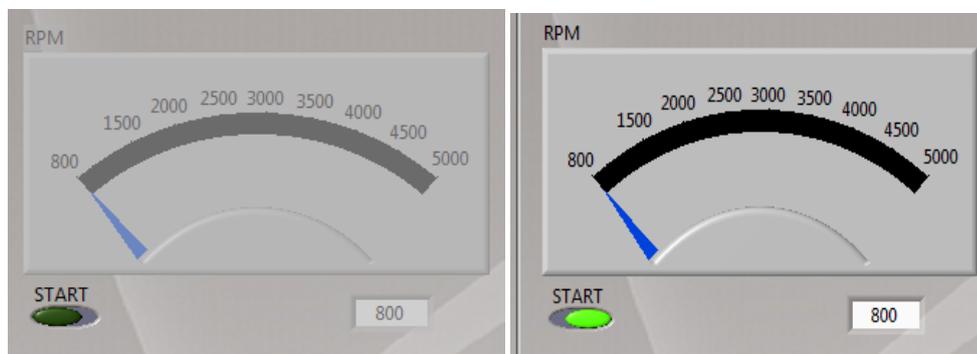


Figura 3.38 Descripción de los controladores gráficos de control de revoluciones

Este controlador numérico esta a su vez gobernado por un controlador booleano titulado “START”. El cual es el encargado de generar la onda de CKP y CMP a una frecuencia que representaría un régimen de giro de 800 RPM, al ser activado. Es decir este controlador genera una frecuencia de 0 al estar desactivado lo que representaría un régimen de giro de 0 o un motor apagado y al ser activado genera una frecuencia referente a un régimen de ralentí promediado en 800 RPM, a partir de este punto es posible la variación de la frecuencia hasta un régimen referente de 5000 RPM, la programación permite utilizar cualquier valor comprendido en este rango, el cual es representado en un cuadro de texto adjunto los dos controladores anteriores indican el valor en RPM automáticamente mientras se realiza cualquier variación.

La segunda función que cumple esta ventana es la de controlar las señales por variación de tensión que se están generando a través de los PIC’s asignados para los sensores IAT, ECT, TPS y MAP. Para el fin requerido se ha asignado controladores numéricos a cada una de las 4 señales por variación de tensión.

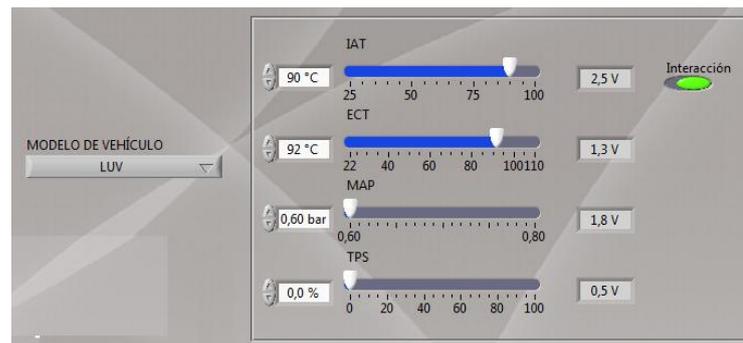


Figura 3.39 Descripción de los controladores gráficos para las señales por variación de tensión

Los controladores numéricos para cada sensor, están desplegados horizontalmente y en su escala esta graduada los rangos de las magnitudes físicas a las que representan, a la izquierda de cada controlador se ha desplegado un cuadro de texto en el cual se genera de forma automática la medida que adquiere la magnitud en relación a la posición que ha adquirido el controlador, este valor es solamente una referencia acerca de la proporcionalidad que debería existir entre el voltaje de salida y la magnitud a la que representa, de la misma forma se ha desplegado a la derecha otro cuadro de texto donde se indica el voltaje real que estaríamos obteniendo a la salida de cada microcontrolador de acuerdo a la variación del controlador numérico asignado para cada uno de los sensores.

Los valores límite que adquiere el controlador numérico, en cuanto a las magnitudes físicas y voltajes de salida para cada sensor, son tomados de la matriz generada en la ventana anterior por medio de la configuración de valores, estos datos se encuentran cargados en la programación de esta ventana a través de la pestaña desplegable titulada “MODELO DE VEHÍCULO” en la cual están enlistadas todas las matrices que se han guardado y pueden ser ejecutadas.

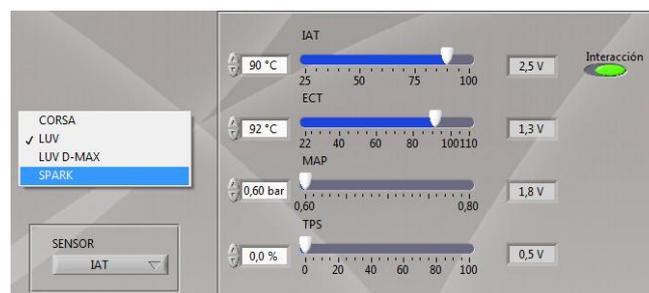


Figura 3.40 Descripción del controlador desplegable para la selección de modelos

En conjunto con los controladores numéricos se ha programado un controlador booleano titulado como “Interacción”. Este controlador cumple una función interactiva que consiste en anclar el funcionamiento de los controladores “MAP” y “TPS” con el controlador “RPM”, representando la variación proporcional que existe entre el aumento del régimen de giro del motor, representada por la variación del CKP, con la aceleración representada por el sensor del TPS y el cambio de la presión en el múltiple de admisión representado por el sensor MAP es decir estas tres señales son directamente proporcionales y al lograr un funcionamiento en conjunto de estas supondríamos una condición real de operación de la ECU que se encuentre en verificación. Tomando en cuenta esta opción, se considero conveniente la representación grafica de las señales por variación de tensión utilizando un visualizador de formas de onda, el cual está controlado por una pestaña desplegable titulada “SENSOR” donde podemos escoger la señal del sensor que requiera se visualizado para el efecto.



Figura 3.41 Descripción del visualizador de formas de onda de las señales por variación de tensión

2.5.3 Graficas

En esta ventana se priorizo la visualización de las señales pulsantes que estamos generando para los sensores CKP y CMP, ya que al reproducir estas dos señales simultáneamente será posible la apreciación de una función especial, que fue programada en la generación de la onda del sensor CMP, para simular el comportamiento real de esta señal emulando condiciones de altitud y carga del motor.

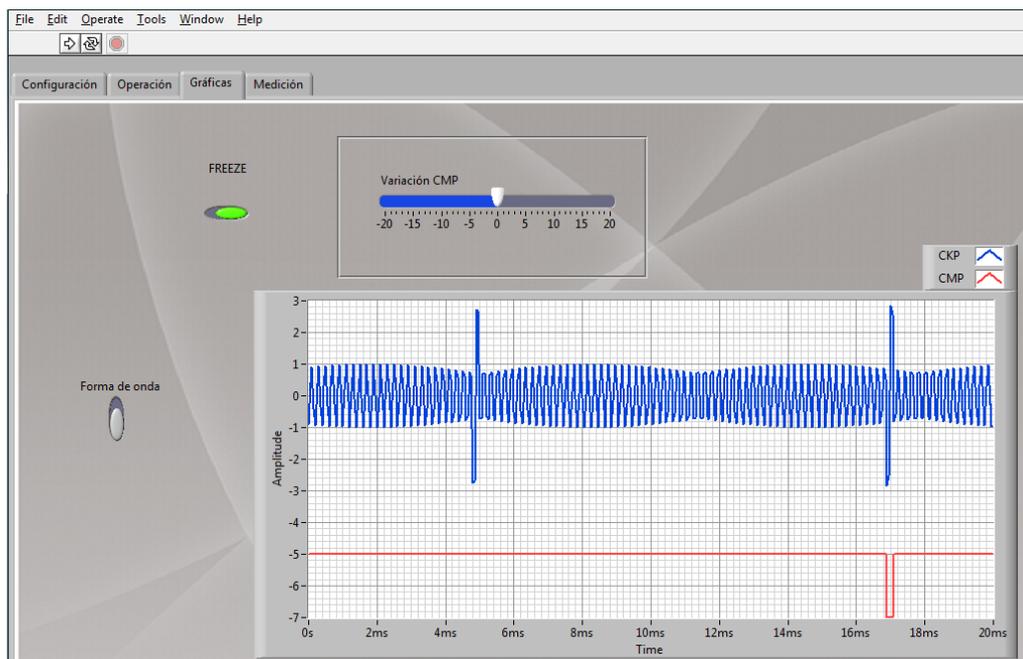


Figura 3.42 Presentación general de la ventana “Gráficas”

Por medio de la programación de un controlador numérico titulado “Variación CMP”. Ha sido posible conseguir el desplazamiento del diente característico de la forma de onda de este sensor, que como ya se ha mencionado coincide con el desfase de la onda del sensor CKP una vez que este realiza dos ciclos de trabajo es decir cada 720° , este desplazamiento es logrado mientras la onda esa siendo generada, emulando así el adelanto o el retraso a el encendido que se produce en un motor por diferentes condiciones ya enmarcadas. El desplazamiento de este diente está limitado a valores de $\pm 20^\circ$ en relación al desplazamiento angular del árbol de levas.

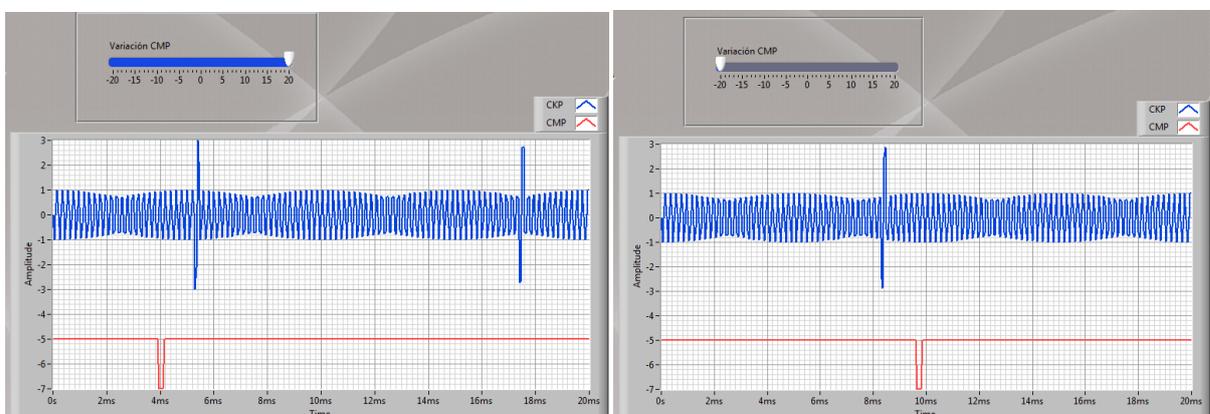


Figura 3.43 Descripción del visualizador de formas de onda de las señales CKP y CMP

Adicionalmente en esta ventana se realizó la programación de un controlador booleano titulado como “FREEZE” el cual cumple la función fundamental de un osciloscopio automotriz, permitiéndonos realizar una congelación de datos para una mejor visualización.

Otro controlador booleano programado en esta ventana titulado como “Forma de Onda” tiene la misión de variar la amplitud o el pico de voltaje que se genera en el desfase de la onda para el sensor CKP, es decir a través de este controlador realizaremos un ligero ajuste en la forma de onda, de amplitudes iguales en la generación de todos los pulso se puede obtener una amplitud ligeramente más elevada en el desfase de la onda.

3.5.4 Medición

En esta ventana concluimos lo que podríamos llamar un diagnostico completo de una ECU, realizando una retroalimentación de datos emitidos por la unidad que este siendo comprobada e ingresándolas a nuestro software para su verificación y medición.

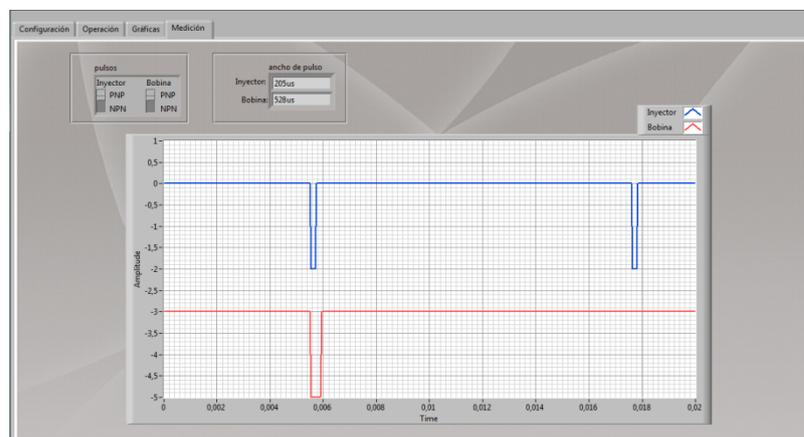


Figura 3.44 Presentación general de la ventana “Medición”

Los datos que retroalimentamos al BCECU provenientes de la ECU, son los contemplados en nuestro esquema principal, es decir los datos concernientes a los pulsos de inyección y de bobinas. Estos pulsos son digitalizados por el microcontrolador asignado, el cual se encarga de enviar esta información a nuestro software, donde son mostrados a través de un visualizador de formas de onda,

adicionalmente a través de la programación de cuadros de texto correspondientes a “Inyector” y “Bobina” se textualista la duración del ancho de pulso que tienen cada una de estas señales.

Adicionalmente se realizó la programación de dos controladores booleanos denominados “Inyector” y “Bobina” los cuales dependiendo de su posición, utilizan una programación diferente hecha en el microcontrolador, para interpretar si el pulso que están recibiendo por parte de la ECU, proviene de la activación de un transistor del tipo PNP o NPN, lo que obviamente generará una lectura diferente de datos, esta condición debe ser corregida por esta variación en la programación, de no hacerse culminaría en una representación errónea de la medición del ancho de pulso de cualquiera de estos dos actuadores.

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE

4.1 Diseño digital de circuitos impresos

Una vez que los circuitos electrónicos de las distintas placas que serán utilizadas para el BCECU, han sido completamente simulados y verificados, es momento de realizar el diseño digital de los circuitos impresos, los cuales serán la base para la construcción de las placas electrónicas. Para este fin utilizaremos un software especializado en el tema, en nuestro caso el programa PROTEUS 7 Professional, el cual posee una herramienta informática para el diseño de estos circuitos impresos, mediante el programa ARES 7 Professional.

Para el ensamblaje final, se requerirán cuatro placas utilizando los circuitos eléctricos antes ya descritos, a estas placas se las ha denominado de acuerdo a las funciones que desempeñaran cada una de ellas, de la siguiente manera:

- Placa de control
- Placa de comunicación
- Placa de medición
- Placa de alimentación de tensión

4.1.1 Circuito impreso de la placa de control

La placa electrónica a la cual hemos denominado “placa de control” será la encargada de contener los microcontroladores, programados de generar las señales simuladas, de los distintos sensores previamente estudiados, para la puesta en marcha de las ECU que se requiera verificar. Así que en este componente se incluirán los microcontroladores que contienen los circuitos electrónicos de generación de señales pulsantes y señales por variación de tensión. De esta manera las señales principales estarán siendo emitidas por medio de esta placa electrónica a través de las salidas que serán ubicadas de acuerdo a la facilidad que nos brinde el diseño.

Una vez que se ha realizado el circuito eléctrico pertinente, a través del software especializado el diseño final es mostrado en la siguiente figura.

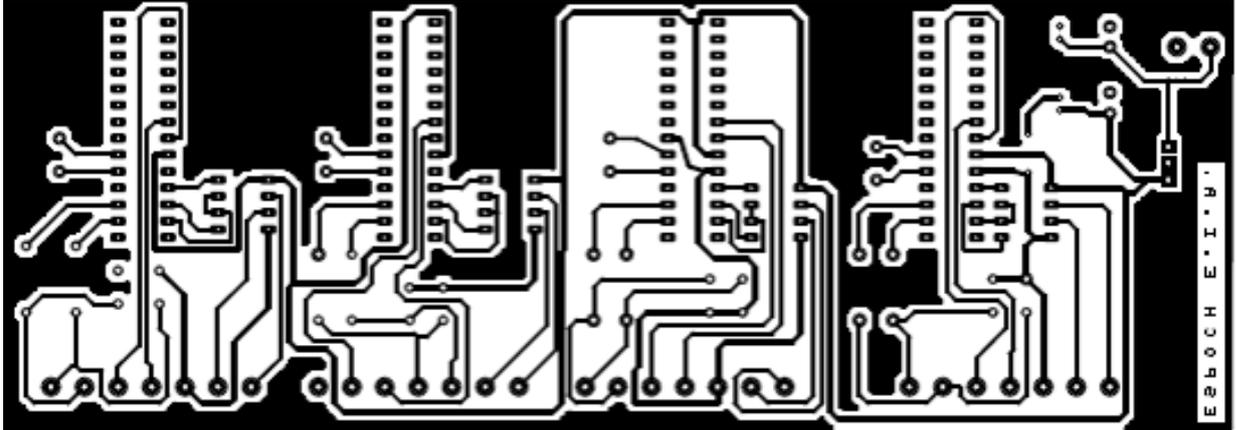


Figura 4.1 Diseño final del circuito impreso de la placa de control

Es necesario realizar una proyección en 3D del circuito impreso diseñado, el cual nos permitirá verificar la ubicación de todos los elementos electrónicos que se utilizara en la elaboración de esta placa, confirmando la ubicación de los mismos y descartando posibles interferencias entre ellos, lo que podría afectar el desempeño de la placa y generar un desgaste prematuro de los componentes, por lo anteriormente mencionado nuestra proyección es mostrada en la siguiente figura.

