



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE  
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA:** DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE  
IGNICIÓN PARA MOTORES TRICILÍNDRICOS BASADOS EN  
BOBINAS INDEPENDIENTES TIPO COP MEDIANTE CURVAS DE  
ENCENDIDO TRIDIMENSIONAL PROGRAMABLES

**AUTORES:** ACELDO TOROMORENO CARLOS EDUARDO  
AMAGUAÑA GUAMANI SERGIO WLADIMIR

**DIRECTOR:** ING. ERAZO GERMÁN  
**CODIRECTOR:** ING. QUIROZ LEONIDAS

**LATACUNGA  
2015**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

ING. GERMÁN ERAZO (DIRECTOR)  
ING. LEONIDAS QUIROZ (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN**

El proyecto titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE IGNICIÓN PARA MOTORES TRICILÍNDRICOS BASADOS EN BOBINAS INDEPENDIENTES TIPO COP MEDIANTE CURVAS DE ENCENDIDO TRIDIMENSIONAL PROGRAMABLES”** elaborado por los señores AMAGUAÑA GUAMANI SERGIO WLADIMIR y ACELDO TOROMORENO CARLOS EDUARDO, ha sido tutelado y revisado periódicamente y cumple con normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el reglamento de estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Debido a que constituye un proyecto de excelente contenido científico que contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, por lo que si recomendamos su publicación.

El citado proyecto consta de un documento empastado y un disco compacto los cuales contienen los archivos en formato portátil de Acrobat (PDF). Autorizan a los señores AMAGUAÑA GUAMANI SERGIO WLADIMIR y ACELDO TOROMORENO CARLOS EDUARDO que lo entregue al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Marzo del 2015.

---

Ing. Germán Erazo  
**DIRECTOR**

---

Ing. Leonidas Quiroz  
**CODIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo: ACELDO TOROMORENO CARLOS EDUARDO, y

Yo: AMAGUAÑA GUAMANI SERGIO WLADIMIR

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE IGNICIÓN PARA MOTORES TRICILÍNDRICOS BASADOS EN BOBINAS INDEPENDIENTES TIPO COP MEDIANTE CURVAS DE ENCENDIDO TRIDIMENSIONAL PROGRAMABLES**”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Seguidamente este trabajo es de nuestra autoría. En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Marzo del 2015.

---

Aceldo Toromoreno Carlos Eduardo

**CC: 1002851655**

---

Amaguaña Guamani Sergio Wladimir

**CC: 1714001730**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Yo: ACELDO TOROMORENO CARLOS EDUARDO, y

Yo: AMAGUAÑA GUAMANI SERGIO WLADIMIR

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución el proyecto denominado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE IGNICIÓN PARA MOTORES TRICILÍNDRICOS BASADOS EN BOBINAS INDEPENDIENTES TIPO COP MEDIANTE CURVAS DE ENCENDIDO TRIDIMENSIONAL PROGRAMABLES**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Marzo del 2015.

---

Aceldo Toromoreno Carlos Eduardo

**CC: 1002851655**

---

Amaguaña Guamani Sergio Wladimir

**CC: 1714001730**

## DEDICATORIA

Este proyecto de grado se los dedico en especial a mi Mamá y Abuelita que me han inculcado valores tan importantes como la honestidad, el trabajo y la fe en Dios.

A mis hermanos quienes con sus ejemplos y buenos consejos han alimentado en mí la madurez

A mis hijas por ser la parte esencial en mi vida y ser el motor de mi existencia.

**Carlos Eduardo Aceldo Toromoreno**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco con infinito amor a mi Mamá y Abuelita por haber confiado en mí y apoyarme en la culminación de mis estudios

De igual manera a mis profesores que con sus enseñanzas aportaron para engrandecer mis conocimientos y de manera especial a los Ingenieros Germán Erazo y Leonidas Quiroz Director y Codirector del proyecto de Tesis

**Carlos Eduardo Aceldo Toromoreno**

## DEDICATORIA

El presente trabajo de grado les dedico a mis padres que con mucho esfuerzo me han ayudado a cumplir mis metas y objetivos.

También les dedico este proyecto de grado a mis hermanos por el apoyo incondicional que me brindaron en el transcurso de mis estudios.

**Sergio Wladimir Amaguaña Guamani**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres Sergio y Odila por haber sido siempre mi impulso para seguir adelante y por el apoyo en todo lo necesario para terminar mi carrera.

También agradezco a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque he aprendido de cada uno de ellos sus enseñanzas con esfuerzo y dedicación.

**Sergio Wladimir Amaguaña Guamani**



## ÍNDICE

<b>CERTIFICADO</b> .....	i
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</b> .....	ii
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>RESUMEN</b> .....	xviii
<b>ABSTRACT</b> .....	xix
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xx
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>1. EL PROBLEMA</b> .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Planteamiento del problema. ....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación e importancia.....	3
1.5. Metas.....	4
1.6. Hipótesis.....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	5
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1. Fundamentación teórica.....	5
2.1.1. Descripción general. ....	5
2.2. Análisis comparativos de sistema de encendido.....	6

2.3.	Tecnologías empleadas para controlar sensores utilizados en las igniciones. ....	7
2.3.1.	Sensor de temperatura. ....	8
2.3.2.	Sensor de presión absoluta. ....	10
2.3.3.	Sensor de posición angular.....	11
2.4.	Actuadores.....	13
2.4.1.	Bobinas tipo COP. ....	13
2.5.	Controladores digitales de señales. ....	14
2.5.1.	Controladores digitales y componentes. ....	17
a.	Controlador digital de visualización.....	19
b.	Controlador digital de procesamiento. ....	22
2.5.2.	Principio para selección de lenguaje de programación de controladores digitales de señales.....	23
2.6.	Interfaces analógicas y digitales para adquisición de datos.....	24
2.7.	Interfaces electrónicas de potencia.....	25
<b>CAPÍTULO III</b>	.....	<b>27</b>
<b>3.</b>	<b>REQUISITOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE IGNICIÓN PARA MOTORES TRICILÍNDRICOS CON BOBINAS TIPO COP</b> .....	<b>27</b>
3.1.	Características generales. ....	27
3.2.	Requisitos del sistema. ....	28
3.2.1.	Requisitos en base a especificaciones de potencia. ....	28
3.2.2.	Requisitos en base al ambiente de trabajo. ....	28
3.2.3.	Requisitos en base al desempeño solicitado. ....	29
3.3.	Concepción del sistema electrónico en base a diagramas de bloques ..	29
3.3.1.	Etapas de sensado de variables.....	30
a.	Acondicionamiento de variables. ....	31
3.3.2.	Etapas de procesamiento y configuración. ....	32
a.	Función de procesamiento.....	32

b.	Función de configuración.....	34
3.3.3.	Etapa de respuesta (circuito de potencia) .....	35
a.	Criterios para la selección de la bobina tipo COP.....	35
3.3.4.	Etapa de visualización. ....	37
a.	Subsistema de interfaz humano – máquina.....	37
<b>CAPÍTULO IV</b>	.....	<b>38</b>
<b>4.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE IGNICIÓN PARA MOTORES</b>	
	<b>TRICILÍNDRICOS CON BOBINAS TIPO COP</b> .....	<b>38</b>
4.1.	Diseño del hardware del sistema. ....	38
4.2.	Etapa de sensado. ....	38
4.2.1.	Dimensionamiento de los elementos de la subetapa de sensado del terminal positivo del acumulador. ....	38
4.2.2.	Dimensionamiento de los elementos de la subetapa de sensado de la temperatura del refrigerante. ....	41
4.2.3.	Dimensionamiento de los elementos de la subetapa de sensado de presión absoluta en el múltiple de admisión.....	42
4.2.4.	Dimensionamiento de los elementos de la subetapa de sensado de la posición del árbol de levas y velocidad angular. ....	43
4.2.5.	Dimensionamiento de los elementos de la subetapa de sensado del interruptor de encendido del motor (posición on). ....	45
4.3.	Etapa de procesamiento y visualización. ....	47
4.3.1.	Descripción general del programa en el controlador digital de señales. ....	47
a.	Interrupciones. ....	48
b.	Entrada y captura de pulsos. ....	49
c.	Desbordamiento TIMER4.....	49
4.3.2.	Conexión del controlador de configuración.....	51
4.3.3.	Conexión del controlador de procesamiento.....	52
4.3.4.	Consideraciones del oscilador. ....	54
4.3.5.	Diseño de la interfaz gráfica de visualización. ....	55

a.	Módulo de comunicación inalámbrica en la centralita .....	55
b.	Módulo de comunicación inalámbrica en la pc.....	56
4.4.	Etapa de salida o potencia.....	57
4.4.1.	Controlador de las bobinas de encendido.....	58
4.4.2.	Controlador de la bomba de combustible y del electroventilador.....	59
4.5.	Etapa de alimentación del sistema. ....	59
4.6.	Diagrama esquemático general. ....	62
<b>CAPÍTULO V</b>	.....	<b>63</b>
<b>5.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS</b> .....	<b>63</b>
5.1.	Pruebas en protoboard. ....	63
5.1.1.	Pruebas de voltaje. ....	64
5.1.2.	Temperatura. ....	65
5.1.3.	Velocidad angular. ....	67
5.2.	Diseño de las placas de circuito impreso.....	67
5.3.	Implementación del sistema.....	70
5.3.1.	Montaje físico del sistema.....	70
5.4.	Pruebas de operación y funcionamiento.....	76
5.4.1.	Verificación del cumplimiento de parámetros de funcionamiento del diseño en tiempo real. ....	77
5.4.2.	Verificación de parámetros de funcionamiento del diseño en tiempo real. ....	82
5.4.3.	Prueba de sistema de encendido DIS con osciloscopio. ....	85
5.4.4.	Prueba de sistema convencional con osciloscopio.....	86
5.4.5.	Prueba de pista para la verificación de consumo de combustible.....	87
5.4.6.	Prueba de parámetros característicos en el dinamómetro.....	89
a.	Curvas de potencia y torque con el sistema de encendido convencional .....	89
b.	Curvas de potencia y torque con el sistema de encendido con unidad de control electrónico (UCE). ....	92

c. Respuesta de potencia del sistema. ....	94
5.5. Desempeño general del sistema (análisis de resultados). ....	95
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	<b>98</b>
<b>6. MARCO ADMINISTRATIVO</b> .....	<b>98</b>
6.1. Recursos. ....	98
6.1.1. Recursos humanos. ....	98
6.1.2. Recursos tecnológicos. ....	98
6.1.3. Recursos materiales. ....	99
6.2. Presupuesto. ....	100
6.3. Análisis costo – beneficio. ....	101
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>102</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>104</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>106</b>
<b>NETGRAFÍA</b> .....	<b>108</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>109</b>
<b>ANEXO 1</b> .....	<b>110</b>
<b>DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL</b> .....	<b>110</b>
<b>ANEXO 2</b> .....	<b>111</b>
<b>DATASHEET DSPIC30F4011</b> .....	<b>111</b>
<b>ANEXO 3</b> .....	<b>115</b>
<b>DATASHEET PIC18F2550</b> .....	<b>115</b>
<b>ANEXO 4</b> .....	<b>118</b>
<b>DATASHEET 4N25</b> .....	<b>118</b>
<b>ANEXO 5</b> .....	<b>122</b>
<b>DATASHEET LM317</b> .....	<b>122</b>
<b>ANEXO 6</b> .....	<b>126</b>
<b>DATASHEET LM 7807</b> .....	<b>126</b>
<b>ANEXO 7</b> .....	<b>131</b>
<b>PRUEBAS DINAMÓMETRO</b> .....	<b>131</b>

<b>ANEXO 8</b> .....	132
<b>MANUAL DE USUARIO</b> .....	132
<b>ANEXO 9</b> .....	138
<b>ARTÍCULO</b> .....	138

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Árbol del problema .....	2
Figura 2.1: Curva característica del sensor de temperatura (NTC).....	9
Figura 2.2: Esquema del sensor de temperatura del líquido refrigerante .....	9
Figura 2.3: Curva característica del sensor de presión absoluta .....	10
Figura 2.4: Esquema del sensor de presión absoluta .....	11
Figura 2.5: Curva característica del sensor de posición angular (CMP) .....	12
Figura 2.6: Sensor de posición angular inductivo (CMP) .....	13
Figura 2.7: Diagrama bobina COP .....	14
Figura 2.8: Diagrama de bloques del DSPIC30F4011 .....	19
Figura 2.9: Diseño de bloques del PIC18F2550 .....	21
Figura 2.10: Configuración del PIC 18F2550 .....	22
Figura 2.11: Configuración del DSPIC30F4011 .....	22
Figura 3.1: Diagrama de bloques de la unidad de control electrónico .....	30
Figura 3.2: Tipos de señales, continuas y discretas. ....	30
Figura 4.1: Circuito de medición de voltaje .....	39
Figura 4.2: Circuito de medición de temperatura .....	41
Figura 4.3: Circuito de medición de presión absoluta .....	42
Figura 4.4: Circuito de conformación de pulsos para los sensores CMP .....	43
Figura 4.5: Circuito de unificación de señales para medición de velocidad angular del motor.....	44
Figura 4.6: Interfaz de la señal del switch ON-OFF .....	45
Figura 4.7: Diagrama CTR vs IF .....	46
Figura 4.8: Diagrama de flujo de la unidad de control electrónico, microcontrolador de procesamiento .....	48
Figura 4.9: Circuito del oscilador.....	54
Figura 4.10: Diagrama de conexión entre el control digital y el módulo ZIGBEE	56
Figura 4.11: Puente USB – ZIGBEE .....	57

Figura 4.12: Circuito manejador de bobinas COP de transistor incorporado .....	58
Figura 4.13: Circuito manejador de los relés de la bomba y el electroventilador .....	59
Figura 4.14: Circuito de alimentación de la unidad de control electrónico .....	60
Figura 5.1: Análisis gráfico de voltaje .....	65
Figura 5.2: Análisis gráfico de temperatura.....	66
Figura 5.3: Diseño circuito unidad de control .....	68
Figura 5.4: Diseño circuito interfaz de comunicación.....	68
Figura 5.5: Circuitos impresos y soldados. ....	69
Figura 5.6: Módulo electrónico e interfaz .....	70
Figura. 5.7: Unidad de control electrónico (UCE) instalado. ....	71
Figura 5.8: Conectores DB9 y DB25.....	71
Figura 5.9: Disposición física de CMPs.....	72
Figura 5.10: Montaje sensor MAP.....	72
Figura. 5.11: Montaje sensor WTS .....	73
Figura 5.12: Relevadores y caja de fusibles. ....	75
Figura 5.13: Soporte y bobinas COP .....	75
Figura 5.14: Entorno visual de configuración de parámetros.....	77
Figura 5.15: Curva tridimensional .....	78
Figura 5.16: Introducción de valores de la tabla de avance .....	79
Figura 5.17: Tiempo dwell en el entorno visual.....	80
Figura 5.18: Corte de chispa en el entorno visual.....	81
Figura 5.19: Visualización en tiempo real .....	82
Figura 5.20: Avance de encendido .....	82
Figura 5.21: Tiempo dwell .....	83
Figura 5.22: Curva presión absoluta sensor MAP.....	83
Figura 5.23: Temperatura sensor WTS.....	84
Figura 5.24: Voltaje de batería .....	84
Figura 5.25: Corte de chispa a 5000 RPMs. ....	85



Figura 5.26: Gráfica osciloscopio dwell sistema DIS .....	86
Figura 5.27: Gráfica osciloscopio dwell sistema convencional.....	87
Figura 5.28: Valores potencia y torque, sistema de encendido convencional.....	91
Figura 5.29: Gráficas de potencia y torque (Dinamómetro) .....	91
Figura 5.30: Valores torque y potencia con sistema DIS .....	93
Figura 5.31: Gráficas de potencia y torque .....	94
Figura 5.31: Gráfica comparativa de potencia .....	95
Figura 5.32: Gráfica comparativa de torque.....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Análisis comparativo de sistemas de encendido.....	6
Tabla 2.2 Características mas importantes de la familia dsPIC30F.....	15
Tabla 2.3 Tipos y Funciones de las Interfaces de E/S.....	25
Tabla 3.1 Matriz de avance de encendido (rpm, kpa).....	33
Tabla 4.1 Configuración de puertos del controlador de configuración.....	52
Tabla 4.2. Configuración de puertos del controlador de procesamiento.....	53
Tabla 5.1 Valores medidos de Voltaje.....	64
Tabla 5.2 Medición de temperatura en el vehículo.....	66
Tabla 5.3 Mediciones de velocidad angular en el vehículo.....	67
Tabla 5.4 Terminales de relé bomba de combustible.....	74
Tabla 5.5 Terminales del relé electro – ventilador.....	74
Tabla 5.6 Tabla de avance en función de KPA y RPMs.....	78
Tabla 5.7 Tabla comparativa consumo de combustible.....	88
Tabla 5.8 Especificaciones vehículo Suzuki Forsa II.....	89
Tabla 5.9 Pruebas de potencia y torque, sistema de encendido convencional...	90
Tabla 5.10 Pruebas de potencia y torque, sistema de encendido con unidad de control electrónico.....	92
Tabla 5.11 Valores de torque y potencia comparativos.....	95
Tabla 6.1 Recursos Humanos.....	98
Tabla 6.2 Recursos Tecnológicos.....	98
Tabla 6.3 Componentes mecánicos.....	99
Tabla 6.4 Componentes eléctricos y electrónicos.....	99
Tabla 6.5 Presupuesto.....	100

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se diseñó e implementó un sistema de encendido electrónico que reemplaza al sistema de encendido convencional en el vehículo Suzuki Forsa II ,permitiendo la visualización en tiempo real de parámetros como son RPMs del motor, avance en grados, tiempo dwell, presión absoluta en el múltiple de admisión, temperatura del motor y voltaje suministrado de la batería; así como también la configuración del cartograma del avance en vacío en función de RPMs, la calibración del tiempo dwell y el corte de chispa. Para la elaboración del hardware requerimos de tres sensores CMPs, un sensor WTS, y un sensor MAP, estos se encargan de enviar la información necesaria al UCE para procesar y calcular los datos adquiridos para transformarlos en una señal de salida que es enviada hacia cada una de las tres bobinas tipo COP. En el desarrollo de la programación se utiliza el firmware PIC CCS en lenguaje C, un modelo matemático en función al avance total que es una suma de los avances basados en RPMs más el vacío y según sea el caso en corrección de la temperatura de régimen para realizar los algoritmos de la ignición. La plataforma de LabView permite diseñar y desarrollar la interfaz de comunicación inalámbrica y de visualización en la computadora. Con la implementación de este sistema se obtuvo un mejor desempeño del motor, reduciendo el consumo de combustible y elevando la potencia. Las pruebas de operación y funcionamiento verifican el desempeño del sistema en tiempo real, analizando todos los resultados de carga y potencia obtenidas en el dinamómetro.

**PALABRAS CLAVE: AUTOMOTRIZ / MOTORES TRICILÍNDRICOS / SISTEMA ELECTRÓNICO DE ENCENDIDO / CARTOGRAMAS DE ENCENDIDO.**

## ABSTRACT

The present research was designed and implemented an electronic ignition system that replaces the conventional ignition system in the vehicle Suzuki Forsa II, allowing real-time display of parameters such as engine RPMs, advance in degrees, dwell time, absolute pressure in the intake manifold, engine temperature and battery voltage supplied; as well as the configuration of the progress in vacuum cartogram according to RPMs, dwell time calibration and spark cutting. To prepare the hardware we require three CMP sensors, a WTS sensor, and a MAP sensor, these are responsible for sending the information needed to UCE to process and calculate data acquired to transform them into an output signal that is sent to each of the three coils type COP. In the development of CCS PIC firmware programming using C language, a mathematical model based on the total advance is a sum of progress based on RPMs over the void and as appropriate in correcting the temperature regime algorithms perform ignition. LabView platform allows design and develop wireless communication interface and display on the computer. By implementing this system better engine performance was obtained by reducing fuel consumption and increasing power. The operation and performance tests verify system performance in real time, analyzing all results loading and power obtained on the dynamometer.

**KEYWORDS: AUTOMOTIVE / ENGINES THREE-CYLINDER /  
CARTOGRAMS ON / ELECTRONIC IGNITION SYSTEM.**

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE IGNICIÓN PARA MOTORES TRICILÍNDRICOS BASADOS EN BOBINAS INDEPENDIENTES TIPO COP MEDIANTE CURVAS DE ENCENDIDO TRIDIMENSIONAL PROGRAMABLES” relaciona diversos conocimientos adquiridos durante el transcurso de nuestra formación académica.

El sistema de ignición con bobinas tipo COP para motores tricilíndricos se desarrollará de una forma electrónica, se implementará el sistema de encendido en el vehículo SUZUKI FORSA II obteniendo un mejor desempeño de la combustión.

Se configuró valores de avance mediante el cartograma, tiempo dwell y corte de ignición para mejor funcionamiento del vehículo.

Se obtuvo la visualización del funcionamiento en tiempo real a través de una interfaz inalámbrica para la lectura de datos de funcionamiento del motor.

Para la implementación y pruebas se realizó, el montaje físico del sistema, pruebas de operación y funcionamiento, la verificación de cumplimiento de parámetros de funcionamiento en tiempo real.

El capítulo 1, muestra el estudio metodológico del problema por resolver, objetivo general y específicos a partir del planteamiento del tema.

El capítulo 2, abarca el marco teórico para el desarrollo del presente proyecto de investigación, en donde nos basamos en consultas de los temas bibliográficos.

El capítulo 3, establece los requisitos para la implementación del sistema de ignición para motores tricilíndricos con bobinas independientes tipo COP, en base a diagramas de bloques.

El capítulo 4, presenta el diseño del sistema de ignición para motores tricilíndricos con bobinas independientes tipo COP, se dimensiona los diferentes elementos y circuitos electrónicos.

El capítulo 5, despliega la implementación del sistema y las diferentes pruebas realizadas para comprobar su correcto funcionamiento, con los datos obtenidos se realiza un análisis de resultados.

El capítulo 6, contempla el marco administrativo donde se detalla el presupuesto y recursos empleados del proyecto.

# CAPÍTULO I

## 1. EL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

La electrónica en el campo automotriz ha evolucionado dinámicamente, reemplazando los rudimentarios sistemas de ignición mecánica y electromecánica, por dispositivos completamente digitales gobernados por centralitas.

En orden cronológico de desarrollo, podemos aseverar que estos sistemas se han perfeccionado desde los primeros encendidos de ruptor y distribuidor, hasta los complejos sistemas microprocesados, sin distribuidor y con bobinas independientes.

Debido a su extremada complejidad y a la restricción de información por parte de los fabricantes de electrónica automotriz, los algoritmos de control que rigen a los sistemas de encendido, son desconocidos para los estudiantes de ingeniería automotriz.

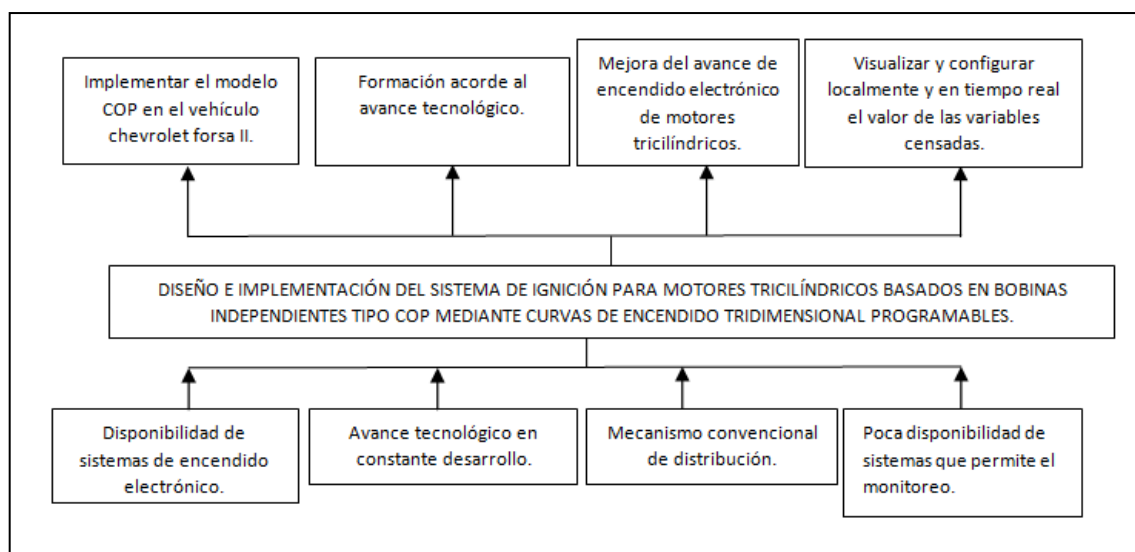
Estas pueden ser algunas de las razones para que dentro de los trabajos de grado de los estudiantes de la carrera no se hayan diseñado sistemas que gobiernen el funcionamiento específico de los motores de combustión interna.

Si bien existen en el mercado innumerables dispositivos programables para control de la inyección, coexisten muy pocos que controlen el encendido, y dentro de esta reducida cantidad, no hay dispositivos orientados a su aplicación en motores de tres cilindros.

## 1.2. Planteamiento del problema.

Debido al avance constante de la tecnología en los vehículos, cada vez se necesita optimizar el proceso de encendido para mejorar la combustión y aminorar las emisiones contaminantes.

En base a esta problemática proponemos el desarrollo de una unidad de control electrónica programable para la ignición de motores OTTO de tres cilindros, que permita al usuario verificar y calibrar en tiempo real, el valor de las variables implicadas en la determinación del correcto avance de chispa.



**Figura 1.1:** Árbol del problema

El diseño y construcción del sistema de encendido electrónico mediante bobinas tipo COP se basa en conocimientos y habilidades obtenidos durante el transcurso de clases y prácticas. Para ello, aplicamos conocimientos adquiridos en el área de autotrónica.



### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Diseñar e implementar el sistema de ignición para motores tricilíndricos basado en bobinas independientes tipo COP mediante curvas de encendido tridimensional programables.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Desarrollar un sistema microprocesado que administre la ignición en motores tricilíndricos.
- Mejorar los parámetros característicos del motor de combustión interna, referidos entre el 5% y 10% en torque y potencia en relación a los valores nominales.
- Diseñar y seleccionar los elementos electrónicos idóneos para su funcionamiento con la ayuda de diagrama de bloque y de flujo.
- Programar y personalizar curvas de encendido tridimensional en función de la velocidad y carga del motor.
- Realizar pruebas que permitan determinar la factibilidad de implementación del sistema.

### **1.4. Justificación e importancia.**

La importancia del diseño y construcción del sistema se basa en que por medio de este se incrementarán y reforzarán los conocimientos del estudiante de ingeniería, referentes a la aplicación de sistemas digitales, dispositivos microprocesados y autotrónica.

El propósito fundamental del proyecto es desarrollar el hardware y firmware de un sistema de ignición COP original y de código abierto, que sirva como base para el posterior desarrollo de sistemas de ignición e inyección propios, los primeros de su clase hechos en Ecuador.

Es importante mencionar que se cuenta con los implementos necesarios para cumplir con este proyecto, como son la alta disponibilidad de medios físicos e intelectuales.

### **1.5. Metas.**

- Implementar el módulo COP en un vehículo Suzuki Forsa II y probarlo para condiciones concretas para determinar la optimización en torque, potencia y consumo de combustible.
- Optimizar el rendimiento eléctrico del sistema de encendido en un 75% en relación al sistema original.
- Generar información del proceso de investigación e implementación del sistema COP.
- Disponer de un manual de usuario que sintetice el funcionamiento, programación, requerimientos y precauciones en la manipulación del mecanismo.
- Realizar pruebas que permitan determinar la factibilidad de implementación del sistema.

### **1.6. Hipótesis.**

¿El diseño e implementación del sistema de ignición para motores tricilíndricos basados en bobinas independientes tipo COP optimizará el rendimiento del motor?

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Fundamentación teórica.**

##### **2.1.1. Descripción general.**

El sistema de ignición con bobinas independientes tipo COP radica en una central electrónica programable para controlar la ignición de motores OTTO de tres cilindros, que permite al usuario verificar y calibrar en tiempo real, el valor de las variables implicadas en la determinación del correcto avance de chispa.

El dispositivo propuesto posee varias etapas que le permite realizar las siguientes funciones:

- Sensor de manera precisa las variables concernientes al funcionamiento del encendido del motor:
  - 1.- Presión absoluta del múltiple de admisión
  - 2.- Temperatura del refrigerante
  - 3.- Posición del árbol de levas
  - 4.- Velocidad angular del motor y voltaje del acumulador.
  
- Concebir en tiempo real el valor de cada una de las variables sensadas.
- Calibrar las constantes de referencia (cartograma referencial de encendido) mediante reprogramación del controlador.
- Proveer alimentación de corriente a las bobinas de encendido, en función de la temporización determinada por su procesamiento.

## 2.2. Análisis comparativos de sistema de encendido.

Para realizar un análisis debemos tener en claro la base de su función del sistema de encendido en el automóvil, tomando varios parámetros e ideas fundamentales que nos ayudara a desarrollar el mismo.

