

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN LATACUNGA



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
ACELERACIÓN ELECTRÓNICA A VEHÍCULOS QUE DISPONEN
MOTOR CON CARBURADOR”**

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**EDUARDO JOSÉ CUEVA SÁNCHEZ
ANÍBAL ROBERTO PAREDES RECALDE**

Latacunga-Ecuador

Agosto 2012

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo: Eduardo José Cueva Sánchez

Yo: Aníbal Roberto Paredes Recalde

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICA A VEHÍCULOS QUE DISPONEN MOTOR CON CARBURADOR”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, Agosto de 2012

Eduardo José Cueva Sánchez

CI: 1722636220

Aníbal Roberto Paredes Recalde

CI: 1717461345

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO
ING. GERMÁN ERAZO (DIRECTOR)
ING. NÉSTOR ROMERO (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICA A VEHÍCULOS QUE DISPONEN MOTOR CON CARBURADOR**”, realizado por el Sres. EDUARDO JOSÉ CUEVA SÁNCHEZ y ANÍBAL ROBERTO PAREDES RECALDE , ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE-L, en Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: EDUARDO JOSÉ CUEVA SÁNCHEZ y ANÍBAL ROBERTO PAREDES RECALDE que lo entregue al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, Agosto de 2012

Ing. Germán Erazo
DIRECTOR

Ing. Néstor Romero
CODIRECTOR

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por:
EDUARDO JOSÉ CUEVA SÁNCHEZ y ANÍBAL ROBERTO PAREDES
RECALDE, bajo nuestra supervisión.

ING. GERMÁN ERAZO
DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. NÉSTOR ROMERO
CODIRECTOR DEL PROYECTO

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo: Eduardo José Cueva Sánchez

Yo: Aníbal Roberto Paredes Recalde

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo denominado **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICA A VEHÍCULOS QUE DISPONEN MOTOR CON CARBURADOR”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Agosto de 2012

Eduardo José Cueva Sánchez

CI: 1722636220

Aníbal Roberto Paredes Recalde

CI: 1717461345

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres, a mis hermanos, a mis amigos, a mi familia, quienes me han apoyado incondicionalmente no solo para culminar mis estudios sino para resolver cualquier problema que se me ha presentado y quienes puedo recurrir siempre... Gracias...

Eduardo Cueva

DEDICATORIA

Las siguientes hojas dedico a mis padres Rafael y Sonia quien con su esfuerzo diario han sabido llevar a nuestra familia en orden dándonos todo su apoyo incondicional bajo la gracia de Dios y su eterna misericordia, a mis hermanos Andrés, Karina y mi tía Grecia quienes con sus ejemplos y su ayuda que me han brindado he conseguido avanzar y crecer en muchos aspectos de mi vida.

A mis hijos Matías y Julián quienes han sido grandes pilares para lograr el éxito de terminar una etapa de mi vida con éxito, a Yessenia con quien he compartido esta etapa de mi vida y me ha brindado todo su apoyo incondicional en cada instante cuando lo he necesitado.

Roberto Paredes

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a la institución y a los docentes que no solo nos enseñaron ciencias, sino también compartieron sus errores sus aciertos, sus experiencias, a los que nos impartieron lecciones mucho más importantes, ¡de vida!

Un agradecimiento especial para los amigos, con los que compartimos esta etapa de la vida, muchos éxitos para cada uno de ellos.

Eduardo Cueva

AGRADECIMIENTO

A Dios quien con su amor infinito nunca se ha apartado de mí, a mi familia por su gran apoyo que siempre me la dieron, a la institución y sus formadores quienes con sólidas bases aportaron a la formación de ser un profesional brindándonos sus conocimientos para poder llegar a conquistar el éxito.

Además a mis amigos con quienes compartimos diversos momentos para llegar a cerrar esta etapa tan dichosa de nuestra vida.

Roberto Paredes

RESUMEN

El proyecto tiene por objetivo determinar las ventajas y desventajas, del uso de un sistema de aceleración electrónica, el mismo que ha sido instalado en un vehículo marca Fiat modelo Uno-S, monitoreando la potencia, el torque, el consumo de combustible y las emisiones al medio ambiente.

Se ha diseñado este sistema con dos modos de funcionamiento, uno normal y otro en ahorro de combustible, ambos sistemas controlados mediante el programa del módulo electrónico, y que pueden ser seleccionados por el conductor cuando este lo necesite.

Se ha puesto a prueba exhaustivamente el sistema en el dinamómetro, el analizador de gases y una probeta graduada para determinar mediante una comparación con el sistema original, cuales son las diferencias existentes en el comportamiento del motor entre ambos sistemas.

El proyecto se presenta como una mejoría para los vehículos que utilizan carburador para realizar la mezcla de aire-combustible, además de usar componentes sencillos y de fácil accesibilidad para su construcción, que pueden ser adaptados a estos vehículos para su uso diario. Le permite al técnico observar el funcionamiento del sistema en todos los vehículos que lo poseen originalmente, para diagnosticar y reparar las fallas que puedan presentarse en estos sistemas.

ABSTRACT

The project has the objective to determine the advantages and disadvantages of the use of an electronic throttle system, it has been installed in a vehicle Fiat Model Uno-S, monitoring power, torque, fuel consumption and emissions to the environment.

This system is designed with two operating modes, a normal mode and fuel economy, both systems controlled by the program of the electronic module unit and which can be selected by the driver when he needed.

It has been extensively tested on the dynamometer, the gas analyzer and a graduated cylinder to determine by comparison with the original system, what are the differences in motor behavior between the two systems.

The project is presented as an improvement for vehicles used for mixing air-fuel the carburetor as well as using simple components and easy accessibility to its construction, which can be adapted to these vehicles for everyday use. It allows the technician to observe the functioning of the system in all vehicles originally possess it, for they can diagnose and repair faults that may occur in these systems.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
CERTIFICADO	iii
CERTIFICACIÓN	iv
AUTORIZACIÓN	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxiii
PRESENTACIÓN	xxiv
CAPÍTULO 1	- 1 -
EL PROBLEMA	- 1 -
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	- 1 -
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	- 2 -
1.3. OBJETIVO GENERAL	- 2 -
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO	- 3 -
1.5. METAS	- 3 -
CAPÍTULO 2	- 5 -
MARCO TEÓRICO	- 5 -
2.1. MEDICIÓN DEL ÁNGULOS	- 5 -
2.1.1. SENSOR TPS	- 5 -

2.1.2. SENSOR DE POSICIÓN EN EL PEDAL DE ACELERACIÓN (APP)-----	8 -
a. SENSOR CON POTENCIÓMETRO -----	8 -
b. SENSOR DE EFECTO HALL-----	10 -
2.2. ACTUADORES-----	11 -
2.2.1. MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA-----	12 -
a. VENTAJAS Y DESVENTAJAS. -----	13 -
2.2.2. MOTORES BRUSHLESS (SIN ESCOBILLAS). -----	14 -
a. VENTAJAS Y DESVENTAJAS -----	15 -
2.2.3. SERVOMOTORES -----	15 -
a. DIFERENCIA ENTRE SERVOMOTORES ANÁLOGOS Y DIGITALES -----	17 -
b. VENTAJAS Y DESVENTAJAS -----	18 -
2.2.4. MOTORES PASO A PASO-----	19 -
a. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO-----	20 -
b. SECUENCIA DE CONTROL -----	21 -
c. DRIVERS -----	23 -
1. MICROSTEP -----	24 -
d. VENTAJAS Y DESVENTAJAS-----	24 -
2.3. MICROCONTROLADOR-----	24 -
2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES -----	25 -
a. ARQUITECTURA VON NEUMANN-----	25 -
b. ARQUITECTURA DE HARVARD -----	26 -
2.3.2. MEMORIAS DE PROGRAMA -----	26 -
2.3.3. MEMORIA DE ALMACENAMIENTO -----	27 -
2.3.4. GENERADOR DE RELOJ-----	28 -
2.3.5. INTERFAZ ENTRADAS/SALIDAS -----	28 -
2.3.6. CONVERTORES ANÁLOGO/DIGITAL:-----	28 -
2.3.7. MODULADORES POR ANCHO DE PULSO (PWM)-----	29 -
2.3.8. DESCRIPCIÓN DE PINES -----	29 -
a. ARQUITECTURA DEL PIC18F452 -----	29 -
2.3.9. INTERRUPCIONES-----	30 -
2.3.10. OSCILADOR-----	31 -
2.3.11. RESET -----	32 -
2.4. PROGRAMACIÓN DEL PIC -----	32 -
2.4.1. MIKROC PRO FOR PIC. -----	33 -
2.5. ISIS 7.7-----	34 -

2.6. ARES-----	35 -
2.7. PICKIT 2-----	36 -
2.8. DINAMÓMETRO -----	37 -
2.8.1. CURVA DE TORQUE -----	38 -
2.8.2. CURVA DE POTENCIA-----	39 -
2.9. ANALIZADOR DE GASES-----	40 -
2.9.1. NECESIDADES DEL MOTOR -----	41 -
2.9.2. EMISIONES DE GASES -----	43 -
a. RELACIÓN ESTEQUIOMÉTRICA Y RELACIÓN LAMBDA-----	44 -
b. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)-----	45 -
c. HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC)-----	46 -
d. DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂) -----	47 -
2.10. PANTALLA GLCD-----	47 -
CAPÍTULO 3 -----	49 -
PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS -----	49 -
3.1. HIPÓTESIS-----	49 -
3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL -----	49 -
3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA -----	49 -
3.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN -----	50 -
3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE -----	50 -
3.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE -----	50 -
3.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES-----	50 -
a. VARIABLE INDEPENDIENTE-----	50 -
b. VARIABLE DEPENDIENTE-----	51 -
CAPÍTULO 4 -----	52 -
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	52 -
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN -----	52 -
4.2. ESQUEMA DE LA PROPUESTA -----	52 -
4.2.1. MECANISMOS UTILIZADOS PARA CONTROLAR LA POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACCELERACIÓN-----	52 -
a. MECANISMO POR POLEAS -----	53 -
b. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN MECANISMO DE POLEAS -----	53 -
c. MECANISMO POR ENGRANES -----	54 -

d. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN MECANISMO POR ENGRANAJES-----	54 -
4.2.2. DISEÑO DEL MECANISMO UTILIZADO -----	55 -
4.2.3. BASES DE APOYO -----	55 -
a. ACELERADOR-----	56 -
b. SERVOMOTOR-----	56 -
c. SOPORTE DEL EJE -----	57 -
4.2.4. SELECCIÓN DEL ACTUADOR.-----	57 -
a. COMPROBACIÓN DEL ÁNGULO DE LA MARIPOSA -----	58 -
4.2.5. SELECCIÓN DEL APP -----	60 -
4.2.6. MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECM) -----	62 -
a. PARTES QUE COMPONEN EL ECM-----	62 -
1. ETAPA DE ALIMENTACIÓN Y FUENTE -----	63 -
2. ETAPA DE SENSADO -----	65 -
2.1. SWITCH DE MODOS DE FUNCIONAMIENTO-----	67 -
2.1.1. MODO NORMAL -----	68 -
2.1.2. MODO DE AHORRO DE COMBUSTIBLE -----	68 -
3. ETAPA DE PROCESAMIENTO -----	68 -
3.1. SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR-----	68 -
3.2. PIC18F452-----	69 -
3.3. DESCRIPCIÓN DE PINES UTILIZADOS EN EL PROYECTO -----	71 -
4. ETAPA DE SALIDAS -----	72 -
4.1. VISUALIZACIÓN DE DATOS -----	72 -
4.1.1. PANTALLA GLCD-----	73 -
4.3. SOFTWARE DE CONTROL -----	73 -
4.3.1. GENERACIÓN DE IMÁGENES PARA GLCD -----	73 -
4.3.2. DECLARACIÓN DE VARIABLES -----	75 -
4.3.3. CONVERSIÓN A/D -----	76 -
4.3.5. GENERACIÓN DE PWM -----	77 -
4.3.6. CÁLCULO DE PORCENTAJES -----	78 -
4.3.7. MÉTODOS DE CONTROL -----	79 -
4.3.8. IMPRESIONES DE DATOS -----	80 -
4.3.9. DIAGRAMA LÓGICO-----	80 -
4.4. CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA.-----	82 -
4.5. DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE DEL MECANISMO PARA CONTROLAR LA MARIPOSA ----	84 -
4.6. DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE DEL PEDAL DEL ACELERADOR ELECTRÓNICO -----	87 -

4.7. CONEXIÓN DEL SERVOMOTOR, ACELERADOR Y TARJETA DE CONTROL. DIAGRAMA ELÉCTRICO-----	90 -
4.8. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA SEGÚN LOS PARÁMETROS DE CARGA Y ACELERACIÓN DEL MOTOR EN MODO NORMAL Y AHORRO DE COMBUSTIBLE -----	91 -
4.9. PRUEBAS DE RENDIMIENTO -----	92 -
4.9.1. PRUEBAS EN EL DINAMÓMETRO-----	92 -
4.9.2. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA-----	92 -
4.9.3. TOMA DE DATOS -----	95 -
a. CON EL ACELERADOR ELECTRÓNICO -----	95 -
1. MODO NORMAL-----	95 -
2. MODO AHORRO -----	98 -
b. SIN EL ACELERADOR ELECTRÓNICO-----	99 -
4.9.4. ANÁLISIS DE DATOS-----	102 -
4.10. PRUEBA EN EL ANALIZADOR DE GASES -----	104 -
4.10.1. TOMA DE DATOS-----	104 -
4.10.2. ANÁLISIS DE DATOS -----	106 -
4.11. PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE -----	109 -
4.11.1. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA -----	109 -
4.11.2. TOMA DE DATOS-----	110 -
a. CON EL ACELERADOR ELECTRÓNICO -----	110 -
b. SIN EL ACELERADOR ELECTRÓNICO-----	111 -
4.11.3. ANÁLISIS DE DATOS -----	111 -
4.12. ANÁLISIS FINAL -----	112 -
CAPÍTULO 5 -----	114 -
MARCO ADMINISTRATIVO-----	114 -
5.1. RECURSOS: -----	114 -
5.1.1. RECURSOS HUMANOS -----	114 -
5.1.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS-----	115 -
5.1.3. RECURSOS MATERIALES -----	115 -
5.2. PRESUPUESTO -----	116 -
5.3. FINANCIAMIENTO -----	117 -
5.4. CRONOGRAMA -----	117 -
CONCLUSIONES -----	119 -

RECOMENDACIONES	- 122 -
BIBLIOGRAFÍA	- 124 -
NETGRAFÍA	- 125 -
ANEXO A. PLANO DEL SOPORTE DEL PEDAL	- 126 -
ANEXO B. PLANO DEL SOPORTE DEL SERVOMOTOR	- 128 -
ANEXO C. PLANO DEL SOPORTE DEL EJE	- 130 -
ANEXO D. OSCILADORES	- 132 -
ANEXO E. ESQUEMA LÓGICO PARA RESET	- 134 -
ANEXO F. ARTÍCULO PROYECTO	- 136 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Sensor TPS	- 5 -
Figura 2.2: TPS con y sin switch.....	- 6 -
Figura 2.3: TPS en osciloscopio	- 7 -
Figura 2.4: Pedal de acelerador electrónico.....	- 8 -
Figura 2.5: Esquema eléctrico de APP1 y APP2.....	- 9 -
Figura 2.6: Partes de un pedal con acelerador electrónico	- 10 -
Figura 2.7: Ejemplo de curva voltaje vs desplazamiento de APP 1, 2 y 3	- 10 -
Figura 2.8: APP con sensor Hall	- 11 -
Figura 2.9: Motor de corriente continua	- 12 -
Figura 2.10: Rotor hueco sin hierro.....	- 13 -
Figura 2.11: Motor sin escobillas	- 14 -
Figura 2.12: Servomotor	- 15 -
Figura 2.13: Posiciones del servomotor a diferentes PWM.....	- 16 -
Figura 2.14: Diferencia entre un servomotor análogo y digital.....	- 18 -
Figura 2.15: Motor paso a paso	- 19 -
Figura 2.16: Secuencia de activación de un motor Paso a Paso.....	- 20 -
Figura 2.17: Motor paso a paso Unipolar	- 21 -
Figura 2.18: Motor paso a paso bipolar.....	- 21 -
Figura 2.19: Driver	- 23 -
Figura 2.20: Arquitectura Von Neumann.....	- 25 -
Figura 2.21: Arquitectura de Harvard	- 26 -
Figura 2.22: Esquema de pines del PIC18F452.....	- 29 -
Figura 2.23: Arquitectura interna.....	- 30 -
Figura 2.24: Esquema de conexión del oscilador.....	- 32 -
Figura 2.25: Pantalla de MicroC.....	- 33 -
Figura 2.26: Pantalla de ISIS 7.7	- 34 -
Figura 2.27: Conversión a archivo Netlist	- 35 -
Figura 2.28: Pantalla de ARES	- 36 -
Figura 2.29: Pantalla PICKit	- 37 -
Figura 2.30: Dinamómetro	- 37 -
Figura 2.31: Curva característica del torque	- 38 -

Figura 2.32: Curva característica de la potencia	- 39 -
Figura 2.33: Analizador de gases	- 41 -
Figura 2.34: Relación estequiométrica.....	- 44 -
Figura 2.35: Curva del monóxido de carbono	- 46 -
Figura 2.36: Curva de hidrocarburos.....	- 47 -
Figura 2.37: Pantalla GLCD.....	- 48 -
Figura 4.1: Mecanismo de poleas	- 53 -
Figura 4.2: Mecanismo por engranes.....	- 54 -
Figura 4.3: Estructura para el servomotor	- 55 -
Figura 4.4: Medición de fuerza ejercida por el acelerador.....	- 57 -
Figura 4.5: Tarjeta interna de un servomotor	- 59 -
Figura 4.6: Pedal de aceleración electrónico	- 60 -
Figura 4.7: Esquema eléctrico de los sensores del pedal	- 61 -
Figura 4.8: Tarjeta de control.....	- 62 -
Figura 4.9: Diodo de protección.....	- 63 -
Figura 4.10: Regulador de voltaje	- 64 -
Figura 4.11: Encapsulado del regulador de voltaje	- 64 -
Figura 4.12: LED.....	- 65 -
Figura 4.13: Rango total de APP	- 66 -
Figura 4.14: Rango efectivo de APP.....	- 66 -
Figura 4.15: Curvas voltaje vs Aceleración de APP 1 y APP 2.....	- 67 -
Figura 4.16: Switch de selección	- 68 -
Figura 4.17: Conexión del servomotor	- 72 -
Figura 4.18: Conexión de LED indicadores.....	- 72 -
Figura 4.19: Caratula	- 74 -
Figura 4.20: Fondo de pantalla	- 74 -
Figura 4.21: GLCD Bitmap editor.....	- 75 -
Figura 4.22: Diagrama lógico.....	- 81 -
Figura 4.23: Simulación del proyecto.	- 82 -
Figura 4.24: Ruteo de la placa	- 83 -
Figura 4.25: Vista simulada del anverso de la placa	- 83 -
Figura 4.26: Vista simulada del reverso de la placa	- 84 -
Figura 4.27: Cable y barras del acelerador original.....	- 84 -

Figura 4.28: Servomotor HITEC 458.....	- 85 -
Figura 4.29: Eje adicional del servomotor	- 85 -
Figura 4.30: Polea para sujetar la mariposa.....	- 86 -
Figura 4.31: Base para el servomotor y base de aluminio.....	- 87 -
Figura 4.32: Ubicación del servomotor.....	- 87 -
Figura 4.33: Pedal original Fiat Uno S	- 88 -
Figura 4.34: Pernos para sujeción de la base del pedal.....	- 88 -
Figura 4.35: Ubicación de la base para el pedal electrónico	- 89 -
Figura 4.36: Base del pedal electrónico	- 89 -
Figura 4.37: Esquema de funcionamiento del proyecto.....	- 90 -
Figura 4.38: Diagrama eléctrico	- 90 -
Figura 4.39: Módulo del Acelerador Electrónico – Modo Normal.....	- 91 -
Figura 4.40: Módulo del Acelerador Electrónico – Modo Ahorro	- 92 -
Figura 4.41: Calibración de la bomba	- 93 -
Figura 4.42: Ubicación del vehículo	- 94 -
Figura 4.43: Curva de potencia y torque	- 95 -
Figura 4.44: Prueba de potencia y torque 1	- 96 -
Figura 4.45: Prueba de potencia y torque 2	- 96 -
Figura 4.46: Prueba de potencia y torque 3	- 97 -
Figura 4.47: Prueba de potencia y torque 4	- 98 -
Figura 4.48: Prueba de potencia y torque 5	- 99 -
Figura 4.49: Prueba de potencia y torque 6	- 99 -
Figura 4.50: Prueba de potencia y torque 7	- 100 -
Figura 4.51: Prueba de potencia y torque 8	- 101 -
Figura 4.52: Potencia Máxima	- 103 -
Figura 4.53: Torque Máximo	- 103 -
Figura 4.54: Comparación CO	- 106 -
Figura 4.55: Comparación CO2	- 107 -
Figura 4.56: Comparación λ	- 108 -
Figura 4.57: Comparación HC	- 108 -
Figura 4.58: Comparación consumo de combustible	- 111 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Valores mínimos de voltaje en TPS de algunas marcas.....	- 7 -
Tabla 2.2: Secuencia de Activación en motores bipolares	- 22 -
Tabla 2.3: Secuencia de control para paso simple en motores unipolares	- 22 -
Tabla 2.4: Secuencia de control para paso doble en motores unipolares	- 22 -
Tabla 2.5: Secuencia de control para medio paso en motores unipolares	- 23 -
Tabla 2.6: Características del dinamómetro.....	- 38 -
Tabla 2.7: Descripción de pines de GLCD	- 48 -
Tabla 3.1: Operacionalización de variable independiente.	- 50 -
Tabla 3.2: Operacionalización de variable dependiente.	- 51 -
Tabla 4.1: Elementos a construir	- 56 -
Tabla 4.2: Características del servomotor digital Hitec	- 58 -
Tabla 4.3: Pines de conexión del pedal del Toyota Caldina	- 61 -
Tabla 4.4: Características del 7805	- 65 -
Tabla 4.5: Características del PIC18F452	- 70 -
Tabla 4.6: Pines utilizados en el proyecto	- 71 -
Tabla 4.7: Características de GLCD	- 73 -
Tabla 4.8: Datos PWM HITEC	- 78 -
Tabla 4.9: Valores de prueba de torque y potencia 1	- 96 -
Tabla 4.10: Valores de prueba de torque y potencia 2.....	- 97 -
Tabla 4.11: Valores de prueba de torque y potencia 3.....	- 97 -
Tabla 4.12: Valores de prueba de torque y potencia 4.....	- 98 -
Tabla 4.13: Valores de prueba de torque y potencia 5.....	- 99 -
Tabla 4.14: Valores de prueba de torque y potencia 6.....	- 100 -
Tabla 4.15: Valores de prueba de torque y potencia 7	- 101 -
Tabla 4.16: Valores de prueba de torque y potencia 8.....	- 101 -
Tabla 4.17: Valores de promedio con el acelerador electrónico	- 102 -
Tabla 4.18: Valores promedio sin el acelerador electrónico	- 102 -
Tabla 4.19:Emisiones de gases con el acelerador electrónico, m. normal ...	- 105 -
Tabla 4.20:Emisiones de gases con el acelerador electrónico, m. ahorro.....	- 105 -

Tabla 4.21: Emisiones de gases sin el acelerador electrónico.	- 105 -
Tabla 4.22: Consumo de combustible con el acelerador electrónico.....	- 110 -
Tabla 4.23: Consumo de combustible con el acelerador electrónico.....	- 111 -
Tabla 5.1: Recursos humanos	- 114 -
Tabla 5.2: Recursos tecnológicos.	- 115 -
Tabla 5.3: Recursos materiales	- 116 -
Tabla 5.4: Presupuesto.....	- 117 -
Tabla 5.5: Cronograma de actividades.....	-119-

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 1.1 Relación Lambda.....	- 44 -
Ec. 4.1 Torque	- 58 -
Ec. 4.2 Valor digital total	- 77 -
Ec. 4.3 Valor digital efectivo.....	- 77 -
Ec. 4.4 Ángulo de giro de servomotor	- 78 -
Ec. 4.5 Porcentaje de aceleración modo normal	- 79 -
Ec. 4.6 Porcentaje de aceleración modo ahorro.....	- 79 -
Ec. 4.7 Consumo de combustible	- 110 -

PRESENTACIÓN

En el proyecto, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ACCELERACIÓN ELECTRÓNICA A VEHÍCULOS QUE DISPONEN MOTOR CON CARBURADOR”**, se pone a prueba el sistema utilizado en vehículos a inyección en un vehículo a carburador Fiat Uno S, para lo cual se aplica conocimientos adquiridos en la ESPE-L.