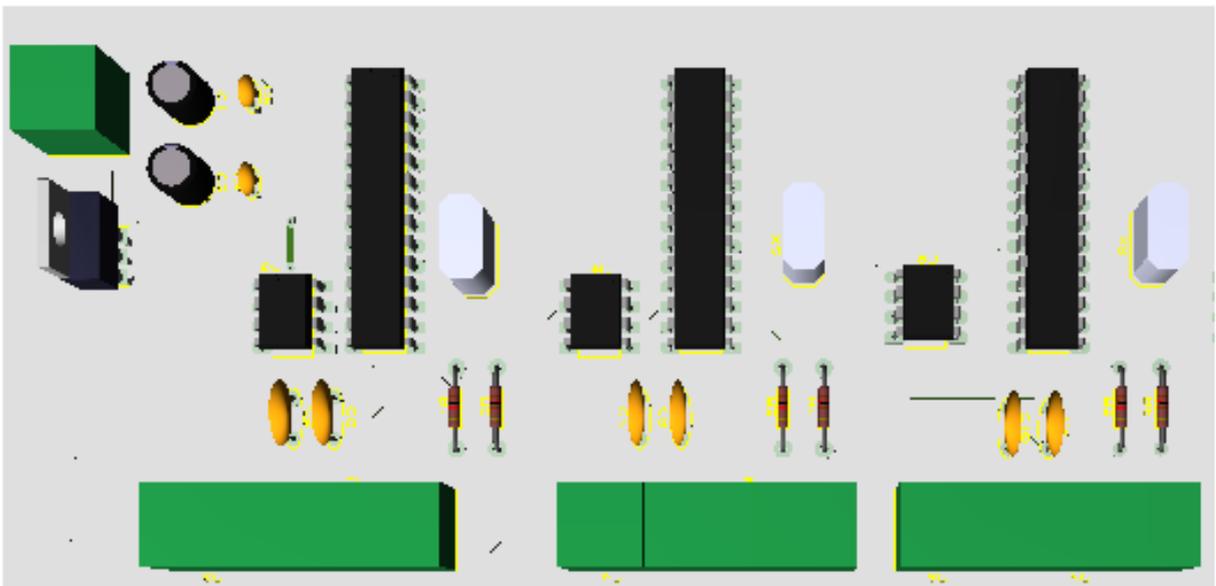


Figura 4.2 Proyección final del circuito impreso de la placa de control

Los componentes electrónicos que serán utilizados en la elaboración de esta placa, están enlistados en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Elementos electrónicos utilizados en la placa de control

Elemento:	Cantidad:	Característica:
Microcontrolador	1	16F628A-Microchip
Microcontrolador	2	16F876A-Microchip
Integrado	3	RS 485
Integrado	1	7805 5V
Zócalo	3	8 Pines
Zócalo	2	28 Pines
Zócalo	1	18 Pines
Oscilador de cristal	1	20 MHz
Capacitor cerámico	6	22 pF
Capacitor electrolítico	6	10 uF 1.6V
Capacitor electrolítico	1	100uF 10V
Resistencia	2	10 K Ω
Resistencia	5	0.47 K Ω
Resistencia	1	47 Ω
Resistencia	1	120 Ω
Resistencia	1	220 Ω
Resistencia	2	1.2 K Ω
Bornera	4	2 Salidas
Bornera	3	3 Salidas

4.1.2 Circuito impreso de la placa de comunicación

La placa de comunicación cumple una función importante en el diseño de nuestro BCECU, puesto que esta es la encargada de realizar la transmisión y recepción de datos entre la placa de control y el software de control, una característica principal que consta el diseño de esta placa en que se utiliza una comunicación del tipo SERIAL-USB, para los cual se programo el microcontrolador descrito anteriormente, el cual en conjunto con la cadena de integrados 485, realizan función de comunicación para el control de los microcontroladores de generación de señales. Siendo esta placa la encargada de

realizar la conexión entre el BCECU y la PC, es necesario considerar el puerto de comunicación USB a utilizarse, en cuestión de accesibilidad y ubicación hacia este. Una vez que se han considerado todas las características, el diseño final del circuito impreso que se ha obtenido, por medio del software especializado, es mostrado en la siguiente figura.

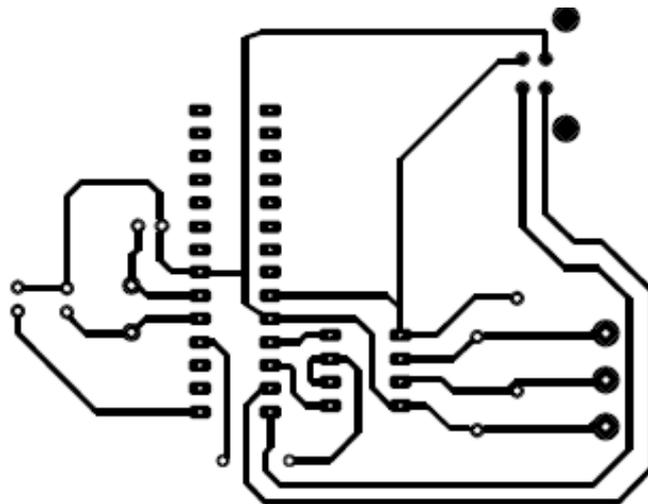


Figura 4.3 Diseño final del circuito impreso de la placa de comunicación

De la misma forma es necesario realizar una proyección en 3D del diseño final, con lo cual descartamos cualquier problema de interferencias entre componentes, además comprobamos la ubicación de los mismos y en especial del puerto USB el cual debe brindar accesibilidad total para la conexión, el resultado es mostrado en la siguiente figura.

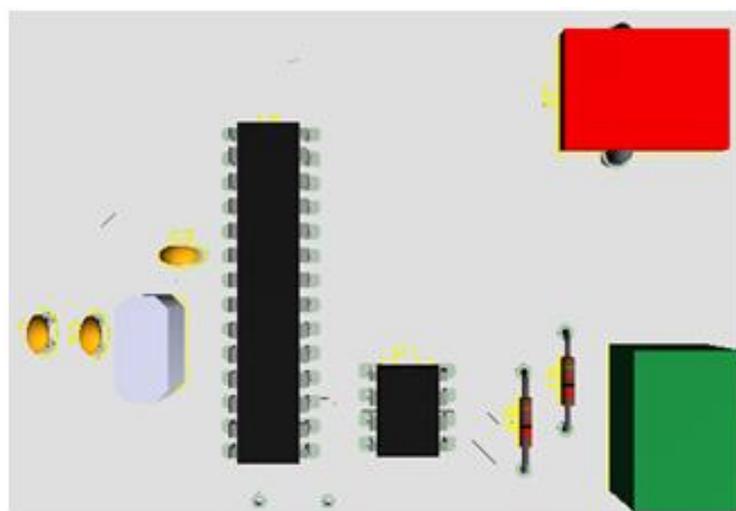


Figura 4.4 Proyección final del circuito impreso de la placa de comunicación

Los componentes electrónicos que serán utilizados en la elaboración de esta placa, están enlistados en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Elementos electrónicos utilizados en la placa de comunicación

Elemento:	Cantidad:	Característica:
Microcontrolador	1	18F2450-Microchip
Integrado	1	RS 485
Zócalo	1	8 Pines
Zócalo	1	28 Pines
Oscilador de cristal	1	20 MHz
Capacitor cerámico	2	22 pF
Capacitor electrolítico	1	0.47 uF 50V
Resistencia	2	2.2 K Ω
Resistencia	1	10 K Ω
Bornera	1	3 Salidas
Conector USB	1	Tipo "B" hembra

4.1.3 Circuito impreso de la placa de medición

Esta placa es la encargada de realizar la retroalimentación de datos hacia el software de control, una vez que la ECU entre en operación, los datos en cuanto al ancho de pulso de bobina e inyector son tomados por el microcontrolador programado en conjunto con el circuito eléctrico previamente diseñado, es necesario recalcar que se diseñó una placa individual para este fin ya que de haberla incluido en la placa de control donde se encuentran todos los microcontroladores, se hubiese generado un conflicto de interferencia de señales dificultando su labor principal. De la misma manera su control está a cargo de la placa de comunicación a través de la comunicación interna entre microcontroladores, y dispondrá de las tomas asignadas a los puertos del microcontrolador para la lectura de datos, una vez considerado todos los aspectos en cuanto a funcionalidad y ubicación se ha obtenido el diseño principal representado en la siguiente figura.

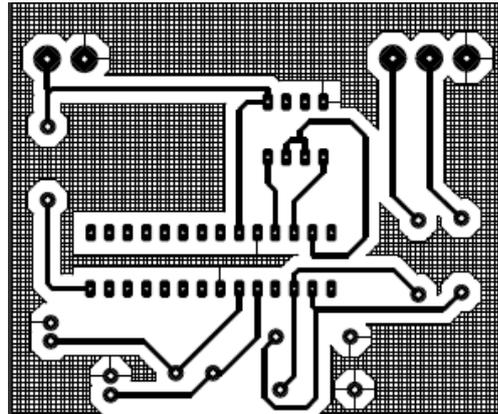


Figura 4.5 Diseño final del circuito impreso de la placa de medición

Nuevamente es necesario realizar la proyección en 3D de nuestro diseño para descartar cualquier problema de ubicación de los componentes electrónicos en el circuito impreso.

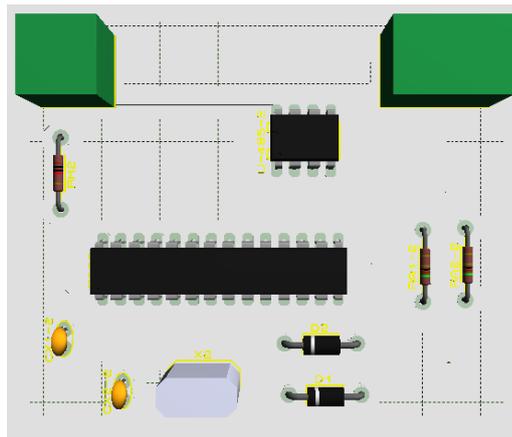


Figura 4.6 Proyección final del circuito impreso de la placa de comunicación

Los componentes electrónicos que serán utilizados en la elaboración de esta placa, están enlistados en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Elementos electrónicos utilizados en la placa de medición.

Elemento:	Cantidad:	Característica:
Microcontrolador	1	16F876A-Microchip
Integrado	1	RS 485
Zócalo	1	8 Pines
Zócalo	1	28 Pines

Oscilador de cristal	1	20 MHz
Capacitor cerámico	2	22 pF
Resistencia	2	47 K Ω
Resistencia	1	10 K Ω
Bornera	1	3 Salidas
Bornera	2	2 Salidas

4.1.4 Circuito impreso de la placa de alimentación de tensión

La placa de de alimentación será la encargada de distribuir la tensión, proveniente de un regulador externo, hacia todos los elementos que requieran ser energizados en el BCECU, las placas anteriormente digitalizadas, ocuparan una línea directa de 5V de alimentación del regulador de tensión, mientras que la tensión requerida de 12V para energizar las ECU, será distribuida a través de esta placa por medio de un circuito de alimentación previamente diseñado, los elementos ilustrativos también serán energizados por las tomas abiertas que están preestablecidas. Una vez citados todos los requerimientos de esta placa electrónica, el diseño final del circuito impreso esta mostrado en la siguiente figura.

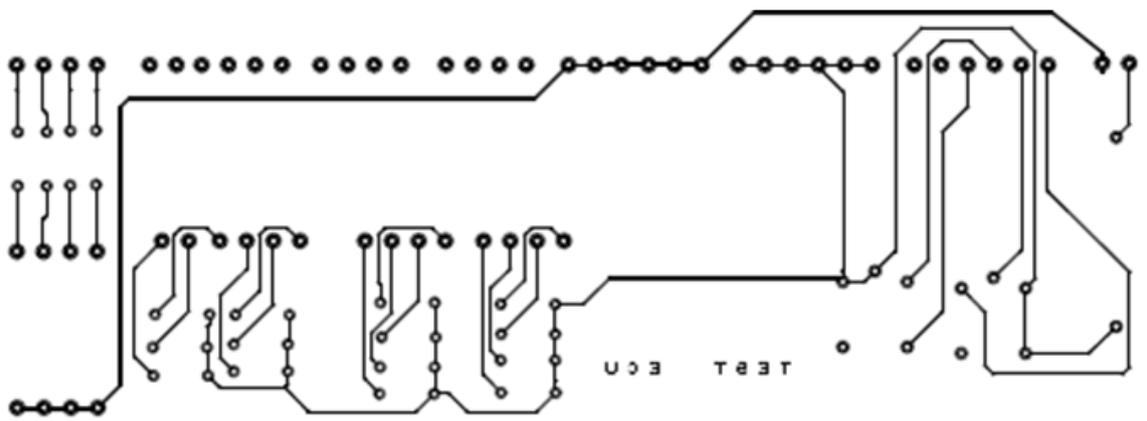


Figura 4.7 Diseño final del circuito impreso de la placa de alimentación

De igual manera una vez obtenido el circuito impreso, se requiere realizar la verificación de los componentes por medio de una simulación 3D, de la placa que se ha diseñado, previendo así cualquier conflicto que puede generar una interferencia entre elementos o un desajuste en el ruteo.

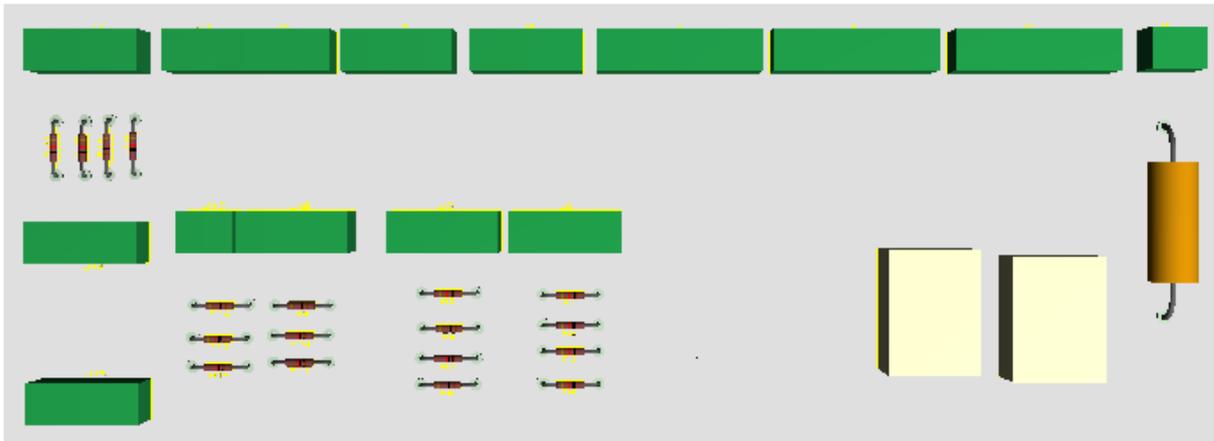


Figura 4.8 Proyección final del circuito impreso de la placa de comunicación

Los componentes electrónicos que serán utilizados en la elaboración de esta placa, están enlistados en la Tabla 4.4

Tabla 4.4 Elementos electrónicos utilizados en la placa de alimentación de tensión

Elemento:	Cantidad:	Característica:
Porta fusibles	1	Tipo enrollamiento de cristal
Fusible	1	10 A enrollamiento de cristal
Relevador	2	12V N/A
Resistencia	18	1 K Ω
Bornera	30	2 Salidas

4.2 Elaboración de placas electrónicas

Una vez que el diseño digital de los circuitos impresos de las placas electrónicas ha sido completado, se realizó la manufactura de las mismas, tomando en cuenta el procedimiento dado por la Organización IPC (Institute for Printed Circuits), la cual ha generado un conjunto de estándares que regulan el diseño, ensamblado y control de calidad de los circuitos impresos, siendo la familia IPC-2220 una de las de mayor reconocimiento en la industria. [17]

4.2.1 Impresión

El primer paso a desarrollarse para la elaboración de las placas. Consiste en imprimir los diseños de los cuatro circuitos impresos, procedimiento que debe realizarse en formatos A4 de papel fotográfico,

y utilizando una impresora láser estrictamente. Este tipo de impresión garantizará que el diseño pueda ser transferido por calor, hacia las planchas de baquelita, la impresión actuará como aislante corrosivo en el posterior proceso de revelado. Las placas de baquelita, previamente deben ser recortadas de acuerdo al tamaño de los circuitos impresos y limpiadas con desengrasante, para que la adhesión del circuito que se pretende transferir se realice sin mayor inconveniente.