(Bosch R, 2002) señala: “La principal función del sistema de encendido es generar un arco eléctrico en los electrodos de una bujía para iniciar la combustión de la mezcla aire-combustible aspirado por los pistones dentro del cilindro del motor. Existen varios sistemas de encendido que comparamos: voltaje, tecnología y durabilidad de los sistemas. “

**Tabla 2.1**

### Análisis comparativo de sistemas de encendido

TIPO DE ENCENDIDO	SZ	TZ-I y TZ-H	EZ	DIS - COP
<b>CARACTERÍSTICA</b>				
<b>Sistema</b>	Mecánico	Electrónico – Mecánico	Electrónico - Mecánico	Electrónico
<b>Chispas por minuto</b>	20000	30000	40000	50000
<b>Tensión</b>	10/15000V	20000V	20000V	30000V
<b>Descripción</b>	Utiliza ruptor, platino y condensador	Se elimina el ruptor por un generador de pulso (inductivo y hall)	Se elimina el regulador centrífugo, vacío y el generador de pulso	Se elimina el distribuidor por completo, totalmente electrónico
<b>Mantenimiento</b>	Es necesario (100%)	Es necesario (60%)	Es necesario (10%)	No es necesario (0 %)

**Fuente:** (Bosch R, 2008)

- Encendido convencional (SZ)
- Encendido transistorizado sin platino con generador de impulso de tipo inductivo (TZ-I)
- Encendido transistorizado sin platino con generador de impulso de efecto hall (TZ-H)
- Encendido electrónico integral con distribución mecánica del encendido (EZ)
- Encendido totalmente electrónico con una bobina por cilindro DIS – COP

### **2.3. Tecnologías empleadas para controlar sensores utilizados en las igniciones.**

Existen varias tecnologías empleadas para la ignición basándose principalmente en la evolución de los diferentes componentes del sistema de ignición.

La electrónica aplicada al campo automotriz es un gran avance para la evolución de tecnologías que ayudan a mejorar el funcionamiento de una manera eficaz en generar la chispa de encendido en los tiempos adecuados, logrando una mejor combustión de la mezcla aire-combustible basándose en la presión de admisión, temperatura de motor, posición del árbol de levas y la velocidad angular del motor.

(Zabler E, 2002) describe las tendencias de desarrollo en: “Tecnologías estratificados e híbridos (resistencia en función de la dilatación, de la temperatura y del campo magnético), tecnologías de semiconductores (sensores hall y de temperatura), micromecánica de superficie y de volumen (sensores de presión y de aceleración sobre la base de silicio) y la tecnologías de microsistemas (combinación de dos o más microtecnologías por ejemplo la microelectrónica y la micromecánica).”

Con la ayuda de la tecnología de sensores en aplicaciones como en el sistema de ignición, ayudan a la buena combustión y optimiza el consumo de combustible y baja las emisiones de escape de gas.

Con el transcurso de los años la tecnología en los sensores, evolucionan electrónicamente al sistema integrado siendo una apertura para el nuevo y novedoso sistema de encendido DIS-COP que en sus siglas en inglés significa (Direct Ignition System - Coil On Plug).

### **2.3.1. Sensor de temperatura.**

(Zabler E, 2002) detalla que: “La temperatura de gases o líquidos puede medirse en general sin problemas en cualquier punto local, sin embargo la medición de la temperatura de cuerpos sólidos se limita casi siempre a la superficie.”

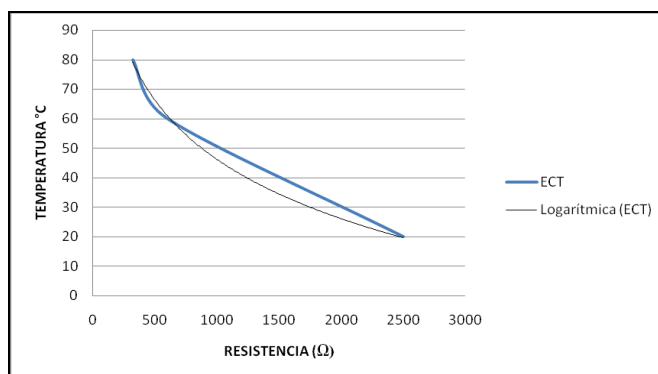
Por su disposición y trabajo existen sensores de temperatura de diferentes formas tanto en su construcción como en su aplicación. A continuación se describe la complejidad y el funcionamiento del sensor de temperatura.

(Berger J, 2002) señala que: “Este sensor está montado en el circuito del líquido refrigerante, con el fin de determinar la temperatura del motor a partir de la temperatura del refrigerante (campo de medición  $-40\dots+130^{\circ}\text{C}$ )”

(Ortmann R, 2003) narra que: “El sensor WTS indica la temperatura del refrigerante del motor a la ECU (Engine Control Unit), para que esta a su vez ajuste su funcionamiento y la señal enviada es usada para determinar el tiempo de apertura del inyector y la velocidad alta de ralentí.”

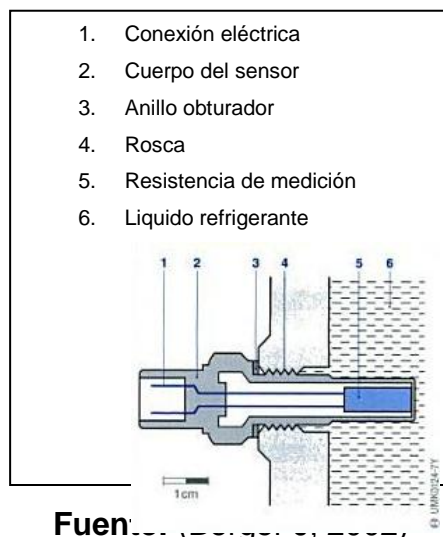
(Berger J, 2002) también explica que: “Dentro de un cuerpo hay montada una resistencia termosensible de medición, de material semiconductor. Normalmente tiene ella un coeficiente de temperatura negativo (NTC), raramente un coeficiente de temperatura positivo (PTC), es decir, que su resistencia disminuye o aumenta drásticamente al subir la temperatura.”

El sensor que nosotros utilizamos es un sensor WTS que en sus siglas en inglés significa (Water Temperature Sensor) de coeficiente negativo (NTC).



**Fuente:** (Berger J, 2002)

**Figura 2.1:** Curva característica del sensor de temperatura (NTC)



**Fuente:** (Berger J, 2002)

**Figura 2.2:** Esquema del sensor de temperatura del líquido refrigerante

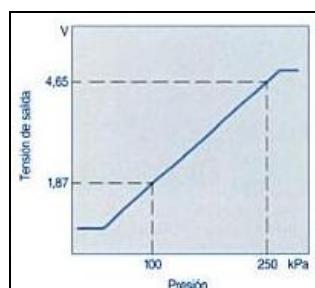
### 2.3.2. Sensor de presión absoluta.

(Booster B, 2014) expone que: “Estos sensores se utilizan para medir la presión interna del múltiple de admisión, presión atmosférica y presión de vapor dentro del tanque de gasolina, etc.”

(Berger J, 2002) describe la ubicación que: “Está montado en la unidad de control o en el compartimiento del motor.”

(Berger J, 2002) también describe su funcionamiento que: “La señal sirve para corregir en función de la altura los valores teóricos para los circuitos reguladores por ejemplo (la realimentación de gases de escape y la regulación de la presión de sobrealimentación). Con ello se puede tener en cuenta las diferencias de densidad del aire-ambiente”.

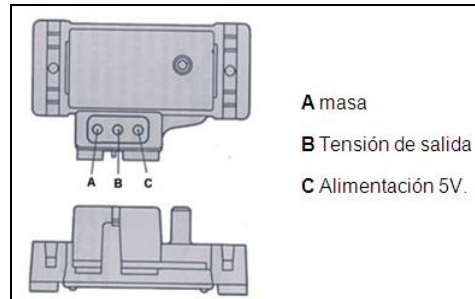
(Linkedin C, 2012) clasifica al “MAP en dos diferentes tipos, por variación de tensión y por variación de frecuencia, pero en ambos casos la función de ellos es la misma, medir la diferencia de presiones existentes entre el medio ambiente y el múltiple de admisión, el funcionamiento del MAP de variación de tensión hace actuar una resistencia de tipo variable, que se acciona con el vacío resultante durante el ciclo de admisión del motor.”



**Fuente:** (Berger J, 2002)

**Figura 2.3:** Curva característica del sensor de presión absoluta





**Fuente:** (Linkedin C, 2012)

**Figura 2.4:** Esquema del sensor de presión absoluta

### 2.3.3. Sensor de posición angular.

(Zabler E, 2002) refiere que: “Los sensores de posición sirven para detectar recorridos y posiciones angulares y son los sensores más utilizados en los vehículos motorizados.”

Para medir posiciones angulares utilizamos sensores de sistemas basados en diferentes nociones de medición como son:

- Sensores de potenciómetro.
- Sensores inductivos.
- Sensores magnetostáticos (efecto Hall).

(Zabler E, 2002) explica que: “Los sensores de potenciómetros de cursor utiliza como principio de medición la equivalencia existente entre la longitud de una resistencia alámbrica (en forma de cable o hilo) o de capa (en forma de pista) y su valor óhmico. Actualmente es el sensor de posición más económico.”

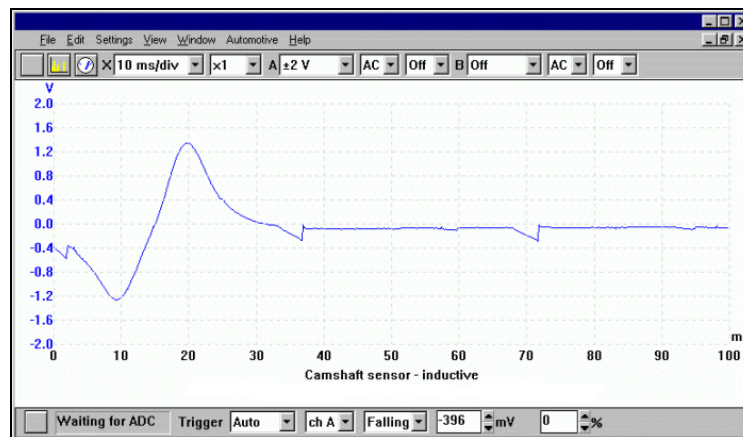
(Zabler E, 2002) describe que: “Los Sensores magnetostáticos sirven para medir un campo magnético de corriente continua. Al contrario de los sensores

inductivos son mucho más apropiados para la miniaturización y se pueden fabricar económicamente con los medios de la tecnología de los microsistemas.”

(Zabler E, 2002) dice que: “Los sensores inductivos son particularmente insensibles a las perturbaciones y muy robustos. Las disposiciones de bobinas necesarias para esos sensores requieren sin embargo mucho más espacio en comparación con los sensores micromecánico.”

Estos sensores son aplicados en el mundo automotriz y toman el nombre de CMP (camshaft position sensor) según sea el caso, el sensor que utilizamos es un sensor inductivo que va a proveer al UCE la información que le admite identificar el cilindro número 1 para el ciclo de funcionamiento.

(Augeri F, 2010) detalla que: “El voltaje producido por el sensor del árbol de levas será determinado por varios factores: la velocidad del motor, la proximidad del rotor de metal al sensor y la fuerza del campo magnético ofrecida por el sensor. El ECM necesita ver la señal cuando el motor se enciende para su referencia.



**Fuente:** (Augeri F, 2010)

**Figura 2.5:** Curva característica del sensor de posición angular (CMP)



**Fuente:** (Augeri F, 2010)

**Figura 2.6:** Sensor de posición angular inductivo (CMP)

## **2.4. Actuadores.**

(Vildósola C, 2003) menciona que: “Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide).”

El actuador que se implementa en el sistema de ignición serían las bobinas tipo COP que las detallamos en el siguiente enunciado.

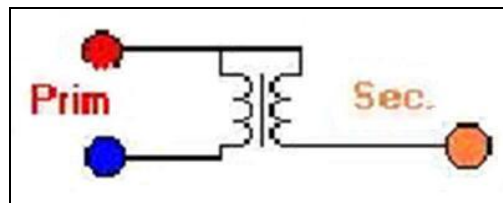
### **2.4.1. Bobinas tipo COP.**

Este tipo de bobinas son aquellas de tipo integral que no necesitan ningún cable y se coloca directamente en la bujía, eliminando resistencia a la alta tensión, aumentando la descarga de chispa en alto voltaje por lo que mejora la eficiencia del quemado de los gases.

(Javaz E, 2013) describe que: “La configuración más sencilla de este tipo de bobinas tiene dos pines de conexión, en este caso tenemos un transformador

sencillo, en donde se tiene un devanado primario y uno secundario alrededor de un núcleo de hierro. La configuración eléctrica de este tipo de bobinas permite un arreglo en el cual se cuenta con un positivo de contacto, una activación por masa desde el PCM, y una salida de alta tensión hacia la respectiva bujía.”

En la disposición de pines el cable rojo corresponde a alimentación que proviene del contacto y el azul a masa, el secundario toma parte del positivo con el primario para que cualquier descarga de secundario se realice en la masa de la bujía, para comprobar los voltajes del primario y secundario hacemos uso del osciloscopio e interpretar el oscilograma que muestra para su diagnóstico.



**Fuente:** (Augeri F, 2010)

**Figura 2.7:** Diagrama bobina COP

## 2.5. Controladores digitales de señales.

(Angulo U, 2003) señala: “Los DSP (procesador digital de señales) son microcontroladores dotados de los recursos físicos y lógicos necesarios para poder soportar las aplicaciones específicas del procesamiento digital de señales. Las instrucciones aritméticas complejas de los MCU (Micro-Controller Unit) se ejecutan en varios ciclos, mientras que las de los DSP sólo precisan uno.”

(Angulo U,. 2003) también identifica que: “En los DSP siempre se dispone de convertidores AD (analógico-digital) rápidos y precisos. Dado el carácter

marcadamente matemático de los programas para DSP, estos están preparados para ser programados con lenguajes de alto nivel, como C”.

Los DSP se comercializan en la actualidad en otros dispositivos agrupados de dos familias que son:

- Familia dsPIC30F
- Familia dsPIC33F

La tabla muestra un listado de las características más destacables de esta familia.

**Tabla 2.2.**

**Características mas importantes de la familia dsPIC30F.**

RECURSO	RANGO DE VALORES
Memoria de Programa FLASH	12 Kb – 144 Kb
Memoria de Datos RAM	512 Bytes – 8Kb
Memoria de Datos EEPROM	1Kb – 4Kb
Pines de Encapsulado	18 -80 pines
Temporizadores de 16 bits	Hasta 5
Módulo de Captura	Hasta 8 entradas
Módulo Comparador / PWM	Hasta 8 salidas
Módulo PWM de Control de Motores	De 6 a 8
Convertidores A/D de 10 bits	500 Kbps, hasta 16 canales
Convertidores A/D de 12 bits	100 Kbps, hasta 16 canales
UART	1 – 2
SPI™ (8-16 bits)	1 – 2
I <sup>2</sup> C™	1 Módulo
QEI	1
Interfaz CODEC	1
CAN	1 - 2

(Microchip T, 2007) indica que: “El voltaje de alimentación admite un rango comprendido entre 2,5 y 5,5 VDC. Se tolera una temperatura interna entre  $-40^{\circ}$  y  $85^{\circ}$  C y una externa entre  $-40^{\circ}$  y  $125^{\circ}$ . El rendimiento alcanza los 30 MIPS cuando el voltaje de alimentación tiene un valor entre 4.5 y 5.5 VDC.

(Microchip T, 2007) por otra parte señala: “En cuanto a la arquitectura de la CPU (Unidad Central de Procesamiento) los dsPIC30F se sustentan en un núcleo RISC (Computadora con Conjunto de Instrucciones Reducidas) con arquitectura Harvard mejorada. Actuando como soporte central de información existe un banco de 16 registros de 16 bits cada uno; se dispone de un bus de datos de 16 líneas y otro de instrucciones de 24.”

Las secciones MCU y DSP cooperan en el funcionamiento y comparten el flujo de instrucciones de los DSC. Los recursos específicos del Motor DSP, además de soportar las operaciones DSP, permiten implementar nuevas y potentes instrucciones MCU.

(Angulo J, 2006) describe que: “La memoria estática de acceso aleatorio se divide en dos espacios X e Y que pueden ser accedidos a la vez. Otra característica importante en los dsPIC30F es la de admitir hasta 45 fuentes distintas de interrupción con 7 niveles de prioridad, de las cuales 5 son externas. Hay modelos de dsPIC30F que disponen de hasta 54 pines de E/S programables y con otras funciones multiplexadas con un consumo de 25mA cada uno. Al admitir más periféricos los dsPIC33F disponen de más fuentes de interrupción”.

(Pavón & Cruz, 2014) señala que: “Los convertidores AD, módulos de captura y comparación, módulos PWM para el control de motores, módulos de comunicación I2C, SPI, CAN, UART, etc. Los dsPIC33F además contienen un

Controlador DMA. También disponen de potentes herramientas para la gestión del sistema (Monitor de fallo de reloj, temporizadores para la estabilización del voltaje de alimentación y la frecuencia, etc.), así como dispositivos para controlar el consumo de energía (modos de bajo consumo Idle y sleep, detección de voltaje bajo, etc.).”

(Microchip T, 2007) refiere que: “Ha clasificado a los modelos de la familia dsPIC30F en tres categorías atendiendo a su aplicación más apropiada.”

- Dispositivos dsPIC30F de propósito general.
- Dispositivos dsPIC30F para el control de sensores.
- Dispositivos dsPIC30F para el control de motores.

### **2.5.1. Controladores digitales y componentes.**

(Creus A, 2012) Indica que: “El controlador digital contiene el procesador o microprocesador (CPU = Central Process Unit) y la memoria principal, comunicados entre sí y con los periféricos (teclado, monitor, unidad de disco, etc.) a través de los canales de señales.”

(Creus, 2012) explica que: “El procesador y microprocesador contiene la unidad aritmética y lógica (ALU) que efectúa las operaciones aritméticas básica de suma y resta, y que dispone de los operadores lógicos de comparación AND, OR, NOT, XOR, etc.”

(Creus, 2012) dice que: “La unidad de control constituye el verdadero “cerebro” del ordenador y busca e interpreta las instrucciones de un programa,

coordinando el funcionamiento de la unidad aritmética y lógica mediante los pulsos de frecuencia del reloj del microprocesador, que determina el tiempo de ejecución de las tareas confiadas al ordenador.”

De acuerdo al estudio que se realiza, se determina las familias de microcontroladores que son eficaces en aplicaciones específicas, ya que poseen alta escala de integración, por esta razón utilizamos los microcontroladores PIC y DSPIC de MICROCHIP para el presente proyecto.

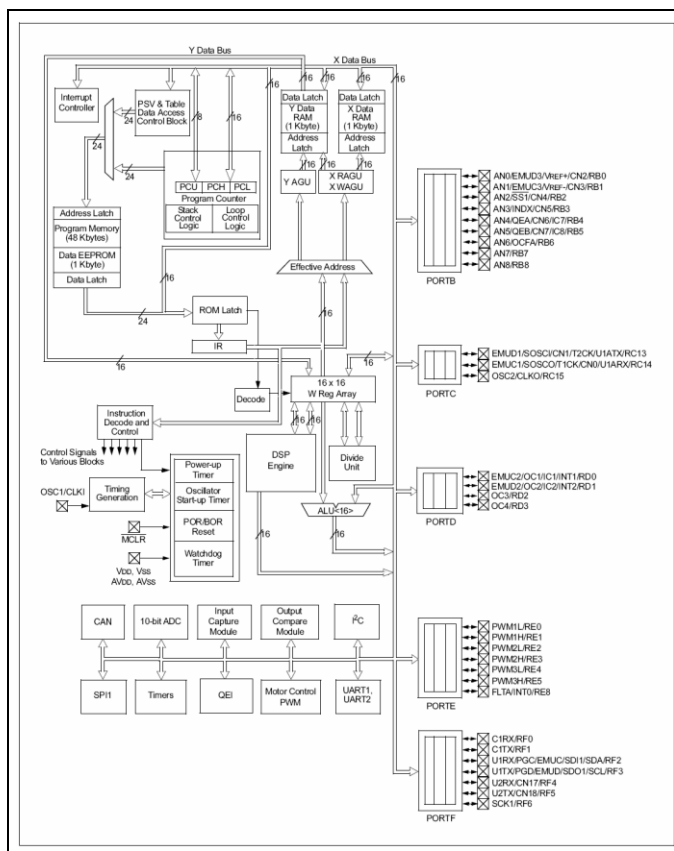
El controlador digital DSPIC30F4011, utilizado en el procesamiento de las señales obtenidas desde los sensores, y para la determinación y ejecución del avance al encendido, tiene las siguientes características notables:

(Microchip T, 2007) describe las siguientes características.

- “Memoria FLASH de 48Kbytes.
- Memoria RAM de 2Kbytes.
- Cinco módulos temporizadores de 16bits.
- Módulos de captura, comparación y PWM de 16bits.
- Dos módulos USART.
- Conversor análogo – digital de hasta 13 canales con resolución de 10bits, con tiempo de adquisición programable.
- Conexión de oscilador externo de hasta 40Mhz, pudiendo conseguirse hasta 120Mhz con PLL interno.
- Multiplicación en hardware de 17x17 en un ciclo de instrucción.



- Arquitectura optimizada para compilación en lenguaje C, con set extendido de instrucciones.
- Rango de voltajes de operación entre 2.5V y 5.5V.”



**Fuente:** (Microchip T, 2007)

**Figura 2.8:** Diagrama de bloques del DSPIC30F4011

### a. Controlador digital de visualización.

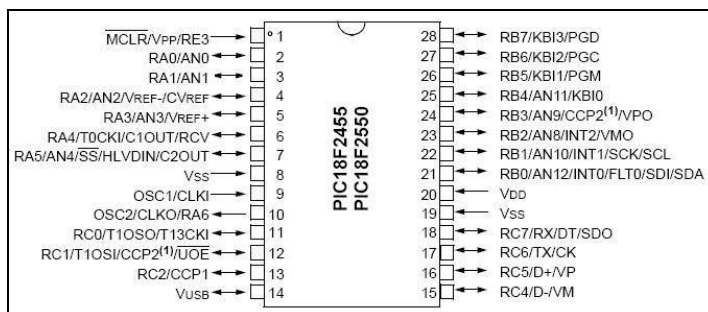
(Microchip T, 2007) describe que: “El microcontrolador PIC18F2550 perteneciente a la gama alta y mejorada, se usa para la interfaz de la visualización en una HMI en tiempo real de las variables adquiridas y calculadas por el sistema.

Con la ayuda de los datasheet de (Microchip T, 2007) se analiza las siguientes características:

- “Voltaje de operación: 2 a 5.5 V
- Pines: 28
- Memoria tipo FLASH
- 64 Kbyte de Memoria de Programa
- 3 Kbyte de Memoria RAM
- 256 Bytes de Memoria EEPROM
- Interface USB 2.0 de alta velocidad 12Mbit/s
- Velocidad de CPU de hasta 12MIPS
- Oscilador interno calibrarle de 32KHz a 8MHz
- Puertos de comunicación USART, SPI, I2C
- 2 Periféricos de Captura/Comparación/PWM
- 2 temporizadores de 16-bits, 1 temporizador de 8-bits
- 10 canales ADC de 10 bits
- 2 Comparadores Analógicos
- Todo en un empaquetado PDIP de 28 pines”

La arquitectura de este microcontrolador le permite alcanzar velocidades de 12MIPS utilizando un cristal externo de solo 4MHz.”



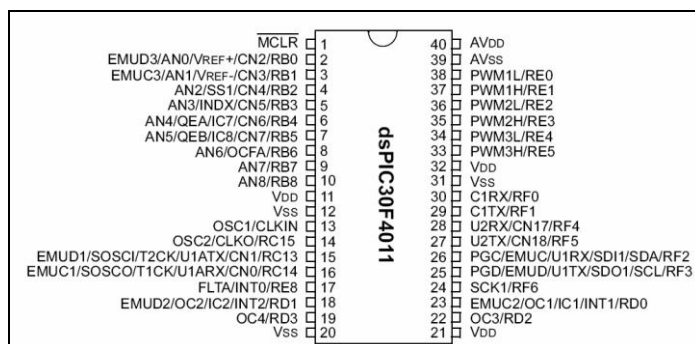


Fuente: (Microchip T, 2007)

Figura 2.10: Configuración del PIC 18F2550

## b. Controlador digital de procesamiento.

Se puntualiza que el DSPIC30F4011 se encarga del procesamiento de la información, al recibir todos los datos de las variables externas, generar las señales de activación de las bobinas y entregar los valores resultantes de forma adecuada para su visualización.”



Fuente: (Microchip T, 2007)

Figura 2.11: Configuración del DSPIC30F4011

### **2.5.2. Principio para selección de lenguaje de programación de controladores digitales de señales.**

Para identificar cada uno de los lenguajes de programación se trata los conceptos básicos y funcionamiento de los niveles de lenguaje.

(Alcocer V, 2006) dice que: “Un lenguaje de programación es un idioma artificial diseñado para comunicar instrucciones a una máquina. La mayoría de los lenguajes de programación describen la computación mediante una serie de comandos, aunque algunos, como por ejemplo los que son compatibles con la programación funcional o la programación lógica, utilizan formas alternativas de descripción.”

El diseño de un lenguaje de programación se divide normalmente en dos componentes: sintaxis (forma) y semántica (significado).

Básicamente existe lenguaje de programación de alto nivel y también de bajo nivel.

Para adoptar un lenguaje de programación de controladores digitales y de señal razonamos las siguientes nociones:

- Alcance y objetivo del Proyecto.
- Características funcionales del lenguaje con aspectos de costo, control y complejidad.
- Cantidad de Control directo del controlador digital con respecto al Hardware (Entradas y/o salidas).
- Disposiciones de extensión, ejemplo, subrutinas, procedimientos, módulos, abstracción de datos.

- Facilitar la estructura, tanto sintáctica como semánticamente. Editores de texto, debugger, utilización de bibliotecas menos complicadas, eficiencia en la documentación.

## **2.6. Interfaces analógicas y digitales para adquisición de datos.**

(Coughlin & Frederick, 1999) explica que: “Las interfaces establecen la comunicación entre la unidad central (Microcontrolador) y el proceso, filtrando, adaptando y codificando de forma comprensible para dicha unidad.”

Las señales procedentes de los elementos de entrada (para el interruptor de encendido del motor, sensor de posición de cilindro, sensor de temperatura del refrigerante, sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión, teclado de configuración), decodificando y amplificando las señales generadas durante la ejecución del programa antes de enviarlas a los elementos de salida (Bobinas de encendido tipo COP, interfaz de visualización gráfica). “

El DSP trabaja con señales digitales para eso se necesita un circuito de acondicionamiento para las señales analógicas de entrada y mediante el convertor A/D (convertor analógico digital) se procesará la información.

Importancia:

- Conexión directa a sensores y actuadores del proceso
- 90% fallas en circuitos E/S

Clasificación por tipo de señales:

- Digitales de 1 bit: lógicas o binarias.

- Digitales de varios bits: palabras
- Analógicas

**Tabla 2.3.**

**Tipos y Funciones de las Interfaces de E/S.**

TIPOS	CODIFICACIÓN	SENTIDO	FUNCIONES DE INTERFAZ
TODO NADA	BINARIA (1 BIT)	ENTRADAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptación de niveles de tensión.</li> <li>• Filtrado de perturbaciones.</li> <li>• Aislamiento galvánico.</li> </ul>
		SALIDAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptación de niveles de tensión.</li> <li>• Amplificación de corriente.</li> <li>• Aislamiento galvánico.</li> </ul>
SEÑALES CONTINUAS	ANALÓGICAS (0, +- 10 V) (4, 20 mA)	ENTRADAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptación y filtrado de señal.</li> <li>• Conversión A/D.</li> </ul>
		SALIDAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversión D/A.</li> <li>• Adaptación a 0, +- 10 V o 4 a 20 mA.</li> </ul>
	DIGITALES (8, 16..... BITS)	ENTRADAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de Canal y Multiplexado.</li> <li>• Conversión de Códigos.</li> </ul>
		SALIDAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversión de Código. (Binario – ASCII – 7 segmentos.)</li> <li>• Amplificación de Corriente.</li> </ul>
		BIDIRECCION ALES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversión de Código. (serie – paralelo)</li> <li>• Protocolo de dialogo. (hard + soft)</li> </ul>

**Fuente:** (Coughlin & Frederick, 1999)

## 2.7. Interfaces electrónicas de potencia.

(Angulo, Martínez, & Romero, 2006) explican que: “Las interfaces de potencia son dispositivos intermedios entre nuestro microcontrolador y aquellos aparatos que requieran cantidades de corriente mayores a los que pueden controlar el microcontrolador (por lo general se esta hablando de 40

miliamperios como máximo por pin), motores de paso, motores DC, servomotores, lámparas incandescentes, reflectores, grupos de leds son ejemplos de dispositivos que podríamos llegar a controlar desde el microcontrolador a través de las interfaces de potencia, es un grave error tratar de conectarlos directamente a los pines del microcontrolador.”



## CAPÍTULO III

### 3. REQUISITOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE IGNICIÓN PARA MOTORES TRICILÍNDRICOS CON BOBINAS TIPO COP

#### 3.1. Características generales.

El sistema constituye una central electrónica de control del encendido para motores tricilíndricos a gasolina que permite controlar eficientemente el encendido, además calibrar y verificar en tiempo real a través de un interfaz humano – máquina, las variables concernientes al funcionamiento del motor.