Este proyecto se realizó con el objetivo de determinar mediante una comparación de la potencia, torque, consumo de combustible y emisiones antes y después de implementar este sistema, utilizando los equipos y laboratorios con los que dispone la universidad. El trabajo permite a los técnicos, familiarizarse con este sistema, comprendiéndolo y dándoles la facultad de determinar cómo se diagnostica el sistema y como se lo repara.

El capítulo 1 presenta un análisis sobre problema a resolver, también se plantea por qué debe ser resultado y los objetivos y metas, que se esperan conseguir al culminar el proyecto.

El capítulo 2 trata sobre el marco teórico para el diseño del sistema, donde se explican en una forma general todos los elementos de los que dispone un sistema de aceleración electrónica, como son los sensores de posición del acelerador, el microcontrolador y el actuador.

El capítulo 3, se refiere al planteamiento de las hipótesis y de las operacionalización de las variables que nos permitirán durante el proyecto resolver el problema planteado.

El capítulo 4 presenta la investigación del problema, así como de la

propuesta realizada para poder resolver el problema, cumplir los objetivos y metas y realiza el análisis del desempeño del sistema con los parámetros característicos del motor antes y después de su implementación.

El capítulo 5 plantea el marco administrativo que relaciona los recursos, tecnológico, humano y económico necesarios para la culminación del proyecto, así como también un cronograma de como fue realizado el proyecto.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria automotriz mejora los sistemas de control de los motores, para conseguir un mejor desempeño de los mismos, economizando el uso de combustibles y también disminuyendo la contaminación al medio ambiente, implementando un control de ingreso de combustible dependiendo de las condiciones de carga del motor.

Uno de los últimos avances es el uso de un cuerpo de aceleración motorizado, que permite un control preciso del paso de aire, que junto con una dosificación exacta de los sistemas de inyección, logra una mejor mezcla aire-combustible para cualquier carga del motor mejorando la eficiencia en la que se realiza la combustión.

Los vehículos con carburador tan comunes en nuestro medio poseen un cable de acero, que va conectado por un mecanismo desde el pedal del acelerador al cuerpo de la mariposa, permitiendo el paso de aire sin un control exacto para la formación de la mezcla en el carburador.

Ya no se ha desarrollado ningún tipo de sistema de mejoramiento para estos vehículos que pueda solucionar el consumo excesivo de combustible y la contaminación excesiva, y como un cuerpo de aceleración motorizado forma un cuerpo único, es imposible adaptarlos para que sean utilizados en los carburadores, por lo que se necesita del desarrollo de un sistema de aceleración electrónica que permita mejorar la apertura de la aleta de la mariposa, disminuyendo el consumo de combustible y las emisiones al medio ambiente.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Es obligación de las compañías automotrices cumplir con normas de control de emisiones como la OBD II o la EURO 4, para lo cual intentan encontrar maneras de volver a los motores de combustión interna mucho más eficientes, mejorando así sus prestaciones, reduciendo el consumo de combustible y emisiones hacia el medio ambiente.

Para ello han desarrollado sistemas de inyección cada vez más complejos que ayudan a maximizar la eficiencia de los motores, por lo que el carburador ha quedado obsoleto y se ha dejado de usarse en la producción de vehículos décadas atrás.

En países industrializados los gobiernos ayudan a una renovación continua del parque automotor a vehículos que posean este tipo de tecnologías, sin embargo, en países en vías de desarrollo no es posible esta renovación del parque automotor por motivos económicos, y es por eso que se puede ver diariamente, un gran número de vehículos que poseen motor con carburador.

Por esto es necesario implantar a estos vehículos nuevas tecnologías que disminuyan la contaminación que producen, como es el uso de un control electrónico en la mariposa del carburador, el mismo que permite un control exacto de su apertura a distintos regímenes de giro y cargas del motor, permitiendo una mejor respuesta del motor.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de control de aceleración electrónica a vehículos que disponen motor con carburador, para optimizar el rendimiento del motor.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

- Desarrollar un sistema operativo, funcional y confiable para el control de la posición de la mariposa mediante el uso de componentes electrónicos tanto en el cuerpo del carburador como el pedal del acelerador.
- Realizar una tarjeta electrónica de control que permita procesar las señales de los sensores de posición del acelerador y de la mariposa de aceleración del carburador.
- Desarrollar un programa para controlar la posición de la mariposa de aceleración de un carburador para las diferentes cargas a las que pueda estar sometido el motor.
- Determinar mediante pruebas en el dinamómetro, en el analizador de gases, pruebas de ruta en ciudad y carretera la versatilidad del sistema y el impacto en el motor es los parámetros de potencia, torque, emisiones de gases y consumo de combustible.

1.5. METAS

Al culminar el proyecto se espera conseguir lo siguiente:

- Disponer de un sistema de control de aceleración electrónica funcional y fiable para un mejor desempeño en el carburador, permitiendo una optimización de la potencia, torque y consumo de combustible en un vehículo en el plazo de un año.
- Generar un programa de control de posición de la aleta del acelerador para disponer un mejor rendimiento del motor, permitiendo un que el

sistema pueda calibrarse para los requerimientos que desee el conductor del vehículo en un plazo no mayor a ocho meses.

- Promover la aplicación y el uso de dispositivos de control electrónico en motores con carburador.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. MEDICIÓN DEL ÁNGULOS

2.1.1. SENSOR TPS

El sensor de posición del acelerador (TPS) es un potenciómetro (un tipo de resistor variable) con una amplia variedad de modelos. La computadora suministra voltaje y tierra al sensor. El sensor tiene una pieza de tipo rotativo o de tipo lineal y si está montado en el motor la pieza viene acoplada al acelerador de manera que se mueven juntos. El sensor envía una señal de voltaje a la computadora indicando la posición del acelerador y la señal se incrementa cuando se abre el acelerador.

La computadora usa la posición del acelerador para determinar el estado de operación: neutro (acelerador cerrado), crucero (parcialmente en neutro) o aceleración intensa (acelerador muy abierto) y entonces puede controlar adecuadamente las mezclas de aire-combustible, avance del encendido, velocidad en neutro, etc.

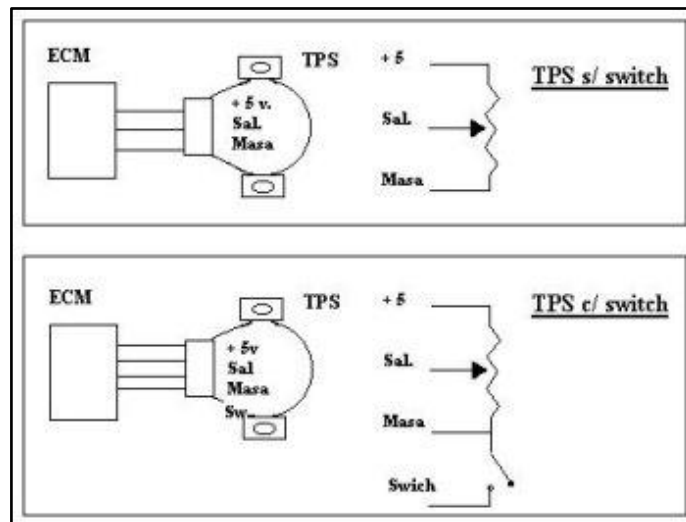


Fuente: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/220-potenciometros-de-mariposa-tps.html>

Figura 2.1: Sensor TPS

Los TPS de este tipo suelen tener 3 cables de conexión y en algunos casos pueden tener 4 cables, este último caso incluye un switch, utilizado como contacto de marcha lenta (idle switch).

Conexiones del TPS con el ECM:



Fuente: <http://www.cise.com/porta1/notas-tecnicas/item/220-potenciometros-de-mariposa-tps.html>

Figura 2.2: TPS con y sin switch

En el primer caso, el cursor recorre la pista y de acuerdo a la posición de este sobre la pista del potenciómetro, se puede leer en tensión dicha posición angular.

El segundo caso (con switch), un cuarto cable se conecta a masa cuando es sensada la condición de mariposa cerrada.

Condiciones de trabajo de un TPS:

Marcha lenta: La condición de marcha lenta o mariposa cerrada (Idle speed), es detectada por el TPS en base a su condición de tensión mínima prevista, dicha tensión debe estar comprendida en un rango predeterminado y entendible por el ECM como marcha lenta.

Este valor de tensión se suele denominar “Voltaje Mínimo del TPS” y su ajuste es de suma importancia a los efectos que el ECM pueda ajustar correctamente el régimen de marcha lenta y la condición de freno motor.

En aquellos casos en los que el TPS incorpore switch, es este mismo switch el que al conectarse da aviso al ECM acerca de la condición de marcha lenta.

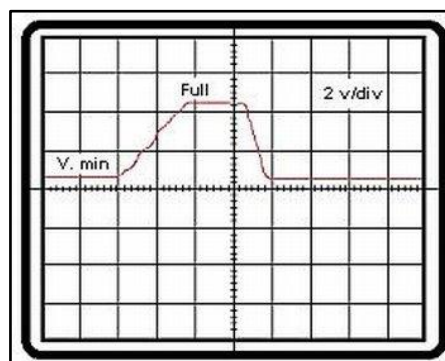
Ejemplos de Voltaje Mínimo del TPS:

Tabla 2.1: Valores mínimos de voltaje en TPS de algunas marcas

Bosch Motronic Peugeot, BMW	0.45 a 0.55 Volts.
Ford EECIV	0.65 a 0.9 Volts.
Magnetti Marelli multipunto	0.25 a 0.45 volts.
General Motors – en general	0.5 +/- 0.05 volts.

Fuente: Grupo de investigación

La medición de voltaje mínimo del TPS debe hacerse con un multímetro digital, colocando el negativo del multímetro a masa de carrocería, y el positivo al cable de señal, con el sistema en contacto.



Fuente: <http://www.cise.com/porta/otas-tecnicas/item/220-potenciometros-de-mariposa-tps.html>

Figura 2.3: TPS en osciloscopio

Barrido de la pista: El cursor debe recorrer la pista del potenciómetro sin cortes ni falsos contactos, esto es muy importante a los efectos de evitar

tironeos, fallas y detecciones de mal función por el sistema de autodiagnóstico del ECM.

Cuando el acelerador este sin presión, el sensor entregara un voltaje muy bajo en el orden de 0.2 0.5 V, y estando totalmente abierto dará un voltaje de 4.8 a 5V.

Para probarlo primero se identifica cada una de las terminales: Referencia (5V), Tierra (0V) y la señal del sensor. Ésta última terminal dará la señal cambiante que es entregada al ECM. Al variar mecánicamente la posición de la garganta, el valor del voltaje cambiara en el rango mencionado 0-5V.

2.1.2. SENSOR DE POSICIÓN EN EL PEDAL DE ACELERACIÓN (APP)

El APP o sensor de posición del pedal del acelerador (Acelerador-Pedal-Posición), puede ir colocado en el conjunto del mismo pedal. Existe también la posibilidad de que un cable de comando se dirija hasta este sensor y el mismo se encuentre bajo el capot.

Existen dos tipos de sensores utilizados que son:

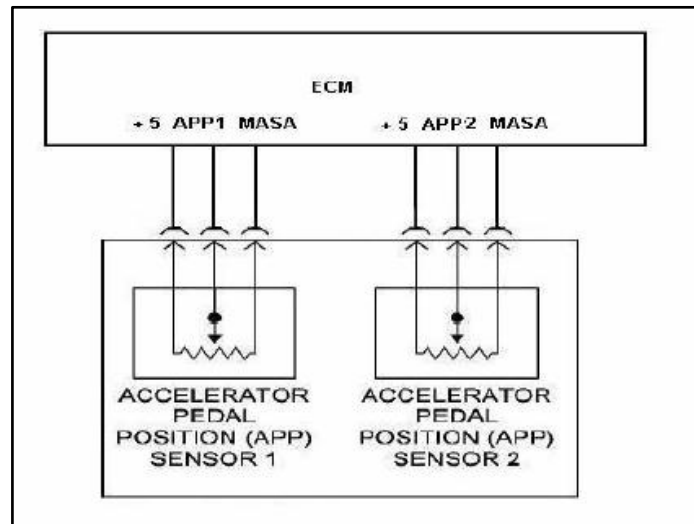
a. SENSOR CON POTENCIÓMETRO



Fuente: http://rb-kwin.bosch.com/ar/es/powerconsumptionemissions/manifoldinjection/egas/accelerator-pedal_module.html

Figura 2.4: Pedal de acelerador electrónico

El conductor ahora ejerce su acción sobre un resorte y mueve un conjunto de potenciómetros dentro del APP. Existen APP de dos y tres potenciómetros, la conexión de un APP de dos potenciómetros es la siguiente.



Fuente: Manual técnico CISE

Figura 2.5: Esquema eléctrico de APP1 y APP2

El sensor de posición del pedal de acelerador APP puede tener 2 ó 3 potenciómetros en su interior (APP1 - APP2 - APP3) En el caso del APP de 2 potenciómetros, por lo general las señales de estos suelen ser diferentes, mientras el voltaje de un potenciómetro aumenta al mover el pedal del acelerador, la del otro decrece. La unidad de control permanentemente analiza como evolucionan los potenciómetros, esto significa que las tensiones que recibe deben estar dentro de rangos prefijados.

Si un potenciómetro para una posición del acelerador da un valor de tensión, el otro debe dar también un valor que debe estar dentro del rango esperado por la unidad de control. En otras palabras, si un voltaje está en un valor el otro debe estar también en un valor esperado por la unidad de mando. En el caso de APP de 3 potenciómetros, utilizados en muchos

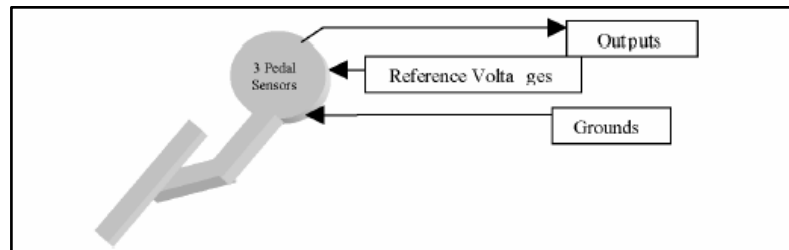
GM, los voltajes de salida de dos potenciómetros son descendentes y uno es ascendente, tal como se muestra en la figura 2.7.

En el flujo de datos del scanner, los voltajes suelen aparecer con la indicación APP, Por ejemplo:

APP1= 1.2 V

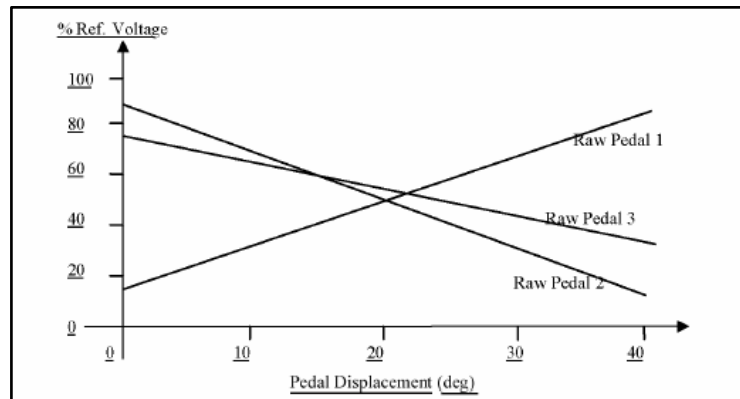
APP2= 4.2 V

APP3= 3.8 V



Fuente: http://www.fastfieros.com/tech/delphi_etc.htm

Figura 2.6: Partes de un pedal con acelerador electrónico

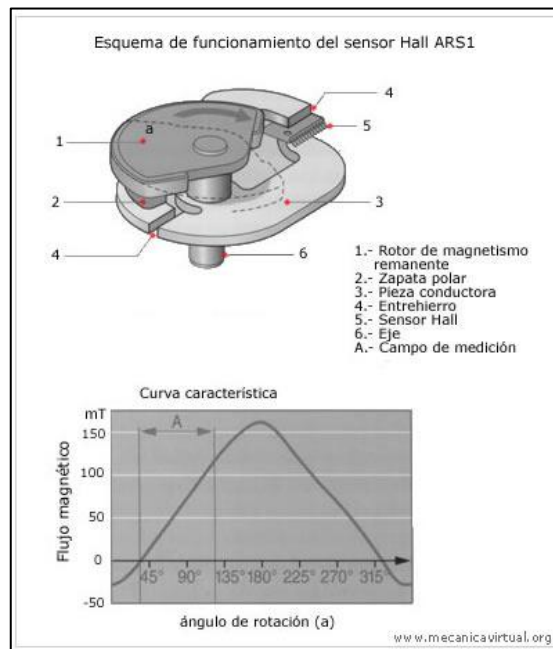


Fuente: http://www.fastfieros.com/tech/delphi_etc.htm

Figura 2.7: Ejemplo de curva voltaje vs desplazamiento de APP 1, 2 y 3

b. SENSOR DE EFECTO HALL

Son sensores que detectan las variaciones del campo magnético inducidas por el acercamiento o alejamiento de un imán permanente.



Fuente: http://www.aficionadosalamecanica.com/curso_electronica-para_mecanicos3.htm

Figura 2.8: APP con sensor Hall

Estos sensores están acoplados a módulos dentro del propio pedal que envían una señal por PWM, al PCM que le indican cuanto se ha presionado el pedal para que este calcule el pulso de inyección necesario. La ventaja del uso de este tipo de sensores es que sus piezas internas no tienen desgaste porque no están en contacto unas con otras como ocurre con los potenciómetros y sus pistas.

2.2. ACTUADORES

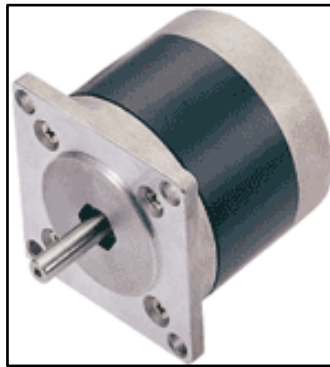
La necesidad de motores más eficientes y menos contaminantes ha hecho que los constructores de automóviles implementen en sus vehículos, elementos electrónicos que permiten un control y monitoreo más preciso de los motores.

Este es el caso del cuerpo motorizado de la mariposa de aceleración, conocido como TAC, que para su control lleva uno de estos actuadores, que son máquinas eléctricas capaces de transformar la energía eléctrica y magnética en energía mecánica a un eje, a continuación se analizará los

diferentes tipos de actuadores que pueden utilizarse para el control de un TAC, como son:

2.2.1. MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Es un actuador alimentado por corriente continua, son de excelente utilidad en aplicaciones en donde se necesite un control de la velocidad del eje y cuando se necesita de un par de arranque elevado.



