



**UNIVERSIDAD SALESIANA DE BOLIVIA**

**INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**TESIS DE GRADO**



Para Obtener el Grado de Licenciatura en Ingeniería de Sistemas

**UNIDADES DE CONTROL ELECTRÓNICO PRIMARIO  
PARA MOTORES EN EL PARQUE AUTOMOTRIZ LIVIANO  
DE LA CIUDAD DE LA PAZ**

POSTULANTE: GONZALO CHAMBI ORTIZ

DOCENTE GUIA: ING. RICARDO GOTTRET

**La Paz – Bolivia**

**2011**

*Dedicatoria:*

En la vida se aprende muchas cosas, pero las más importantes me las enseñaron mis padres.

Con mucho cariño a mis padres Flodio Chambi y Elba Ortiz por todo el amor, apoyo, comprensión, y por ser un ejemplo de vida.

## *Agradecimientos:*

A Dios por darme todo lo que tengo, y darme grandes oportunidades en la vida.

A la Universidad Salesiana de Bolivia y en particular a la carrera de Ingeniería de Sistemas por la formación académica que me brindaron.

A todos mis docentes y en especial al Ing. Ricardo Gottret al Ing. Rolando Sacada y al Lic. Eduardo Fernández por su apoyo en la realización de este trabajo y por el aliento que me brindaron en todo momento.

A toda mi familia mi papá Flodio, mi mamá Elba, y mi hermanita Claudia por toda la colaboración cariñosa

A mis amigos David, Vidal, Ing. Yuvinka, Ing. Gustavo y en especial a la Ing. Yarmila por todo el apoyo y cariño que me brindaron en todo momento.

A mis primos Daniel y Ángel, con quienes compartimos sueños y planes para la elaboración del proyecto

## ÍNDICE

---

### **CAPÍTULO I      MARCO REFERENCIAL**

1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	ANTECEDENTES DEL TEMA	2
1.3	ANTECEDENTES AFINES AL TEMA	3
1.4	AMBITO DEL PROBLEMA	4
1.5	ARBOL DE PROBLEMAS	6
1.6	PROBLEMA PRINCIPAL	7
1.7	PROBLEMAS SECUNDARIOS	7
1.8	OBJETIVOS	8
1.8.1	OBJETIVO GENERAL	8
1.8.2	OBJETIVOS SECUNDARIOS	8
1.9	JUSTIFICACIONES	8
1.9.1	JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	8
1.9.2	JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA	8
1.10	DEFINICIÓN DE ALCANCES	9
1.11	LIMITES	9
1.11.1	LÍMITE ESPACIAL	9
1.11.2	LÍMITE TEMPORAL	9
1.12	APORTES	9
1.13	PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS	10
1.14	DEFINICIÓN DE VARIABLES	10
1.14.1	OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES	10
1.15	SELECCIÓN DE TÉCNICAS A UTILIZARSE	14
1.15.1	MODELO DE ESPIRAL	14

1.15.2	METODO DE PRUEBA DE LA CAJA NEGRA	14
1.15.3	EVALUACION DE MODELO DE ESTIMACION DE COSTO DE SOFTWARE	15

---

## **CAPÍTULO II      MARCO TEÓRICO**

2.1	INTRODUCCIÓN	16
2.2	MARCO CONCEPTUAL	16
2.2.1	HARDWARE	16
2.2.2	ELECTRÓNICA	17
2.2.3	SISTEMA DE CONTROL	17
2.2.4	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL SEGÚN SU COMPORTAMIENTO	18
	A) SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO	18
	B) SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO	19
2.2.5	CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE CONTROL	20
2.2.6	ECU UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA	21
2.2.7	ETAPAS DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO	21
	A) ETAPA DE ALIMENTACIÓN DE VOLTAJE	21
	B) PROTECTOR DE CARGA Y RECTIFICADORES DE VOLTAJE	22
	C) ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS	22
	D) PROCESADOR	22
	E) ETAPA DE AMPLIFICACIÓN DE SEÑAL	23
	F) ETAPA CONVERTOR ANÁLOGO DIGITAL	24
	G) MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA DE SEÑAL	25
2.2.8	SENSORES PRINCIPALES Y ACTUADORES DEL MOTOR	27
	A) SENSOR DE FLUJO DE AIRE (MAF)	27
	B) EL SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA (MAP)	28
	C) SENSOR DE TEMPERATURA (CTS COOLANT TEMPERATURE SENSOR)	28

D)	SENSOR DE POSICIÓN DE MARIPOSA (TPS)	29
E)	SENSOR DE POSICIÓN DE CIGÜEÑAL	29
F)	SENSOR DE POSICIÓN DEL ÁRBOL DE LEVAS	30
G)	BOBINAS	31
H)	INYECTORES	31
2.2.9	SEÑALES IMPORANTES DE LOS SENSORES HACIA LA UNIDAD DE CONTROL	31
A)	FUNCIONAMIENTO DEL ENCENDIDO TOTALMENTE ELECTRÓNICO	31
B)	DIAGNOSIS ENCENDIDOS ELECTRÓNICOS	32
C)	ESQUEMA CIRCUITOS DE CORRIENTE DE UN ENCENDIDO ELECTRÓNICO	34
D)	CAMPO DE CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UN MOTOR	36
E)	CURVAS CARACTERÍSTICAS O CARTOGRAFÍAS DE MOTORES Y ECUS	38
2.2.10	CONEXIÓN DE PC Y AUTOMÓVIL (OBD-II)	41
2.2.11	SEÑALES DE ENTRADA A LA ECU	43
2.2.12	SEÑALES DE SALIDA DE LA ECU	44
2.2.13	DEFINICION DE SEÑALES	44
2.2.14	SOFTWARE	45
A)	APLICACIONES DEL SOFTWARE	45
2.2.15	DISEÑO DE SISTEMA	46
2.3	METODOLOGIA DE DISEÑO	47
2.3.1	INGENIERÍA DE SOFTWARE	47
2.3.2	CICLO DE VIDA EN ESPIRAL	47
A)	FASES DEL MODELO EN ESPIRAL	47
2.3.3	ESTIMACIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO	49
A)	ECUACIONES NOMINALES DE COSTE	50
B)	ATRIBUTOS DE COSTE	51
C)	SIGNIFICADO DE LOS ATRIBUTOS	52

2.3.4	DEFINICIÓN DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	56
2.3.5	INVESTIGACIÓN CORRELACIONAL	56

---

## **CAPÍTULO III      MARCO PRÁCTICO**

3.1	DISEÑO EXPERIMENTAL	57
3.1.1	DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	58
3.1.2	SISTEMA BASE DE IMPLANTACIÓN DE LA NUEVA (ECUP)	60
3.1.3	DIAGRAMA CONVENCIONAL DE LA ECU DE MOTOR	60
3.1.4	DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA PROPUESTO	62
3.2	DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN Y MUESTREO	62
3.2.1	MACRO LOCALIZACIÓN	62
3.2.2	MICRO LOCALIZACIÓN	65
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DETALLADA DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	65
3.4	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	66
3.4.1	ANÁLISIS MATEMÁTICO	66
3.4.2	ALGORITMO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR (SECUENCIA DE ENCENDIDO Y PUESTA EN MARCHA)	67
3.5	IMPLEMENTACIÓN DE LA NUEVA UNIDAD DE CONTROL	68
3.5.1	CONVERSIONES DE DATOS A UNIDADES MEDIBLES EN EL MICROCONTROLADOR.	68
3.5.2	CÁLCULOS MATEMÁTICOS PARA LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL VEHICULO Y DATOS COMPARATIVOS CON EL PROYECTO	68
3.5.3	CÁLCULO DEL TIEMPO DE PULSACIÓN DE INYECCIÓN SENSOR DE LEVAS	76
3.5.4	TIEMPO EN RPM, PULSO DE INYECCIÓN	79
3.5.5	CÁLCULO DEL TIEMPO DE IGNICIÓN SENSOR DE CIGÜEÑAL	80

---

## **CAPÍTULO IV                    DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN**

### **CIRCUITO ELECTRÓNICO**

4.1	INTRODUCCIÓN	81
4.2	SEÑALES DE ENTRADA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN ELECTRÓNICA	81
4.3	ALIMENTACIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE	82
4.4	ACONDICIONADOR SEÑAL INDUCTIVO	83
4.5	ELECTRÓNICA PARA DATOS DE SALIDA	85
4.6	ACTUADORES SELECCIONADOS	86
4.7	ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS	87

---

## **CAPÍTULO V                    ANÁLISIS DE RESULTADOS**

5.1	INTRODUCCIÓN	89
5.2	VERIFICACIÓN DE DATOS EXPERIMENTALES MEDIDOS CON LOS DATOS DEL MODELO	89

---

## **CAPÍTULO VI                    COSTO DE ELABORACIÓN DEL**

### **SISTEMA DE CONTROL**

6.1	COSTO DEL SOFTWARE	92
6.2	COSTO DE MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS	94
6.3	COSTO TOTAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO	95

---



---

## **CAPÍTULO VII                    CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1 CONCLUSIONES	96
7.2 RECOMENDACIONES	97

---

BIBLIOGRAFIA	98
ANEXOS	99

## ÍNDICE DE TABLAS

---

### CAPÍTULO I

TABLA 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES ECUP	11
TABLA 2: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES MOTOR	12
TABLA 3: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES SENSORES	13

---

### CAPÍTULO II

TABLA 4: CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE CONTROL	20
TABLA 5: COEFICIENTES COCOMO MODELO INTERMEDIO	50

---

### CAPÍTULO III

TABLA 6: CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR DEPARTAMENTO	63
TABLA 7: EMPRESAS ASEGURADORAS DE VEHÍCULOS	64
TABLA 8: RESULTADOS DEL SENSOR DE TEMPERATURA	70
TABLA 9: RESULTADOS DEL SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA (TPS)	72
TABLA 10: RESULTADOS DEL SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA (MAP)	74
TABLA 11: RESULTADOS DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (MAF)	76

---

### CAPÍTULO V

TABLA 12: ECUACIONES DE LOS SENSORES Y ACTUADORES	90
TABLA 13: MEDICIÓN DE DATOS EXPERIMENTALES Y DATOS DEL MODELO	91

---

### CAPÍTULO VI

TABLA 14: COSTOS DE MATERIALES	94
TABLA 15: COSTOS DE EQUIPO	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

### CAPÍTULO I

FIGURA 1: ÁRBOL DE PROBLEMAS	6
------------------------------	---

---

### CAPÍTULO II

FIGURA 2: ESQUEMA ELÉCTRICO DE UN ECU DE MITSUBISHI 6000 DE CILINDRADA	23
FIGURA 3: ESQUEMA DE ENTRADA Y SALIDA DE SEÑALES A LA ECU	26
FIGURA 4: SENSOR DE FLUJO DE AIRE (MAF)	28
FIGURA 5: SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA (MAP)	28
FIGURA 6: SENSOR DE TEMPERATURA	29
FIGURA 7: SENSOR DE POSICIÓN DE MARIPOSA	29
FIGURA 8: SENSOR DE POSICIÓN DE CIGÜEÑAL	29
FIGURA 9: SENSOR DE POSICIÓN DE ÁRBOL DE LEVAS	30
FIGURA 10: FUNCIONAMIENTO DEL ENCENDIDO TOTALMENTE ELECTRÓNICO	32
FIGURA 11: DIAGNOSTICO Y PRUEBA PARA LA ETAPA DE ENCENDIDO	34
FIGURA 12: CIRCUITO DE CORRIENTE DE ENCENDIDO	36
FIGURA 13: CAMPO DE CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UN MOTOR	38
FIGURA 14: CURVAS CARACTERÍSTICAS O CARTOGRÁFICAS DE MOTORES Y ECUS	41

---

### CAPÍTULO III

FIGURA 15: ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	58
FIGURA 16: DEFINICIÓN DE VARIABLES	59
FIGURA 17: DIAGRAMA DE SISTEMA A APLICAR EN LA NUEVA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO PRIMARIO (ECUP)	60
FIGURA 18: ARQUITECTURA GENÉRICA DE UNA ECU PARA LA GESTIÓN DEL MOTOR	61
FIGURA 19: DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA PROPUESTO	62
FIGURA 20: ALGORITMO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR	67

FIGURA 21: GRAFICA DEL SENSOR DE TEMPERATURA OBTENIDA POR SCANNER DE VEHÍCULO	68
FIGURA 22: GRAFICA DEL SENSOR DE TEMPERATURA	69
FIGURA 23: GRAFICA DEL SENSOR DE POSICIÓN DE PEDAL DE ACELERACIÓN OBTENIDA POR SCANNER DE VEHÍCULO	70
FIGURA 24: GRÁFICA DEL SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DEL ACELERADOR	71
FIGURA 25: GRÁFICA DEL SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA OBTENIDA POR SCANNER	73
FIGURA 26: GRÁFICA DEL SENSOR MAP	73
FIGURA 27: GRÁFICA DEL SENSOR MAF OBTENIDA POR SCANNER	75
FIGURA 28: GRÁFICA DEL SENSOR MAF	75
FIGURA 29: GRÁFICA DEL PULSO E INYECCIÓN	79
FIGURA 30: GRÁFICA DEL PULSO DE IGNICION	80

---

#### **CAPITULO IV**

FIGURA 31: GRÁFICA DEL PULSO DE IGNICION	82
FIGURA 32: ETAPA DE ALIMENTACIÓN	83
FIGURA 33: ESQUEMA COMPUTARIZADO	83
FIGURA 34: CONVERTOR ANÁLOGO DIGITAL	84
FIGURA 35: ESQUEMA COMPUTARIZADO A/D	85
FIGURA 36: ETAPA DE POTENCIA DE INYECCIÓN	86
FIGURA 37: ESQUEMA COMPUTARIZADO ETAPA DE POTENCIA DE INYECCIÓN	86
FIGURA 38: BOBINA TRANSISTORIZADA SUZUKI	87
FIGURA 39: CIRCUITO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA NUEVA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO PRIMARIO	88
FIGURA 40: ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS	88

## GLOSARIO DE TERMINOS

ECU	Unidad de Control Electrónico
ECUP	Unidad de control Electrónico Primario
UCM	Unidad Modulo de Control
VVT	Sincronización Variable de la Válvula
MAP	Masa absoluta de presión
MAF	Masa de Flujo de aire
TPS	Sensor de pedal de aceleración
CC	Corriente continúa
HVAC	Alta Velocidad Aire Acondicionado
ECUP	Unidades Electrónica de Control Primario
OBDII	On Board Diagnostic II
PC	Personal Computer
DTC	Diagnostic Throttle Code
$m_f$	Masa gasolina inyectada
$\dot{m}_f$	Caudal Masivo De Gasolina
$C_{D1}$	Coeficiente de descarga
$a_1$	Área de los orificios del inyector
$P_g$	Densidad de la gasolina
$C_1$	Velocidad de descarga
$P_i$	Presión de inyección

## **RESUME**

### **UNITS OF PRIMARY ELECTRONIC CONTROL FOR MOTORS IN THE LIGHT SELF-DRIVEN PARK OF THE CITY OF LA PAZ**

The automobile is a complex system that mainly has mechanical parts impelled by fuel. However in the last ones the increment of the electric teams / electronic inside the automobile it has been a dominant tendency. Originating that the on-line system of the vehicles has evolved from a computer that controls everything, to a group of computers each one with its own workspace. This implies to change the form in that a computer communicates with each one of the other ones to share information of the processes that are controlling.

The new necessities to solve electronic and mechanical flaws in the self-driven sector, are every time but required, these defects are every time but integrals referring to the electromechanical thing, the solutions that one can give us can provide to new solution techniques to a better acting in the maintenance part and repair of the vehicle; avoiding the excessive costs and to use the time of repair better.

A control system is one of the most important in the self-driven field, keeping in mind that any it schemes that it generates force, power and speed needs a system controlled servo.

The electronics and the computer science opened the way to what today can have technology in each place of the planet; one of these technologies is the electronic injection that we can have numerous sophisticated vehicles thanks to this.

In our country it is little the knowledge of being able to solve the electromechanical problems of the vehicles of electronic injection, reason why generates a lot of restlessness for an appropriate solution.

# CAPÍTULO I

## MARCO REFERENCIAL

### 1.16 INTRODUCCIÓN

El automóvil es un sistema complejo que en su mayor parte tiene piezas mecánicas impulsadas por combustible, sin embargo en los últimos años el incremento de los equipos eléctricos/electrónicos dentro del automóvil han sido una tendencia dominante, originando que el sistema computarizado de los vehículos haya evolucionado de una computadora que controla todo, a un conjunto de computadoras.

Cada una con su propia área de trabajo. Esto implica cambiar la forma en que una computadora se comunica con cada una de las otras, para compartir información de los procesos que están controlando.

Las nuevas necesidades de resolver fallas electrónicas y mecánicas en el sector automotriz, son cada vez más requeridas, estos defectos son cada vez más integrales refiriendo a lo electromecánico, las soluciones pueden proporcionar

nuevas técnicas de solución, para un mejor desempeño en el mantenimiento y reparación del vehículo; evitando los costos excesivos y mejorando el tiempo de reparación.

Un sistema de control es uno de los más importantes en el campo automotriz, teniendo en cuenta que cualquier máquina que genere fuerza, potencia y velocidad necesita un sistema servo controlado.

Tomando en cuenta que se tienen herramientas para determinar la falla del vehículo como ser: auto diagnosis (escáner), multímetro, **puntas** lógicas, osciloscopio, y probadores de inyección.

La electrónica y la informática dieron grandes pasos y hoy podemos contar con tecnología en cada lugar del planeta, una de estas tecnologías es la inyección electrónica y gracias a esto podemos contar con numerosos vehículos sofisticados.

En nuestro país es poco el conocimiento para dar soluciones a los problemas electromecánicos de los vehículos de inyección electrónica, lo cual genera mucha inquietud en encontrar una salida apropiada.

### **1.17 ANTECEDENTES DEL TEMA**

La *ECU* tiene varios aspectos de los controles del motor de combustión interna. Las ECUs más simples controlan solamente la cantidad de combustible inyectada en cada cilindro cada ciclo del motor. Las ECUs más avanzadas se encuentran en la mayoría de los coches modernos, que a su vez, controlan la sincronización de ignición, la sincronización variable de la válvula (*VVT*), y control de otros periféricos.

Las ECUs determinan la cantidad de combustible, la sincronización de ignición y los otros parámetros, supervisando el motor a través de los sensores. Éstos pueden incluir, sensor MAP, sensor MAF, sensor de temperatura del aire, sensor TPS y la bomba de gasolina, estos son los sensores primarios para el arranque de un motor, entre otros.

El sincronismo de la máquina es supervisada por el sensor de posición del cigüeñal que desempeña un papel primario en las funciones que miden el tiempo del motor para la inyección, como ser: los acontecimientos de la chispa, y la sincronización de



la válvula. La velocidad ociosa es controlada por una parada programable de la válvula reguladora o un motor de pasos del aire del control ocioso de puente. Los sistemas basados en la inyección temprana, utilizaron una parada programable de la válvula reguladora usando un motor bidireccional de la C.C.

Los sistemas más actuales utilizaron un motor de pasos del control ocioso del aire.

El control eficaz de la velocidad ociosa debe anticipar la carga del motor en la marcha lenta. Los cambios en esta carga ociosa vienen de sistemas de la HVAC, de sistemas de manejo de la energía, de sistemas de frenos de la energía, de sistemas eléctricos de la carga y de la fuente.

Los sensores que se utiliza en una combustión interna básica mencionados anteriormente son los siguientes:

- Sensor de flujo de aire (MAF)
- El sensor de presión absoluta (MAP)
- Sensor de temperatura aire de admisión (THA)
- Sensor de refrigerante del motor (THW)
- Sensor de posición de mariposa (TPS)
- Sensor de posición de cigüeñal (CKS)
- Sensor de posición del árbol de levas (CMS)

#### **1.18 ANTECEDENTES AFINES AL TEMA**

- “Diseño práctico con Microcontroladores” , elaborado por José Angulo, Susana Romero, Ignacio Angulo, Los sellos Mágicos de Parallax.
- “Sistema de control climático y automatización en el interior del invernadero”, elaborado por Alarcon León Lenny Alejandra, Universidad Salesiana de Bolivia.
- “Manual De Reparaciones De Sistemas Electrónico De Vehículos” vol. 2, elaborado por Ing. Mecánico Fabio Ribeiro von Glehn, TECNOMOTOR
- “Manual Práctico del Automóvil” elaborado por Hermógenes Gil Martinez

- Diseño de un controlador avanzado basado en redes neuronales para la gestión de la mezcla de aire – gasolina en un motor alternativo. Elaborado por Javier Nevot Cercos
- “Sistema de control, inyección y encendido, para motores térmicos y alternativos de ciclo Otto basado en programación abierta bajo LabVIEW” elaborado por: Alejandro Pérez Rodríguez

### 1.19 ÁMBITO DEL PROBLEMA

Todos estos sensores anteriormente mencionados (MAF, MAP, THA, THW, TPS, básicamente, hacen que funcione el motor, ya que la ECU recepciona estos datos y envía información a lo que se denominan actuadores (bobinas, inyectores, motor de arranque) del vehículo.

El principal obstáculo de los vehículos actuales en sus Unidades de Control Electrónico, está en el sector de recepción de datos **SENSOR – ECU – ACTUADORES** su principal causa es una desprogramación del micro controlador que lleva el ECU, esto hace que la unidad de control del vehículo, ya no tenga el valor necesario y el vehículo este sin funcionamiento.

Este problema hace que los servicios de mantenimiento – talleres automotrices – no tengan soluciones a problemas de desprogramación y las ECUs tengan que obtenerse del mercado externo o de la casa importadora del vehículo, esto demanda costos elevados y tiempo de demora en la reparación de vehículos.

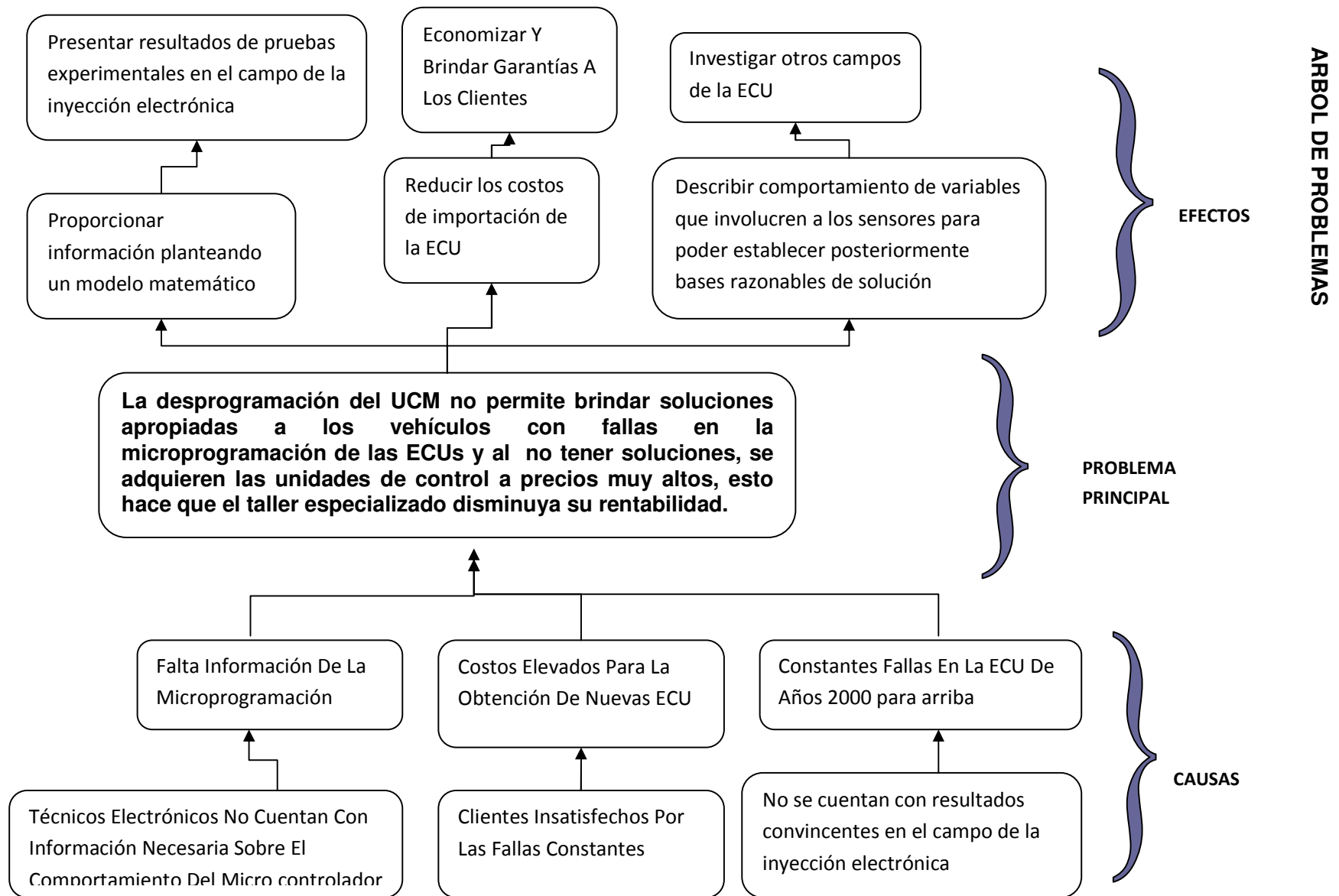
Para determinar las fallas del vehículo se utiliza: los escáneres, los multímetros, osciloscopios, y otros componentes electrónicos que nos ayuda a comprender la magnitud del daño.

Actualmente se ha demostrado que en Bolivia no se contempla mucho este campo, ya que no es tan estudiado ni visto en escuelas superiores.

Por otra parte los insumos para el reemplazo del la ECU son muy costosos y demoran mucho tiempo en la llegada de la pieza,

Se ha demostrado que las fallas en el vehículo en especial de movibilidades del año 2000 en adelante, son problemas de software, con esto se determinó que las piezas que se supone que se encuentran dañadas de una ECU "X", físicamente no lo están, la información que se obtuvo fue de una investigación por parte de técnicos electrónicos que al deducir que la pieza no presentaba ningún daño, se reemplazo por otra pieza del ECU "Y" y que tampoco sufría daño físico, ni había tenido ningún manipuleo, este diagnostico dio como resultado que la pieza dañada del ECU "X" no tenía ningún dato grabado, se lo alimento con voltajes necesarios y no dio ninguna respuesta, sin embargo la pieza que se obtuvo de otro ECU "Y", si emanaba la señal necesaria y daba todos los parámetros correctos. Este punto fue tomado como óptimo, pero surgió el problema que si reemplazamos la pieza del ECU "X" por otra del ECU "Y", esta también sufriría la ausencia de esa pieza, por tanto esta solución no serviría de mucho porque las piezas traídas de importación tienen un costo elevado, además deben ser traídas en grandes cantidades (un mayor a 100 unidades), esto lleva a que no siempre se tiene el mismo problema con los ECUs por tanto no es necesario adquirir grandes cantidades del mismo repuesto.

Figura 1: **Árbol de problemas**



## **1.20 PROBLEMA PRINCIPAL**

Para poder solucionar los problemas que presenta la ECU del motor, se realiza la investigación y se determina los factores de error.

**Por lo que, las UCM tienen el problema de desconfigurarse y de dañarse con facilidad, no permite brindar soluciones apropiadas a las ECUs de los vehículos con estas fallas: Falta de aceleración, no existe recepción de datos del sensor de aire y desincronización del motor; esto se debe a los sensores de cigüeñal y levas; el funcionamiento primario del motor no se ejecuta porque la ECU tiene problemas en su micro controlador, y al no tener soluciones, se optan por adquirir las ECUs a precios muy altos y con mucho tiempo de retardo en la adquisición, y la solución se hace muy dificultosa.**

## **1.21 PROBLEMAS SECUNDARIOS**

- Los Costos elevados de las ECUs originales ocasionan pérdidas económicas y retardo en las soluciones, ya que, los propietarios de los vehículos, optan por adquirirlos y no por dar una solución más adecuada
- Las Constantes fallas en la ECU significa menor rentabilidad y prestigio de los talleres autorizados, y todo se debe a la falta de investigación y conocimiento en los mismos
- La falta de información en el manejo del micro controlador de la ECU, no tienen el suficiente requerimiento técnico, no cuentan con libros o material didáctico para informarse mejor, ya que la mayoría de los propietarios de los talleres no pueden optar por cursar un módulo de actualización de micro controladores o microprogramación.
- Los técnicos electrónicos no cuentan con información necesaria sobre el comportamiento del micro controlador
- Al no tener soluciones convincentes en el campo de la inyección electrónica, debido a la falta de investigación o al modelado e implementación. Los resultados no serán satisfactorios.

## **1.22 OBJETIVOS**

### **1.22.1 Objetivo General**

Implementar nuevas Unidades de control Electrónico primario, para la reparación y solución de problemas de nuevos modelos como en los sistemas convencionales de inyección directa o indirecta de combustible.