El dispositivo posee varias etapas que le permiten:

*Sensar variables:* Esta etapa del dispositivo permite al usuario de manera precisa registrar las variables concernientes al funcionamiento del encendido del motor: presión absoluta del múltiple de admisión, temperatura del refrigerante, posición del árbol de levas, voltaje y velocidad angular, las cuales servirán para determinar las acciones a tomar en los diferentes elementos del circuito de potencia.

*Setear parámetros:* Permite establecer la configuración correcta de las constantes de referencia (cartograma referencial de encendido) mediante reprogramación del microcontrolador a través del teclado.

*Visualizar variables:* Permite al usuario ver en tiempo real el valor de las variables que han sido obtenidas en la etapa de sensado mediante un HMI (Human machine interface).

*Control actuadores:* Esta etapa permite proveer alimentación de corriente y voltaje necesarios para la operación de las bobinas de encendido, en función de la temporización determinada por su procesamiento que depende de las variables sensadas.

### **3.2. Requisitos del sistema.**

El sistema debe cumplir varios requisitos de funcionamiento y considerar las funciones de las especificaciones de potencia, ambiente y trabajo, de las actividades requeridas.

#### **3.2.1. Requisitos en base a especificaciones de potencia.**

Los requisitos que se toma en cuenta y que son muy fundamentales para protección del sistema son los siguientes.

- Protección contra cortocircuito y sobrevoltaje,
- Control de potencia necesaria para la señal de activación de las bobinas de encendido y alimentación de los sensores.
- Mínimo consumo de corriente en el estado de reposo para prevenir la descarga de la batería en funcionamiento durante períodos largos de tiempo.

#### **3.2.2. Requisitos en base al ambiente de trabajo.**

Bajo impacto en los sistemas del vehículo y del motor, indemnidad a la vibración, capacidad de trabajo en temperaturas extremas e inmunidad a la interferencia eléctrica generada por elementos del motor y vehículo.

### **3.2.3. Requisitos en base al desempeño solicitado.**

Para el óptimo desempeño del sistema se debe disminuir el margen de error en la lectura e interpretación de señales análogas y pulsantes, también su alta velocidad de toma de datos, procesamiento y ejecución, además de la exactitud en la base de tiempo utilizada para las tareas de sincronización del sistema, otro requerimiento muy importante es la versatilidad en interfaces analógicas para poder medir señales desde los sensores y actuadores del sistema de ignición.

Por otra parte los elementos electrónicos deben ser disponibles en el mercado y costos de adquisición moderados, vida útil larga y disminución de mantenimiento.

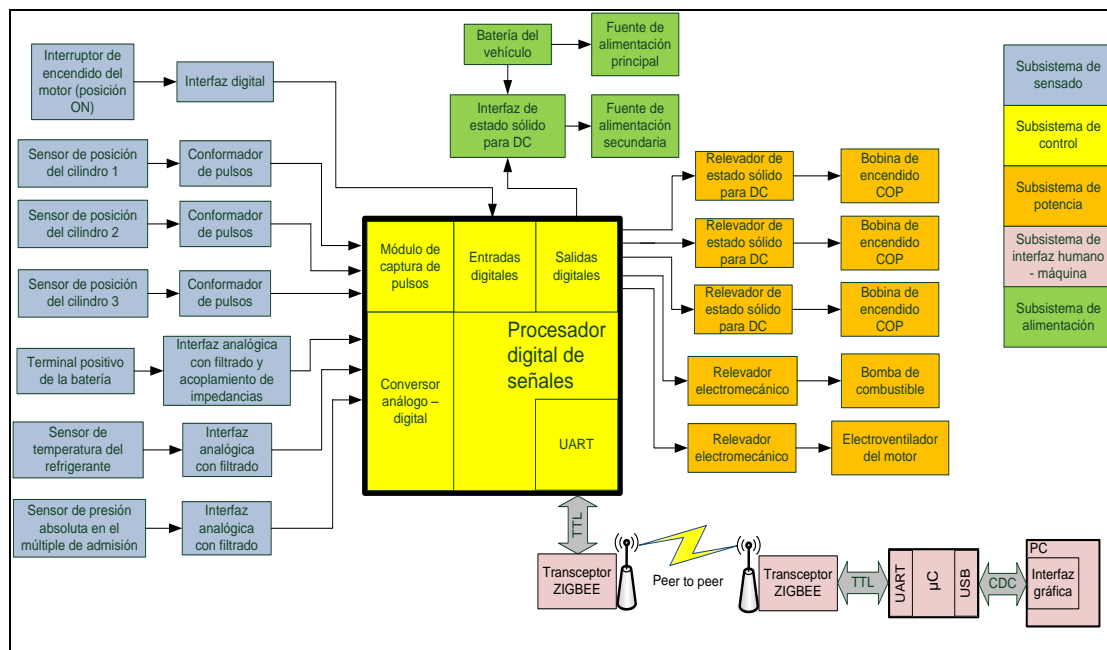
### **3.3. Concepción del sistema electrónico en base a diagramas de bloques**

Se observa la concepción básica del hardware en la figura 3.1, con diagramas de bloques y sub-bloques que enseñan los sistemas y subsistemas de acuerdo a las funciones generales que son:

Señales de entrada, son las señales de los sensores para la obtención de datos.

Procesamiento y configuración, en este sistema se analiza todos los datos que ingresan para ser procesados y enviar a los actuadores con sus correspondientes valores de funcionamiento.

Visualización y respuesta, son señales de salida donde podremos observar y manipular desde el teclado valores de configuración.

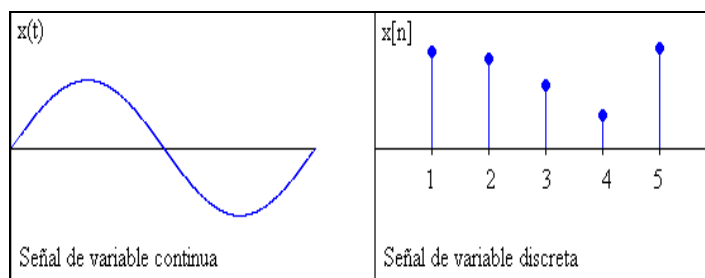


**Figura 3.1:** Diagrama de bloques de la unidad de control electrónico

### 3.3.1. Etapa de sensado de variables.

Para el análisis correspondiente de sensado de variables identificamos las señales que son discretas y continuas.

En la siguiente figura se describe gráficamente las dos señales para un mejor entendimiento.



**Figura 3.2:** Tipos de señales, continuas y discretas.

Una vez identificado las señales se establece los tipos de sensores a que corresponden en la gestión básica del encendido que son la presión absoluta del múltiple en la entrada de admisión, temperatura del refrigerante y voltaje de la batería.

Su velocidad de muestreo es crítica, característica que demanda el uso de procesadores de alta prestación, con conversores análogo – digitales de velocidad de muestreo alta. Se debe utilizar divisores de voltaje para disminuir en forma lineal algunos voltajes provenientes de distintos componentes del sistema como sensores. Asimismo, para el control de tensión utilizar un circuito de protección de altos voltajes del alternador, para que al momento de apagar el motor (contacto off), el regulador de voltaje del circuito de carga desista de funcionar.

La obstrucción de ruido blanco y electromagnético son interferencias que no podemos evitarlos al momento de prender y funcionar un motor a combustión, por lo que debemos implementar filtros pasabajos que ayude a disminuir todos los ruidos posibles de los componentes de alta frecuencia, soldadas a las señales continuas.

Y por último, la señal lógica principal que se muestrea corresponde a la activación de contacto a través el arnés de encendido, además se verifica mediante una interfaz optoacoplada que convierte señales no reguladas, en sus adecuados niveles TTL aislados eléctricamente.

**a. Acondicionamiento de variables.**

En vista que el conversor análogo – digital indistintamente de cualquier microcontrolador no concede voltajes mayores a los TTL (Nivel bajo: 0 a 0,8V,

Nivel Alto: 2 a 5V), utilizamos divisores de voltaje para mitigar linealmente algunas señales provenientes de los componentes de sensado.

La velocidad angular proviene de tres sensores electromagnéticos (0V ó 5V), lo que reduce las interfaces eléctricas a simples optoacopladores y filtros pasabajos para conformar su señal, las salidas se digitalizan a través de conformadores de pulsos, reconociendo que las nuevas señales sean aptas para comunicarse en el controlador digital

Y para finalizar, la señal de activación de contacto, se verifica mediante un opto acoplador que transforma señales de 0 ó 12V no reguladas, a sus respectivos niveles TTL con la mejoría de aislarlas eléctricamente.

### **3.3.2. Etapa de procesamiento y configuración.**

En esta etapa, dos procesadores determinan funciones concretas y diferenciadas. Utilizan comunicación UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) para compartir variables necesarias en el funcionamiento del sistema.

#### **a. Función de procesamiento.**

La función de procesamiento corresponde a la más importante del sistema en general. Consiste en el control oportuno del avance de chispa (tiempo), con la ventaja de aumentar el desempeño del motor, mejorando el consumo de combustible, reducción en las emisiones de gases de escape e incremento de potencia. El avance total de encendido se basa en tres factores, según el siguiente modelo:

Avance = avance basado en el cartograma preconfigurado (en función de velocidad angular y vacío) + compensación por temperatura

**Ecuación (3.1)**

El sistema electrónico usa en particular tres variables para determinar el avance total del motor:

- La primera se fundamenta en la tabla de (12x12) anticipadamente cargada en el DSP, que involucra el avance por vacío en función de las RPMs del motor.
- La segunda es el retardo de disparo, el cual puede equivaler aproximadamente al avance inicial, pero es realmente la diferencia entre el disparo y el siguiente PMS en grados.
- La última variable se fundamenta en una tabla de 1x10 que toma como referencia la señal del sensor de temperatura del refrigerante del motor.

**Tabla 3.1.**

**Matriz de avance de encendido (rpm, kpa)**

		REVOLUCIONES POR MINUTO											
		60	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
CARGA KPA	DE	60	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	22	30	32	34	36	40	42	42	42	42	42	40
	35	15	28	30	32	32	38	42	42	42	42	42	40
	38	10	25	28	30	30	34	37	37	37	37	39	39
	43	8	23	26	28	28	30	34	35	36	36	38	38
	47	7	18	24	26	26	28	30	32	35	35	37	38
	60	6	18	20	24	23	26	28	30	33	34	36	37
	67	5	15	18	20	21	23	24	30	33	34	36	37
	75	3	8	15	17	18	20	22	25	30	33	36	36
	83	0	8	12	16	17	20	22	25	27	30	35	36
	90	0	6	8	13	15	18	20	22	26	28	28	28
95	0	5	8	10	12	15	18	20	23	25	25	25	
100	0	5	7	8	10	14	17	18	18	18	17	17	

Para la configuración de entrada de datos del avance se expresa en grados del motor

En la tabla 3.1 nos indica los valores interpolados de ejemplos tomadas de tablas de 3 tipos diferentes de cilindraje que son, 3 2000 cc, 1600 cc y 1500cc por lo que nos facilita el fabricante.

Para el diseño y programación se utiliza hardware y firmware precisos para ejecutar las siguientes funciones:

- Convertir las variables análogas a digitales, con alta resolución y error mínimo para mejorar las rutinas de funcionamiento internas del microprocesador.
- Medir en función de la frecuencia de señales pulsantes por el método de ancho de pulso.
- Computar el tiempo de dwell y la temporización precisa del salto de chispa.
- Adoptar las variables de configuración a partir del segundo controlador por medio de comunicación UART.

#### **b. Función de configuración.**

En este apartado se toma de referencia el segundo microcontrolador que se convierte en el dispositivo de admisión para el usuario donde se pueda configurar parámetros de referencia del sistema.

A continuación se cita las funciones que se desempeña de la siguiente manera:



- Manipular el teclado de configuración.
- Elaborar un menú de configuración para llegar al usuario que permita modificar las calibraciones de los distintos parámetros.
- Cambiar los valores numéricos en caracteres ASCII, para de esta forma visualizar los distintos parámetros de funcionamiento a través del entorno visual
- Enviar los datos configurados por el usuario al microcontrolador de procesamiento, vía UART.

### **3.3.3. Etapa de respuesta (circuito de potencia) .**

Comprende transistores de potencia con sus correspondientes interfaces (pueden comprender circuitos opto acopladores para aislar el circuito de control del circuito de potencia).La principal función es convertir las salidas digitales que llegan del microprocesador, en abastecimiento de la corriente adecuada.

En la etapa de respuesta de potencia debemos administrar y suministrar las corrientes necesarias tanto de los sensores como de los actuadores.

#### **a. Criterios para la selección de la bobina tipo COP.**

Para seleccionar las bobinas que se utilizan en este sistema se toma en cuenta los siguientes parámetros:

- Disponibilidad en el mercado.

Las bobinas utilizadas en la instalación del sistema, son marca DENSO usadas en vehículos de la línea japonesa Toyota con motores de combustión interna, para su selección se ha tomado en cuenta que estas al ser parte de vehículos de gran demanda en el mercado de nuestro país, hay el suficiente stock de repuestos para los mismos, además de que en las especificaciones del fabricante las bobinas mencionadas tienen una alta resistencia a la vibración, interferencia y erosión, sus transistores internos de potencia permiten trabajar a un ancho de pulso dwell mas prolongado factores que se los ha tomado en cuenta ya que el diseño se trata de un prototipo y las bobinas deben estar prestas a las exigencias del sistema.

- Bajo costo

En referencia a que la marca japonesa Toyota, representa un porcentaje considerable en el parque automotor del Ecuador, además de ser las mas económicas en comparación a otras bobinas de similares características es así que el costo de repuestos para esta marca son relativamente bajos, este es un criterio mas que se tomó en cuenta para la selección de este tipo de bobinas.

- Menor hardware en la ECU

Estas bobinas al ser constituidas por un transistor de potencia en el interior, permiten que en el diseño de la ECU haya un significativo ahorro en la programación de la misma y en el uso de elementos para el control de potencia de las bobinas.

### **3.3.4. Etapa de visualización.**

Esta etapa constituye un subsistema, entorno gráfico, que consiente representar los parámetros de funcionamiento del motor en caracteres alfanuméricos y de manera gráfica, como son las rpms, avance, dwell, presión absoluta, temperatura y voltaje, en otras palabras el usuario monitorea el funcionamiento del vehículo por medio de esta interfaz.

#### **a. Subsistema de interfaz humano – máquina**

(Mezquita J, 2004) señala que: “La tarea del HMI es hacer que el manejo de las funciones y tecnologías del vehículo sea evidente para el usuario en términos de eficiencia, efectividad y satisfacción. De alguna forma, el HMI es el lenguaje de comunicación entre el ser humano y la maquina”

La aplicación del HMI en nuestro proyecto se basa en dos fases principales que permiten realizar lo siguiente:

Establecer los parámetros de encendido como el cartograma de avance en función de los kpa - rpms, corte de ignición y tiempo dwell de encendido de las bobinas.

Leer en tiempo real los valores de las variables implicadas en el funcionamiento del sistema: avance, tiempo dwell, presión absoluta del múltiple de admisión, velocidad angular del motor, voltaje de la batería y temperatura del refrigerante. Concerniente al hardware, se utiliza una conexión inalámbrico punto a punto a través de dos transceptores ZIGBEE. El primero se enlaza al controlador digital de la unidad de control electrónico (UCE), y el siguiente se conecta con un segundo microcontrolador (puente USB para acceso a la PC).

## **CAPÍTULO IV**

### **4. DISEÑO DEL SISTEMA DE IGNICIÓN PARA MOTORES TRICILÍNDRICOS CON BOBINAS TIPO COP**

#### **4.1. Diseño del hardware del sistema.**

Elaborar un componente para una aplicación en una gama de motores de combustión interna no es práctico sin iniciar fundamentándose en destinos más cercanos, es así que se toma como inicio para la elaboración del sistema en el vehículo Suzuki Forsa II del año 1993, con motor tricilíndrico.

A continuación se realiza el diseño y dimensionamiento de los dispositivos electrónicos y su disposición, de tal manera de que estos puedan ajustarse a los requerimientos del sistema y a los desempeños para los que fueron creados en el diagrama de bloques.

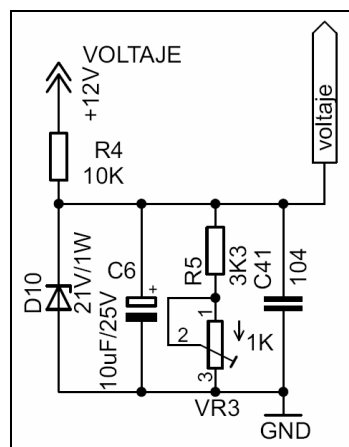
#### **4.2. Etapa de sensado.**

Se pauta el dimensionamiento de los diferentes elementos usados para realizar el sensado de las variables que serán procesadas en los microcontroladores del sistema.

##### **4.2.1. Dimensionamiento de los elementos de la subetapa de sensado del terminal positivo del acumulador.**

Teniendo en cuenta que el voltaje de carga permitido para el sistema de 12 voltios que genera el alternador se encuentra entre 13,6 y 14,4 voltios, hay que

tomar la lectura desde el acumulador que en este caso es la batería por medio de un divisor de tensión.



**Figura 4.1:** Circuito de medición de voltaje

En la figura 4.1, el divisor de voltaje constituido por las resistencias R4, R5 y la tensión de referencia VR3 (graduado en  $32.22\Omega$ ) se reduce en 4 ciclos el voltaje que se dirige hasta el conversor análogo digital. Esto admite regular una tensión no superior a los 20.50 voltios, en la entrada del divisor. Lo primero se debe a que la magnitud del voltaje en el conversor del microcontrolador no puede superar el voltaje de referencia, convenida para este proceso en 5.10 voltios.

$$V_{salida} = V_{entrada} * \frac{(R_5 + VR_3)}{(R_5 + VR_3) + R_4} \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

$$V_{m\acute{a}ximo} = 20.50V \frac{(3.3K + 32.22)\Omega}{(3.3K + 32.22)\Omega + 10K\Omega} = 5.10V$$

La resistencia R4 y el condensador C41 establecen un filtro pasabajos para que la frecuencia de corte no sobrepase los 1.6 Hertz.

$$f_{corte} = \frac{1}{2\pi \cdot R_4 \cdot C_{41}}$$

**Ecuación (4.2)**

$$f_{corte} = \frac{1}{2\pi \cdot 10K\Omega \cdot 10\mu F} = 1.6Hz$$

La propia resistencia R4 restringe que la corriente que transita a través del diodo zener D7 sea de 2.8 miliamperios, siempre y cuando la tensión en la entrada exceda los 22 voltios.

Para el diseño se toma en cuenta la tensión máxima en la entrada de 50 voltios, que es generada por el alternador el momento en que se quita en el switch la posición de “ON” contacto.

$$I_{m\acute{a}xima} = \frac{V_{entrada} - V_z}{R_4} \quad \text{Ecuación (4.3)}$$

$$I_{m\acute{a}xima} = \frac{50V - 22V}{10K\Omega} = 2.8mA$$

Cuando la tensión llega a su valor pico, la potencia que el diodo zener disipa es de 61.6 mili watts, este valor es muy bajo en referencia a su potencia nominal que es de un watt.

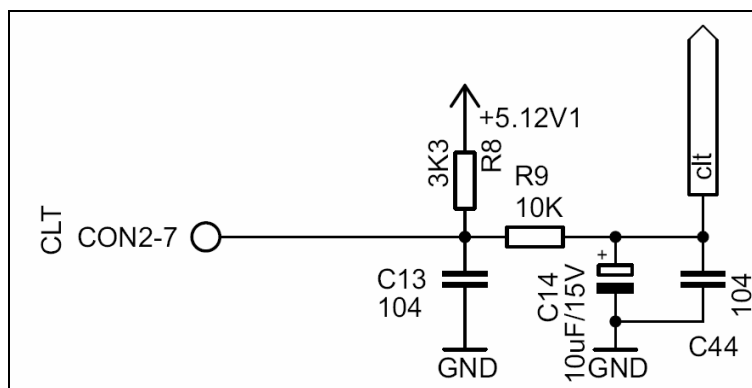
$$P_{m\acute{a}xima} = I_{m\acute{a}xima} \cdot V_z \quad \text{Ecuación (4.4)}$$

$$P_{m\acute{a}xima} = 2.8mA \cdot 22V = 61.6mW$$

La etiqueta VOLTAGE de la figura 4.1 se dirige hacia una entrada del microprocesador de procesamiento.

#### 4.2.2. Dimensionamiento de los elementos de la subetapa de sensado de la temperatura del refrigerante.

Esta señal se obtiene directamente desde el sensor de temperatura del motor. Al no conocerse su hoja de datos dado por el fabricante, se interpreta en el microcontrolador mediante cierto modelo matemático de tendencia, obtenido mediante la implementación de una tabla de valores, características que se detallan posteriormente en la sección del firmware.



**Figura 4.2:** Circuito de medición de temperatura

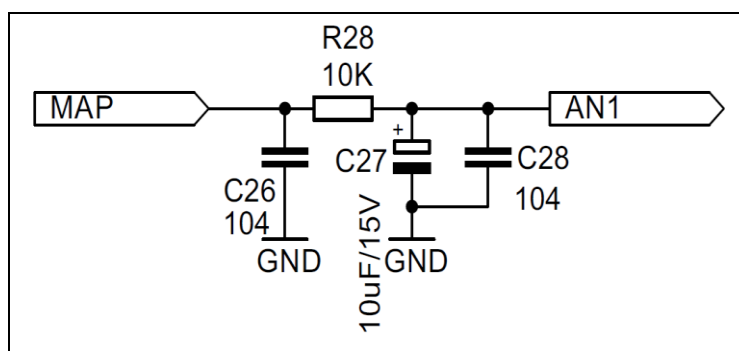
En la figura 4.2, la resistencia R8 forma un divisor de voltaje directamente con el sensor de temperatura, conectado entre el pin CON2-7 y masa.

Los elementos R9 y C14 forman un polo, utilizado como filtro pasabajo en la función de mitigar posibles componentes de ruido eléctrico. La frecuencia de corte es de 1.6Hz y se calculó utilizando la ecuación 4.2.

La etiqueta CLT de la figura 4.2 se dirige hacia una entrada del microprocesador de procesamiento.

### 4.2.3. Dimensionamiento de los elementos de la subetapa de sensado de presión absoluta en el múltiple de admisión.

La presión absoluta en el múltiple de admisión se obtiene adaptando un sensor MAP para vehículos marca GM. Entre las características más relevantes están su polarización con 5V, su respuesta analógica en función de la presión y un rango de lectura comprendido entre 0 y 100Kpa.



**Figura 4.3:** Circuito de medición de presión absoluta

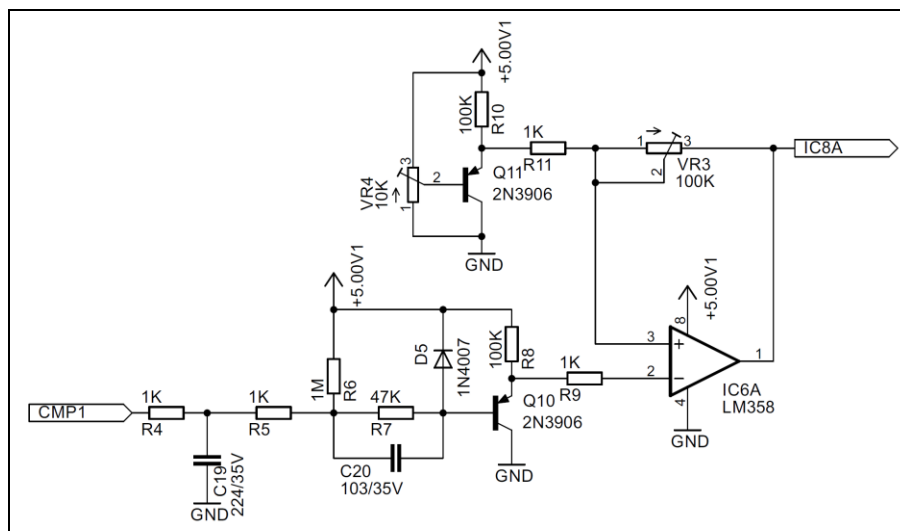
En la figura 4.3, a través de CON2-1 y CON2-2 se alimenta al sensor MAP mediante el voltaje de la fuente del sistema electrónico, y mediante CON2-3 se coge el voltaje resultante de la lectura de mencionado sensor. C8 y C42 funcionan como mitigadores de transitorios presentes en un ambiente de gran interferencia eléctrica como es el motor. R6 y C9 forman un filtro pasabajo con frecuencia de corte de 1.6Hz, valor calculado mediante la adaptación de la ecuación 3.2.

La etiqueta MAP de la figura 4.3 se dirige hacia una entrada del microprocesador.



#### 4.2.4. Dimensionamiento de los elementos de la subetapa de sensado de la posición del árbol de levas y velocidad angular.

Para reducir la dificultad en la implementación del programa, se utilizan tres sensores de reluctancia variable (inductivos), ubicados en la sección del antiguo distribuidor. Estos CMPs son genéricos y su disposición mecánica permite proveer al sistema las tres señales concernientes a la posición en el PMS de cada uno de los pistones.



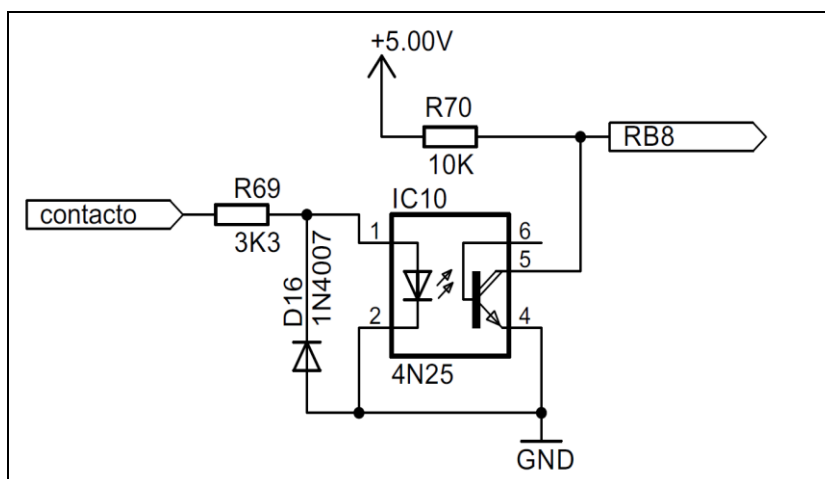
**Figura 4.4:** Circuito de conformación de pulsos para los sensores CMP

El circuito de la figura 4.4 se repite para las tres señales tomadas. Consiste básicamente en un conformador que toma la señal alterna generada por el sensor y la transforma en una señal cuadrada perfecta con una amplitud de 5V y con la misma frecuencia de la entrada. La circuitería que precede al pin 2 del amplificador operacional IC6A disminuye drásticamente la amplitud de la señal de entrada, a la vez que la rectifica y le substraer las componentes de interferencia. El circuito conectado entre los pines 1 y 3 del mismo amplificador es la configuración de inversión del mismo amplificador. Las resistencias variables VR3 y VR4 sirven para calibrar tanto el voltaje de umbral, como el de



#### 4.2.5. Dimensionamiento de los elementos de la subetapa de sensado del interruptor de encendido del motor (posición on).

La señal de “ON” contacto se la toma desde el arnés de encendido propio del vehículo. En la figura 4.6 se muestra la disposición que explica lo indicado.



**Figura 4.6:** Interfaz de la señal del switch ON-OFF

En el instante en que se pone contacto, se obstruye el circuito IRLED del optoacoplador, haciendo que la corriente transite entre el emisor y el receptor.

Para una tensión de 10 voltios mínima en el abastecimiento de corriente del vehículo y para una caída de tensión en el LED de 1.35 voltios máxima, transitan 2,6 miliamperios según la ecuación.

$$I_{Fmínima} = \frac{V_{mínimo} - V_{IRLED}}{R} \quad \text{Ecuación (4.5)}$$

$$I_{mínima} = \frac{10V - 1.35V}{3.3K\Omega} = 2.6mA$$

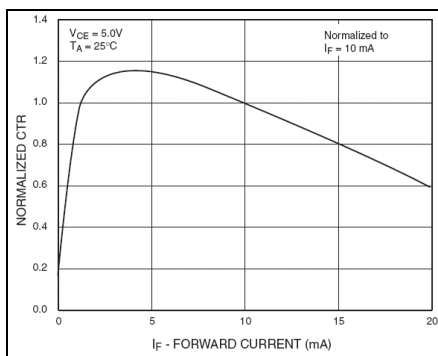
Considerando que se posee una intensidad de corriente de 0.512 miliamperios que es empleado por la resistencia R70 en la disposición PULL UP y de 15 miliamperios que se necesita por la entrada digital del controlador, la intensidad de corriente de transferencia que se requiere es de 0.2027.

$$CTR_{m\acute{a}ximo} = \frac{I_{C\ m\acute{a}ximo}}{I_{F\ m\acute{m}ima}}$$

**Ecuación: 4.6**

$$CTR_{m\acute{a}ximo} = \frac{0.512mA + \left(\frac{1mA}{1000\ \mu A}\right)15\ \mu A}{2.6mA} = 0.2027$$

La corriente de transferencia CTR que se requiere es muy pequeña al especificado para la corriente de transferencia CTR=1,1 como se muestra en el diagrama de la figura 3.7, lo que consolida su funcionamiento para circunstancias rigurosas.