Fuente: <http://www.motorcontinua.es/wp-content/uploads/2010/02/Tutorial-Motorcontinua.pdf>

Figura 2.9: Motor de corriente continua

Para su funcionamiento necesita de dos elementos:

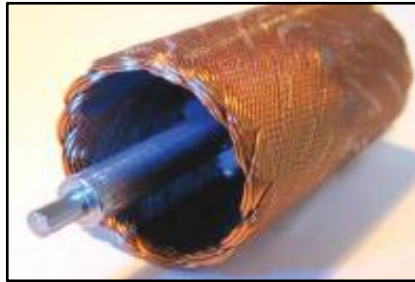
- Campo magnético en el estator.

Aquí se forma el campo magnético necesario para el giro del eje, puede generarse mediante imanes permanentes o por un electroimán, pero hay que señalar que de poseer un electroimán la energía eléctrica que llegue al mismo no sirve para dar giro al motor.

- Energía eléctrica en la armadura.

En este caso mediante bobinados en el rotor recibe la energía eléctrica en el colector y permite el giro del eje junto con el campo magnético. Además

en la actualidad se puede encontrar motores mucho más pequeños y de mayor potencia gracias a la tecnología coreless, o de rotor hueco o sin hierro, que entre otras cosas alarga la vida útil del motor porque disminuye el desgaste de la escobilla.



Fuente: <http://www.motorcontinua.es/wp-content/uploads/2010/02/Tutorial-Motorcontinua.pdf>

Figura 2.10: Rotor hueco sin hierro

Se puede clasificar a los motores de corriente continua:

- De imanes permanentes.
- De excitación independiente.
- De auto excitación.
- De excitación serie.
- De excitación paralelo.
- De excitación compuesta.

a. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Entre las ventajas del uso de un motor DC encontramos:

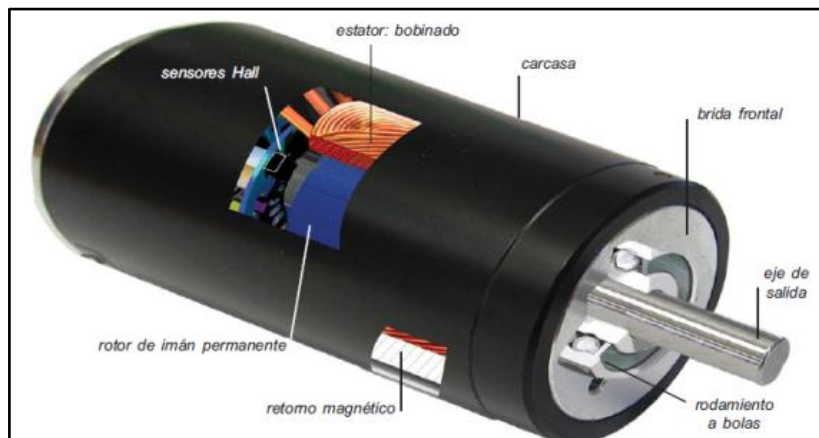
- Facilidad de control de giro y de rpm.
- Baja inercia del rotor que permite un mejor desempeño en parámetros de aceleración y frenadas.
- Baja inductancia.
- Eficiencia cercana al 90%.

- Existe una relación lineal voltaje/velocidad, carga/velocidad, y carga/corriente.
- Buena vida útil.
- Bajo consumo de corriente.
- Pueden ser controlados por PWM.
- Son compactos y de gran potencia.
- Son más económicos que otros tipos de motores de igual potencia.

Entre las desventajas del uso de este motor encontramos:

- Puede generar pequeños ruidos eléctricos.
- Existe un mayor consumo de corriente.
- Necesitan de una electrónica adicional para su control.

2.2.2. MOTORES BRUSHLESS (SIN ESCOBILLAS).



Fuente: <http://www.motorcontinua.es/wp-content/uploads/2010/02/Tutorial-Motorcontinua.pdf>

Figura 2.11: Motor sin escobillas

La particularidad de este tipo de motores es que no posee conmutación mecánica, es decir que no tienen escobillas para su funcionamiento, en lugar de escobillas poseen un circuito electrónico para su funcionamiento, que puede o no estar alojado en el propio motor.

a. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Entre las principales ventajas del uso de este tipo de motores encontramos:

- La vida útil del mismo puede aumentarse por no poseer escobillas.
- No tienen par de retención.
- Facilidad de llegar a un alto régimen de revoluciones.
- Buena disipación de calor.
- Relación velocidad-par lineal.
- Eficiencia cercana al 90%.
- Pueden ser controlador por PWM.

Entre las desventajas de este motor encontramos:

- La electrónica del mismo es muy complicada.
- Por la complejidad de la electrónica, la misma es costosa y puede igualar a la del propio motor.
- Costo del motor.

2.2.3. SERVOMOTORES



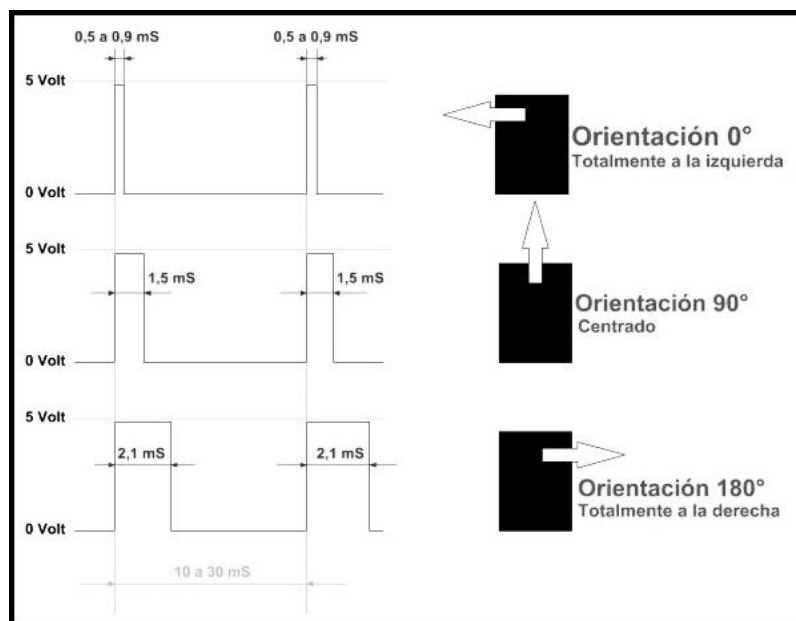
Fuente: <http://www.mercadorc.es/000155/EK2-0508/es>

Figura 2.12: Servomotor

Son motores especiales usados cuando se necesita de un alto par, un control preciso de la posición y una respuesta rápida a señales de comando, en su interior encontramos:

- Motor de corriente continua.
- Engranajes reductores.
- Potenciómetro para la realimentación de posición.
- Electrónica de control (microcontrolador que se hace cargo de analizar la señal, procesarla y controlar el motor).

Generalmente pueden moverse 180° pero mediante una pequeña modificación puede lograrse movimientos de 360° , como un motor normal. Poseen tres cables, los dos primeros son de alimentación a positivo (Vcc) y el otro a tierra (Gnd), mientras que el tercero es el de señal de movimiento. Esta señal es del tipo PWM, en donde si aplicamos pulsos de cierta magnitud se mueve hacia la derecha, izquierda o al centro según la necesidad del mismo.



Fuente: http://pepgonzalez.blogspot.com/2012_04_01_archive.html

Figura 2.13: Posiciones del Servomotor a diferentes PWM

En la figura 2.13 se puede apreciar cómo se mueve el eje del servomotor dependiendo de la PWM que se le envié, en este caso para un pulso de 1ms a la izquierda, 1.5ms a la posición central y de 2ms a la derecha.

Hoy se pueden encontrar también servomotores sin escobillas o brushless, que son más compactos y con mayor potencia, poseen un rotor de tipo de imán permanente, y un estator compuesto por devanados. Además debido a que no utiliza escobillas ni contactos de deslizamiento de ningún tipo, estos motores ofrecen una vida útil más larga y una operación silenciosa, a parte, de que requieren menos mantenimiento.

a. DIFERENCIA ENTRE SERVOMOTORES ANÁLOGOS Y DIGITALES

Existen dos tipos de servomotores: analógicos y digitales. Ambos tipos de servomotores son iguales a nivel de usuario: tienen la misma estructura (motor DC, engranajes reductores, potenciómetro y placa de control) y se controlan con las mismas señales PWM.

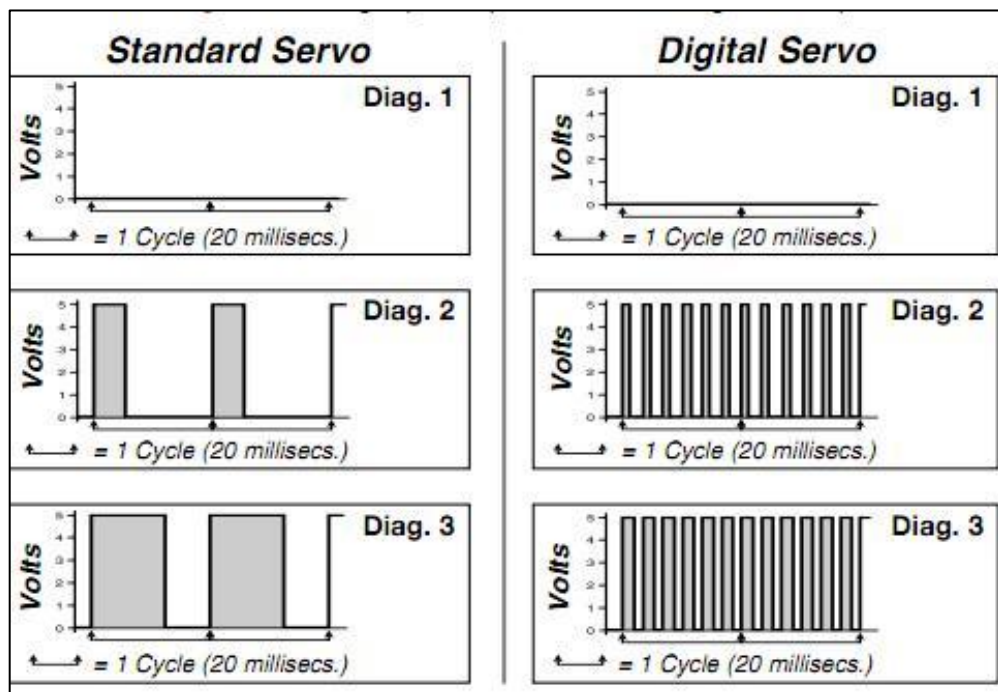
La principal diferencia entre ellos radica en la adición de un microprocesador en el circuito de control de los servomotores digitales. Este microprocesador se encarga de procesar la señal PWM de entrada y de controlar el motor mediante pulsos con una frecuencia 10 veces superior a los servos analógicos.

El aumento en la frecuencia de excitación del motor en los servomotores digitales permite disminuir su tiempo de respuesta (menor deadband), aumentar su resolución de movimiento y suavizar su aceleración/deceleración.

El uso de un microprocesador permite también a los servomotores digitales programar distintos parámetros de configuración que son fijos en

los analógicos: sentido de giro, posición central inicial, topes en el recorrido del servomotor, velocidad de respuesta del servomotor y resolución.

Para establecer estos parámetros se deben utilizar aparatos específicos de cada marca. El principal inconveniente de los servomotores digitales es que consumen más energía que los analógicos al tener que generar más pulsos de control para el motor.



Fuente: <http://www.bipedolandia.es/t1685-diferencia-entre-servo-analogico-y-digital>

Figura 2.14: Diferencia entre un servomotor analógico y digital

b. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Entre las ventajas del uso de un servomotor, hallamos:

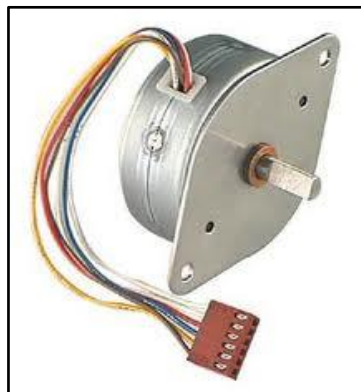
- Por contar con un mecanismo multiplicador, puede usarse un motor con menos potencia.
- Es controlado por PWM para su giro.

- Electrónica confiable.
- Resistentes al calor.
- Fáciles de conseguir en un amplio rango de potencias y tamaños.
- Buena vida útil.

Entre las desventajas de usar un servomotor, se encuentran:

- Tienen un rango de operación limitado por su mecanismo multiplicador.
- Consumen mayor energía por poseer un circuito de control.
- Si posee escobillas estas sufren mayor desgaste, por la fuerza con la que operan.
- Un poco más caros que los motores convencionales.

2.2.4. MOTORES PASO A PASO



Fuente: <http://www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/monografias/pasoapaso.pdf>

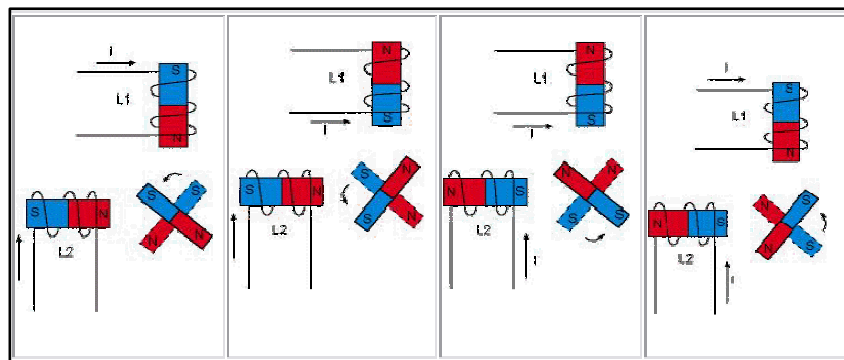
Figura 2.15: Motor paso a paso

Este tipo de motor es ideal para aplicaciones en donde se requiera gran precisión, pues giran un paso a la vez, el mismo que puede variar desde unos pocos grados (1.8°) hasta pasos de 90° , lo cual es de gran importancia al momento de escoger uno de estos motores porque para que en el primer caso para que el mismo de un giro completo, es decir de

360° debe realizar 200 pasos mientras que para para el mismo giro con un paso de 90° solo necesita de 4 pasos.

Constructivamente, poseen una serie de bobinas en el estator mientras que el rotor es de imán permanente, para girar con tanta precisión dependen de una compleja secuencia de excitación de las bobinas de mismo.

a. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



Fuente: <http://www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/monografias/pasoapaso.pdf>

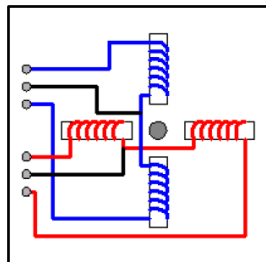
Figura 2.16: Secuencia de activación de las bobinas de un motor Paso a Paso

Para que funcionen este tipo de motores, se debe hacer circular corriente por una de las bobinas del estator que genera un par en función del ángulo de desfase con la posición de equilibrio, que al momento de llegar a dicha posición desaparece, generando el giro o paso deseado, para continuar con el giro se debe cambiar la polaridad de la bobina siguiendo una secuencia como se indica en el gráfico hasta llegar a la posición deseada.

Estos motores se clasifican en dos grupos según el número de bobinas que poseen:

- Unipolares:

Estos motores la circulación de la corriente por las bobinas es el mismo, poseen cinco o seis cables, la secuencia de activación de estos motores es mucho más sencilla. Uno o dos de los cables es de alimentación directa y los otros sirven para girar el motor mediante la polarización de las bobinas.

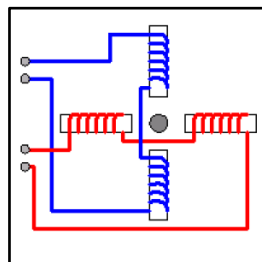


Fuente: <http://www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/monografias/pasoapaso.pdf>

Figura 2.17: Motor paso a paso Unipolar

- Bipolares:

Este tipo de motores posee dos bobinas, con cuatro cables de salida correspondientes a dichas bobinas, al necesitarse de una secuencia de polarización de las bobinas para su funcionamiento, es necesario el uso de un puente en H porque en ciertos momentos del giro se necesita que se inviertan la polaridad aplicada a la bobina.



Fuente: <http://www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/monografias/pasoapaso.pdf>

Figura 2.18: Motor paso a paso bipolar

b. SECUENCIA DE CONTROL

- Secuencia de control para motores bipolares:

Como se ha señalado anteriormente, se necesita de una secuencia para el control de este tipo de motores, a continuación se detalla la polarización de cada uno de los terminales para su control.

Tabla 2.2: Secuencia de Activación en motores bipolares

Paso	Terminal A	Terminal B	Terminal C	Terminal D
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V

Fuente: <http://www.ceduvirt.com/resources/Control%20de%20Motores%20con%20Matlab.pdf>

- Secuencias de control para motores unipolares:

Los motores unipolares pueden dar los siguientes pasos, según la aplicación que quiera dárseles.

- Paso simple:

En esta secuencia se polariza una bobina a la vez, consta de 4 pasos y el motor funciona con mayor suavidad.

Tabla 2.3: Secuencia de control para paso simple en motores unipolares

Paso	Terminal A	Terminal B	Terminal C	Terminal D
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

Fuente: <http://www.ceduvirt.com/resources/Control%20de%20Motores%20con%20Matlab.pdf>

- Paso doble:

En esta secuencia se polarizan dos bobinas a la vez, consta de 4 pasos y al estar polarizadas dos bobinas, el torque es mayor.

Tabla 2.4: Secuencia de control para paso doble en motores unipolares

Paso	Terminal A	Terminal B	Terminal C	Terminal D
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

Fuente: <http://www.ceduvirt.com/resources/Control%20de%20Motores%20con%20Matlab.pdf>

- Medio paso:

Esta secuencia consta de 8 pasos, y el movimiento es igual a la mitad de un paso real, para ello se polariza una bobina y luego dos, hasta completar el ciclo como se muestra a continuación.

Tabla 2.5: Secuencia de control para medio paso en motores unipolares

Paso	Terminal A	Terminal B	Terminal C	Terminal D
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

Fuente: <http://www.ceduvirt.com/resources/Control%20de%20Motores%20con%20Matlab.pdf>

c. DRIVERS

Son controladores para los motores paso a paso produciendo las señales necesarias para la activación de las bobinas de los mismos, la ventaja del uso de un driver es que puede programar varios aspectos del motor, como son velocidad, posicionamiento, aceleración entre otros, los mismos que se configuran con una computadora, y añadirsele sensores de control, que entre otras aplicaciones permiten el retorno a una posición de equilibrio gracias a un comando.



Fuente: <http://cl.rsdelivers.com/>

Figura 2.19: Driver

1. MICROSTEP

Es un driver especial que maneja PWM de control para este tipo de motores, de modo que parezca una señal sinusoidal, de modo que mientras energiza una bobina en otra empieza a decrecer.

Gracias a esta forma de onda, se consigue mucha mayor precisión, por ejemplo gracias a este driver es posible que en un solo paso que haría un control full step, pueda convertirse en 500 pasos.

d. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Entre las ventajas de este tipo de motor, enumeramos:

- Es preciso en su accionamiento.
- Es controlado por PWM.

Entre las desventajas que encontramos de este tipo de motor enumeramos:

- La frecuencia de control así como el tiempo en que se aplican la señal debe estar muy bien calculada para completar el paso, porque puede dañar el motor, por producir vibraciones del mismo.
- Si la inercia que debe vencer es muy grande puede que el motor no gire o lo haga erráticamente.
- Es más delicado que otros motores.

2.3. MICROCONTROLADOR

Los microcontroladores son circuitos integrados digitales de gran uso hoy en día por la gran variedad de aplicaciones que se pueden lograr con

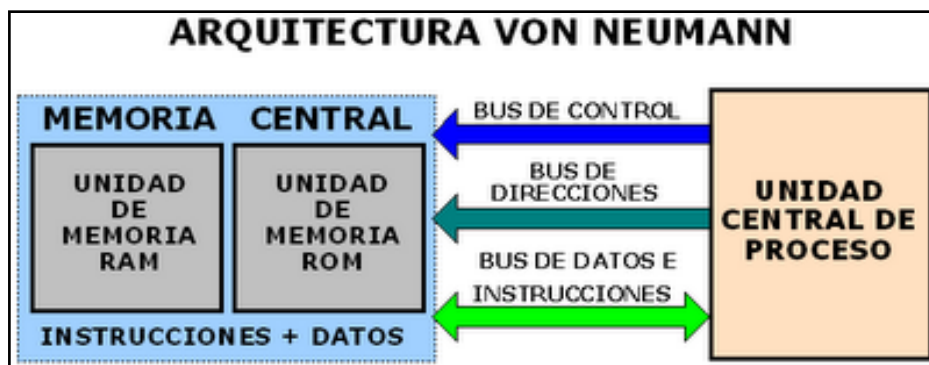
ellos, pues permiten la conexión de dispositivos periféricos de entrada y salida, como son teclados, LEDs, pantallas LCD, etc. Que van desde aplicaciones del día a día hasta su uso en grandes empresas.

En su interior encontramos una memoria para almacenamiento de programa, un microprocesador, una memoria para almacenar datos y puertos de entrada y salida.