### **1.22.2 Objetivos Secundarios**

- Reducir los costos de importación y de adquisición de la ECU original de los vehículos, y obtener mayores ingresos para taller especializado en Inyección electrónica y así se garantiza la calidad de reparación de los mismos.
- Plantear un modelo matemático que describa el comportamiento de variables que involucren a los sensores, para poder establecer posteriormente bases razonables de diseño.
- Presentar resultados de pruebas experimentales en el campo de Inyección Electrónica

## **1.23 JUSTIFICACIONES**

### **1.23.1 Justificación Económica**

La implementación traerá nuevos beneficios económicos, puesto que un micro controlador original de Mitsubishi, Toyota Nissan o Cualquier Marca tiene un costo de 90 a 100 Dólares Americanos, y un micro controlador ya sea un PIC, Atmel, o Cualquier Controlador tiene un Costo hasta de 10 dólares.

### **1.23.2 Justificación Tecnológica**

La principal justificación de esta tesis es su aporte al conocimiento de la tecnología, es la implementación de una Unidad de control Electrónico primario y tendrá una relevancia tecnológica mayor. Disminuyendo costo y brindando calidad en las soluciones de vehículos.

## **1.24 DEFINICIÓN DE ALCANCES**

El trabajo orientado al diseño de nuevas unidades de control electrónico, pero debido a la extensión considerable del trabajo solo se llega a plantear un modelo matemático y la implementación de las unidades de control primario.

El proyecto implementa nuevas Unidades De Control Electrónico Primario a partir de un modelo matemático, considerando la investigación e información de las unidades de control electrónico (ECU) originales.

Como parámetros de investigación se toman en cuenta los sensores y actuadores del vehículo, esto se aplica en beneficio de la investigación e implementación

## **1.25 LÍMITES**

### **1.25.1 Límite espacial**

La investigación está limitada a la implementación de la nueva unidad de control electrónico primario, para validar la implementación se recurrirá a los talleres especializados de inyección electrónica.

### **1.25.2 Límite temporal**

El estudio culminará aproximadamente en un año, esto implica la implementación de la Unidad de control Electrónico Primario, y el estudio del modelo matemático que permitirá determinar los sensores y los actuadores que intervienen en el vehículo.

## **1.26 APORTES**

El proyecto aportará al sector electromecánico de los talleres especializados, proporcionando información para una mejor solución y reparación del vehículo, esto se desarrollará de un modelo matemático a una implementación de Unidad de Control Electrónico Primario, que represente la solución a los problemas más emergentes de nuestra actualidad optimizando tiempo y costo.

### **1.27 PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS**

El uso de las Unidades de Control Electrónico primario en el parque automotriz liviano de la Ciudad de La Paz, solucionará los problemas de desprogramación en las ECUs originales de vehículos actuales. .

### **1.28 DEFINICIÓN DE VARIABLES**

- **VARIABLES DEPENDIENTES**

- Solucionara los problemas de desprogramación en las ECUs originales

- **VARIABLES INDEPENDIENTES**

- El uso de las Unidades De Control Electrónico Primario

#### **1.28.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

Cuadros de Operacionalización de variables





Tabla 2: **OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES MOTOR**

[illegible]

Fuente: Elaboración propia



## **1.15 SELECCIÓN DE TÉCNICAS A UTILIZARSE**

### **1.15.1 MODELO DE ESPIRAL**

El modelo de espiral, propuesto originalmente por Boehm, es un modelo de proceso de software evolutivo, que conjuga la naturaleza iterativa de construcción de prototipos con los aspectos controlados y sistemáticos del modelo lineal secuencial. Este modelo proporciona el potencial para el desarrollo rápido de versiones incrementales del software. En el modelo espiral, el software se desarrolla en una serie de versiones incrementales. Durante las primeras iteraciones, la versión incremental podría ser un modelo en papel o un prototipo. Durante las últimas iteraciones, se producen versiones cada vez más completas del sistema diseñado.

Con este modelo se podrá desarrollar el software, para un micro controlador, verificando punto por punto las fases que se tengan que corregir.

### **1.15.2 MÉTODO DE PRUEBA DE LA CAJA NEGRA**

Las pruebas de caja negra, también denominada prueba de comportamiento, se centran en los requisitos funcionales del software. O sea, la prueba de caja negra permite al ingeniero del software obtener conjuntos de condiciones de entrada que ejerciten completamente todos los requisitos funcionales de un programa. La prueba de caja negra no es una alternativa a las técnicas de prueba de caja blanca. Más bien se trata de un enfoque complementario que intenta descubrir diferentes tipos de errores que los métodos de caja blanca. La prueba de caja negra intenta encontrar errores de las siguientes categorías: funciones incorrectas o ausentes, errores de interfaz, errores en estructuras de datos, errores de rendimiento y errores de inicialización y de terminación. A diferencia de la prueba de caja blanca, que se lleva a cabo previamente en el proceso de prueba, la prueba de caja negra tiende a aplicarse durante fases posteriores a la prueba.

Este método nos mostrará las debidas fallas en el proceso de construcción del prototipo tanto de entradas como de salidas o resultados.

### 1.15.3 EVALUACIÓN DEL MODELO DE ESTIMACIÓN DE COSTO DE SOFTWARE

#### ▪ COCOMO

Constructive Cost Model (COCOMO), fue desarrollado por Barry Boehm de TRW, publicado en 1981. Basado en el análisis de 63 proyectos de software desarrollados. Boehm desarrolló un modelo (de tres niveles: básico, intermedio y avanzado) fácil de entender que predice la duración del proyecto, así como el esfuerzo para la realización de este. El modelo detallado COCOMO (utilizado en esta evaluación) es muy similar al modelo intermedio excepto que el proyecto es dividido en cuatro fases: diseño del producto, diseño detallado, codificación de pruebas, e integración-pruebas.

COCOMO ayuda a evaluar el esfuerzo, tiempo, gente y costos (ya sea estos de desarrollo, equipamiento y mantenimiento).

El modelo provee tres "niveles" de aplicación: básico, intermedio y avanzado, basados en los factores considerados por el modelo.

Básico, es un modelo estático simplemente evaluado que calcula el esfuerzo (y costo) del desarrollo del software como función del programa expresado en líneas de código (LDC estimados).

Intermedio, calcula el esfuerzo del desarrollo del software como función del tamaño del programa y un conjunto de "guías de costo" que incluye una evaluación subjetiva del producto, hardware, personal y de los atributos del proyecto.

Avanzado, incorpora todas las características de la versión intermedia con una evaluación del impacto de las vías de costo en cada fase (análisis, diseño, etc) del proceso de la ingeniería de software.

## CAPÍTULO II

# MARCO TEÓRICO

### 2.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad las Unidades de Control Electrónico y sus componentes tiene una gran importancia en el parque Automotriz Liviano<sup>1</sup>, esta ECU no tendría mucha relevancia sin los complementos esenciales de la microprogramación y el micro controlador; ellos han permitido el desarrollo de sistemas inteligentes que resuelven los más diversos problemas.

### 2.2 MARCO CONCEPTUAL

#### 2.2.1 HARDWARE

Aunque técnicamente los micro controladores todavía se consideran hardware, una parte de sus funciones también están asociadas con el software, este hecho, hace

---

<sup>1</sup> Se Refiere a las movilidades privadas y públicas, Automóviles, Camionetas, Vagonetas, etc.

que los micro controladores presenten tanto aspecto de hardware como de software, por lo tanto a veces se los conoce con el término intermedio de microprogramación.

### **2.2.2 ELECTRÓNICA**

La electrónica es la rama de la física y especialización de la ingeniería, que estudia y emplea sistemas cuyo funcionamiento se basa en la conducción y el control del flujo microscópico de los electrones u otras partículas cargadas eléctricamente.

Utiliza una gran variedad de conocimientos, materiales y dispositivos, desde los semiconductores hasta las válvulas termoiónicas. El diseño y la construcción de circuitos electrónicos para resolver problemas prácticos forma parte de la electrónica y de los campos de la ingeniería electrónica, electromecánica y la informática en el diseño de software para su control. El estudio de nuevos dispositivos semiconductores y su tecnología se suele considerar una rama de la física, más concretamente en la rama de ingeniería de materiales.

### **2.2.3 SISTEMA DE CONTROL**

Es el proceso que asegura, que las actividades reales se ajusten a las actividades planificadas. Permite mantener a la organización o sistema en buen camino.

La palabra control ha sido utilizada con varios y diferentes sentidos Control como función coercitiva y restrictiva, para inhibir o impedir conductas indeseables, como llegar con atraso al trabajo o a clases, hacer escándalos, etcétera.

Control como verificación de alguna cosa, para apreciar si está correcto, como verificar pruebas o notas.

Control como comparación con algún estándar de referencia como pensar una mercadería en otra balanza, comparar notas de alumnos etcétera. Control como función administrativa, esto es, como la cuarta etapa del proceso administrativo.

Sistema de control según diferentes autores:

- El control tiene como objeto cerciorarse de que los hechos vayan de acuerdo con los planes establecidos. (Burt K. Scanlan )

- Es la regulación de las actividades, de conformidad con un plan creado para alcanzar ciertos objetivos. (Robert Eckles, Ronald Carmichael y Bernard Sarchet)
- Consiste en verificar si todo ocurre de conformidad con el plan adoptado, con las instrucciones emitidas y con los principios establecidos. Tiene como fin señalar las debilidades y errores para poder rectificarlos e impedir que se produzcan nuevamente. (Henry Fayol )
- El proceso de medir los actuales resultados en relación con los planes, diagnosticando la razón de las desviaciones y tomando las medidas correctivas necesarias. (Robert B. Buchele)
- La medición y corrección de las realizaciones de los subordinados con el fin de asegurar que tanto los objetivos de la empresa como los planes para alcanzarlos se cumplan económica y eficazmente. (Robert C. Appleby)
- Implica la medición de lo logrado en relación con lo estándar y la corrección de las desviaciones, para asegurar la obtención de los objetivos de acuerdo con el plan. (Harold Koontz y Ciril O'Donell)
- El control es una función administrativa: es la fase del proceso administrativo que mide y evalúa el desempeño y toma la acción correctiva cuando se necesita. De este modo, el control es un proceso esencialmente regulador. (Chiavenato)

#### **2.2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL SEGÚN SU COMPORTAMIENTO**

##### **A) SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO**

Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador.



Estos sistemas se caracterizan por:

- Ser sencillos y de fácil concepto.
- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación.
- La salida no se compara con la entrada.
- Ser afectado por las perturbaciones. Éstas pueden ser tangibles o intangibles.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema.

## **B) SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO**

Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Los sistemas de circuito cerrado usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control en consecuencia. El control en lazo cerrado es imprescindible cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Cuando un proceso no es posible de regular por el hombre.
- Una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar.
- Vigilar un proceso es especialmente duro en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o despiste, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso.

Sus características son:

- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.
- Su propiedad de retroalimentación.
- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.

## 2.2.5 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE CONTROL

Tabla 4: **CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE CONTROL**

<b>SEÑAL DE CORRIENTE DE ENTRADA</b>	Considerada como estímulo aplicado a un sistema desde una fuente de energía externa con el propósito de que el sistema produzca una respuesta específica.
<b>SEÑAL DE CORRIENTE DE SALIDA</b>	Respuesta obtenida por el sistema que puede o no relacionarse con la respuesta que implicaba la entrada.
<b>VARIABLE MANIPULADA</b>	Es el elemento al cual se le modifica su magnitud, para lograr la respuesta deseada. Es decir, se manipula la entrada del proceso.
<b>VARIABLE CONTROLADA</b>	Es el elemento que se desea controlar. Se puede decir que es la salida del proceso.
<b>CONVERSIÓN</b>	Mediante receptores se generan las variaciones o cambios que se producen en la variable.
<b>VARIACIONES EXTERNAS</b>	Son los factores que influyen en la acción de producir un cambio de orden correctivo.
<b>FUENTE DE ENERGÍA</b>	Es la que entrega la energía necesaria para generar cualquier tipo de actividad dentro del sistema.
<b>RETROALIMENTACIÓN</b>	La retroalimentación es una característica de los sistemas de control de lazo cerrado. Es una relación secuencial de causas y efectos entre las variables de estado. Dependiendo de la acción correctiva que tome el sistema, este puede apoyar o no una decisión, cuando en el sistema se produce un retorno se dice que hay una retroalimentación negativa; si el sistema apoya la decisión inicial se dice que hay una retroalimentación positiva.
<b>VARIABLES DE FASE</b>	Son las variables que resultan de la transformación del sistema original a la forma canónica controlable. De aquí se obtiene también la matriz de controlabilidad cuyo rango debe ser de orden completo para controlar el sistema

Fuente: [www.electronicapic.com](http://www.electronicapic.com)

### **2.2.6 ECU UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA**

La Unidad de Control de Motor o ECU (en inglés: Engine Control Unit) es una unidad de control electrónico que controla varios aspectos de la operación de combustión interna del motor. Los ECUs más simples sólo controlan la cantidad de combustible que es inyectado en cada cilindro en cada ciclo de motor. ECUs más avanzadas controlan el punto de ignición, el tiempo de apertura/cierre de las válvulas, el nivel de impulso mantenido por el turbocompresor (en coches con turbocompresor), y control de otros periféricos.

Las ECUs determinan la cantidad de combustible, el punto de ignición y otros parámetros monitorizando el motor a través de sensores. Estos incluyen: sensor MAP, sensor de posición del acelerador, sensor de temperatura del aire, y muchos otros.

Antes de que las unidades de control de motor fuesen implantadas, la cantidad de combustible por ciclo en un cilindro estaba determinada por un carburador o por una bomba de inyección.

Las etapas del ECU son:

- Protector de sobrecarga
- Etapa de procesamiento de datos
- Etapa de amplificación de señal
- Etapa Conversor Análogo Digital
- Módulos De Entrada Y Salida de señal

### **2.2.7 ETAPAS DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO**

La ECU cumple con las siguientes etapas:

#### **A) ETAPA DE ALIMENTACIÓN DE VOLTAJE**

En la etapa de alimentación de voltaje se tiene una fuente que regula la corriente y el voltaje necesario para el funcionamiento de la nueva Unidad de Control Electrónica Primaria (ECUP), es donde se pondrá en práctica las leyes físicas para la

alimentación de voltaje en esta etapa se utiliza la segunda ley **KIRCHOFF** que nos dice sobre los divisores de tensión y de corriente.

## **B) PROTECTOR DE CARGA Y RECTIFICADORES DE VOLTAJE**

En la etapa de protectores y rectificadores de voltaje, se necesario conocer su fundamento y noción de las mismas, ya que son uno de los más grandes apoyos que se tendrá para que el micro controlador y el mismo circuito trabajen con una exactitud y sin ruidos en el mismo, como a los protectores de voltaje tenemos a los diodos Zener, este diodo hace que el voltaje ingresado no tenga desfases o picos altos y sea más estable, este diodos como su nombre lo dice protege al circuito de toda anomalía que pueda suceder.

El rectificador se asocia con el llamado transistor este nos ayudara a que el voltaje ingresado sea el correcto y que no sufra ninguna alteración este nos ayudara a rectificar es decir que no se alterara los voltajes ingresados a la nueva Unidad de Control Electrónica Primaria (ECUP)

## **C) ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS**

La ECU calcula las señales de los sensores externos y las limita al nivel de tensión admisible.

Los microprocesadores calculan a partir de estos datos de entrada y según campos característicos almacenados en memoria, los tiempos de inyección y momentos de inyección y transforman estos tiempos en desarrollos temporales de señal que están adaptados al movimiento del motor. Debido a la precisión requerida y al alto dinamismo del motor, es necesaria una gran capacidad de cálculo.

## **D) PROCESADOR**

Es el bloque más importante del computador y sobre el recaen las tareas más difíciles. Se encarga de interpretar los códigos binarios formados por varios bits que representan las instrucciones que es capaz de ejecutar la maquina. En general, solo es capaz de interpretar unas decenas de instrucciones que deben ejecutar el computador para resolver una tarea se llama programa.

El procesador consta de dos partes: la unidad de control y el camino de datos. La primera es la encargada de la interpretación de las instrucciones y la segunda realiza las operaciones que lleva aparejada la misma. Cada instrucción implica una sencilla operación aritmética lógico o de transferencia sobre los datos para obtener un resultado. Tanto los datos como el resultado son conjuntos de bits que se almacena en la memoria.

El camino de datos contiene una ALU (Unidad Lógica Aritmética) que soporta unas pocas operaciones, tales como la suma, la resta, y las operaciones lógicas AND y OR. Si es un procesador de 8 bits, los operadores son de dicha longitud y también el resultado de la operación. Habitualmente los operados los recibe la ALU desde la memoria y el resultado lo almacena en ella.

Figura 2: **Esquema eléctrico de un ECU de Mitsubishi 6000 de cilindrada**



**ETAPA DE PROCESAMIENTO**

**Fuente: Kasdabol SRL. Tec. Daniel Pari**

### **E) ETAPA DE AMPLIFICACION DE SEÑAL**

El amplificador de señal puede realizar su función de manera pasiva, variando la relación entre la corriente y el voltaje manteniendo constante la potencia (de manera similar a un transformador), o de forma activa, tomando potencia de una fuente de

alimentación y aumentando la potencia de la señal a su salida del amplificador, habitualmente manteniendo la forma de la señal, pero dotándola de mayor amplitud.

La relación entre la entrada y la salida del amplificador puede expresarse en función de la frecuencia de la señal de entrada, lo cual se denomina **función de transferencia**, que indica la ganancia del mismo para cada frecuencia. Es habitual mantener a un amplificador trabajando dentro de un determinado rango de frecuencias en el que se comporta de forma lineal, lo cual implica que su ganancia es constante para cualquier amplitud a su entrada.

El componente principal de estos amplificadores, denominado elemento activo, puede ser un tubo de vacío o un transistor. Las válvulas de vacío suelen usarse aún en algunos amplificadores diseñados específicamente para audio por la respuesta en frecuencia de estos, preferida en algunos estilos musicales. Los transistores suponen la base de la electrónica moderna. Con ellos se diseñan circuitos más complejos, como los amplificadores operacionales, que a su vez se usan en otros como los amplificadores de instrumentación.

## **F) ETAPA CONVERSION ANÁLOGO DIGITAL**

Un **conversor (o convertidor) analógico-digital (CAD)**, (o también **ADC** del inglés "Analog-to-Digital Converter") es un dispositivo electrónico capaz de convertir una entrada analógica de voltaje en un valor binario. Se utiliza en equipos electrónicos como ordenadores, grabadores de sonido y de vídeo, y equipos de telecomunicaciones. La señal analógica, que varía de forma continua en el tiempo, se conecta a la entrada del dispositivo y se somete a un muestreo a una velocidad fija, obteniéndose así una señal digital a la salida del mismo.

Estos conversores poseen dos señales de entrada llamadas  $V_{ref+}$  y  $V_{ref-}$  y determinan el rango en el cual se convertirá una señal de entrada.

El dispositivo establece una relación entre su entrada (señal analógica) y su salida (digital) dependiendo de su resolución. Esta resolución se puede saber, siempre y cuando conozcamos el valor máximo que la entrada de información utiliza y la cantidad máxima de la salida en dígitos binarios. A manera de ejemplo, el convertidor

análogo digital ADC0804 tiene la capacidad de convertir una muestra analógica de entre 0 y 5 voltios y su resolución será respectivamente:

- Resolución = valor analógico / ( $2^8$ )
- Resolución = 5 V / 256
- Resolución = 0.0195v o 19.5mv.
- Resolución = LSB

Lo anterior quiere decir que por cada 19.5 milivoltios que aumente el nivel de tensión entre las entradas etiquetadas como "Vref+" y "Vref-" que ofician de entrada al conversor, éste aumentará en una unidad su salida (siempre sumando en forma binaria bit a bit). Por ejemplo:

Entrada - Salida

- 0 V - 00000000
- 0.02 V - 00000001
- 0.04 V - 00000010
- 1 V - 00110011
- (5 V-LSB) - 11111111

### **G) MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA DE SEÑAL**

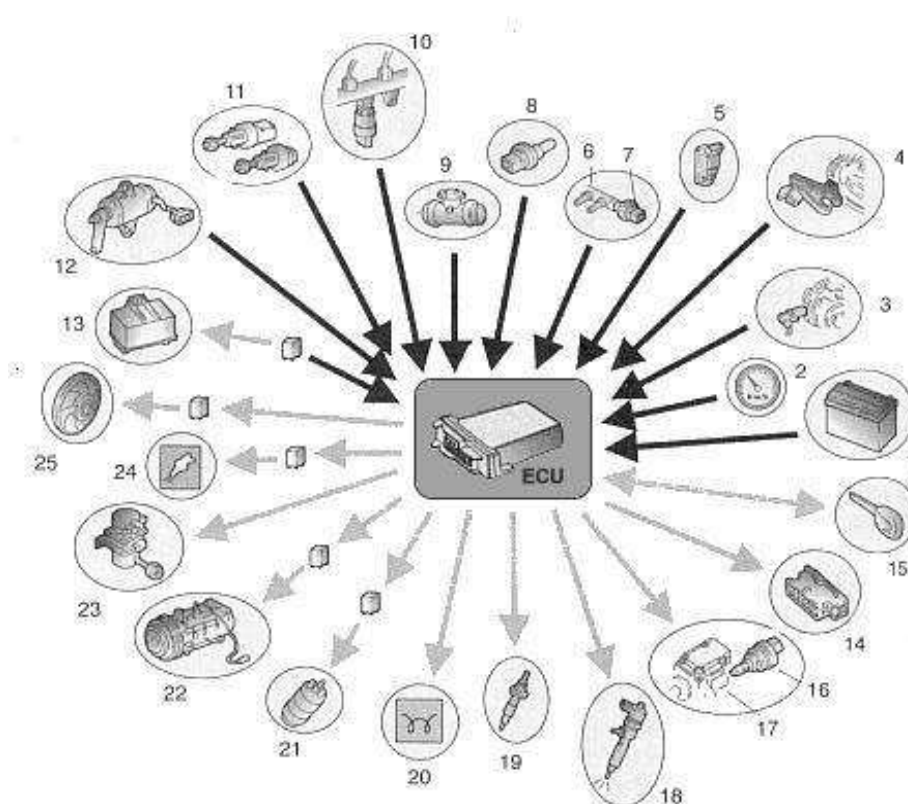
Son los elementos que permite la comunicación del computador con los periféricos que manejan el usuario, y con los que introduce y recoge información. Los sensores que introduce datos y recoge los resultados en el Micro controlador. Los módulos en entrada y salida adaptan la forma de trabajo de los periféricos con la del computador.

Los buses son conjuntos de líneas por las que se transfiere la información digital entre bloques del computador.

En la ECU las señales de salida se activan las etapas finales que suministran suficiente potencia para los actuadores de regulación de presión del Rail y para la desconexión del elemento, además se activan también actuadores para las funciones del motor (ejemplo: la retroalimentación de gases de escape, actuador de presión de

sobrealimentación, relé para la electrobomba de combustible) y otras funciones auxiliares (ejemplo: relé del ventilador, relé de calefacción adicional, relé de incandescencia, acondicionador de aire). Las etapas finales están protegidas contra cortocircuitos y destrucción debida a sobrecargas eléctricas. El microprocesador recibe retroinformación sobre anomalías de este tipo así como sobre cables interrumpidos. Las funciones de diagnostico de las etapas finales para los inyectores reconocen también desarrollos deficientes de señal.

Figura 3: **Esquema de entrada y salida de señales a la ECU**



- 1- Batería; 2- Velocímetro; 3- Sensor de rpm del cigüeñal; 4- Sensor de fase; 5- Sensor de sobrepresión; 6- Conducto de paso de combustible; 7- Sensor de control de la temperatura del gasóleo; 8- Sensor de la temperatura del liquido refrigerante; 9- Caudalimetro; 10- Rampa de inyección con sensor de presión del combustible; 11- Interruptores del pedal de freno y de embrague; 12- Potenciómetro del pedal del acelerador; 13- Cajetín electrónico de precalentamiento; 14- Toma de diagnosis; 15- Equipo de cierre antirrobo; 16-



Regulador de presión en la bomba; 17- Bomba de alta presión; 18- Inyectores; 19- Bujías de espiga incandescente (calentadores); 20- Luz testigo de aviso de calentadores funcionando; 21- Electrobomba de combustible de baja presión; 22- Compresor de AC; 23- Válvula EGR; 24- Luz testigo de funcionamiento del equipo electrónico; 25- Electro ventilador.

**Fuente: [www.ElectriAuto.com](http://www.ElectriAuto.com)**

Adicionalmente se retransmiten algunas señales de salida, a través de interfaces, a otros sistemas del vehículo. Dentro del marco de un campo de seguridad, la unidad de control supervisa también el sistema de inyección completo.

La activación de los inyectores plantea exigencias especiales a las etapas finales. La corriente eléctrica genera en una bobina con núcleo magnético una fuerza magnética que actúa sobre el sistema hidráulico de alta presión en el inyector. La activación eléctrica de esta bobina debe realizarse con flancos de corrientes muy pronunciados, para conseguir una tolerancia reducida y una elevada capacidad de reproducción del caudal de inyección. Condición previa para ello son tensiones elevadas que se almacenan en memoria de la unidad de control.

Una regulación de corriente divide la fase de actuación de corriente (tiempo de inyección) en una fase de corriente de excitación y una fase de retención. La regulación debe funcionar con tal precisión que el inyector funcione en cada margen de servicio inyectado de nuevo de forma reproducible y debe además reducir la potencia de pérdida en la unidad de control y en el inyector.

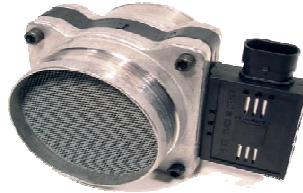
## **2.2.8 SENSORES PRINCIPALES Y ACTUADORES DEL MOTOR**

### **A) SENSOR DE FLUJO DE AIRE (MAF)**

Mide la cantidad de aire entrando por el efecto de enfriamiento del filamento caliente. El efecto de enfriamiento varía dependiendo en los cambios de circulación de aire en los cuales causan cambio de voltaje, el cambio de voltaje es enviado a la **Unidad De Control Electrónico** (ECU); la ECU mide la cantidad de aire ingresado y la cantidad de inyección de combustible. Los sensores de flujo de aire en realidad se llaman

sensores de flujo de masa de aire y lo que hacen es convertir la cantidad de aire que el motor aspira hacia la admisión en una señal de voltaje.

Figura 4: **Sensor de flujo de aire (MAF)**

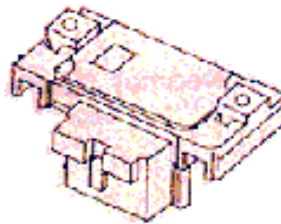


Fuente: [www.sanediciones.com.ar](http://www.sanediciones.com.ar)

## **B) EL SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA (MAP)**

El sensor de presión absoluta de admisión envía su señal a la ECU, la ECU mide la cantidad de aire de admisión y controla la cantidad de inyección.

Figura 5: **Sensor de presión absoluta (MAP)**



Fuente: [www.sanediciones.com.ar](http://www.sanediciones.com.ar)

## **C) SENSOR DE TEMPERATURA (CTS COOLANT TEMPERATURE SENSOR)**

Este sensor se encuentra ubicado cerca de la conexión de la manguera superior, que lleva agua del motor al radiador; su función es monitorear la temperatura dentro del motor; de esta manera, la computadora al recibir la señal de que el motor alcanzó la temperatura de trabajo, procede a ajustar la mezcla y el tiempo de encendido.

Figura 6: **Sensor de temperatura**

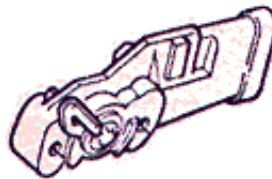


Fuente: [www.sanediciones.com.ar](http://www.sanediciones.com.ar)

#### **D) SENSOR DE POSICIÓN DE MARIPOSA (TPS)**

Este recibe la intención del conductor esto nos referimos en que velocidad quiere ir el conductor, este sensor es básicamente un potenciómetro que determina la cantidad exacta de apertura de la válvula de la mariposa, la ECU determina la cantidad de aire de admisión supervisando el ángulo de la válvula de mariposa y la velocidad del motor.

Figura 7: **Sensor de posición de mariposa**



Fuente: [www.sanediciones.com.ar](http://www.sanediciones.com.ar)

#### **E) SENSOR DE POSICIÓN DE CIGÜEÑAL**

Este sensor, posicionado cerca del cigüeñal detecta la rotación del mismo, debido a una especie de rueda con ventanas acoplada al cigüeñal, la señal es enviada al módulo de encendido. Aquí se administra el corte de corriente, que genera la contracción, en las bobinas, originándose la chispa de alto voltaje.

Figura 8: **Sensor de posición de cigüeñal**



Fuente: [www.sanediciones.com.ar](http://www.sanediciones.com.ar)

## **F) SENSOR DE POSICIÓN DEL ÁRBOL DE LEVAS**

El sensor de revoluciones del motor o árbol de levas está situado en el bloque motor y enfrentado a una rueda solidaria al cigüeñal que dispone de 60 dientes faltando dos. Este sensor informa a la unidad de mando de las revoluciones a las que gira el motor y de la posición del cigüeñal y por lo tanto, de la posición de los cilindros. Esta señal es básica para el cálculo de la presión de combustible y del tiempo de activación de los inyectores, para el cálculo del momento de inyección, así como para la regulación de la presión de soplado del turbo y la recirculación de gases de escape. También se utiliza para la información de las revoluciones para el cuadro de instrumentos. El sensor de revoluciones es un captador de tipo inductivo constituido por un bobinado en cuyo interior existe un imán permanente. Cuando los dientes de la corona pasan por delante de este sensor provocan una distorsión del campo magnético que induce en la bobina una señal alterna. Estas señales alternas se generan por cada diente, por lo tanto existen 58 por cada vuelta, lo que permite a la unidad de mando reconocer las revoluciones y la posición de los cilindros, puesto que la señal de los dientes que faltan indica que la pareja de pistones 1 y 4 están a 114° antes del punto muerto superior, aunque no es posible diferenciar entre cada uno de ellos. Ante la ausencia de señal de este sensor por avería, la unidad de mando calcula las revoluciones a partir de la señal que genera el sensor de fase del árbol de levas.