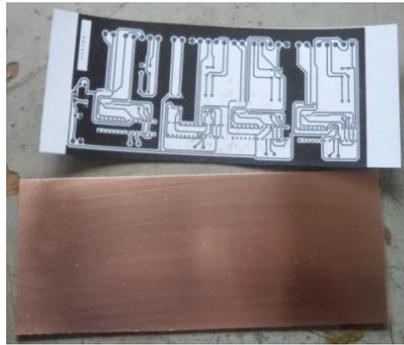


Figura 4.9 Preparación de las placas para la impresión

Una vez que la placa de baquelita y la impresión está lista, se realiza la transferencia del diseño utilizando una estampadora industrial la cual requiere una temperatura mínima de 180 °C, esta debe actuar sobre la placa y la impresión por un lapso de tiempo no menor a tres minutos.



Figura 4.10 Estampado de los circuitos impresos

Después de terminar el estampado del diseño en la placa de baquelita, es procedente retirar el papel fotográfico, para verificar la calidad de la transferencia, si existiese algún defecto este debe ser corregido con un marcador negro permanente. El cual debe ser aplicado siguiendo el diseño original.

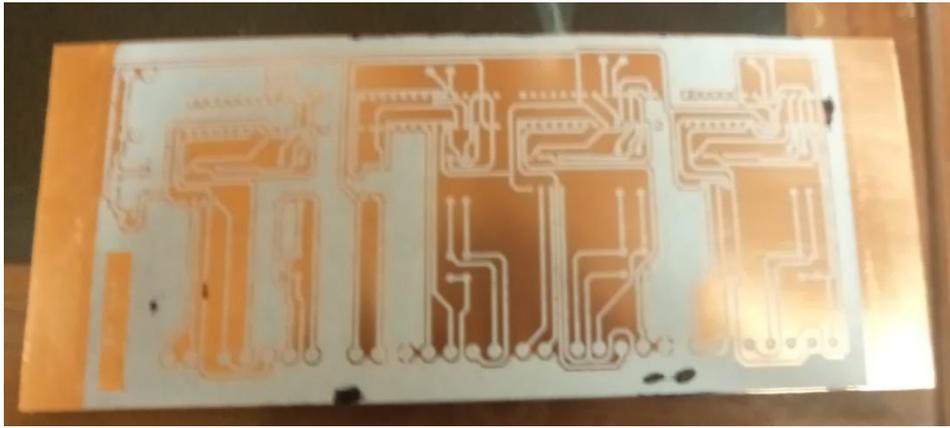


Figura 4.11 Corrección de defectos de impresión en los circuitos impresos

4.2.2 Revelado

Ya con el circuito impreso aplicado sobre la placa de baquelita en la cubierta de cobre, es necesario retirar el exceso de este material, claro está sin retirar las zonas donde se grabaran las pistas del circuito impreso, para el fin estas placas deben ser sumergidas en una disolución de cloruro férrico al 40%, con agua a una temperatura de 70 °C. Esta sustancia actuara como corrosivo atacando químicamente el exceso de cobre, la zonas que se encuentran bajo la protección de la impresión no sufrirán este ataque, pero este debe durar solamente un determinado tiempo mientras se retira el exceso de cobre, entre 20 y 40 minutos aproximadamente.

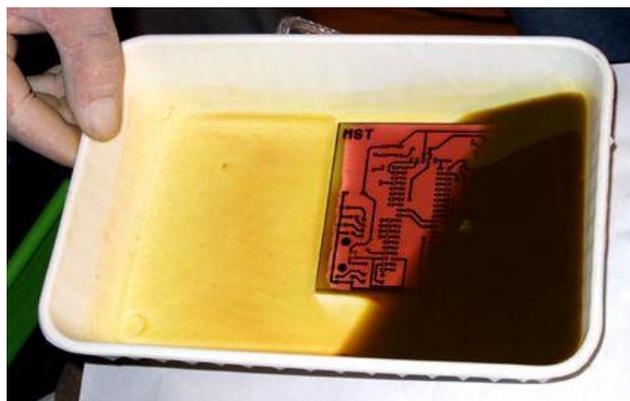


Figura 4.12 Proceso de corrosión de los circuitos impresos

Una vez que se ha retirado todo el exceso de cobre y contamos con las pistas de los circuitos bien delineadas, es necesario limpiar las placas para retirar el recubrimiento aislante y así poder verificar

que las pistas no hayan sufrido ningún corte por acción del ácido, con la ayuda de un multímetro se verifica la continuidad entre el recorrido de cada pista, descartado así cualquier conflicto posterior.

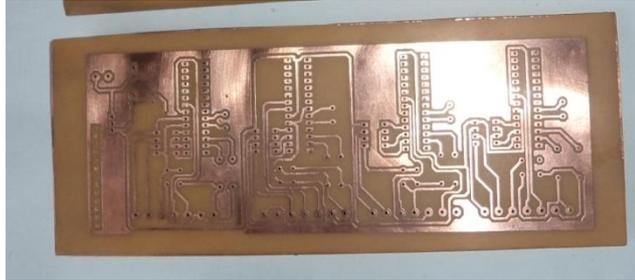


Figura 4.13 Revelado de los circuitos impresos

4.2.3 Perforado

Una vez que se ha verificado el que la impresión de los circuitos en las placas este correcto, el paso previo al montaje de los respectivos componentes electrónicos, es realizar el perforado de los agujeros donde se alojaran cada uno de estos. Hay que considerar la tolerancia entre componentes, ya que de no utilizar un adecuado diámetro de broca, resultaría en la pérdida del cobre circundante, lo que imposibilitaría la suelta de dicho componente. Para el efecto se utilizaran diámetros de broca de 0.7 y 1 mm, y un taladro de pedestal mediano, donde se realizaran las perforaciones correspondientes.

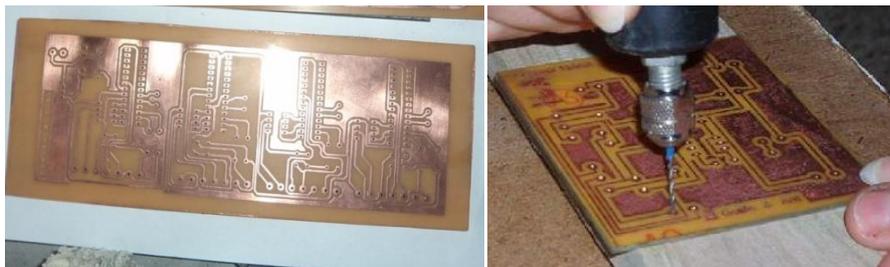


Figura 4.14 Perforado de los circuitos impresos

4.2.4 Montaje de componentes electrónicos

Una vez completado las etapas anteriores se realizo el montaje de los componentes electrónicos correspondiente a cada placa, asegurándolos con soldaduras de estaño. En esta etapa es muy importante considerar que algunos componentes como capacitores electrolíticos, diodos, etc. tienen polaridad así que es primordial observar la posición adecuada en la que deben ser soldados a las

placas. Para el efecto se utilizó los diagramas eléctricos que se ha elaborado para cada placa y la lista de componentes de cada una se ha enlistado anteriormente.

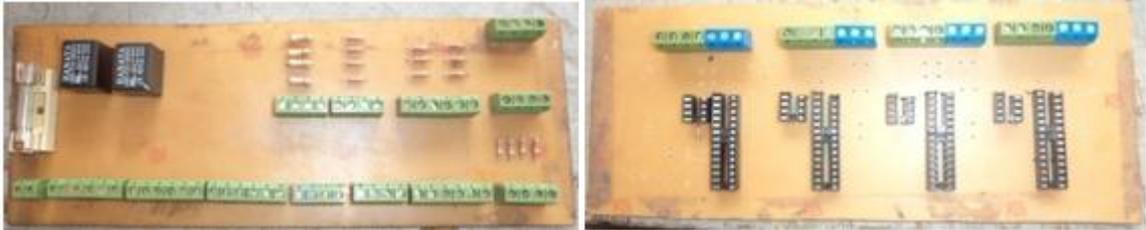


Figura 4.15 Montaje de los componentes electrónicos en los circuitos impresos

Una vez que cada uno de los elementos ha sido asegurado a través de las soldaduras, es necesario comprobar cada punto asegurado, observando que no existan uniones que puedan producir cortos o existan casos en los que la cantidad de suelda no haya sido la adecuada o simplemente el componente no fue asegurado por la suelda de una manera correcta. Todos estos defectos deben ser corregidos antes de poner en operación las placas creadas.

4.3 Diseño del case ilustrativo

Para la contención de todos los componentes que se han diseñado para el BCECU es necesario contar con un “Case” que contenga todos estos elementos y les brinde protección y estabilidad. Adicionalmente este conjunto debe contener los elementos ilustrativos de visualización y verificación, además debe permitir el acceso hacia los arneses de comunicación con los cuales se conectará las ECU al BCECU. En conclusión debe contener el acceso a todos los controles tangibles para la operación del banco de comprobación.

4.3.1 Dimensionamiento

En primera instancia es necesario considerar el tamaño final que adquirieron las placas diseñadas, además de las dimensiones que posee la fuente de poder, también el tamaño de los conectores y los elementos ilustrativos que se pretende colocar en este conjunto, tomando en cuenta estos datos se realizó el diseño en el programa SOLIDWORKS 2010, proyectando un esquema que cumple con los requerimientos antes mencionados el formato de las medidas está considerado en el ANEXO 4.

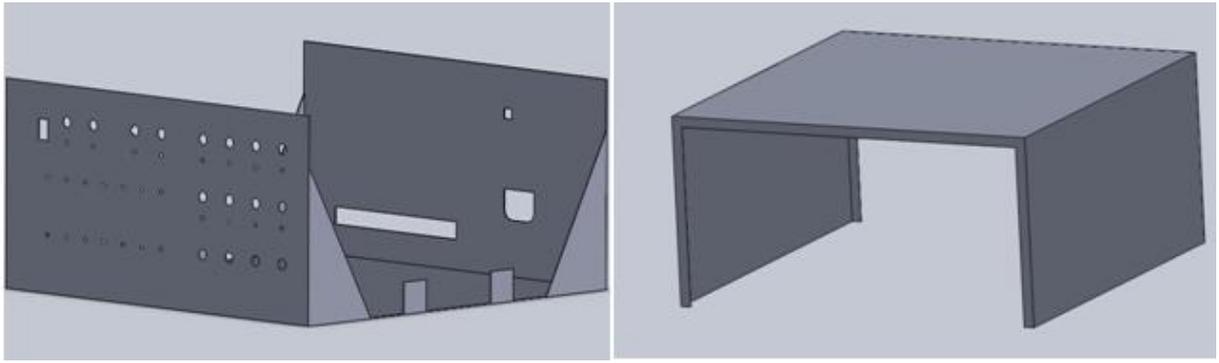


Figura 4.16 Dimensionamiento del Case para el BCECU

En la Figura 4.16 podemos apreciar la forma que se le ha dado al “Case” acotando además que se ha diseñado un conjunto de dos piezas, donde la figura de la izquierda representa a la base donde estarán alojados todos los componentes antes mencionados los cuales se ubicaran en relación a su función, además en la parte frontal se observa un sinnúmero de perforaciones, las mismas que alojaran los LED y a los distintos puntos de verificación de señales. La figura lindante representa el diseño de la tapa que cubrirá a los componentes, este elemento posee las mismas dimensiones de la base ya que está diseñada para encajar por la parte superior de la misma.

4.3.2 Construcción

Para la construcción del conjunto se utilizó una plancha de Tol negro al frío, de 0.7 mm de espesor, para la manufactura se utilizó una guillotina de corte y una plegadora industrial, ya que su diseño no presenta mayor dificultad de construcción, el trazado de las piezas, su corte y sus plegados, se realizaron utilizando formas básicas, las cuales se dedujeron del dimensionamiento antes preestablecido.

Siguiendo estos parámetros después de realizar las operaciones indicadas se obtuvo el diseño final de la carcasa, la cual será utilizada en el posterior montaje de todos los elementos que constituirán el BCECU, el resultado es mostrado en la siguiente figura.



Figura 4.17 Construcción del Case para el BCECU

En la figura podemos apreciar el conjunto ya terminado al que ya se le han realizado las perforaciones planificadas, además se le ha proporcionado un acabado en un color crema el cual ha sido impregnado por medio del sistema de pintura electroestática, de alta duración, con lo que se pretende evitar la corrosión del conjunto y dotarle de un terminado estético.

4.4 Ensamblaje del BCECU

Una vez que todos los componentes necesarios para la construcción de el BCECU, han sido proyectados y elaborados, se realizo el armado final del equipo, todos los componentes fueron instalados siguiendo un orden específico, analizando la disposición de espacio y la y la comodidad que nos brindaría esta ubicación para la conexión del cableado interno, el armado del equipo se lo realizo con el siguiente orden.

- Instalación de la fuente de tensión
- Instalación de los elementos ilustrativos
- Instalación de las placas electrónicas
- Instalación del conector principal

4.4.1 Instalación de la fuente de tensión

La alimentación de tensión fue el primer elemento en ser instalado en el BCECU, para este fin se utilizo una fuente de poder estándar utilizadas para alimentar CPU's comerciales, esta fuente utiliza la red domestica de alimentación de tensión de 110V AC, y la transforma a valores constantes de 12V y

5V DC constantes, el conector para el cable de conexión fue desplazado hacia la parte exterior del case, en la parte posterior de la misma para facilidad de conexión.

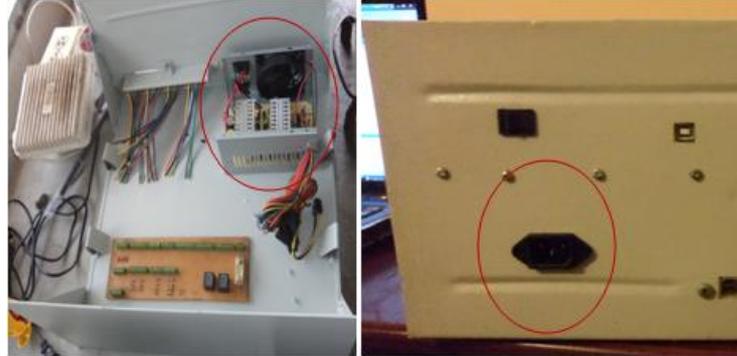


Figura 4.18 Instalación de la fuente de poder en el BCECU

La fuente de poder está dotada de un sistema interno de ventilación el cual se libera dentro del BCECU, para que sea utilizado para el enfriamiento interno del banco, el interruptor de encendido y apagado fue colocado en el panel principal para una mejor comodidad en su manejo.

4.4.2 Instalación de los elementos ilustrativos

En la base de el case en la parte frontal se realizó perforaciones en las cuales se alojaron los LED's y los puntos de verificación, esta sección será denominada como "Panel frontal" ya que esta será la cara principal del BCECU.

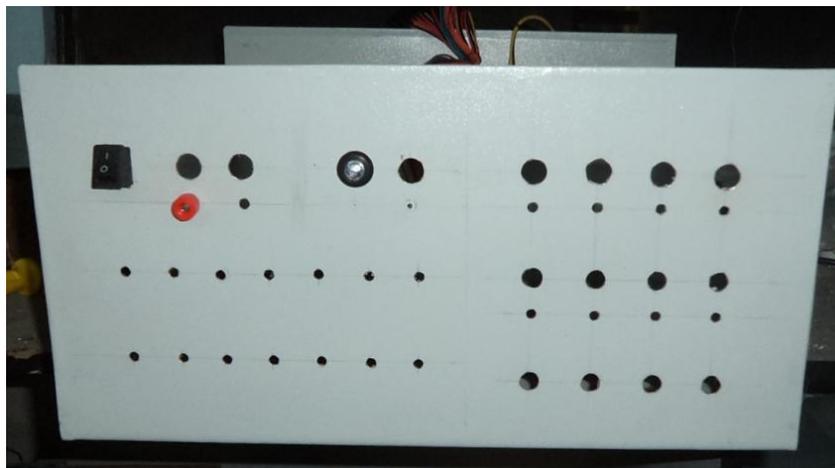


Figura 4.19 Instalación de los elementos ilustrativos en el BCECU

Con fines ilustrativos y estéticos se realizó un diseño gráfico, para la presentación del panel de frontal, el cual permitirá una mejor descripción de la función que desempeña cada elemento que ha sido instalado en el panel, y una rápida comprensión del sistema al que representa cada conjunto enmarcado.