2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES

Unidad de procesamiento central (CPU): es la parte encargada de interpretar el programa y coordinar las acciones para su ejecución, se puede encontrar CPUs con capacidades que van desde los 4, 8, 32 y 64 bits, con arquitecturas de Harvard o de von Neumann.

a. ARQUITECTURA VON NEUMANN



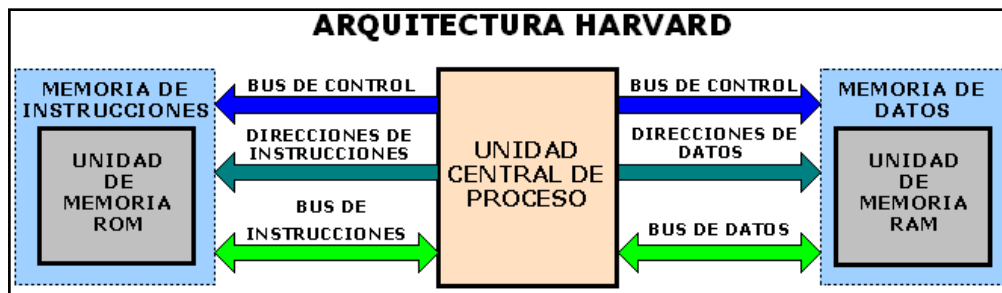
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/86696463/Arquitectura-Von-Neumann-y-Arquitectura-Harvard>

Figura 2.20: Arquitectura Von Neumann

Es la arquitectura tradicional de las computadoras y microprocesadores, en esta arquitectura el CPU está conectado a una sola memoria, la misma que tiene las instrucciones del programa así como los datos. Por lo que posee un solo bus de datos por donde circulan ambos (datos e instrucciones) por lo que si los datos superan el ancho del bus tendrá que

realizar varios accesos a la memoria, limitando su velocidad de procesamiento.

b. ARQUITECTURA DE HARVARD



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/86696463/Arquitectura-Von-Neumann-y-Arquitectura-Harvard>

Figura 2.21: Arquitectura de Harvard

En esta arquitectura el CPU está conectado a dos memorias, una para el programa y otra para los datos a través de dos buses de datos independientes y que pueden ser de diferentes anchos, lo que le permite leer instrucciones y buscar datos rápidamente, mejorando su velocidad de operación.

2.3.2. MEMORIAS DE PROGRAMA

Es en donde se almacena el código del programa y cabe señalar que el usuario no puede modificar este programa, también puede tener varias capacidades de almacenamiento que van desde 1 KB hasta varios MB. Este tipo de memorias no son volátiles, es decir que sin energía eléctrica no pierden la información del programa.

Pueden ser de los siguientes tipos:

- ROM (Memoria de solo lectura). En este tipo de memorias se escribe el programa una sola vez durante el proceso de fabricación

de la misma.

- PROM (Memoria programa ROM). En este tipo de memorias el usuario puede escribir el programa una sola vez, luego de la misma el usuario solamente podrá leer la información en ella.

Para la programación de esta memoria cuenta con una serie de transistores y fusibles, el usuario escoge que transistores necesita para el programa y destruye los fusibles asociados a los transistores que no necesita haciendo circular una pequeña cantidad de corriente.

- EPROM (Memoria ROM programable eléctricamente). En estas memorias se puede borrar del programa mediante el uso de rayos ultravioletas, que se hacen pasar por una pequeña ventana dentro de la memoria que suele estar tapada para luego volver a escribirse. El usuario puede modificar el programa un número limitado de veces.
- EEPROM (Memoria ROM borrable/programable eléctricamente). Se diferencian de las anteriores porque se puede borrar y escribir el programa mediante la circulación de corriente eléctrica
- Flash (Memoria EEPROM de alta velocidad). Estas memorias son una variante de las EEPROM y están diseñadas para disminuir el tiempo de borrado de la misma

2.3.3. MEMORIA DE ALMACENAMIENTO

Es una memoria RAM (Memoria de acceso aleatorio), se denomina así porque en ella se puede escribir o leer datos indistintamente, y no necesita de un seguir un orden específico para acceder a la memoria, son

volátiles, lo que quiere decir que al perder alimentación pierden los datos que estaban en ella, en los microcontroladores puede ser de 1, 2, 4, 8, 16, 32 KB.

2.3.4. GENERADOR DE RELOJ

Es un cristal de cuarzo que genera oscilaciones con una frecuencia que va desde 1 hasta los 40MHz o circuitos resonadores. La señal oscila entre un estatus alto y bajo, que se caracteriza por un período de oscilación o bien por un valor de cambio, la frecuencia de reloj y el ciclo de trabajo.

2.3.5. INTERFAZ ENTRADAS/SALIDAS

Establecen la comunicación entre el CPU y el proceso, filtrando, adaptando y codificando de forma comprensible, las señales procedentes de los elementos de entrada, y decodificando y amplificando las señales generadas durante la ejecución del programa antes de enviarlas a los elementos de salida.

Entre las cuales podemos citar:

- USB.
- Puertos Paralelos.
- Puertos Seriales.
- I²C (Inter-Integrated Circuit).
- Red de Área de Controladores (CAN).

2.3.6. CONVERSORES ANÁLOGO/DIGITAL:

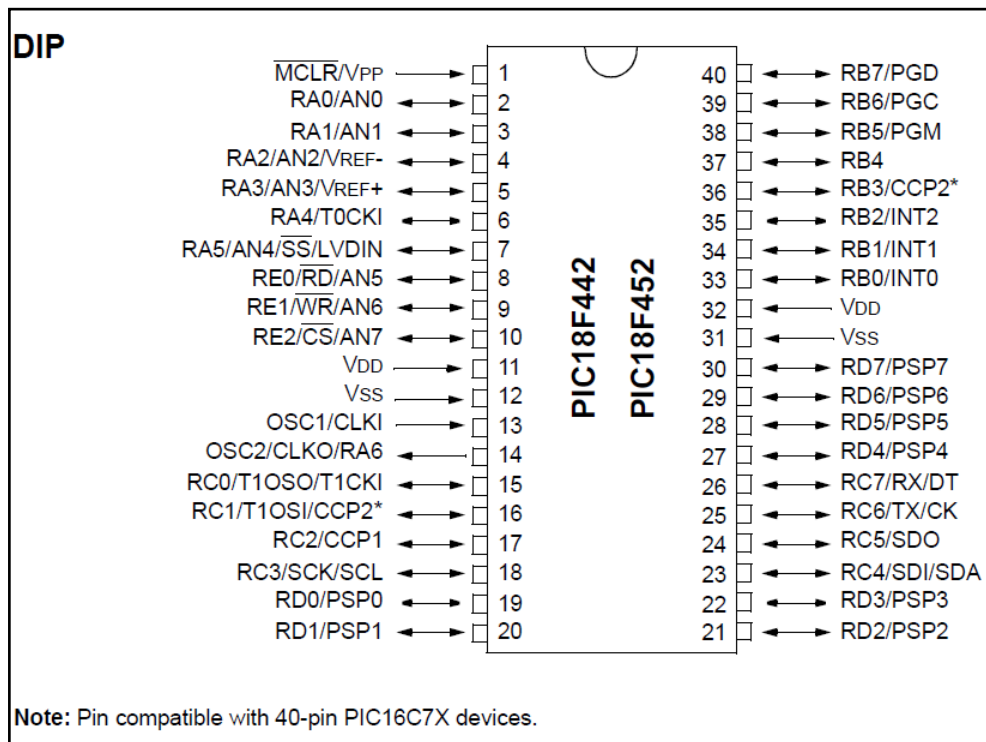
Para convertir un nivel de voltaje en un valor digital manejable para el microcontrolador.

2.3.7. MODULADORES POR ANCHO DE PULSO (PWM)

Para generar ondas cuadradas de frecuencia constante pero de ancho de pulso variable.

2.3.8. DESCRIPCIÓN DE PINES

Este microcontrolador cuenta con 40 pines en su estructura física, los cuales físicamente se encuentran representados de la siguiente manera:

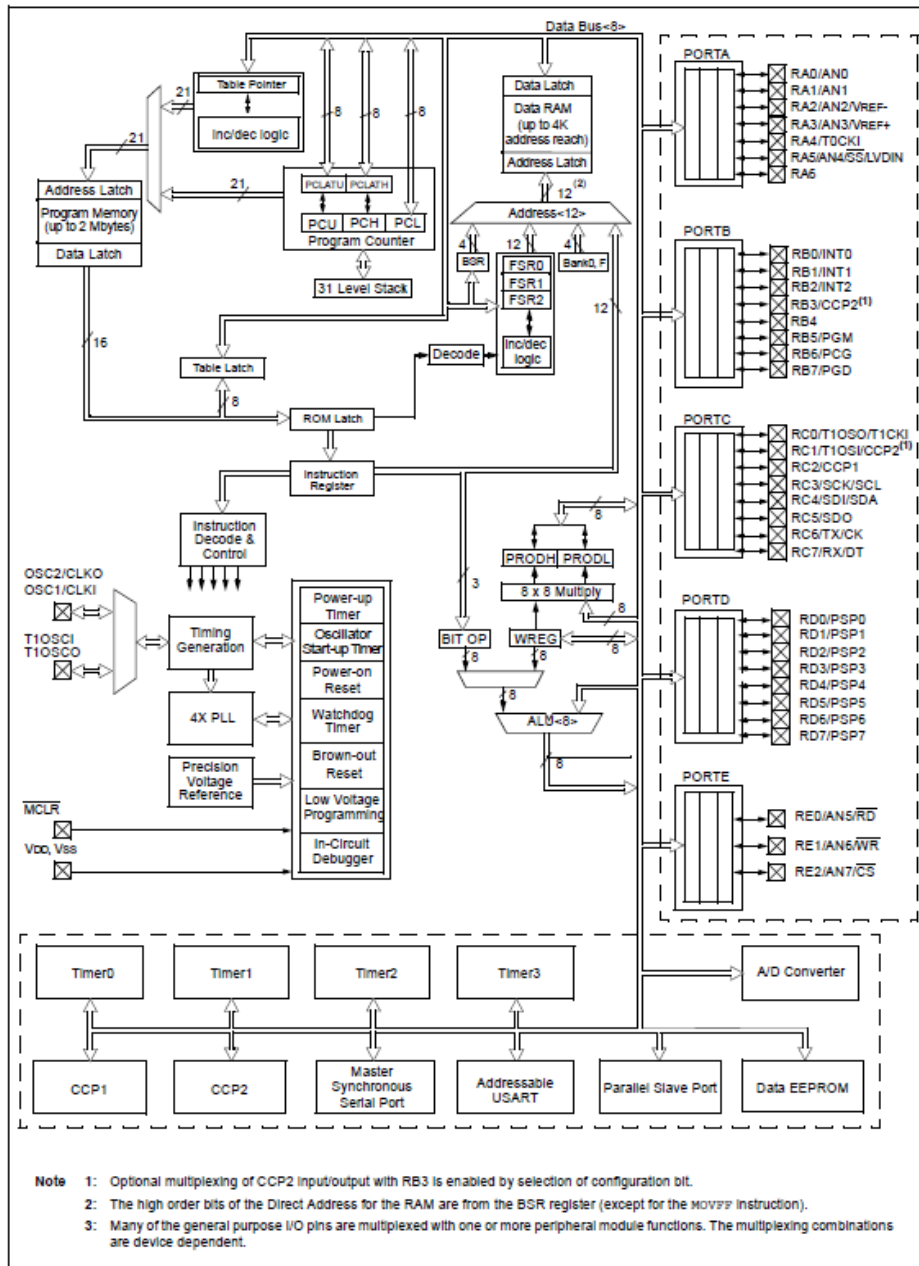


Fuente: Datasheet PIC18F452

Figura 2.22: Esquema de pines del PIC18F452

a. ARQUITECTURA DEL PIC18F452

A continuación se puede apreciar cómo están conectados tanto los módulos, las memorias, y los puertos que dispone, comunicados por un bus de datos de 8 bits, en el siguiente diagrama de bloques:



Fuente: Datasheet PIC18F452

Figura 2.23: Arquitectura interna

2.3.9. INTERRUPCIONES

El microcontrolador está diseñado para responder a eventos externos, por los puertos de entrada y salida de los que dispone, los mismos que son bidireccionales, respondiendo a valores lógicos de 0 y 1.

En ciertas circunstancias externas se hace necesario que el microcontrolador responda a estas situaciones para lo cual cuenta con un recurso llamado interrupciones, que son simplemente señales que le dicen al microcontrolador que debe detener la ejecución del normal del programa para realizar una subrutina, que una vez finalizada, el microcontrolador continua con el programa principal. Un ejemplo común para generar una interrupción es la colocación de un pulsador en la entrada de un pin de uno de los puertos.

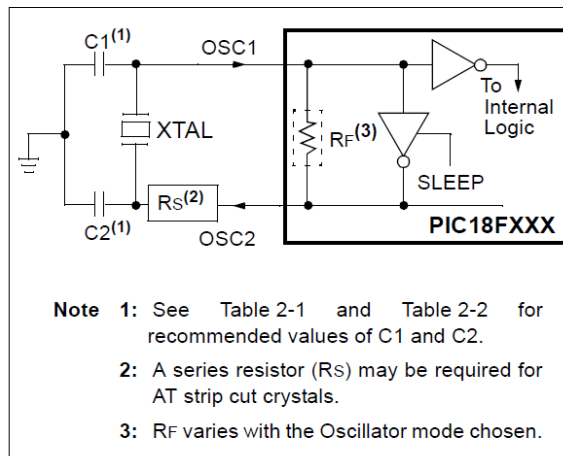
Pero no solamente se necesita de la activación de un pulsador para iniciar una interrupción, también se puede programarlas a un valor de voltaje en una de las entradas o un temporizador que ha cumplido cierto periodo de tiempo.

Los PIC18FXX2 poseen algunos pines para interrupciones, además que se puede programarlos para que tengan una alta o baja prioridad, las interrupciones de alta prioridad anularan las de baja prioridad.

2.3.10. OSCILADOR

Este circuito conocido como oscilador de frecuencia le indica al PIC a qué velocidad debe trabajar y genera una forma de onda cuadrada conocida como señal de reloj, existen las formas de generar la señal de reloj, la primera es usar un cristal donde se consiguen grandes frecuencias de oscilación, la segunda es usar un circuito externo para generar una onda cuadrada para frecuencias medias y se puede generar la onda cuadrada internamente en el PIC dependiendo el modelo.

Dependiendo de la aplicación que se le desee dar al PIC se escogerá cual utilizar, para el proyecto se ha decidido el uso de la siguiente configuración, con un cristal de 20 MHz y dos capacitores cerámicos.



Fuente: Datasheet PIC18F452

Figura 2.24: Esquema de conexión del oscilador

2.3.11. RESET

Para inicializar nuevamente el PIC sin desconectarlo de la fuente, se tiene la opción de dedicar un pin para el efecto, que es el pin número 1 (MCLR), donde al colocarlo a masa le indica al microcontrolador que debe reiniciar su programa. Sin embargo durante la ejecución del programa pueden existir varias formas de reiniciar un PIC que son:

- También es posible reiniciarlo con MCLR en modo Sleep.
- Con el Watchdog durante su funcionamiento normal.
- Por una instrucción de Reset, entre otras.

2.4. PROGRAMACIÓN DEL PIC

Existen varias formas para la programar del PIC, utilizado diversos lenguajes de programación, incluido un lenguaje propio desarrollado por Microchip, que es el Assembler que tiene una serie de instrucciones que se pueden encontrar en el propio datasheet del PIC; pero es muy complejo además que cada grupo de PICs tiene sus propios conjuntos de instrucciones.

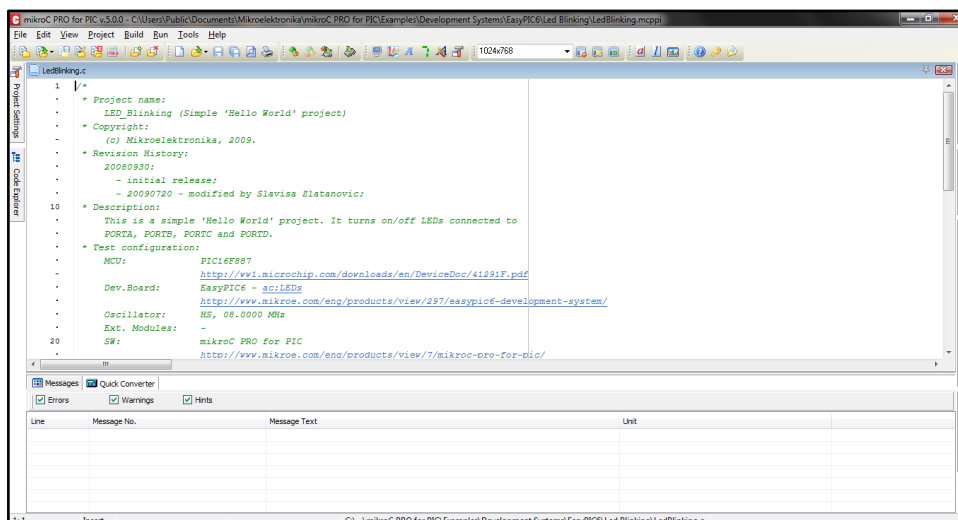
Además se puede programar en Pascal o C, que son lenguajes mucho más sencillos y universales.

2.4.1. MIKROC PRO FOR PIC.

Es un software de programación diseñado para microcontroladores PIC, amigable con el usuario pues utiliza lenguaje C para la programación, además de contar con numerosas librerías y ejemplos que permiten un ágil manejo de este programa. Además cuenta con asistentes de códigos y parámetros, conversores y especialmente cuenta con una herramienta de depuración que permite ubicar fácilmente los códigos incorrectos que puedan presentarse durante la escritura del código.

También posee generadores de códigos para ciertas funciones, como por ejemplo si al PIC se le conecta una pantalla para visualizar datos. Permite generar archivos con extensión .HEX que pueden ser leídos por simuladores y por programadores.

A continuación se muestra la pantalla básica de este programa:



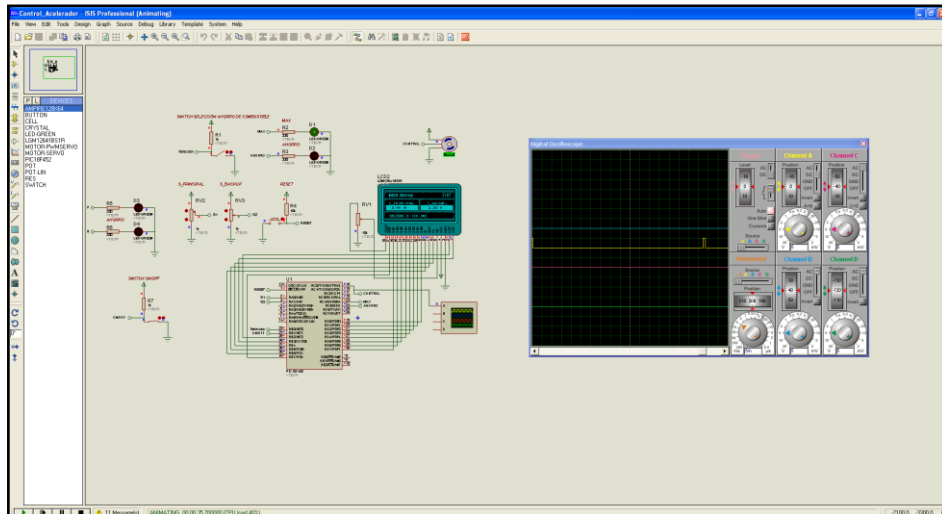
Fuente: Grupo de investigación
Figura 2.25: Pantalla de MicroC

2.5. ISIS 7.7

Isis es un software que permite realizar simulaciones de proyectos electrónicos, posee en sus archivos gran cantidad de componentes normalizados, como por ejemplo resistencias, capacitores, circuitos integrados, etc.

Ayuda al usuario con el enrutamiento de las pistas y permite cargar archivos en el propio programa con extensión .HEX para simulaciones con microprocesadores o microcontroladores.

También posee herramientas muy útiles como son amperímetros, voltímetros y hasta permite colocar osciloscopios virtuales para poder observar formas de ondas.



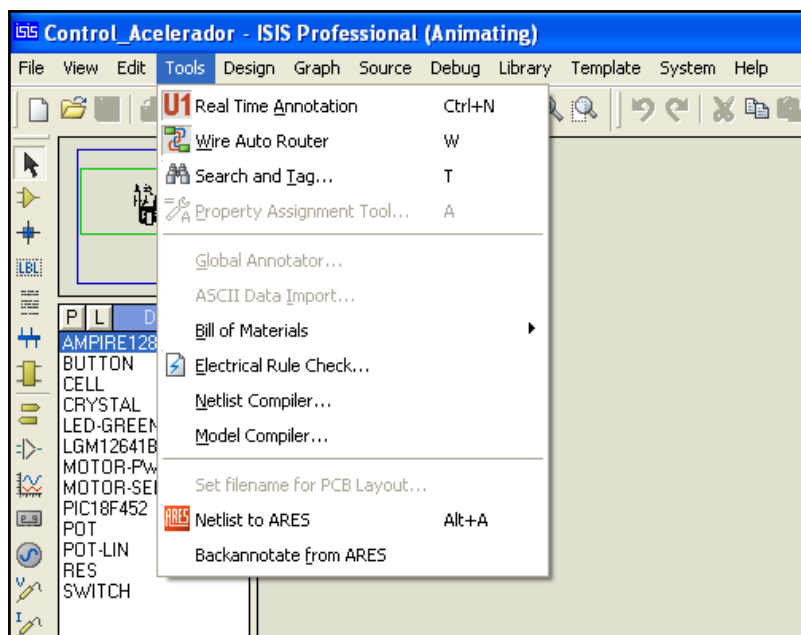
Fuente: Grupo de investigación

Figura 2.26: Pantalla de ISIS 7.7

Es de gran importancia la utilización de este tipo de simuladores porque permiten tener una idea de cómo reacciona el circuito en diferentes situaciones permitiendo detectar rápidamente los errores de hardware y software de proyectos electrónicos.