Figura 9: **Sensor de posición de árbol de levas**



**Fuente: [www.sanediciones.com.ar](http://www.sanediciones.com.ar)**

## **G) BOBINAS**

Es uno de los principales actuadores del motor este se encarga de la ignición controlada que envía la ECU, La bobina de ignición es la bobina que se encarga de pasar corriente a las bujías mediante los cables de bujías y así poder encender el motor, pero no solo para el encendido sirve, si no siempre que se está encendido el carro, manda corriente al cigüeñal para que este a su vez ponga a funcionar los pistones.

## **H) INYECTORES**

Un inyector es un dispositivo utilizado para bombear fluidos utilizando el efecto Venturi. Utiliza un fluido a alta presión que sale por una boquilla a alta velocidad y baja presión convirtiendo su energía potencial en energía cinética. En esta zona de baja presión se mezcla con el fluido que se quiere bombear y le imparte energía cinética (velocidad). Si ambos fluidos mezclados entran por otra boquilla donde la energía cinética vuelve a convertirse en potencial, disminuyendo la velocidad y aumentando la presión. El fluido bombeado puede ser o líquido o gaseoso y, en algunos casos puede llevar sólidos en suspensión. En todos los casos el fluido propulsor y el bombeado salen totalmente mezclados a la salida del inyector. Una de las aplicaciones más frecuentes del inyector es en la Inyección de combustible en los motores termodinámicos.

## **2.2.9 SEÑALES IMPORTANTES DE LOS SENSORES HACIA LA UNIDAD DE CONTROL**

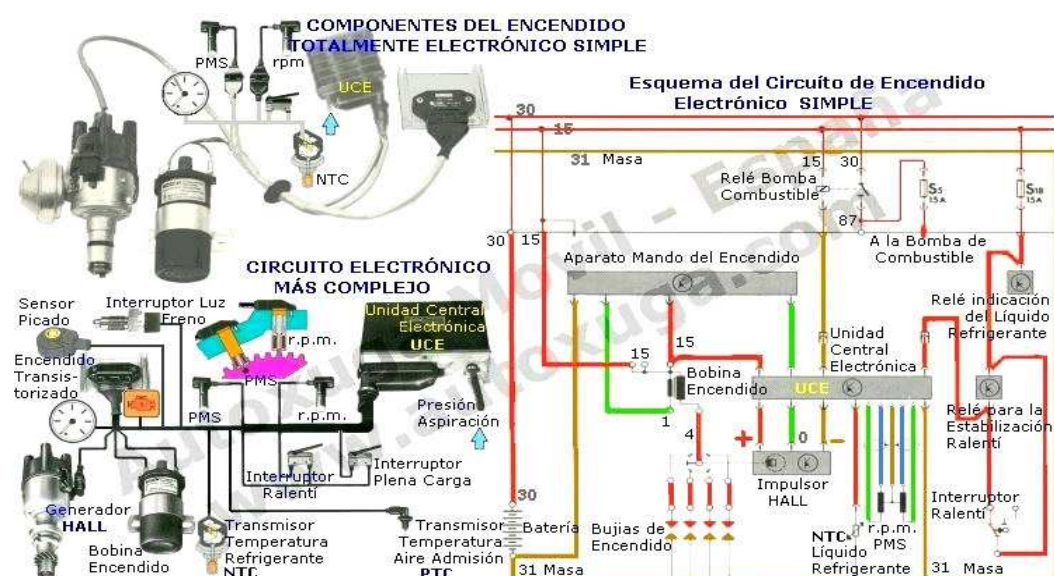
### **A. FUNCIONAMIENTO DEL ENCENDIDO TOTALMENTE ELECTRÓNICO:**

La Unidad Central Electrónica (ECU) va al calcular el momento del encendido de acuerdo con los datos que se introdujeron a la ECU a través de software y según diseño de los valores de Resistencias, Condensadores, Transistores, etc. e incluso, en las actuales ECUs, se emplean chips y microprocesadores para los distintos circuitos internos, por ser más fiables y económicos.

El momento o ángulo de encendido correcto para todos los estados de servicio son recogidos por la ECU a través de los distintos Componentes que miden:

- Régimen r.p.m. motor y posición PMS que le envían los Sensores.
- Presión en Colector Admisión medido por el Transmisor ó Resistencia PTC.
- Temperatura motor enviada por el Transmisor ó Resistencia inversa NTC.
- Posición mariposa según la posición del reostado en eje mariposa.

Figura 10: **Funcionamiento del encendido totalmente electrónico**



Fuente: [www.autoxuga.com](http://www.autoxuga.com)

## B. DIAGNOSIS ENCENDIDOS ELECTRÓNICOS:

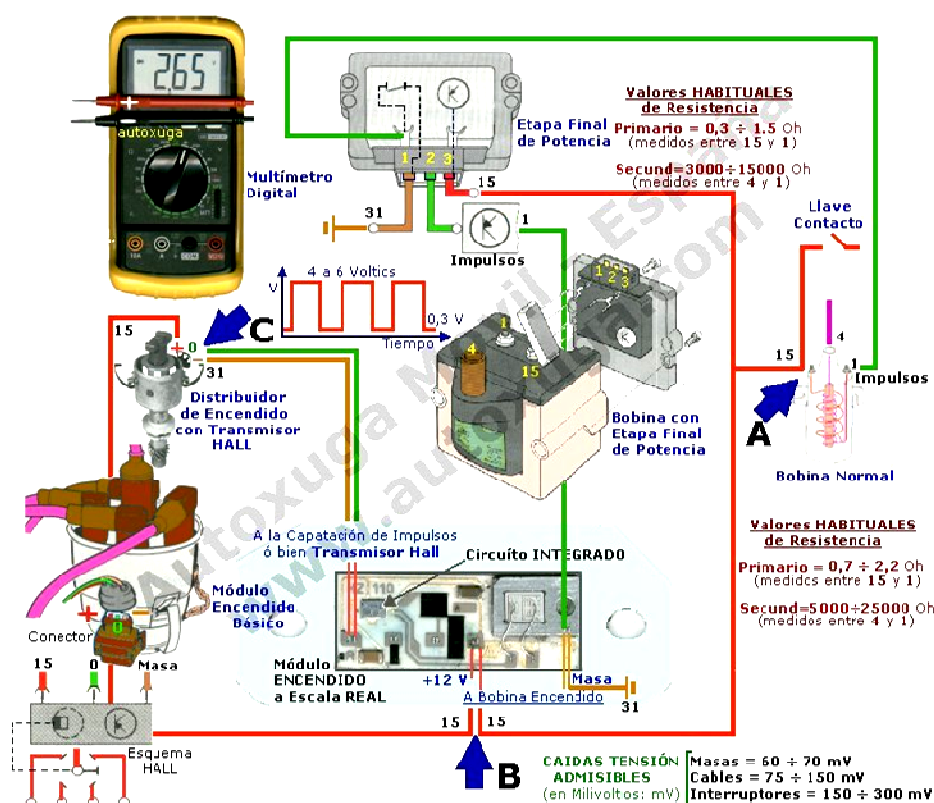
- **PRIMER PASO.-** Conectar llave encendido ó contacto, y comprobar con un Multímetro en medida Tensión corriente continua (DC, escala 20 V) que llegue Tensión de Batería señalada como (15) Positivo, a la Bobina de Encendido (A). La Tensión de Batería si la carga es del 80 al 90% debe estar comprendida entre 12,50 a 12,70 V. Si la Tensión de Batería es inferior a 12,30 V, conviene RECARGARLA, desconectando los BORNES (+) y (-) Batería para no deteriorar los Módulos Electrónicos. Para control de Resistencia Primario Bobina se pone el

Multímetro en medida Resistencia (escala 200) y la Resistencia Secundario en escala: 20k (20.000 Oh) ó 200k.

- **SEGUNDO PASO.-** Controlar que llegue Tensión de Batería al Módulo Encendido (B) que en muchos coches forma parte de la ECU. En todo caso debe verificarse que la masa sea correcta, no admitiéndose Caídas de Tensión superiores a 70 mV medidos en (DC, escala V - 200m). Para medir la Caída de Tensión se conectará la Punta roja del Multímetro en el CABLE (+) de la Batería (o al mismo Borne + de la Batería), y la Punta NEGRA se pinchará o conectará en el sitio de la medición (en este caso, el Módulo de Encendido, o bien la ECU). Los valores leídos en el Multímetro indicarán las caídas ó pérdidas de Tensión producidas en ese tramo de línea por el que circula la Corriente y que va a producir un calentamiento de la Instalación, no admitiéndose Caídas de Tensión entre Fuente Energía y Punto utilización superior al 5% con consumos de uso normales. Las precauciones sobre Caídas de Tensión son similares a las adoptadas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en las MI BT 021 Y MI BT 029 y que se sugiere no sobrepasar.
- **TERCER PASO.-** Verificar el funcionamiento del HALL que está instalado en el mismo Distribuidor de Encendido; y se puede hacer de dos maneras:
  - 1ª.- Se comprueba que al Distribuidor de Encendido, señalado como **(C)** en el dibujo, le llega Tensión de Batería; y que la Masa sea la correcta. Entonces, se conecta un LED entre el cable marcado con un **(0)** en el conector y Masa que estará marcado con un **(-)**. Se hace girar el encendido, y el LED se iluminará intermitentemente; pero esta prueba no es muy correcta ya que el LED suele alumbrar con 2 V, siendo esta Tensión insuficiente para un ÓPTIMO funcionamiento del motor. Se recomienda por tanto:
  - 2ª.- Desconectar los cables**(C)** que llegan al Distribuidor de Encendido desde el Módulo de Encendido Electrónico (ó ECU) para hacer girar el Rotor con Ventanas del Distribuidor a través de girar una rueda con una marcha metida. Se pone el Multímetro en medidas de Tensión para Corriente Continua (DC, escala 20 V), y conectando el Cable rojo del Multímetro en **(0)** del conector del

Distribuidor, el Cable negro se conectará al (-). Así se controlará la Tensión pulsante por flancos de Subida y Bajada que debiera estar comprendida entre 4 ÷ 6 V la máxima, y 0,3 V la mínima ó Masa. La Etapa Final de Potencia se verificará de la misma manera que el Distribuidor: Con LED o con Multímetro.

Figura 11: **Diagnostico y prueba para la etapa de encendido**



Fuente: [www.autoxuga.com](http://www.autoxuga.com)

### C. ESQUEMA CIRCUITOS DE CORRIENTE DE UN ENCENDIDO ELECTRÓNICO

Puestas las piezas para que sean más comprensibles las explicaciones del Esquema de Circuitos de Corriente, para una lectura superficial se detalla lo siguiente:

- UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO:**

El Aparato de Mando ó Unidad Central Electrónica (ECU) gestiona las señales que recibe de los distintos Transmisores y Sensores calculando a partir de esas señales el ángulo de encendido óptimo para enviar la señal de encendido al



Aparato de Mando CONEXIÓN: TSZ, limitando además las revoluciones del motor a unas 7.500 r.p.m. según Presión del Colector Admisión e impulsos Bobina Encendido. Controla además, que tras conectar el encendido y si el motor está parado desconecte la Bomba al cabo de 1 ó 2 seg. Lo que hace la ECU es interrumpir el NEGATIVO que le envía al Relé Bomba Combustible.

- **Aparato de Mando CONEXIÓN Ó TSZ:**

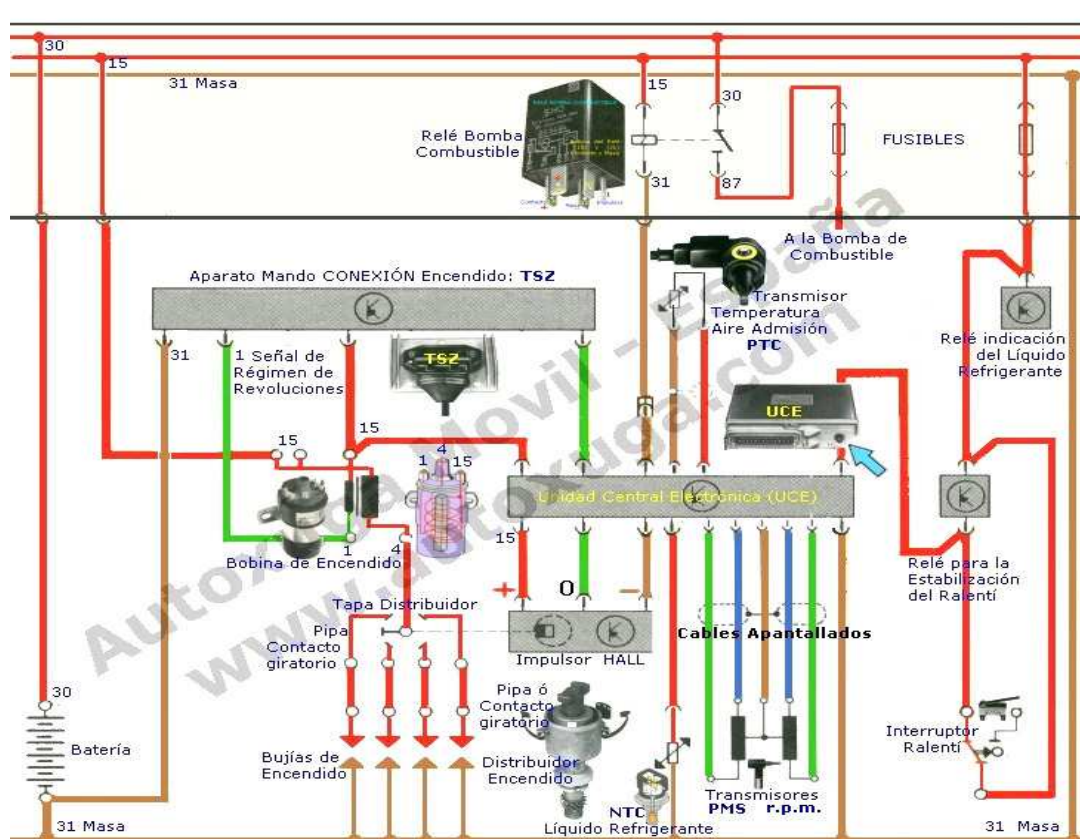
En el Circuito expuesto, el TSZ está montado externamente, pero las ECUs actuales lo llevan en su interior y se encarga de conectar y desconectar la corriente del Primario de la Bobina para limitarla a unos 7,5 Amperios. Otra función de este Aparato es que al conectar el Encendido, si no hay señales de r.p.m., desconecta al cabo de 1 ó 2 seg. la corriente del Primario de la Bobina.

- **Impulsor HALL:**

Este Transmisor recibe una tensión de alimentación (+) a través de la ECU y devuelve a la ECU (y esta al Aparato Mando), los datos de r.p.m del motor.

Otros componentes tales como: Transmisor Temperatura Aire Admisión que es una Resistencia PTC (aumenta de valor su Resistencia al aumentar la Temperatura); Sensor Temperatura Líquido Refrigerante que es una Resistencia NTC (disminuye de valor su Resistencia al aumentar la Temperatura), y los Transmisores de r.p.m. y del PMS que cuentan dientes del volante motor y nº de vueltas del mismo, siendo simples componentes que envían valores a la ECU informándole de lo que pasa en el motor, pero que es imprescindible conocer a fondo los fundamentos de los circuitos para entender el funcionamiento de los Encendidos Electrónicos.

Figura 12: Circuito de corriente de encendido

Fuente: [www.autoxuga.com](http://www.autoxuga.com)

#### D. CAMPO DE CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UN MOTOR:

El Transmisor Temperatura Refrigerante del motor (es una Resistencia NTC que quiere decir que trabaja al revés ya que aumentando la Temperatura, disminuye el valor de la Resistencia), indica a la ECU la Temperatura del motor, y va a influir en el momento de encendido ya que en Fase de Calentamiento, el Momento de Encendido está regulado como máximo a  $10^\circ$  en dirección Avance; y una vez caliente el motor, el momento de encendido se desplaza al valor óptimo según programó el Fabricante de la ECU (Bosch; Siemens, Magneti-Marelli, Sagem, Hitachi, etc.) para obtener el máximo rendimiento del motor y mínimos consumos.

Por otro lado, la ECU recibe otros valores de Resistencia ó Tensión de Sensores y Transmisores: Presión Tubo Aspiración; Hall, y otros Sensores, dependiendo del Sistema de alimentación (KE-Jetronic; KE-Motronic; Digifant; Motronic; Mono-

Motronic; SEFI; MFI; MPI; Multec; Simtec, etc.) el cual son más o menos complejos pero funcionan todos de la misma manera, excepto que unos tienen 4 ó 5 Sensores y otros 15, 16 ó más, dependiendo que controlen Emisiones Ecológicas, etc. pero que van a ser similares. La ECU, al recibir todos los valores de Resistencia o de Tensión, envía a los inyectores la cantidad (caudal) correcta de Combustible (regulado a través del Tiempo Inyección en milisegundos), así como el avance de encendido óptimo e idóneo.

La programación de la ECU para que ordene un Angulo de Encendido óptimo comprende 256 momentos distintos de Encendido y que es el resultado de la intersección de los valores de Presión Tubo Aspiración (0,2...0,4, etc.) con r.p.m. (1.000...2.000, etc.) y que viene a ser el resultado de  $16 \times 16 = 256$

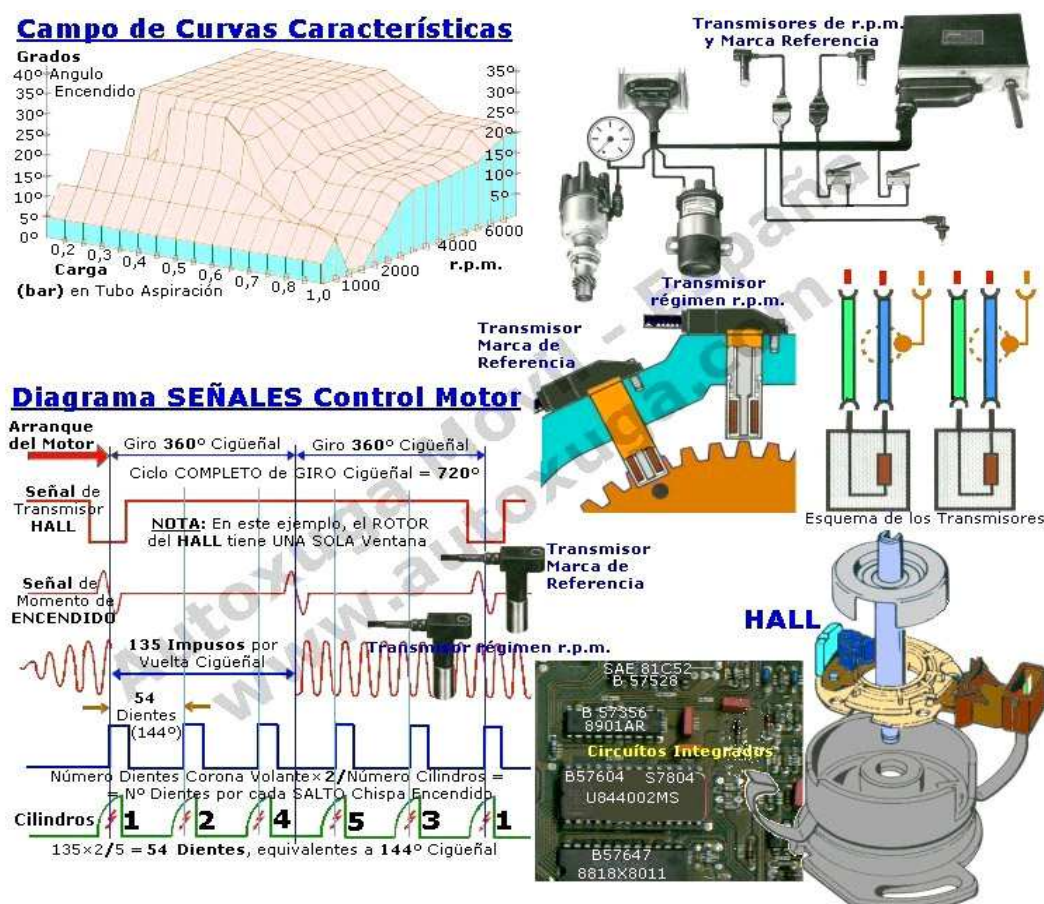
- Ayudas para un DIAGNOSTICO elemental:

En caso de avería de algún Transmisor importante (Temperatura, etc.), la ECU envía un Momento de Encendido de emergencia (unos 5º antes del P.M.S) para que el coche pueda acudir a un Taller a reparar el fallo. Si falla el Transmisor HALL, la ECU no recibe r.p.m. y el motor no arranca. Con avería en Sensor Aspiración, se percibe que el coche consume mucho. Derivado a masa el Sensor Temperatura, la ECU recibe -10°C, y da tirones. Sensores Picado; Sonda Lambda; Caudalímetro, etc. dan otros distintos fallos. Las reparaciones con éxito se harán conociendo funcionamiento de sensores. No basta con el chequeo del Escaner que viene a ser como el termómetro para las enfermedades. Un Médico cura por sus conocimientos.

- Transmisores: Régimen r.p.m., y Marca de Referencia:

Son Transmisores inductivos (ver apartado anterior sobre inducción) que generan impulsos según dientes Corona y pivote o ranura que exista en Corona o contrapeso muñón Biela. La ECU recibe los Impulsos de Tensión que se indican en el Diagrama señales Control Motor. El microprocesador de la ECU calcula los 54 Dientes para este caso que es un motor de 5 Cilindros, y en función del resto de Transmisores y Sensores, hace saltar la chispa en el momento idóneo en cada Cilindro. Se pone una parte de una ECU con Integrados para ver sus denominaciones.

Figura 13: Campo de curvas características de un motor

Fuente: [www.autoxuga.com](http://www.autoxuga.com)

## E. CURVAS CARACTERÍSTICAS O CARTOGRÁFICAS DE MOTORES Y ECUS

Los temas expuestos pretenden dar a conocer algunas teorías para que los profesionales las amplíen con otros nuevos ensayos. Las curvas se obtuvieron de un motor con 3.280 kms de uso y los valores de depresión y avance del encendido se plasmaron en el gráfico llevándose los datos extraídos sobre los ejes: Avance; Carga; r.p.m. La conclusión que podemos sacar es que conociendo a fondo las bases de funcionamiento de los motores se mejorará en eficacia y calidad de los trabajos y se orientará a los Clientes a que hagan los cuidados preventivos siguientes:

- Filtros aire y aceite limpios; de calidad y de marcas acreditadas.
- Aceite motor homologado por el a.p.i. y cambios cada 5 ó 6.000 kms.
- Observar los bajos del coche con relativa frecuencia.
- **Funcionamiento de Transmisores y Sensores del Motor:**

Como sabemos que el máximo rendimiento de un motor va a depender del Avance; Depresión y, r.p.m.; se recuerda, que el avance depende de las r.p.m. y depresión o presión de entrada de aire a los cilindros ya que el campo óptimo de funcionamiento de un motor va a coincidir con el mínimo gasto de combustible y máximas prestaciones del motor; por ejemplo:

CAUDALÍMETRO: En muchos manuales refiriéndose a estos componentes que miden el Flujo, Masa o Admisión de Temperatura Aire se suelen referir a: Sensor de Presión; Sensor Flujo Masa Aire; Sensor Temperatura Aire Admisión, etc. y las montadoras para confundir dan valores en Ohmios; Voltios. Veamos unos ejemplos de Sensores Temperatura Aire Admisión:

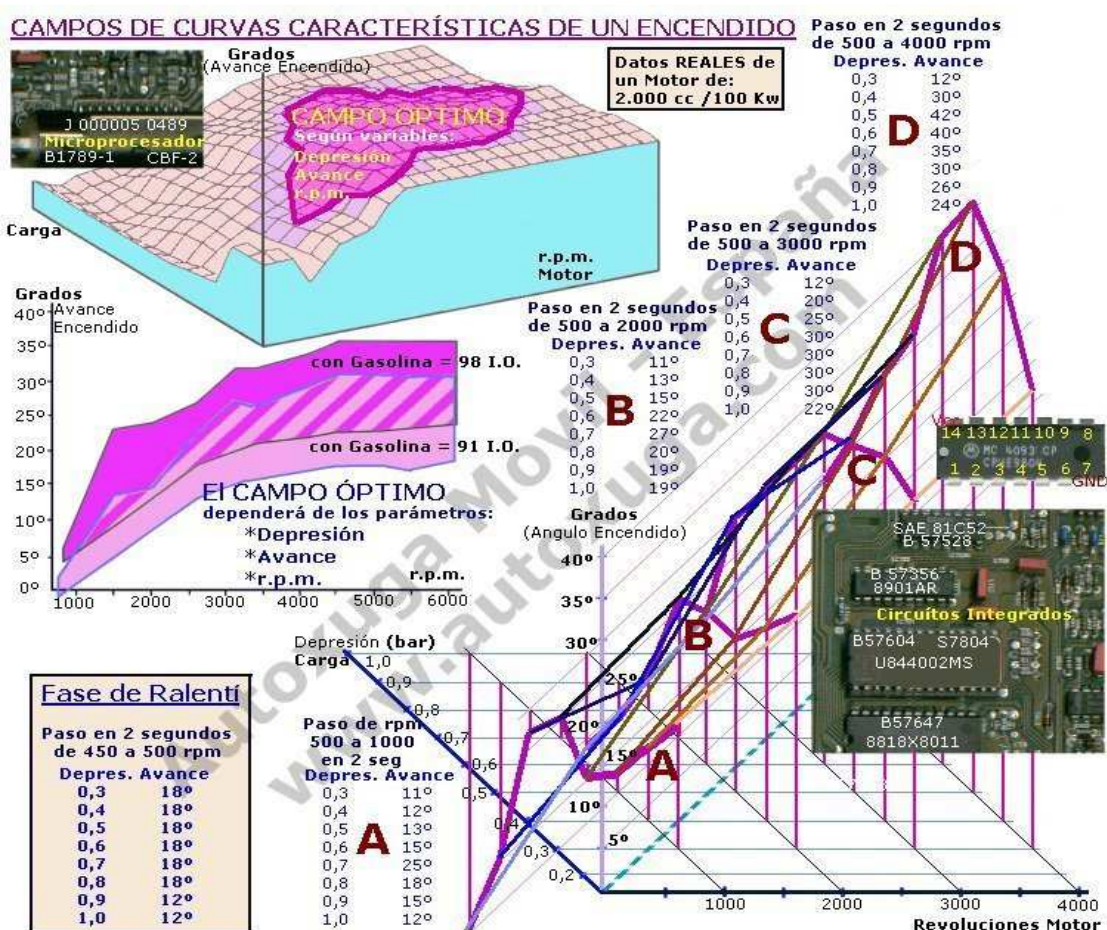
- MARCA (a).- Valores de Resistencia a 20°C = 1600 a 2800 Ohmios.
- MARCA (b).- Valores: a 20°C = 2.200 Ohmios; a 80°C = 320 Ohmios.
- MARCA (c).- Valores: a 20°C = 38.000 Ohmios; a 80°C = 3.800 Ohmios.
- MARCA (d).- Valores: a 20°C = 6.000 Ohmios; a 80°C = 600 Ohmios.

- **CONCLUSIÓN:** Sabiendo cómo funcionan los componentes del motor, se miden estos elementos con un multímetro y vamos a tener la garantía de que sabemos exactamente cómo va a afectar la variación de resistencia que tenga el componente ya que las tolerancias de inicio son muy elevadas, y aunque sobrepasen el rango no va a afectar en gran medida sobre el funcionamiento del motor; pero si acudimos a un aparato de diagnosis escaner, (tantos aparatos como Marcas, o sino el Universal que no estará al día) y que cada uno va a costar 5.000 Euros, nos puede pasar lo siguiente:

- **Introducción al Análisis de Fallos:**

Realmente el diagnóstico y averías en los motores son más sencillos de lo que parece a simple vista. No obstante, con insuficientes conocimientos y basándose solo en los Aparatos de Diagnóstico ó Escáner, los problemas pueden acentuarse y complicarse ya que estos aparatos solo revisan circuitos según rutina de software introducida en la ECU, y es probable que el aparato informe de averías que el coche no tiene; y si las tiene, es posible que sean intrascendentes para su funcionamiento. Pongamos un ejemplo práctico: Un coche de gasolina no ralentizaba bien, echaba mucho humo blanco y no rendía su motor. Revisando con el escaner de la Marca, indicó fallos en: Sonda Lambda; Caudalímetro; Estabilizadora Ralentí y Sensor Calentado de Oxígeno. Colocadas las piezas "defectuosas", ascendió la factura a 990 Euros, y el coche aún no quedó bien porque según criterio técnico era necesario sustituir la ECU con coste superior a 1.000 Euros por ser la causante final de los problemas. Este caso real se resolvió de esta manera: el coche no rendía y se debía a que el caudalímetro tenía el Hilo de Platino recubierto por Barnices de Aceite, también se detectó el catalizador fundido formando el elemento Cerámico una Bola (no observándose este fallo en la Diagnóstico y Reparación), y el filtro de aire de "competición" estaba totalmente obstruido. Se volvieron a colocar las piezas "deterioradas", añadiendo un catalizador, y quedándose el Cliente con las piezas nuevas, aunque se tuvo que anular la recirculación gases escape porque conectaron a masa indebidamente un circuito de corriente de la ECU y deterioraron el Integrado de la Válvula Cadenciométrica; pero, excepto esta función, la ECU trabaja correctamente, aunque sin esta mejora que apenas se percibe.