Figura 4.20 Diseño gráfico del Panel Frontal del BCECU

En la figura podemos apreciar los sistemas que se han representado, los cuales están segmentados de la siguiente forma:

- **Sensores.** (IAT, ECT, TPS, MAP, CKP, MAP) a cada uno se le ha dotado de sus respectivos puntos de verificación los cuales serán sujetos a comprobación como multímetro u osciloscopios. Al pie de cada punto de verificación se describe la función o el tipo de señal al que está sujeto la medición, se han utilizado estos verificadores en negro para masas y en rojo para tenciones positivas.
- **Actuadores.** (Inyectores, Bobinas, IAC, Relevadores) todos estos sistemas están representados por diodos LED, los cuales dependiendo de la polaridad del pulso con el que son activados pueden ser rojos para pulsos negativos y blancos para pulsos positivos. En el caso de los sistemas de inyección y bobinas, también se ha dotado de puntos de verificación con la finalidad de que estos sirvan para la conexión de equipos de medición auxiliares como un osciloscopio.

- **Alimentación.** Se ha considerado conveniente tener una referencia de la existencia de tensión al momento de la activación del interruptor de encendido, para lo cual se ha dotado de diodos LED, que indican la alimentación de tensión con un elemento rojo y masa con un elemento blanco, además los puntos de verificación que cada una de estas líneas posee, permitirán tener una fuente externa de tensión de 12V, que puede ser utilizado por los equipos de comprobación.
- **Interruptor de control.** Es el encargado de la energizar el BCECU, controlando la fuente de poder, pose la nomenclatura booleana de 0 para desactivado y 1 para activado.

4.4.3 Instalación de las placas electrónicas

Todas las placas electrónicas que se han elaborado fueron instaladas en la base del case, las cuales en primer lugar fueron montadas sobre soportes de aluminio fijados con tornillos autorroscantes colepato de 3x10mm, este marco de aluminio permitirá disipar el calor que pudiese generarse en la operación de las placas. Una vez que se aseguro las plaquetas a los marcos, cada conjunto fue sujetado a la base del case por medio de pernos de 6x15mm, la placa de alimentación fue colocada en el centro de case por ser la de mayor tamaño y por la facilidad de conexión con los elementos ilustrativos, las tres placas restantes fueron ubicadas en la parte posterior del case donde fueron alineadas para que las borneras tengan libre acceso de conexión.

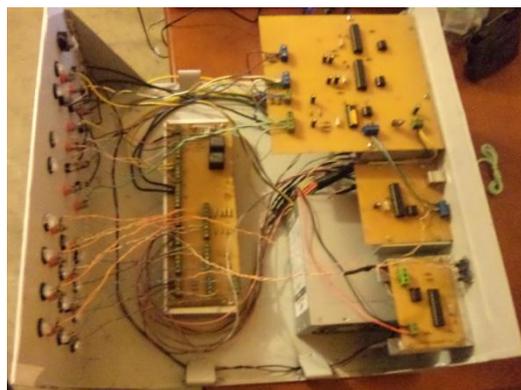


Figura 4.21 Instalación de las Placas Electrónicas del BCECU

Una vez que el anclaje de las placas en la base del case quedo completa, es necesario realizar la interconexión interna de todos los componentes, por medio de cableado el cual requiere una secuencia

de conexión, con este objetivo se organizo una notación de los las borneras de cada una de las placas, lo que permitirá enlistar las conexiones de cada circuito eléctrico.

Para enlistar las conexiones que se realizo, se codifico a cada una de las terminales de las borneras. Ya que los circuitos eléctricos solo se muestra la conexión interna de la placa, la utilidad que se le va a dar a cada terminal y su enlace interno, requiere de un sistema que nos permita organizar las conexiones, de esta manera se creó una nomenclatura alfanumérica utilizando las iniciales de la denominación de las placas acompañada del numero del terminal.

EJEMPLO:

- Alimentation de tension, (AT1, AT2, AT3, AT4.....AT60)
- Comunicación, (CM1, CM2,CM3)
- Control, (CT1, CT2, CT3.....CT17)
- Medición, (MD1, MD2, MD3.....MD5)

4.4.3.1 Conexiones de la placa de alimentación de tensión

La denotación alfanumérica de cada terminal ha sido organizada teniendo en cuenta la ubicación de las borneras, tratando de que la numeración tenga una secuencia y un orden lógico, la placa de alimentación cuenta con un número total de 60 terminales y el orden de numeración se muestra en la siguiente figura.

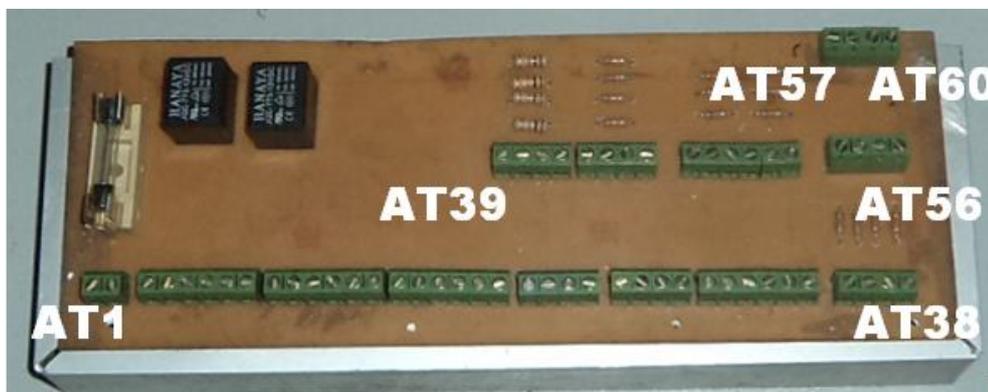


Figura 4.22 Codificación alfanumérica de la placa de alimentación

Las conexiones de cada terminal están enlistadas en la Tabla 4.5, cabe resaltar que se tomaron en cuenta solo los terminales que tienen conexión.

Tabla 4.5 Conexiones de la placa de alimentación de tensión

N° De Terminal	Desde	Hasta	Descripción
AT 1	12V Fuente de poder	AT 1	Alimentación 12V
AT 2	GND fuente de poder	AT 2	Conexión GND
AT 4	C5 del Conector principal	AT 4	Activación relevador principal
AT 6	C6 del Conector principal	AT 6	Activación relevador bomba de combustible
AT 9	D3 del Conector principal	AT 9	Alimentación 12V hacia la ECU
AT 10	D4 Conector principal	AT 10	Alimentación 12V hacia la ECU
AT 14	LED de alimentación	AT 14	12V hacia el LED de alimentación
AT 15	D5 del Conector principal	AT 15	Conexión masa (-) hacia la ECU
AT 16	D6 del Conector principal	AT 15	Conexión masa (-) hacia la ECU
AT 21	A4 del Conector principal	AT 21	Pulso negativo de inyector 4 desde la ECU
AT 22	A3 del Conector principal	AT 22	Pulso negativo de inyector 3 desde la ECU
AT 23	A2 del Conector principal	AT 23	Pulso negativo de inyector 2 desde la ECU
AT 24	A1 del Conector principal	AT 24	Pulso negativo de inyector 1 desde la ECU
AT 25	A5 del Conector principal	AT 25	Pulso negativo de Bobina 2 desde la ECU
AT 26	A6 del Conector principal	AT 26	Pulso negativo de Bobina 1 desde la ECU
AT 29	B3 del Conector principal	AT 29	Pulso negativo de IAC 2 desde la ECU
AT 30	B4 del Conector principal	AT 30	Pulso negativo de IAC 1 desde la ECU
AT 35	A7 del Conector principal	AT 35	Pulso positivo de bobina 2 desde la ECU
AT 36	A8 del Conector principal	AT 36	Pulso positivo de bobina 1 desde la ECU
AT 37	B1 del Conector principal	AT 37	Pulso positivo de IAC 2 desde la ECU
AT 38	B2 del Conector principal	AT 38	Pulso positivo de IAC 1 desde la ECU
AT 39	AT 21	AT 39	Activación LED y verificador del inyector 4
AT 40	AT 22	AT 40	Activación LED y verificador del inyector 3
AT 41	AT 23	AT 41	Activación LED y verificador del inyector 2
AT 42	AT 24	AT 42	Activación LED y verificador del inyector 1
AT 43	AT 25	AT 43	Activación LED de IAC (-) 2
AT 44	AT 26	AT 44	Activación LED de IAC (-) 1
AT 47	AT 29	AT 44	Activación LED y verificador de bobina (-) 2

AT 48	AT 30	AT 44	Activación LED y verificador de bobina (-) 1
AT 53	AT 57	AT 53	Activación LED de IAC (+) 2
AT 54	AT 58	AT 54	Activación LED de IAC (+) 1
AT 55	AT 50	AT 55	Activación LED y verificador de bobina (+) 2
AT 56	AT 60	AT 56	Activación LED y verificador de bobina (+) 1

4.4.3.2 Conexiones de la placa de control

La placa de control cuenta con un total de 17 terminales, de las cuales se derivan las señales principales que han sido simuladas, la denotación de la numeración de las terminales para la codificación de la placa se muestra en siguiente figura.

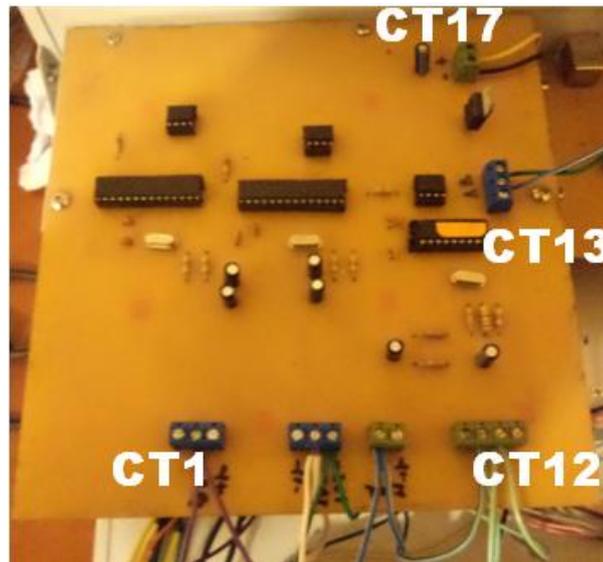


Figura 4.23 Codificación alfanumérica de la Placa de Control

Las conexiones de cada terminal están enlistadas en la Tabla 4.6, cabe resaltar que se tomaron en cuenta solo los terminales que tienen conexión.

Tabla 4.6 Conexiones de la placa de control

Nº De Terminal	Desde	Hasta	Descripción
CT 2	C1 del Conector principal	CT 2 y el punto de verificación señal TPS	Señal de variación de tensión TPS hacia la ECU
CT 5	B5 del Conector principal	CT 5 y el punto de verificación señal IAT	Señal de variación de tensión IAT hacia la ECU

CT 6	B6 del Conector principal	CT 6 y el punto de verificación señal ECT	Señal de variación de tensión ECT hacia la ECU
CT 7	C2 del Conector principal	CT 7 y el punto de verificación señal MAP	Señal de variación de tensión MAP hacia la ECU
CT 10	C3 del Conector principal	CT 10 y el punto de verificación señal CMP	Señal pulsante CMP hacia la ECU
CT 11	C4 Conector principal	CT 11 y el punto de verificación señal CKP	Señal pulsante CKP hacia la ECU
CT 14	CM 2	CT 14	Línea A de comunicación entre PIC's
CT 15	CM 1	CT 15	Línea B de comunicación entre PIC's
CT 16	GND fuente de poder	CT 16	Conexión a masa para la placa de control
CT 17	12V fuente de poder	CT 17	Alimentación de tensión para la placa de control

4.4.3.3 Conexiones de la placa de comunicación

La placa de comunicación cuenta con un total de 3 terminales, de las cuales se derivan las líneas de comunicación entre PIC's en niveles TTL de comunicación serial, como ya se ha descrito anteriormente la comunicación se realiza por una conversión SERIAL-USB, por lo tanto el puerto de conexión USB también se encuentra alojado en esta placa como se muestra en la siguiente figura.

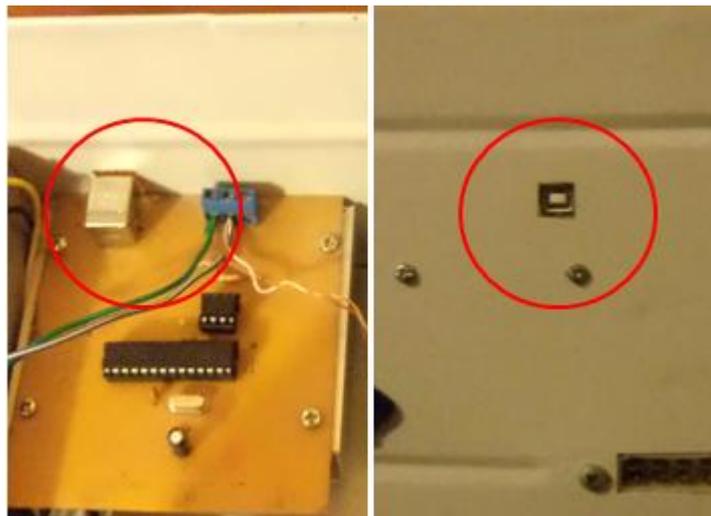


Figura 4.24 Representación del conector USB de la Placa de Comunicación

La denotación de la numeración de las terminales para la codificación de la placa se muestra en siguiente figura.

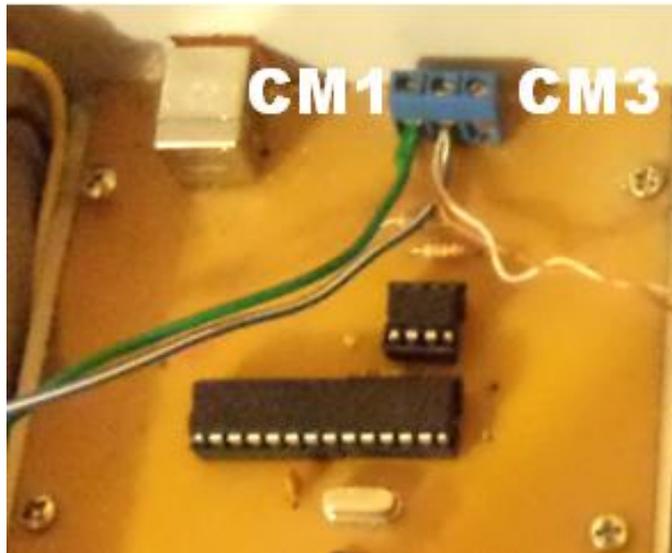


Figura 4.25 Codificación alfanumérica de la placa de comunicación

Las conexiones de cada terminal están enlistadas en la Tabla 4.7, cabe resaltar que se tomaron en cuenta solo los terminales que tienen conexión.

Tabla 4.7 Conexiones de la placa de comunicación

N° De Terminal	Desde	Hasta	Descripción
CM 1	CT 15 y Puerto 7 RS485	CM1	Línea B de comunicación entre PIC's
CM 2	CT 14 y Puerto 6 RS485	CM2	Linea A de comunicación entre PIC's

4.4.3.4 Conexiones de la placa de medición

La placa de medición cuenta con un total de 5 terminales, de las cuales se derivan las líneas de retroalimentación de datos, correspondientes a los pulsos de un inyector y una bobina, debido a que la lectura de datos se puede realizar de pulsos positivos y negativos, tanto de inyectores como de bobinas, y el microcontrolador solo cuenta con dos puertos de entrada de datos, la selección del tipo de pulso, es accionada por medio de un interruptor de tres vías, que se encarga de la selección del tipo de pulso que se está utilizando, y la envía a la placa, a través del puerto seleccionado, el interruptor fue colocado en la parte posterior de la base del case como se muestra en la figura.



Figura 4.26 Representación interruptor de tres vías de la Placa de Medición

La denotación de la numeración de las terminales para la codificación de la placa se muestra en siguiente figura.

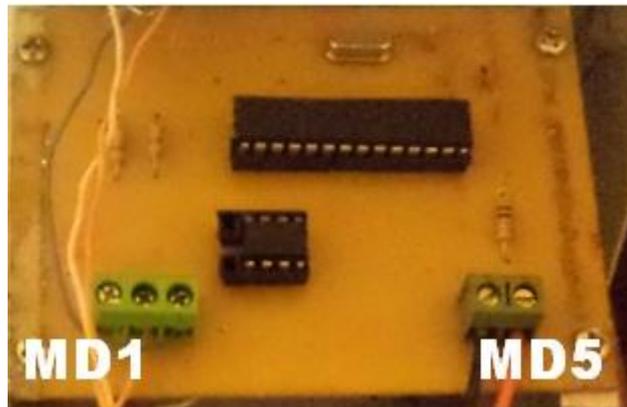


Figura 4.27 Codificación alfanumérica de la placa de medición

Las conexiones de cada terminal están enlistadas en la Tabla 4.8, cabe resaltar que se tomaron en cuenta solo los terminales que tienen conexión.