2.6. ARES

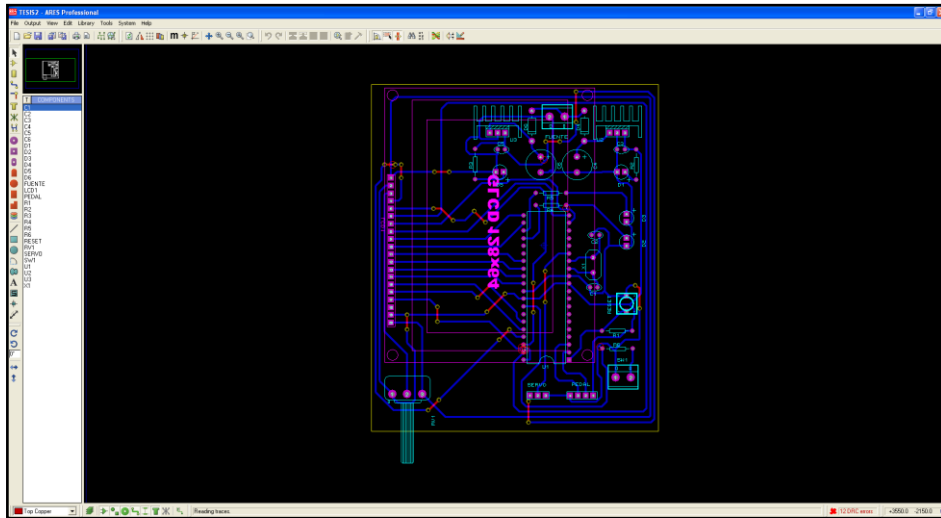
Este software ayuda con el enrutamiento de pistas para la construcción de placas impresas de hasta 10 capas, automáticamente analiza los componentes usados, de existir varias posibilidades de un elemento porque existen diferentes encapsulados el programa pregunta al usuario cual es el que se va utilizar o de igual manera si dentro de sus bibliotecas no encuentra el archivo para PCB y empieza a colocar los componentes en una placa virtual, e instantáneamente coloca las pistas de cobre y de ser necesario los puentes que deben colocarse. Sin embargo el usuario puede realizar este proceso manualmente, colocando a conveniencia elementos periféricos, circuitos integrados etc.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 2.27: Conversión a archivo Netlist

Para la utilizar este programa lo que se debe hacer primero es crear un archivo de Netlist que puede ser leído por ARES, para ello se abre primero el ISIS y en la barra de herramientas se escoge la opción Netlist to ARES.



Fuente: Grupo de investigación

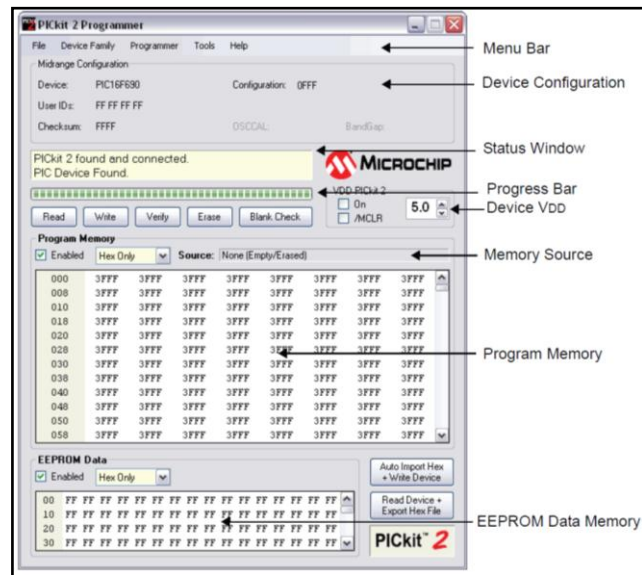
Figura 2.28: Pantalla de ARES

Luego se selecciona un tamaño de placa adecuado y por una herramienta se empieza el enrutamiento de la placa, si es de gusto del usuario se procede a seleccionar el tamaño de las pistas hasta quedar de la siguiente manera:

Además se puede existir una herramienta para visualizar la placa en 3D y luego se procede a imprimir el archivo, donde se puede imprimir las pistas y donde se ubican cada uno de los componentes, finalmente se construye la placa.

2.7. PICKIT 2

Este programa desarrollado por la compañía Microchip permite grabar archivos .HEX en PICs, es muy simple de instalar y de usar porque la tarjeta se conecta por medio de un cable USB a una PC, se coloca el PIC en el socalo o la propia tarjeta en un terminal especial y se puede revisar el PIC, borrar el programa o escribirlo, además detecta inmediatamente el tipo de PIC que se está utilizando. La pantalla del programa es la siguiente:



Fuente: Ayuda PICkit
 Figura 2.29: Pantalla PICKit

2.8. DINAMÓMETRO

Es un equipo que permite conocer las condiciones del motor sin la necesidad de desmontar el motor, mediante las curvas de potencia y torque entregados por el mismo al responder a una carga determinada. Consta de rodillos en donde se ubica el eje motriz del vehículo, los mismos que están acoplados a un freno hidráulico que simula cualquier condición de marcha durante un tiempo determinado.



Fuente: Grupo de investigación
 Figura 2.30: Dinamómetro

El sistema electrónico acoplado a este equipo, calcula el torque entregado al freno hidráulico y a partir de la velocidad de los rodillos calcula la potencia entregada, esto permite graficar en tiempo real, las curvas de torque y potencia del motor para su posterior análisis.

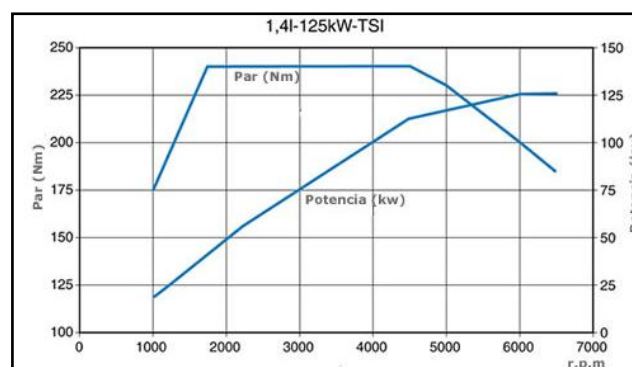
Tabla 2.6: Características del dinamómetro.

Características del dinamómetro.	
Fabricado por:	MOTORROLL
País de origen:	Argentina
Modelo:	MD200HP
Potencia máxima:	200HP
Número de serie:	MD0037
Tipo de dinamómetro:	De rodillos con freno hidráulico

Fuente: Especificaciones técnicas MOTOROLL MD200HP

2.8.1. CURVA DE TORQUE

Esta curva permite conocer el torque entregado a diferentes regímenes de giro, carga y tiempo, es importante pues el torque permite conocer cuanta energía es necesaria para poder mover las ruedas del vehículo, la misma que es suministrada por el motor, hay que considerar que para poder mover las ruedas se debe vencer su inercia, el peso del vehículo, la fricción entre las ruedas y la superficie (asfalto, grava, etc.) y la existente con el aire. El torque depende del régimen de giro del motor, pues depende de la fuerza generada por los pistones en la combustión.



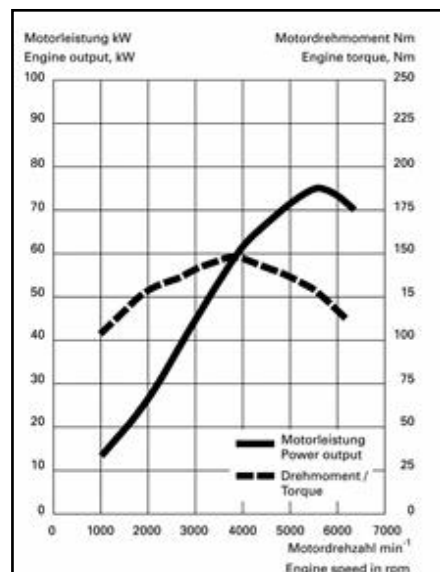
Fuente: <http://dobleembrague.wordpress.com/2010/02/12/curva-de-par-y-curva-de-potencia/>

Figura 2.31: Curva característica del torque

La curva característica del torque es ascendente hasta llegar un punto en donde se mantiene constante y luego nuevamente empieza a descender, esto se debe a que depende del régimen del motor, cuando empieza a acelerar puede “respirar más aire”, por eso esta parte de la curva es ascendente, hasta que llega a un punto en donde existe un llenado máximo en los cilindros en donde se mantiene constante, la curva empieza a descender cuando el motor no puede aspirar el aire necesario para la etapa de trabajo, por lo que la fuerza en los pistones disminuye. Cuando el torque llega a su valor máximo, existe el menor consumo de combustible.

2.8.2. CURVA DE POTENCIA

Esta curva permite visualizar la potencia, que es simplemente cuanta energía entrega el motor por unidad de tiempo, esta curva se relaciona con la curva de torque, pues en realidad el dinamómetro mide el torque entregado por el motor, y lo multiplica por el régimen de giro para conocer la potencia efectiva en ese instante de tiempo.



Fuente: <http://autoconsultorio.com/tecnologia-coches/potencia-y-par-como-interpretar-un-grafico/>

Figura 2.32: Curva característica de la potencia

A diferencia de la curva de torque esta curva sigue ascendiendo hasta un régimen mucho mayor que el del torque, esto se debe a que el régimen del motor compensa la caída del torque, pero igualmente llega un punto en donde por más que se acelere el motor no se puede compensar ya la caída del torque, punto en el cual la potencia empieza a disminuir y si se sigue acelerando el motor existe el riesgo de fundirlo. Cuando en la curva se observa que la potencia empieza a descender, se dice que la potencia ha llegado a su máximo valor.

En la parte ascendente también se puede apreciar dos zonas, en la primera la potencia aumenta rápidamente y luego aumenta pero en menor medida, lo que se debe a la curva del torque.

2.9. ANALIZADOR DE GASES

Un analizador de gases infrarrojo es capaz de emitir una onda de luz infrarroja capaz de absorber las bandas estrechas de longitudes de ondas infrarrojas 5 ó 6 veces más largas que la luz visible.

La absorción del ancho de las bandas de cada uno de los componentes de un gas es relativamente estrecha. Habiendo un muy pequeño lapso de absorción de bandas en varios gases presentes en una corriente de gases.

Es posible detectar la presencia de un gas, por medición del equivalente de la luz infrarroja absorbida en una onda particular de energía infrarroja que pasa a través de las células contenidas en la mezcla de un gas, si un gas absorbe un espectro de luz infrarroja, y este espectro es característico y específico de dicho gas, entonces la indicación de esta absorción puede ser usada como indicación de la concentración de dicho gas.

La concentración de un gas que se quiere medir puede ser expresada porcentualmente de acuerdo a la absorción de IR que pasa a través de una celda que contenga ese gas en una mezcla de gases.

El método frecuentemente usado en analizadores de gases de escape para poder medir la concentración de los gases presentes en la mezcla, consiste en hacer pasar luz infrarroja por una celda que contiene el gas, y detectar la energía absorbida por cada uno de los gases con detectores apropiados. Estos detectores consisten en un filtro óptico formado por un lente que permite solo pasar las longitudes de onda del espectro infrarrojo correspondientes al gas cuya concentración se quiere medir.

Luego de este filtro, la luz es censada por un sensor óptico electrónico.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 2.33: Analizador de gases

2.9.1. NECESIDADES DEL MOTOR

El carburador es un mecanismo que permite la pulverización del combustible dentro del múltiple de admisión, para su posterior combustión

y así poder extraer la energía química de la gasolina, pero el carburador necesita poder dosificar la relación estequiometría (relación aire-combustible), para diferentes cargas del motor, de manera que la misma sea una mezcla rica o pobre.

Así es que tenemos que se necesita de una mezcla rica, en las siguientes condiciones:

- Al arrancar el motor.
- Al acelerar.
- Al pedirle al motor la máxima potencia.

Mientras que una mezcla pobre será utilizada en:

- Cuando se desacelera y/o frena.
- Cuando se desea consumir menos combustible.
- Cuando el motor gira a una velocidad constante.

Para motores rápidos se prefiere que la mezcla rica predomine a la pobre, pero se tiene a parte de un mayor consumo de combustible, elevadas emisiones contaminantes al medio ambiente.

Además hay que tener en cuenta que los carburadores trabajan con valores volumétricos, considerando al aire con un mismo peso, pero variaciones en la temperatura y en la presión atmosférica afectan su peso modificando la mezcla formada empobreciéndola o enriqueciéndola, sin embargo, un correcto diseño y una colocación cercana al motor reduce este efecto.

Un correcto diseño del carburador debe cumplir con las siguientes características:

- Poder pulverizar el combustible.
- Empobrecer la mezcla en desaceleraciones para ahorrar combustible.
- Proporcionar una mezcla rica en aceleraciones.
- Disponer de un mecanismo para enriquecer la mezcla en el arranque.
- Disponer de un circuito independiente para el ralentí.
- Llevar mecanismos de compensación por temperatura o presión atmosférica.

2.9.2. EMISIONES DE GASES

Las emisiones de gases provenientes del interior del motor son muy peligrosas para la salud humana si no son tratados adecuadamente antes de que salgan a la atmósfera, por lo que a continuación se detalla puntos correctos de análisis para motores que funcionan con gasolina.

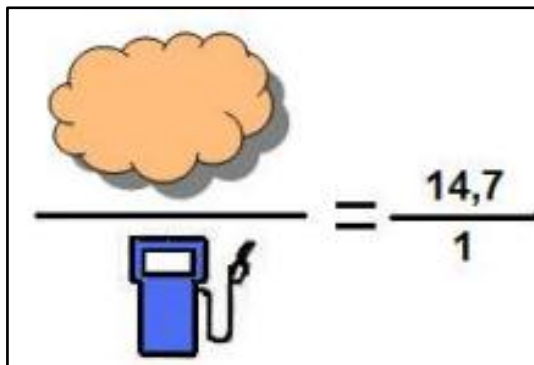
Dentro de estos gases peligrosos se encuentran el Monóxido de Carbono (CO), los Hidrocarbonatos (HC) y los Óxidos de Nitrógeno (NOx).

El sistema de inyección de combustible y de encendido, hacen que la proporción de productos nocivos en los gases de escape, sean reducidos al mínimo, a más de esos procesos también se utiliza un catalizador ubicado en el tubo de escape antes del silenciador, el mismo, que convierte estos gases haciéndolos menos contaminantes y no afecten al medio ambiente.

Un punto muy importante está en que la correcta regulación del sistema de inyección de combustible y encendido, determinan la composición de los gases provenientes del escape anteriormente ya mencionados y el porcentaje de componentes tóxicos, principalmente monóxido de carbono. A continuación se detallan aspectos significativos en las emisiones vehiculares.

a. RELACIÓN ESTEQUIOMÉTRICA Y RELACIÓN LAMBDA

La combustión requiere que el aire y el combustible se encuentren mezclados en una proporción determinada, a esta proporción la conocemos como mezcla estequiométrica. En un motor a gasolina este valor es de 14,7:1, es decir son necesarios 14,7 gramos de aire por cada gramo de combustible para realizar una combustión perfecta. En la realidad este valor se puede situar entre 11 y 16. Con 11 gramos de aire por gramo de gasolina la mezcla que se obtiene es excesivamente rica en gasolina, mientras que con una relación de 16, el motor no arrancaría por escasez de gasolina.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 2.34: Relación estequiométrica

En automoción se habla de una relación lambda (λ) cuando quiere definirse la relación entre la cantidad de aire necesaria para producir una combustión completa, es decir, lambda es igual a:

$$\text{Lambda} = \frac{\text{masa real del aire}}{\text{masa teórica del aire}}$$

Ec. 2.1

Relación Lambda

El factor lambda nos da una idea muy precisa de la riqueza o pobreza de una mezcla, así se dice que:

- Con una relación lambda $\lambda = 1$ se obtiene una combustión perfecta porque el aire aspirado coincide con el teórico (el aire aspirado es el 100 % del teórico necesario).
- Con una relación lambda (λ) inferior a 1, por ejemplo 0,85 indica escasez de aire por lo que la mezcla resulta rica de combustible (el aire aspirado es solo el 85 % del necesario)
- Con una relación lambda (λ) superior a 1, por ejemplo 1,20 indica exceso de aire, por consiguiente una mezcla pobre (el aire aspirado es un 120 % del teórico, es decir un 20 % más del necesario).

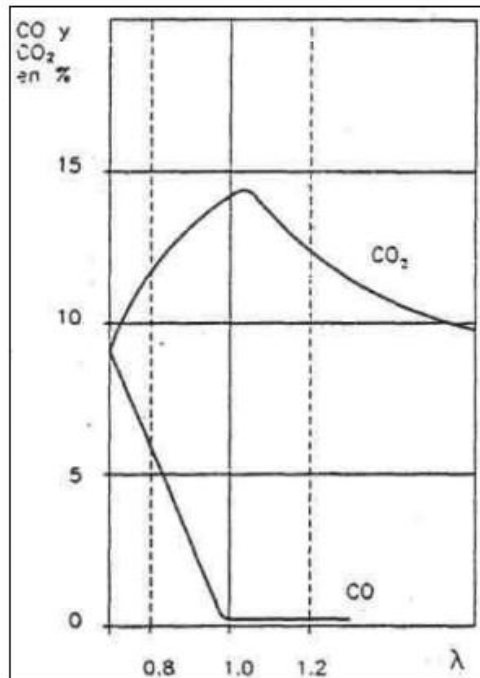
El funcionamiento del motor no es constante por lo que el factor λ debe variar dentro de unos límites, el motor no puede estar alimentado constantemente con una mezcla en relación estequiométrica teórica (factor $\lambda = 1,00$) puesto que en estas condiciones el motor no proporcionaría ni su máxima potencia ni el máximo rendimiento térmico.

b. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

La emisión de monóxido de carbono (CO) aumenta cuando se producen mezclas ricas, o sea para mezclas con un factor lambda (λ) inferior a 1,00.

El oxígeno existente no es suficiente para completar la combustión, por lo cual el contenido de CO en los gases de escape es elevado. Por el contrario el monóxido de carbono (CO) disminuye cuando se producen mezclas pobres, o sea para mezclas con un factor lambda (λ) superior a 1,00.

El oxígeno presente es abundante y la combustión tiende a completarse, por lo cual el contenido de CO en los gases de escape alcanza valores mínimos.



Fuente: <http://es.cyberdodo.com/documentos/cyberdodo-y-la-contaminacion.html>

Figura 2.35: Curva del monóxido de carbono

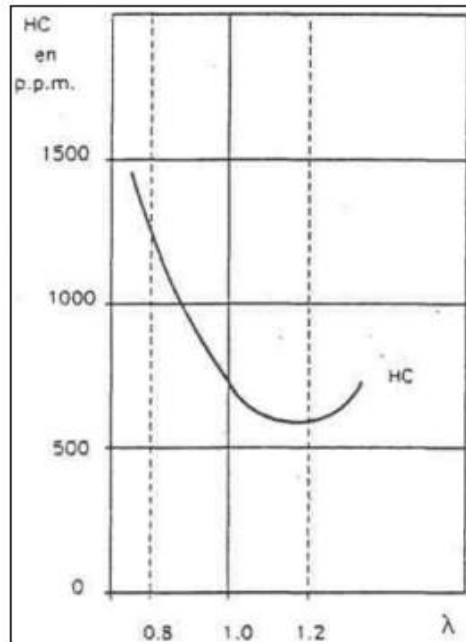
c. HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC)

La concentración de hidrocarburos sin quemar se reduce a valores mínimos para relaciones aire-gasolina ligeramente superiores a la estequiométrica, es decir, para mezclas clasificadas como pobres ($\lambda = 1,2$).

Con mezclas ricas es imposible quemar por completo los hidrocarburos por falta de oxígeno.

Por el contrario, con mezclas muy pobres ($\lambda > 1,2$) se pueden tener retrasos en la combustión, dificultad de propagación de la llama o fallos de encendido al haberse superado los límites de inflamabilidad.

En este caso la combustión resulta incompleta y se comprueba un aumento significativo de los HC emitidos en el escape.



Fuente: <http://es.cyberdodo.com/documentos/cyberdodo-y-la-contaminacion.html>

Figura 2.36: Curva de hidrocarburos

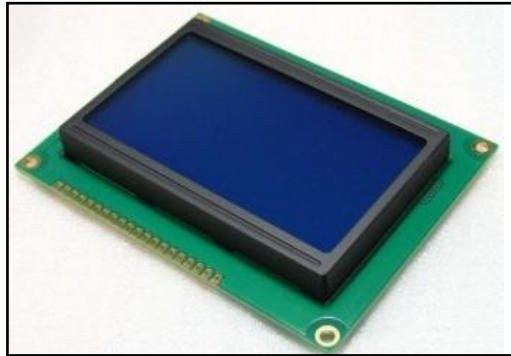
d. DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

La concentración de CO₂ alcanza el valor máximo para coeficientes λ cercanos al valor 1,00. El valor de CO₂ puede dar una idea de la "calidad" de la combustión, obsérvese que el pico de valor máximo corresponde prácticamente con una mezcla con un factor λ ligeramente superior a 1,00.

2.10. PANTALLA GLCD

Es una pantalla de cristal líquido con circuitos integrados especializados y memorias dedicadas, que a diferencia de LCD de una o de dos líneas de caracteres.

Las GLCD pueden representar directamente puntos sueltos, en consecuencia hace que se puedan representar muchos más caracteres mediante programación incluso gráficos.