**Fuente: [www.autoxuga.com](http://www.autoxuga.com)**

### 2.2.10 CONEXIÓN DE PC Y AUTOMÓVIL (OBD-II)

Para determinar una falla, los vehículos actuales cuentan con un puerto llamado OBD-II [10], con este puerto se puede detectar los errores del vehículo, La ECU lleva en su programación la facilidad de enviar a un escáner o un PC [11] unos códigos con el cual se puede identificar la fallas, las fallas generalmente son sensores o en las etapas del ECU.

Los vehículos actuales cuentan con unidades de control muy sofisticadas, ya que los escáner pueden manipular el sistema sin necesidad de intervención de conductor, pueden simular una falla o simplemente determinar las con cuanto de gasolina entra al motor o saber que pieza está con un voltaje inadecuado.

El sistema OBD II controla virtualmente todos los sistemas de control de emisiones y componentes que puedan afectar los gases de escape o emisiones evaporarias. En muchos casos, un mal funcionamiento puede ser detectado antes que las emisiones excedan en 1,5 veces los niveles estándar para emisiones a 50 mil millas o 100 mil millas.

Si un sistema o componente ocasiona que se supere el umbral máximo de emisiones o no opera dentro de las especificaciones del fabricante, un DTC (Diagnostic Trouble Code) debe ser almacenado y la lámpara MIL deberá encenderse dentro de dos ciclos de conducción.

El sistema OBD II realiza controles para detectar funcionamientos erróneos en los sistemas de control de emisiones y componentes.

Un DTC es almacenado en la Memoria de Almacenamiento Activa (PCM Keep Alive Memory - KAM) cuando un mal funcionamiento es inicialmente detectado. En muchos casos la MIL es iluminada después de dos ciclos de uso consecutivos en los que estuvo presente la falla.

Una vez que la MIL se ha iluminado, deben transcurrir tres ciclos de uso consecutivos sin que se detecte la falla para que la MIL se apague.

El DTC será borrado de la memoria después de 40 ciclos de arranque y calentamiento del motor después que la MIL se halla apagado.

En adición a las especificaciones y estandarizaciones, muchos de los diagnósticos y operaciones de la MIL requieren en OBD II el uso de Conector de Diagnóstico standard (Diagnostic Link Connector - DLC), enlaces de comunicaciones y mensajes standard, DTCs y terminologías estandarizados.

Ejemplos de información de diagnóstico standard son los Datos Congelados en Pantalla (Freeze Frame Data) y los Indicadores de Inspección y Mantenimiento (Inspection Maintenance Readiness Indicators - IM). Los datos congelados describen los datos almacenados en la memoria KAM en el momento que la falla es inicialmente detectada. Los datos congelados contienen parámetros tales como RPM



y carga del motor, estado del control de combustible, encendido y estado de la temperatura de motor.

Los datos congelados son almacenados en el momento que la primera falla es detectada, de cualquier manera, las condiciones previamente almacenadas serán reemplazadas si una falla de combustible o pérdida de encendido (misfire) es detectada. Se tiene acceso a estos datos con un scanner para recibir asistencia en la reparación del vehículo.

Los indicadores IM - OBD II muestran si todos los controles OBD II han sido completados desde que la memoria KAM fue borrada. FORD además almacena un DTC - P1000 para indicar que algunos controles no han sido realizados. En ciertos estados (U.S.A.), esto es necesario cuando debe realizarse un chequeo OBD para renovar la matriculación de un vehículo. Los indicadores IM deben mostrar que todos los controles han sido completados antes de realizar el chequeo OBD.

### **2.2.11 SEÑALES DE ENTRADA A LA ECU**

La combustión principal del motor consta de las siguientes señales principales que son:

- Señal del sensor de posición del servomotor
- señal del sensor de temperatura del combustible.
- Señal del sensor de elevación de aguja.
- Señal del sensor de régimen (rpm).
- Señal del sensor de temperatura del refrigerante motor.
- Señal del medidor del volumen de aire
- Señal del sensor NTC de temperatura de aire.
- Señal del sensor de posición del pedal del acelerador.
- Señal del sensor de presión atmosférica que se encuentra en la misma ECU.
- Se tienen otras señales de entrada en caso de que el vehículo monte caja de cambios automática, aire acondicionado e inmovilizador.

### 2.2.12 SEÑALES DE SALIDA DE LA ECU

- Señal de control del servomotor (obturador)
- Señal de control de la válvula magnética
- Señal de control de la válvula de STOP.
- Señal de control del de inyección.
- Señal de control del relé que alimenta a los electroventiladores.
- Señal de control de ignición.
- Señal de control de la presión del tubo.
- Se tienen otras señales de salida en caso de que el vehículo monte inmovilizador y otros extras.

### 2.2.13 DEFINICIÓN DE SEÑALES

Junto con las clasificaciones de señales mostradas a continuación, es importante entenderlas

#### ▪ SEÑAL ANALÓGICA

Una **señal analógica** es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura, mecánicas, etc.

#### ▪ SEÑAL DIGITAL

Señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético en que cada signo que codifica el contenido de la misma puede ser analizado en término de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango. Por ejemplo, el interruptor de la luz sólo puede tomar dos valores o estados: abierto o cerrado, o la misma lámpara: encendida o apagada (véase circuito

de conmutación). Esto no significa que la señal físicamente sea discreta ya que los campos electromagnéticos suelen ser continuos, sino que en general existe una forma de discretizarla unívocamente.

Los sistemas digitales, como por ejemplo el ordenador, usan lógica de dos estados representados por dos niveles de tensión eléctrica, uno alto, H y otro bajo, L (de *High* y *Low*, respectivamente, en inglés). Por abstracción, dichos estados se sustituyen por ceros y unos, lo que facilita la aplicación de la lógica y la aritmética binaria. Si el nivel alto se representa por 1 y el bajo por 0, se habla de lógica positiva y en caso contrario de lógica negativa.

Cabe mencionar que, además de los niveles, en una señal digital están las transiciones de alto a bajo y de bajo a alto, denominadas flanco de bajada y de subida, respectivamente.

#### **2.2.14 SOFTWARE**

Son las instrucciones responsables de que el hardware (la maquina) realice su tarea como concepto general, el software puede dividirse en varias categorías basadas en el tipo de trabajo realizado. Las dos categorías primarias del software son los sistemas operativos y el software de aplicación, que dirige a las distintas tareas para que se utilicen las computadoras.

##### **A) APLICACIONES DEL SOFTWARE**

El software puede aplicarse en cualquier situación.

- **El software de tiempo real.**

El software mide, analiza controla sucesos del mundo real con forme ocurren, se denominan en tiempo real.

- **Software de control**

Es un Software que tiene por objetivo resolver uno o varios problemas mediante una secuencia lógica gracias a una serie de operaciones dando pie a una relación, análisis, almacenaje manejo y consolidación de los datos suministrados en un computador

- **Software de ingeniería y científico**

Esta caracterizado por el manejo de números algorítmicos

- **Software de inteligencia artificial**

El Software de IA hace uso de algoritmos no numéricos para resolver problemas complejos para los que no son adecuados el cálculo o el análisis directo. El área mas activa de la IA es la de los sistemas expertos también llamados sistemas basados en conocimientos

### **2.2.15 DISEÑO DE SISTEMA**

El diseño es un conjunto de pasos repetitivos que permiten al diseñador describir todos los aspectos del sistema a construir

- **Diseños de entradas**

Las entradas se introducirán mediante diversos dispositivos por ejemplo el teclado y se convertirán en señales electrónicas que pueden ser procesadas por un micro controlador

- **Diseño de la interfaz**

Describe como comunica el Software consigo mismo con los sistemas que operan junto con él y con los operadores y usuarios que los emplean

- **Diseño de salida**

En este caso la salida se refiere a los resultados e informaciones generadas por el sistema para la mayoría de los usuarios la salida es la única razón para el desarrollo de un sistema y la base de evaluación de su utilidad, Los resultados se transmitían a uno de los dispositivos de salida, por ejemplo una impresora o monitor.

## **2.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO**

### **2.3.1 INGENIERÍA DE SOFTWARE**

La ingeniería de Software es la aplicación práctica del conocimiento científico en el desarrollo y construcción de programas de computadora y la documentación necesaria requerida para desarrollar, operar, funcionar y mantenerlos (BOHEM 1976)

La ingeniería de Software es una tecnología por la que el conocimiento de investigación se traslada a aplicaciones que satisfacen necesidades humanas mediante una secuencia de planes proyectos y programas de proyectos (HALL 1962)

La ingeniería de Software trata del establecimiento de los principios y métodos de la ingeniería a fin de obtener software de modo rentable y que sea fiable y trabaje en maquinas reales (BAUER 1972)

La aplicación de un enfoque sistemático disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación (funcionamiento) y mantenimiento del software es decir la aplicación de La ingeniería de Software (EEE 1993)

En general la ingeniería de sistemas es entonces un conjunto organizado de cosas o partes interactuantes e interdependientes que se relacionan formando un todo unitario y complejo

### **2.3.2 CICLO DE VIDA EN ESPIRAL**

El **desarrollo en espiral** es un modelo de ciclo de vida del software definido por primera vez por Barry Boehm en 1988, utilizado generalmente en la Ingeniería de software. Las actividades de este modelo se conforman en una espiral, en la que cada bucle o iteración representa un conjunto de actividades. Las actividades no están fijadas a priori, sino que las siguientes se eligen en función del análisis de riesgo, comenzando por el bucle interior.

#### **A) FASES DEL MODELO EN ESPIRAL**

Las fases son las siguientes:

## ▪ INGENIERÍA DEL SISTEMA

Identificar y documentar los requerimientos exactos del sistema según las necesidades de los usuarios finales, cualidades del sistema, funcionales, y no funcionales.

## ▪ ANÁLISIS

En esta fase se analizan las necesidades de los usuarios finales del software para determinar qué objetivos debe cubrir. De esta fase surge una memoria llamada SRD (documento de especificación de requisitos), que contiene la especificación completa de lo que debe hacer el sistema sin entrar en detalles internos.

Es importante señalar que en esta etapa se debe **consensuar** todo lo que se requiere del sistema y será aquello lo que seguirá en las siguientes etapas, no pudiéndose requerir nuevos resultados a mitad del proceso de elaboración del software.

## ▪ DISEÑO

Se descompone y organiza el sistema en elementos que puedan elaborarse por separado, aprovechando las ventajas del desarrollo en equipo. Como resultado surge el SDD (Documento de Diseño del Software), que contiene la descripción de la estructura relacional global del sistema y la especificación de lo que debe hacer cada una de sus partes, así como la manera en que se combinan unas con otras.

Es conveniente distinguir entre diseño de alto nivel o arquitectónico y diseño detallado. El primero de ellos tiene como objetivo definir la estructura de la solución (una vez que la fase de análisis ha descrito el problema) identificando grandes módulos (conjuntos de funciones que van a estar asociadas) y sus relaciones. Con ello se define la arquitectura de la solución elegida. El segundo define los algoritmos empleados y la organización del código para comenzar la implementación.

## ▪ CODIFICACIÓN

Es la fase en donde se implementa el código fuente, haciendo uso de prototipos así como de pruebas y ensayos para corregir errores.

Dependiendo del lenguaje de programación y su versión se crean las bibliotecas y componentes reutilizables dentro del mismo proyecto para hacer que la programación sea un proceso mucho más rápido.

#### ▪ **PRUEBA**

Los elementos, ya programados, se ensamblan para componer el sistema y se comprueba que funciona correctamente y que cumple con los requisitos, antes de ser entregado al usuario final.

#### ▪ **UTILIZACIÓN**

Es la fase en donde el usuario final ejecuta el sistema, para ello el o los programadores ya realizaron exhaustivas pruebas para comprobar que el sistema no falle.

#### ▪ **MANTENIMIENTO**

Una de las etapas que creo considerables porque se destina un 75% de los recursos, es la manutención del Software ya que al utilizarlo como usuario final puede ser que no cumpla con todas nuestras expectativas.

### **2.3.3 ESTIMACIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO**

El Modelo Constructivo de Costes (Constructive Cost Model) fue desarrollado por B. W. Boehm a finales de los 70 y comienzos de los 80, exponiéndolo detalladamente en su libro "Software Engineering Economics" (Prentice-Hall, 1981).

Las ecuaciones de estimación del esfuerzo de desarrollo tienen la forma

$$E = a_1 S^{b_1} m(X)$$

- Con:
- S el número de miles de líneas de código fuente
  - $m(X)$  es un multiplicador que depende de 15 atributos
  - En la siguiente tabla se muestran los coeficientes para los diferentes modos

**Tabla 5: COEFICIENTES COCOMO MODELO INTERMEDIO**

	Intermedio			
<i>Modo</i>	$a_i$	$b_i$	$c_i$	$d_i$
Orgánico	2.4	1.05	2.5	0.38
Semiencajado	3.0	1.12	2.5	0.35
Empotrado	3.6	1.2	2.5	0.32

Fuente: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

#### ▪ **MODELO INTERMEDIO**

En este modelo se introducen 15 atributos de coste para tener en cuenta el entorno de trabajo. Estos atributos se utilizan para ajustar el coste nominal del proyecto al entorno real, incrementando la precisión de la estimación.

#### **A) ECUACIONES NOMINALES DE COSTE**

Para cada modo de desarrollo, los 15 atributos del coste intervienen como multiplicadores en el coste nominal,  $K_n$ , para producir el coste ajustado.

Las ecuaciones nominales de coste para el modelo intermedio so:

- modo orgánico  $K_n = 3.2 S_k^{1.05}$
- modo semiencajado  $K_n = 3.0 S_k^{1.12}$
- modo empotrado  $K_n = 2.8 S_k^{1.20}$

Notemos que:

Los exponentes son los mismos que los del modelo básico, confirmando el papel que representa el tamaño;



Los coeficientes de los modos orgánico y empotrado han cambiado, para mantener el equilibrio alrededor del semiencajado con respecto al efecto multiplicador de los atributos de coste.

## **B) ATRIBUTOS DE COSTE**

Estos atributos tratan de capturar el impacto del entorno del proyecto en el coste de desarrollo. De un análisis estadístico de más de 100 factores que influyen en el coste, Boehm retuvo 15 de ellos para COCOMO.

Estos atributos se agrupan en cuatro categorías: atributos del producto, atributos del ordenador, atributos del personal y atributos del proyecto.

### **(1) Atributos del producto**

- RELY: garantía de funcionamiento requerida al software
- DATA: tamaño de la base de datos
- CPLX: complejidad del producto

### **(2) Atributos del ordenador**

- TIME: restricción de tiempo de ejecución
- STOR: restricción del almacenamiento principal
- VIRT: volatilidad de la máquina virtual
- TURN: tiempo de respuesta del ordenador

### **(3) Atributos del personal**

- ACAP: capacidad del analista
- AEXP: experiencia en la aplicación
- PCAP: capacidad del programador
- VEXP: experiencia en máquina virtual
- LEXP: experiencia en lenguaje de programación

### **(4) Atributos del proyecto**

- MODP: prácticas de programación modernas
- TOOL: utilización de herramientas software
- SCED: plan de desarrollo requerido.

Cada atributo se cuantifica para un entorno de proyecto. La escala es muy bajo -- bajo -- nominal -- alto -- muy alto -- extremadamente alto.

En la tabla se muestran los valores del multiplicador para cada uno de los 15 atributos. Estos 15 valores se multiplican al  $K_n$ , y nos proporciona el esfuerzo ajustado al entorno.

### **C) SIGNIFICADO DE LOS ATRIBUTOS**

#### **a) RELY**

Indica las posibles consecuencias para el usuario en el caso que todavía existan defectos en el producto. Una puntuación 'muy baja' indica que solamente hace falta eliminar los defectos sin ninguna otra consecuencia.

- "very low": el efecto de un fallo del software simplemente trae como consecuencia la inconveniencia de corregir el fallo.
- "low": el efecto de un fallo software es una pérdida fácilmente recuperable para los usuarios.
- "nominal": el efecto es una moderada pérdida para los usuarios, pero es una situación de la que se puede salir sin excesiva dificultad.
- "high": el efecto es una gran pérdida financiera o una inconveniencia masiva humana.
- "very high": el efecto es una pérdida de vidas humanas.

#### **b) DATA**

Indica el tamaño de la base de datos a desarrollar en relación con el tamaño del programa. Tenemos cuatro segmentos con la razón 10-100-1000, que determinan las puntuaciones de 'bajo' a 'muy alto'.

**c) CPLX**

Indica la complejidad de cada módulo y se utiliza para determinar la complejidad compuesta del sistema. Entonces la puntuación puede variar de 'muy bajo' si el módulo está compuesto de expresiones matemáticas simples a 'extremadamente alto' para módulos que utilizan muchos recursos de planificación.

**d) TIME**

Siempre será más exigente para un programador escribir un programa que tiene una restricción en el tiempo de ejecución. Esta puntuación se expresa en el porcentaje de tiempo de ejecución disponible. Es 'nominal' cuando el porcentaje es el 50%, y 'extremadamente alto' cuando la restricción es del 95%.

**e) STOR**

Se espera que un cierto porcentaje del almacenamiento principal sea utilizado por el programa. El esfuerzo de programación se incrementa si el programa tiene que correr en un volumen menor del almacenamiento principal. STOR captura este esfuerzo extra de 'nominal' cuando la reducción del almacenamiento principal es del 50% a 'extremadamente alto' cuando la reducción es del 95%.

**f) VIRT**

Durante el desarrollo del software la máquina (hard y soft) en la que el programa se va a desarrollar puede sufrir algunos cambios. VIRT lo refleja desde 'bajo' a 'muy alto'.

**g) TURN**

Cuantifica el tiempo de respuesta del ordenador desde el punto de vista del programador. Cuanto mayor sea el tiempo de respuesta, más alto será el esfuerzo humano. TURN puede variar desde 'bajo' para un sistema interactivo a 'muy alto', cuando el tiempo medio de respuesta es de más de 12 horas.

**h) ACAP**

La capacidad del grupo de analistas, en términos de habilidad de análisis, eficiencia y capacidad para cooperar tiene un impacto significativo en el esfuerzo humano.

Cuanto más capaz sea el grupo, menos esfuerzo será necesario. ACAP puede variar desde 'muy bajo' a 'muy alto'.

#### **i) AEXP**

La experiencia del grupo en una aplicación similar tiene una gran influencia en el esfuerzo. Puede variar desde 'muy bajo' (menos de cuatro meses de experiencia) a 'muy alto' (mayor de 12 años de experiencia).

- "very low": < 4 meses experiencia media
- "low": 1 año de experiencia media
- "nominal": 3 años de experiencia media
- "high": 6 años de experiencia media
- "very high": > 12 años, o re implementación de un subsistema

#### **j) PCAP**

La cuantificación es similar a la de ACAP, pero en este caso relacionado con los programadores. Se aplica a los programadores como grupo, pero no a los programadores individuales.

#### **k) VEXP**

Cuanto mayor sea la experiencia del grupo de programación con el procesador, menor será el esfuerzo necesario. VEXP puede variar desde 'muy bajo', cuando la experiencia es menor de un mes, a 'alto' cuando esta experiencia es mayor de 3 años.

- "very low": < 1 mes experiencia media
- "low": 4 meses
- "nominal": 1 año
- "high": > 3 años

## **l) LEXP**

Un grupo de programadores con amplia experiencia en un lenguaje determinado programará de una manera mucho más segura, generando un menor número de defectos y de requerimientos humanos. Puede variar desde 'muy bajo' a 'alto' para un grupo de un mes a tres años de experiencia, respectivamente.

- "very low": < 1 mes experiencia media
- "low": 4 meses de experiencia media
- "nominal": 1 año de experiencia media
- "high": > 3 años

## **m) MODP**

Utilización de modernas prácticas de programación. Varía de 'muy bajo' a 'muy alto'. Estas prácticas incluyen, por ejemplo, programación estructurada y desarrollo 'top-down'.

- "very low": no se utilizan prácticas modernas de programación -PMP-
- "low": uso experimental de algunas PMP
- "nominal": experiencia razonable en el uso de algunas PMP
- "high": experiencia razonable en gran parte de PMP
- "very high": uso habitual de PMP

## **n) TOOL**

El uso adecuado de herramientas software es un multiplicador de la productividad. La puntuación de TOOL varía desde 'muy bajo' cuando sólo se utilizan herramientas básicas, a 'muy alto' cuando se utilizan herramientas específicas.

## **o) SCED**

El tiempo nominal de desarrollo, tal como se define en el modo básico, es el plazo que requiere menor esfuerzo humano. Cualquier apresuramiento ('muy bajo') o retraso ('muy alto') demandarán más esfuerzo.

### **2.3.4 DEFINICIÓN DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

El método presenta una tipología de investigaciones, se refiere al alcance que puede tener una investigación científica. La tipología considera cuatro clases de investigaciones:

- Exploratorias
- Descriptivas
- Correlacionales
- Explicativas

Esta clasificación es muy importante, debido al tipo de estudio que se investigue.

Para el trabajo de investigación se tomará en tipo de investigación correlacional.

### **2.3.5 INVESTIGACIÓN CORRELACIONAL**

Los estudios correlacionales miden dos o más variables, que se pretende ver si están o no relacionadas en los mismos sujetos, y después se analiza la correlación.

La utilidad y el propósito principal de los estudios correlacionales es cómo saber si se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otra. Es decir, para intentar predecir el valor aproximado que tendrá un grupo de objetos en una variable, es saber los valores que tendrán las variables relacionadas.

Este tipo de investigación proporciona mucha facilidad en el campo de las variables que se verá más adelante, la ECU tiene sensores y actuadores, que serán vistas como variable que se correlacionarán unas con otras para así dar mayor fiabilidad en todo el proceso de elaboración e implementación de la nueva ECU.

## **CAPÍTULO III**

# **MARCO PRÁCTICO**

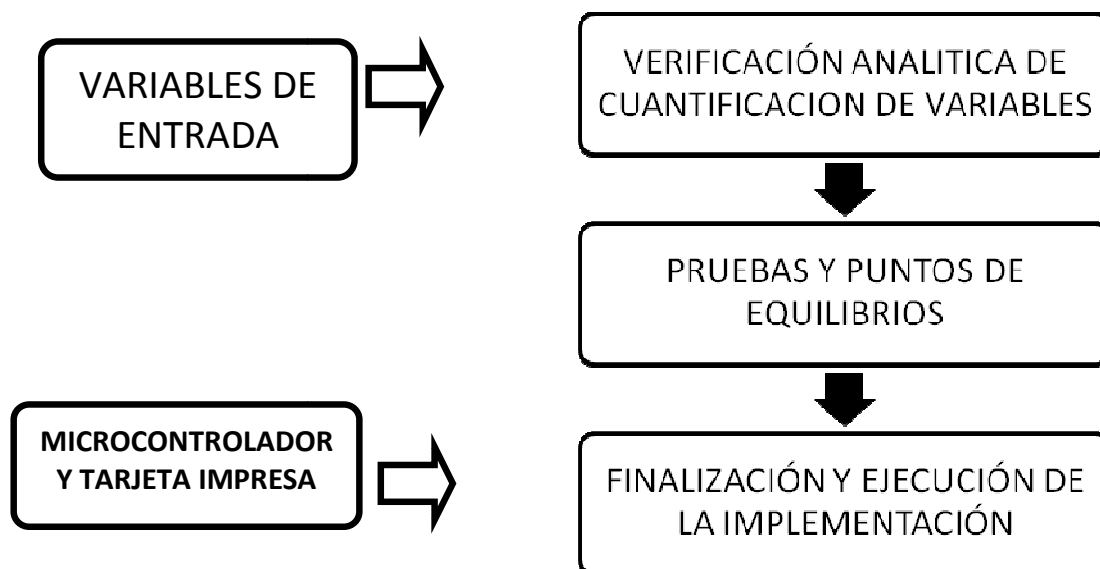
### **3.1 ANÁLISIS EXPERIMENTAL**

- **PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS EXPERIMENTALES**

El trabajo de investigación fue desarrollado para la observación de variables y sus respectivas “causa y efecto”

Para la verificación en pruebas y banco de Datos se resume de la siguiente manera:

Figura 15: **Esquema del procedimiento de análisis experimental**



**Fuente: Elaboración propia**

Para el presente trabajo se utilizó los siguientes materiales y equipos.

- Para la etapa de verificación de voltajes de sensores se utilizó el tester.
- Para determinar los ciclos y las frecuencias del micro controlador se utilizó un osciloscopio.
- Información detalla de los vehículos y manuales de reparación de cada marca<sup>2</sup>.

Así mismo se utilizó scanner de vehículos, reprogramadores de llaves, compresores de motor, manómetros de gasolina, para determinar el estado del motor.

### **3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL**

#### **▪ EXPERIMENTO PURO O AUTÉNTICO**

---

<sup>2</sup> Solo vehículos de procedencia asiática y americana



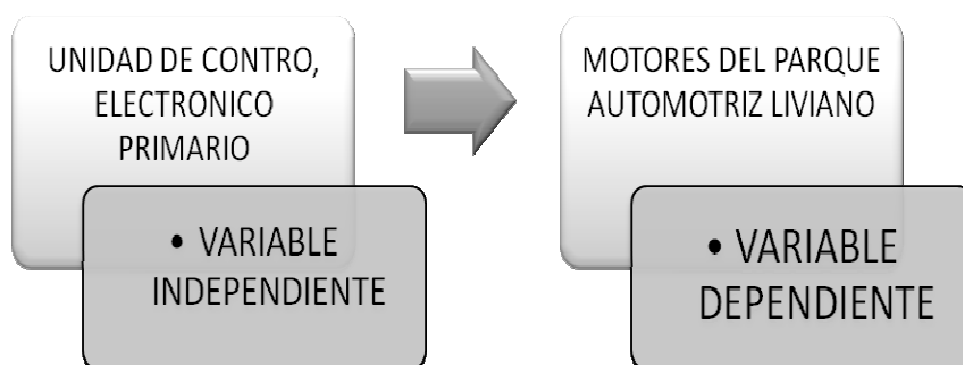
El motor depende de la unidad de control según su origen, y se dice que, el motor cumple funciones similares con otros motores<sup>3</sup>, pero al combinarlas con otros modelos, ocasionaría muchas dificultades, es por eso que no se puede implantar algo universal, si se toma en cuenta lo que el fabricante puso como condición de funcionamiento para su determinado motor como:

- TOYOTA
- MITSUBISHI
- NISSAN
- SUBARU
- ETC.

La unidad de control primario puede ser establecida para cualquier tipo de motor siempre y cuando se conozca las señales de entrada de cada vehículo, las señales de salida, y el procesamiento de datos que emana la misma ECU; los fabricantes de cada vehículo no aceptan las similitudes, es por eso que las entradas de señales son distintas.

Como se muestra en la hipótesis se define las variables dependientes e independientes detalladas a continuación:

Figura 16: **Correlación de variables**



**Fuente: Elaboración propia**

---

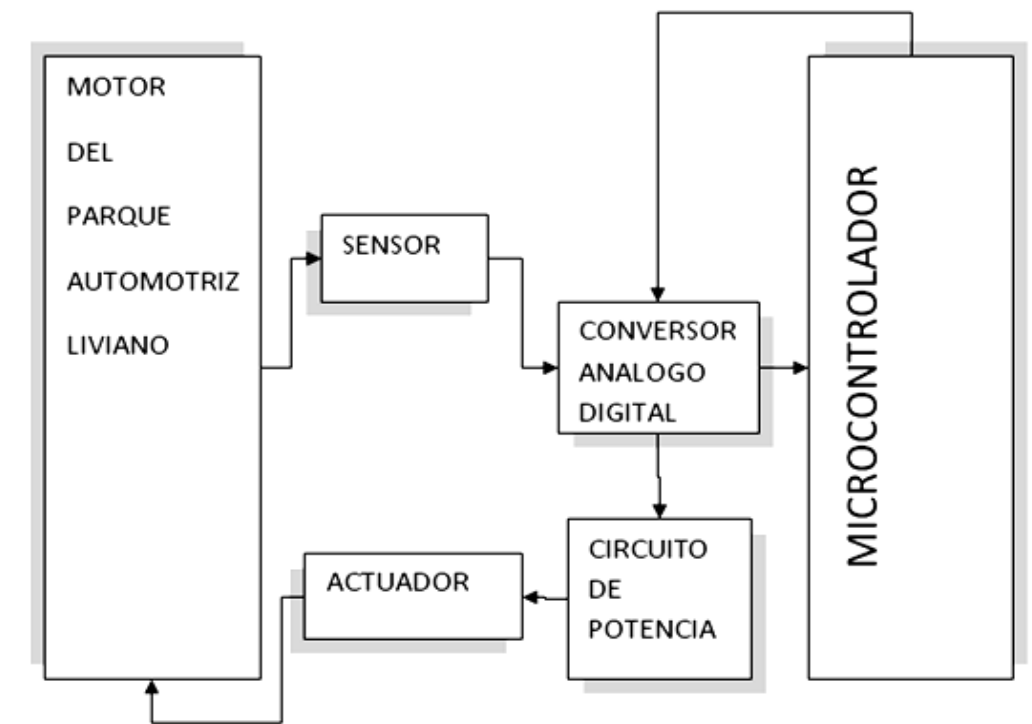
<sup>3</sup> Solo Motores del parque automotriz liviano

### 3.1.2 SISTEMA BASE DE IMPLANTACIÓN DE LA NUEVA (ECUP)

El sistema basado en el presente estudio de investigación, son los sistemas de control de motor, ya que, con los principios estudiados se determina la secuencia de Sensores y Actuadores en el motor del parque automotriz liviano.