Tabla 4.8 Conexiones de la placa de medición

N° De Terminal	Desde	Hasta	Descripción
MD 2	Base del interruptor	MD 2	Línea de retroalimentación de datos de bobina
MD 3	AT 21	MD 3	Línea de retroalimentación de datos de Inyector 4
MD 4	GND de la fuente	MD 4	Conexión a tierra para la placa

	de poder		
MD 5	5V de la fuente de poder	MD 5	Alimentación de tensión para la placa
Puerto 7 RS485	CM 1	Puerto 7 RS485	Línea B de comunicación entre PIC's
Puerto 6 RS485	CM 2	Puerto 6 RS485	Línea A de comunicación entre PIC's

4.4.4 Instalación del conector principal

Una vez que todas las placas y el resto de elementos se encuentran interconectados entres sí, es necesario realizar la conexión de conector que se encargara, de efectuar el enlace entre el BCECU y los distintos modelos de ECU que el banco está en la capacidad de soportar, dicho enlace estará a cargo de un arnés de conexión, el cual será específico para cada modelo de ECU, en vista de que los arneses serán intercambiables para la conexión de las distintas unidades, el conector del BCECU debe ser general, para que se pueda efectuar el intercambio de arneses.

Para el efecto se utilizo cuatro conectores tipo macho y hembra universales de 8 pines cada uno, lo que en total nos brinda la posibilidad de contar con 32 pines, los cuales serán organizados para la entrada y salida de datos. Dicho conjunto fue ensamblado en un armazón metálico, el cual aloja a los cuatro conectores macho, los cuales están fijados por medio de tornillos en el case del BCECU, formando el “Conector Principal” como se muestra en la siguiente figura.



Figura 4.28 Representación externa del conector principal

Por medio de este conector se realizara la alimentación de tensión y el envío de las señales simuladas de los distintos sensores, hacia la ECU, la misma que al entrar en funcionamiento empezara

a emitir los pulsos de activación de los distintos actuadores programados, estos datos también serán receptados por el conector principal y enviados a los distintos elementos ilustrativos y de verificación.



Figura 4.29 Representación interna del conector principal

De la misma forma es necesario organizar las conexiones realizadas a través de la codificación de los pines utilizados, con este fin se efectuó la denotación de cada pin y cada conector de la forma mostrada en la siguiente figura.

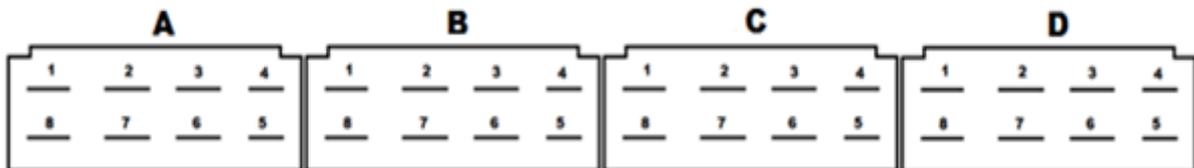


Figura 4.30 Codificación alfanumérica del conector principal

Las conexiones de cada terminal están enlistadas en la Tabla 4.9, cabe resaltar que se tomaron en cuenta solo los terminales que tienen conexión.

Tabla 4.9 Conexiones de conector principal

Conector A		Conector B		Conector C		Conector D	
Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción
A 1	Señal para el inyector 1	B 1	Señal IAC 1 pulso positivo	C 1	Señal TPS (SALIDA)	D 1	5V voltaje de referencia 1
A 2	Señal para el inyector 2	B 2	Señal IAC 2 pulso positivo	C 2	Señal MAP (SALIDA)	D 2	5V voltaje de referencia 1
A 3	Señal para el	B 3	Señal IAC 1	C 3	Señal CMP	D 3	Alimentación

	inyector 3		pulso negativo		(SALIDA)		12 V (SALIDA)
A 4	Señal para el inyector 4	B 4	Señal IAC 2 pulso positivo	C 4	Señal CKP (SALIDA)	D 4	Alimentación 12 V (SALIDA)
A 5	Señal para la bobina 2 pulso negativo	B 5	Señal IAT (SALIDA)	C 5	Señal activación relevador MAIN	D 5	Alimentación GND (SALIDA)
A 6	Señal para la bobina 1 pulso negativo	B 6	Señal ECT (SALIDA)	C 6	Señal activación relevador F.P	D 6	Alimentación GND (SALIDA)
A 7	Señal para la bobina 2 pulso positivo	B 7		C 7		D 7	GND referencia 1
A 8	Señal para la bobina 2 pulso positivo	B 8		C 8		D 8	GND referencia 2

4.5 Armado de los arneses de comunicación

Para la conexión de cada una de las unidades electrónicas, fue necesario considerar que la conexión original de las ECU. Estas al estar operativas en su respectivo modelo de vehículo, requieren de un conector específico de enlace, el mismo que sirve de Bypass para el resto de la conexión del circuito eléctrico del automóvil. Dicho conector en ninguno caso es similar al de los cuatro modelos de ECU seleccionados, por diversos factores como el tipo de fabricación o la tecnología que las unidades electrónicas utilizan.

Con fin de completar la conexión del BCECU hacia las distintas unidades electrónicas, fue necesario la adquisición de estos conectores, con los cuales se construyeron los arneses de comunicación enlazándolos con los conectores hembra del “Conector Principal” este enlace nos brindara la posibilidad de que cada arnés sea intercambiable, según el tipo de ECU que se requiera comprobar.

Para el efecto se utilizo el diagrama eléctrico de cada modelo de vehículo para realizar la conexión de todos los sensores y actuadores de gestión del motor que hemos contemplado, además de la

alimentación y conexiones a masa que requiere la unidad de control electrónico, en relación a la conexión original del vehículo.

4.5.1 Arnés de comunicación de la ECU del CHEVROLET CORSA

Este vehículo ocupa una ECU tipo MULTEC donde se alojan dos conectores de de 24 y 32 pines cada uno, como se muestra en la siguiente figura, el pindata y el diagrama de conexión de este modelo de vehículo, están adjuntados en el ANEXO 5.

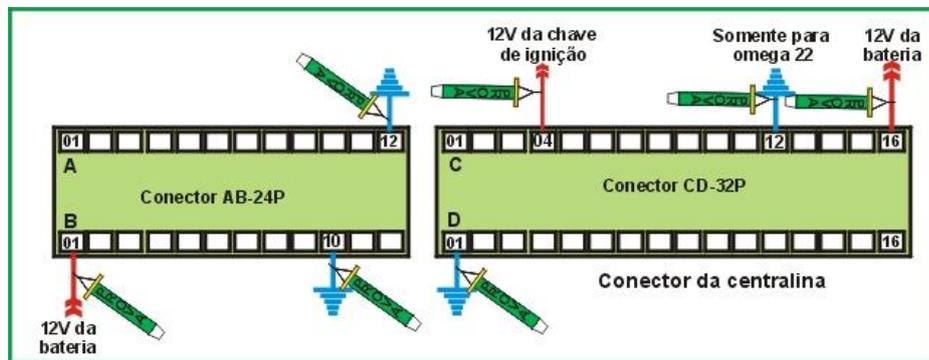


Figura 4.31 Representación del conector original del CHEVROLET CORSA

Una vez identificados los cables del conector original que requieren conexión para el BCECU, se realizó el enlace de los mismos con el conector principal obteniendo el arnés mostrado en la siguiente figura.

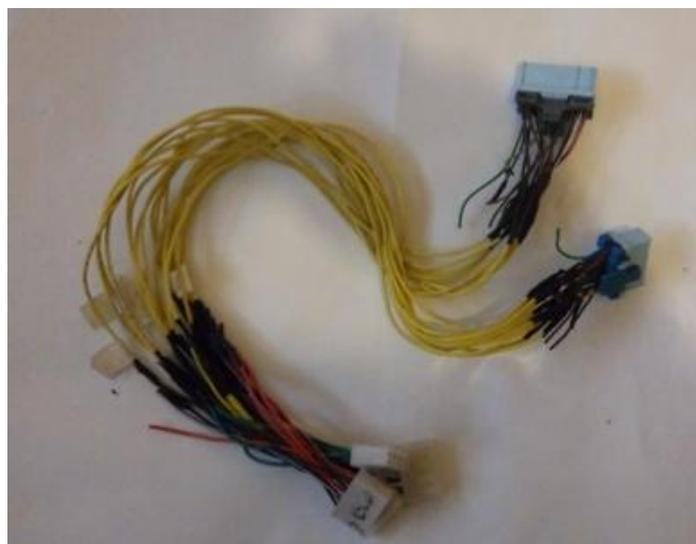


Figura 4.32 Arnés de comunicación para el BCECU del CHEVROLET CORSA

Las conexiones realizadas entre el Conector Original y el Conector Principal del BCECU, en relación al diagrama eléctrico del vehículo, están enlistadas en la Tabla 4.10, las cuales siguen el esquema indicado de acuerdo al modelo de vehículo, tomando en consideración solamente los sensores y actuadores considerados en el diseño inicial.

Tabla 4.10 Conexiones del arnés de comunicación de CHEVROLET CORSA

Conector Principal	Enlazado con 	Conector Original	Descripción
N° de pin		N° de pin	
A 1		C 15	Señal para los inyectores 1 y 3
A 3		C11	Señal para los inyectores 2 y 4
A 7		B 5	Señal para la bobina 2 pulso positivo
A 8		B 6	Señal para la bobina 1 pulso positivo
B 1		B 7	Señal IAC 1 pulso positivo
B 2		B 8	Señal IAC 2 pulso positivo
B 3		C 8	Señal IAC 1 pulso negativo
B 4		C 9	Señal IAC 2 pulso positivo
B 5		D 3	Señal IAT (SALIDA)
B 6		B 12	Señal ECT (SALIDA)
C 1		A 8	Señal TPS (SALIDA)
C 2		A 7	Señal MAP (SALIDA)
C 4		B 3	Señal CKP (SALIDA)
C 6		B 6	Señal activación relevador de la bomba de combustible F.P
D 1		B 8	5V voltaje de referencia 1
D 2		B 8	5V voltaje de referencia 1
D 3		C4, B1, C 16	Alimentación 12 V (SALIDA)
D 5		A 12, B 10	Alimentación GND (SALIDA)
D 6		D 1	Alimentación GND (SALIDA)
D 7		A 11	GND referencia 1
D 8		D 2	GND referencia 2

4.5.2 Arnés de comunicación de la ECU del CHEVROLET LUV 2.2 C22NE

Este vehículo ocupa una ECU tipo Delphi donde se alojan los dos conectores de 32 pines cada uno, como se muestra en la siguiente figura, el pindata y el diagrama de conexión, de este modelo de vehículo están adjuntados en el ANEXO 5.

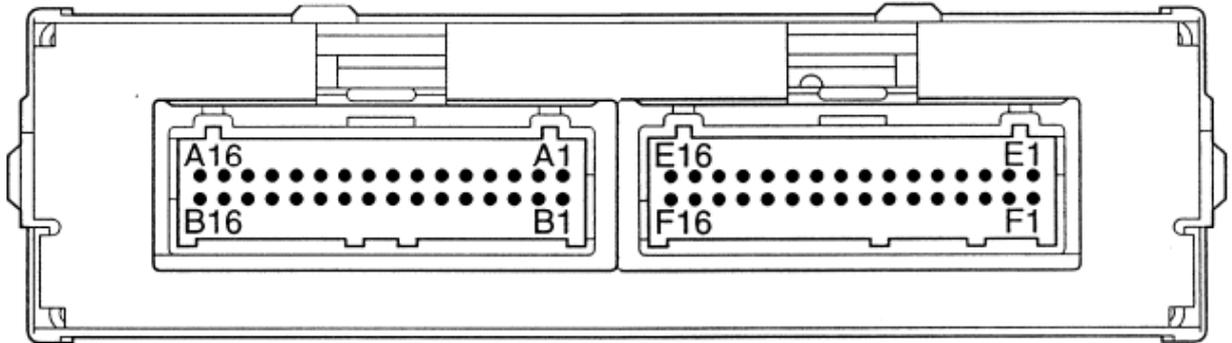


Figura 4.33 Representación del conector original del CHEVROLET LUV 2.2

Una vez identificados los cables del conector original que requieren conexión para el BCECU, se realizó el enlace de los mismos con el conector principal obteniendo el arnés mostrado en la siguiente figura.

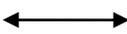


Figura 4.34 Arnés de comunicación para el BCECU del CHEVROLET LUV 2.2

Las conexiones realizadas entre el Conector Original y el Conector Principal del BCECU, en relación al diagrama eléctrico del vehículo, están enlistadas en la Tabla 4.11, las cuales siguen el esquema

indicado de acuerdo al modelo de vehículo, tomando en consideración solamente los sensores y actuadores considerados en el diseño inicial.

Tabla 4.11 Conexiones del arnés de comunicación de CHEVROLET LUV 2.2

Conector Principal	Enlazado con	Conector Original	Descripción
N° de pin		N° de pin	
A 1		A 7	Señal para el inyector 1
A 2		A 9	Señal para el inyector 2
A 3		A 8	Señal para el inyector 3
A 4		A 6	Señal para el inyector 4
A 5		E 1	Señal para la bobina 2 pulso negativo
A 6		E 4	Señal para la bobina 1 pulso negativo
B 1		B 13	Señal IAC 1 pulso positivo
B 2		B 14	Señal IAC 2 pulso positivo
B 3		B 15	Señal IAC 1 pulso negativo
B 4		B 16	Señal IAC 2 pulso negativo
B 5		F 10	Señal IAT (SALIDA)
B 6		F 14	Señal ECT (SALIDA)
C 1		B 8	Señal TPS (SALIDA)
C 2		B 7	Señal MAP (SALIDA)
C 4		E 5	Señal CKP (SALIDA)
C 6		A 13	Señal activación relevador de la bomba de combustible F.P
D 1		A 3	5V voltaje de referencia 1
D 3		A4, A5, E16	Alimentación 12 V (SALIDA)
D 5		A1, A2, F1, E3	Alimentación GND (SALIDA)
D 7		B 1	GND referencia 1
D 8		B 2	GND referencia 2

4.5.3 Arnés de comunicación de la ECU del CHEVROLET LUV D-MAX C24SE

Este vehículo ocupa una ECU tipo Delphi donde se alojan los dos conectores de 32 pines cada uno, como se muestra en la siguiente figura, el pindata y el diagrama de conexión de este modelo de vehículo, están adjuntados en el ANEXO 5.

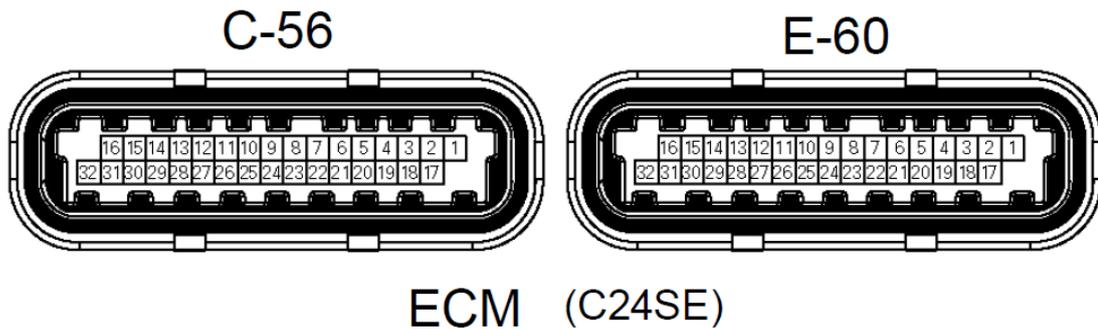


Figura 4.35 Representación del conector original del CHEVROLET LUV D-MAX

Una vez identificados los cables del Conector Original que requieren conexión para el BCECU, se realizó el enlace de los mismos con el conector principal obteniendo el arnés mostrado en la siguiente figura.



Figura 4.36 Arnés de comunicación para el BCECU del CHEVROLET LUV D-MAX

Las conexiones realizadas entre el Conector Original y el Conector Principal del BCECU, en relación al diagrama eléctrico del vehículo, están enlistadas en la Tabla 4.12

Tabla 4.12 Conexiones del arnés de comunicación de CHEVROLET LUV D-MAX

Conector Principal	Enlazado con ←→	Conector Original	Descripción
Nº de pin		Nº de pin	
A 1		(E-60) 9	Señal para el inyector 1
A 2		(E-60) 22	Señal para el inyector 2
A 3		(E-60) 8	Señal para el inyector 3
A 4		(E-60) 11	Señal para el inyector 4
A 5		(E-60) 18	Señal para la bobina 2 pulso negativo
A 6		(E-60) 19	Señal para la bobina 1 pulso negativo
B 1		(E-60) 26	Señal IAC 1 pulso positivo
B 2		(E-60) 30	Señal IAC 2 pulso positivo
B 3		(E-60) 13	Señal IAC 1 pulso negativo
B 4		(E-60) 29	Señal IAC 2 pulso positivo
B 5		(C-56) 22	Señal IAT (SALIDA)
B 6		(E-60) 27	Señal ECT (SALIDA)
C 1		(E-60) 15	Señal TPS (SALIDA)
C 2		(E-60) 31	Señal MAP (SALIDA)
C 4		(E-60) 6	Señal CKP (SALIDA)
C 6		(C-56) 11	Señal activación relevador de la bomba de combustible F.P
D 1		(E-60) 24	5V voltaje de referencia 1
D 2		(E-60) 7	5V voltaje de referencia 1
D 3		(C-56) 2, 18, 3	Alimentación 12 V (SALIDA)
D 5		(E-60) 1, 2, 17	Alimentación GND (SALIDA)
D 7		(E-60) 32	GND referencia 1
D 8		(E-60) 16	GND referencia 2

4.5.4 Arnés de comunicación de la ECU del CHEVROLET SPARK 1.3

Este vehículo ocupa una ECU tipo Sirius D4 donde se aloja un conector de 90 pines, como se muestra en la siguiente figura, el pindata y el diagrama de conexión de este vehículo, están adjuntados en el ANEXO 5.