**Fuente:** Datasheet Fairchild 4N25

**Figura 4.7:** Diagrama CTR vs IF

El LED optoacoplador es protegido de los altos picos de tensión a través del diodo en antiparalelo, causados por la conmutación de cargas inductivas de relevadores, condiciones que se presentan periódicamente en un vehículo.

### **4.3. Etapa de procesamiento y visualización.**

En esta parte del proyecto se muestra la descripción del funcionamiento que cumple los microcontroladores Pic y DsPic de MICROCHIP encargados de realizar las diferentes acciones y tareas para el cumplimiento de los objetivos establecidos.

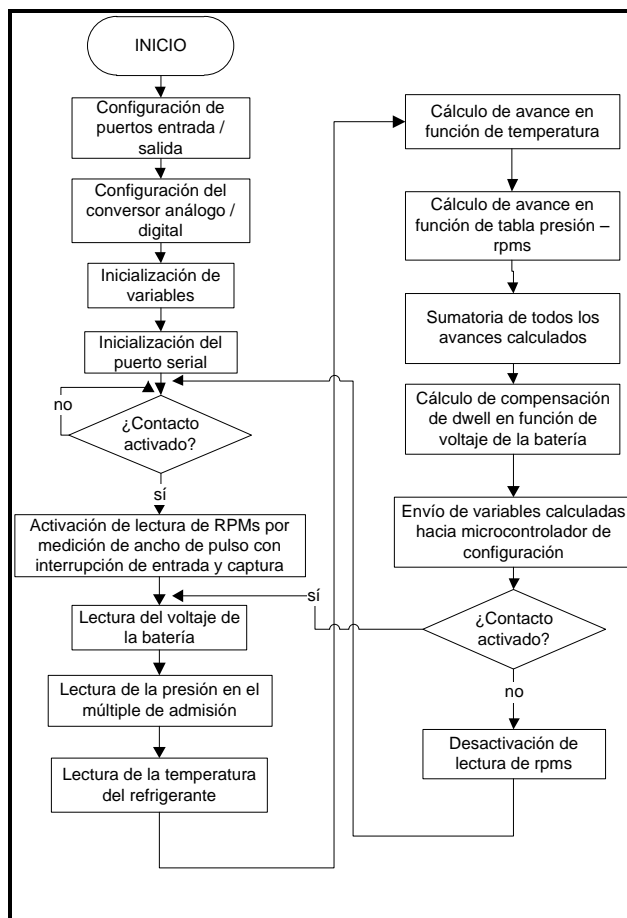
#### **4.3.1. Descripción general del programa en el controlador digital de señales.**

Dado que la naturaleza del presente trabajo de tesis no se enmarca en la electrónica sino en la ingeniería automotriz, no se detallan exhaustivamente los algoritmos empleados en la programación de los procesadores, sino que se describe el algoritmo principal que realiza el controlador digital de señales, destinado para el procesamiento.

La programación comienza con la inicialización de cada uno de los pines, la distribución de los módulos internos y la activación de interrupciones.

Seguidamente continúa en un bucle o ciclo perpetuo hasta que se active el switch en posición "ON" contacto, para despertar, empezar a leer los sensores y ejecutar la generación y sincronización de chispa.

El siguiente diagrama de flujo muestra lo descrito.



**Figura 4.8:** Diagrama de flujo de la unidad de control electrónico, microcontrolador de procesamiento

#### a. Interrupciones.

En el presente programa las interrupciones son un tópico muy importante, teniendo en cuenta que han sido concebidas de acuerdo sus características multifuncionales.

El controlador digital de señales de 16 bits DSPIC30F4011, es un microcontrolador de alto desempeño, adecuado para aplicaciones de control de motores, posee un hardware que permite priorizar las interrupciones, es así que

si se encuentra ejecutándose una de menor importancia, esta puede ser interrumpida por otra más principal. El orden de prioridad de las interrupciones del programa es:

- Acceso y captura de pulsos (IC1) del arreglo CMP, con flanco activo ascendente.
- Desbordamiento del TIMER4.
- Generación de flanco ascendente con los módulos de salida y comparación (OC).

**b. Entrada y captura de pulsos.**

Entrada y captura de pulsos (IC1) del arreglo CMP, con flanco activo ascendente tiene relación directa con la medición de la velocidad angular del motor y con la determinación de los PMSs de cada uno de los tres cilindros.

El módulo IC1 se configuró de tal forma que capture los límites ascendentes. Una interrupción se realiza una vez concurra una señal de transición desde nivel lógico 0 a 1 proveniente de los CMPs., es decir, cada vez que un pistón corona, existe una interrupción.

En lo referente a la determinación de la velocidad angular, la rutina especial de interrupción pone en cero el registro contador del TIMER4, a la vez tiene la capacidad archivar el valor que poseía el instante antes de la interrupción.

**c. Desbordamiento TIMER4.**

Se configuró el módulo TIMER4 como un temporizador, se encarga de registrar simultáneamente con la señal que proviene del oscilador aplicando una pre escala de 256.

Sabiendo que en los PICs los 4 ciclos de reloj es un ciclo de máquina y que la frecuencia de trabajo es de 8 Mega Hertz, el período de muestreo del TIMER4 es de 16 microsegundos.

Teniendo en cuenta esta deducción y a que la resolución del temporizador es de 16 bits, el máximo tiempo en el que se puede medir el desbordamiento del TIMER4 es de 1.048 segundos.

De la deducción realizada anteriormente se exponen los siguientes patrones.

$$T_{\text{conteo}} = \frac{4}{F_{\text{osc}}} \cdot \text{preescala} \quad \text{Ecuación (4.7)}$$

$$T_{\text{conteo}} = \frac{4}{64\text{Mhz}} \cdot 256 = 16\mu\text{s}$$

$$T_{\text{máx}} = \frac{4}{F_{\text{osc}}} \cdot 65535 \cdot \text{preescala} \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

$$T_{\text{máx}} = \frac{4}{64\text{Mhz}} * 65535 * 256 = 1.04856 \text{ seg}$$

Con los valores adquiridos a través de las ecuaciones 4.7 y 4.8, se consigue deducir la frecuencia mínima y máxima que es apta de calcular el módulo.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\text{Ecuación (4.9)}$$

$$f_{\text{máx}} = \frac{1}{T_{\text{conteo}}} = \frac{1}{16\mu\text{s}} = 62.5\text{Khz}$$

$$f_{\text{mín}} = \frac{1}{T_{\text{máx}}} = \frac{1}{1.04856} = 0.953689 \text{ Hz}$$



Convirtiendo los valores obtenidos a revoluciones por minuto de giro de cigüeñal de un motor de combustión interna tricilíndrico y de cuatro tiempos, se adquiere las revoluciones por minuto mínimo y máximo que el sistema puede medir.

$$w = \frac{f * 120}{\#cilindros}$$

**Ecuación (4.10)**

$$w_{máx} = \frac{62.5Khz * 120}{3} = 2500000 RPM$$

$$w_{mín} = \frac{0.953689 Hz * 120}{3} = 38.1476 RPM$$

Con base a los resultados de los valores, se divide el valor conseguido en el TIMER4 cada interrupción de IC1, para el dígito 2500000, se adquiere las revoluciones por minuto.

#### **4.3.2. Conexión del controlador de configuración.**

El controlador DSPIC30F4011 opera su interfaz con el usuario, es así que este permite graduar las constantes por medio de las cuales el sistema calculará el avance que el motor requiera.

La disposición de conexión de los pines del controlador DSPIC30F4011 se enumera en la siguiente tabla.

**Tabla 4.1.**  
**Configuración de puertos del controlador de configuración**

<b>CONFIGURACIÓN DE PUERTOS DEL PIC18F2550</b>						
	<b>NOMBRE</b>	<b>PIN</b>	<b>E/S</b>	<b>A/D</b>	<b>FUNCIÓN / OBSERVACIÓN</b>	
<b>PORTA</b>	RA0	2	S	-	LED 4	
	RA1	3	S	-	LED 5	
	RA2	4	-	-	-	
	RA3	5	-	-	-	
	RA4	6	-	-	-	
	RA5	7	-	-	-	
	RA6/OSC 1	10	-	-	CRISTAL	
	OSC2	9	-	-	CRISTAL	
	RB0	21	-	-	-	
<b>PORTB</b>	RB1	22	-	-	-	
	RB2	23	E/S	-	USB	
	RB3	24	-	-	-	
	RB4	25	-	-	-	
	RB5	26	-	-	-	
	RB6	27	-	-	-	
	RB7	28	-	-	-	
	RC0	11	-	-	-	
<b>PORTC</b>	RC1	12	-	-	-	
	RC2	13	-	-	-	
	VUSB	14	-	-	GND	
	RC4	15	-	-	USB	
	RC5	16	-	-	USB	
	RC6	17	-	-	TRANSCIVER RF	
	RC7	18	-	-	TRANSCIVER RF	

#### 4.3.3. Conexión del controlador de procesamiento.

El procesamiento de la información se encuentra a cargo del controlador DSPIC30F4011, al obtener cada uno de los datos de las variables externas, generar las señales de activación de las bobinas y entregar los valores resultantes de forma adecuada para su visualización.

La siguiente tabla resume el destino de conexión de cada uno de los pines del controlador digital de señales.

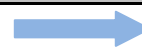
Define además si son entradas o salidas, y en el caso de ser entradas, si estas son análogas o digitales.

**Tabla 4.2.**

**Configuración de puertos del controlador de procesamiento**

<b>CONFIGURACIÓN DE PUERTOS DEL DSPIC30F4011</b>					
	<b>NOMBRE</b>	<b>PIN</b>	<b>E/S</b>	<b>A/D</b>	<b>FUNCIÓN / OBSERVACIÓN</b>
<b>PORTB</b>	RB0/AN0	2	E	A	VOLTAJE DE BATERÍA
	RB1/AN1	3	E	A	MAP
	RB2/AN2	4	E	A	TPS
	RB3/AN3	5	E	A	CLT
	RB4/AN4	6	-	-	-
	RB5/AN5	7	-	-	-
	RB6/AN6	8	-	-	-
	RB7/AN7	9	-	-	-
<b>PORTC</b>	RC13/CN1	15	-	-	-
	RC14/CN0	16	-	-	-
	RC15/OSC2	14	-	-	-
<b>PORTD</b>	RD0/IC1	23	E	D	CMP
	RD1/OC2	18	S	D	ACTIVACIÓN CILINDRO 1
	RD2/OC3	22	S	D	ACTIVACIÓN CILINDRO 2
	RD3/OC4	19	S	D	ACTIVACIÓN CILINDRO 3
<b>PORTE</b>	RE0/PWM1L	38	E	-	CMP1
	RE1/PWM1H	37	E	-	CMP2
	RE2/PWM2L	36	E	-	CMP3
	RE3/PWM2H	35	-	-	-
	RE4/PWM3L	34	-	-	-
	RE5/PWM3H	33	-	-	-
<b>PORTF</b>	RE8/INT0	17	-	-	-
	RF0	30	E	D	CMP CILINDRO 1
	RF1	29	E	D	CMP CILINDRO 2
	RF2	26	E	D	CMP CILINDRO 3
	RF3	25	-	-	-

Continua



RF4	28	-	-	-
RF5	27	-	-	-
RF6	24	-	-	-

#### 4.3.4. Consideraciones del oscilador.

El oscilador del microcontrolador es de 8Mhz pero al utilizar el PLL interno se hace que el procesador trabaje a 64Mhz. La selección suministra proporción entre la velocidad de procesamiento, los temporizadores y tiempo para el módulo de captura de pulsos.

Como se puede apreciar en la figura 4.9, el oscilador de cristal estándar es X2 que trabaja a 8Mhz con una exactitud de  $\pm 30PPM$ , el rango de temperatura de funcionamiento oscila entre  $-20$  y  $70^{\circ}C$ .

En base a las recomendaciones de MICROCHIP se ha tomado el valor de 22 picofaradios para cada uno de los capacitores, con esto se logra obtener un equilibrio entre el tiempo de inicialización del cristal y la estabilidad de oscilación. C10 controla la ganancia total del oscilador, mientras que C11 domina su ajuste de fase.

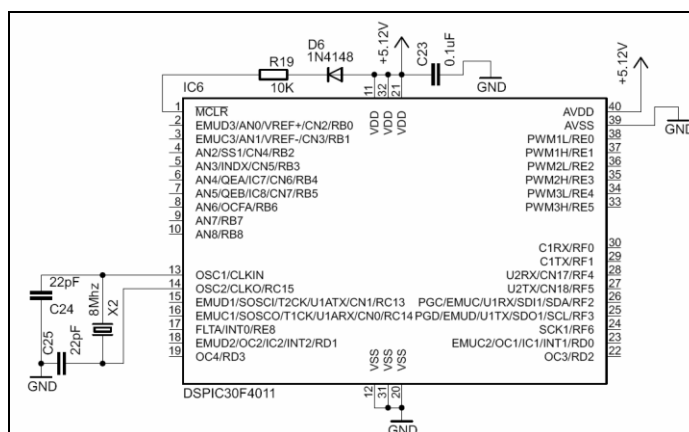


Figura 4.9: Circuito del oscilador

Con el propósito de suministrar la suficiente ganancia en el majo del cristal el controlador DSPIC30F4011 opera en modo HS (HIGH SPEED). Esto conlleva de haya un mayor consumo de corriente

#### **4.3.5. Diseño de la interfaz gráfica de visualización.**

Consiste en una interfaz gráfica desarrollada en LabView y usada tanto para monitorear en tiempo real las variables, como para cargar nuevas configuraciones.

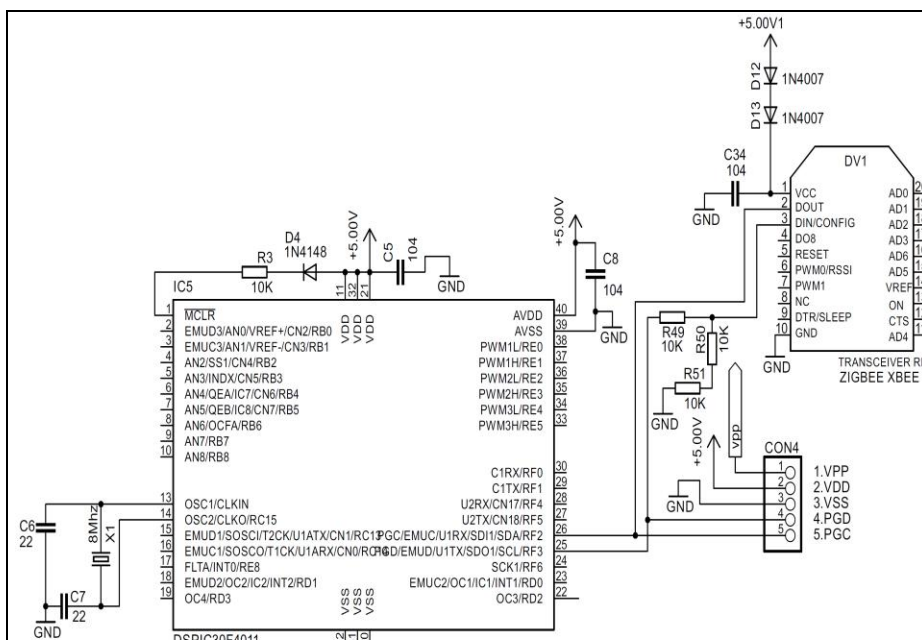
La conexión inalámbrica entre la PC y la centralita se realiza a través de una red de área personal en topología punto a punto basada en ZIGBEE.

##### **a. Módulo de comunicación inalámbrica en la centralita**

En la figura 4.10, las resistencias R49, R50 y R51, forman un divisor de voltaje de  $2/3$ .

Su propósito es adecuar la señal lógica de alrededor de 5V proveniente del pin de transmisión de datos desde el microcontrolador, en una señal de 3.3V apta para el módulo inalámbrico.

D12 y D13 provocan una caída de voltaje de más o menos 1.4V, que permiten la polarización segura del módulo ZIGBEE, ya que este se alimenta con 3.3V.



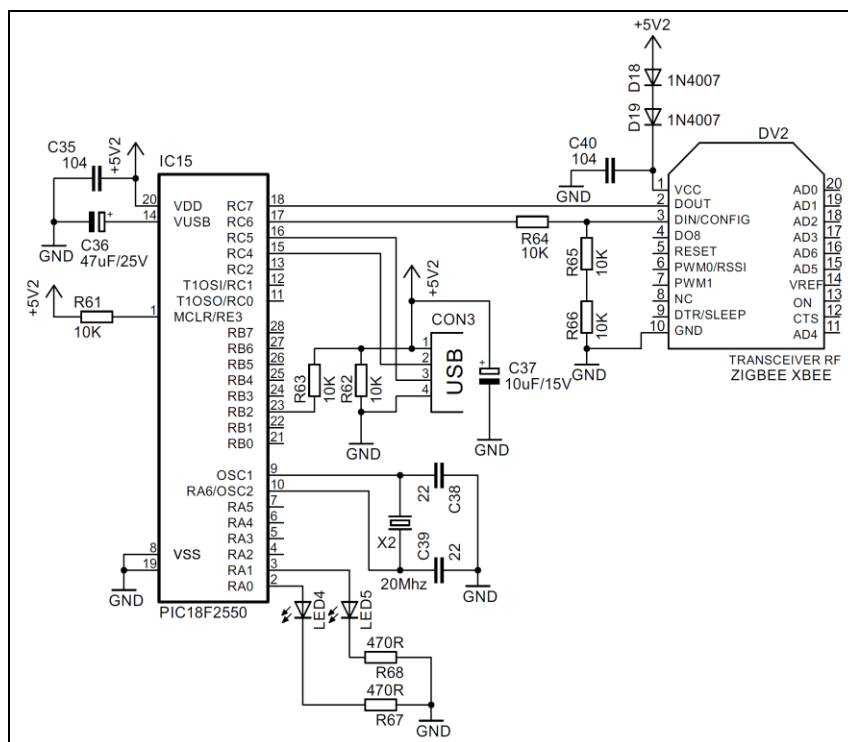
**Figura 4.10:** Diagrama de conexión entre el control digital y el módulo ZIGBEE

## b. Módulo de comunicación inalámbrica en la pc.

En el lado de la PC, se encuentra un puente USB – ZIGBEE. Su tarea es tomar la información desde ZIGBEE, empaquetarla y enviarla a través de USB CDC, y obviamente el proceso contrario, tomar los paquetes USB y enviarlos inalámbricamente.

En la figura 4.11, se puede observar un circuito básico constituido principalmente por el microcontrolador DSPIC30F4011, el cual posee un módulo USB cliente incorporado. Si bien el oscilador X2 corre a 20Mhz, un oscilador interno eleva la frecuencia a 48Mhz, requisito fundamental para que la circuitería USB trabaje. Existe también un divisor de voltaje entre el pin de transmisión del microcontrolador y el de recepción del módulo inalámbrico para acoplar distintos niveles TTL.

Los dos monitores lógicos LED4 y LED5 permiten al usuario conocer el estado de la conexión del microcontrolador (USB presente) y la detección de portadora (puerto serial presente), respectivamente. Una característica importante de notar, es que toda la circuitería se encuentra alimentada por el mismo voltaje USB proporcionado por el ordenador.



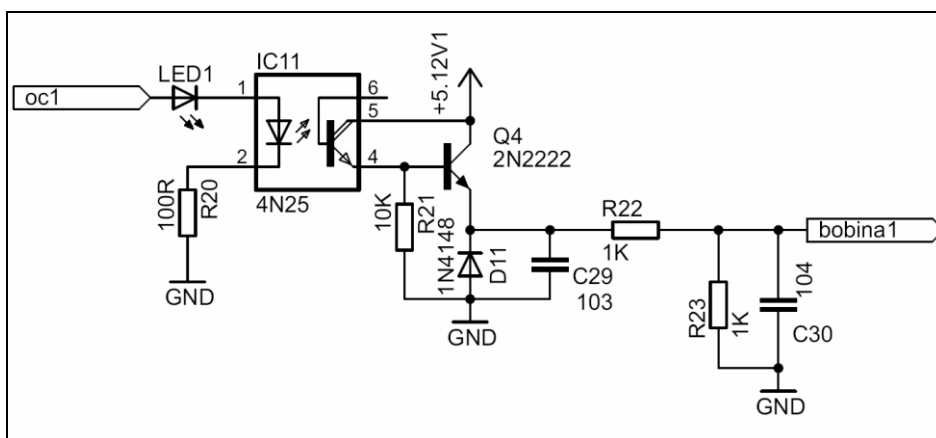
**Figura 4.11:** Puente USB – ZIGBEE

#### 4.4. Etapa de salida o potencia.

La etapa de potencia consiste en el arreglo transistorizado que maneja las bobinas, con su correspondiente aislamiento eléctrico para evitar daños por retroalimentación. Así mismo, maneja tanto el electroventilador como la bomba de combustible, a través de relés electromecánicos.

#### 4.4.1. Controlador de las bobinas de encendido.

Una de las características constructivas del sistema consiste en que al utilizar bobinas COP con transistor incorporado, no se necesitan diseñar dispositivos de alta potencia para manejarlas. La figura 4.12 muestra la interfaz optoacoplada utilizando el elemento 4N25 concebida para evitar el contacto netamente eléctrico entre cada bobina con su respectivo pin del procesador.



**Figura 4.12:** Circuito manejador de bobinas COP de transistor incorporado

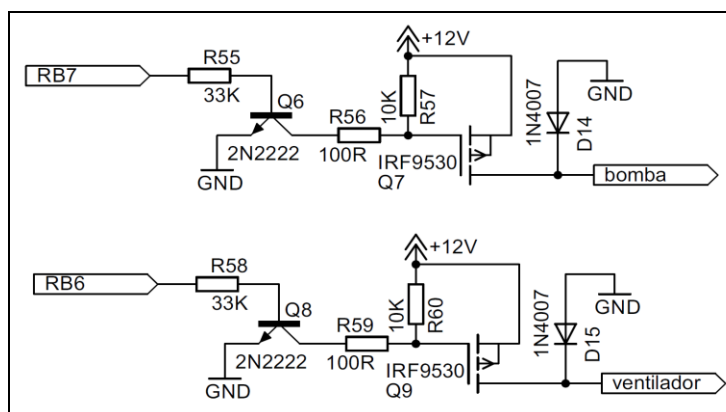
La resistencia R23, asegura un nivel lógico 0 en la entrada de señal de la bobina, mientras que C30, evita que voltajes de retroalimentación se filtren en el suplemento de voltaje. Q4 e IC11 están conectados en configuración DARLINGTON.

Lo que asegura el trabajo de Q4 en saturación, pudiendo proporcionar hasta 200mA pico. C29, actúa como un supresor de transitorios, la etiqueta OC1 corresponde a la salida del procesador que va conectada al elemento optoacoplador y la etiqueta BOBINA 1 corresponde al actuador.



#### 4.4.2. Controlador de la bomba de combustible y del electroventilador.

Los circuitos para controlar estos dos actuadores son similares, cuando la salida del microcontrolador se pone en alto, el transistor NPN 2N2222 se polariza y permite el flujo de corriente entre emisor y colector. Entonces, se asegura un voltaje cercano a 0V en la compuerta del MOSFET IRF9530, que lo hace conducir. Cuando la salida del microcontrolador se pone en bajo, el transistor NPN no conduce y por lo tanto, la resistencia de 100Ω se pone en circuito abierto. Así, la resistencia de 10KΩ asegura un voltaje igual a 12V, lo que provoca que el transistor de potencia no conduzca. Todo lo detallado se puede observar en la figura 4.13.



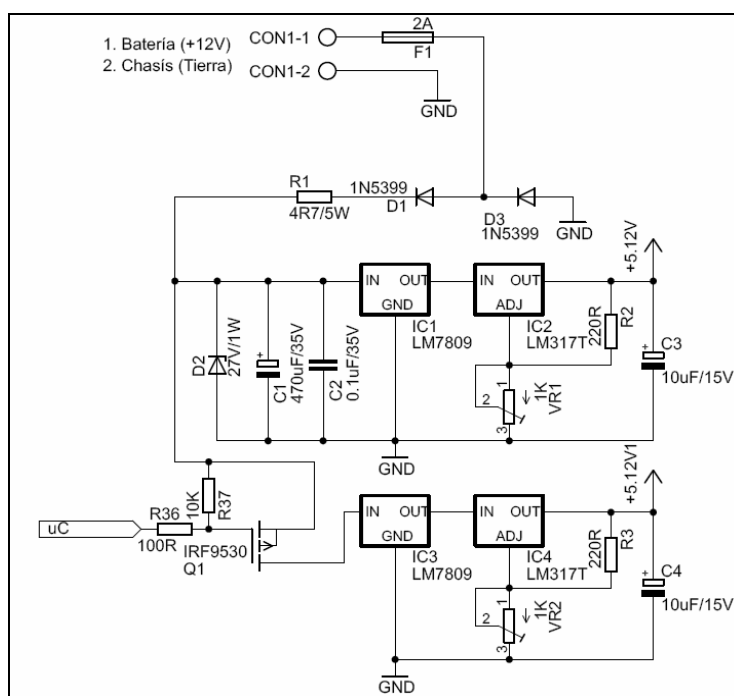
**Figura 4.13:** Circuito manejador de los relés de la bomba y el electroventilador

#### 4.5. Etapa de alimentación del sistema.

Este subsistema consiste de dos fuentes de alimentación con sus respectivas protecciones. El voltaje de alimentación se lo adquiere desde el acumulador del vehículo, esta tensión es filtrada y se la aplica ya regulada al del circuito electrónico. La fuente de alimentación transforma la tensión de

convierte el voltaje de aproximadamente 14 voltios de ingreso en dos voltajes invariables de 5.12V.

En la figura 4.14 la fuente de alimentación está conformada de un rectificador (D3, D1), un resguardo por sobre voltajes (R1, D2), un filtro (C1, C2, C3, C4), dos reguladores lineales fijos de 9V (IC1, IC3) y dos reguladores variables (IC2, IC4). Una particularidad del circuito consiste en que los reguladores IC3 e IC4 se encienden únicamente cuando el sistema despierta, ya que su suministro de voltaje está orientado a polarizar los sensores.



**Figura 4.14:** Circuito de alimentación de la unidad de control electrónico

El puente rectificador elimina los picos negativos de ruidos y cuida al circuito electrónico en caso de que por error se conecte de forma invertida a la batería. En caso de que esto pudiere pasar el fusible F1 se destruye y el módulo queda

bloqueado. Es así que la corriente nominal que circula por el fusible es la misma que pasa por el diodo D3.

El circuito esta resguardado por la resistencia R1, y el diodo zener D2 en caso de que ocurran sobretensiones fugaces, que pueden escaparse del alternador el momento que en switch se quita la posición de “ON” contacto.

La regulación del voltaje es realizada en tres fases, en la primera se regulariza la tensión a 9 voltios, a paso seguido a 5,12 voltios paralelamente de tal manera que la caída de tensión sea de 10,7 voltios, teniendo en cuenta que el voltaje de ingreso proveniente del alternador es aproximadamente de 14 voltios, se disipa en ciertos integrado evitando así que los reguladores de tensión calienten.

De la siguiente ecuación 4.11, desplegada y adecuada proveniente de la hoja de datos de LM317T, señala la tensión de salida adquirido en IC2 e IC4 con las distribuciones de las resistencias R2, VR1 y R3, VR2.

$$V_{regulación} \cong \frac{R_2 + VR_1}{R_2} \cdot (1.25V) \quad \text{Ecuación (4.11)}$$

$$V_{regulación} \cong \frac{220\Omega + 681.12\Omega}{220\Omega} \cdot (1.25V) = 5.12V$$

La corriente que pueden suministrar los reguladores según las hojas de datos, es de máximo 1A. Este valor es suficiente para satisfacer las necesidades de potencia del circuito.

#### **4.6. Diagrama esquemático general.**

El diagrama esquemático general agrupa todos los circuitos estudiados, más ciertos componentes de igual importancia que complementan el diseño. Además se incluyen conectores necesarios en su implementación física. Ver en Anexo 1.

## **CAPÍTULO V**

### **5. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS**

#### **5.1. Pruebas en protoboard.**

Una vez dimensionados y adquiridos todos los dispositivos electrónicos necesarios para la realización de este proyecto, se procede a armar en un protoboard en base al diagrama esquemático general.

Luego de esto se procedió a conectar los sensores de entrada y los actuadores de salida dispuestos ya en el vehículo.

Antes de encender el vehículo se revisó que todas las conexiones estén debidamente realizadas y que los diferentes dispositivos electrónicos tengan el voltaje necesario para su funcionamiento.

Se asegura que el vehículo se encuentre en la posición neutral para luego colocar el switch de encendido en contacto y ahí se verifica que los indicadores de batería y aceite se enciendan, esto nos avisa que el relé de la bomba de combustible está activado. Luego dar arranque al vehículo para que se encienda y que el sistema diseñado funcione correctamente.

Las señales de salida están llegando a los actuadores ya que se dispone de un led por cada bobina que se enciende al emitir la señal correspondiente.

Para comparar los valores adquiridos en el sistema, utilizar el multímetro automotriz.

Las muestras se tomaron con el vehículo encendido para observar posibles fluctuaciones debidas a corrientes parásitas.

Estos valores obtenidos son para la determinación de precisión en la adquisición de variables.