Esta forma de estudio se lleva a cabo de la siguiente manera:

Figura 17: **DIAGRAMA DE SISTEMA A APLICAR EN LA NUEVA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO PRIMARIO (ECUP)**

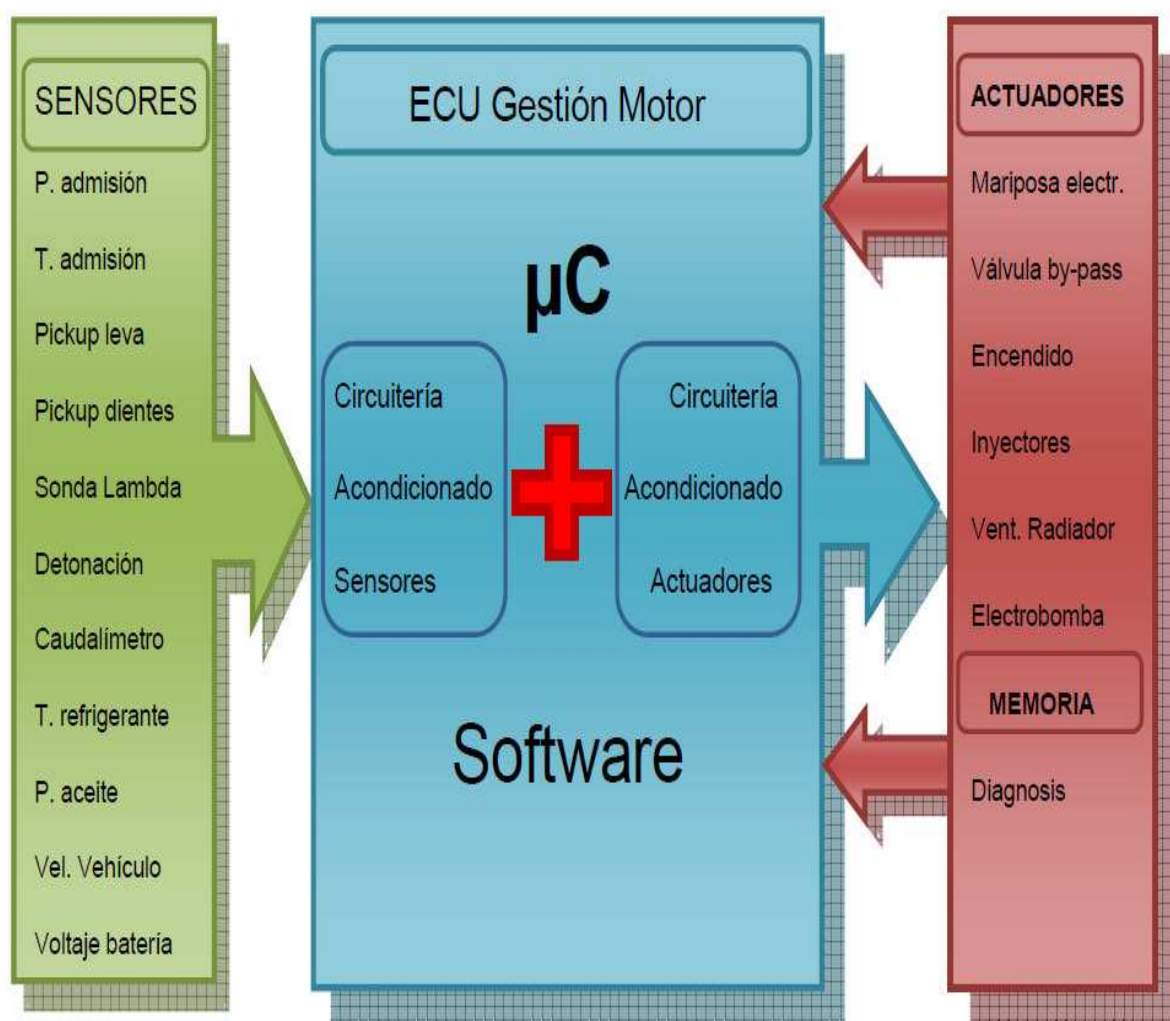


Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.3 DIAGRAMA CONVENCIONAL DE LA ECU DEL MOTOR

En el diagrama se representa de forma esquemática la arquitectura de una ECU genérica, para la gestión del motor así como las interacciones con las diferentes señales tanto de entrada como de salida.

Figura 18: **Arquitectura genérica de una ECU para la gestión del motor**



**Fuente: Sistema de control, inyección y encendido, para motores térmicos y alternativos de ciclo Otto basado en programación abierta bajo LabVIEW elaborado por: Alejandro Pérez Rodríguez**

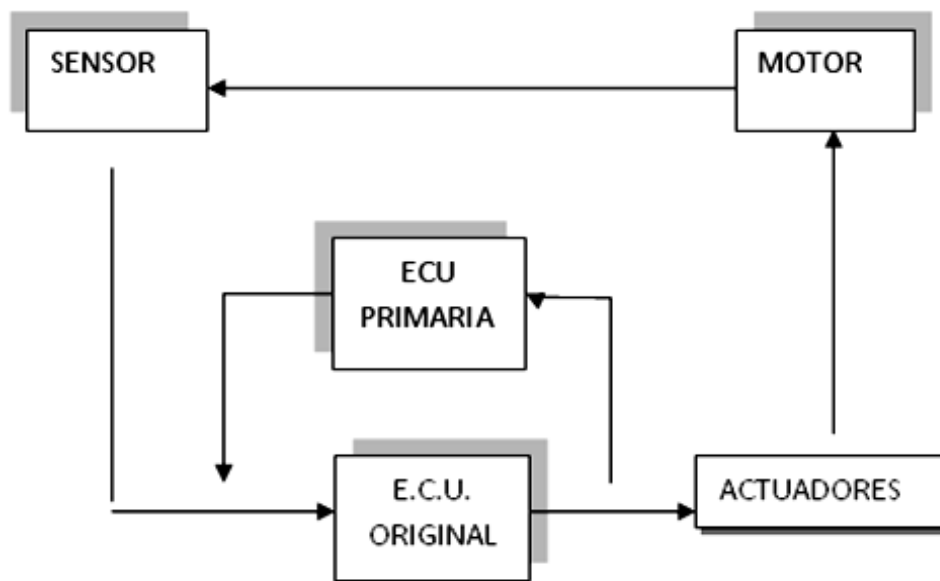
Conociendo el cimiento del sistema de la Unidad de control electrónica primaria (ECUP) se obtiene procedimiento y el aporte del presente trabajo de investigación.

A continuación se detalla la implementación de la nueva unidad de control electrónica primaria.

### 3.1.4 DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA PROPUESTO

Se pretende realizar un ECU primario para el soporte de la ECU original, dándole mayor solución a los problemas que se presentan, esta ECU primaria dará el control primario para el funcionamiento del motor.

Figura 19: Diagrama de procedimiento del sistema propuesto



Fuente: Elaboración propia

## 3.2 DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN Y MUESTREO

En la definición de la población y muestreo el trabajo de investigación da dos parámetros que se los divide de la siguiente forma:

- Macro localización
- Micro localización

### 3.2.1 MACRO LOCALIZACIÓN

La macro localización esta puesta en la ciudad de La Paz, esto nos dice que la cantidad de vehículos es la siguiente:

Tabla 6: **CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR DEPARTAMENTO**

DEPARTAMENTO	2008		2009	
	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL
CHUQUISACA	32,811	3,81	35,97	3,89
<b>LA PAZ</b>	<b>224,252</b>	<b>26,05</b>	<b>235,742</b>	<b>25,52</b>
COCHABAMBA	197,919	22,99	213,085	23,06
ORURO	50,569	5,87	53,929	5,84
POTOSI	30,857	3,58	32,527	3,52
TARIJA	43,91	5,10	48,884	5,29
SANTA CRUZ	252,01	29,27	273,785	29,64
BENI	10,511	1,22	11,93	1,29
PANDO	18	2,09	18	1,95
<b>TOTAL</b>	<b>860,839</b>	<b>100</b>	<b>923,852</b>	<b>100</b>

**Fuente: REGISTRO UNICO PARA LA ADMINISTRACIÓN TRIBUTARIA  
MUNICIPAL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA (INE)**

Nota: Pando es declarado por Ley Zona Franca por lo que el registro de Vehículos no es Obligatorio

La tabla anterior muestra que el departamento de La Paz tiene alrededor de 235742 vehículos con una participación porcentual del 25.5 %

La macro localización esta puesta en los talleres que se encuentran en la ciudad de La Paz, este es uno de los puntos donde empezó el trabajo de implementación, además se cuenta con las empresas aseguradoras de vehículos, las cuales se detallan a continuación.

Tabla 7: **EMPRESAS ASEGURADORAS DE VEHÍCULOS**

<b>No.</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DETALLE</b>
<b>1</b>	COMPAÑIA DE SEGUROS Y REASEGUROS FORTALEZA S.A.	<b>Dirección:</b> Edif. Fortaleza Av. Arce y Cordero (Central) - La Paz, <b>LA PAZ</b> <b>Teléfono:</b> (591-2) 2434142
<b>2</b>	CONSEGUR S.R.L. CORREDORES Y ASESORES DE SEGUROS	<b>Dirección:</b> Edif. Alborada P. 4 Of. 405, c. Mercado - La Paz, <b>LA PAZ</b> <b>Teléfono:</b> (591-2) 2201578
<b>3</b>	CONSULTORES DE SEGUROS S.A	<b>Dirección:</b> Av. Sánchez Lima Nro 2231 R.Gutierrez.y F.Guachalla - La Paz, <b>LA PAZ</b> <b>Teléfono:</b> (591-2) 2422922
<b>4</b>	CREDINFORM INTERNATIONAL S.A. DE SEGUROS	<b>Dirección:</b> c. Potosí, esq. Ayacucho Nro.1220 (Central) - La Paz, <b>LA PAZ</b> <b>Teléfono:</b> (591-2) 2315566
<b>5</b>	LA BOLIVIANA CIACRUZ DE SEGUROS Y REASEG. S.A.	<b>Dirección:</b> c. Colón Nro. 288 (Central) - La Paz, <b>LA PAZ</b> <b>Teléfono:</b> (591-2) 2203131
<b>6</b>	NACIONAL VIDA SEGUROS DE PERSONAS S.A	<b>Dirección:</b> c. Goitia Nro. 188, esq. Capitán Ravelo (Central) - La Paz, <b>LA PAZ</b> <b>Teléfono:</b> (591-2) 2442942
<b>7</b>	ALIANZA - CIA DE SEGUROS	<b>Dirección:</b> Av. 20 de Octubre Nro. 2680 - La Paz, <b>LA PAZ</b> <b>Teléfono:</b> (591-2) 2432121
<b>8</b>	ADRIATICA SEGUROS Y REASEGUROS S.A.	<b>Dirección:</b> Edif. Aspiazu Av.20 de Oct. Nro. 2095 (Sopocachi) - La Paz, <b>LA PAZ</b> <b>Teléfono:</b> (591-2) 2420011
<b>9</b>	BISA SEGUROS Y REASEGUROS S.A	<b>Dirección:</b> Av. 16 de Julio, Edif. San Pablo, Piso 13 (Central) - La Paz, <b>LA PAZ</b> <b>Teléfono:</b> (591-2) 2352123

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 MICRO LOCALIZACIÓN

El micro localización se ubica en el sitio donde surge la investigación, esta se encuentra en la Zona Villa Bolívar A en la Av. Héroes del Kilometro 7 de la Ciudad de El Alto, esta ubicación consta de tres talleres Autorizados:

- AUTOMOTIVE REPAIR STATION “KASDABOL” S.R.L.
- TECMECAR
- MECATRONICA

Dos Talleres no Autorizados:

- MECATRONICA JOVANNI
- MECATRONICA BETO

Se toma en cuenta al Taller KASDABOL S.R.L. porque es el cimiento de la investigación, así como los otros talleres donde se evidencio la falta de asistencia técnica.

En el ANEXO A se detalla por mes la cantidad de vehículos con fallas en el Micro controlador:

### 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DETALLADA DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

En la Operacionalización de las variables, se toma en cuenta las siguientes variables:

- Variable independiente → ECUP
- Variable dependiente → Motor (parque automotriz liviano de la Ciudad de La Paz)
- Variable controlada e Independiente → Sensores primarios

### **3.4 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

El proceso de la implementación de la nueva Unidad de Control Electrónico Primario da a entender que la factibilidad de los recursos utilizados (los sensores), pueden llegar a dar soluciones convincentes en el campo de la electrónica automotriz, y de talleres de inyección electrónica.

Esto puede ayudar a entender el comportamiento de los distintos motores que se encuentra en nuestro medio.

Es necesario antes de iniciar una breve exposición de los diferentes sistemas electrónicos, que participan en la gestión de los motores de combustión interna justificar el motivo por el que el sector del automóvil, cada día más, apuesta por la electrónica y la microprogramación.

La importancia de la electrónica y la programación en la automoción en valores, son los siguientes:

- Actualmente la electrónica supone un 30% del coste de un automóvil.
- En los próximos años un 90% de las innovaciones se desarrollarán en este campo.
- En la actualidad cada coche posee en su interior 50 unidades de control.
- Entre un 70 – 80% de las averías son electrónicas y software
- La electrónica y la microprogramación supone una gran inversión, un aumento del número de fallos y de averías, así como grandes beneficios.

#### **3.4.1 ANÁLISIS MATEMÁTICO**

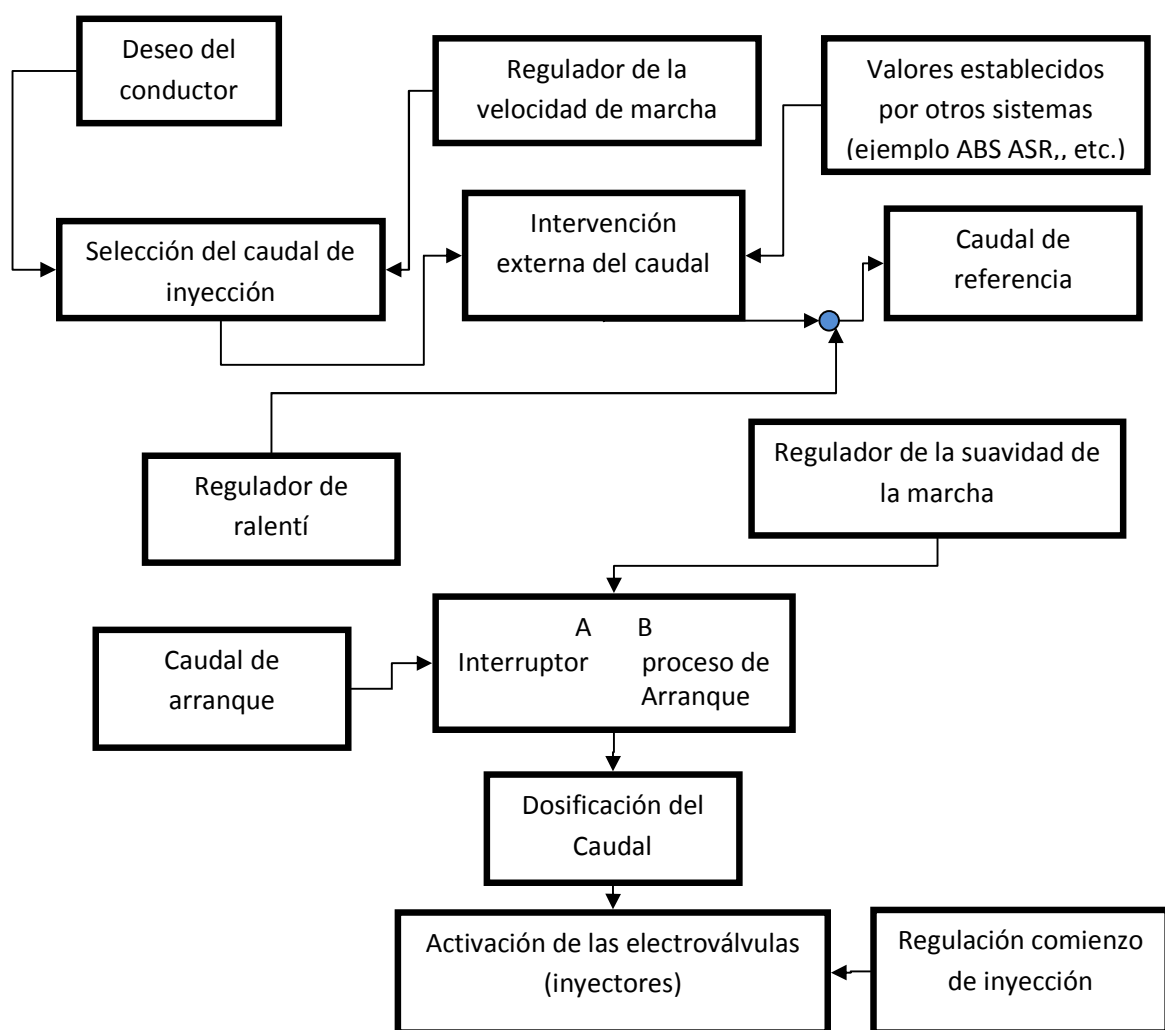
En Ingeniería el análisis matemático para el diseño, simulación, construcción de prototipos e implementación definitiva de los mismos, es una herramienta fundamental, puesto que, la matemática aplicada permite diseñar algoritmos y procedimientos para modelar, representar, simplificar y evaluar sistemas electrónicos y de inyección electrónica en la aplicación de Automóviles como se ve en este trabajo de estudio.



Se puede describir los algoritmos matemáticos utilizados, para el diseño, análisis e implementación del sistema de instrumentación electrónica, de esta manera, se da a conocer los fundamentos matemáticos utilizados en Ingeniería, partiendo de un análisis teórico de los principios de operación y configuración de los componentes.

### 3.4.2 ALGORITMO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR (SECUENCIA DE ENCENDIDO Y PUESTA EN MARCHA)

Figura 20: Algoritmo de funcionamiento del motor



Fuente: Enciclopedia Manual De Automóvil

### 3.5 IMPLEMENTACIÓN DE LA NUEVA UNIDAD DE CONTROL

Para la implementación de la nueva unidad de control electrónico se toma como referencia las funciones matemáticas que fueron extraídas en los laboratorios de técnicos en inyección electrónica y que serán estudiados para las funciones elementales del funcionamiento de un motor.

#### 3.5.1 CONVERSIONES DE DATOS A UNIDADES MEDIBLES EN EL MICROCONTROLADOR.

Para las mediciones de datos se tomo como muestra los datos de las siguientes marcas:

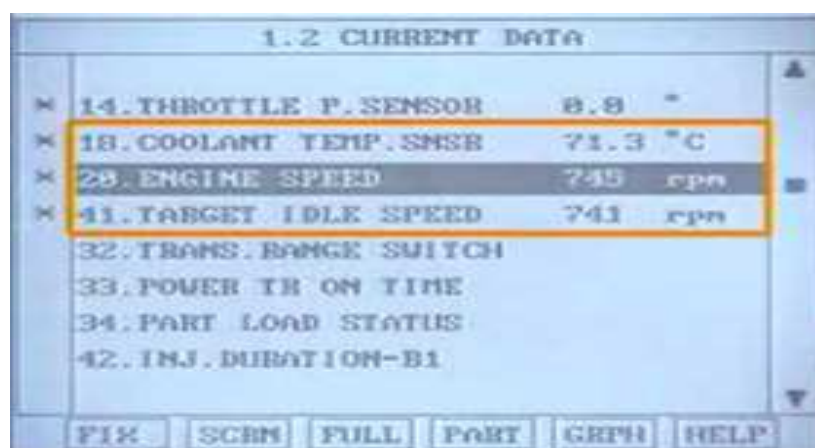
- MITSUBISHI MONTERO
- HONDA ACCORD
- TOYOTA COROLLA

Los detalles de las marcas mencionadas se encuentran en los Anexos B,C y D

#### 3.5.2 MODELOS MATEMÁTICOS PARA LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL VEHICULO Y DATOS COMPARATIVOS CON EL PROYECTO

##### ▪ SENSOR DE TEMPERATURA

Figura 21: Grafica del sensor de temperatura obtenida por scanner de vehículo



Fuente: Propia del Autor

Para realizar el siguiente estudio de entrada de señal del sensor de temperatura se aplicará la siguiente fórmula:

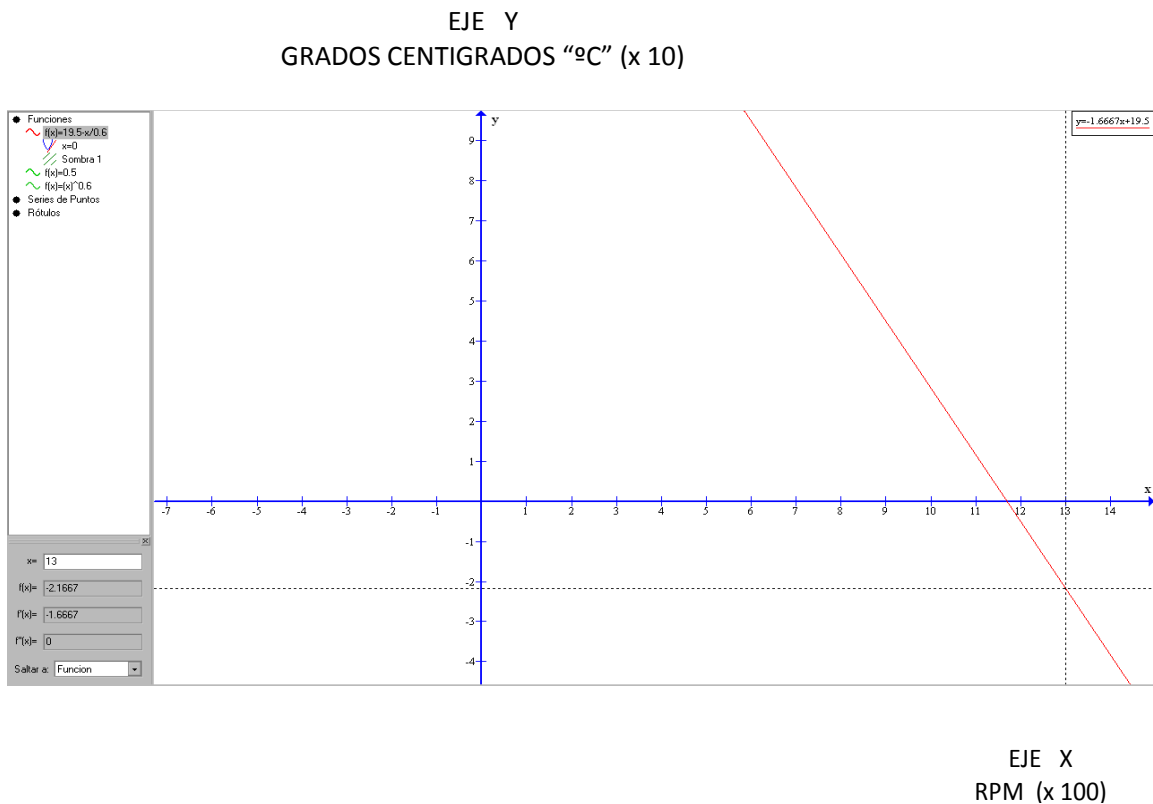
$$F(X) = - (1,6667 X) + 19,5$$

#### FORMULA DESARROLLADA POR FABRICANTE BOSCH

Donde:  $X = \text{RPM (X 100)}$

$Y = ^\circ\text{C (X 10)}$

Figura 22: **Grafica del sensor de temperatura**



**Fuente: Elaboración propia**

Tabla 8: Resultados del sensor de temperatura

Grados Centígrados	R.P.M.
178,333	100
161,666	200
144,999	300
128,332	400
111,665	500
94,998	600
78,331	700
61,664	800
44,997	900
28,33	1000
11,663	1100
-5,004	1200
-21,671	1300
-38,338	1400
-55,005	1500

Ecuación utilizada:

$$F(X) = - (1,6667 * X) + 19,5$$

#### ▪ SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DEL ACELERADOR

Figura 23: Grafica del sensor de posición de la mariposa obtenida por scanner de vehículo



Fuente: Tec. Daniel Pari Propietario del taller Kasdabol

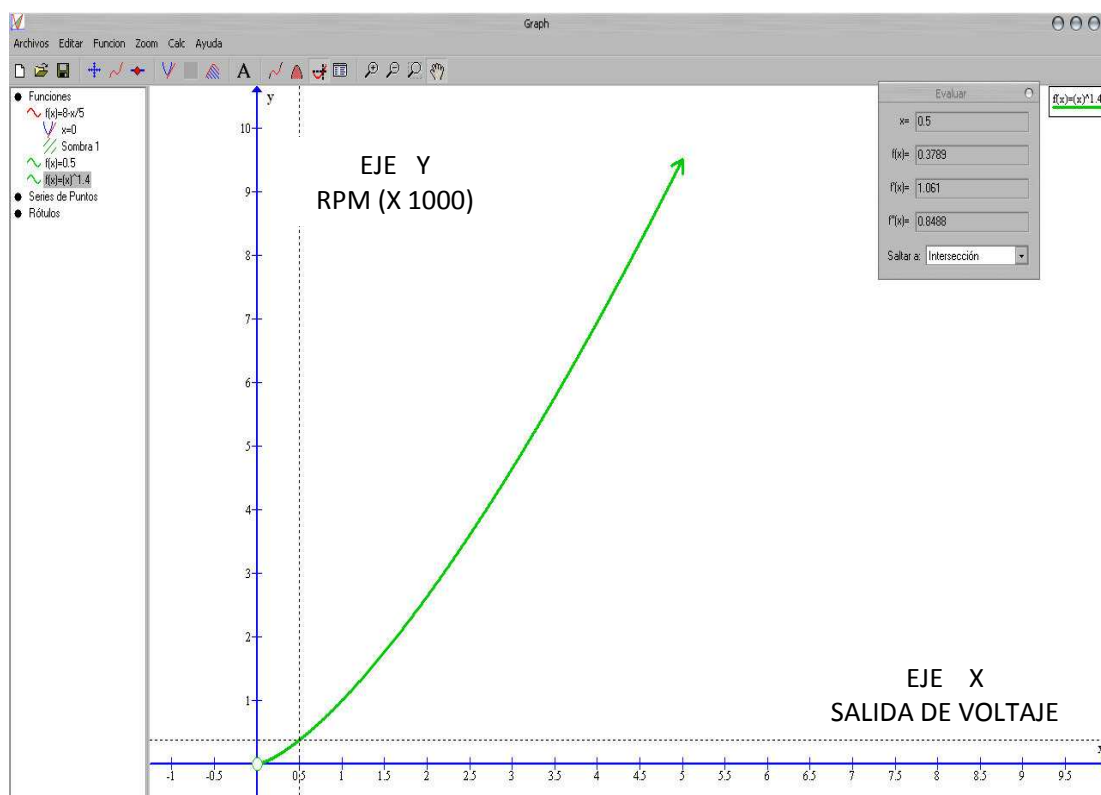
La ECU determina mediante la señal de la posición de la mariposa del acelerador, la aceleración o desaceleración, incremento o decremento de la inyección. El modelo matemático es la siguiente:

$$f(x) = (x)^{1.4}$$

Donde:  $F(x) = \text{RPM} (x \ 1000)$

X= salida de voltaje (en mV)

Figura 24: Gráfica del sensor de posición de la mariposa del acelerador



Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: **RESULTADOS DEL SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA (TPS)**

RMP	Voltajes
1000	1
1143	1,1
1291	1,2
1444	1,3
1602	1,4
1764	1,5
1931	1,6
2102	1,7
2277	1,8
2456	1,9
2639	2
2826	2,1
3016	2,2
3209	2,3
3406	2,4
3607	2,5
3810	2,6
4017	2,7
4227	2,8
4440	2,9
4656	3

RPM	Voltaje
4874	3,1
5096	3,2
5320	3,3
5547	3,4
5777	3,5
6009	3,6
6244	3,7
6482	3,8
6722	3,9
6964	4
7209	4,1
7457	4,2
7706	4,3
7959	4,4
8213	4,5