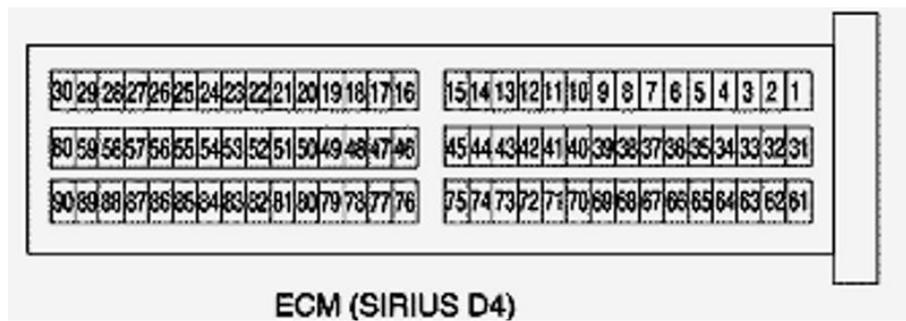


Figura 4.37 Representación del conector original del CHEVROLET SPARK

Una vez identificados los cables del Conector Original que requieren conexión para el BCECU, se realizó el enlace de los mismos con el Conector Principal obteniendo el arnés mostrado en la siguiente figura.



Figura 4.38 Arnés de comunicación para el BCECU del CHEVROLET SPARK

Las conexiones realizadas entre el Conector Original y el Conector Principal del BCECU, en relación al diagrama eléctrico del vehículo, están enlistadas en la Tabla 4.13

Tabla 4.13 conexiones del arnés de comunicación de CHEVROLET SPARK

Conector Principal	Enlazado con ↔	Conector Original	Descripción
N° de pin		N° de pin	
A 1		59	Señal para el inyector 1
A 2		90	Señal para el inyector 2
A 3		60	Señal para el inyector 3
A 4		89	Señal para el inyector 4
A 5		31	Señal para la bobina 2 pulso negativo

A 6		32	Señal para la bobina 1 pulso negativo
B 2		62	Señal IAC 2 pulso positivo
B 3		61	Señal IAC 1 pulso negativo
B 5		78	Señal IAT (SALIDA)
B 6		76	Señal ECT (SALIDA)
C 1		74	Señal TPS (SALIDA)
C 2		75	Señal MAP (SALIDA)
C 3		22	Señal CMP (SALIDA)
C 4		85	Señal CKP (SALIDA)
C 5		7	Señal activación relevador principal MAIN
C 6		6	Señal activación relevador de la bomba de combustible F.P
D 1		50	5V voltaje de referencia 1
D 2		79	5V voltaje de referencia 1
D 3		30, 29	Alimentación 12 V (SALIDA)
D 5		28, 67, 3, 24, 33	Alimentación GND (SALIDA)
D 7		13	GND referencia 1
D 8		19	GND referencia 2

4.6 Análisis de costos

Durante la realización de este proyecto de investigación, fue necesario adquirir diversos elementos electrónicos y otros elementos complementarios, para el diseño y construcción del BCECU, todos estos componentes, están enlistados en la siguiente tabla.

Tabla 4.14 Análisis de costos en el diseño y construcción del BCECU

Elemento:	Cantidad :	Característica:	Valor unit \$	Valor total \$
Microcontrolador	1	16F628A-Microchip	4.75	4.75
Microcontrolador	3	16F876A-Microchip	8.11	24.33
Microcontrolador	1	18F2450-Microchip	8.11	8.11
Integrado	5	RS 485	0.66	3.30

Integrado	1	7805 5V	0.31	0.31
Zócalo	5	8 Pines	0.12	0.60
Zócalo	4	28 Pines	0.16	0.64
Zócalo	1	18 Pines	0.12	0.12
Oscilador de cristal	5	20 MHz	0.84	4.20
Capacitor cerámico	9	22 pF	0.08	0.72
Capacitor electrolítico	6	10 uF 1.6V	0.15	0.90
Capacitor electrolítico	1	100uF 10V	0.13	0.13
Resistencia	4	10 K Ω	0.10	0.40
Resistencia	5	0.47 K Ω	0.10	0.50
Resistencia	1	47 Ω	0.10	0.10
Resistencia	1	120 Ω	0.10	0.10
Resistencia	1	220 Ω	0.10	0.10
Resistencia	2	1.2 K Ω	0.10	0.20
Resistencia	2	2.2 K Ω	0.10	0.20
Resistencia	2	47 K Ω	0.10	0.20
Resistencia	18	1 K Ω	0.10	1.80
Bornera	36	2 Salidas	0.13	4.68
Bornera	5	3 Salidas	0.15	0.75
Porta fusibles	1	Tipo enrollamiento de cristal	0.75	0.75
Fusible	1	10 A enrollamiento de cristal	0.12	0.12
Relevador	2	12V N/A	1.50	3.00
Conector USB	1	Tipo "B" hembra y cable de conexión	6.28	6.28
Fuente de poder	1	Input 110 V AC. Output 12, 5 V DC.	22.00	22.00
Rollo de cable		Nº 18, tipo flexible	24.00	24.00
Interruptor	1	2 posiciones	0.60	0.60
Interruptor	1	3 posiciones	0.72	0.72
Conector universal macho	4	8 Pines	1.20	4.80
Conector universal hembra	16	8 Pines	1.20	19.20
Conector original ECU	1	CHEVROLET CORSA	35.00	35.00

Conector original ECU	1	CHEVROLET LUV	42.00	42.00
Conector original ECU	1	CHEVROLET LUV D-MAX	120.00	120.00
Conector original ECU	1	CHEVROLET SPARK	115.00	115.00
Placa fotosensible baquelita	2	Formato A4	18.00	36.00
Lamina de tol negro	1	Espesor 1mm	46.00	46.00
SUBTOTAL				532.61
Costo de Diseño y Construcción				400.00
VALOR TOTAL				932.61

Como resultado del análisis de costos, podemos acotar que el costo final de la manufacturación de este equipo electrónico fue de 932.66 \$ dólares, en este valor esta incluidos todos los gastos inmiscuidos en el diseño y construcción de este equipo. Cabe resaltar que estos valores están cotizados a la fecha de presentación de este proyecto, por lo cual los valores pueden estar sujetos a variaciones. Todos los elementos adquiridos son elementos comunes y de fácil adquisición comercial, excepto los conectores originales, los cuales fueron elementos adquiridos por diversos medios, ya que no son elementos que constan en el catalogo de las casas comerciales.

CAPÍTULO V

5. FASE EXPERIMENTAL

Con el equipo ensamblado en su totalidad, y las interconexiones de todos sus componentes completamente aseguradas y verificadas, es necesario, la experimentación del BCECU, comprobando en primer lugar el funcionamiento del mismo, para consecuentemente realizar las pruebas de funcionamiento en las ECU consideradas.

5.1 Comprobación del funcionamiento de los componentes del BCECU

En esta etapa se llevara a cabo la medición de las señales del BCECU, a manera de una comprobación estática, es decir el equipo se comprobara sin la conexión de una ECU, para confirmar que todos los datos que estas requieren, estén siendo transmitidos y receptados. Para lo cual se utilizo equipos de medición especializados como:

- Multímetro Automotriz
- Osciloscopio Automotriz

Además se realizo la comprobación de los componentes electrónicos, descartando cualquier defecto que se hubiese producido en la etapa de ensamblaje, consecuentemente se realizo la experimentación con el software de control en el siguiente orden.

5.1.1 Verificación del software de control y la comunicación USB

Ya que este programa es el que controla la modificación de los parámetros de las señales de los sensores, se realizo la verificación de su desempeño y la comunicación USB del software en primera instancia, para lo cual se reunieron todos los elementos del software como:

- Ejecutable del software de control
- Drivers de control

Con estos elementos se procedió a la instalación del programa en una PC de pruebas, el proceso de instalación no requiere ninguna instrucción especial, ya que el instalador se ejecuta automáticamente por medio del archivo setup.exe, todos estos archivos estarán incluidos en el kit de instalación del BCECU. El programa tiene las características de cualquier software comercial, es decir genera su carpeta base dentro del disco duro e instala un icono de acceso directo, con el nombre de “Comprobador ECM” con el que podemos ejecutar el software de control.

Cabe resaltar que el software de control ocupa la plataforma del programa LABVIEW, ya que fue en este programa donde se hizo su programación, por lo que su manejo se debe realizar utilizando los controles propios del programa.

Una vez que el software es ejecutado es necesario en primer lugar conectar el cable USB de enlace entre el BCECU y la PC, para que el software realice el reconocimiento y la configuración del puerto a través de la instalación de los drivers de control.

Con el software de control instalado, se debe verificar la comunicación USB en la ventana de “Comunicación”. En ella encontramos el operador gráfico donde están enlistados los puertos configurados, después de seleccionar el puerto USB en el que se haya conectado, es necesario correr la programación a través del botón “Run” de la plataforma LABVIEW. En el caso de no se poder visualizar el puerto, la opción “Refresh” actualizará automáticamente los datos de comunicación.



Figura 5.1 Inicialización del software de control

Una vez realizado este proceso, si la comunicación es correcta el controlador de texto programado con este fin, indicara lo propio, caso contrario es procedente detener el programa por medio del botón “STOP” que es el encargado de dejar de correr la programación general del software de control en cualquier instancia, después de esto es necesario revisar todo el proceso y hacerlo nuevamente si se creyere conveniente hasta conseguir la comunicación

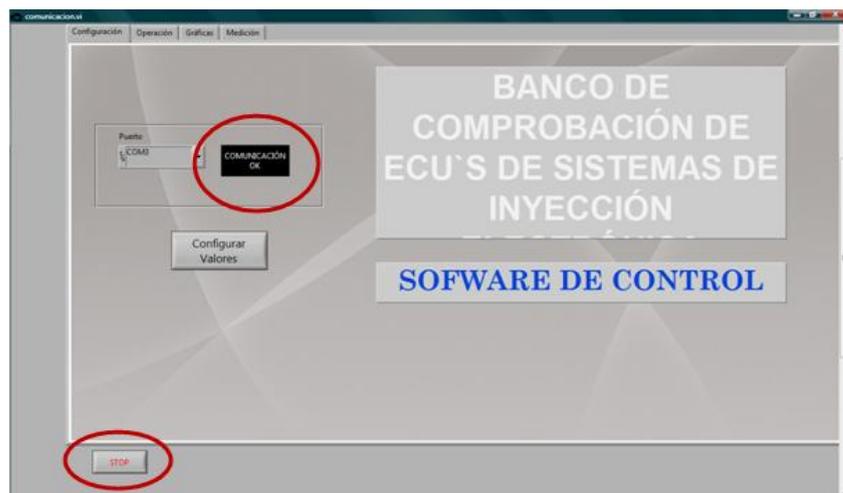


Figura 5.2 Comprobación de la comunicación USB

5.1.2 Verificación de las señales por variación de tensión

Una vez que el BCECU, ha sido energizado y comunicado con la PC y por ende con su software de control, se realizo la verificación de las señales por variación de tensión, las cuales corresponden a los sensores IAT, ECT, TPS y MAP. Para la comprobación de estos voltajes se utilizo un Multímetro Automotriz, con el cual se tomaron las medidas en los puntos de verificación asignados.

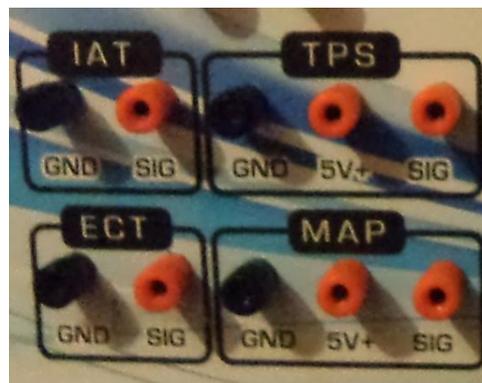


Figura 5.3 Verificadores de señales por variación de tensión

Para la verificación de rangos de voltaje de los sensores, se utilizó una configuración correspondiente a los valores estándar de los sensores para la línea GM, los cuales fueron enlistados anteriormente, tomando en consideración solamente los límites de estos datos, se construyó la matriz de datos “GENERAL” los cuales fueron cargados en el software para su verificación.

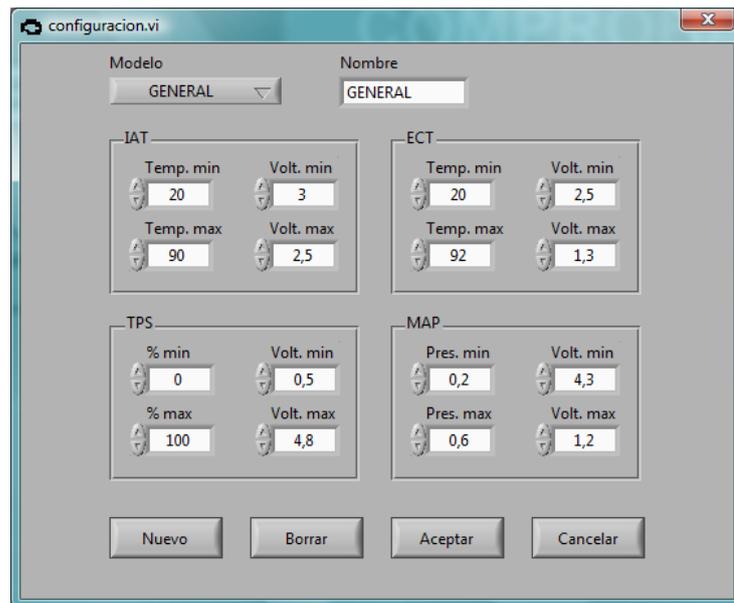


Figura 5.4 Matriz de verificación de las señales por variación de tensión

Con los datos cargados y habilitados para su operación a través de los controladores numéricos asignados para las variaciones de tensión, se efectuaron las mediciones correspondientes a los valores de voltaje mínimos y máximos, para la comparación de datos programados y medidos.

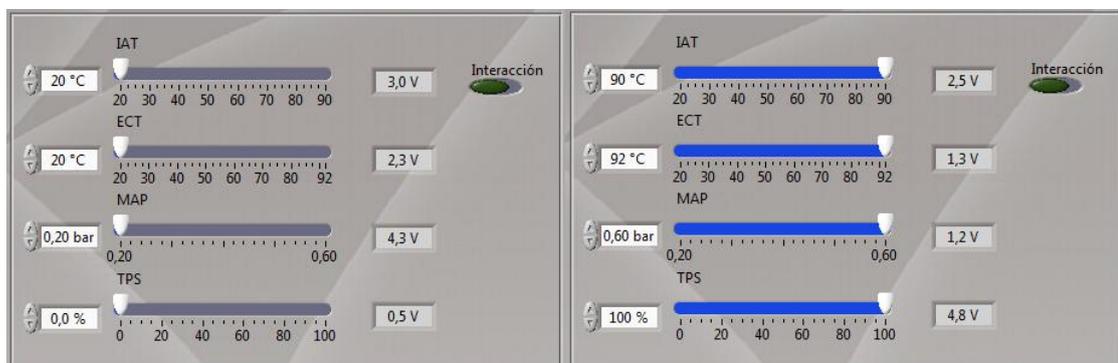


Figura 5.5 Controladores numéricos de las señales por variación de tensión

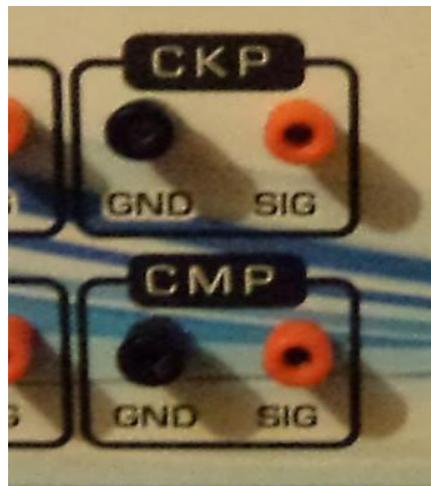
Los resultados obtenidos a través de la medición de voltajes en los puntos de verificación son representados en la Tabla 5.1

Tabla 5.1 Valores obtenidos en la verificación de las señales de tensión

Sensor	Datos Programados		Datos Medidos	
	Voltaje Max	Voltaje Min	Voltaje Max	Voltaje Min
IAT	3.0 V	2.5 V	3.1 V	2.6 V
ECT	2.3 V	1.3 V	2.4 V	1.5 V
MAP	4.3 V	1.2 V	4.2 V	1.1 V
TPS	0.5 V	4.8 V	0.4 V	4.7 V

5.1.3 Verificación de las señales pulsantes

Para la comprobación de de las señales pulsantes, correspondiente a las señales de los sensores CKP y CMP, se utilizo un osciloscopio automotriz, el mismo que fue conectado en los puntos de verificación, asignados, realizando una prueba de variación de frecuencia, por medio del software de control.