### 5.1.1. Pruebas de voltaje.

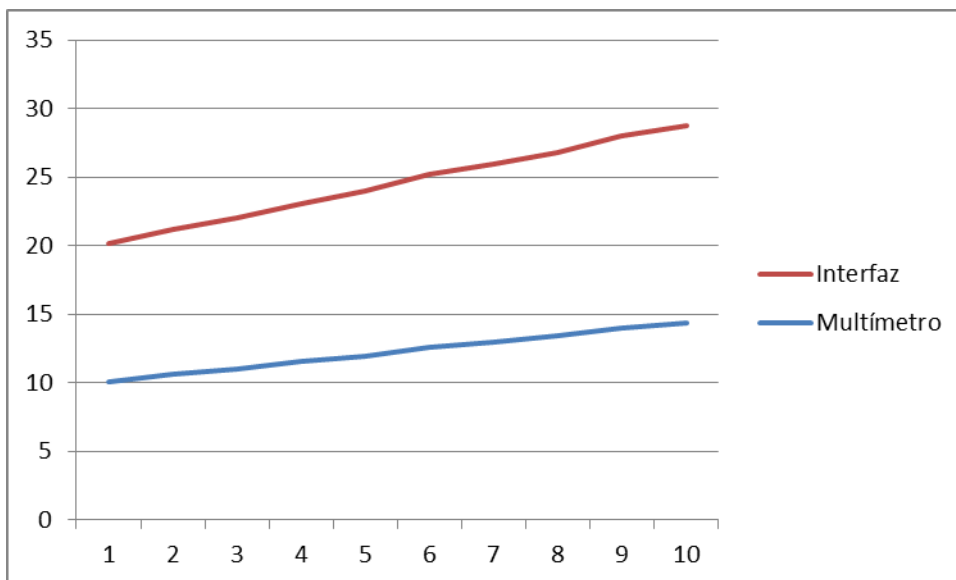
Se utilizó un potenciómetro para poder variar el voltaje desde la batería y mediante este procedimiento comprobar el correcto funcionamiento del sistema.

**Tabla 5.1.**

#### Valores medidos de Voltaje

<i>MUESTRA</i>	<i>MEDICIÓN CON MULTIMETRO AUTOMOTRIZ (V)</i>	<i>MEDICIÓN EN EL SISTEMA DE ENCENDIDO (V)</i>	<i>Error (%)</i>
1	10,08	10,2	-0,3
2	10,63	10,4	0,2
3	11,05	11,1	0,1
4	11,75	11,6	0,2
5	11,89	12,9	-0,2
6	12,45	12,8	-0,23
7	12,92	13,1	-0,1
8	13,60	13,0	0,3
9	14,01	14,3	0,2
10	14,41	14,2	- 0,2

Según el resultado de la tabla 5.1 de medición de voltaje en el automóvil, el margen de error es mínimo entre las dos mediciones ya que existe décimas de errores, para un mejor análisis se realiza el gráfico correspondiente.



**Fuente:** Grupo de Investigación

**Figura 5.1:** Análisis gráfico de voltaje

Como se observa en la figura 5.1, las curvas obtenidas son similares lo que nos quiere decir que el error de la medición entre el multímetro y el sistema de encendido es un rango moderado para el funcionamiento del motor.

### 5.1.2. Temperatura.

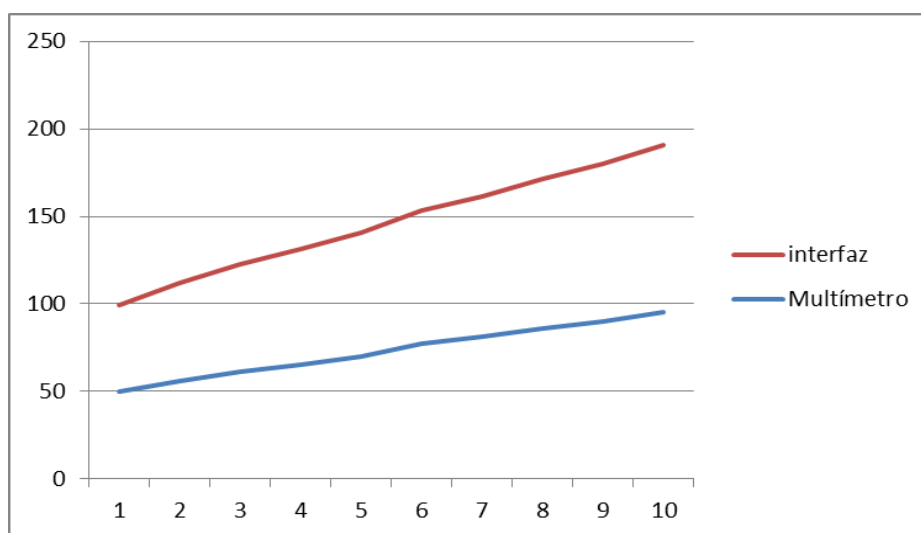
La tabla 5.2 muestra la comparación del valor medido de la temperatura con el valor obtenido mediante el sistema implementado.

Esta prueba se ejecuta con la ayuda del multímetro automotriz para obtener los valores.

**Tabla 5.2.**  
**Medición de temperatura en el vehículo**

<i>MUESTRA</i>	<i>MEDICIÓN MULTIMETRO AUTOMOTRIZ (°C)</i>	<i>MEDICIÓN EN EL SISTEMA DE ENCENDIDO (°C)</i>	<i>Error (%)</i>
1	49	50,4	1,2
2	54	56,4	0,5
3	62	61,5	-1,3
4	66	65,1	-1,8
5	71	71,8	-0,9
6	79	76,3	0,5
7	80	81,3	1,1
8	85	84,1	0,9
9	92	90,4	0
10	95	95,2	-0,7

El resultado de las dos mediciones indica un rango de error mínimo por consiguiente se realiza el gráfico de las dos mediciones y se toma aceptable el margen de error.



**Figura 5.2:** Análisis gráfico de temperatura



### 5.1.3. Velocidad angular.

La tabla 5.3 muestra la comparación del valor medido de las revoluciones (RPM) con el valor obtenido mediante el sistema implementado.

**Tabla 5.3.**

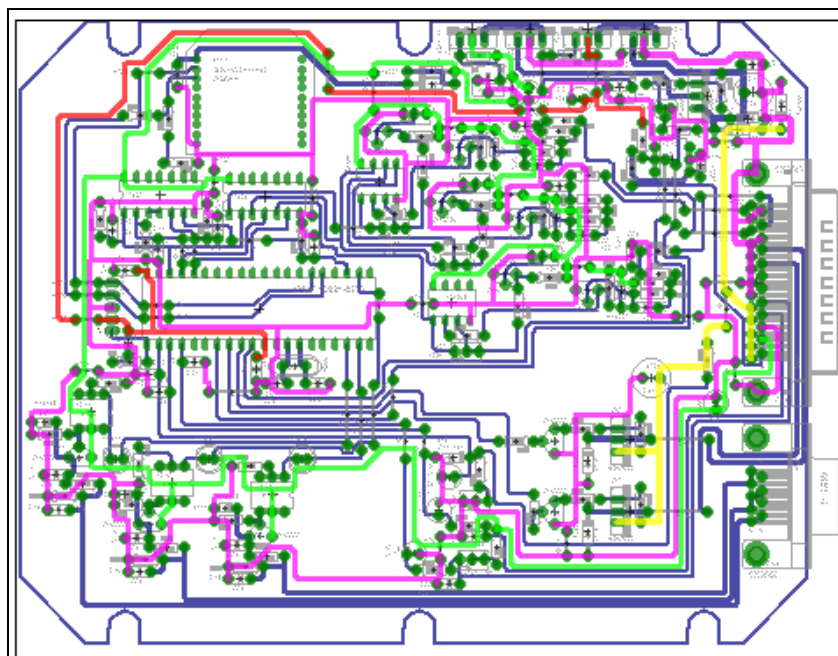
#### **Mediciones de velocidad angular en el vehículo**

<i>MUESTRA</i>	<i>MEDICIÓN MULTIMETRO AUTOMOTRIZ (RPM)</i>	<i>MEDICIÓN EN EL SISTEMA DE ENCENDIDO TEMPORIZADO (RPM)</i>	<i>Error (%)</i>
1	870	860	3,4
2	1100	1000	2,9
3	1500	1460	2,6
4	2005	1980	2,5
5	2504	2400	2,4
6	2980	2900	2,0
7	4005	3860	1,0
8	5200	5010	0,9
9	6040	6020	0,8
10	6740	6870	0,7

En esta prueba nos damos cuenta que existe un margen de error grande esto se debe a las filtraciones de ruidos que emite el motor por consiguiente debemos aislar lo mas posible el dispositivo de encendido para evitar el máximo rango de error.

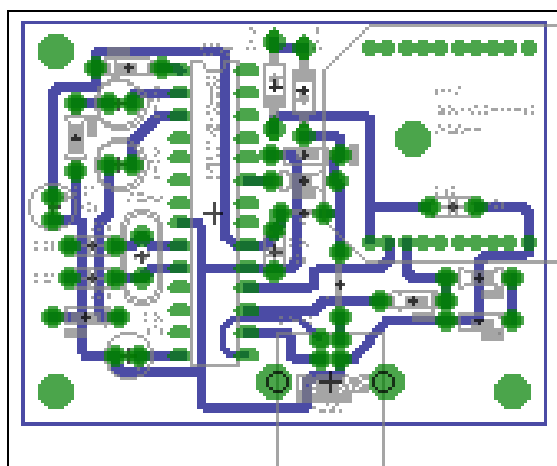
### 5.2. Diseño de las placas de circuito impreso.

Para el diseño del circuito impreso que son dibujos de las pistas para los dispositivos electrónicos que se lo realizó en el software EAGLE, como muestra en la figura.



**Figura 5.3:** Diseño circuito unidad de control

Una vez que se tiene el diseño de la placa como muestra la figura 5.3 y 5.4 se debe imprimir con una impresora láser en el papel de transferencia térmica (PCB - Printed Circuit Board).

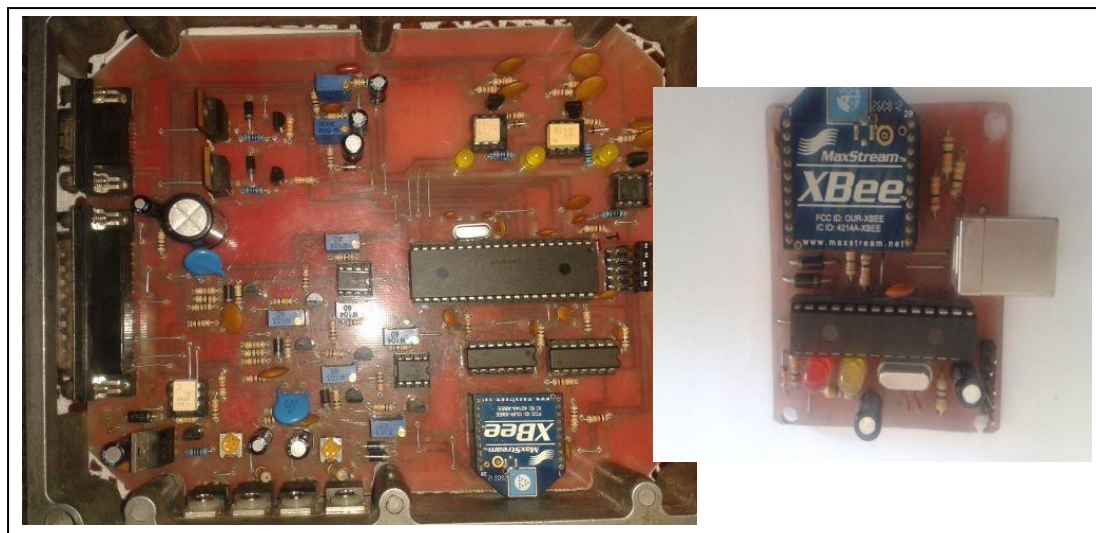


**Figura 5.4:** Diseño circuito interfaz de comunicación.

Aplicar calor por el lado revés de la hoja y sobre las placas para lo cual utilizaremos la hoja de transferencia, el calor de la plancha hace que el tóner se derrita, y junto al barniz de la hoja se pegan en la lámina de cobre.

Con la placa lista preparar media taza de agua tibia en un recipiente de plástico y colocar poco a poco el cloruro férrico, estando la solución lista proceder a introducir la placa del circuito de control, el tiempo de corrosión varía de 15 a 30 minutos, verificando con una punta si el cobre no protegido ha sido eliminado.

Posteriormente empezar a colocar cada uno de los componentes comenzando a insertar los más pequeños, soldados con cautín y estaño teniendo como resultado el módulo del sistema electrónico como muestra la figura 5.5.



**Figura 5.5:** Circuitos impresos y soldados.

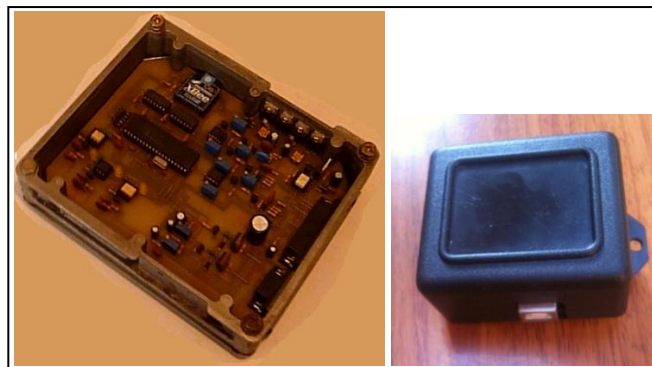
### 5.3. Implementación del sistema.

Para el montaje del sistema se ejecuta algunas adecuaciones en el vehículo como son:

- El desmontaje del sistema de encendido convencional que consta del distribuidor, entrada de avance, cables de bujías y la suspensión de cables de corriente al sistema convencional.
- Se restructura todo el cableado para las conexiones de entrada y salida de cada una de las señales emitidas por los componentes.
- Las señales de alta potencia de las bobinas COP que se enlazan en las salidas de la unidad de control electrónico destinadas para ello, también se implementa un soporte para las tres bobinas con sus respectivos aislamientos para evitar la estática.

#### 5.3.1. Montaje físico del sistema.

Luego de las impresiones de las placas con sus elementos electrónicos soldados, se coloca una carcasa de aluminio según las dimensiones del módulo electrónico como muestra en la figura 5.6.



**Figura 5.6:** Módulo electrónico e interfaz

Luego se procede a la instalación del UCE en el interior del vehículo debido que al ser un sistema electrónico debe estar protegido de los posibles daños que pudiere causar el medio ambiente y se la colocó junto a la palanca de cambio de velocidades para así poder observar los leds testigos de la lectura de señales de entrada de cada uno de los sensores CMPs.



**Figura. 5.7:** Unidad de control electrónico (UCE) instalado.

En lo que respecta a la conexión de alimentación, sensores de entrada y actuadores de salida se los concentro mediante un conector DB9 y DB25 como se puede mostrar en la figura 5.8.



**Figura 5.8:** Conectores DB9 y DB25.

Para la instalación de los sensores CMPs se diseñó un acoplamiento de aluminio con 3 orificios dispuestos a 120 grados exactos, debido que un pequeño fallo podría ocasionar error en la lectura, interpretación y cálculo, con un eje central que toma el movimiento desde el árbol de levas con una leva la cual genera la señal conjuntamente con cada sensor y su respectivo arnés de cables hacia el UCE, como se muestra en la figura 5.9.



**Figura 5.9:** Disposición física de CMPs.

Se instaló el sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión MAP acoplado a la carrocería del vehículo, la toma de vacío desde el múltiple de admisión, y se adaptó un socket del arnés de cables hacia la UCE.



**Figura 5.10:** Montaje sensor MAP

El sensor de temperatura (WTS) se instaló en la entrada del sistema de refrigeración del motor reemplazando al termo-switch de tal manera que pueda obtener el valor de temperatura requerida por el sistema electrónico, esta disposición física se puede observar en la figura 5.11.



**Figura. 5.11:** Montaje sensor WTS

Para la instalación de relevadores del electro-ventilador y bomba de combustible se realizó de la siguiente manera para cada subsistema de salida.

Se acopló cada uno de los relés a la carrocería de vehículo, los pines 30 de cada relé se instaló hacia el suministro de energía en la posición del switch en "ON".

Los terminales números 85 con conexión a tierra, el pin 86 de cada relé se conecta a la salida de la UCE señal de encendido de bomba de gasolina, señal de encendido de electro-ventilador, y finalmente los pines número 87 de cada uno de los relés al arnés principal del vehículo para cada actuador requerido.

**Tabla 5.4.**  
**Terminales de relé bomba de combustible**

<b>RELÉ DE BOMBA DE COMBUSTIBLE</b>		
<b>Terminal Nro. 30</b>	Conexión a contacto	Arnés principal del vehículo
<b>Terminal Nro. 85</b>	Conexión a tierra	Arnés principal del vehículo
<b>Terminal Nro. 86</b>	Conexión a pin Nro. 21 conector DB25	Arnés de UCE
<b>Terminal Nro. 87</b>	Conexión a Bomba de combustible	Arnés principal del vehículo

**Tabla 5.5.**  
**Terminales del relé electro – ventilador**

<b>RELÉ DE ELECTRO-VENTILADOR</b>		
<b>Terminal Nro. 30</b>	Conexión a contacto	Arnés principal del vehículo
<b>Terminal Nro. 85</b>	Conexión a tierra	Arnés principal del vehículo
<b>Terminal Nro. 86</b>	Conexión a pin Nro. 22 conector DB25	Arnés de UCE
<b>Terminal Nro. 87</b>	Conexión a Bomba de combustible	Arnés principal del vehículo





**Figura 5.12:** Relevadores y caja de fusibles.

En la instalación de las bobinas tipo COP se diseñó un soporte para sujetar las 3 bobinas tipo COP de tal manera que permanezcan estables ante cualquier movimiento brusco del vehículo y por la vibración del motor. También se colocó unos aislantes de cauchos entre la bobina y el soporte para evitar la estática de esta manera protegiendo a las bobinas, de igual manera se adaptó un socket universal para la conexión principal del arnés de la UCE.



**Figura 5.13:** Soporte y bobinas COP

#### **5.4. Pruebas de operación y funcionamiento.**

En el transcurso del presente proyecto, se efectuaron varias pruebas tanto a nivel de firmware como de hardware; pruebas individuales y pruebas con el sistema implementado.

Luego de realizadas las distintas pruebas con resultados satisfactorios procedimos a la comprobación del funcionamiento de todo el sistema ensamblado en el vehículo.

Conectado el interfaz mediante la comunicación inalámbrica ZigBee desde el UCE hacia el ordenador para verificar los valores de RPMs, dwell, avance y voltajes. Mediante la computadora configuramos el avance de encendido electrónico a través de la conexión con la interfaz.

Para realizar las pruebas respectivas se procedió a variar los parámetros del motor y del sistema, se verifica los parámetros en tiempo real:

- Avance en función de RPMs.
- Avance en función de temperatura de régimen.
- Avance en función de carga del motor.
- Ajuste de tiempo dwell.

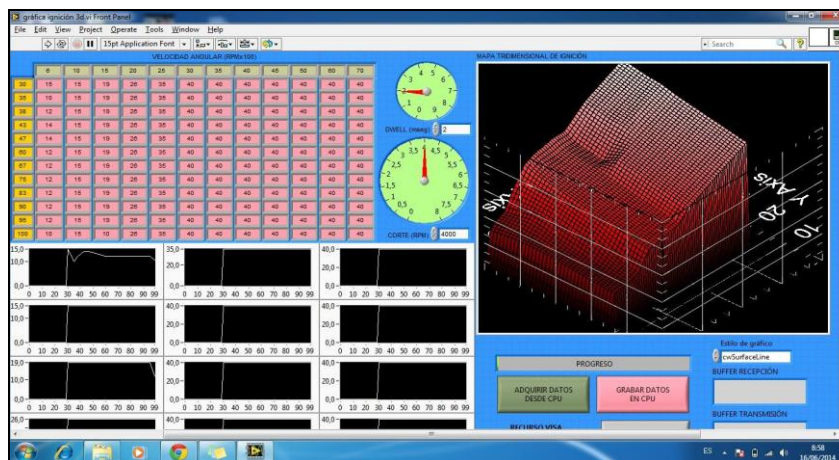
También se realizó las pruebas de parámetros característicos en el dinamómetro:

- Curvas de potencia y torque.
- Curvas de potencia, torque y consumo de combustible.

### 5.4.1. Verificación del cumplimiento de parámetros de funcionamiento del diseño en tiempo real.

En estas pruebas se verifica que los datos adquiridos correspondan a los datos reales en el momento del funcionamiento, de esta forma nos aseguramos que el procesamiento se esté realizando en tiempo real acorde a los valores que se configuran.

Con este circuito de configuración y mediante el teclado de un ordenador se puede configurar el valor dwell, corte de chispa, y la variación del avance mediante una tabla de valores de RPMs del motor, Kpa de vacío en el múltiple de admisión y ángulo de avance.



**Figura 5.14:** Entorno visual de configuración de parámetros.

En la figura 5.14 se puede observar el entorno para configurar los diferentes parámetros programables según los requerimientos. Al no existir una curva tridimensional definida para motores de combustión interna para configurar nuestra UCE se procedió a realizar la toma de datos de valores de carga, avance, RPMs, corte de inyección en 3 tipos diferentes de vehículos, MAZDA 3

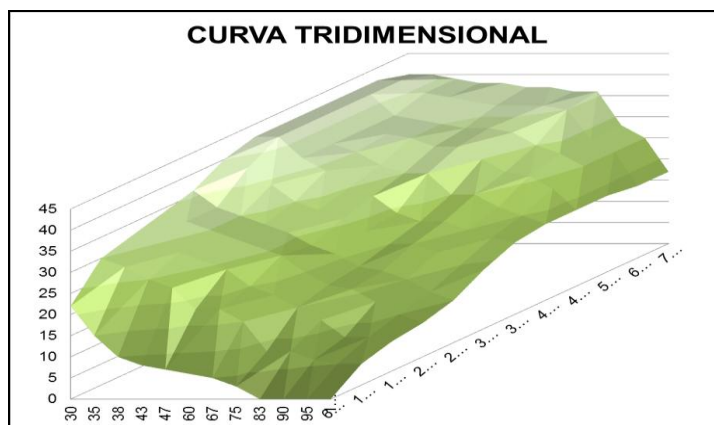
2000 cc, AVEO Emotion 1600 cc, TOYOTA Yaris 1500cc; con la ayuda de un escáner, los datos que se adquirieron fueron interpolados y se obtuvo una tabla de avance en función a la carga y a las RPMs que se representa a continuación.

**Tabla 5.6.**

**Tabla de avance en función de KPA y RPMs**

		REVOLUCIONES POR MINUTO												
		DEG	600	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	6000	7000
CARGA KPA	30	22	30	32	34	36	40	42	42	42	42	42	42	40
	35	15	28	30	32	32	38	42	42	42	42	42	42	40
	38	10	25	28	30	30	34	37	37	37	37	37	39	39
	43	8	23	26	28	28	30	34	35	36	36	36	38	38
	47	7	18	24	26	26	28	30	32	35	35	35	37	38
	60	6	18	20	24	23	26	28	30	33	34	34	36	37
	67	5	15	18	20	21	23	24	30	33	34	34	36	37
	75	3	8	15	17	18	20	22	25	30	33	33	36	36
	83	0	8	12	16	17	20	22	25	27	30	30	35	36
	90	0	6	8	13	15	18	20	22	26	28	28	28	28
	95	0	5	8	10	12	15	18	20	23	25	25	25	25
	100	0	5	7	8	10	14	17	18	18	18	18	17	17

La siguiente gráfica se obtiene con los valores obtenidos de la tabla 5.6 lo cual varía esta curva según los datos que se requiera en su configuración.



**Figura 5.15:** Curva tridimensional

Como referencia para la programación tomar como base la tabla presentada anteriormente, pero al ser un motor tricilíndrico se cambió varios de los datos, y se realizó la programación en base a pruebas de carretera en el que se debió configurar de acuerdo a las exigencias del motor de una manera empírica, debido a que no se posee información sobre este tipo de curvas.

Una vez configurada la curva de encendido en base a las RPMs, carga y avance se obtuvo la siguiente tabla:

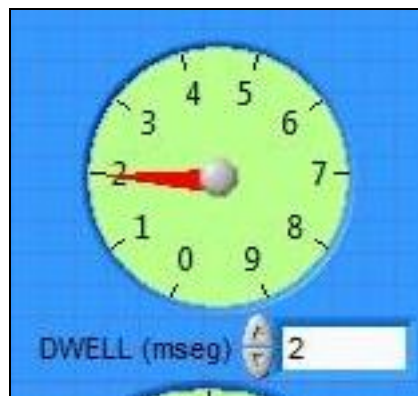
VELOCIDAD ANGULAR (RPMx100)												
	6	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70
30	15	15	19	26	35	40	40	40	40	40	40	40
35	10	15	19	26	35	40	40	40	40	40	40	40
38	12	15	19	26	35	40	40	40	40	40	40	40
43	14	15	19	26	35	40	40	40	40	40	40	40
47	14	15	19	26	35	40	40	40	40	40	40	40
60	12	15	19	26	35	40	40	40	40	40	40	40
67	12	15	19	26	35	40	40	40	40	40	40	40
75	12	15	19	26	35	40	40	40	40	40	40	40
83	12	15	19	26	35	40	40	40	40	40	40	40
90	12	15	19	26	35	40	40	40	40	40	40	40
95	12	15	19	26	35	40	40	40	40	40	40	40
100	10	15	10	26	35	40	40	40	40	40	40	40

**Figura 5.16:** Introducción de valores de la tabla de avance

A paso seguido la plataforma virtual también nos permite configurar el tiempo dwell, que como ya se habló anteriormente no es más que el tiempo de excitación de la bobina, pero para lo que se debe manejar los siguientes criterios:

- Mientras más grande es el dwell el tamaño de la chispa es mayor.
- Mientras más grande es el dwell igualmente la bobina cop se calienta más rápido.
- Si se calienta la bobina más pronto el tiempo de duración de esta es menor.

Teniendo en cuenta estos parámetros se procedió a analizar los pros y los contras de que podría pasar con las bobinas para lo cual se decidió que aunque la potencia de la chispa no disminuye significativamente a altas RPMs la chispa siempre será mejor que la chispa que se obtiene con la bobina del sistema convencional, y se evitara que el tiempo de uso de las bobinas sea más corto con lo que se prevé ahorro del costo de reparación del vehículo, con esto se concluyó que el tiempo dwell para el sistema se lo pondría en 5 ms.



**Figura 5.17:** Tiempo dwell en el entorno visual

En la figura 5.17 se observa que podemos calibrar el tiempo dwell según el requerimiento.

Finalmente el entorno permite también programar el corte de chispa a la revoluciones que se desee para lo que también fue necesario realizar el siguiente análisis.

- A altas RPMs el motor sufre mayor desgaste.
- A altas RPMs se necesita mayor lubricación de las partes fijas y móviles.
- A altas RPMs el motor calienta más pronto.
- A Altas RPMs se obtiene mayor potencia del motor.
- A altas RPMs el consumo de combustible aumenta.

Si bien es cierto la programación de la UCE permite llegar a obtener un pico de 8500 RPMs, se procedió a analizar que las ventajas son menos que las desventajas y el propósito del presente trabajo es aprovechar la eficiencia de un motor de combustión por lo que se decidió hacer el corte de chispa a 6000 RPMs.

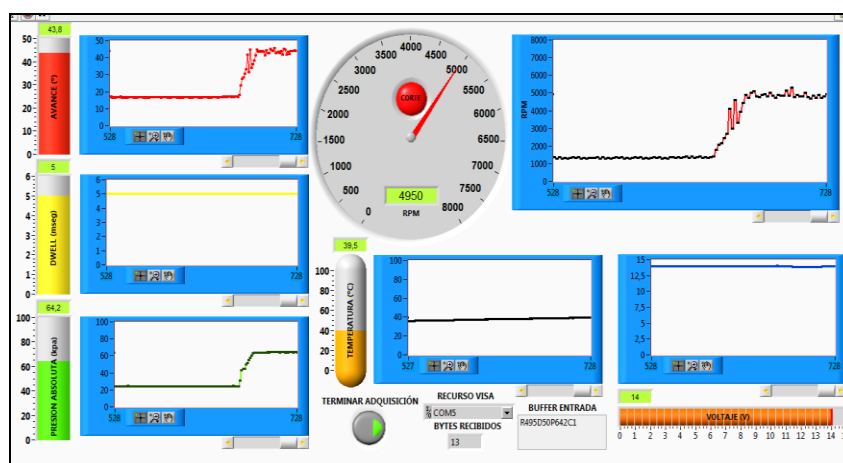


**Figura 5.18:** Corte de chispa en el entorno visual

Como se observa en la figura 5.18, en este fragmento del entorno podemos programar el corte de las chispa.

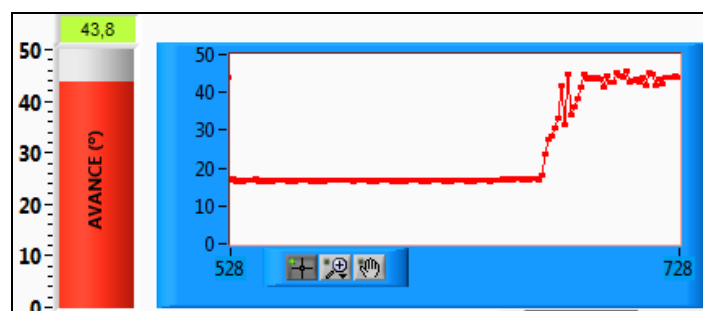
### 5.4.2. Verificación de parámetros de funcionamiento del diseño en tiempo real.