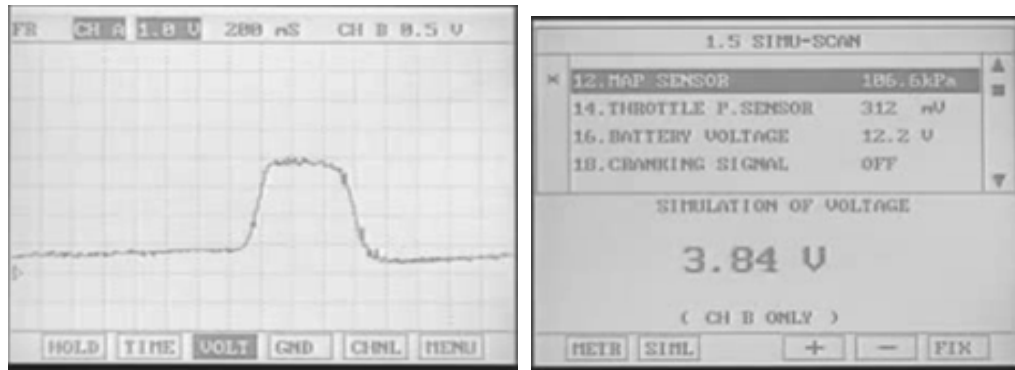
**Ecuación utilizada:**

$$f(x) = (x)^{1,4}$$

Fuente: Elaboración propia

## ▪ SENSOR MAP

Figura 25: Gráfica del sensor de presión absoluta obtenida por scanner

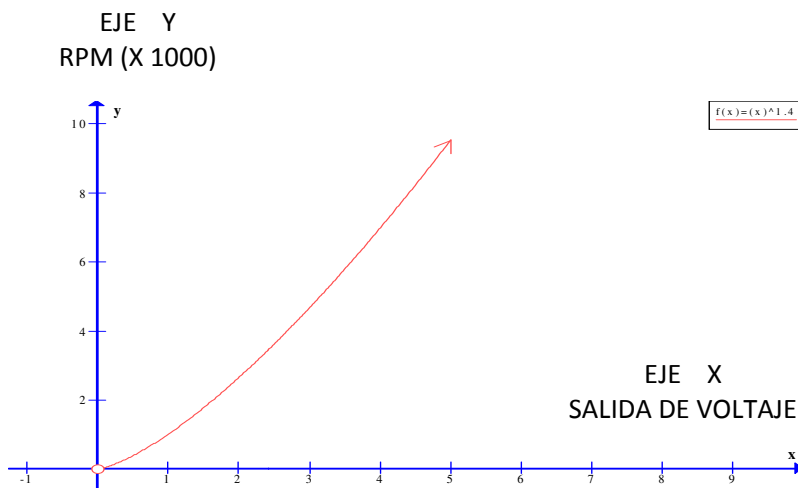


Fuente: Elaboración propia

Las piezas que se utilizan en el control del automóvil son piezas resistibles, el sensor MAP utiliza la misma función de la aceleración dando un control mas preciso de la inyección.

$$f(x) = (x)^{1.4}$$

Figura 26: Gráfica del sensor MAP



Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: **RESULTADOS DEL SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA (MAP)**

RMP	Voltajes
1000	1
1143	1,1
1291	1,2
1444	1,3
1602	1,4
1764	1,5
1931	1,6
2102	1,7
2277	1,8
2456	1,9
2639	2
2826	2,1
3016	2,2
3209	2,3
3406	2,4
3607	2,5
3810	2,6
4017	2,7
4227	2,8
4440	2,9
4656	3

RPM	Voltaje
4874	3,1
5096	3,2
5320	3,3
5547	3,4
5777	3,5
6009	3,6
6244	3,7
6482	3,8
6722	3,9
6964	4
7209	4,1
7457	4,2
7706	4,3
7959	4,4
8213	4,5

**Ecuación utilizada:**

$$f(x) = (x)^{1,4}$$

Fuente: Elaboración propia



- **SENSOR MAF**

Figura 27: Gráfica del sensor MAF obtenida por scanner

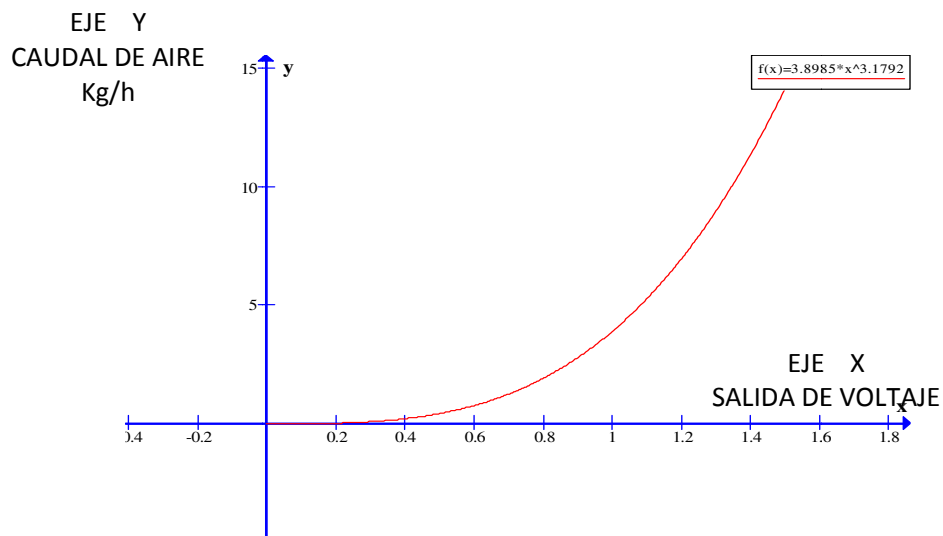


Fuente: Elaboración propia

El sensor MAF o caudalímetro de aire (flujometro) tiene la función de generar el valor adecuado del ingreso de aire, la formula calculada es:

$$f(x) = 3,898 * x^{3.1792}$$

Figura 28: Gráfica del sensor MAF



Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: **RESULTADOS DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (MAF)**

caudal de aire	voltaje
0,0	0
3,9	1
35,3	2
128,2	3
319,9	4
650,2	5

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3 CÁLCULO DEL TIEMPO DE PULSACIÓN DE INYECCIÓN SENSOR DE LEVAS

Se toma como muestra de un vehículo Toyota el caudal másico de: 261,5 gr / min para una presión de inyección de 3 bar, y con los datos se establece el tiempo de inyección para el vehículo.

Se determina con el siguiente cálculo matemático:

$$m_f = \int_{t_1}^{t_2} C_{D1} \cdot A_1 \cdot \rho_g \cdot C_1 dt \quad \text{EC. 1}$$

$$C_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot p_i}{\rho_g}} \quad \text{EC. 2}$$

Donde:

$m_f$  : Masa gasolina inyectada

$C_{D1}$  : Coeficiente de descarga

$a_1$  : Área de los orificios del inyector

$P_g$  : Densidad de la gasolina

$C_1$  : Velocidad de descarga

Pi : Presión de inyección

• **APLICANDO LOS DATOS**

C<sub>D1</sub> : 0,6

d<sub>i</sub> (Diámetro orificio inyector): 0,3 mm

Nº : (Número de orificios): 4

A<sub>1</sub> :  $2,83 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$ .

P<sub>g</sub> : 0,7611 kg / l (761,1 kg / m<sup>3</sup>) para gasolina EuroSuper sin plomo95

Pi :  $3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

De las ecuaciones *Ec. 1* y *Ec. 2* y los valores anteriores obtenemos:

t<sub>1</sub>=60 ms

$$m_f = \int_0^{60} 0,6 \cdot 2,83 \cdot 10^{-7} \cdot 761,1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 300000}{761,1}} \cdot dt \quad \text{EC. 3}$$

$$m_f = 0,21771 \text{ kg} / \text{min} = 217,71 \text{ gr} / \text{min} \quad \text{EC. 4}$$

Por tanto, se ha obtenido un valor próximo al aportado por el fabricante.

Ahora se determinara el tiempo de inyección con las ecuaciones anteriormente descritas.

t<sub>1</sub>=1 ms

$$m_f = \int_0^{t_i} 0,6 \cdot 2,83 \cdot 10^{-7} \cdot 761,1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 300000}{761,1}} \cdot dt \quad \text{siendo } t_i \text{ el tiempo de inyección}$$

$$m_f = 3,628 \cdot 10^{-3} \cdot t_i [\text{kg}] \quad \text{para } t_i \text{ en segundos}$$

$$m_f = 3,628 \cdot 10^{-3} \cdot t_i [\text{gr}] \quad \text{para } t_i \text{ en milisegundos} \quad \text{EC. 5}$$

Como  $t_1 = 1\text{ ms}$  no se produce inyección se utilizara la siguiente ecuación

$$m_f = 3,628 \cdot 10^{-3} \cdot t_i - 3,628 \cdot 10^{-3} \quad \text{EC.6}$$

Para determinar el caudal masivo de gasolina se emplea la ecuación de caudalímetro de aire

$$\dot{m}_f = \frac{3,8985 \cdot V^{3,1792}}{14,7 \cdot \lambda} \left[ \frac{kg}{h} \right] \Rightarrow \dot{m}_f = \frac{3,8985 \cdot V^{3,1792}}{14,7 \cdot \lambda \cdot 3600} \left[ \frac{gr}{ms} \right] \quad \text{EC.7}$$

La relación entre la masa de gasolina y el caudal masivo queda reflejada en la siguiente ecuación

$$m_f = \dot{m}_f \cdot \frac{1000}{f} \quad \text{donde } f \text{ revoluciones por segundo.} \quad \text{EC.8}$$

De las ecuaciones 6 y 8 se obtiene el tiempo de inyección

$$\dot{m}_f \cdot \frac{1000}{f} = 3,628 \cdot 10^{-3} \cdot t_i - 3,628 \cdot 10^{-3}$$

$$t_i = \frac{\dot{m}_f \cdot \frac{1000}{f} + 3,628 \cdot 10^{-3}}{3,628 \cdot 10^{-3}} [ms]$$

EC. 9

$$t_i = 1,99963[ms]$$

### 3.5.4 TIEMPO EN RPM, PULSO DE INYECCIÓN

Determinación del número de vueltas enviadas a la vez por la tarjeta:

El instante de captación de una vuelta se asocia al momento del PMS (punto muerto superior). La tarjeta cuenta el número de vueltas, esta información la envía al PC. El algoritmo asocia esta “vuelta actual” el valor “a”. Al “número de vuelta” actual (“a”) se le resta el “número de vuelta” anterior (“b”). Esta diferencia toma el nombre de “valor de vuelta” (“x”, explicado en el apartado del cálculo de r.p.m.).

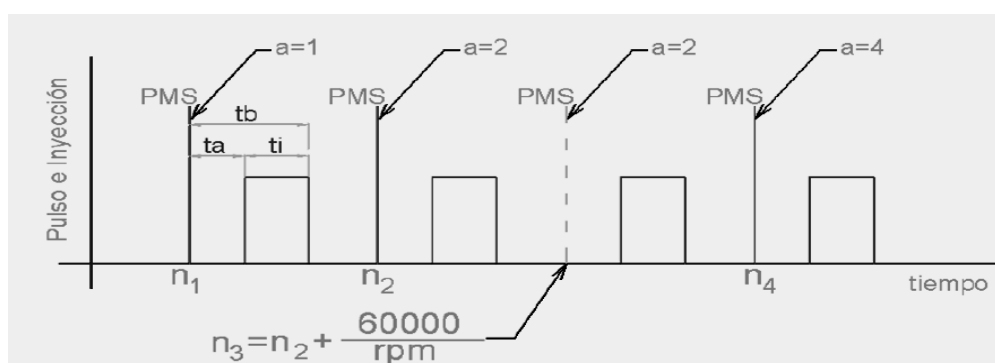
- **Tiempo de pulso:**

Si “x” es diferente de cero, se considera que ha habido pulso de vuelta y se memoriza en el parámetro “n”, el tiempo absoluto en el que ha ocurrido.

- **Inyección:**

La dificultad en la generación del pulso de inyección es el hecho comentado en el punto 1. Como la “vuelta actual” no siempre llega precediendo la anterior, se ha de suponer que el siguiente PMS se realizará en el mismo periodo con el que se realizó el anterior. Para realizar este supuesto: si transcurrido el periodo anterior (con la salvedad que se expondrá en el punto 4.), no se ha producido un nuevo PMS, el algoritmo lo genera. En la Figura se muestra un esquema donde se ve el procedimiento que lleva a simular en pulso de PMS, “a” representa la “vuelta actual” enviada por la tarjeta de adquisición de datos.

Figura 29: **Gráfica del PULSO e INYECCIÓN**



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.5 CÁLCULO DEL TIEMPO DE IGNICIÓN SENSOR DE CIGÜEÑAL

Se utilizo el cálculo de modulación por ancho de pulso (PWM) para la secuencia de encendido de un motor de cuatro cilindros.

**DATOS:**

$$T = 20 \text{ ms}$$

$$T_{cm} = 0.2 \mu s$$

$$TD = T_{cm} * \text{preescaler (carga - x)}$$

$$20 \text{ ms} / 4 = 5 \text{ ms}$$

$$20[ms] = \frac{1}{x[hz]} \cdot 1000$$

$$x = 800 \text{ hz}$$

- Cálculo de tiempo y frecuencia para el microcontrolador

$$TH0^\circ = 65536 - (0.9 \text{ ms} / 0.2 \text{ ms}) * 1000 = 61036$$

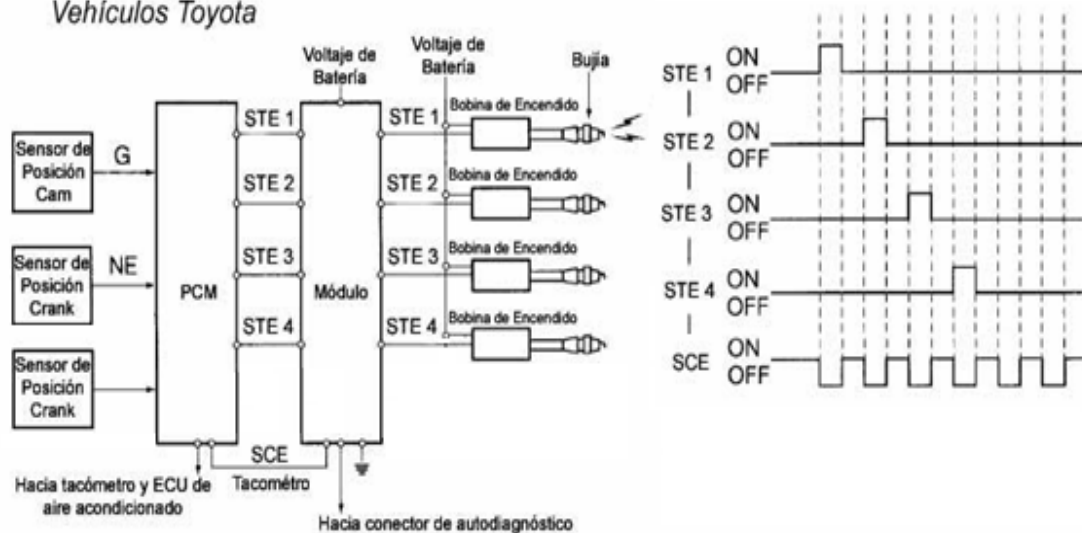
$$TL0^\circ = 65536 - (4.1 \text{ ms} / 0.2 \text{ ms}) * 1000 = 45036$$

$$TH90^\circ = 65536 - (1.5 \text{ ms} / 0.2 \text{ ms}) * 1000 = 58036$$

$$TL90^\circ = 65536 - (3.5 \text{ ms} / 0.2 \text{ ms}) * 1000 = 48036$$

Figura 30: Gráfica del PULSO DE IGNICIÓN

*Sistemas DIS Típico en  
Vehículos Toyota*



Fuente: [www.encendidoelectronico.com](http://www.encendidoelectronico.com)

## **CAPÍTULO IV**

# **DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITO ELECTRÓNICO**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

El diseño de la unidad de control electrónica, cuenta con la especificación de cada etapa que controla una Unidad de Control electrónico (ECU), es importante saber con qué sensor se trabaja.

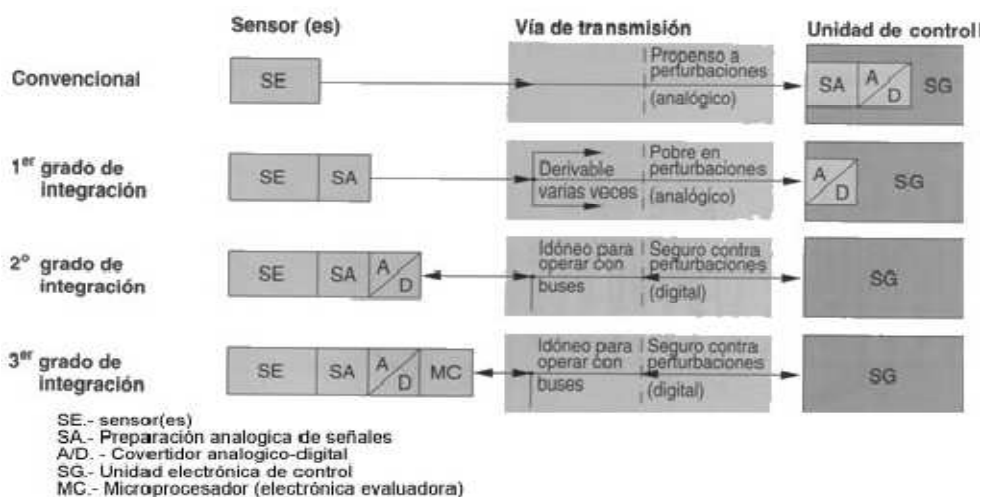
Se detalla las señales que se emplea en los distintos motores, estas señales cuentan con procesos de actuación.

### **4.2 SEÑALES DE ENTRADA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN ELECTRÓNICA**

En la actualidad, se utilizan señales analógicas como digitales, en la gestión de un motor. Estas señales se obtienen mediante sensores. Los sensores pueden estar sin alimentación (generadores) o con alimentación externa (moduladores). Los requisitos

que han de cumplir los sensores en automoción son variados: ser fiables, robustos, baratos, ligeros, pequeños y de bajo consumo.

Figura 31: **Gráfica del PULSO DE IGNICION**



Fuente: tesis Sistema de control, inyección y encendido, para motores térmicos y alternativos de ciclo Otto basado en programación abierta bajo LabVIEW

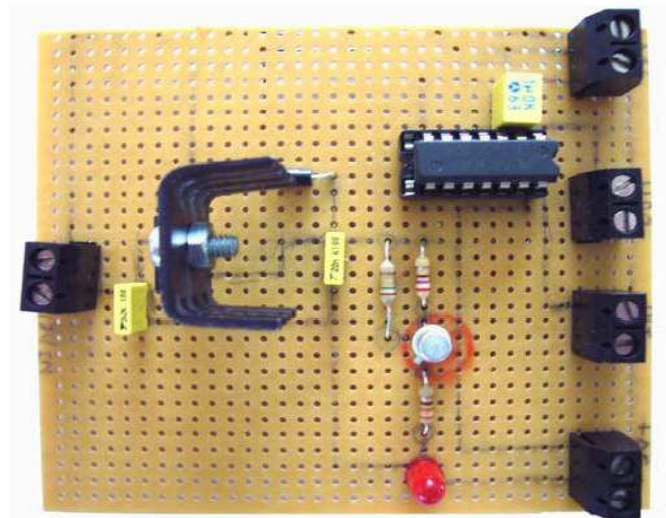
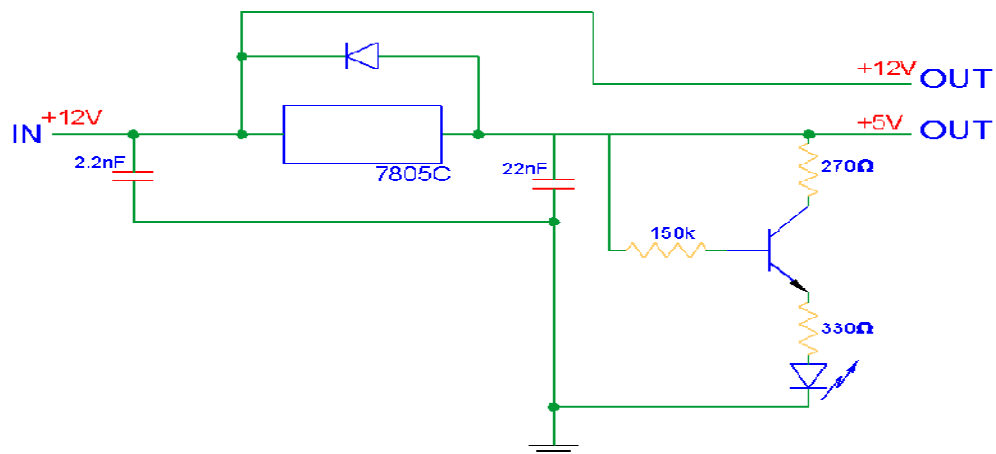
### 4.3 ALIMENTACIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE

Los componentes eléctricos y electrónicos que forman diversas partes de un motor de un vehículo se alimentan del grupo alternador / batería. La batería proporciona un voltaje de 12V, por tanto, debido a que muchos componentes se alimentan a un voltaje de 5 V, es necesario transformar los 12 V. a 5 V. En este caso se utiliza un módulo de alimentación

Los componentes de este circuito son:

- 1 condensador 2,2 nF
- 1 diodo IN4004
- 1 transistor Q2N2222
- 1 condensador 22 nF
- 1 integrado 7805CT
- 1 resistencia 150 kΩ
- 1 resistencia 270 kΩ
- 1 resistencia 330 kΩ
- 1 led



Figura 32: **Etapa De Alimentación**Fuente: **Tec. Daniel Pari**Figura 33: **Esquema Computarizado**Fuente: **Tec. Daniel Pari**

#### 4.4 ACONDICIONADOR SEÑAL INDUCTIVO

La señal del sensor inductivo de pulso por vuelta se hace pasar por una primera etapa de acondicionamiento. Esta etapa es necesaria ya que transforma la señal analógica de doble polaridad a un pulso de 5 voltios. El funcionamiento de este circuito es:

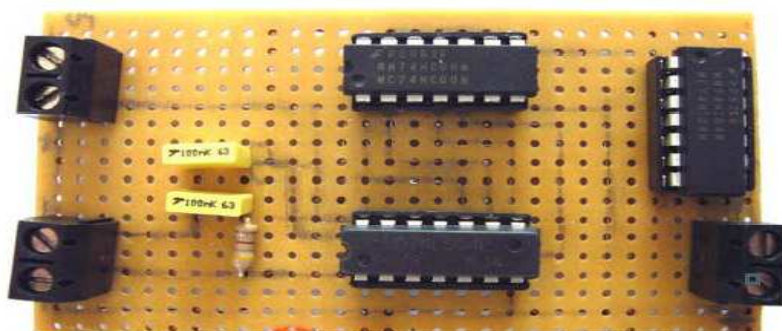
La señal del inductivo se bifurca, a una de estas señales, que se llamará señal 1, se hace pasar por dos inversores para obtener una señal previamente filtrada. La otra señal bifurcada, que se llamará señal 2, también se hace pasar por otros dos inversores pero previamente ha sido retardada unos 80  $\mu$ s al poner antes de los inversores un circuito RC.

Las dos señales, 1 y 2, entran en una puerta NAND y el resultado por un inversor, obteniendo la señal 3. La señal 3 y la señal 1 se hacen pasar por una puerta NAND. Por último, se hace pasar la señal por un inversor. En una primera instancia se pensó que era suficiente hacer pasar la señal por dos inversores para lo que se utilizó el integrado de inversores que se puede observar, pero esta forma simple de acondicionado provocaba un gran rizado.

Los componentes de este circuito:

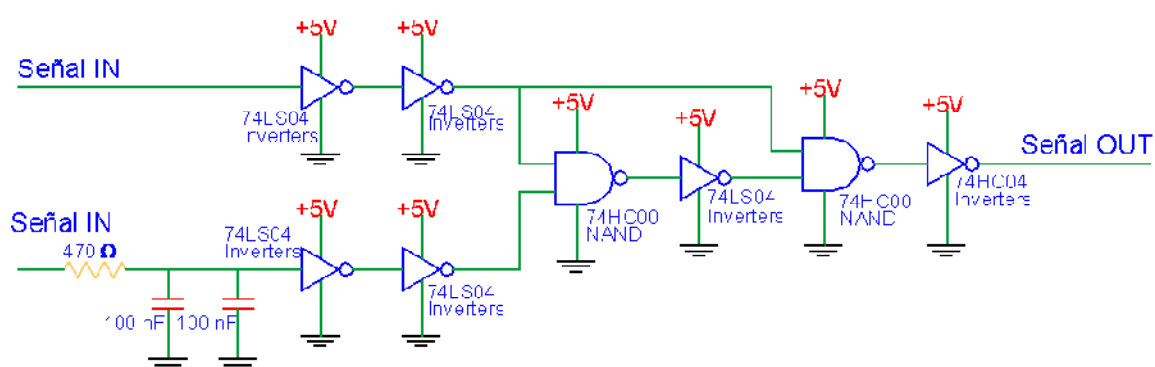
- 1 resistencia 470  $\Omega$
- 2 condensadores 100 nF
- 1 integrado 74LS04
- 1 integrado 74HC04
- 1 integrado 74HC00
- 3 zócalos para 14 pin

Figura 34: **Conversor Análogo Digital**



Fuente: **Tec. Daniel Pari**

Figura 35: Esquema computarizado A/D



Fuente: Tec. Daniel Pari

#### 4.5 ELECTRÓNICA PARA DATOS DE SALIDA

Como se mencionó en los capítulos anteriores, los datos de salida, son únicamente dos: el pulso de inyección y el de encendido.

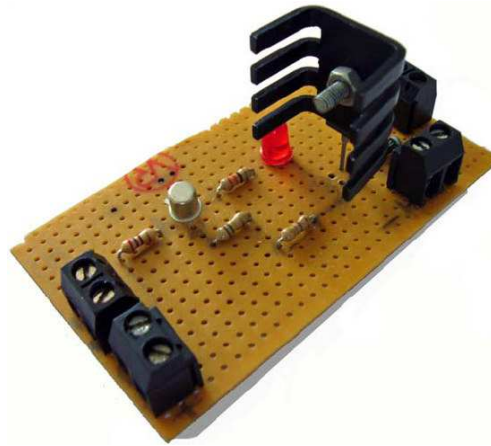
La salida que utiliza la tarjeta de la nueva Unidad de control Electrónico primario para realizar el pulso de encendido es del tipo digital, TTL. Debido a que la pipeta de encendido independiente funciona directamente con pulsos TTL, no es necesaria ninguna electrónica intermedia para poder comandar el encendido.

La salida para la inyección es del mismo tipo que para el encendido. En este caso sí es necesaria una electrónica intermedia para realizar la inyección. El circuito electrónico utilizado es el mostrado en la Figura. 26

Los componentes de este circuito son:

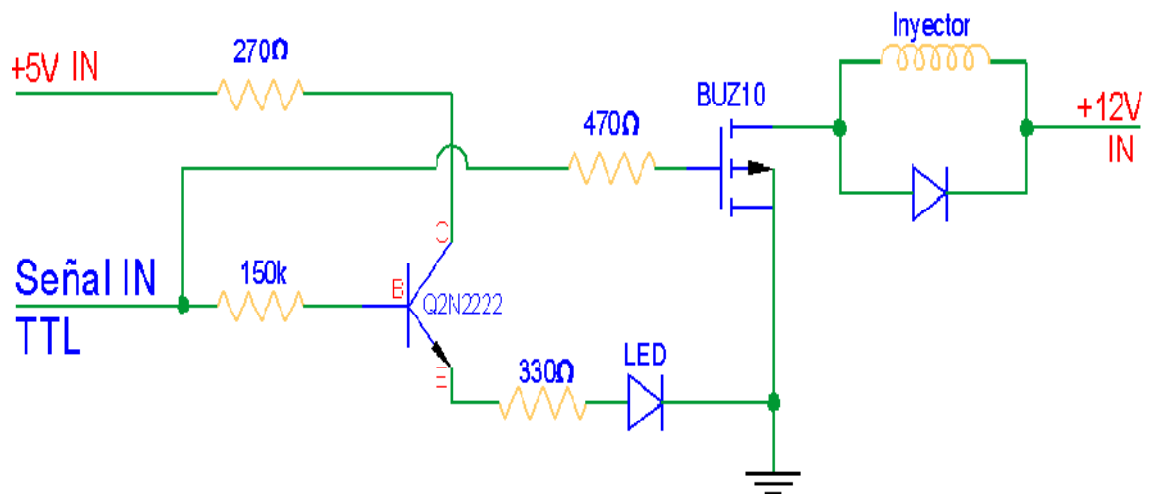
- 1 resistencia 150 k $\Omega$
- 1 transistor Q2N2222
- 1 resistencia 330  $\Omega$
- 1 resistencia 270  $\Omega$
- 1 BUZ 10
- 1 diodo IN4004
- 1 resistencia 470  $\Omega$
- 1 led
- 4 conectores

Figura 36: **Etapa De Potencia De Inyección**



Fuente: Tec. Daniel Pari

Figura 37: **Esquema Computarizado Etapa De Potencia De Inyección**



Fuente: Tec. Daniel Pari

#### 4.6 ACTUADORES SELECCIONADOS

En la parte de ignición se cuenta con una bobina transistorizada a esta solo se le tiene que dar la señal respectiva.

Figura 38: **Bobina Transistorizada Suzuki**



Fuente: Tec. Daniel Pari

#### 4.7 ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS

En esta etapa se puso en evidencia que el micro controlador cumple con las especificaciones del diseño y de las etapas anteriormente descritas con esto se da a entender que los cálculos matemáticos y la programación se puede desarrollar unidades de control eficientes.