**Figura 5.6** Verificadores de señales pulsantes

Las dos señales son manejadas por el software por medio del controlador numérico “RPM” el mismo que es el encargado de variar la frecuencia de las dos señales a través de la programación, los datos de frecuencia son convertidos a valores de revoluciones por minuto RPM, datos que finalmente son mostrados en el visualizador de texto.

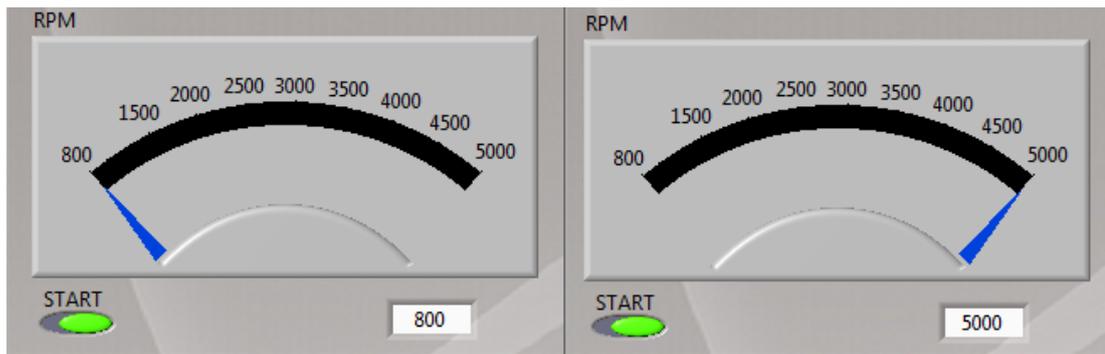


Figura 5.7 Controladores numéricos de las señales pulsantes

De la misma forma se utilizaron los valores límite de aceleración que fueron programados, para la comprobación con el equipo de medición. Estos datos fueron cotejados con los datos que nos proporciona el visualizador de formas de onda del software de control

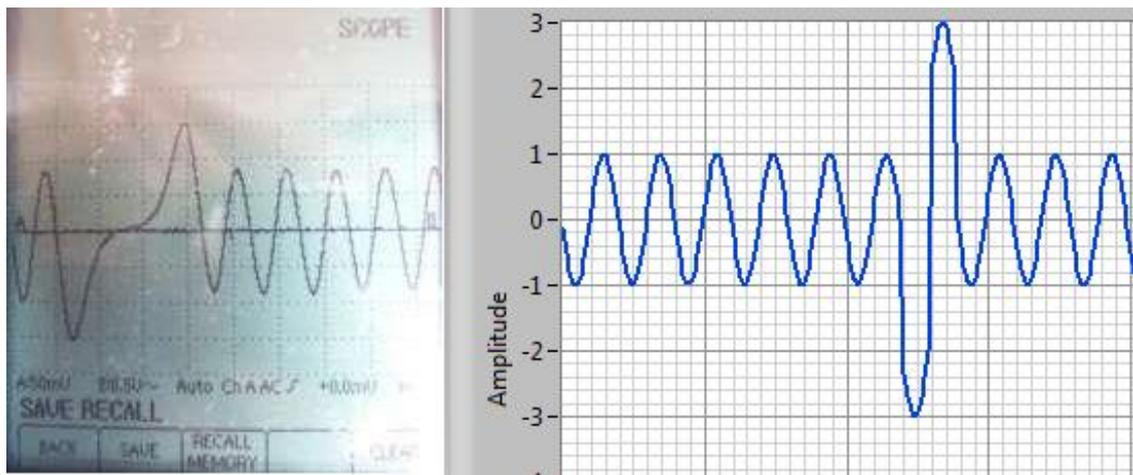


Figura 5.8 Verificación de la señal simulada CKP

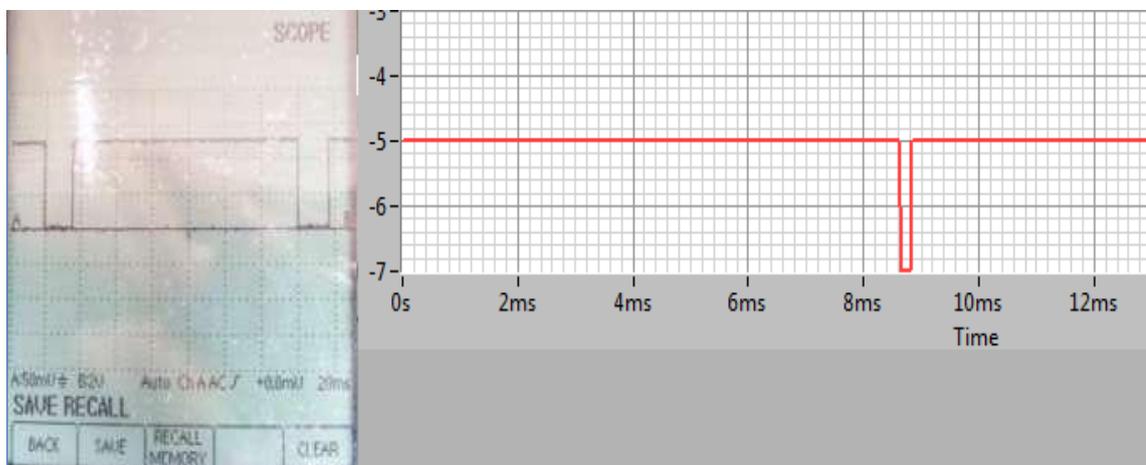


Figura 5.9 Verificación de la señal simulada CMP

Como ya se menciono los datos programados para la variación de frecuencia de estos sensores, no se tomaron en relación a mediciones hechas a cada modelo de ECU para los que fueron diseñados, puesto que la programación se realizo utilizando el principio de funcionamiento del sensor, los datos en cuanto a revoluciones se estiman de acuerdo a la variación de la frecuencia de las señales programadas. Los datos obtenidos han sido enlistados en la Tabla 5.2, los cuales hacen referencia a la comparación de las medidas que están representadas en el software, con los datos obtenidos en los puntos de verificación.

Tabla 5.2 Valores obtenidos en la verificación de las señales pulsantes

Sensor	Datos Programados			Datos Medidos		
	RPM	Frecuencia	Amplitud	RPM	Frecuencia	Amplitud
CKP	800	0.81 KHz	0.9 V	800	0.81 KHz	0.91 V
	50000	4.73 KHz	0.9 V	5000	4.7 KHz	0.91
CMP	800	7.1 KHz	5 V	800	7.1 KHz	5 V
	5000	38.3 KHz	5 V	5000	38.3 KHz	5 V

5.1.4 Verificación de los elementos ilustrativos

La comprobación de los elementos ilustrativos que componen el Panel Frontal, se la efectuó utilizando un multímetro automotriz, de manera que se verifico en primer lugar la continuidad entre los puntos de verificación, y las terminales internas a la cuales están soldadas, dichas terminales correspondientes a las salidas de a las funciones principales de gestión del motor, cuya conexión interna ya ha sido descrita mediante la codificación de los terminales, es decir los puntos de verificación corresponden a una extensión de la salida de cada sistema representado.

Los siguientes elementos a comprobar fueron los diodos LED utilizados en representación de los distintos actuadores, ya que en este punto estos elementos ya se encuentran alojados y conectados en el BCECU, la comprobación de estos elementos se realizo alimentando directamente los terminales de conexión, para este procedimiento se realizo la numeración en un orden secuencial los diodos LED.

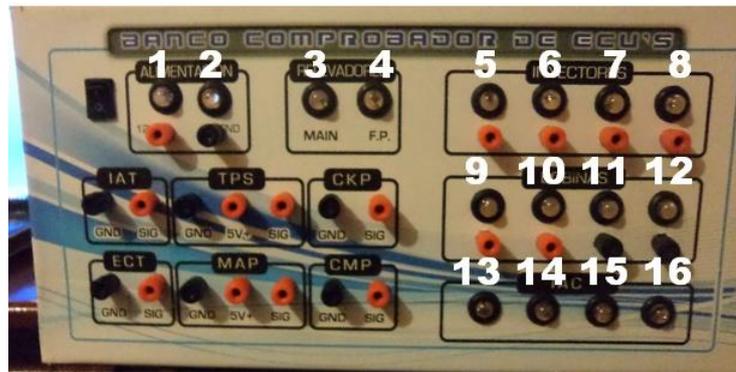


Figura 5.10 Codificación numérica del Panel Frontal del BCECU

Para la comprobación se energizó los terminales con alimentación positiva o negativa, de acuerdo al requerimiento de cada uno, la verificación de cada elemento esta enlistada en la Tabla 5.3

Tabla 5.3 verificación y codificación numérica de los elementos ilustrativos

Numero	Elemento	Descripción	Estado
1	LED de alimentación 12V	Alimentación 12V de la fuente de poder	Operativo
2	LED de alimentación GND	Alimentación GND de la fuente de poder	Operativo
3	LED de activación rele principal "MAIN"	Activación del relevador principal por la ECU	Operativo
4	LED de activación rele bomba de combustible "F.P"	Activación del relevador de la bomba de combustible por la ECU	Operativo
5	LED activación de inyector 4	Activación del inyector 4 por pulso negativo de la ECU	Operativo
6	LED activación de inyector 3	Activación del inyector 3 por pulso negativo de la ECU	Operativo
7	LED activación de inyector 2	Activación del inyector 2 por pulso negativo de la ECU	Operativo
8	LED activación de inyector 1	Activación del inyector 1 por pulso negativo de la ECU	Operativo
9	LED activación de bobina 2	Activación de la bobina 2 por pulso negativo de la ECU	Operativo
10	LED activación de bobina 1	Activación de la bobina 1 por pulso negativo de la ECU	Operativo

11	LED activación de bobina 2	Activación de la bobina 2 por pulso positivo de la ECU	Operativo
12	LED activación de bobina 1	Activación de la bobina 1 por pulso positivo de la ECU	Operativo
13	LED activación de válvula IAC 2	Activación de la válvula IAC 2 por pulso negativo de la ECU	Operativo
14	LED activación de válvula IAC 1	Activación de la válvula IAC 1 por pulso negativo de la ECU	Operativo
15	LED activación de válvula IAC 2	Activación de la válvula IAC 2 por pulso positivo de la ECU	Operativo
16	LED activación de válvula IAC 1	Activación de la válvula IAC 1 por pulso positivo de la ECU	Operativo

5.2 Pruebas de laboratorio del funcionamiento integral del BCECU

Con el BCECU operativo en su totalidad, y con todos los componentes necesarios listos, se realizo las pruebas de funcionamiento del equipo con las ECU para las cuales fue diseñado. Con estas pruebas se pretende verificar que efectivamente, una vez que se conecte el equipo de comprobación, a las unidades electrónicas, estas entren en operación, es decir que las señales simuladas estén siendo emitidas y aprovechadas y podamos apreciar la actuación de el sistema de inyección y el encendido electrónico, los cuales son los parámetros de verificación primordiales, de un sistema de inyección electrónica.

Las comprobaciones en cuanto a los valores de trabajo de los distintos sensores y la toma de datos con equipos auxiliares de medición, serán objeto de la ayuda didáctica que se pretende brindar con la creación de este equipo, de este modo estos aspectos serán tomados en consideración en la conformación de las practicas especificas, que se diseñaron para el BCECU en beneficio de los estudiantes.

Es necesario recalcar que para la realización de las pruebas de laboratorio se utilizaron ECU completamente operativas, tomadas de vehículos en circulación, los cuales no presentaban ninguna anomalía en su funcionamiento, con lo que se garantiza las comprobaciones a realizarse.

5.2.1 Comprobación del BCECU con la ECU del vehículo CHEVROLET CORSA

Para la comprobación de esta unidad electrónica, es necesario contar con todos los elementos del conjunto del BCECU estos son:

- Banco de comprobación
- Arnés de conexión del CHEVROLET CORSA
- Cable de alimentación de tensión
- Cable de comunicación USB
- PC con el software de control
- Multímetro automotriz

Una vez que todos los elementos están a disposición, se realizó la conexión de cada uno de ellos teniendo en cuenta que no se debe energizar el BCECU, hasta que la comunicación con el software de control este establecida.



Figura 5.11 Prueba de funcionamiento del la ECU del vehículo CHEVROLET CORSA con el BCECU

Con la comunicación lista se debe realizar el proceso de configuración de datos, que ha sido descrito anteriormente. Una vez que la configuración este cargada en el software, podemos energizar el BCECU, los LED del sistema de alimentación deberán indicar esta acción, al realizar este paso la ECU en verificación, también recibe alimentación con lo que podemos verificar las primeras acciones

que realiza la unidad electrónica por defecto como activar el relevador de la bomba de combustible y generar los voltajes y conexiones a masa, de referencia para los sensores.

Después de haber verificado las primeras acciones de la ECU producto de la alimentación de tensión del BCECU, se inicio el envío de señal de giro del sensor CKP, con lo que la unidad de control electrónico, comienza el desempeño de las funciones de inyección, encendido y control de marcha mínima. Con lo que la comprobación de la unidad queda completa.

La descripción de del proceso de verificación con la ECU del vehículo CHEVROLET CORSA, arrojo resultados en los elementos ilustrativos del BCECU, los cuales están enlistados en la Tabla 5.4

Tabla 5.4 resultados de la prueba de laboratorio efectuada en la ECU del vehículo CHEVROLET CORSA

Elemento	Descripción	Estado	Observación
LED 1	Alimentación 12V de la fuente de poder	Operativo	La ECU está recibiendo alimentación
LED 2	Alimentación GND de la fuente de poder	Operativo	La ECU esta está recibiendo conexión a masa
LED 3	Activación del relevador principal por la ECU	Inactivo	La ECU no presenta esta conexión
LED 4	Activación del relevador de la bomba de combustible por la ECU	Operativo	La ECU está enviando esta señal correctamente
LED 5	Activación del inyector 4 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	No está siendo utilizado
LED 6	Activación del inyector 3 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	No está siendo utilizado
LED 7	Activación del inyector 2 por pulso negativo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el puso de inyectores 1 y 4 correctamente
LED 8	Activación del inyector 1 por pulso negativo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el puso de inyectores 2 y 3 correctamente
LED 9	Activación de la bobina 2 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	No está siendo utilizado
LED 10	Activación de la bobina 1 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	No está siendo utilizado
LED 11	Activación de la bobina 2 por pulso positivo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el puso de bobinas 1 y 3 correctamente
LED 12	Activación de la bobina 1 por	Operativo	La ECU está enviando el puso de

	pulso positivo de la ECU		bobinas 4 y 2 correctamente
LED 13	Activación de la válvula IAC 2 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	No está siendo utilizado
LED 14	Activación de la válvula IAC 1 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	No está siendo utilizado
LED 15	Activación de la válvula IAC 2 por pulso positivo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el pulso de IAC correctamente
LED 16	Activación de la válvula IAC 1 por pulso positivo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el pulso de IAC correctamente

5.2.2 Comprobación del BCECU con la ECU del vehículo CHEVROLET LUV

Para la comprobación de esta unidad electrónica, es necesario contar con todos los elementos del conjunto del BCECU estos son:

- Banco de comprobación
- Arnés de conexión del CHEVROLET LUV
- Cable de alimentación de tensión
- Cable de comunicación USB
- PC con el software de control

Con todos los elementos requeridos listos, se a realizo la conexión de cada uno de ellos, utilizando el procedimiento antes descrito, hasta lograr la comunicación del BCECU con la unidad electrónica del vehiculó.



Figura 5.12 Prueba de funcionamiento del la ECU del vehículo CHEVROLET LUV 2.2 con el BCECU

Le unidad la electrónica en verificación, una vez que fue energizada y comunicada con el software de control, respondió de manera favorable, realizando las acciones que por defecto son ejecutadas al alimentar la unidad, donde se aprecio, la activación del rele de combustible, y repuesta de voltajes y conexión a masa de referencia para los sensores.

Después de haber verificado las primeras acciones de la ECU producto de la alimentación de tensión del BCECU, se inicio el envío de señal de giro del sensor CKP, con lo que la unidad de control electrónico, comienza el desempeño de las funciones de inyección, encendido y control de marcha mínima. Con lo que la comprobación de la unidad queda completa.