Una vez terminado con la configuración de los parámetros, se procede a encender el vehículo y sincronizamos el UCE con el ordenador, en el que previamente se hace correr el programa en LABVIEW, una vez conectado el diseño, permite observar las curvas en tiempo real de la lectura de los datos



**Figura 5.19:** Visualización en tiempo real

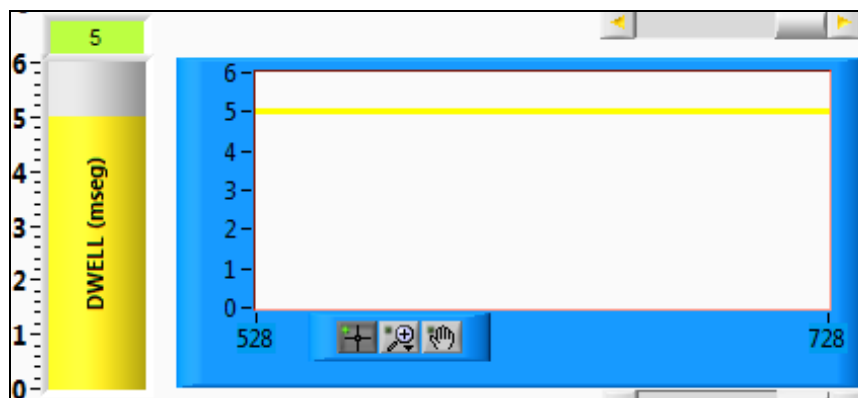
En el entorno se puede observar las siguientes curvas, las cuales no dan información del funcionamiento del sistema en general



**Figura 5.20:** Avance de encendido

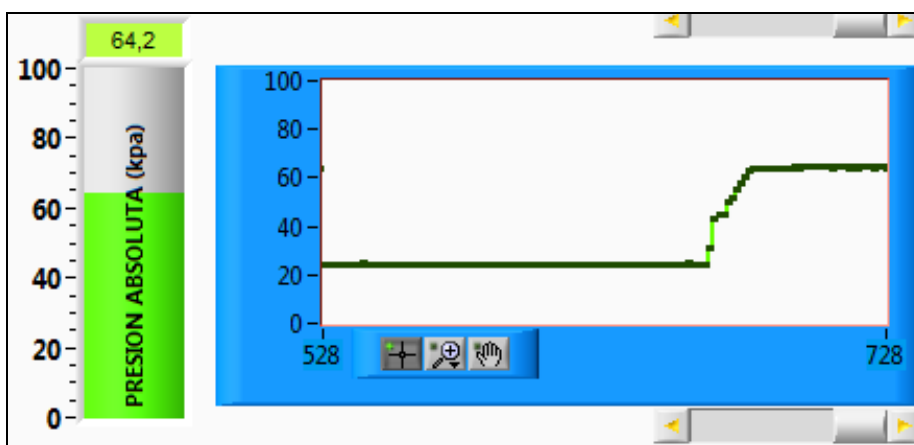


Esta figura 5.20 indica como varía el avance calculado por la UCE con respecto a las RPMs y a la depresión en el múltiple de admisión, además se verifica el avance se mantiene en 18 grados cuando el motor se encuentra en régimen de ralentí, el momento de que se da carga al motor el avance cambia precipitadamente.



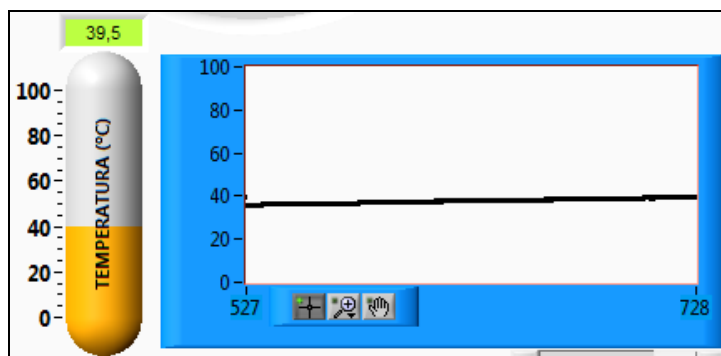
**Figura 5.21:** Tiempo dwell

En la figura 5.21 se puede observar el tiempo DWELL que se calibro anteriormente, en este caso se verifica que se encuentra con un valor nominal de 5 milisegundos.



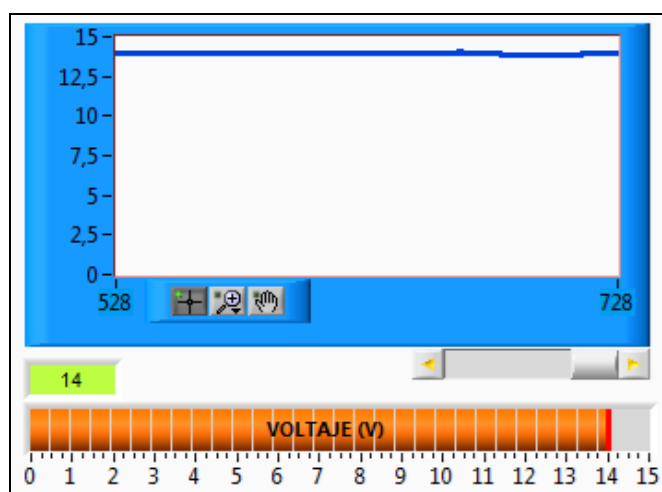
**Figura 5.22:** Curva presión absoluta sensor MAP

En la figura 5.22 se refiere al valor de vacío en el múltiple de admisión que es sentido por el sensor MAP, como se puede observar al inicio de la curva en régimen de ralentí tiene un valor de 23 kpa, y al producirse una carga al motor la medida del sensor sube súbitamente a 64.2 kpa.



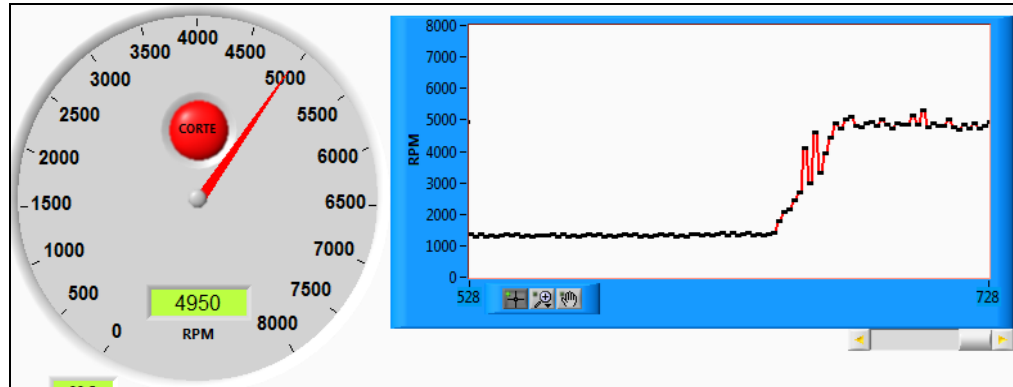
**Figura 5.23:** Temperatura sensor WTS

En la figura 5.23 se aprecia el valor de la temperatura del refrigerante, que es leída a través del sensor WTS, y con un valor inicial en la curva de 36 grados centígrados y al final de la curva un valor de 39.5 grados centígrados, lo que representa que el motor está relativamente frío.



**Figura 5.24:** Voltaje de batería

La figura 5.24 muestra el valor del voltaje del generador de corriente que en este caso es el alternador, como se puede ver el valor que representa es de 14 voltios.

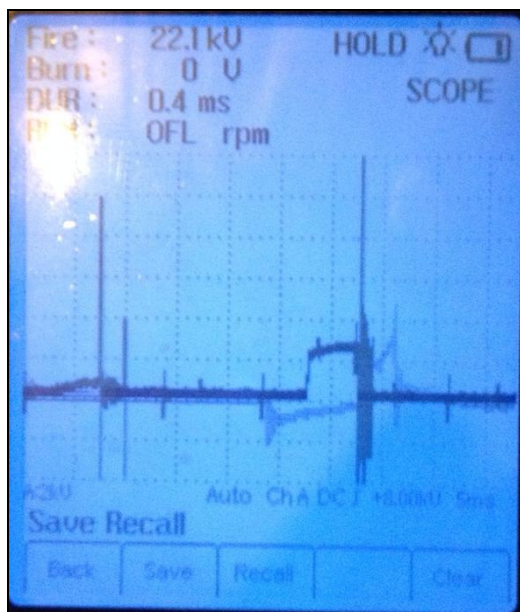


**Figura 5.25:** Corte de chispa a 5000 RPMs.

La figura 5.25 muestra un tacómetro que indica las RPMs del motor en tiempo real, a la vez se observa el corte de chispa que fue programado con un valor de 5000 RPMs.

#### **5.4.3. Prueba de sistema de encendido DIS con osciloscopio.**

Con la ayuda del osciloscopio se observa la curva del tiempo dwell, para esto se coloca la punta primaria del osciloscopio en el cable de señal que es enviada desde la UCE, y la segunda punta del osciloscopio se conecta en el cable de tierra del conector.



**Figura 5.26:** Gráfica osciloscopio dwell sistema DIS

En referencia a la curva obtenida en el osciloscopio se puede observar que el pico de onda se encuentra a los 22.1 Kv a 2000 RPMs, este valor varía de acuerdo a la manipulación del Dwell desde la programación.

#### **5.4.4. Prueba de sistema convencional con osciloscopio.**

Para esta prueba debemos identificar el primario y secundario de la bobina convencional para realizar la medición del tiempo dwell, se coloca la primera punta del osciloscopio al primario de la bobina convencional y la otra punta al negativo de la batería.



**Figura 5.27:** Gráfica osciloscopio dwell sistema convencional

La gráfica obtenida en el osciloscopio muestra el valor de la onda de pico a los 4.0 Kv a 2000 RPMs, con un tiempo Dwell de 1,5 grados

Según los datos obtenidos, se concluye que el sistema DIS emite una mejor producción de chispa a altas RPMs, permitiendo elevar el corte de ignición hasta 8000 RPMs.

#### **5.4.5. Prueba de pista para la verificación de consumo de combustible.**

Con el objetivo de verificar si el consumo de combustible aumento o disminuyo se realizó una prueba de pista en el Autódromo Internacional de Yahuarcocha.

La primera prueba se la realizó con el vehículo equipado con el sistema de encendido convencional y se dio un total de 5 giros en sentido horario

recorriendo un total de 50 kilómetros a una velocidad promedio de 70 kilómetros por hora, en dicha prueba se verificó que se consumieron un total de 6 litros de combustible en este caso gasolina súper con una eficiencia de 8.33 kilómetros por cada litro de combustible consumido.

La segunda prueba se realizó implementando el sistema diseñado, igualmente se recorrieron un total de 5 giros en sentido horario recorriendo 50 kilómetros, a una velocidad promedio de 70 kilómetros por hora, en esta prueba se verificó que hubo un consumo total de combustible de 5.5 litros de combustible con una eficiencia de 9.09 kilómetros por cada litro de combustible.

Realizando el respectivo análisis de consumo de combustible se evidenció que implementando el sistema de encendido con unidad de control electrónico (UCE), el consumo de combustible relativamente disminuyó en un 8,33% en relación al encendido convencional, ya que al mejorar el arco eléctrico de la bujía por medio de la bobina independiente hay un mejor quemado de la mezcla estequiometrica de aire-combustible en los cilindros

**Tabla 5.7.**

**Tabla comparativa consumo de combustible**

	<b>Recorridos (Km)</b>	<b>Combustible (l)</b>	<b>Eficiencia (%)</b>
<b>Encendido Convencional</b>	50	6	8,33
<b>Encendido con UCE</b>	50	5,5	9,09

#### 5.4.6. Prueba de parámetros característicos en el dinamómetro.

Para las pruebas de medición de potencia y torque se realiza con el sistema convencional de encendido y con el sistema electrónico de encendido DIS. Las especificaciones del vehículo Suzuki Forsa II se detalla en la tabla 5.8 para sus respectivas pruebas.

**Tabla 5.8.**

#### **Especificaciones vehículo Suzuki Forsa II**

<b>Año</b>	<b>1993</b>
<b>Modelo</b>	Coupe
<b>Cilindrada (c.c.)</b>	1000
<b>Alimentación</b>	Gasolina
<b>Nº de cilindros</b>	3
<b>Dirección</b>	Mecánica
<b>Combustible</b>	Gasolina

El equipo que realiza las mediciones de potencia (HP) y torque (lbf.ft) es un dinamómetro hidráulico de rodillos, el cual gráfica y permite comparar curvas de varias mediciones mediante una interface con la PC.

#### **a. Curvas de potencia y torque con el sistema de encendido convencional.**

Los datos obtenidos fueron conseguidos en el dinamómetro da la Escuela Politécnica Nacional.

Tabla 5.9.

## Pruebas de potencia y torque, sistema de encendido convencional

n (rpm)	P <sub>Ruedas</sub> (HP)	P <sub>Mot</sub> (HP)	P <sub>Normal</sub> (HP)	M <sub>Normal</sub> (lbf.ft)
1200	4,5	7,6	10,8	47,5
1300	5	8,5	12	48,6
1400	5,5	9,3	13,2	49,6
1500	5,9	10	14,2	49,8
1600	6,1	10,6	15	49,4
1700	6,4	11,2	15,9	49,2
1800	6,6	11,8	16,9	49,2
1900	6,6	12,4	17,6	48,6
2000	6,7	12,8	18,1	47,9
2100	6,7	13	18,4	46,1
2200	6,9	13,3	18,9	45,3
2300	7,3	14,1	20,1	45,9
2400	7,5	14,8	21	46,1
2500	7,7	15,5	22,1	46,3
2600	8,1	16,3	23,2	46,9
2700	8,6	17,3	24,6	47,9
2800	8,8	18	25,7	48,2
2900	9,9	18,9	26,9	48,7
3000	9,3	19,7	28,1	49,1
3100	9,6	20,5	29,2	49,5
3200	9,7	21,2	30,2	49,6
3300	9,9	22	31,4	49,9
3400	9,9	22,6	32,3	49,8
3500	9,7	23,1	32,9	49,3
3600	9,7	23,7	33,8	49,4
3700	9,5	24,3	34,6	49,2
3800	9,4	24,8	35,4	48,9
3900	9,2	25,4	36,2	48,7
4000	8,9	25,9	36,9	48,5
4100	8,7	26,5	37,8	48,4
4200	8,3	27,1	37,7	48,3
4300	8	27,9	39,8	48,7



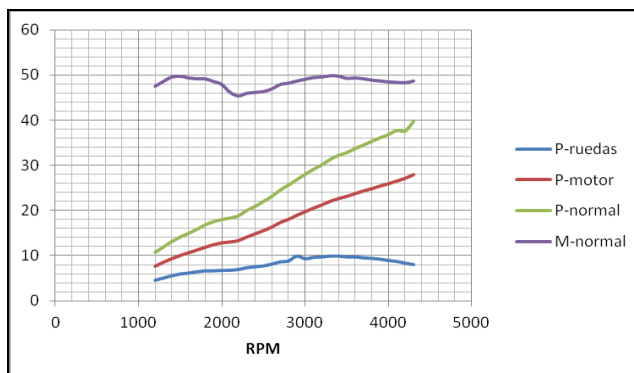


Figura 5.28: Valores potencia y torque, sistema de encendido convencional

En la figura 5.28 permite visualizar de una mejor manera las curvas características de torque y potencia tomadas de la tabla de datos, para las mediciones en el dinamómetro se realiza a distintas revoluciones para una mejor recepción de los datos a obtener.



Figura 5.29: Gráficas de potencia y torque (Dinamómetro), ver anexo

La tabla 5.9 y figura 5.29 presentan los valores de potencia y torque cada 100 RPMs a partir de las 1200 RPMs en bajas revoluciones y en altas revoluciones hasta 4300 rpm, los valores maximos de potencia y torque se distinguen con los colores verde claro señalados en la tabla que son 39,8 HP y 49.9 Lbf.ft respectivamente, mientras que en la figura se identifica la potencia por P-normal y torque por M-normal.

**b. Curvas de potencia y torque con el sistema de encendido con unidad de control electrónico (UCE).**

**Tabla 5.10.**

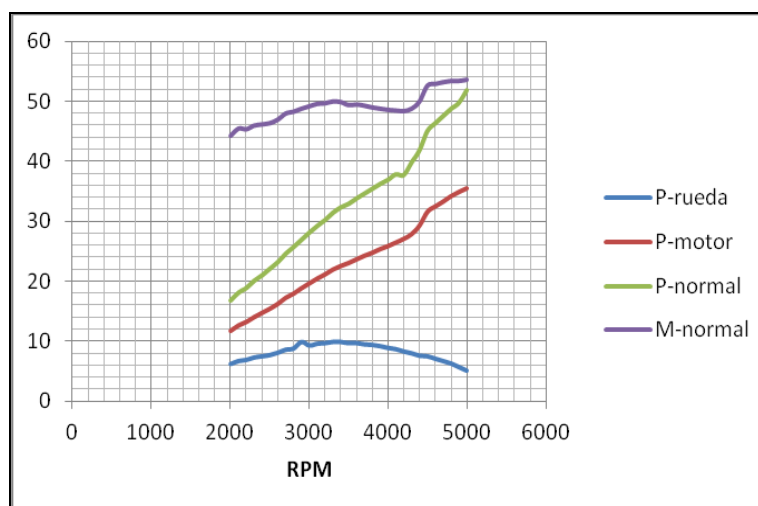
**Pruebas de potencia y torque, sistema de encendido con unidad de control electrónico**

n (rpm)	P <sub>Ruedas</sub> (HP)	P <sub>Mot</sub> (HP)	P <sub>Normal</sub> (HP)	M <sub>Normal</sub> (lbf.ft)
2000	6,2	11,8	16,8	44,2
2100	6,7	12,7	18,1	45,4
2200	6,9	13,3	18,9	45,3
2300	7,3	14,1	20,1	45,9
2400	7,5	14,8	21	46,1
2500	7,7	15,5	22,1	46,3
2600	8,1	16,3	23,2	46,9
2700	8,6	17,3	24,6	47,9
2800	8,8	18	25,7	48,2
2900	9,9	18,9	26,9	48,7
3000	9,3	19,7	28,1	49,1
3100	9,6	20,5	29,2	49,5
3200	9,7	21,2	30,2	49,6
3300	9,9	22	31,4	49,9
3400	9,9	22,6	32,3	49,8
3500	9,7	23,1	32,9	49,3
3600	9,7	23,7	33,8	49,4
3700	9,5	24,3	34,6	49,2
3800	9,4	24,8	35,4	48,9

Continua 

3900	9,2	25,4	36,2	48,7
4000	8,9	25,9	36,9	48,5
4100	8,7	26,5	37,8	48,4
4200	8,3	27,1	37,7	48,3
4300	8	27,9	39,8	48,7
4400	7,6	29,3	41,8	49,9
4500	7,5	31,6	45	52,5
4600	7,1	32,5	46,3	52,8
4700	6,7	33,3	47,5	53,1
4800	6,3	34,2	48,7	53,3
4900	5,7	34,9	49,7	53,3
5000	5,1	35,5	51,8	53,5

A continuación se gráfica los valores obtenidos para mejor análisis de resultados con el sistema de ignición de control electrónico implementado.



**Figura 5.30:** Valores torque y potencia con sistema DIS

La tabla 5.10 y figura 5.30 se muestra los valores de potencia y torque a partir de 2000 RPMs en bajas revoluciones y en altas revoluciones hasta 5000 RPMs, los valores máximos de potencia y torque son 51,8 (HP) y 53.5 (Lbf.ft).

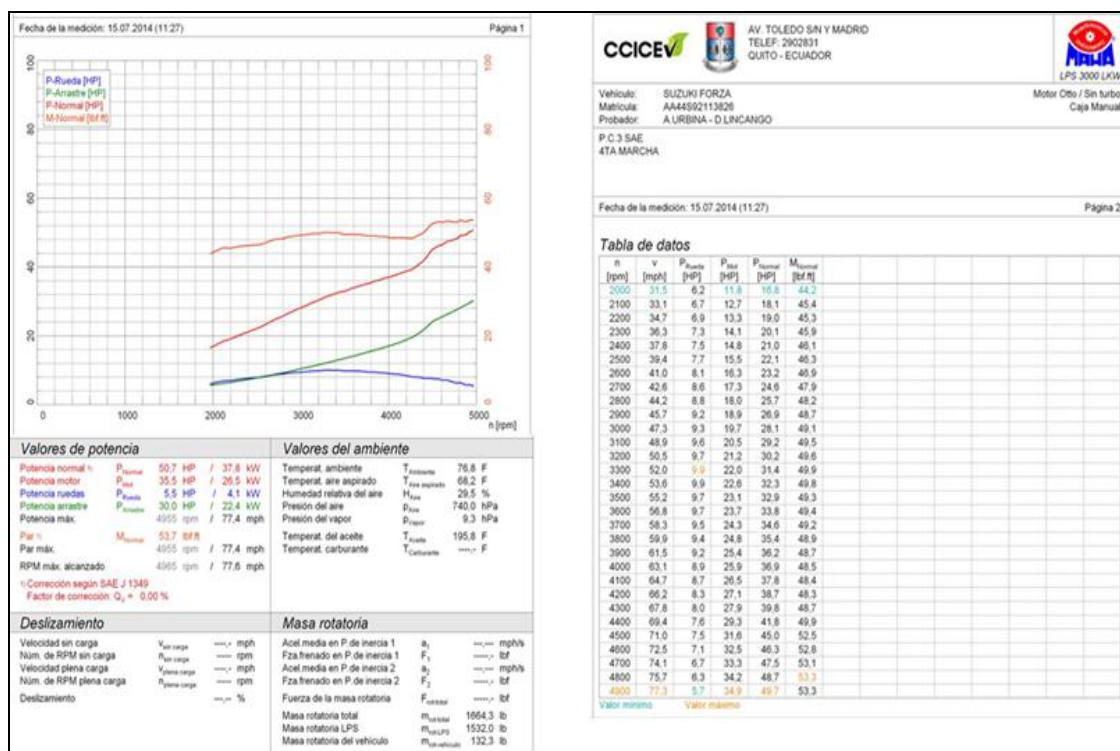


Figura 5.31: Gráficas de potencia y torque, ver anexo

Para la prueba en el dinamómetro con el sistema de ignición con unidad de control electrónico (UCE), se procedió de la misma manera a bajas y altas revoluciones, manteniendo siempre el acelerador constante ya que depende mucho para la obtención de los resultados caso contrario debemos repetir el procedimiento, en la figura 5.31 muestra la hoja de los valores obtenidos con sus respectivas curvas arrojadas por el dinamómetro.

### c. Respuesta de potencia del sistema.

La tabla 5.10 muestra los mejores resultados de potencia y torque que corresponde a la prueba con la unidad de control electrónico (UCE) implementado, como se observa el valor de potencia y torque son altos por el aumento de revoluciones del motor gracias al sistema implementado.

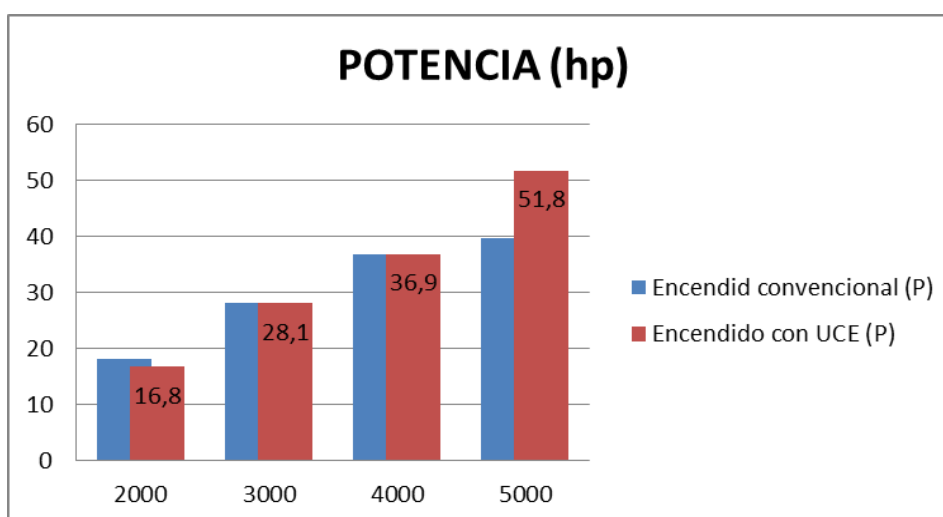
### 5.5. Desempeño general del sistema (análisis de resultados).

Una vez realizada las pruebas se dispone de una tabla de datos con los valores de potencia y torque más relevantes entre los dos sistemas de encendido.

**Tabla 5.11.**

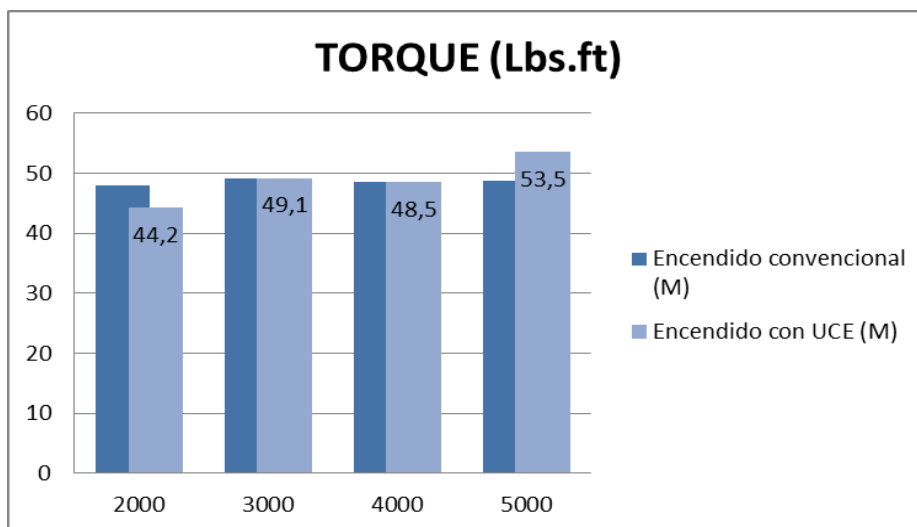
**Valores de torque y potencia comparativos**

RPMs	Sistema encendido convencional		Sistema encendido con UCE	
	P	M	P	M
	(HP)	(Lbs.ft)	(HP)	(Lbs.ft)
<b>2000</b>	18,1	47,9	16,8	44,2
<b>3000</b>	28,1	49,1	28,1	49,1
<b>4000</b>	36,9	48,5	36,9	48,5
<b>5000</b>	39,8	48,7	51,8	53,5



**Figura 5.31:** Gráfica comparativa de potencia

La figura 5.31 indica la comparación de los valores de potencia de los dos sistemas de encendido, se observa la potencia que aumenta pasada las 4000 rpms, y se mantiene con los mismos datos a partir de 2000 rpms. Estos valores nos indica que el sistema de encendido DIS tiene un resultado favorable en la ganancia de potencia con un 10%.



**Figura 5.32:** Gráfica comparativa de torque

La figura 5.32 muestra la comparación de los valores de torque en porcentaje de los dos sistemas de encendido obteniendo un 5 % favorable en el sistema de encendido DIS.

De acuerdo a las mediciones se establece que el mejor desempeño de torque y potencia es la implementación del sistema de ignición mediante bobinas independientes tipo COP.

En las pruebas anteriores se concluye que los valores obtenidos por el sistema se encuentran en los límites de funcionamiento con respecto a los errores presentados en las distintas mediciones.

Los errores generados en las mediciones, son justificables de acuerdo al programa de adquisición utilizado.

Para concluir, las pruebas de funcionamiento del sistema implementado en el vehículo, son fiables, por lo tanto, su implementación en motores es recomendable.

## CAPÍTULO VI

### 6. MARCO ADMINISTRATIVO

#### 6.1. Recursos.

Con la finalidad de realizar el proyecto de forma planificada, se plantea el estudio y análisis de recursos empleados, como: humanos, tecnológicos y materiales

##### 6.1.1. Recursos humanos.

Se detallan los integrantes que intervinieron en la realización de este proyecto de tesis.

**Tabla 6.1.**

#### Recursos Humanos

NOMBRE	FUNCIÓN
Ing. Germán Erazo	Director del Proyecto
Ing. Leonidas Quiroz	Codirector del Proyecto
Wladimir Amaguaña	Autor del Proyecto
Carlos Aceldo	Autor del Proyecto

##### 6.1.2. Recursos tecnológicos.

**Tabla 6.2.**

#### Recursos Tecnológicos

No.	Función
1	Multímetro Automotriz
2	Osciloscopio OTC
3	Computadora personal
4	Software LabView Versión 2012
5	Software EAGLE versión 6.3
6	Sensores CMP, WTS, MAP



### 6.1.3. Recursos materiales.

Se detalla los materiales y/o componentes físicos utilizados durante el trayecto de materialización del proyecto

**Tabla 6.3.**

#### Componentes mecánicos

CANTIDAD	DETALLE
1	Vehículo Suzuki Forsa II
1	Acoplamiento de aluminio
1	Soporte de acero
3	Pernos y tuercas m6
6	Tornillos
1	Juego de amarras

**Tabla 6.4.**

#### Componentes eléctricos y electrónicos

CANTIDAD	DETALLE
1	Arnés de cableado
3	Sensor de posición angular (cmp)
1	Conector db9
1	Conector db25
1	Sensor de temperatura (ect)
1	Sensor map
50	Resistencias (varios valores)
38	Capacitores (varios valores)
4	4n25
4	Reguladores de voltaje
3	Integrados lm358
9	Transistores
15	Diodos rectificadores
5	Diodos leds
1	Dspic30f4011
2	Módulo xbee

Continua 

1	Pic18f2550
	Integrado 74ls32n
1	
1	Integrado 74als04n

## 6.2. Presupuesto.

A continuación se muestra el desglose de los valores invertidos en cada uno de los ítems formulados para la realización del presente proyecto.