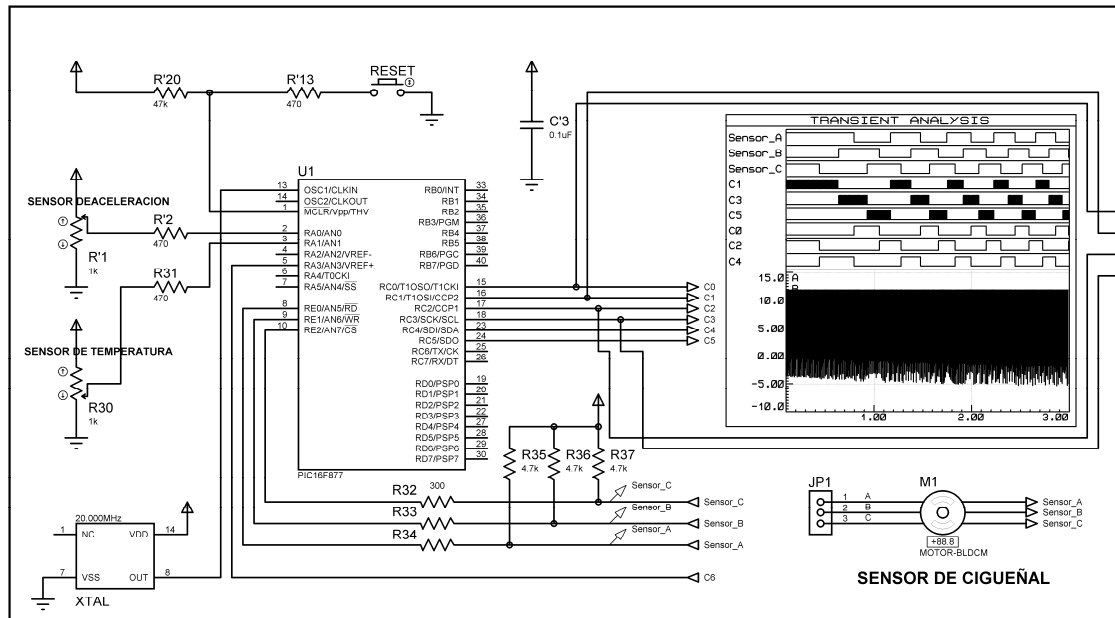
La etapa cumple con los objetivos especificados al inicio del proyecto, esta etapa se realizó como diseño virtual en el programa:

- PROTEUS PROFESIONAL RELEASE 7.2 SP6

Los componentes de este circuito son:

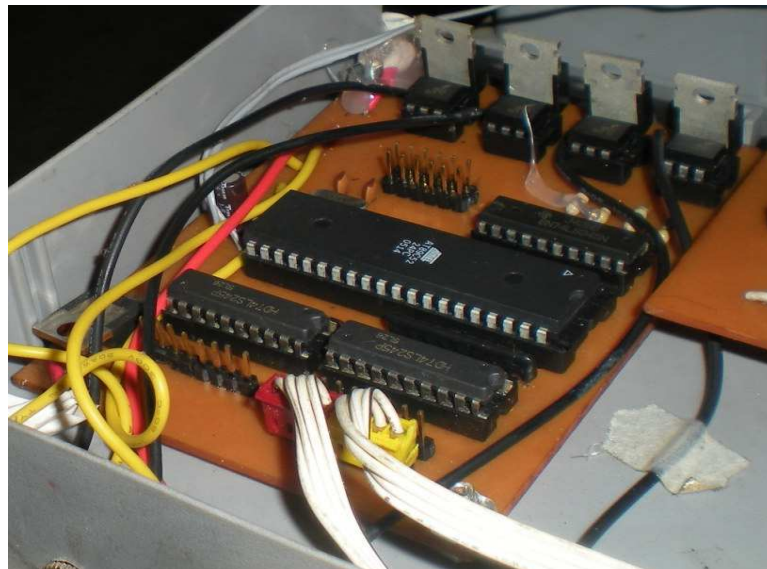
- 1 microcontrolador pic 16F877A
- 1 cristal de 20 MHZ
- 1 resistencia 330  $\Omega$
- 1 resistencia 270  $\Omega$

Figura 39: Circuito de implementación de la nueva unidad de control electrónico primario



Fuente: Elaboración propia

Figura 40: Etapa de procesamiento de datos



Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO V

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 INTRODUCCION

Se ha demostrado que la hipótesis ha sido aplicable al problema de la desprogramación de la ECU con la implementación de la nueva Unidad de Control Electrónico Primario.

### 5.2 VERIFICACIÓN DE DATOS EXPERIMENTALES MEDIDOS CON LOS DATOS DEL MODELO

Después de haber verificado los análisis matemáticos para cada sensor y sus determinadas salidas se concluyó en a la siguiente tabla de ecuaciones para cada sensor y las salidas de ignición e inyección del motor:

#### Caso de estudio: TOYOTA COROLLA

MOTOR	1,6 CC
CAJA DE CAMBIOS	T/M A/T

Tabla 12: ECUACIONES DE LOS SENSORES Y ACTUADORES

SENSORES	MODELO MATEMÁTICO
TEMPERATURA	$F(X) = - (1,6667 X) + 19,5$
SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA (TPS)	$f(x) = (x)^{1,4}$
SENSOR MAP	$f(x) = (x)^{1,4024}$
SENSOR MAF	$f(x) = 3,898 * x^{3,1792}$
SENSOR DE CIGÜEÑAL (CÁLCULO DE FRECUENCIA)	$20[ms] = \frac{1}{x[hz]} \cdot 1000$
SENSOR DE LEVAS (CÁLCULO DE PULSO)	$t_i = \frac{\dot{m}_f \cdot \frac{1000}{f} + 3,628 \cdot 10^{-3}}{3,628 \cdot 10^{-3}} [ms]$

Fuente: Elaboración propia

Estas Ecuaciones son de mucha importancia en el desarrollo del presente trabajo, por lo cual también puede ser utilizado en el estudio de otros modelos de vehículos.

Es importante recalcar que el uso de estas ecuaciones están limitadas por los rangos de fabricación del vehículo Toyota Corolla,

Los resultados pueden implantarse en el micro controlador 16F877A los cuales se encuentran en el anexo G o puede ser en un Pic de gama alta 24FXXX.

Para una verificación del método analítico de cuantificación es imprescindible realizar un análisis de verificación de la hipótesis contrastada con los resultados obtenidos de un sistema original.

A continuación se detallará la tabla de resultado, estos se presentan en un rango de ralentí y carga plena de motor.



Tabla 13: **MEDICIÓN DE DATOS EXPERIMENTALES Y DATOS DEL MODELO**

<b>SENSORES</b>	<b>UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO PRIMARIO</b>		<b>UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO ORIGINAL</b>		<b>DESCRIPCIÓN</b>
	<b>Resultado A</b>	<b>Resultado A1</b>	<b>Resultado B</b>	<b>Resultado B1</b>	
<b>Temperatura</b>	700 rpm	78 °C	745 rpm	71 °c	Ralentí
<b>Sensor TPS</b>	8264 rpm	4.52 V	8000 rpm	4.5 V	Carga plena
<b>Sensor MAP</b>	800 – 1158 rpm	1.16 V	800 – 1100 rpm	1.1 V	Ralentí
<b>Sensor de Cigüeñal</b>	800 Hz	800 mV	600 – 800 Hz	800 – 1900 mV	Ralentí
<b>Sensor de Levas</b>	333.33 Hz	1000 mV	300 – 400 Hz	800 – 1200 mV	Plena carga

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se puede evidenciar que el proyecto tiene una aceptación de un 93 % de exactitud, ya que el estudio de los ensayos sirve para llevar a cabo la primera implementación en un banco de pruebas y llevarlo a un nuevo modelo de sistema de control para motores de parque automotriz liviano.

## CAPÍTULO VI

# COSTOS DE ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

### 6.1 COSTOS DEL SOFTWARE

Para la estimación del esfuerzo y el costo total del proyecto se ha tomado el modelo de **COCOMO**, tomando a su vez el **NIVEL INTERMEDIO MODO EMPOTRADO**.

En este modelo se introducen 15 atributos de costo para tener en cuenta el entorno de trabajo. Se utiliza el MODO EMPOTRADO ya que el proyecto es complejo y el equipo de desarrollo tiene poca experiencia en este ámbito, además de existir gran innovación técnica en este entorno, se trabaja con requisitos restrictivos y gran volatilidad

Para tal estimación las ecuaciones son las siguientes:

$$\text{Esfuerzo:} \quad E = a S^b m(x)$$

Tiempo:  $T = c E^d$  mes

Número de personas:  $NP = E / T$  personas

Costo Total:  $CTs = NP * T * \text{Sueldo Mes } \$$

Datos adicionales: Líneas de código = 3000

Sueldo mes = 300 \$

Los atributos identificados son:

RELY → Nominal = 1	AEXP → Bajo = 1.13
DATA → -----	PCAP → Nominal = 1
CPLX → Muy alto = 1.3	VEXP → Bajo = 1.1
TIME → Nominal = 1	LEXP → Nominal = 1
STORE → -----	MODP → Alto = 0.91
VIRT → Bajo = 0.87	TOOL → Alto = 0.91
TURN → Bajo = 0.87	SCED → Nominal = 1
ACAP → Alto = 0.86	

#### ▪ ESFUERZO

$$E = 2.8 * (3)^{1.2} * (1 * 1.3 * 1 * 0.87 * 0.87 * 0.86 * 1.13 * 1 * 1.1 * 1 * 0.91 * 0.91 * 1)$$

$$E = 9.11 = 9 \text{ personas-mes}$$

#### ▪ TIEMPO

$$T = 2.5 * 9^{0.32}$$

$$T = 5.05 = 5 \text{ meses}$$

#### ▪ NÚMERO DE PERSONAS

$$NP = 9 / 5$$

$$NP = 1.8 = 2 \text{ personas}$$

#### ▪ COSTO TOTAL DEL SOFTWARE

$$CTs = 2 * 300 * 5$$

$$CTs = 3000 \$$$

## 6.2 COSTOS DE MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

Además de los costos del software se tienen los costos de materiales y equipos, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 14: **COSTOS DE MATERIALES**

Nº	Materiales de construcción del circuito	Unidades	COSTO UNITARIO Bs	COSTO TOTAL
1	Resistores	40	0.50	20.00
2	Capacitores Ceramica	5	0.60	3.00
6	Microcontroladores	1	80.00	80.00
7	Circuitos integrados	3	15.00	45.00
8	Transistores	20	3.00	60.00
9	Placa Impresa	1	20.00	20.00
10	Cristales de 20 Mhz	1	5.00	5.00
11	Diodos	4	3,50	14.00
<b>COSTO TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>247.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración de este circuito se utilizó equipos electrónicos, los cuales fueron alquilados para la implementación y comprobación de resultados.

Tabla 15: **COSTOS DE EQUIPO**

<b>Nº</b>	<b>Equipos utilizados</b>	<b>Costo de alquiler/ Día Bs.</b>	<b>Tiempo utilizado días</b>	<b>Costos Total Bs.</b>
1	Osciloscopio	20.00	60	1200.00
2	Tester Analógico	5.00	90	450.00
6	Tester Digital	10.00	90	900.00
7	Escaner	80.00	15	1200.00
<b>COSTO TOTAL DE EQUIPOS</b>				<b>3750.00</b>

### 6.3 COSTO TOTAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CICUITO

El costo total para la implementación para la Nueva Unidad de Control Electrónico Primario es la suma de los costos anteriores, por lo cual se tiene la siguiente relación.

- Costo total del software CTs
- Costo total de materiales CTm
- Costo total de equipos CTe

$$CT = CTs + CTm + CTe$$

$$CT = (3000 + 34.9 + 530.4) \$US$$

$CT = 3.571,00 \$US$
----------------------

## **CAPÍTULO VII**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

Al finalizar el siguiente trabajo de investigación de la implementación de la nueva unidad de control primario, se llegó a la siguiente conclusión:

- Se logro implementar Unidades de Control Primario a los vehículos con problemas de desprogramación y de fallas en la ECU original.
- Se logro reducir costos de importación y de adquisición de la ECU original bajando los costos. Utilizando un microcontrolador económico.
- Se planteó un modelo matemático para la implementación de los sectores primarios del motor, como ser: sensores y actuadores.

- Se podrá estudiar con más frecuencia los resultados que se obtuvieron para poder implantar un producto universal.
- Cabe recalcar que también este proyecto es para fines educativos, es necesario proporcionar tutoriales, docentes para la enseñanza del manejo y a su vez la identificación del vehículo y sus sensores para poder implementar la nueva unidad de control
- El proyecto planteado esta representado de manera satisfactoria en los bancos de prueba del Taller.
- La utilización de modelos matemáticos nos ayudarán a diseñar unidades de control electrónico para vehículos que tienen problemas de la desprogramación.
- La característica de la informática en los vehículos es de poder controlar automáticamente con los sensores del motor de combustión interna, por medio de un software.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda el uso de la nueva unidad de control electrónico para establecer nuevas formulas y refinar la misma.
- Estudiar a profundidad los nuevos modelos de vehículos que están llegando a nuestro país, para así implementar la nueva unidad de control electrónico primario
- Los proyectos relacionados al parque automotriz liviano, deberían ser estudiados en otras aéreas para así obtener nuevos componentes electrónicos en el campo automotriz
- El proyecto tiene la visión de abarcar todas las áreas de la mecatrónica, y perfeccionar sus etapas.

## BIBLIOGRAFIA

- [[www.mecanicavirtual.org/sensores.htm](http://www.mecanicavirtual.org/sensores.htm)] 19/4/07, 10:02
- [[www.mecanicavirtual.org/indice\\_cursos.html](http://www.mecanicavirtual.org/indice_cursos.html)] 19/4/07, 10:02
- [[www.picotech.com/auto/waveforms/distributor\\_inductive\\_cranking.html](http://www.picotech.com/auto/waveforms/distributor_inductive_cranking.html)] 18/4/07, 19:15
- [[www.picotech.com/auto/waveforms/crankshaft\\_sensor\\_inductive\\_running.html](http://www.picotech.com/auto/waveforms/crankshaft_sensor_inductive_running.html)] 18/4/07, 19:18
- [[http://shop.vems.hu/catalog/images/Honeywell\\_1GT101DC\\_s.jpg](http://shop.vems.hu/catalog/images/Honeywell_1GT101DC_s.jpg)] 30/5/07, 18:11
- [[http://en.wikipedia.org/wiki/Hall\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Hall_effect)] 19/4/07, 13:13
- [[www.mundocoches.net/sensores/hall.htm](http://www.mundocoches.net/sensores/hall.htm)] 11/4/07 15:47
- [[www.picotech.com/auto/waveforms/distributor\\_hall.html](http://www.picotech.com/auto/waveforms/distributor_hall.html)] 9/4/07, 13:17
- Data Sheet BOSCH, *Sensors: Air-mass Meters*, pag. 57
- [[www.magnetimarelli.com/racing/racing.htm](http://www.magnetimarelli.com/racing/racing.htm)], 19/5/07, 19:21
- Data Sheet BOSCH, *Sensors: Air-mass Meters*, pag. 57
- Data sheet Injection Valve EV6 (O 280 155 737), BOSCH.
- D. ERNESTO GUTIÉRREZ: *Inyección Secuencial No cartográfica para Motores de*
- *Ciclo Otto. Gestión de Transitorios*. Página 141, figura 7.6. Tesis Doctoral, Universitat
- Politècnica de Catalunya, Barcelona 2003.
- M. MUÑOZ, F. PAYRI: *Motores de Combustión Interna Alternativos*, página 427.
- Madrid: sección de publicaciones de la ETSII, UPM. 1989.
- J. S. HWANG, J. S. HA and S. Y. NO: *Spray Characteristics of DME in Conditions*



**ANEXO A****DETALLE POR MES DE LA CANTIDAD DE VEHÍCULOS CON FALLAS EN EL MICRO CONTROLADOR**

MES	AÑO	TALLER	CANTIDAD DE VEHICULOS	TOTAL AUTOMOVILES
FEBRERO	2010	KASDABOL	5	
		TECMECAR	2	
		MECATRONICA	2	
		MECATRONICA JOVANNI	1	
		MECATRONICA BETO	0	10
MARZO	2010	KASDABOL	5	
		TECMECAR	2	
		MECATRONICA	1	
		MECATRONICA JOVANNI	1	
		MECATRONICA BETO	1	10
ABRIL	2010	KASDABOL	7	
		TECMECAR	4	
		MECATRONICA	3	
		MECATRONICA JOVANNI	2	
		MECATRONICA BETO	2	18
MAYO	2010	KASDABOL	7	
		TECMECAR	4	
		MECATRONICA	4	
		MECATRONICA JOVANNI	1	
		MECATRONICA BETO	1	17
JUNIO	2010	KASDABOL	6	
		TECMECAR	4	
		MECATRONICA	2	
		MECATRONICA JOVANNI	1	
		MECATRONICA BETO	0	13
JULIO	2010	KASDABOL	5	
		TECMECAR	4	
		MECATRONICA	4	
		MECATRONICA JOVANNI	3	
		MECATRONICA BETO	2	18
AGOSTO	2010	KASDABOL	8	
		TECMECAR	5	
		MECATRONICA	4	
		MECATRONICA JOVANNI	4	
		MECATRONICA BETO	3	24
SEPTIEMBRE	2010	KASDABOL	10	
		TECMECAR	7	
		MECATRONICA	6	
		MECATRONICA JOVANNI	5	
		MECATRONICA BETO	4	32

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO B

## Detalle MITSUBISHI MONTERO

## MITSUBISHI MONTERO

MOTOR	6G74
CAJA DE CAMBIOS	T/M

SENSORES Y ACTUADORES	VOLTAJE DE REFERENCIA	SEÑAL MASA	RETORNO DE SEÑAL A LA ECU	RALENTI	PLENA CARGA
<b>SENSOR PMS CIGÜEÑAL</b>	IGN. 12 volt+	Masa Chasis	ondas cuadradas 0,6 - 4 volt	1,3-2,5 VOLT 28 a 40 HZ	1,3-2,9 V SOBRE LOS 150 a 250 HZ
<b>SENSOR DE ARBOL DE LEVAS</b>	IGN. 12 volt+	Masa Chasis	ondas cuadradas 0,4 - 3 volt	1,5 - 2 VOLT 8 A 15 HZ	1,5-2,5 V. SOBRE LOS 50 a 80 HZ
<b>SENSOR DE FLUJO DE AIRE</b>	Relé Principal 12 volt+	Salida de ECU 12 Volt-	6-9 volt 3000 rpm	2,2 - 3,2 VOLT 40 A 50 HZ	2,2-3,3 V SOBRE LOS 700 HZ
<b>SENSOR DE PRESION BAROMETRICA</b>	Salida de ECU 5 volt+	Salida de ECU 12 Volt-	Entrada a la ECU 100 mtrs/niv del mar: 3,7 - 3,9 volt 1500 mtrs/niv del mar 3 - 3,2 volt		
<b>SENSOR DE REFRIGERANTE DE MOTOR</b>	Salida de ECU 5 volt+	Salida de ECU 12 Volt-	20°C: 2,4 - 2,8 kΩ 90°C: 220 - 300Ω	20°C 2,4-2,9 VOLT 90°C 0,4-0,6 VOLT	
<b>SENSOR DE TPS O INTERRUPTOR</b>	Salida de ECU 5 volt+	Salida de ECU 12 Volt-	IGN 0,45 - 0,65 VOLT INTERRUP: INPUT ECU	0,45 - 0,65 V Mariposa cerrada: 0 V	4,1 - 4,5 V Mariposa abierta: 5 V
<b>ACTUADOR DE RALENTI</b>	Relé Principal 12 volt+		PIN 1-2 : 28-34 Ω PIN 2-3 : 28-34 Ω PIN 4-5 : 28-34 Ω PIN 5-6 : 28-34 Ω	PIN 4-5: 9-11-14 V	14-11-9 V
<b>INYECTORES</b>	Relé Principal 12 volt+		RESISTENCIA 13 - 16 Ω	1,8 - 2,8 MS	HASTA 20 MS

Fuente: Mitsubishi elaborada del Tomo II Inyección electrónica  
Por Ing. Juan Sánchez Gonzales República de Argentina

**ANEXO C****Detalle HONDA ACCORD****HONDA ACCORD**

MOTOR	F18B2/F18B4/F18B6
CAJA DE CAMBIOS	T/M

SENSORES Y ACTUADORES	VOLTAJE DE REFERENCIA	SEÑAL MASA	RETORNO DE SEÑAL A LA ECU	RALENTI	PLENA CARGA
<b>SENSOR PMS CIGÜEÑAL</b>		Input Ecu	RESISTENCIA DEL SENSOR 2010-2510 $\Omega$	2,5 VOLT 600-800 HZ	7 - 8 VOLT SOBRE LOS 6500 HZ
<b>SENSOR DE ARBOL DE LEVAS</b>	IGN. 12 volt+	Input Ecu	RESISTENCIA DEL SENSOR 260-500 $\Omega$	0,9 - 1,2 VOLT	1,2 - 2,5 VOLT
<b>MODULO DE ENCIENDIDO ICM Y BOBINA</b>	IGN. 12 volt+	MASA CHASIS	2V FASE DE ARRANQUE:10V-9HZ RESISTENCIA DE BOBINA 0,5-0,7 $\Omega$ /22-30K $\Omega$	12 VOLT 25HZ	7-10 VOLT 100-150 HZ
<b>SENSOR MAP</b>	Salida de ECU 5 volt+	Salida de ECU 12 Volt-		0,9 - 1,3 VOLT	1,3 - 3,2 VOLT
<b>SENSOR DE REFRIGENRANTE DE MOTOR</b>	Salida de ECU 5 volt+	Salida de ECU 12 Volt-	20°C: 3,6 -4 k $\Omega$ 40°C: 1000 $\Omega$	20°C 2,9-3,2 VOLT 90°C 2,9-3,2 VOLT	
<b>SENSOR DE TPS O INTERRUPTOR</b>	Salida de ECU 5 volt+	Salida de ECU 12 Volt-		0,5 - 0,7 VOLT	0,7 - 4,6 VOLT
<b>ACTUADOR DE RALENTI</b>	Rele Principal 12 volt+	MASA CHASIS	RESISTENCIA 35 - 10 - 15 $\Omega$	6- 10 VOLT	10 - 6 VOLT
<b>INYECTORES</b>	Rele Principal 12 volt+		RESISTENCIA 12 - 14 $\Omega$	3 MS	8 - 12 -16 MS

Fuente: Honda Accord elaborada del Tomo II Inyección electrónica

Por Ing. Juan Sánchez Gonzales República de Argentina

## ANEXO D

## Detalle TOYOTA COROLLA

## TOYOTA COROLLA

MOTOR	1,6 CC
CAJA DE CAMBIOS	T/M A/T

SENSORES Y ACTUADORES	VOLTAJE DE REFERENCIA	SEÑAL MASA	RETORNO DE SEÑAL A LA ECU	RALENTI	PLENA CARGA
<b>SENSOR PMS CIGÜEÑAL</b>			RESISTENCIA	DE 800 mv A 1900 mv 600 - 800 Hz	De 800 6000 Hz
<b>SENSOR DE ARBOL DE LEVAS</b>			RESISTENCIA	DE 800 mv A 1200 mv 300 - 400 Hz	De 400 2000 Hz
<b>SENSOR TEMPERATURA DEL MOTOR</b>	5 VOLT +	12 VOLT -	20°C: 2,6 -2,9 kΩ 50°C: 1200Ω	20°C: 3,2 VOLT 50°C: 2 VOLT	
<b>SENSOR MAP</b>	Salida de ECU 5 volt+	Salida de ECU 12 Volt-		1,1 - 1,4 VOLT	3,5 - 4,2 VOLT
<b>SENSOR DE REFRIGENRANTE DE MOTOR</b>	Salida de ECU 5 volt+	Salida de ECU 12 Volt-	20°C: 2,6 -2,9 kΩ 90°C: 200Ω - 300Ω	20°C 3,2 VOLT 90°C 0,5 - 0,65 VOLT	
<b>SENSOR DE TPS O INTERRUPTOR</b>	Salida de ECU 5 volt+	Salida de ECU 12 Volt-		0,5 - 0,7 VOLT	4,5 VOLT
<b>ACTUADOR DE RALENTI</b>	Rele Principal 12 volt+		RESISTENCIA 35 - 20 - 25 Ω	8 - 11 VOLT	11 - 8 VOLT
<b>INYECTORES</b>	Rele Principal 12 volt+		RESISTENCIA 1,8 - 2,5 Ω	1,8 - 2,5 MS	18 MS

Fuente: Toyota Corrolla elaborada del Tomo II Inyección electrónica

Por Ing. Juan Sánchez Gonzales República de Argentina

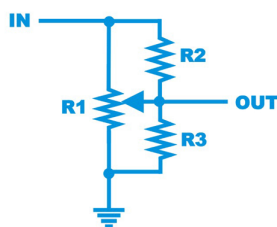
## ANEXO E

### ANÁLISIS DEL SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA, TOMADO COMO UN POTENCIOMETRO

R1 (Valor Pote)                    500

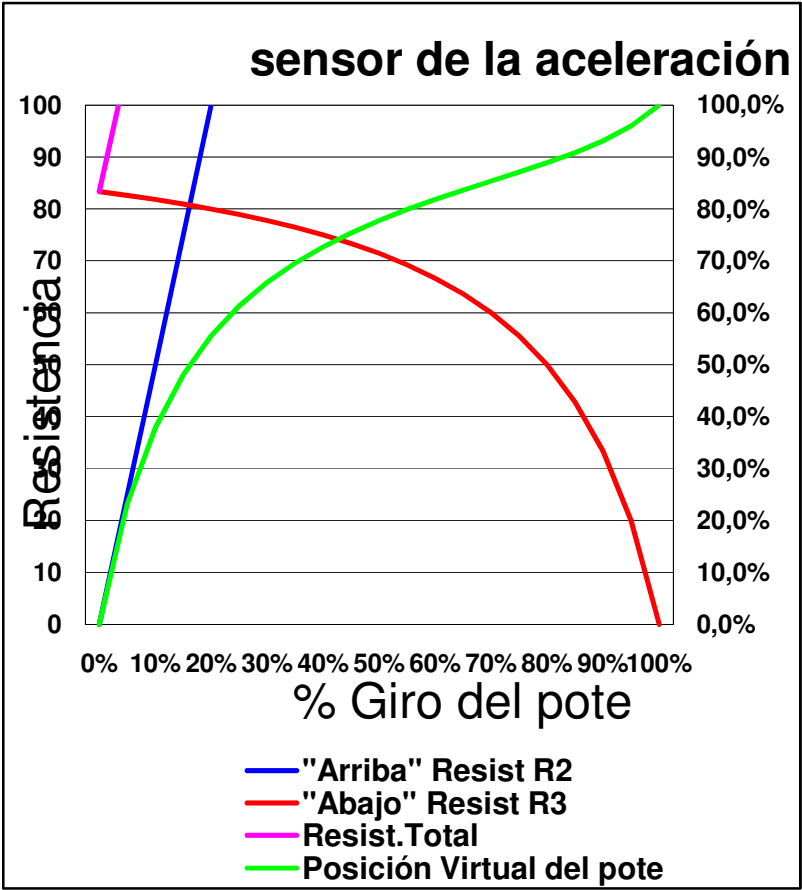
R2 (Resist. Arriba)                100

R3 (Resist. Abajo)                9E+09



Poner "9e9" en R2 o R3 para  
Indicar que no existe.  
Es equivalente a "infinito".

Index	Posición real del pote.	"Arriba" Resist R2	"Abajo" Resist R3	Resist.Total	Posición Virtual del pote
0%	0%	0,0	83,3	83,3	0,0%
5%	5%	25,0	82,6	107,6	23,2%
10%	10%	50,0	81,8	131,8	37,9%
15%	15%	75,0	81,0	156,0	48,1%
20%	20%	100,0	80,0	180,0	55,6%
25%	25%	125,0	78,9	203,9	61,3%
30%	30%	150,0	77,8	227,8	65,9%
35%	35%	175,0	76,5	251,5	69,6%
40%	40%	200,0	75,0	275,0	72,7%
45%	45%	225,0	73,3	298,3	75,4%
50%	50%	250,0	71,4	321,4	77,8%
55%	55%	275,0	69,2	344,2	79,9%
60%	60%	300,0	66,7	366,7	81,8%
65%	65%	325,0	63,6	388,6	83,6%
70%	70%	350,0	60,0	410,0	85,4%
75%	75%	375,0	55,6	430,6	87,1%
80%	80%	400,0	50,0	450,0	88,9%
85%	85%	425,0	42,9	467,9	90,8%
90%	90%	450,0	33,3	483,3	93,1%
95%	95%	475,0	20,0	495,0	96,0%
100%	100%	500,0	0,0	500,0	100,0%



## ANEXO F

### ANÁLISIS DE IMPLANTACIÓN Y RECURSOS UTILIZADOS

Según la materia prima de producción, factores de producción y mano de obra para iniciar actividades de producción y comercialización se tomamos como cuadro de inversión las siguientes cantidades.