Fuente: http://www.moba-ka.bplaced.net/i-robots-shop/product_info.php?products_id=45

Figura 2.37: Pantalla GLCD

Tabla 2.7: Descripción de pines de GLCD

Número del Pin	Símbolo	Descripción	Función
1	VSS	Tierra	0V
2	VDD	Fuente de alimentación	+5V
3	V0	Ajuste del contraste de GLCD	
4	RS	Registro de instrucción/ Información (Instrucción/Data)	RS=0 Registro Instrucción RS=1 registro Información
5	R/W	Selección escribir / leer (R/W)	R/W: Registro Escribir R/W: Registro Leer
6	E	Habilitar señal	
7	DB0	Líneas de datos.	8 BITS
8	DB1		
9	DB2		
10	DB3		
11	DB4		
12	DB5		
13	DB6		
14	DB7		
15	CS1	Selección de chip	CS1=1 Chip señal IC1
16	CS2	Selección de chip	CS2=2 Chip señal IC2
17	RST	Reset señal	RSTB=0 Display off
18	VEE	Voltaje negativo para ajuste GLCD	-10V
19	LED+	Positivo para led	+5V
20	LED-	Negativo para led	0V

Fuente: Datasheet GLCD

CAPÍTULO 3

PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

3.1. HIPÓTESIS

3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL

Se obtendrá un aumento en la potencia, torque, disminuyendo el consumo de combustible y las emisiones al medio ambiente implementando un sistema de control de aceleración electrónica a un vehículo que dispone un motor con carburador

3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- Un control preciso, mediante el uso de un microcontrolador, sobre la apertura de la mariposa de aceleración permite un mejor desempeño del motor.
- Limitar la apertura de la mariposa permite reducir el consumo de combustible.
- El uso de un sistema de aceleración electrónica permite un manejo más confortable del vehículo.
- Es necesario conocer los parámetros necesarios para que los técnicos puedan diagnosticar los elementos de los que dispone el sistema y solucionar posibles fallas que afecten su accionamiento y desempeño.

3.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño, construcción e implantación de un cuerpo electrónico de un sistema de control de aceleración electrónica para un carburador.

3.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Optimizar el accionamiento de un carburador mediante un control electrónico, mejorando sus prestaciones.

3.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

a. VARIABLE INDEPENDIENTE

Tabla 3.1: Operacionalización de variable independiente.

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
IMPLANTACIÓN DE UN CUERPO ELECTRÓNICO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ACCELERACIÓN ELECTRÓNICA PARA UN CARBURADOR.	Académico	El número de sensores necesarios para controlar la mariposa es 1.	¿Cuántos sensores son necesarios para la controlar el giro de la mariposa de aceleración?
		Es necesario el uso de un 1 módulo para el control del sistema.	¿Cuántos módulos son necesarios para controlar el sistema?
	Tecnológico	El número necesario de actuadores para controlar el acelerador es de 1.	¿Cuál es el número de actuadores necesarios para el control del acelerador?
		El número de soportes necesarios para poder implementar el sistema es de 4.	¿Cuántos soportes necesita el sistema para poder ser instalado en el vehículo?

Fuente: Grupo de investigación

b. VARIABLE DEPENDIENTE

Tabla 3.2: Operacionalización de variable dependiente.

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
ACCIONAMIENTO DE UN CARBURADOR MEDIANTE UN CONTROL ELECTRÓNICO, MEJORANDO SUS PRESTACIONES.		Las pruebas necesarias para comparar el sistema son 4.	¿Cuántas pruebas son necesarias para poder comparar el desempeño del sistema?
	Académico	No es necesario el uso de instrumentos especiales para comprobar el sistema.	¿Es necesario el uso de instrumentos especiales para comprobar el sistema?
	Tecnológico	El número de parámetros necesario para diagnosticar el sistema es de 4.	¿Cuál es el número de parámetros necesarios para que el técnico detecte problemas en el sistema?

Fuente: Grupo de investigación

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para responder el problema planteado y comprobar la hipótesis formulada, se procedió a utilizar la investigación experimental pues los investigadores pueden controlar las condiciones en las que se efectúa los experimentos (variable independiente), y determinar los efectos de las condiciones establecidas (variable dependiente).

Por los objetivos y las metas planteadas, el proyecto es además una investigación de factibilidad para mejorar el desempeño de los vehículos que utilicen carburador que son comunes en nuestro medio.

4.2. ESQUEMA DE LA PROPUESTA

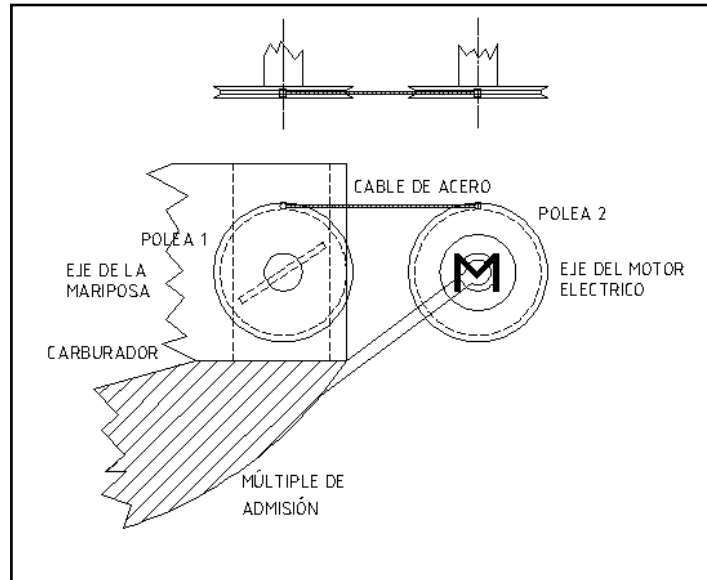
Al ser un estudio de factibilidad se propone la construcción de un prototipo de un control de acelerador electrónico para un vehículo Fiat Uno-S con carburador, el mismo que fue sometido a pruebas de rendimiento.

4.2.1. MECANISMOS UTILIZADOS PARA CONTROLAR LA POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN

Se ha tomado en cuenta dos mecanismos para el control de la mariposa del carburador un mecanismo por poleas y el otro, por engranajes.

A continuación se detalla cada uno de los mecanismos plantados, así como las ventajas y desventajas que presentan el uso de cada uno de los mismos.

a. MECANISMO POR POLEAS



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.1: Mecanismo de poleas

Es un mecanismo con unión flexible, que es el propio cable del acelerador con una pequeña modificación en sus extremos para la conexión del mismo, se encuentra constituido por dos poleas, una de las cuales es la del propio acelerador mientras que la otra esta solidaria al motor eléctrico para su accionamiento.

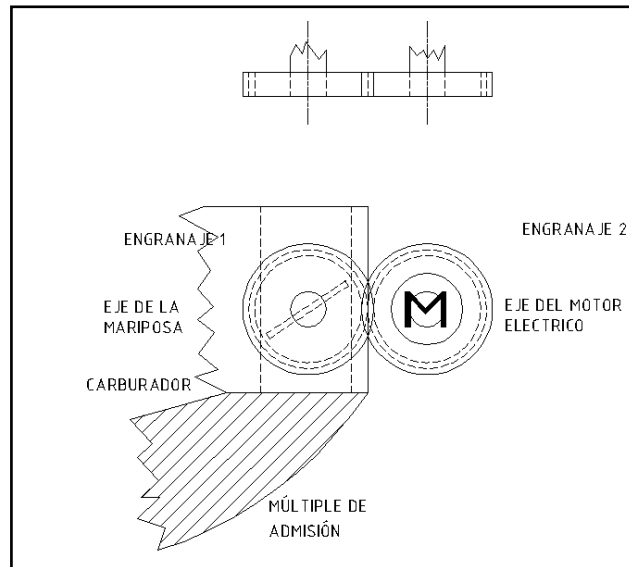
b. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN MECANISMO DE POLEAS

Entre las ventajas y desventajas de utilizar este mecanismo, citamos:

- Se puede utilizar la polea propia del carburador para controlar la mariposa del acelerador.
- La acción de retroceso de la mariposa, se logra con los mismos resortes con los que cuenta el carburador.
- Todavía se tiene un cable que va a conectar a la polea de la mariposa del carburador con el motor eléctrico.

- La ubicación de la segunda polea debe estar alineada con la polea del carburador.

c. MECANISMO POR ENGRANES



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.2: Mecanismo por engranes

Es un mecanismo accionado por un par de engranajes, el primer engrane mediante una modificación va a estar solidario al eje del acelerador, mientras que el segundo al motor eléctrico.

d. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN MECANISMO POR ENGRANAJES

Entre las ventajas y desventajas de utilizar este mecanismo, citamos:

- Al igual que el mecanismo por poleas, la acción de retroceso de la mariposa, se logra con los resortes con los que cuenta el carburador.
- Forma una unidad más compacta.

- Necesidad de una adaptación previa de la polea del carburador para instalar el primer engrane.
- Se necesitan de engranajes con tamaños de dientes pequeños por lo que pueden atascarse si no están correctamente alineados.

4.2.2. DISEÑO DEL MECANISMO UTILIZADO

Se ha diseñado un modelo preciso para la apertura y cierre de la mariposa que consta de una base de platina que va sujeta al motor del vehículo a carburador por medio de un perno enroscado en el block del mismo. Esta tiene un cuerpo de sujeción al servomotor de aluminio que le da la correcta fijación y poder transmitir el movimiento del servomotor dependiendo de la señal recibida del accionamiento del pedal a una polea que en la cual existe una muesca que une a la mariposa del carburador con el mecanismo instalado junto al servomotor permitiendo la apertura y cierre de esta cuando sea necesaria.



Fuente: <http://www.servocity.com/>

Figura 4.3: Estructura para el servomotor

4.2.3. BASES DE APOYO

Para la instalación del sistema se necesita la construcción de los siguientes elementos:

Tabla 4.1: Elementos a construir

ELEMENTOS A CONSTRUIR		
	NOMBRE	CANTIDAD
1.	Base del soporte de pedal	1
2.	Base del soporte del servomotor	1
3.	Base de sujeción del servomotor	1

Fuente: Grupo de investigación

a. ACELERADOR

Se ha implementado un pedal electrónico con dos potenciómetros que envían la señal cuando sea accionado utilizando cuatro conexiones las cuales son dos de respectivas señales de salida para verificar el posicionamiento del pedal, una de entrada de voltaje (5V), y una masa para el sensor. Este pedal electrónico está sujeto al vehículo mediante un diseño de platina que le permite reposar al pedal dándole sujeción y estabilidad al mismo para permitirle una cómoda fijación para su correcta aplicación en el momento del manejo del vehículo.

Esta base está diseñada de tal manera que el pedal electrónico este a la altura necesaria y posición correcta sin notarse el cambio del pedal anterior al actual. (Véase anexo A).

b. SERVOMOTOR

El servomotor tiene una carcasa que le permite al mismo una estabilidad para que no exista ningún movimiento que pueda causar algún daño en él, está creada de aluminio para que no afecte en peso y aligere el diseño. La carcasa está sujeta a una platina de tal manera que se le pueda fijar al vehículo en una posición que brinde un correcto funcionamiento y ayude a mantener fija al servomotor. Esta platina está sujeta al vehículo por medio de un perno que está sujeto al bloque del motor brindando firmeza y seguridad para la instalación del dispositivo. (Véase anexo B).

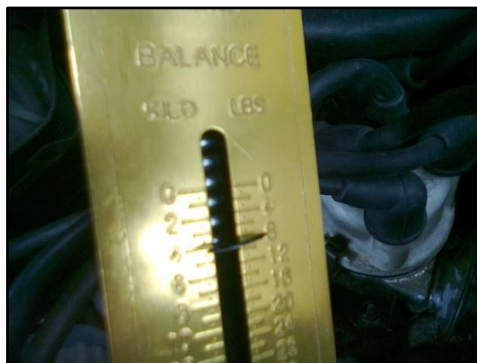
c. SOPORTE DEL EJE

Es una platina circular que une el soporte del servomotor con el mecanismo de la aleta de aceleración que tiene una muesca que engancha este mecanismo permitiendo la apertura y cierre de la misma. (Véase anexo C).

4.2.4. SELECCIÓN DEL ACTUADOR.

Una vez que se estudió cada uno de los actuadores que pueden ser colocados para la acción de la mariposa, se optó por el uso de un servomotor, pues ofrece un gran par de torsión, es controlado por PWM y también puede ser reversible por programación.

Para escoger el servomotor adecuado para el proyecto se necesita saber cuál es torque que debe vencer, es decir que tan fuerte debe ser para mover la mariposa del carburador, superando la resistencia de los muelles a los que está conectada su eje así como su propia inercia, para lo cual se debe calcular el torque que el pie debe realizar cuando mediante el cable mueve el pie, conectando entre este cable un dinamómetro, que es simplemente un resorte calibrado que permite conocer cuanta fuerza se está ejerciendo en un momento determinado.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.4: Medición de fuerza ejercida por el acelerador

De la fotografía se puede apreciar que para que el pie pueda mover la mariposa se necesita que este ejerza una fuerza de 4 Kg, ahora se necesita saber además cuál es el brazo de palanca del mecanismo que es de unos 2.5 cm aproximadamente, mediante la siguiente fórmula, se puede saber el torque necesario del servomotor.

$$T = F \times r$$

$$T = 4 \text{Kg} \times 2.5 \text{cm}$$

$$T = 10 \text{Kg} \cdot \text{cm}$$

Ec. 4.1
Torque

Si a esto se le coloca un factor de seguridad $n=2$ se necesita un torque aproximado de 20 Kg.cm, y buscado en el mercado servomotores que cumplan con este torque, y además que puedan ser conectados a una fuente de 5, 9 o 12V, se escogió el servo marca HITEC digital que posee las siguientes características:

Tabla 4.2: Características del servomotor digital Hitec

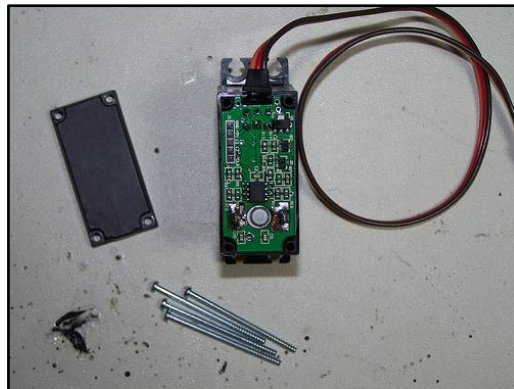
	6V	7.4V
Torque	333 onz-in	403 onz-in
Velocidad	0.15 seg/60°	0.12 seg/60°
Dimensiones	1.57 x 0.78 x 1.45 in	
Peso	2.40 oz	
Tipo de engranaje	acero	

Fuente: Catálogo de servomotores HITEC

a. COMPROBACIÓN DEL ÁNGULO DE LA MARIPOSA

La señal de control que indica al eje del servomotor cuántos grados debe girar está formada por un pulso que se genera de manera periódica, el servo debe recibir la señal cada 10-30 ms y la duración del pulso (tiempo que la señal de control está a uno lógico dentro del período) determina el ángulo que debe girar. Para que el servo mantenga la posición hay que mandan un pulso de la misma duración de manera periódica, la duración

del pulso suele estar comprendida entre 0.3 ms y 2.1 ms correspondiéndose con el ángulo máximo y mínimo de giro, cada modelo de servomotor tiene sus tiempos pero suelen ser similares a los anteriores. Si se envía una señal con un período mayor o menor, o un pulso demasiado largo o corto el servo comienza a vibrar o emitir un zumbido.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.5: Tarjeta interna de un servomotor

Para contar el tiempo de 30 ms lo mejor es usar la interrupción de un timer del microcontrolador que avisa cuando han transcurrido los 30 ms mientras este hace otras labores, si no utilizamos la interrupción el microcontrolador estaría ocupado de manera continua en contar los tiempos necesarios.

La mejora del rendimiento se produce sobre todo por el hecho que la electrónica de control utiliza un microcontrolador para hacer todo el trabajo. Esto permite mandar más pulsos de control al motor y por lo tanto se aumenta la precisión y el rendimiento. También se hacen más lecturas del potenciómetro por segundo, se utilizan drivers para el motor más eficaces y de menor tamaño que permiten controlar más potencia con un circuito más pequeño. Además el microcontrolador permite programar algunos parámetros como la posición central, el recorrido, la zona neutral,

etc. La consecuencia de todo ello es que existen servomotores digitales de tamaño estándar que resultan más potentes que otros de gran tamaño gracias además al empleo de engranajes de acero de alta calidad que permiten transmitir toda la potencia del motor al eje de salida sin problemas.

4.2.5. SELECCIÓN DEL APP

Para la elección de un pedal de aceleración se ha tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- Los sensores deben formar un solo cuerpo con el pedal.
- La disponibilidad del sensor.
- Costo del sensor.
- La posición final del pedal debe ser ergonómica para el conductor.

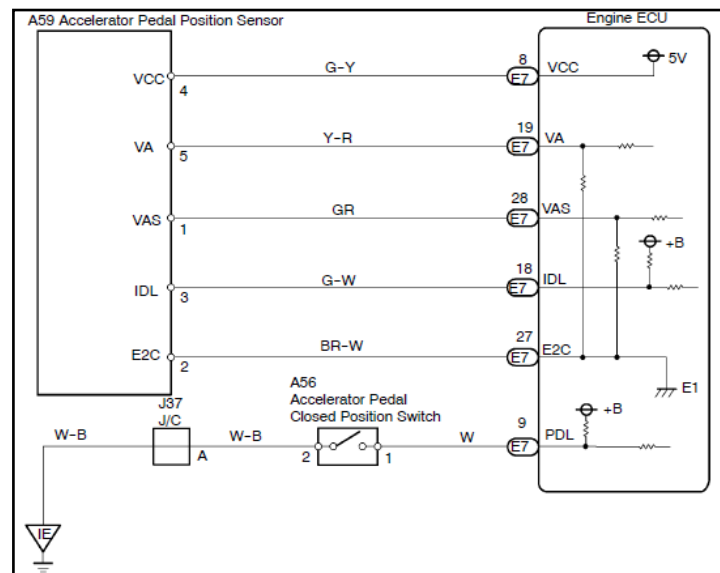


Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.6: Pedal de aceleración electrónico

Tomando en cuenta los aspectos antes mencionados se ha optado por el uso del pedal del acelerador del TOYOTA CALDINA Diesel 2.0 2010, fabricado por la empresa Denso, que posee ambos sensores dentro del pedal, es simple, su costo es relativamente bajo comparado con otros sensores, pero debió ser importado desde Perú, pues es un auto que no se comercializa dentro de Ecuador.

A continuación se muestran los pines de conexión de este sensor, en un esquema eléctrico del propio Toyota Caldina, luego de lo cual se escogió los pines necesarios para el desarrollo del proyecto:



Fuente: Manual de reparación TOYOTA

Figura 4.7: Esquema eléctrico de los sensores del pedal

De este diagrama se puede apreciar que este pedal cuenta con 5 pines de conexión y además de un switch adicional de pie alzado, que simplemente le permite saber al PCM, cuando el motor está en un régimen de ralentí o marcha lenta. La función de cada uno de los pines se detalla en la tabla 4.3:

Tabla 4.3: Pines de conexión del pedal del Toyota Caldina

VAS	Señal APP
E2C	Tierra
IDL	Señal Ralentí
VCC	+5 V
VA	Señal APP

Fuente: Manual de reparación TOYOTA

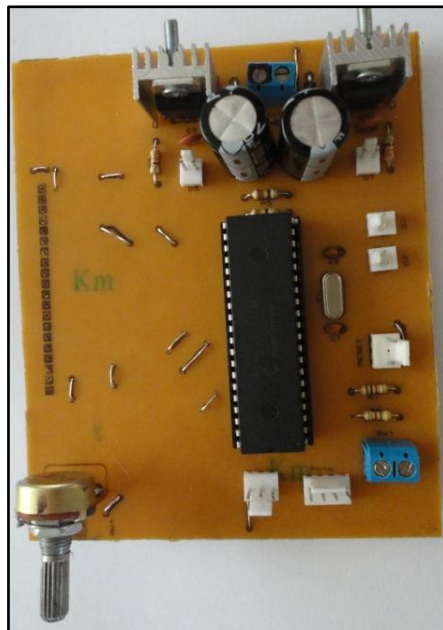
Los pines 1, 2, 4 y 5 son los necesarios para saber la posición del acelerador, el pin 3 no es utilizado en este proyecto pues para la función

para la que fue diseñado es la de comunicarle al PCM cuando no se ejerce presión sobre el pedal, es decir cuando está en ralentí.

4.2.6. MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECM)

Es el encargado de controlar el ángulo que va a girar la mariposa del carburador, mediante el servomotor a donde los sensores de posición del pedal (APP 1 y APP2) lo soliciten.

A continuación se detalla las partes que componen este módulo, así como la programación que posee el microcontrolador para realizar esta función.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.8: Tarjeta de control

a. PARTES QUE COMPONEN EL ECM

Se puede encontrar las siguientes partes o etapas que componen un módulo electrónico.

1. ETAPA DE ALIMENTACIÓN Y FUENTE

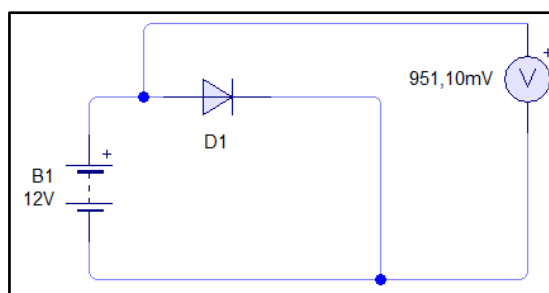
En esta parte del módulo, se toman 12v provenientes de la batería y se los convierte a 5v que va servir para que funcionen los siguientes elementos:

- Microcontrolador.
- Servomotor.
- Sensores APP.
- Pantalla GLCD.