La descripción de del proceso de verificación con la ECU del vehículo CHEVROLET LUV 2.2, arrojó resultados en los elementos ilustrativos del BCECU, los cuales están enlistados en la Tabla 5.5

Tabla 5.5 Resultados de la prueba de laboratorio efectuada en la ECU del vehículo CHEVROLET LUV 2.2

Elemento	Descripción	Estado	Observación
LED 1	Alimentación 12V de la fuente de poder	Operativo	La ECU está recibiendo alimentación
LED 2	Alimentación GND de la fuente de poder	Operativo	La ECU esta está recibiendo conexión a masa
LED 3	Activación del relevador principal por la ECU	Inactivo	La ECU no presenta esta conexión
LED 4	Activación del relevador de la bomba de combustible por la ECU	Operativo	La ECU está enviando esta señal correctamente
LED 5	Activación del inyector 4 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el puso de inyección 4 correctamente
LED 6	Activación del inyector 3 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el puso de inyección 3 correctamente
LED 7	Activación del inyector 2 por pulso negativo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el puso de inyección 2 correctamente

LED 8	Activación del inyector 1 por pulso negativo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el pulso de inyección 1 correctamente
LED 9	Activación de la bobina 2 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el pulso de bobinas 1 y 3 correctamente
LED 10	Activación de la bobina 1 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el pulso de bobinas 4 y 2 correctamente
LED 11	Activación de la bobina 2 por pulso positivo de la ECU	Operativo	No está siendo utilizado
LED 12	Activación de la bobina 1 por pulso positivo de la ECU	Operativo	No está siendo utilizado
LED 13	Activación de la válvula IAC 2 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el pulso de IAC correctamente
LED 14	Activación de la válvula IAC 1 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el pulso de IAC correctamente
LED 15	Activación de la válvula IAC 2 por pulso positivo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el pulso de IAC correctamente
LED 16	Activación de la válvula IAC 1 por pulso positivo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el pulso de IAC correctamente

5.2.3 Comprobación del BCECU con la ECU del vehículo CHEVROLET LUV D-MAX

Para la comprobación de esta unidad electrónica, es necesario contar con todos los elementos del conjunto del BCECU estos son:

- Banco de comprobación
- Arnés de conexión del CHEVROLET LUV D-MAX
- Cable de alimentación de tensión
- Cable de comunicación USB
- PC con el software de control
- Multimetro automotriz

Con todos los elementos requeridos listos, se a realizo la conexión de cada uno de ellos, utilizando el procedimiento antes descrito, hasta lograr la comunicación del BCECU con la unidad electrónica del vehiculó.



Figura 5.13 Prueba de funcionamiento del la ECU del vehículo CHEVROLET LUV D-MAX con el BCECU

La unidad la electrónica en verificación, una vez que fue energizada y comunicada con el software de control, respondió de manera favorable, realizando las acciones que por defecto son ejecutadas al alimentar la unidad, donde se aprecia, la activación del rele de combustible, y repuesta de voltajes y conexión a masa de referencia para los sensores.

Después de haber verificado las primeras acciones de la ECU producto de la alimentación de tensión del BCECU, se inicio el envío de señal de giro del sensor CKP, con lo que la unidad de control electrónico, comienza el desempeño de las funciones de inyección, encendido y control de marcha mínima. Con lo que la comprobación de la unidad queda completa.

La descripción de del proceso de verificación con la ECU del vehículo CHEVROLET LUV D-MAX, arrojo resultados en los elementos ilustrativos del BCECU, los cuales están enlistados en la Tabla 5.6

Tabla 5.6 Resultados de la prueba de laboratorio efectuada en la ECU del vehículo CHEVROLET LUV D-MAX

Elemento	Descripción	Estado	Observación
LED 1	Alimentación 12V de la fuente de poder	Operativo	La ECU está recibiendo alimentación

LED 2	Alimentación GND de la fuente de poder	Operativo	La ECU esta está recibiendo conexión a masa
LED 3	Activación del relevador principal por la ECU	Inactivo	La ECU no presenta esta conexión
LED 4	Activación del relevador de la bomba de combustible por la ECU	Operativo	La ECU está enviando esta señal correctamente
LED 5	Activación del inyector 4 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el puso de inyección 4 correctamente
LED 6	Activación del inyector 3 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el puso de inyección 3 correctamente
LED 7	Activación del inyector 2 por pulso negativo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el puso de inyección 2 correctamente
LED 8	Activación del inyector 1 por pulso negativo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el puso de inyección 1 correctamente
LED 9	Activación de la bobina 2 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el puso de bobinas 1 y 3 correctamente
LED 10	Activación de la bobina 1 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el puso de bobinas 4 y 2 correctamente
LED 11	Activación de la bobina 2 por pulso positivo de la ECU	Operativo	No está siendo utilizado
LED 12	Activación de la bobina 1 por pulso positivo de la ECU	Operativo	No está siendo utilizado
LED 13	Activación de la válvula IAC 2 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el pulso de IAC A correctamente
LED 14	Activación de la válvula IAC 1 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el pulso de IAC B correctamente
LED 15	Activación de la válvula IAC 2 por pulso positivo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el pulso de IAC A correctamente
LED 16	Activación de la válvula IAC 1 por pulso positivo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el pulso de IAC B correctamente

5.2.4 Comprobación del BCECU con la ECU del vehículo CHEVROLET SPARK

Para la comprobación de esta unidad electrónica, es necesario contar con todos los elementos del conjunto del BCECU estos son:

- Banco de comprobación
- Arnés de conexión del CHEVROLET SPARK
- Cable de alimentación de tensión
- Cable de comunicación USB
- PC con el software de control

- Multimetro automotriz

Con todos los elementos requeridos listos, se a realizo la conexión de cada uno de ellos, utilizando el procedimiento antes descrito, hasta lograr la comunicación del BCECU con la unidad electrónica del vehiculó.



Figura 5.14 Prueba de funcionamiento del la ECU del vehículo CHEVROLET SPARK con el BCECU

Le unidad la electrónica en verificación, una vez que fue energizada y comunicada con el software de control, respondió de manera favorable, realizando las acciones que por defecto son ejecutadas al alimentar la unidad, donde se aprecio, la activación del rele de combustible, y repuesta de voltajes y conexión a masa de referencia para los sensores.

Después de haber verificado las primeras acciones de la ECU producto de la alimentación de tensión del BCECU, se inicio el envío de señal de giro del sensor CKP y CMP, con lo que la unidad de control electrónico, comienza el desempeño de las funciones de inyección, encendido y control de marcha mínima. Con lo que la comprobación de la unidad queda completa.

La descripción de del proceso de verificación con la ECU del vehículo CHEVROLET SPARK, arrojó resultados en los elementos ilustrativos del BCECU, los cuales están enlistados en la Tabla 5.7

Tabla 5.7 Resultados de la prueba de laboratorio efectuada en la ECU del vehículo CHEVROLET

SPARK

Elemento	Descripción	Estado	Observación
LED 1	Alimentación 12V de la fuente de poder	Operativo	La ECU está recibiendo alimentación
LED 2	Alimentación GND de la fuente de poder	Operativo	La ECU esta está recibiendo conexión a masa
LED 3	Activación del relevador principal "MAIN" por la ECU	Inactivo	La ECU está enviando esta señal correctamente
LED 4	Activación del relevador de la bomba de combustible "F.P" por la ECU	Operativo	La ECU está enviando esta señal correctamente
LED 5	Activación del inyector 4 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el puso de inyección 4 correctamente
LED 6	Activación del inyector 3 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el puso de inyección 3 correctamente
LED 7	Activación del inyector 2 por pulso negativo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el puso de inyección 2 correctamente
LED 8	Activación del inyector 1 por pulso negativo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el puso de inyección 1 correctamente
LED 9	Activación de la bobina 2 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el puso de bobinas 1 y 3 correctamente
LED 10	Activación de la bobina 1 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el puso de bobinas 4 y 2 correctamente
LED 11	Activación de la bobina 2 por pulso positivo de la ECU	Operativo	No está siendo utilizado
LED 12	Activación de la bobina 1 por pulso positivo de la ECU	Operativo	No está siendo utilizado
LED 13	Activación de la válvula IAC 2 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	No está siendo utilizado
LED 14	Activación de la válvula IAC 1 por pulso negativo de la ECU	Inactivo	La ECU está enviando el pulso de MTIA correctamente
LED 15	Activación de la válvula IAC 2 por pulso positivo de la ECU	Operativo	La ECU está enviando el pulso de MTIA correctamente
LED 16	Activación de la válvula IAC 1 por pulso positivo de la ECU	Operativo	No está siendo utilizado

5.3 Mantenimiento del BCECU

Una vez que el BCECU, se encuentra operativo en su totalidad, es necesario enmarcar aspectos fundamentales del uso del equipo, al tratarse de un artículo netamente electrónico, se ha considerado las siguientes recomendaciones en cuanto a su cuidado.

- Una de las recomendaciones más importantes, es evitar que el BCECU no sufra recalentamientos, por lo que su uso, se debe realizar en lugares bien ventilados y en lapsos de tiempo no muy prolongados de una hora aproximadamente.
- No apilar objetos de peso considerable sobre el BCECU, puesto que la estructura no está diseñada con estos fines, el espesor del material permite acomodar una PC portátil sin ningún inconveniente sobre el equipo, esta sería la referencia del peso que puede ser soportado.
- Tratar de mantener el BCECU, lejos de donde exista polvo o exceso de este y caiga sobre los componentes electrónicos, de preferencia mientras este en uso. mantenerlo tapado con algún fieltro o plástico protector, para evitar el acceso del polvo al interior ya que la acumulación de este podría producir estática.
- Para su limpieza exterior no usar solventes o alcohol, solo un paño suave y limpio puede ser una franela y humedecida con agua, casi seco. Para la limpieza interna utilizar una aspiradora, ya que los elementos electrónicos que se encuentran aquí alojados pueden ser dañados al utilizar brochas u otro tipo de artefactos de limpieza.
- La operación del equipo debe ser realizada siguiendo detalladamente los procedimientos descritos en las anteriores secciones, teniendo mucha precaución en la conexión del equipo con las ECU ya que los conectores pueden ser dañados si su manipulación no es la adecuada.
- Nunca usar el BCECU como apoyos para líquidos pues si estos se derraman al interior muy probablemente los dañe y tal vez en forma definitiva.
- Nunca exponer el BCECU a los rayos del sol o tenerlos cerca de otros aparatos o elementos que emitan calor, esto les eleva innecesariamente la temperatura del equipo y la acorta la vida útil de los componentes electrónicos.
- No destapar el equipo innecesariamente, pretendiendo conocerlo por dentro y mucho menos tratar de reparar sin el conocimiento previo de cualquier daño que se produzca.
- El equipo ocupa una fuente de tensión de 110V AC, de modo que en lo posible su conexión no debe ocupar extensiones, ya que estas podrían cortar abruptamente el suministro de energía eléctrica, lo que podría causar daño en los componentes electrónicos.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se ha construido un BANCO DE COMPROBACIÓN DE ECU'S para los sistemas de inyección electrónica, contemplados en el plan general, para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH.
- Se diseñó un Software de Control, que permite que la verificación de las unidades electrónicas, se realice de una manera interactiva y didáctica, utilizando la tecnología que está disponible en nuestro medio, además se aplicaron varias herramientas informáticas, para la culminación del equipo.
- Se diseñaron guías de laboratorio para la optimización del uso del equipo, en ellas se describe claramente el proceso para la realización de las prácticas por parte de los estudiantes.
- Se creó un manual del usuario para la utilización de este proyecto dentro del laboratorio de Autotrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH, detallando todos los requerimientos necesarios para la operación del equipo.
- Se obtuvo un diseño eficiente del equipo, el cual tiene la misión de proteger todos los elementos construidos además de contener todos los controles de conexión e ilustrativos, que hacen de este equipo una herramienta versátil y didáctica.
- Se crearon todos los elementos de conexión para la comunicación de las ECU con el banco de comprobación, rigiéndose en los diagramas de conexión originales, de manera que la operación de las unidades se realice de la misma forma que en el vehículo en funcionamiento.

6.2 Recomendaciones

- Antes de operar este banco didáctico, leer detalladamente el manual del usuario, ya que en éste se describe minuciosamente los parámetros de funcionamiento así como el mantenimiento que se brindar al equipo.
- Para realizar las prácticas, los estudiantes deben seguir el proceso indicado en las guías de laboratorio, jamás se debe experimentar sin la autorización del docente a cargo
- La capacidad de comprobación en cuanto a la variedad de modelos de vehículos, podría ser ampliada, con la adquisición de los conectores originales de conexión, puesto que las señales simuladas están diseñadas en función de los principios de funcionamiento de los sensores mas no está enfocado en los parámetros de funcionamiento específico de cada modelo de vehículo.
- En la realización de prácticas con vehículos operativos, se recomienda contar con un equipo de diagnostico automotriz, ya que la reconexión de unidades electrónicas después de haber sido verificadas, podría ocasionar la generación de códigos de falla, ya que en el banco de comprobación no están contemplados todos los sistemas de control del automóvil.
- Considerar siempre las normas de utilización contempladas, ya que al tratarse de un equipo netamente electrónico, una mala utilización derivara en un mal funcionamiento del equipo y en el peor de los casos el daño total de cualquiera de los componentes, en este caso la construcción de un nuevo elemento será factible ya que todo el proceso e información necesaria, estará disponible en el informe de este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CROUSE, William. Equipo Eléctrico y Electrónico del Automóvil. Colombia: Alfaomega, 2001.
Pp. 26-32
- [2] GIL, Hermógenes. Sistemas de Inyección de Gasolina. España: Ceac, 2002. Pp. 12-24
- [3] ALONSO, José. Técnicas del Automóvil, Equipo Eléctrico. España: Thonson, 2004. Pp. 34-41
- [4] ALONSO, José. Técnicas del Automóvil, Inyección de Gasolina y Dispositivos
Anticontaminación. España: Thonson, 2002. Pp. 24-46
- [5] SANTANDER, Jesús. Técnico en Mecánica Electrónica. Colombia: Diseli, 2003. Pp. 35-41
- [6] AGUEDA, Eduardo. Fundamentos Tecnológicos del Automóvil. España: Thonson, 2002.
Pp. 23-32
- [7] SANTANDER, Jesús. Mecánica y Electrónica Automotriz. Colombia: Diseli, 2005. Pp. 18- 35
- [8] MARTI, Albert. Encendido Electrónico. España: Alfaomega, 1996. Pp. 18-29
- [9] SANTANDER, Jesús. Mecánica y Electrónica Automotriz. Colombia: Diseli, 2005. Pp. 43-56
- [10] <http://www.sri.gob.ec/web/guest/194@public>
- [11] ANGULO, José María. Electrónica Digital y Microprogramable. España: Alsina, 2003.
Pp. 116-143
- [12] PALLÁS, Ramón. Sensores y Acondicionadores de Señal Problemas Resueltos. España:
T.M.I, 1998. Pp. 78-86
- [13] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>
- [14] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>
- [15] <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en023497>
- [16] http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADM485.pdf
- [17] http://www.ipc.org/2.0_IPC/2.1_About/pdfs/IPC_Overview.pdf

BIBLIOGRAFÍA

- AGUEDA, Eduardo. Fundamentos Tecnológicos del Automóvil. España: Thonson, 2002.
- ALONSO, José. Técnicas del Automóvil, Equipo Eléctrico. España: Thonson, 2004.
- ALONSO, José. Técnicas del Automóvil, Inyección de Gasolina y Dispositivos Anticontaminación.
España: Thonson, 2002.
- ANGULO, José María. Electrónica Digital y Microprogramable. España: Alsina, 2003.
- CROUSE, William. Equipo Eléctrico y Electrónico del Automóvil. Colombia: Alfaomega, 2001.
- GIL, Hermógenes. Circuitos Eléctricos en el Automóvil. España: Ceac, 2002.
- GIL, Hermógenes. Sistemas de Inyección de Gasolina. España: Ceac, 2002.
- MARTI, Albert. Encendido Electrónico. España: Alfaomega, 1996.
- OROZCO, José. Diagnóstico y Servicio de Inyección Electrónica, México: Digital Comunicación,
2006.
- PALLÁS, Ramón. Sensores y Acondicionadores de Señal Problemas Resueltos. España: T.M.I,
1998.
- SANTANDER, Jesús. Mecánica y Electrónica Automotriz. Colombia: Diseli, 2005.
- SANTANDER, Jesús. Técnico en Mecánica Electrónica. Colombia: Diseli, 2003.

LINKOGRAFIA

DATOS ESTADÍSTICOS DEL PARQUE AUTOMOTOR EN EL ECUADOR 2011

<http://www.sri.gob.ec/web/guest/194@public>

2011-12-16

DATASHEET DEL MICROCONTROLADOR 16F628A

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>

2011-12-16

DATASHEET DEL MICROCONTROLADOR 16F876A

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>

2011-12-16

DATASHEET DEL MICROCONTROLADOR 18F2450

<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en023497>

2011-12-16

DATASHEET DEL INTEGRADO RS485

http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADM485.pdf

2011-12-16

PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS

http://www.ipc.org/2.0_IPC/2.1_About/pdfs/IPC_Overview.pdf

2012-01-09