#### CUADRO DE INVERSION

(en Bolivianos)

				FONDOS PROPIOS	FINANCIAMI ENTO
ACTIVOS FIJOS	MONTO EN \$us	7,07	MONTO Bs	MONTO Bs	MONTO Bs
Mobiliario	5.000,00		35.350,00	35.350,00	
Maquinaria y Equipo	40.000,00		282.800,00	113.120,00	169.680,00
vehiculos	15.000,00		106.050,00	53.025,00	53.025,00
Terranos	45.000,00		318.150,00		318.150,00
<b>TOTAL</b>	<b>105.000,00</b>		<b>742.350,00</b>	<b>201.495,00</b>	<b>540.855,00</b>
ACTIVOS INTANGIBLES				MONTO Bs	MONTO Bs
Gastos legales	5.000,00		35.350,00	35.350,00	
Software contable	600,00		4.242,00	4.242,00	
<b>TOTAL</b>	<b>5.600,00</b>		<b>39.592,00</b>	<b>39.592,00</b>	
CAPITAL DE TRABAJO	MONTO EN \$US	7,07	MONTO Bs	MONTO Bs	MONTO Bs
Costos de producción 750 unidades	194.501,41		1.375.125,00	687.562,50	687.562,50
Sueldos y Salarios 11 personas	52.942,90		374.306,34	187.153,17	187.153,17
gastos Administrativo, comerciales y ventas	7.834,54		55.390,19	27.695,10	27.695,10
<b>TOTAL</b>	<b>255.278,86</b>		<b>1.804.821,53</b>	<b>902.410,76</b>	<b>902.410,76</b>
<b>TOTAL INVERSION</b>	<b>365.878,86</b>		<b>2.586.763,53</b>	<b>1.143.497,76</b>	<b>1.443.265,76</b>
			100,00%	44,21%	55,79%

En nuestro cuadro de inversión tomamos en cuenta que la estimación de dinero que se tiene son es el global para un año que refleja los gastos de la gestión para colocar como capital de inicio básicamente estaríamos hablando ¼ que equivale a 91 mil Dólares de la inversión total porque estaríamos tomando el costo de un trimestre

Se detalla el costo de fabricación de la Nueva Unidad de Control electrónica primaria

#### COSTOS UNITARIOS

(en Bolivianos)

Nº	MATERIA PRIMA DE PRODUCCION	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO Bs	CANTIDAD REQUERIDA	COSTO TOTAL
1	Resistores	unidades	1,00	180	180,00
2	Capacitores electroliticos	unidades	2,50	15	37,50
3	Capacitores Ceramica	unidades	1,00	35	35,00
4	Capacitores Tantalio	unidades	4,50	4	18,00
5	Capacitores de Poliester	unidades	3,00	6	18,00
6	Microcontroladores	unidades	350,00	1	350,00
7	Circuitos integrados	unidades	70,00	5	350,00
8	Transistores	unidades	21,00	10	210,00
9	Placa Impresa	unidades	105,00	1	105,00
10	Cristales de 12 Mhz	unidades	10,00	1	10,00
11	Diodos	unidades	3,50	20	70,00
12	Arnes bus de datos	unidades	100,00	1	100,00
13	Software de Conduccion	unidades	350,00	1	350,00
			<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>1.833,50</b>

#### PROYECCION DE COSTOS UNITARIOS

(en Bolivianos)

%	COSTO UNITARIO DE PRODUCCION	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
6,00%	COSTO UNITARIO	1.833,50	1.943,51	2.060,12	2.183,73

#### ESTIMACION DE LA PRODUCCION ANUAL

Nº	COSTO UNITARIO DE PRODUCCION	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
1	Unidades a Vender	600,00	730,00	860,00	990,00
2	Inventario Final Deseado	150,00	180,00	210,00	240,00
3	Requerido Por Producción	750,00	910,00	1.070,00	1.230,00
4	Inventario Inicial	0,00	150,00	180,00	210,00
<b>UNIDADES A PRODUCIR</b>		<b>750,00</b>	<b>760,00</b>	<b>890,00</b>	<b>1.020,00</b>



## ESTIMACION DEL COSTO TOTAL DE PRODUCCION

(en Bolivianos)

Nº	D E T A L L E	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
	Materia Prima	1.375.125,00	1.477.067,60	1.833.507,33	2.227.402,39
	Mano de Obra	374.306,34	385.535,53	396.764,72	408.667,66
	Gastos Indirectos de Fabricacion	5.378,15	5.700,83	6.042,88	6.405,46
	COSTO TOTAL DE PRODUCCION	1.754.809,48	1.868.303,96	2.236.314,93	2.642.475,51
	COSTO UNITARIO DE PRODUCCION	<u>2.339,75</u>	<u>2.458,29</u>	<u>2.512,71</u>	<u>2.590,66</u>

**ANÁLISIS DE ADQUISICIONES DE PRODUCTOS ORIGINALES**

Se vio con gran interés que una de las soluciones que brindara La nueva Unidad de Control electrónico Primario es en los costos de Adquisición de ellos, por lo

**ANEXO G**

**HOJA DE DATOS DE MICROCONTROLADOR**

---

**PIC16F87XA**  
**Data Sheet**

28/40/44-Pin Enhanced Flash  
Microcontrollers



# PIC16F87XA

## 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

### Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

### High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word Instructions to learn
- All single-cycle Instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input  
DC – 200 ns Instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory,  
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM),  
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin  
PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

### Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,  
can be incremented during Sleep via external  
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period  
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™  
(Master mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver  
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address  
detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with  
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for  
Brown-out Reset (BOR)

### Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital  
Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference  
(V<sub>REF</sub>) module
  - Programmable input multiplexing from device  
inputs and internal voltage reference
  - Comparator outputs are externally accessible

### Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash  
program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM  
memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™)  
via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC  
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

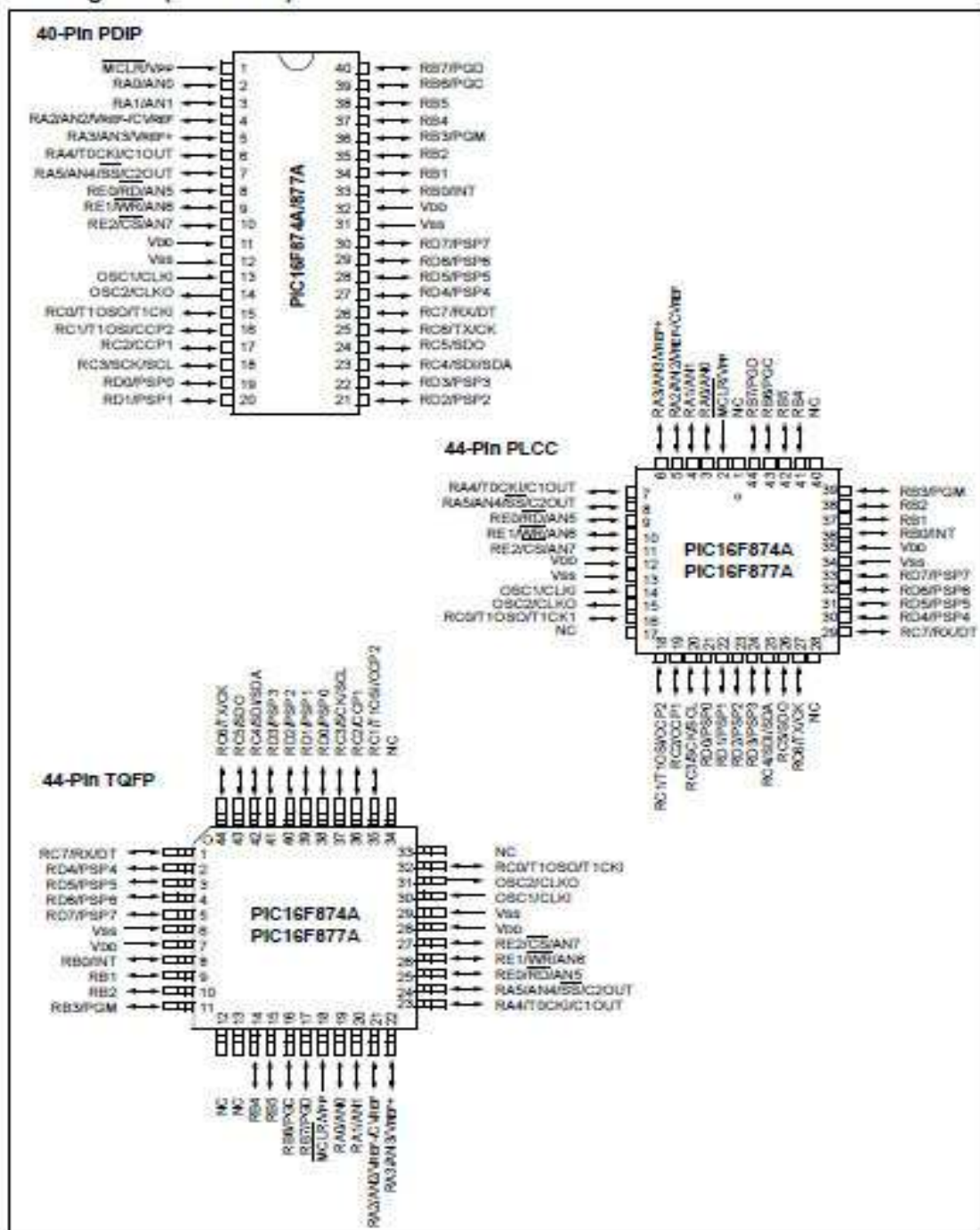
### CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM  
technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (oh)	CCP (PWM)	MSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I <sup>2</sup> C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

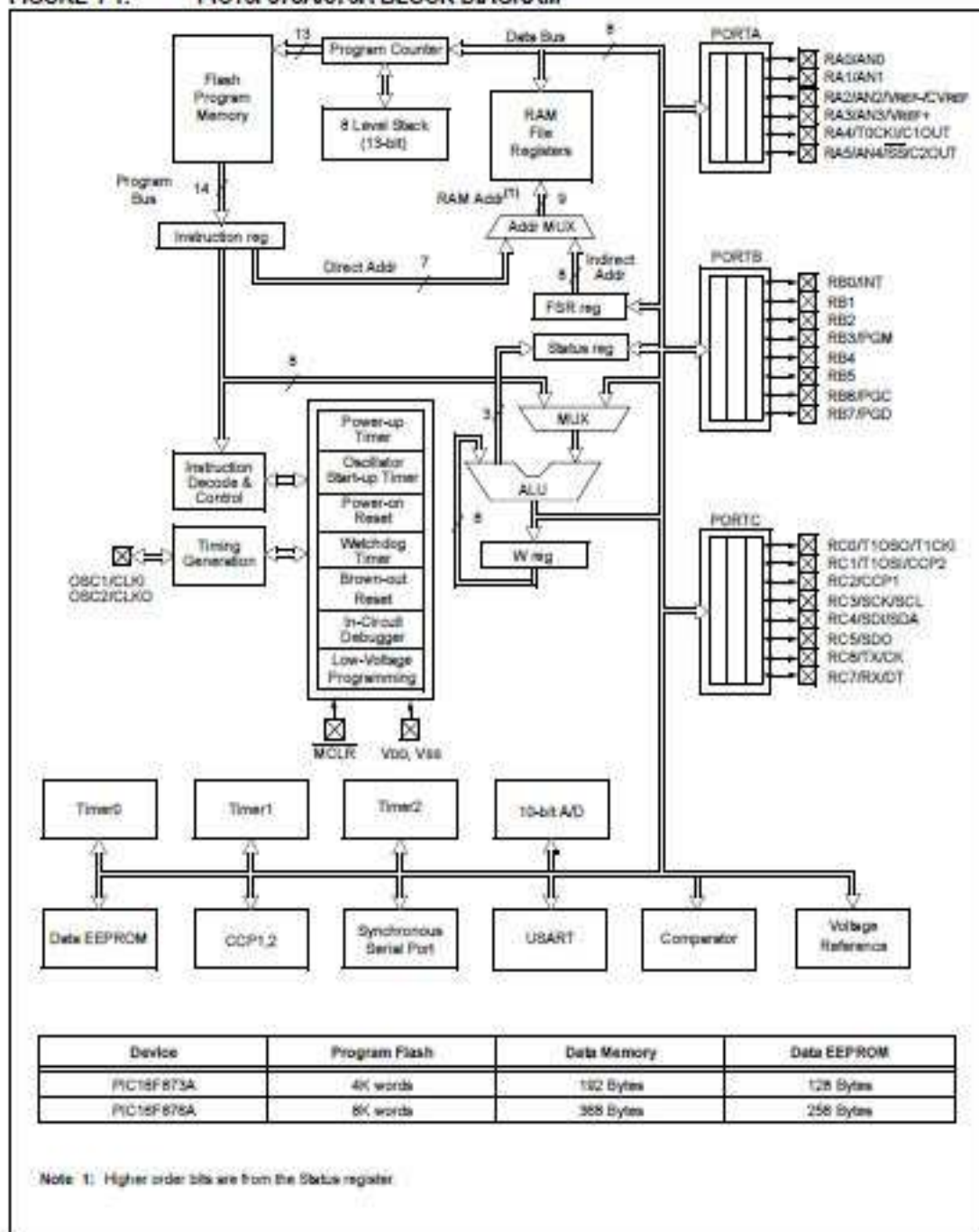
# PIC16F87XA

## Pin Diagrams (Continued)



# PIC16F87XA

FIGURE 1-1: PIC16F873A/876A BLOCK DIAGRAM



## ANEXO H

### 4.8 ETAPA DE CODIFICACIÓN Y PROGRAMA

- RECEPCIÓN DEL SENSOR DE ACELERACION
- RECEPCIÓN DEL SENSOR DE CIGÜEÑAL
- RECEPCIÓN DEL SENSOR DE LEVAS
- RECEPCION DEL SENSOR MAP

En este sector de recepción de datos se utilizo el lenguaje ensamblador.

```
list P = PIC16F877
include "p16f877.inc"
__CONFIG _CP_OFF & _WRT_ENABLE_OFF & _HS_OSC & _WDT_OFF & _PWRTE_ON &
_BODEN_ON

; Acceleration/Deceleration Time = RampRate * 256 * 256 * Timer 0 prescale /
Fosc

#define AccelDelay D'255'
#define DecelDelay D'200'
#define ManThresh 0x3f
#define AutoThresh 0x100-ManThresh
OffMask equ B'11010101'
Invalid equ B'00000000'
Phase1 equ B'00100001'
Phase2 equ B'00100100'
Phase3 equ B'00000110'
Phase4 equ B'00010010'
Phase5 equ B'00011000'
Phase6 equ B'00001001'

#define CARRY STATUS,C
#define ZERO STATUS,Z
#define subwl sublw

;*****
**

#define ReadIndicatorPORTB,0
#define DrivePort PORTC

;*****
**

CBLOCK 0x20
STATE
PWMThresh
PhaseIndx
Drive
RPMIndex
ADCRPM
ADCOffset
PresetHi
PresetLo
Flags
Vsupply
```

```

DeltaV1
DeltaV2
CCPSaveH
CCPSaveL
CCPT2H
CCPT2L
RampTimer
xCount
Status

ENDC

#define DriveOnFlag    Flags,0
#define AutoRPM        Flags,1
#define FullOnFlag     Flags,4
#define Tmr0Ovf        Flags,5
#define Tmr0Sync       Flags,6

#define BEMF1Low       DeltaV1,7
#define BEMF2Low       DeltaV2,7

;*****
**
sRPMSetupequ    D'0'
sRPMRead equ     sRPMSetup+1
sOffsetSetup    equ     sRPMRead+1
sOffsetRead     equ     sOffsetSetup+1
sVSetup         equ     sOffsetRead+1
sVIdle          equ     sVSetup+1
sVRead          equ     sVIdle+1
sBEMFSetup      equ     sVRead+1
sBEMFIdleequ    sBEMFSetup+1
sBEMFReadequ    sBEMFIdle+1
sBEMF2Idle      equ     sBEMFRead+1
sBEMF2Read      equ     sBEMF2Idle+1
;*****
**

ADC0to1         equ     B'00001000' ; changes ADCON0<5:3> from 000 to 001
ADC1to3         equ     B'00010000' ; changes ADCON0<5:3> from 001 to 011
ADC3to0         equ     B'00011000' ; changes ADCON0<5:3> from 011 to 000

;*****
**
;***** EL PROGRAMA INICIA AQUI
*****
;*****
**
    org    0x000
    nop
    goto   Initialize

    org    0x004
    goto   SVR_timer0

    org    0x08

SVR_timer0
    bsf    Tmr0Ovf
    bsf    Tmr0Sync
    bcf    INTCON,T0IF
    retfie
Initialize

```

```

    clrf    PORTC
    clrf    PORTB
    banksel TRISA
    clrf    TRISC
    movlw   B'00001011'
    movwf   TRISA
    movlw   B'11111110'
    movwf   TRISB
; setup Timer0
    ;movlw B'11010000'
    movlw   B'11010111'
    movwf   OPTION_REG
    bsf     INTCON,T0IE
; Setup ADC
    movlw   B'00000100'
    movwf   ADCON1
    banksel PORTA
    movlw   B'10000001'
; setup Timer 1
    movlw   B'00100001'
    movwf   T1CON
; setup Timer 1 compare
    movlw   0xFF
    movwf   CCPR1L
    movwf   CCPR1H
    movlw   B'00001011'
    movwf   CCP1CON

; initialize RAM
    clrf    PWMThresh
    movlw   D'6'
    movwf   PhaseIndx
    clrf    Flags
    clrf    Status
    clrf    STATE
    bcf     INTCON,T0IF
    bsf     INTCON,GIE    ; enable interrupts
MainLoop
;*****

    btfsc   PIR1,CCP1IF
    call    Commutate
PWM
    bsf     DriveOnFlag
    btfsc   FullOnFlag
    goto    PWM02
    movf    PWMThresh,w
    addwf   TMR0,w
    btfss   CARRY
    bcf     DriveOnFlag    ; timer has not reached threshold, disable drive

    call    DriveMotor
PWM02
    call    LockTest
    call    StateMachine
    goto    MainLoop

StateMachine
    movlw   SMTableEnd-SMTable-1
    andwf   STATE,f
    movlw   high SMTable
    movwf   PCLATH
    movlw   low SMTable    ; get low byte of table address

```



```

    addwf STATE,w
    btfsc CARRY
    incf PCLATH,f
    movwf PCL
SMTTable
goto    RPMSetup
    goto RPMRead
    goto OffsetSetup
    goto OffsetRead
    goto VSetup
    goto VIdle
    goto VRead
    goto BEMFSetup
    goto BEMFIdle
    goto BEMFRead
    goto BEMF2Idle
    goto BEMF2Read
    goto InvalidState
    goto InvalidState
    goto InvalidState
    goto InvalidState
SMTTableEnd

;~~~~~
RPMSetup
    movlw Phase1
    xorwf Drive,w
    btfss ZERO
    return

    bsf    ADCON0,GO
    movlw ADC0to1
    xorwf ADCON0,f
    incf STATE,f
    bcf    Tmr0Sync
    return
;~~~~~
RPMRead

    btfsc ADCON0,GO
    return
    movf ADRESH,w
    movwf ADCRPM

    incf STATE,f
    return
;~~~~~
OffsetSetup
    movlw Phase2
    xorwf Drive,w
    btfss ZERO
    return
    bsf    ADCON0,GO
    movlw ADC1to3
    xorwf ADCON0,f
    incf STATE,f
    return

;~~~~~
OffsetRead
    btfsc ADCON0,GO
    return

```

```

    movf    ADRESH,w
    xorlw   H'80'
    movwf   ADCOffset
    addwf   ADCRPM,w
    btfss   ADCOffset,7
    goto    OverflowTest ; no - test for overflow

    btfss   CARRY
    andlw   H'00'
    goto    Threshold

OverflowTest
    btfsc   CARRY
    movlw   H'ff'
    movwf   PWMThresh
    btfsc   ZERO
    goto    DriveOff

    bcf     FullOnFlag
    sublw   0xFD
    btfss   CARRY
    bsf     FullOnFlag
    incf    STATE,f
    return

DriveOff
    clrf    Status
    movlw   B'11000111'
    andwf   ADCON0,f
    clrf    STATE
    return

VSetup
    movlw   Phase4
    xorwf   Drive,w
    btfss   ZERO
    return
    call    SetTimer
    incf    STATE,f
    return

;~~~~~
VIdle
    btfss   DriveOnFlag
    return

    bsf     ReadIndicator
    call    Tacq
    bsf     ADCON0,GO
    bcf     ReadIndicator
    incf    STATE,f
    return

;~~~~~
VRead
    btfsc   ADCON0,GO
    return
    movf    ADRESH,w
    movwf   Vsupply
    incf    STATE,f
    bcf     Tmr0Sync
    return

;~~~~~
BEMFSetup
    movlw   Phase5

```

```

    xorwf Drive,w
    btfss ZERO
    return

    btfss Tmr0Sync
    return

    btfss PWMThresh,7
    goto BEMFS1
    btfss DriveOnFlag
    return
BEMFS1
    bcf CCP1CON,0
    movf CCPR1H,w
    movwf CCPSaveH
    movwf CCPT2H
    movf CCPR1L,w
    movwf CCPSaveL
    movwf CCPT2L
    bcf CARRY
    rrf CCPT2H,f
    rrf CCPT2L,f
    bcf CARRY
    rrf CCPT2H,w
    movwf CCPR1H
    rrf CCPT2L,w
    movwf CCPR1L
    incf STATE,f
    return
;~~~~~
BEMFIdle
    btfss PIR1,CCP1IF
    return

    bsf DriveOnFlag
    call DriveMotor
    bsf ReadIndicator
    call Tacq
    bsf ADCON0,GO
    bcf ReadIndicator

    movf CCPT2H,w
    addwf CCPR1H,f
    movf CCPT2L,w
    addwf CCPR1L,f
    btfsc CARRY
    incf CCPR1H,f
    bcf PIR1,CCP1IF
    incf STATE,f
    return
;~~~~~
    BEMFRead
    btfsc ADCON0,GO
    return
    rrf Vsupply,w
    subwf ADRESH,w
    movwf DeltaV1
    incf STATE,f
    return
;~~~~~
BEMF2Idle
    btfss PIR1,CCP1IF
    return

```

```

    bsf    DriveOnFlag
    call   DriveMotor
    bsf    ReadIndicator
    call   Tacq
    bsf    ADCON0,GO
    bcf    ReadIndicator
    movlw  ADC3to0
    xorwf  ADCON0,f
    movf   CCPSaveH,w
    movwf  CCPR1H
    movf   CCPSaveL,w
    movwf  CCPR1L
    bcf    PIR1,CCP1IF
    bsf    CCP1CON,0
    incf   STATE,f
    return

;~~~~~
BEMF2Read
    btfsc  ADCON0,GO
    return
    rrf    Vsupply,w
    subwf  ADRESH,w
    movwf  DeltaV2
    clrf   STATE
    return
;~~~~~
InvalidState
    movlw  B'11000111'
    andwf  ADCON0,f
    clrf   STATE
    return
Tacq
;*****
    movlw  D'14'
    movwf  xCount
    decfsz xCount,f
    goto   $-1
    return

LockTest
;*****
    btfss  Tmr0Ovf
    return
    btfss  PWMThresh,7
    goto   LT05

    btfss  DriveOnFlag
    return
LT05
    bcf    Tmr0Ovf
    decfsz RampTimer,f
    return

    bsf    AutoRPM
    movf   ADCRPM,w
    addlw  AutoThresh
    btfss  CARRY
    bcf    AutoRPM

    btfss  BEMF1Low
    goto   LT20
LT10

```

```

    movlw B'10000000'
    movwf Status
    movlw AccelDelay
    movwf RampTimer

    btfss AutoRPM
    goto ManControl

    incfsz RPMIndex,f
    return

    decf RPMIndex,f
    return
LT20
    btfsc BEMF2Low
    goto ShowLocked
    movlw B'01000000'
    movwf Status
    movlw DecelDelay
    movwf RampTimer

    btfss AutoRPM
    goto ManControl

    decfsz RPMIndex,f
    return

    incf RPMIndex,f
    return

ShowLocked
    movlw B'11000000'
    movwf Status
    movlw DecelDelay
    movwf RampTimer

    btfsc AutoRPM
    return

ManControl
    movf ADCRPM,w
    movwf RPMIndex
    return

Commutate
;*****
    btfss CCP1CON,0
    return
    bcf PIR1,CCP1IF
    movlw high OnTable
    movwf PCLATH
    decfsz PhaseIndx,w ; decrement to next phase
    goto $+2
    movlw D'6'
    movwf PhaseIndx
    addlw LOW OnTable
    btfsc CARRY
    incf PCLATH,f
    call GetDrive
    movwf Drive
DriveMotor
    movf Drive,w
    btfss DriveOnFlag ; test drive enable flag

```

```

        andlw OffMask                ; kill high drive if PWM is off
        iorwf Status,w              ; show speed indicators
        movwf DrivePort             ; output to motor drivers
        return

GetDrive
    movwf PCL                      ; computed goto
OnTable
    retlw Invalid
    retlw Phase6
    retlw Phase5
    retlw Phase4
    retlw Phase3
    retlw Phase2
    retlw Phase1
    retlw Invalid

SetTimer
;*****

    call SetTimerHigh
    movwf CCPR1H
    call SetTimerLow
    movwf CCPR1L
    return
SetTimerHigh
    movlw high T1HighTable
    movwf PCLATH
    movlw low T1HighTable
    addwf RPMIndex,w
    btfsc STATUS,C
    incf PCLATH,f
    movwf PCL
SetTimerLow
    movlw high T1LowTable
    movwf PCLATH
    movlw low T1LowTable
    addwf RPMIndex,w
    btfsc STATUS,C
    incf PCLATH,f
    movwf PCL
#include "BLDCspd4.inc"
End

• ETAPA DE IGNICION E INYECCION
#include <16F877a.H>
#fuses XT,NOWDT,PUT
#use fast_io(a)
#use delay(clock=2000000)
//setup values
#define prescaler      7
#define delay_multiple  8
#define low_rpm_pulse  true
#define low_rpm_multiple 40
#define scr_pulse       500
#define pulse_polarity  0
#define min_rpm         200
#define min_period      31
//*****
#define max_period      6000000/(2^prescaler)/min_rpm

int const ignition0[64]=
{48,49,51,52,54,56,57,59,60,62,64,65,67,68,70,72,73,75,76,78,80,81,83,84,

```

```
86,88,89,91,92,94,96,97,99,100,102,104,105,142,145,147,149,151,153,155,157,
160,162,164,166,168,170,172,174,177,179,181,183,185,187,189,192,194,196,198};
```

```
/*int const ignition1[64]=
{22,23,25,27,29,31,33,35,37,39,41,44,46,49,51,54,56,59,62,65,68,70,73,77,80,83,86,89
,
93,96,100,103,106,108,110,112,115,117,119,122,124,127,129,131,134,136,139,141,144,14
6,
149,151,154,157,159,162,165,167,170,173,175,178,181,184};*/
(TMR0 count=94)
#define pickup      PIN_B0    //pin 6
#define thyristor   PIN_A2    //pin 1
#define LED         PIN_A4    //pin 1
#define curve_sel   PIN_B2    //pin 8
#define TMR0 0x01
#define PORTA 0x05
#define PORTB 0x06
#define INTCON 0x0b
#define OPTION_REG 0x81

int tmr0h,perl,perh;
int16 per;
#define copy16(a,b) #asm \
    movf a,w \
    movwf b \
    movf &a+1,w \
    movwf &b+1 \
    #endasm

#int_global
void int_tmr0()
{
    tmr0h++;
    bit_clear(INTCON,2);
}

#define inline
void wait_pulse()
{
    #if pulse_polarity==0
        while (!input(pickup));
        while (input(pickup));
    #else
        while (input(pickup));
        while (!input(pickup));
    #endif
    perl=TMR0; perh=tmr0h;
    TMR0=0; tmr0h=0;
}

#define inline activate_SCR()
{
    output_high(LED); // led off
    output_high(thyristor);
    delay_us(scr_pulse);
    output_low(thyristor);
}

void main(){
int retardo;
boolean first=true;
    INTCON=0xa0; //T0IE=1
    OPTION_REG=prescaler-1; //PULLUP on, 2^prescaler=128
    set_tris_a(0x01);
```

```

set_tris_b(0x05); //pin b2 input (curve selector), PIN B0 input (pickup)
output_low(LED);
delay_ms(50);
output_high(LED);
delay_ms(100);
while (true)
{
    if(first) { wait_pulse(); first=false; }
    wait_pulse();
    copy16(perl,per);
    if ((per>=min_period)&&(per<min_period+sizeof(ignition0)))
    {
        perl=perl-min_period;
        #ifdef ignition1
            if(input(curve_sel))
                retardo=ignition1[perl];
            else
        #endif
            retardo=ignition0[perl];

        retardo=retardo-8; //delay adjust (subtract 8*4=32 us)
        //do delay
        #asm
bucle: #endasm
        delay_cycles(delay_multiple-3);
        #asm
        decfsz &retardo,f
        goto bucle
        #endasm
        activate_SCR();
    }
    else
    {
        if (per>=max_period) first=true; //if rpm is too slow, engine is stoped

#ifdef low_rpm_pulse
        else
        if (per>=min_period+sizeof(ignition0))
        {
            //do delay
            perl++;
            perh++;
            #asm
loop2: #endasm
            delay_cycles(low_rpm_multiple-3);
            #asm
            decfsz perl,f
            goto loop2
            decfsz perh,f
            goto loop2
            #endasm
            activate_SCR();
        }
    #endif
    }
} //while
} //main

```