Esta etapa tendrá los siguientes elementos en su construcción:

- Diodo de protección.

Es un diodo colocado en la entrada del circuito en polarización directa para proteger al microcontrolador de una inversión de polaridad al conectar incorrectamente la fuente del módulo. Al estar en polarización directa existe una caída de tensión en el diodo que generalmente es de aproximadamente 0.7v.



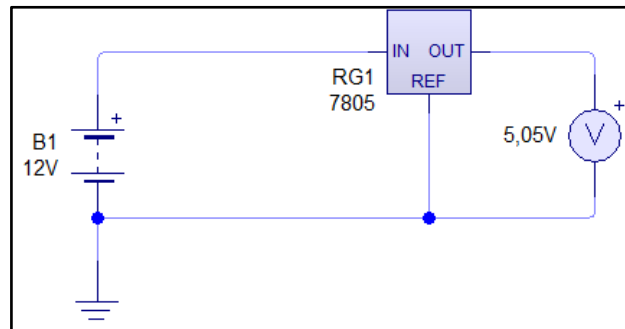
Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.9: Diodo de protección

- Regulador de voltaje.

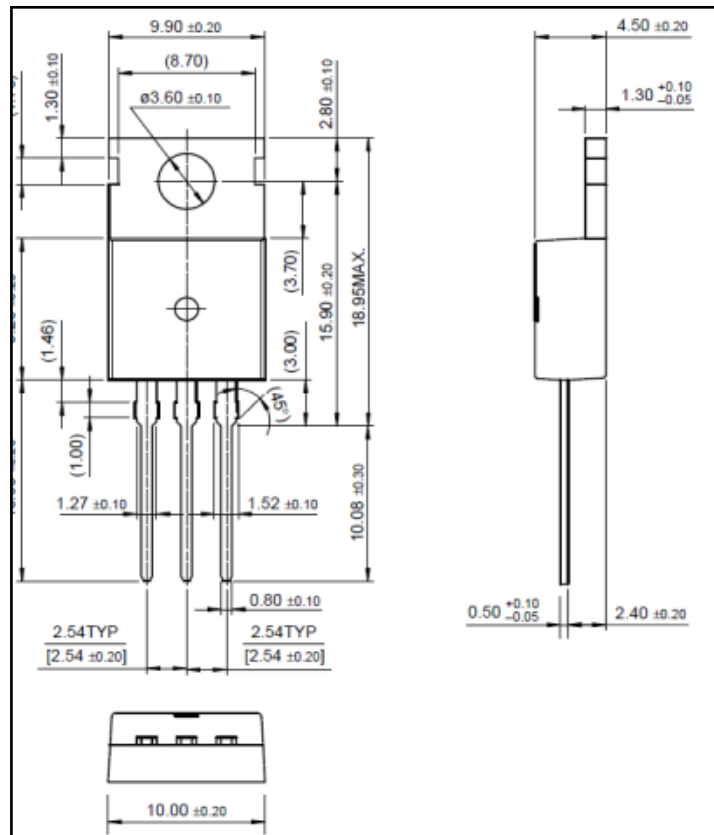
Para realizar esta conversión de 12v a 5v se utiliza un regulador de voltaje 7805, que es un circuito integrado, disponible en dos encapsulados, pero

se usa con un encapsulado TO-220 que permite atornillar por la parte posterior del mismo un disipador de calor, como el servomotor digital consume mucha corriente se ha optado por usar un segundo 7805 para alimentar sólo al servomotor.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.10: Regulador de voltaje



Fuente: Datasheet 7805

Figura 4.11: Encapsulado del regulador de voltaje

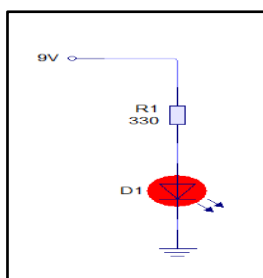
Tabla 4.48: Características del 7805

Parámetro	Valor	Unidad
V_{in}	Hasta 35	V
V_{out}	5	V
I_{out}	500	mA
Resistencia Térmica	5	°C/W
T Operación	0 ~ +125	°C

Fuente: Datasheet 7805

- Circuito luminoso.

Es un diodo LED colocado en la salida del regulador de voltaje que simplemente sirve para indicar que existe voltaje en la salida del regulador de voltaje.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.12: LED

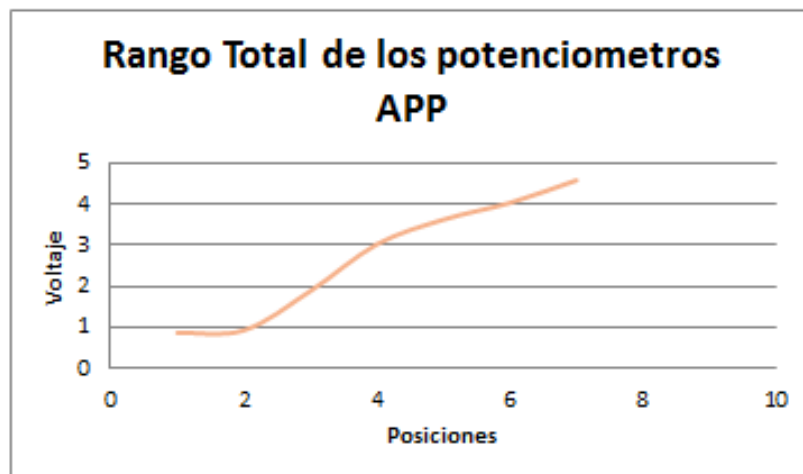
- Filtro.

Como en el vehículo se producen ruidos, por la carga del alternador, el encendido, etc. Es necesario el uso de filtros que eliminen o disminuyan los efectos de estos ruidos, colocando en paralelo capacitores, en la fuente se ocuparon un capacitor electrolítico de 2200 μ F antes del regulador y uno cerámico de 10 nF después.

2. ETAPA DE SENSADO

En esta parte del circuito se ingresan los valores analógicos de los potenciómetros dentro del pedal al microcontrolador, el mismo que

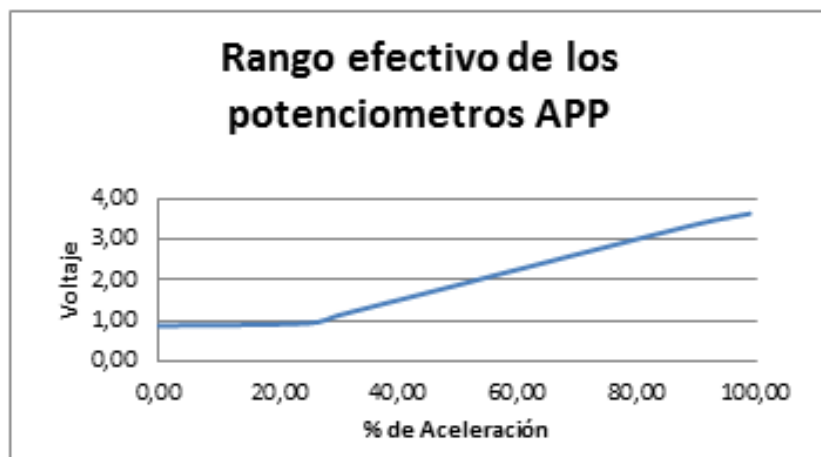
mediante un módulo interno convertidor análogo/digital, transformará los valores de voltaje de estos potenciómetros en pulsos que puede leer el microprocesador.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.13: Rango total de APP

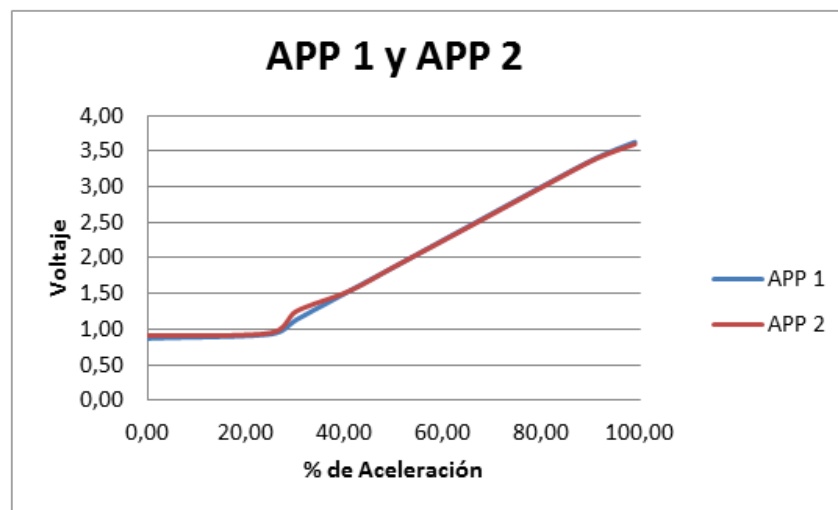
Rango de funcionamiento de los sensores APP 1 y 2, si bien los potenciómetros ubicados en el pedal pueden variar desde los 0.8v hasta los 5v, físicamente el pedal no permite que el valor supere los 3.8v como se puede apreciar en la siguiente gráfica.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.14: Rango efectivo de APP

Se puede apreciar que las curvas APP1 y APP2 son iguales, se ha asignado a uno de ellos como la señal principal mientras que el segundo es una señal de respaldo (Backup).



Fuente: Grupo de investigación

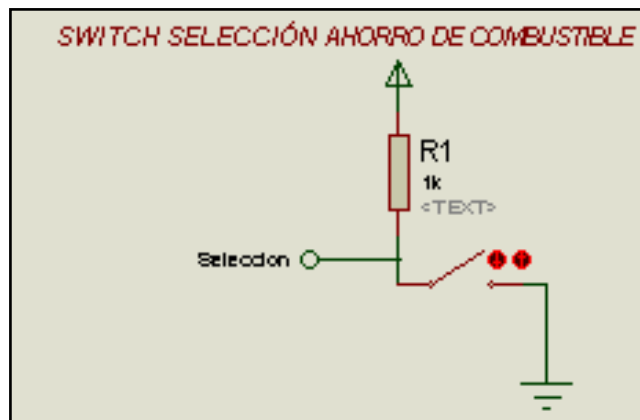
Figura 4.15: Curvas voltaje vs Aceleración de APP 1 y APP 2

Se debe disponer de un margen que permita determinar si existe un daño en alguno de los potenciómetros, especialmente saber cuándo existe un corto a masa o cuando este en este existe un circuito abierto, estableciendo valores mínimos y máximos dentro de los cuales se considera que los potenciómetros funcionan correctamente estos valores deben estar dentro 0.5v y los 4.5v.

2.1. SWITCH DE MODOS DE FUNCIONAMIENTO

Para una mejor economía del combustible se ha decidido implementar un switch de control que permita al conductor escoger una mejor respuesta del servomotor en diferentes situaciones, como es por ejemplo una conducción en ciudad o en carretera.

Para lo cual se ha tomado en cuenta la relación entre el recorrido del pedal con la apertura de la mariposa.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.16: Switch de selección

2.1.1. MODO NORMAL

En este modo de conducción la relación entre el recorrido del pedal y la apertura de la mariposa es de 1 a 1, es decir que una aceleración del 100% le corresponde un recorrido del pedal del 100%.

2.1.2. MODO DE AHORRO DE COMBUSTIBLE

En este modo de conducción se ha disminuido la relación a un 70% limitada por el programa de control, es decir que a un recorrido del 100% del pedal la apertura de la mariposa no excederá el 70%.

3. ETAPA DE PROCESAMIENTO

3.1. SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR

Para la selección de un microcontrolador se debe tener en cuenta la capacidad del microcontrolador, esto quiere decir su bus de datos, su velocidad de operación (la velocidad de instrucciones que puede realizar por segundo aunque está asociada con el oscilador del que disponga),

capacidad de la memoria RAM y EEPROM, puertos de entrada salida, de comunicación y de los módulos que disponga.

Se ha optado por los microcontroladores PICmicro de la empresa Microchip Technology Inc., que se los conoce generalmente como PIC (Peripheral Interface Controller).

Por su gran variedad de modelos que pueden cumplir con las características necesarias para el desarrollo del proyecto, además de su disponibilidad y de su costo económico.

Para el proyecto se ha escogido el PIC18F452, por su versatilidad, su disponibilidad y porque su costo es realmente bajo.

3.2. PIC18F452

Este PIC cuenta con las siguientes características:

- Memoria Flash de 32 KB.
- Número de instrucciones: 16384.
- RAM de 1536 bytes.
- EEPROM de 256 bytes.
- Corriente máxima en sus puertos de 25mA.
- Tres pines de interrupciones internas.
- Cuatro módulos Timer.
- Dos módulos PWM/CCP.
- Oscilador de hasta 40 MHZ que le permite realizar 10 MIPs (Millones de instrucciones por segundo).
- Perro guardián (Watchdog Timer).
- Interrupciones (3 pines).
- 5 puertos I/O.

- Módulo conversor A/D de 10 bits.

En la tabla 4.5 se muestran las características eléctricas principales del PIC18F452:

Tabla 4.5: Características del PIC18F452

Características eléctricas.	
Voltaje sobre cualquier pin respecto VSS (excepto VDD, MCLR, and RA4)	-0.3V a (VDD + 0.3V)
Voltaje sobre VDD respecto a VSS	-0.3V a +7.5V
Voltaje sobre MCLR respecto a VSS	0V a +13.25V
Voltaje sobre RA4 respecto a V _{SS}	0V a +8.5V
Disipación Total de calor	1.0W
Máxima corriente hacia el pin VSS	300 mA
Máxima corriente sobre el pin VDD	250 mA
Máxima corriente de entrada sobre cualquier pin I/O	25 mA
Máxima corriente de salida de cualquier pin I/O	25 mA
Máxima corriente de entrada combinada en PORTA, PORTB, y PORTE	200 mA
Máxima corriente de salida combinada en PORTA, PORTB, y PORTE	200 mA
Máxima corriente de entrada combinada en PORTC y PORTD	200 mA
Máxima corriente de salida combinada en PORTC y PORTD	200 mA

Fuente: Datasheet PIC18F452

3.3. DESCRIPCIÓN DE PINES UTILIZADOS EN EL PROYECTO

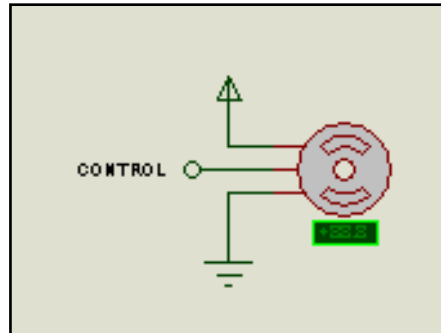
Tabla 4.6: Pines utilizados en el proyecto

Descripción de pines		
Numero de pin	Denominación del pin	Función
1	MCLR/V _{PP}	Reset
2	RA0/AN0	Señal APP 1
3	RA1/AN1	Señal APP 2
4	RA2/AN2/V _{REF}	
5	RA3/AN3/V _{REF+}	
6	RA4/T0CKI	
7	RA5/AN4/SS/LVDIN	
8	RE0/RD/AN5	
9	RE1/WR/AN6	
10	RE2/CS/AN7	
11	V _{DD}	5 Vdc
12	V _{SS}	Masa
13	OSC1/CLKI	Oscilador
14	OSC2/CLKO/RA6	Oscilador
15	RC0/T1OSO/T1CKI	PWM (Servo)
16	RC1/T1OSI/CCP2	
17	RC2/CCP1	
18	RC3/SCK/SCL	
19	RD0/PSP0	GLCD
20	RD1/PSP1	GLCD
21	RD2/PSP2	GLCD
22	RD3/PSP3	GLCD
23	RC4/SDI/SDA	LED Modo 1
24	RC5/SDO	LED Modo 2
25	RC6/TX/CK	
26	RC7/RX/DT	
27	RD4/PSP4	GLCD
28	RD5/PSP5	GLCD
29	RD6/PSP6	GLCD
30	RD7/PSP7	GLCD
31	V _{SS}	Masa
32	V _{DD}	5 Vdc
33	RB0/INT0	Interruptor modos
34	RB1/INT1	
35	RB2/INT2	GLCD
36	RB3/CCP2	GLCD
37	RB4	GLCD
38	RB5/PGM	GLCD
39	RB6/PGC	GLCD
40	RB7/PGD	GLCD

Fuente: Grupo de investigación

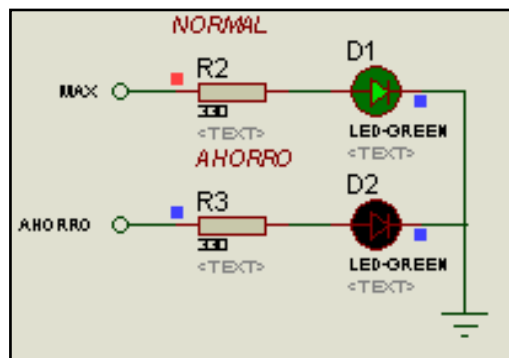
4. ETAPA DE SALIDAS

En esta etapa se ubica el servomotor así como también la visualización de datos y de en qué modo de funcionamiento se encuentra.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.17: Conexión del servomotor



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.18: Conexión de LED indicadores

4.1. VISUALIZACIÓN DE DATOS

Para un diagnóstico del sistema se necesita saber el voltaje que está leyendo el microcontrolador por parte de los potenciómetros del pedal del acelerador (APP 1 y APP 2), que señal es la que está tomando como principal, así como también los porcentajes de giro que corresponden a esas señales que permiten una aceleración del vehículo, para lo cual se ha instalado una pantalla de visualización.

4.1.1. PANTALLA GLCD

Tabla 4.7: Características de GLCD

Parámetros generales	
Resolución	128x64 pixeles
Interfaz	8 bit paralelo (20 pines de conexión)
LCD	Azul
Blacklight	Azul
Temperatura operación	20-70 °C
Driver:	KS0107/KS0108 o equivalente

Fuente: Datasheet GLCD

4.3. SOFTWARE DE CONTROL

Para el control del servomotor, se necesita el uso de un microcontrolador que cree una señal de PWM, la misma que varía según la manera en que se accione el pedal del acelerador (APPs). Para esto se ha realizado el programa de control en MicroC con lenguaje C, a continuación se detalla el mismo.

En primer lugar se crea un nuevo proyecto, seleccionando el PIC que se va a utilizar, el oscilador que posee y el directorio en donde se va a guardar el proyecto, además se debe revisar las bibliotecas que están activadas, porque si en la programación existe instrucciones específicas que necesiten de la activación de estas bibliotecas al momento de compilar el archivo, va a producir errores. Para el proyecto la biblioteca que debe estar activada es la de control de GLCD, porque permite declarar y asignar los puertos para su control.

4.3.1. GENERACIÓN DE IMÁGENES PARA GLCD

El uso de una pantalla GLCD, permite añadir gráficos así como fondos de pantalla para la misma, al momento de imprimir los datos de voltaje en cada uno de los APPs y a qué porcentaje de aceleración le corresponde. Hay dos aspectos a tener en cuenta para ello y son:

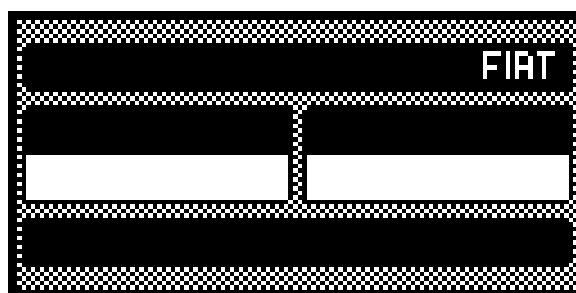
- Que la pantalla solo dispone de dos colores para la presentación de datos.
- El tamaño de pixeles que posee la pantalla, en este caso es de 128x64 pixeles.

Lo primero que se debe hacer es simplemente crear una imagen en un archivo de Paint, pero primero se debe configurar el espacio que se tiene, pues como se anotó anteriormente se dispone de cierto espacio y de dos colores, para esto se va al menú Imagen, Atributos y se configura la imagen en 128x64 pixeles y en colores en blanco y negro.



Fuente: Grupo de investigación

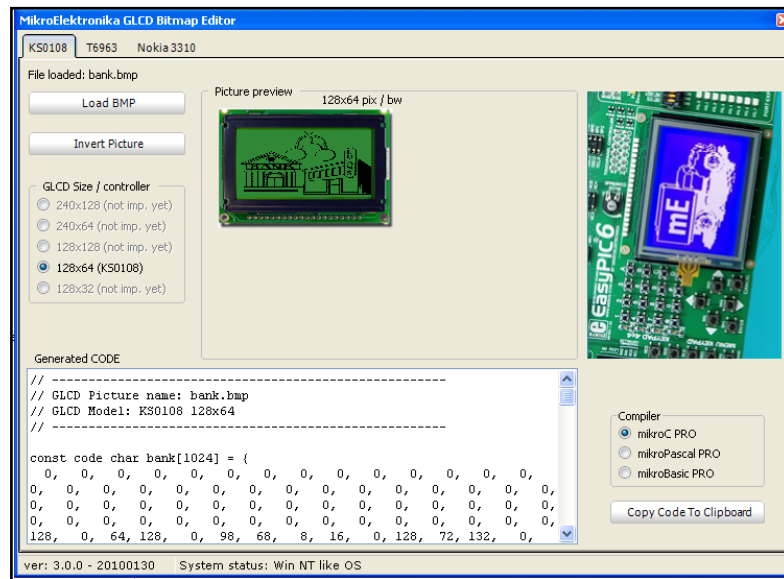
Figura 4.19: Caratula



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.20: Fondo de pantalla

Después de crear estos archivos, se los adjunta al proyecto y mediante una herramienta de MicroC se crean los códigos necesarios para que las imágenes puedan ser impresas por la pantalla GLCD cuando el programa así lo pida.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.21: GLCD Bitmap editor

4.3.2. DECLARACIÓN DE VARIABLES

Para el programa se necesita declarar variables en donde se irán guardando los valores necesarios para el control del acelerador, como son los voltajes de los sensores, el modo en el que está funcionando, etc., así como también pines y puertos de entrada y salida.