**Tabla 6.5.**  
**Presupuesto**

	<b>DESCRPCIÓN</b>	<b>V/UNIT</b>	<b>V/TOTAL</b>
<b>1</b>	Investigación	<b>800</b>	<b>800</b>
<b>2</b>	Sensores (5)	<b>40</b>	<b>200</b>
<b>3</b>	Bobinas COP (4)	<b>120</b>	<b>480</b>
<b>4</b>	Cables y conectores	<b>30</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	Material electrónico para el Módulo	<b>200</b>	<b>200</b>
<b>6</b>	Trabajos de adaptación mecánica	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>7</b>	Impresiones	<b>160</b>	<b>160</b>
<b>8</b>	Mensajería	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>9</b>	Viáticos	<b>150</b>	<b>150</b>
<b>10</b>	Otros	<b>150</b>	<b>100</b>
	<b>TOTAL</b>		<b>USD 2260</b>

### **6.3. Análisis costo – beneficio**

Diseños elaborados con las mismas características tienen un valor de 2260 dólares, al ser estos de manufactura extranjera. Si se disminuye costos correspondientes a hardware y software se lograría una buena utilidad en su elaboración.

El Proyecto que se ha desarrollado está en plena capacidad de ser competitivo con sistemas profesionales, ya que con las pruebas desplegadas se ha demostrado que la potencia del motor de combustión interna aumento de 39.8 HP a 51.8 HP, y en torque de 49.9 Lbf.ft a 53.5 Lbf.ft , además que el consumo de combustible disminuye y debido a la cantidad de servicios que presta con hardware

Se concluye que el sistema si es competitivo en costo y en desempeño útil ante los ya existentes en el mercado.

## CONCLUSIONES

Concluido el presente proyecto de investigación presentamos las siguientes conclusiones.

- Se diseñó e implementó el sistema de ignición para motores tricilíndricos basados en bobinas independientes tipo COP mediante curvas de encendido tridimensional programables, mejorando los parámetros de desempeño del motor de combustión interna.
- Se desarrolló un sistema microprocesado que administre la ignición en motores de combustión interna tricilíndrico en base a la lectura de datos en tiempo real.
- Se diseñó y se seleccionó los elementos electrónicos idóneos para el correcto funcionamiento a través de la ayuda de un diagrama de bloque y un diagrama de flujo.
- Con la implementación de la unidad de control electrónico para el encendido se aumentó la potencia del motor de combustión interna a 51,8 Hp y 5000 rpm, ganando un 10% en potencia y disminuyendo el consumo de combustible en 8,33% a través de una mejor combustión en el cilindro y por consecuencia una menor emisión de gases tóxicos a la atmosfera.
- Se configuró una curva de encendido tridimensional para motores tricilíndricos en base a pruebas de ruta con y sin carga la que permitió mejorar su desempeño del motor.
- Se realizó pruebas de torque y potencia que permitieron determinar la factibilidad de implementación del sistema en vehículos con motores tricilíndricos.

- Con la elaboración de este tipo de proyectos se posibilita a que vehículos que integran sistemas de encendido convencional y carburación sean ajustados a un encendido DIS permitiendo que el performance del motor aumente en torque y potencia, disminución de gases tóxicos a la atmosfera y menor consumo de combustible.
- Se implementó un módulo COP en un vehículo Suzuki Forsa II, probándolo en el que optimizó el torque, potencia, consumo de combustible y el rendimiento eléctrico del sistema de encendido en un 75% en relación al sistema de encendido convencional.
- En conclusión el sistema de encendido DIS implementado en el vehículo si mejoro el rendimiento del motor de combustión interna optimizando todos sus parámetros a través de la configuración del tiempo dwell, corte de chispa y programación de las curvas de encendido tridimensionales y a la vez contribuyendo al medio ambiente con la menor emisión de gases tóxicos al ambiente por la combustión más exacta de la mezcla estequiométrica aire-combustible en el cilindro.

## RECOMENDACIONES

- Para realizar las mediciones utilizar instrumentación perfectamente calibrada ya que de ello depende que el sistema funcione correctamente.
- Seleccionar correctamente los elementos electrónicos y componentes para evitar costos mayores y la adquisición de gran facilidad en el mercado.
- Para el montaje del diseño implementado se debe tener en cuenta que es un hardware electrónico, es así que para realizar la conexión se debe desconectar los bornes positivo y negativo del acumulador, y una vez que todo se encuentre instalado conectar primero el borne negativo y luego el positivo para evitar posibles daños a elementos electrónicos.
- En la selección de software se recomienda manejar criterios técnicos y estructurales para alcanzar los objetivos que se desea, reforzando los conocimientos en electrónica y en programación de lenguaje C, y el manejo de programas PICs y labview, los mismos que son fundamentales en el desarrollo del presente trabajo de tesis.
- También se recomienda la investigación de modelos matemáticos en base a las variables del sistema de encendido, para mejorar el procesamiento de todos los componentes que conforman el sistema de ignición.
- Por la gran cantidad de ruidos que genera el motor tricilíndrico se recomienda colocar filtros pasabajos para disminuir la interferencia en el procesamiento de la unidad de control electrónico evitando fallas en el sistema de encendido y comunicación.

- Realizar correctamente los cálculos en el dimensionamiento de los elementos electrónicos por lo que es un proceso muy meticuloso a la hora de temporizar el sistema de encendido en la unidad de control electrónico.
- Extender este tipo de proyectos ya que al ser un diseño de prueba se necesita un mayor análisis para que el mismo no posea fallos, y llegar a realizar un sistema conjunto de encendido e inyección elaborado en el Ecuador.

## BIBLIOGRAFÍA

Alcocer, V., Gomez, J. M., Prat, A. M., & Albareda, X. M. (2006). *Programación C++ para ingenieros*. Madrid: Paraninfo.

Angulo Usategui, J. M. (2003). *Microcontroladores PIC*. Madrid: McGraw-Hill.

Angulo Usategui, J. M., Martínez Angulo, I., & Romero Yesa, S. (2006). *Microcontroladores "PIC": diseño práctico de aplicaciones. PIC16F87X, PIC18FXXXX. Segunda parte*. Madrid: McGraw-Hill

Areny Ramón, P. (2004). *Sensores y acondicionadores de señal*. Barcelona: Marcombo.

Bauer Horst. (1999). *Sistema de inyección de gasolina K-Jetronic*. (sin ciudad) Alemania: Reverte.

Berger, J. (2002). *Regulación electrónica Diesel (EDC)*. (Sin ciudad) Alemania: Reverte.verte

Bosch, R. (1998/1999). *Linha de injeção e ignição eletrônica / Linea de inyección y encendido electrónico*,. *Bosch*, 78. Alemania: Reverte

Bosch, R. (2008). *Sistemas de Encendido*. *Bosch*, 4-6. Alemania: Reverte

Bosch, R. G. (1996). *LA técnica del Automóvil*. Barclona: Reverte, S.A.

Coughlin, R., & Frederick, D. (1999). *Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales*. México D.F.: Pearson Educación.



Creus, A. (2012). *Instrumentación Industrial*. Barcelona: Marcombo.

Díaz, E., & Exa Ingeniería, S. (1993). *Sistemas Digitales y arquitectura de computadoras*. Mexico D.F..

J. M<sup>a</sup> Angulo, B. G. (2006). *Microcontroladores Avanzados dsPIC*. Thomson.

Mezquita José Font, J. F. (2004). *Tratado sobre automóviles: tecnología del automóvil, Volumen 2*. Valencia: Univ. Politéc.

Microchip Technology inc. (2007). *PIC 18F2455/2550/4455/4550 DATASHIP*. Arizona - USA.

Microchip Technology inc. (2007). *DSPIC30F4011/4012 DATASHIP*. Arizona - USA.

Pere-Pau Vazquez Alcocer, J. M.-G. (2006). *Programación en C++ para ingenieros*. España: Paraninfo.

Rainer Ortmann. (2003). *Técnica de los gases de escape para motores de gasolina, Madid:r* Reverte.

Vildósola, E. (2003). *Actuadores*. Chile: Soltex.

Zabler, E. (2002). *Los sensores en el automóvil*. (Sin ciudad) Alemania:Reverte.

## NETGRAFÍA

Booster, B. (2014). *Encendido electrónico*. Obtenido de Encendido electrónico: <http://www.encendidoelectronico.com/vista.php?id=43>

Augeri Fernando. (2010). *Cise Electrónica*. Obtenido de Cise Electronics Corporation: <http://victorefren1.blogspot.com/2013/06/sensores-ckp-y-cmp-y-sus-tipos.html>

Electrónica del Automóvil. (6 de Junio de 2012). *Blogspot.com*. Obtenido de Blogspot.com: <http://electronica-cbtis160/osemanuelalba.blogspot.com/2012/06/sensor-de-posicion-de-arbol-de-levas.html>

Javaz. (26 de Febrero de 2013). *Equipo Automotriz Javaz*. Obtenido de Equipo Automotriz Javaz: <http://es.slideshare.net/DaniGam/encendidodis>

Linkedin corporation. (2012 de Marzo de 2012). *slideshare*. *Linkedin corporation*. Obtenido de tratado de electronica automotriz. Linkedin corporation: <http://es.slideshare.net/IramAbif/tratado-deelectronicaautomotrizfuncionamientodesensores-11840976>

Linkedin Corporation. (26 de Marzo de 2014). *slidershare*. *Linkedin Corporation*. Obtenido de slidershare. Linkedin Corporation: <http://es.slideshare.net/MiKora1/tipo-de-sistema-de-encendido-evaluacion>

Vildósola, E. (05 de 11 de 2011). *Asociación de la Industria Eléctrica*. Recuperado el 05 de 04 de 2014, de Asociación de la Industria Eléctrica: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL**

**ANEXO 2**  
**DATASHEET DSPIC30F4011**



# dsPIC30F4011/4012

## dsPIC30F4011/4012 Enhanced Flash 16-bit Digital Signal Controller

**Note:** This data sheet summarizes features of this group of dsPIC30F devices and is not intended to be a complete reference source. For more information on the CPU, peripherals, register descriptions and general device functionality refer to the dsPIC30F Family Reference Manual (DS70046). For more information on the device instruction set and programming, refer to the dsPIC30F Programmer's Reference Manual (DS70030).

### High Performance Modified RISC CPU:

- Modified Harvard architecture
- C compiler optimized instruction set architecture with flexible addressing modes
- 84 base instructions
- 24-bit wide instructions, 16-bit wide data path
- 48 Kbytes on-chip Flash program space (16K instruction words)
- 2 Kbytes of on-chip data RAM
- 1 Kbytes of non-volatile data EEPROM
- Up to 30 MIPS operation:
  - DC to 40 MHz external clock input
  - 4 MHz-10 MHz oscillator input with PLL active (4x, 8x, 16x)
- 30 interrupt sources
  - 3 external interrupt sources
  - 8 user selectable priority levels for each interrupt source
  - 4 processor trap sources
- 16 x 16-bit working register array

### DSP Engine Features:

- Dual data fetch
- Accumulator write back for DSP operations
- Modulo and Bit-Reversed Addressing modes
- Two, 40-bit wide accumulators with optional saturation logic
- 17-bit x 17-bit single cycle hardware fractional/integer multiplier
- All DSP instructions single cycle
- $\pm$  16-bit single cycle shift

### Peripheral Features:

- High current sink/source I/O pins: 25 mA/25 mA
- Timer module with programmable prescaler:
  - Five 16-bit timers/counters; optionally pair 16-bit timers into 32-bit timer modules
- 16-bit Capture Input functions
- 16-bit Compare/PWM output functions
- 3-wire SPI™ modules (supports 4 Frame modes)
- I<sup>2</sup>C™ module supports Multi-Master/Slave mode and 7-bit/10-bit addressing
- 2 UART modules with FIFO Buffers
- 1 CAN module, 2.0B compliant

### Motor Control PWM Module Features:

- 6 PWM output channels
  - Complementary or Independent Output modes
  - Edge and Center Aligned modes
- 3 duty cycle generators
- Dedicated time base
- Programmable output polarity
- Dead-time control for Complementary mode
- Manual output control
- Trigger for A/D conversions

### Quadrature Encoder Interface Module Features:

- Phase A, Phase B and Index Pulse Input
- 16-bit up/down position counter
- Count direction status
- Position Measurement (x2 and x4) mode
- Programmable digital noise filters on inputs
- Alternate 16-bit Timer/Counter mode
- Interrupt on position counter rollover/underflow

## dsPIC30F4011/4012

### Analog Features:

- 10-bit Analog-to-Digital Converter (A/D) with 4 S/H inputs:
  - 500 Kcps conversion rate
  - 9 input channels
  - Conversion available during Sleep and Idle
- Programmable Brown-out Detection and Reset generation

### Special Microcontroller Features:

- Enhanced Flash program memory:
  - 10,000 erase/write cycle (min.) for industrial temperature range, 100K (typical)
- Data EEPROM memory:
  - 100,000 erase/write cycle (min.) for industrial temperature range, 1M (typical)
- Self-reprogrammable under software control

- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Flexible Watchdog Timer (WDT) with on-chip low power RC oscillator for reliable operation
- Fail-Safe clock monitor operation detects clock failure and switches to on-chip low power RC oscillator
- Programmable code protection
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™)
- Selectable Power Management modes
  - Sleep, Idle and Alternate Clock modes

### CMOS Technology:

- Low power, high speed Flash technology
- Wide operating voltage range (2.5V to 5.5V)
- Industrial and Extended temperature ranges
- Low power consumption

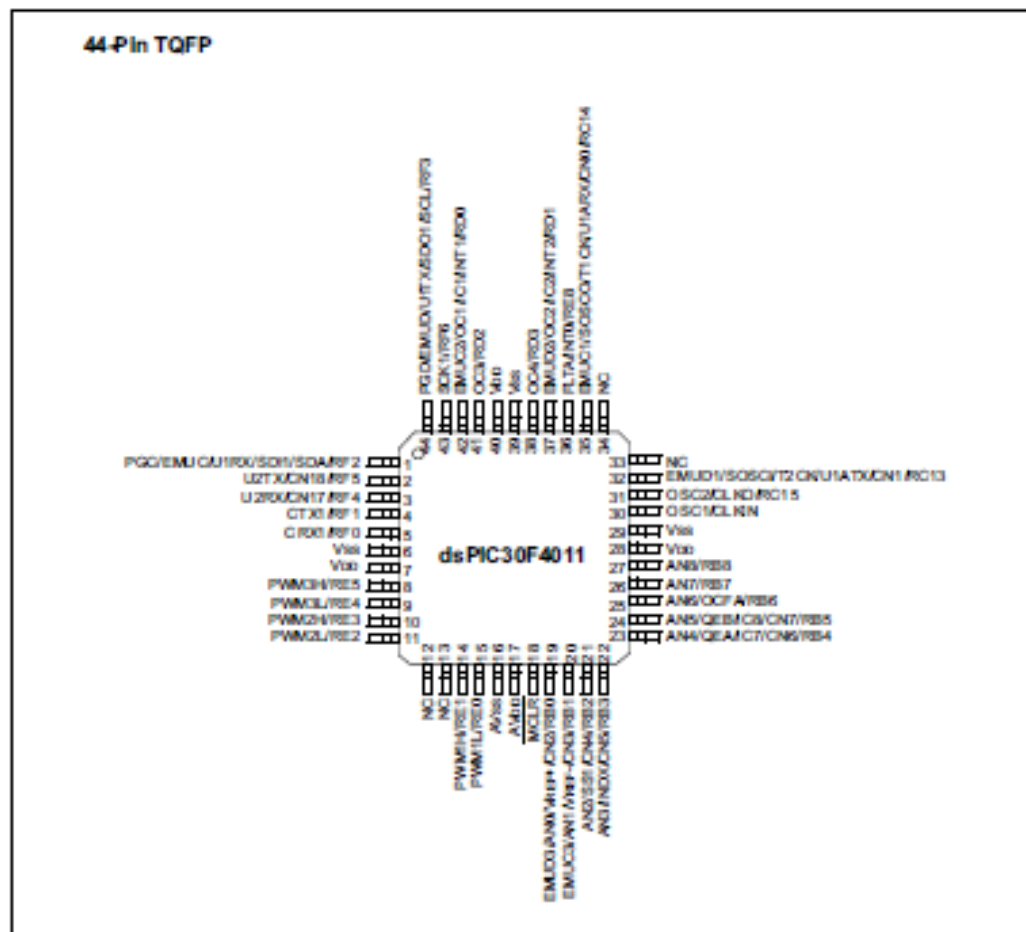
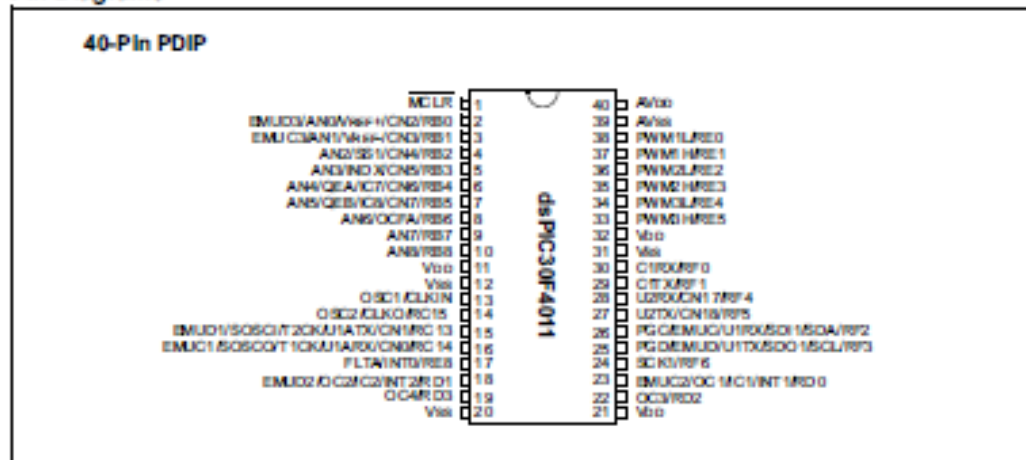
### dsPIC30F Motor Control and Power Conversion Family\*

Device	Pins	Program Mem. Bytes/Instructions	SRAM Bytes	EEPROM Bytes	Timer 16-bit	Input Cap	Output Comp/Std PWM	Motor Control PWM	A/D 10-bit 500 Kcps	Quad Enc	UART	SPIC <sup>®</sup>	I <sup>2</sup> C <sup>®</sup>	CAN
dsPIC30F2010	28	12K/4K	512	1024	3	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	-
dsPIC30F3010	28	24K/8K	1024	1024	5	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	-
dsPIC30F4012	28	48K/16K	2048	1024	5	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	1
dsPIC30F3011	40/44	24K/8K	1024	1024	5	4	4	6 ch	9 ch	Yes	2	1	1	-
dsPIC30F4011	40/44	48K/16K	2048	1024	5	4	4	6 ch	9 ch	Yes	2	1	1	1
dsPIC30F5015	64	68K/22K	2048	1024	5	4	4	8 ch	16 ch	Yes	1	2	1	1
dsPIC30F6010	80	144K/48K	8192	4096	5	8	8	8 ch	16 ch	Yes	2	2	1	2

\* This table provides a summary of the dsPIC30F6010 peripheral features. Other available devices in the dsPIC30F Motor Control and Power Conversion Family are shown for feature comparison.

# dsPIC30F4011/4012

## Pin Diagrams





**ANEXO 3**  
**DATASHEET PIC18F2550**



# MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

## 28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

### Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

### Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8  $\mu$ A typical
- Sleep mode currents down to 0.1  $\mu$ A typical
- Timer1 Oscillator: 1.1  $\mu$ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1  $\mu$ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

### Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, including High Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
  - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
  - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator options allow microcontroller and USB module to run at different clock speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
  - Allows for safe shutdown if any clock stops

### Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
  - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns (TCY/16)
  - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns (TCY)
  - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
  - Multiple output modes
  - Selectable polarity
  - Programmable dead time
  - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
  - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI (all 4 modes) and I<sup>2</sup>C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D) with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

### Special Microcontroller Features:

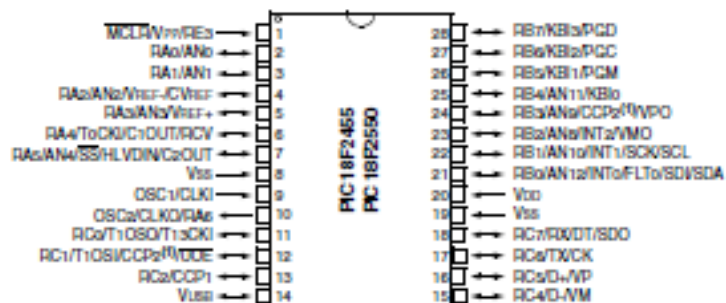
- C Compiler Optimized Architecture with optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
  - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Optional dedicated ICD/ICSP port (44-pin devices only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EUSART	Comparators	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I <sup>2</sup> C™			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

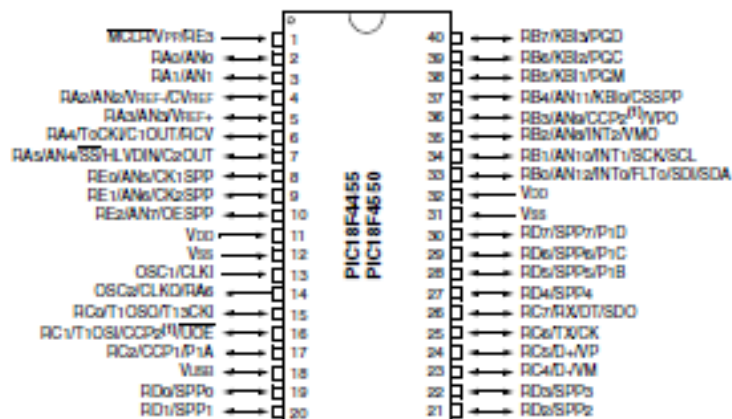
# PIC18F2455/2550/4455/4550

## Pin Diagrams

### 28-Pin PDIP, SOIC



### 40-Pin PDIP

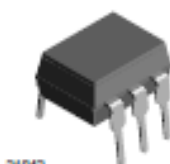


Note 1: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.

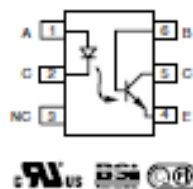
**ANEXO 4**  
**DATASHEET 4N25**

**4N25, 4N26, 4N27, 4N28**

Vishay Semiconductors

**Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection**

21842



VISHAY

**DESCRIPTION**

The 4N25 family is an industry standard single channel phototransistor coupler. This family includes the 4N25, 4N26, 4N27, 4N28. Each optocoupler consists of gallium arsenide infrared LED and a silicon NPN phototransistor.

**FEATURES**

- Isolation test voltage 5000  $V_{RMS}$
- Interfaces with common logic families
- Input-output coupling capacitance < 0.5 pF
- Industry standard dual-in-line 6 pin package
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC

RoHS  
COMPLIANT**APPLICATIONS**

- AC mains detection
- Reed relay driving
- Switch mode power supply feedback
- Telephone ring detection
- Logic ground isolation
- Logic coupling with high frequency noise rejection

**AGENCY APPROVALS**

- UL 1577, file no. E52744
- BS: EN 60065:2002, EN 60950:2000
- FIMKO: EN 60950, EN 60065, EN 60335

**ORDER INFORMATION**

PART	REMARKS
4N25	CTR > 20 %, DIP-6
4N26	CTR > 20 %, DIP-6
4N27	CTR > 10 %, DIP-6
4N28	CTR > 10 %, DIP-6

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (1)**

PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
<b>INPUT</b>				
Reverse voltage		$V_R$	5	V
Forward current		$I_F$	60	mA
Surge current	$t \leq 10 \mu s$	$I_{FSM}$	3	A
Power dissipation		$P_{Diss}$	100	mW
<b>OUTPUT</b>				
Collector emitter breakdown voltage		$V_{CEO}$	70	V
Emitter base breakdown voltage		$V_{EB0}$	7	V
Collector current		$I_C$	50	mA
	$t \leq 1 ms$	$I_C$	100	mA
Power dissipation		$P_{Diss}$	150	mW



## 4N25, 4N26, 4N27, 4N28

Optocoupler, Phototransistor Output, Vishay Semiconductors  
with Base Connection

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS <sup>(1)</sup>				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
<b>COUPLER</b>				
Isolation test voltage		$V_{ISO}$	5000	$V_{RMS}$
Croepage distance			$\geq 7$	mm
Clearance distance			$\geq 7$	mm
Isolation thickness between emitter and detector			$\geq 0.4$	mm
Comparative tracking index	DIN IEC 112/VDE 0303, part 1		175	
Isolation resistance	$V_{IO} = 500\text{ V}$ , $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	$R_{IO}$	$10^{12}$	$\Omega$
	$V_{IO} = 500\text{ V}$ , $T_{amb} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	$R_{IO}$	$10^{11}$	$\Omega$
Storage temperature		$T_{stg}$	-55 to +125	$^{\circ}\text{C}$
Operating temperature		$T_{amb}$	-55 to +100	$^{\circ}\text{C}$
Junction temperature		$T_j$	125	$^{\circ}\text{C}$
Soldering temperature <sup>(2)</sup>	max. 10 s dip soldering; distance to seating plane $\geq 1.5\text{ mm}$	$T_{sld}$	260	$^{\circ}\text{C}$

### Notes

<sup>(1)</sup>  $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified.

Stresses in excess of the absolute maximum ratings can cause permanent damage to the device. Functional operation of the device is not implied at these or any other conditions in excess of those given in the operational sections of this document. Exposure to absolute maximum ratings for extended periods of the time can adversely affect reliability.

<sup>(2)</sup> Refer to reflow profile for soldering conditions for surface mounted devices (SMD). Refer to wave profile for soldering conditions for through hole devices (DIP).

ELECTRICAL CHARACTERISTICS <sup>(1)</sup>							
PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
<b>INPUT</b>							
Forward voltage <sup>(2)</sup>	$I_F = 50\text{ mA}$		$V_F$		1.3	1.5	V
Reverse current <sup>(2)</sup>	$V_R = 3\text{ V}$		$I_R$		0.1	100	$\mu\text{A}$
Capacitance	$V_R = 0\text{ V}$		$C_D$		25		pF
<b>OUTPUT</b>							
Collector base breakdown voltage <sup>(2)</sup>	$I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$		$BV_{CBO}$	70			V
Collector emitter breakdown voltage <sup>(2)</sup>	$I_C = 1\text{ mA}$		$BV_{CEO}$	30			V
Emitter collector breakdown voltage <sup>(2)</sup>	$I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$		$BV_{ECO}$	7			V
$I_{CC}(dark)$ <sup>(2)</sup>	$V_{CE} = 10\text{ V}$ , (base open)	4N25			5	50	nA
		4N26			5	50	nA
		4N27			5	50	nA
		4N28			10	100	nA
$I_{CBO}(dark)$ <sup>(2)</sup>	$V_{CE} = 10\text{ V}$ , (emitter open)				2	20	nA
Collector emitter capacitance	$V_{CE} = 0$		$C_{CE}$		6		pF
<b>COUPLER</b>							
Isolation test voltage <sup>(2)</sup>	Peak, 60 Hz		$V_{IO}$	5000			V
Saturation voltage, collector emitter	$I_{CE} = 2\text{ mA}$ , $I_F = 50\text{ mA}$		$V_{CE(sat)}$			0.5	V
Resistance, input output <sup>(2)</sup>	$V_{IO} = 500\text{ V}$		$R_{IO}$	100			$\text{G}\Omega$
Capacitance, input output	$f = 1\text{ MHz}$		$C_{IO}$		0.6		pF

### Notes

<sup>(1)</sup>  $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified.

Minimum and maximum values are testing requirements. Typical values are characteristics of the device and are the result of engineering evaluation. Typical values are for information only and are not part of the testing requirements.

<sup>(2)</sup> JEDEC registered values are 2500 V, 1500 V, 1500 V, and 500 V for the 4N25, 4N26, 4N27, and 4N28 respectively.

## 4N25, 4N26, 4N27, 4N28

Vishay Semiconductors Optocoupler, Phototransistor Output,  
with Base Connection

CURRENT TRANSFER RATIO (4)							
PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
DC current transfer ratio	$V_{CE} = 10\text{ V}$ , $I_F = 10\text{ mA}$	4N25	$CTR_{DC}$	20	50		%
		4N26	$CTR_{DC}$	20	50		%
		4N27	$CTR_{DC}$	10	30		%
		4N28	$CTR_{DC}$	10	30		%

## Note

(4) Indicates JEDEC registered values.

SWITCHING CHARACTERISTICS							
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Rise and fall times	$V_{CE} = 10\text{ V}$ , $I_F = 10\text{ mA}$ , $R_L = 100\ \Omega$	$t_r$ , $t_f$		2		$\mu\text{s}$	

## TYPICAL CHARACTERISTICS

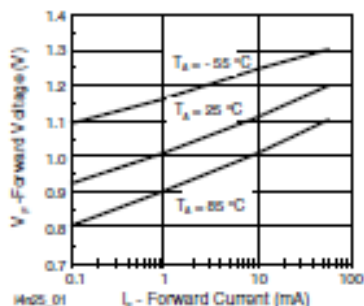
 $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified

Fig. 1 - Forward Voltage vs. Forward Current

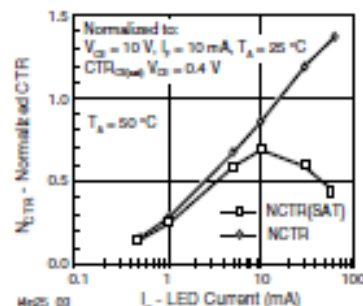


Fig. 3 - Normalized Non-Saturated and Saturated CTR vs. LED Current

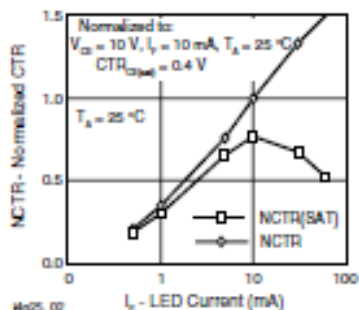


Fig. 2 - Normalized Non-Saturated and Saturated CTR vs. LED Current

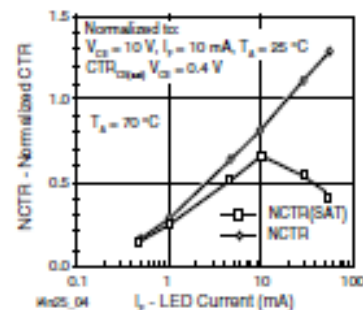


Fig. 4 - Normalized Non-Saturated and Saturated CTR vs. LED Current

**ANEXO 5**  
**DATASHEET LM317**





July 2004

## LM117/LM317A/LM317 3-Terminal Adjustable Regulator

### General Description

The LM117 series of adjustable 3-terminal positive voltage regulators is capable of supplying in excess of 1.5A over a 1.2V to 37V output range. They are exceptionally easy to use and require only two external resistors to set the output voltage. Further, both line and load regulation are better than standard fixed regulators. Also, the LM117 is packaged in standard transistor packages which are easily mounted and handled.

In addition to higher performance than fixed regulators, the LM117 series offers full overload protection available only in IC's. Included on the chip are current limit, thermal overload protection and safe area protection. All overload protection circuitry remains fully functional even if the adjustment terminal is disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated more than 6 inches from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An optional output capacitor can be added to improve transient response. The adjustment terminal can be bypassed to achieve very high ripple rejection ratios which are difficult to achieve with standard 3-terminal regulators.

Besides replacing fixed regulators, the LM117 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential volt-

age, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded, i.e., avoid short-circuiting the output.

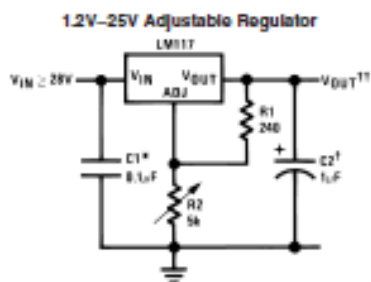
Also, it makes an especially simple adjustable switching regulator, a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment pin and output, the LM117 can be used as a precision current regulator. Supplies with electronic shutdown can be achieved by clamping the adjustment terminal to ground which programs the output to 1.2V where most loads draw little current.

For applications requiring greater output current, see LM150 series (3A) and LM138 series (5A) data sheets. For the negative complement, see LM137 series data sheet.

### Features

- Guaranteed 1% output voltage tolerance (LM317A)
- Guaranteed max. 0.01%/V line regulation (LM317A)
- Guaranteed max. 0.3% load regulation (LM117)
- Guaranteed 1.5A output current
- Adjustable output down to 1.2V
- Current limit constant with temperature
- P\* Product Enhancement tested
- 80 dB ripple rejection
- Output is short-circuit protected

### Typical Applications



Full output current not available at high input-output voltages.

\*Needed if device is more than 6 inches from filter capacitors.

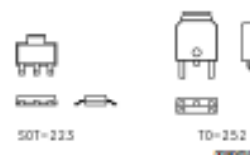
†Optional—Improves transient response. Output capacitors in the range of 1µF to 1000µF of aluminum or tantalum electrolytic are commonly used to provide improved output impedance and rejection of transients.

$$11V_{OUT} = 1.25V \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{ADJ}(R2)$$

LM117 Series Packages

Part Number Suffix	Package	Design Load Current
K	TO-3	1.5A
H	TO-39	0.5A
T	TO-220	1.5A
E	LCC	0.5A
S	TO-263	1.5A
EMP	SOT-223	1A
MDT	TO-252	0.5A

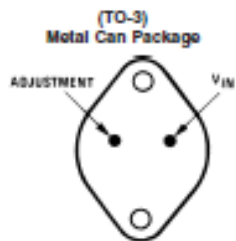
### SOT-223 vs. D-Pak (TO-252) Packages



Scale 1:1

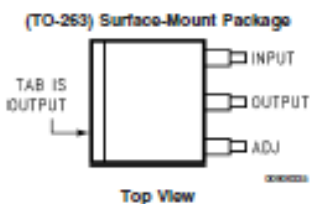
LM117/LM317/LM317

**Connection Diagrams**



CASE IS OUTPUT

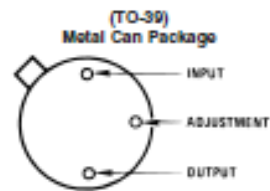
Bottom View  
Steel Package  
NS Package Number K02A or K02C



Top View

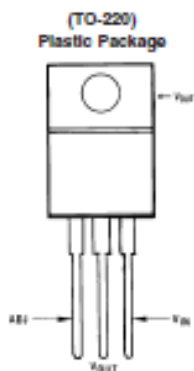


Side View  
NS Package Number TS3B

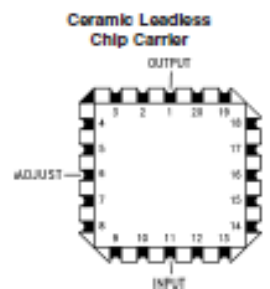


CASE IS OUTPUT

Bottom View  
NS Package Number H03A

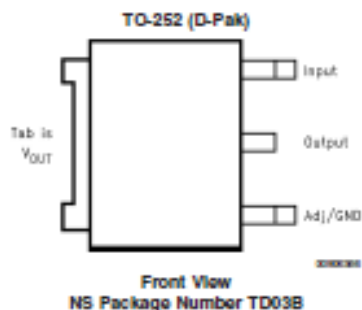
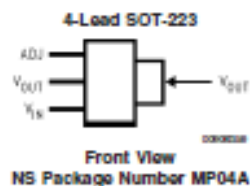


Front View  
NS Package Number T03B



Top View  
NS Package Number E20A

### Connection Diagrams (Continued)



### Ordering Information

Package	Temperature Range	Part Number	Package Marking	Transport Media	NSC Drawing
Metal Can (TO-3)	$-55^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +150^{\circ}\text{C}$	LM117K STEEL	LM117K STEEL P+	50 Per Bag	K02A
	$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$	LM317K STEEL	LM317K STEEL P+	50 Per Bag	
	$-55^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +150^{\circ}\text{C}$	LM117K/883	LM117K/883	50 Per Bag	K02C
Metal Can (TO-30)	$-55^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +150^{\circ}\text{C}$	LM117H	LM117H P+	500 Per Box	H03A
	$-55^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +150^{\circ}\text{C}$	LM117H/883	LM117H/883	20 Per Tray	
	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$	LM317AH	LM317AH P+	500 Per Box	
	$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$	LM317H	LM317H P+	500 Per Box	
TO-220 3-Lead	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$	LM317AT	LM317AT P+	45 Units/Reel	T03B
	$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$	LM317T	LM317T P+	45 Units/Reel	
TO-263 3-Lead	$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$	LM317S	LM317S P+	45 Units/Reel	TS3B
		LM317SX		500 Units Tape and Reel	
LOC	$-55^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +150^{\circ}\text{C}$	LM117E/883	LM117E/883	50 Units/Reel	E20A
	$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$	LM317EMP	N01A	1k Units Tape and Reel	MP04A
	LM317EMPX	2k Units Tape and Reel			
SOT-223 4-Lead	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$	LM317AEMP	N07A	1k Units Tape and Reel	
		LM317AEMPX		2k Units Tape and Reel	
D-Pack 3-Lead	$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$	LM317MDT	LM317MDT	75 Units/Reel	TD03B
		LM317MDTX		2.5k Units Tape and Reel	
	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$	LM317AMDT	LM317AMDT	75 Units/Reel	
		LM317AMDTX		2.5k Units Tape and Reel	

**ANEXO 6**  
**DATASHEET LM 7807**



# UNISONIC TECHNOLOGIES CO., LTD

## LM78XX

## LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

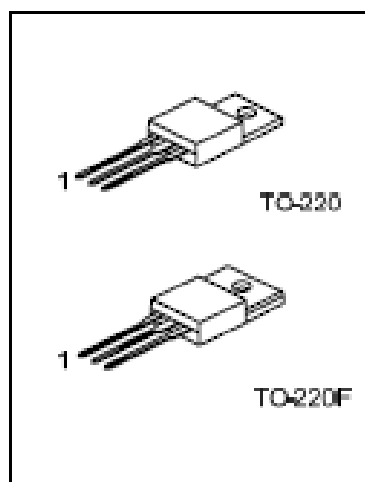
### 3-TERMINAL 1A POSITIVE VOLTAGE REGULATOR

#### DESCRIPTION

The UTC LM78XX family is monolithic fixed voltage regulator integrated circuit. They are suitable for applications that required supply current up to 1 A.

#### FEATURES

- \* Output current up to 1A
- \* Fixed output voltage of 3.3V, 4.7V, 5V, 6V, 7V, 8V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V and 24V available
- \* Thermal overload shutdown protection
- \* Short circuit current limiting
- \* Output transistor SOA protection



\*Pb-free plating product number: LM78XXL

#### ORDERING INFORMATION

Order Number		Pin Assignment			Package	Packing
Normal	Lead Free Plating	1	2	3		
LM78xx-TA3-D-T	LM78xxL-TA3-D-T	I	G	O	TO-220	Tube
LM78xx-TF3-D-T	LM78xxL-TF3-D-T	I	G	O	TO-220F	Tube

Note: O: Output G: GND I: Input

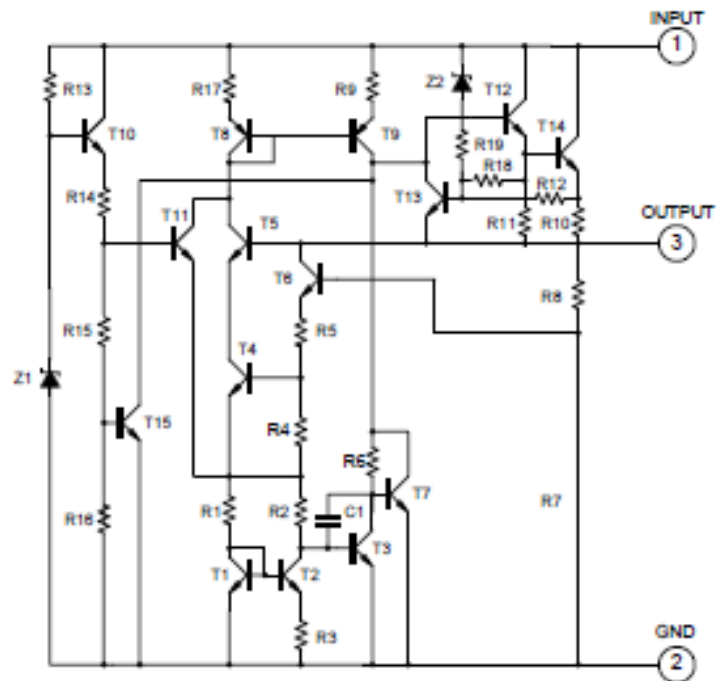
Order Number	Pin Assignment	Package Type	Lead Plating	Output Voltage Code	Packing Type
LM78xxL-TA3-D-T	I G O	TO-220	L	05	T

(1) Packing Type  
 (2) Pin Assignment  
 (3) Package Type  
 (4) Lead Plating  
 (5) Output Voltage Code

(1) T: Tube  
 (2) refer to Pin Assignment  
 (3) TA3: TO-220, TF3: TO-220F  
 (4) L: Lead Free Plating, Blank: Pb/Sn  
 (5) xx refer to Marking Information

#### MARKING INFORMATION

PACKAGE	VOLTAGE CODE	VOLTAGE CODE	MARKING
TO-220 TO-220F	33:3.3V	10:10V	
	47:4.7V	12:12V	
	05:5.0V	15:15V	
	06:6.0V	18:18V	
	07:7.0V	24:24V	
	08:8.0V		
	09:9.0V		

**LM78XX****LINEAR INTEGRATED CIRCUIT**■ **TEST CIRCUIT**

## LM78XX

## LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

## ■ ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(Operating temperature range applies unless otherwise specified)

PARAMETER	SYMBOL	RATING	UNIT	
Input voltage	$V_{IN}$	$V_{OUT}=3.3\sim 18V$	35	V
		$V_{OUT}=24V$	40	V
Output Current	$I_{OUT}$	1	A	
Power Dissipation	$P_D$	Internally Limited	W	
Operating Junction Temperature	$T_{OJK}$	-20 ~ +150	°C	
Storage Temperature	$T_{STG}$	-55 ~ +150	°C	

Note: Absolute maximum ratings are those values beyond which the device could be permanently damaged.

Absolute maximum ratings are stress ratings only and functional device operation is not implied.

## ■ THERMAL DATA

PARAMETER	SYMBOL	RATING	UNIT
Thermal Resistance	$\theta_{JA}$	65	°C/W
	$\theta_{JC}$	5	°C/W

## ■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 $(I_{OUT}=0.5A, T_J=0^\circ C - 125^\circ C, C_1=0.33\mu F, C_2=0.1\mu F, \text{ unless otherwise specified})(\text{Note 1})$ For UTC LM7833 ( $V_{IN}=5.8V$ )

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	$V_{OUT}$	$T_J=25^\circ C, I_{OUT}=5mA - 1.0A$	3.168	3.30	3.432	V
		$V_{IN}=5.8V \sim 18.3V, I_{OUT}=5mA - 1.0A, P_D \leq 15W$	3.135		3.465	V
Dropout Voltage	$V_D$	$T_J=25^\circ C$		2.0		V
Load Regulation	$\Delta V_{OUT}$	$T_J=25^\circ C, I_{OUT}=5mA - 1.0A$			33	mV
		$T_J=25^\circ C, I_{OUT}=0.25A - 0.75A$			17	mV
Line regulation	$\Delta V_{OUT}$	$V_{IN}=5.8V \sim 18.3V, T_J=25^\circ C$			33	mV
		$V_{IN}=5.8V \sim 18.3V, T_J=25^\circ C, I_{OUT}=1.0A$			33	mV
Quiescent Current	$I_Q$	$T_J=25^\circ C, I_{OUT} \leq 1.0A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	$\Delta I_Q$	$V_{IN}=5.8V \sim 18.3V$			1.0	mA
		$I_{OUT}=5mA - 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	eN	10Hz $\leq f \leq$ 100kHz		55		$\mu V$
Temperature Coefficient of $V_O$	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_{OUT}=5mA$		-0.4		mV/°C
Ripple Rejection	RR	$V_{IN}=6.3V \sim 16.3V, f=120Hz, T_J=25^\circ C$		57		dB
Peak Output Current	$I_{OSPK}$	$T_J=25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	$I_{SC}$	$V_{IN}=35V, T_J=25^\circ C$		250		mA

For UTC LM7847 ( $V_{IN}=9.7V$ )

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	$V_{OUT}$	$T_J=25^\circ C, I_{OUT}=5mA - 1.0A$	4.512	4.70	4.888	V
		$V_{IN}=7.2V \sim 19.7V, I_{OUT}=5mA - 1.0A, P_D \leq 15W$	4.465		4.935	V
Dropout Voltage	$V_D$	$T_J=25^\circ C$		2.0		V
Load Regulation	$\Delta V_{OUT}$	$T_J=25^\circ C, I_{OUT}=5mA - 1.0A$			47	mV
		$T_J=25^\circ C, I_{OUT}=0.25A - 0.75A$			24	mV
Line regulation	$\Delta V_{OUT}$	$V_{IN}=7.2V \sim 19.7V, T_J=25^\circ C$			47	mV
		$V_{IN}=7.2V \sim 19.7V, T_J=25^\circ C, I_{OUT}=1.0A$			47	mV
Quiescent Current	$I_Q$	$T_J=25^\circ C, I_{OUT} \leq 1.0A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	$\Delta I_Q$	$V_{IN}=7.2V \sim 19.7V$			1.0	mA
		$I_{OUT}=5mA - 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	eN	10Hz $\leq f \leq$ 100kHz		40		$\mu V$
Temperature Coefficient of $V_O$	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_{OUT}=5mA$		-0.6		mV/°C
Ripple Rejection	RR	$V_{IN}=7.7V \sim 17.7V, f=120Hz, T_J=25^\circ C$	62	80		dB
Peak Output Current	$I_{OSPK}$	$T_J=25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	$I_{SC}$	$V_{IN}=35V, T_J=25^\circ C$		250		mA



## LM78XX

## LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

## ■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS(Cont.)

For UTC LM7806 ( $V_{IN} = 10V$ )

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	$V_{OUT}$	$T_J = 25^\circ C, I_{OUT} = 5mA - 1.0A$	4.80	5.0	5.20	V
		$V_{IN} = 7.5V \sim 20V,$ $I_{OUT} = 5mA - 1.0A, P_{D} \leq 15W$	4.75		5.25	V
Dropout Voltage	$V_D$	$T_J = 25^\circ C$		2.0		V
Load Regulation	$\Delta V_{OUT}$	$T_J = 25^\circ C, I_{OUT} = 5mA - 1.0A$			50	mV
		$T_J = 25^\circ C, I_{OUT} = 0.25A - 0.75A$			25	mV
Line regulation	$\Delta V_{OUT}$	$V_{IN} = 7V \sim 25V, T_J = 25^\circ C$			50	mV
		$V_{IN} = 7.5V \sim 20V, T_J = 25^\circ C, I_{OUT} = 1.0A$			50	mV
Quiescent Current	$I_Q$	$T_J = 25^\circ C, I_{OUT} \leq 1.0A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	$\Delta I_Q$	$V_{IN} = 7.5V \sim 20V$			1.0	mA
		$I_{OUT} = 5mA - 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	eN	10Hz $\leq f \leq$ 100kHz		40		$\mu V$
Temperature Coefficient of $V_O$	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_{OUT} = 5mA$		-0.6		mV/ $^\circ C$
Ripple Rejection	RR	$V_{IN} = 8V - 18V, f = 120Hz, T_J = 25^\circ C$	62	80		dB
Peak Output Current	$I_{OSPK}$	$T_J = 25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	$I_{SC}$	$V_{IN} = 35V, T_J = 25^\circ C$		250		mA

For UTC LM7808 ( $V_{IN} = 11V$ )

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	$V_{OUT}$	$T_J = 25^\circ C, I_{OUT} = 5mA - 1.0A$	5.76	6.0	6.24	V
		$V_{IN} = 8.5V \sim 21V,$ $I_{OUT} = 5mA - 1.0A, P_{D} \leq 15W$	5.70		6.30	V
Dropout Voltage	$V_D$	$T_J = 25^\circ C$		2.0		V
Load Regulation	$\Delta V_{OUT}$	$T_J = 25^\circ C, I_{OUT} = 5mA - 1.0A$			60	mV
		$T_J = 25^\circ C, I_{OUT} = 0.25A - 0.75A$			30	mV
Line regulation	$\Delta V_{OUT}$	$V_{IN} = 8V \sim 25V, T_J = 25^\circ C$			60	mV
		$V_{IN} = 8.5V \sim 21V, T_J = 25^\circ C, I_{OUT} = 1.0A$			60	mV
Quiescent Current	$I_Q$	$T_J = 25^\circ C, I_{OUT} \leq 1.0A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	$\Delta I_Q$	$V_{IN} = 8.5V \sim 21V$			1.0	mA
		$I_{OUT} = 5mA - 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	eN	10Hz $\leq f \leq$ 100kHz		45		$\mu V$
Temperature Coefficient of $V_O$	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_{OUT} = 5mA$		-0.7		mV/ $^\circ C$
Ripple Rejection	RR	$V_{IN} = 9V - 19V, f = 120Hz, T_J = 25^\circ C$	59	75		dB
Peak Output Current	$I_{OSPK}$	$T_J = 25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	$I_{SC}$	$V_{IN} = 35V, T_J = 25^\circ C$		250		mA





**ANEXO 7**  
**PRUEBAS DINAMÓMETRO**

**ANEXO 8**  
**MANUAL DE USUARIO**

## MANUAL DE USUARIO INTERFAZ (HMI)

Se describe en este manual los pasos para la instalación y la ejecución del interfaz a través de los controladores y el programa LABVIEW.

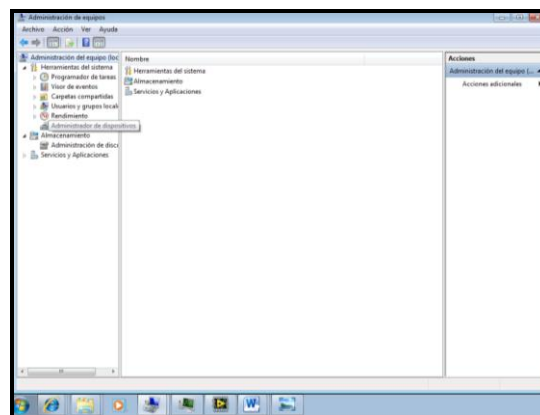
Cabe mencionar que la comunicación serial se realiza a través del complemento VISA (Virtual Instrument Software Architecture) y por medio del Bluetooth.

Previamente para el uso de este sistema debe estar instalado en la computadora que se va a utilizar el programa LABVIEW con su complemento NI VISA

### INSTALACIÓN DEL INTERFAZ:

1. Conectamos el interfaz a través de un puerto USB, para verificar la ubicación del puerto realizamos el siguiente procedimiento:

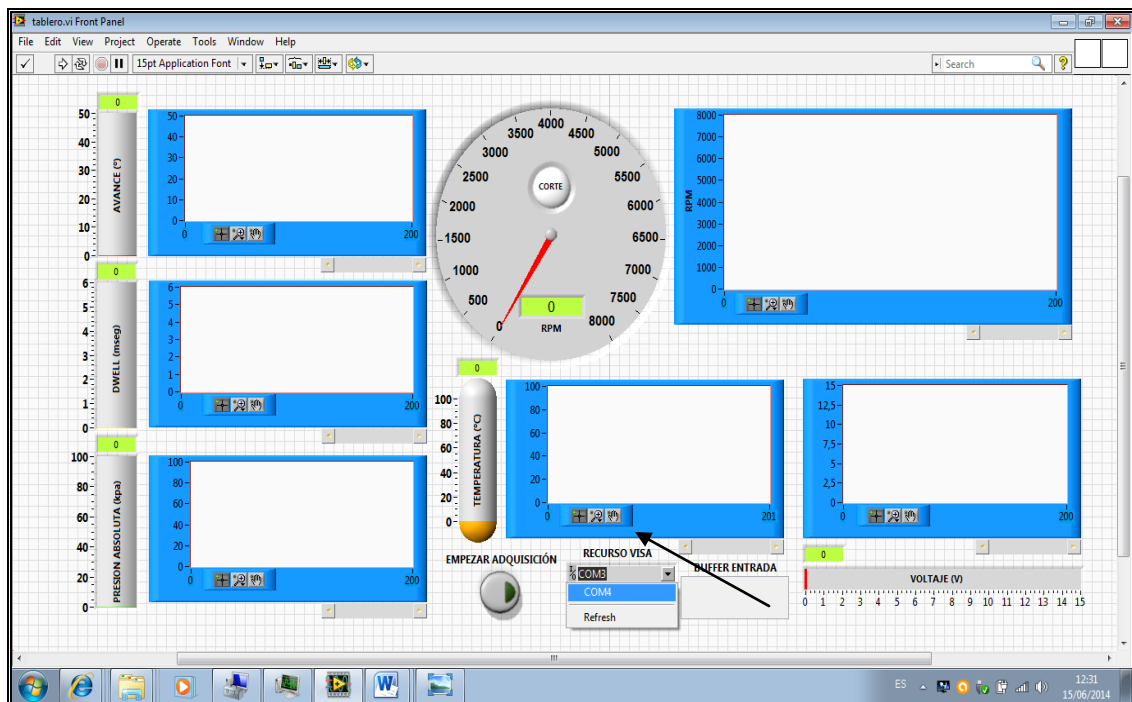
- a) Damos Clic derecho en Mi Pc y elegimos administrador donde nos aparece una ventana.






## USO DE SOFTWARE

2. Una vez instalado el controlador y verificado el puerto abrimos el programa de interfaz (tablero.vi) y escogemos el puerto en que está instalado en la casilla RECURSO VISA, en nuestro caso es el COM4.



3. Paso siguiente desde el panel de herramientas damos clic en RUN  para hacer correr el programa.

4. Luego desde el switch del vehículo colocamos en la posición ON (contacto) y desde el programa damos clic en el botón empezar adquisición.

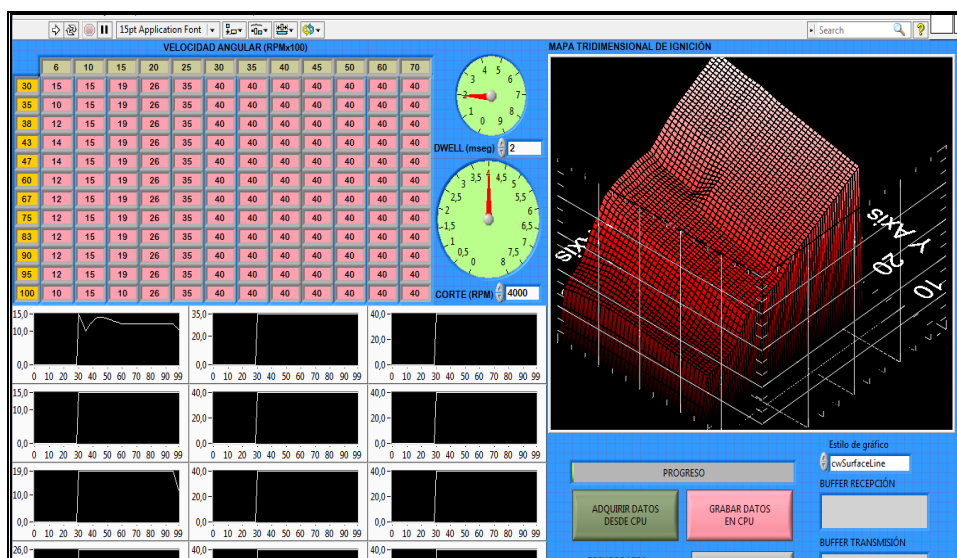
5. Encendemos el vehículo para que comience a visualizar los datos a través de las figuras de presión absoluta, dwell, avance, RPMs, temperatura y voltaje de batería.

## CONFIGURACIÓN DEL TIEMPO DWELL

6. Para la configuración del tiempo dwell debemos seguir primero el paso 1, para luego abrir el programa (gráfica de ignición 3d.)
7. De la misma manera colocamos el puerto en el que está instalado, en la casilla de RECURSO VISA, en nuestro caso es el COM4.
8. Paso siguiente desde el panel de herramientas damos clic en RUN para hacer correr el programa.
9. Colocamos en contacto el vehículo para poder adquirir o configura los datos de la UCE.



10. Para configurar el valor de tiempo dwell en milisegundos damos clic en el casillero dwell y modificamos haciendo clic en los selectores del casillero.



- 11.** Tenemos el otro casillero de corte de chispa que de igual manera podemos configurar haciendo clic en los selectores del casillero.
- 12.** Una vez configurado mandamos a grabar dando clic en el botón GRABAR DATOS EN CPU.
- 13.** Luego para verificar los datos grabados damos clic en el botón adquirir datos desde el CPU.
- 14.** De igual manera se puede configurar el resto de casilleros realizando los pasos 12 y 13
- 15.** Una vez configurado salimos del programa dando clic en el botón salir y luego encendemos el vehículo y observamos sus cambios realizando las pruebas como se manifiesta en el escrito de la tesis.

**ANEXO 9**  
**ARTÍCULO**



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: Carlos Eduardo Aceldo Toromoreno y Sergio Wladimir Amaguaña Guamani.

---

Ing. GERMÁN ERAZO  
DIRECTOR

---

Ing. LEONIDAS QUIROZ  
CODIRECTOR

---

Ing. JUAN CASTRO  
DIRECTOR DE LA CARRERA

---

Dr. FREDDY JARAMILLO CHECA  
SECRETARIO ACADÉMICO