Para los valores de voltajes, porcentajes y variables para los cálculos se necesita de cierta precisión, por esto se los ha declarado como flotantes (float), porque tiene un amplio rango y guardan varios decimales.

Para imprimir los datos correspondientes a estas variables también se necesita de una otro tipo variable general llama char *texto (* permite tener un rango más amplio), la misma que durante el programa irá cambiando e imprimiéndose.

Para una mejor compresión y para evitar equivocaciones se declara a los pines en donde vayan elementos externos conectados como los LED, el

switch de control, el PWM, etc., un nombre y durante el programa se los irá activando, los nombres escogidos deben relacionarse con el elemento con el que estén accionando, en lo que se debe tener cuidado es en no usar palabras reservadas por el programa.

Además porque se va a conectar una pantalla GLCD, se deben declarar el puerto correspondiente al manejo de la pantalla así como también la función de cada uno de los pines del puerto, para esto simplemente en la ayuda del programa se busca GLCD y se copia el código de ejemplo, cambiando el puerto al que se desee conectar en este caso el puerto B. Para los fondos también necesitan ser declarados pues, le indican al programa que van a utilizarse los códigos generados anteriormente.

4.3.3. CONVERSIÓN A/D

Como los valores análogos no pueden ser interpretados por el PIC, se necesita de que estos sean convertidos a valores digitales mediante un conversor A/D que en el PIC18F452 es interno, para ello mediante el datasheet del PIC que se esté utilizando se debe identificar porque pines se puede ingresar estos valores.

En el proyecto han sido asignados para el efecto RA0 y RA1(los pines 2 y 3 respectivamente), una vez que estos valores han sido interpretados deben ser guardados para los cálculos correspondientes en dos variables previamente declaradas, esta etapa no está en el programa principal sino en dos subrutinas, una para cada sensor y serán llamadas cuando así sean necesarias.

Es muy importante tener en cuenta los valores límites a los que una señal análoga puede ser transformada a digital, por defecto una señal debe ser transformada en un rango de 0 a 1024, como sabemos que un sensor

puede funcionar desde 0 a 5V el valor de 0V le corresponde un valor digital de 0 y un valor de 5v le corresponde un valor de 1024. Estos valores son necesarios para la impresión de los datos pues sabemos que es el nivel de voltaje real en los sensores en ese instante, para la impresión se utiliza la siguiente expresión:

$$S_{\text{pedal1Volt}} = (S_{\text{pedal}} * 5)/1024$$

Ec. 4.2
Valor digital total

Con esta expresión sabemos el nivel de voltaje para cada uno de los sensores.

Pero como se indicó anteriormente el sensor posee un rango de voltaje que va desde 0 a 3.8V, este último que vendría a ser el valor máximo efectivo del sensor y debemos calcular a qué límite le corresponde, para ello se utiliza la siguiente regla de tres:

$$\begin{aligned} 5 \text{ V} &\rightarrow 1024 \\ 3.8\text{V} &\rightarrow X \\ X &= \frac{3.8 * 1024}{5} = 768 \end{aligned}$$

Ec. 4.3
Valor total efectivo

Donde se sabe que el límite al que va llegar es de 768, valor que será utilizado para las impresiones de datos.

4.3.5. GENERACIÓN DE PWM

Para generar el PWM necesario para mover hacia derecha o izquierda el servo lo primero que hay que revisar los datos del servomotor, que vienen

incluidos en la caja del mismo o mediante internet en la página del fabricante, estos datos son:

Tabla 4.8: Datos PWM HITEC

Datos del PWM para el HITEC	
Impulsos	3 – 5 V
Duración	0.9 – 2.1 ms
Posición neutral	1.5 ms
Frecuencia de repetición	50 Hz

Fuente: Datasheet HITEC

Y luego se hace una señal PWM, con un bucle infinito, colocando valores lógicos de 1 y 0, en donde el ancho del pulso irá variando según las señales de los sensores lo indiquen.

Como la mariposa del carburador gira aproximadamente 90°, no es necesario trucar el servomotor, pues un servomotor gira desde los 0 a 180° (al trucar el servomotor se le permite girar 360°) y se tiene una consideración similar a la de la conversión de señal A/D en donde los 5V vienen a ser 1024, pero se necesita buscar una expresión para que el servomotor gire los 90°, la misma que es la siguiente:

$$s_{pedalpwm} = (150 - (s_{pedal} * x)/1024)$$

Ec. 4.4

Ángulo de giro del servomotor

Dónde:

- Modo normal: $x = 150$
- Modo ahorro: $x = 120$

4.3.6. CÁLCULO DE PORCENTAJES

Para saber cuánto se está acelerando el vehículo, se ha decidido transformar el voltaje a un valor más comprensible que es un porcentaje,

para ello se ha tomado el valor efectivo del recorrido del pedal que es de 3.8V o de 768 en valor digital, para saber los porcentajes en cada uno de los modos se utiliza las siguientes ecuaciones:

- Modo normal

$$x = (S_{\text{pedal}} * 100)/768$$

Ec. 4.5

Porcentaje de aceleración modo normal

- Modo de ahorro

$$x = (S_{\text{pedal}} * 70)/768$$

Ec. 4.6

Porcentaje de aceleración modo ahorro

Donde x es el porcentaje en que se está pisando el acelerador.

4.3.7. MÉTODOS DE CONTROL

Como las señales de ambos APPs son iguales, se ha decidido que el 1 sea la señal principal mientras que el 2 sea una señal de respaldo llamada Backup.

El programa hará una comprobación de cada uno de los sensores antes de comandar al servomotor, este solamente puede girar si se encuentra dentro de los límites que se han definido con anterioridad.

Si por alguna razón los sensores sobrepasan estos valores el servo queda limitado a un valor seguro que no permita una aceleración que pueda generar daños al motor o provocar un accidente. También en los métodos de control se analiza cuando está funcionando cada uno de los

modos de funcionamiento, detectando en el pin 33 un valor de 0 o 1 lógicos.

4.3.8. IMPRESIONES DE DATOS

Lo primero que va a imprimir la pantalla son la caratula y el fondo de pantalla, y finalmente los valores que permiten saber cómo está funcionando el sistema.

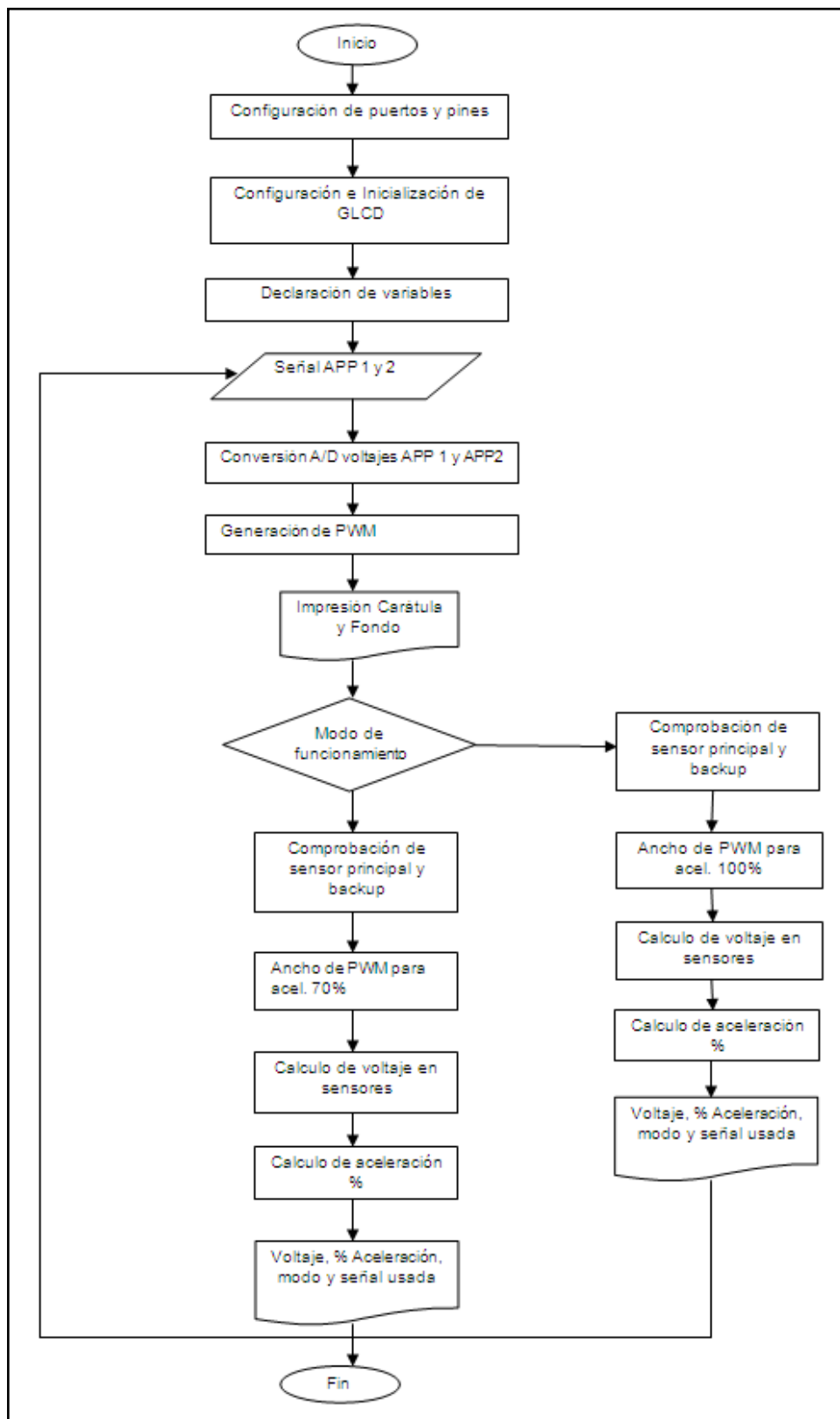
Los valores que se van a imprimir son los siguientes:

- Los niveles de voltaje sobre cada uno de los sensores.
- El modo de funcionamiento.
- La señal que está tomando como referencia, “Principal” si es del sensor APP1 y “Backup” si es la del APP 2.
- Porcentaje de aceleración.
- Caratula y fondo de pantalla.

Como se tiene un fondo de pantalla, se debe indicar en el programa el texto a imprimir, su posición y el color del texto, hay que tener en cuenta que las impresiones se realizan unas sobre otras y durante la ejecución del programa nunca se borra la pantalla pues genera una pequeña demora, pues debe limpiar la pantalla antes de cada impresión además de que al tener gran cantidad de pixeles puede borrar incorrectamente sectores de la pantalla apareciendo puntos aleatorios y llegando a pensar que la pantalla tiene algún defecto.

4.3.9. DIAGRAMA LÓGICO

A continuación se muestra de manera gráfica el programa de control del acelerador.

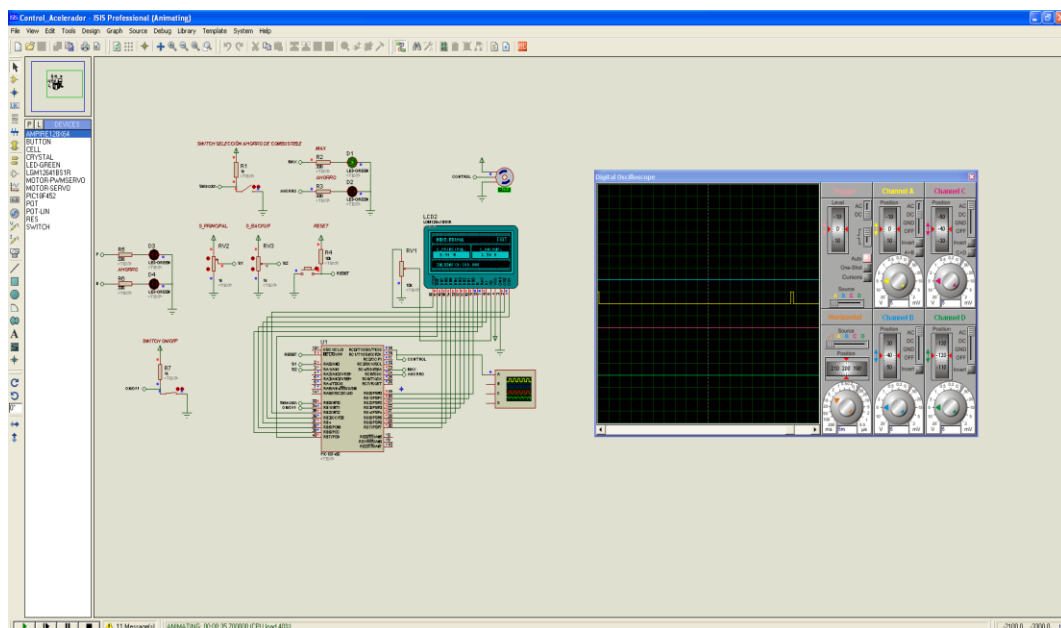


Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.22: Diagrama lógico

4.4. CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA.

Antes de construir la placa se procede a comprobar con ayuda del ISIS, que el circuito y el programa funcione correctamente, para lo cual se debe conectar virtualmente todos los componentes (o sus análogos) y realizar una simulación.



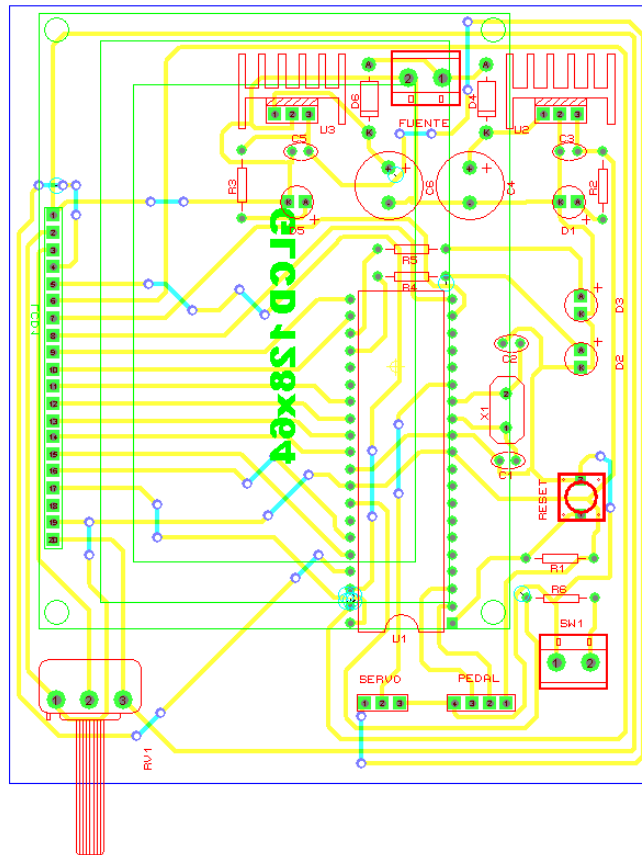
Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.23: Simulación del proyecto.

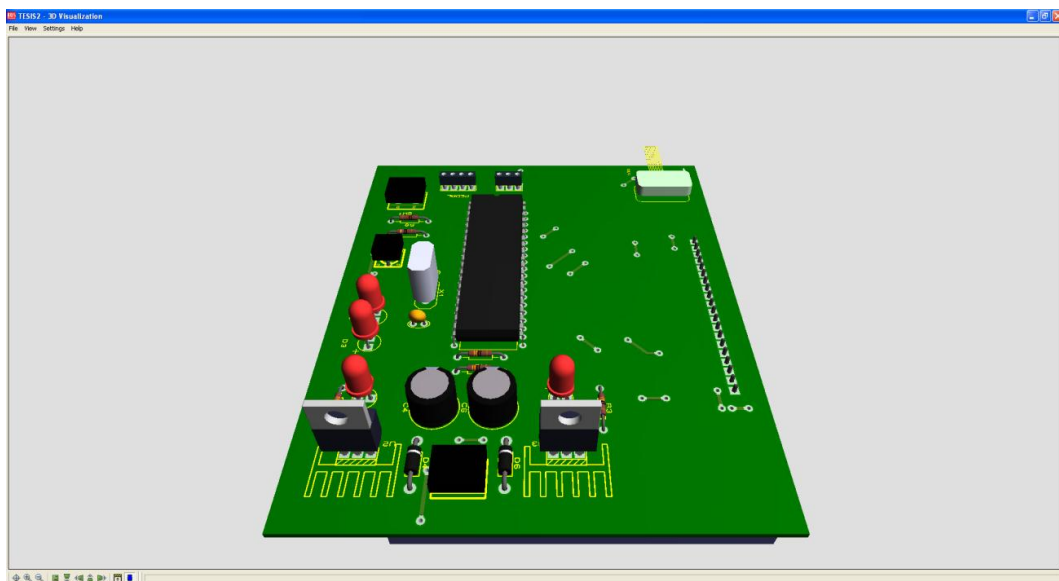
Durante la simulación es posible visualizar que la pantalla GLCD, muestra la carátula, el fondo de pantalla, los valores de voltaje de los potenciómetros y el porcentaje de aceleración.

Además se puede observar con ayuda de un osciloscopio virtual la forma de onda que el PIC18F456 genera para que el servomotor se mueva.

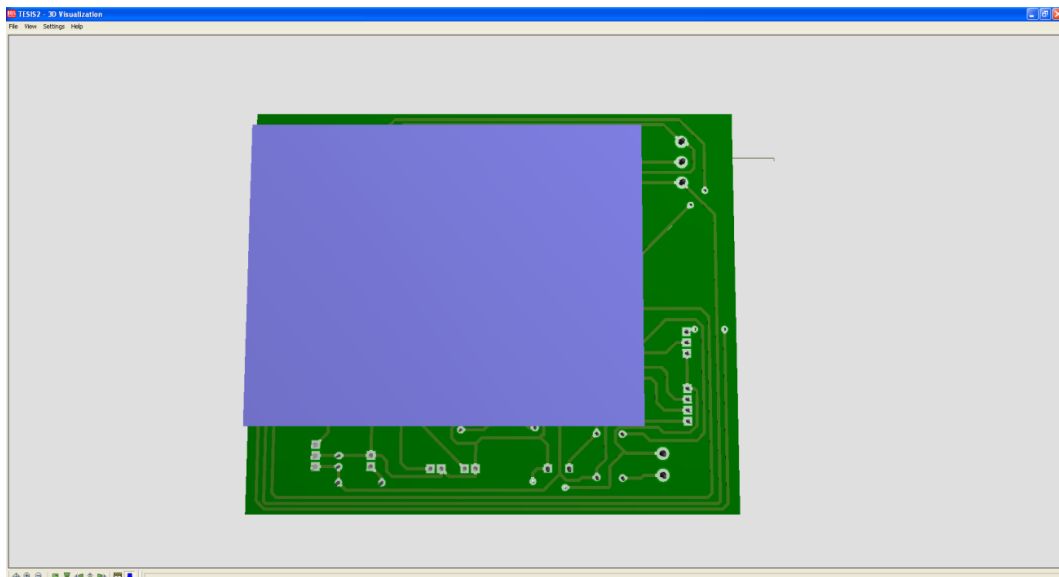
Luego de comprobar que todos los sistemas funcionan correctamente, se puede a realizar el ruteado de la placa mediante el uso del ARES y colocar estratégicamente todos los componentes a utilizar en la misma.



Fuente: Grupo de investigación
 Figura 4.24: Ruteo de la placa



Fuente: Grupo de investigación
 Figura 4.25: Vista simulada del anverso de la placa



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.26: Vista simulada del reverso de la placa

4.5. DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE DEL MECANISMO PARA CONTROLAR LA MARIPOSA

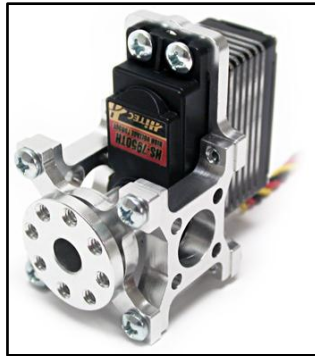
Para poder proceder a la implementación del acelerador electrónico en el vehículo Fiat Uno, se procedió a realizar algunos cambios que ayudan al correcto desempeño, en el caso del servomotor en un mecanismo práctico que pueda ser instalado fácilmente y que tenga una fiabilidad y desempeño correcto para el funcionamiento del vehículo.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.27: Cable y barras del acelerador original

Se procedió a desmontar el mecanismo propio del vehículo que estaba instalado mediante un cable conectado al pedal del acelerador y acoplado mediante resortes y un mecanismo de barras, que permiten la apertura y cierre de la mariposa de tal manera que la aceleración del vehículo sea instantánea al momento de aplicar algún tipo de presión en el pedal del acelerador.



Fuente: <http://www.servocity.com/>

Figura 4.28: Servomotor HITEC 458

El diseño que se implementó para poder sujetar el servomotor al bloque del motor es la creación de varias piezas para que pueda existir un apropiado accionamiento entre la mariposa y el servomotor sin que allá algún tipo de interferencia o que pueda perjudicar el desempeño del vehículo al momento de mandar algún tipo de señal desde el pedal del acelerador electrónico hasta el servomotor.

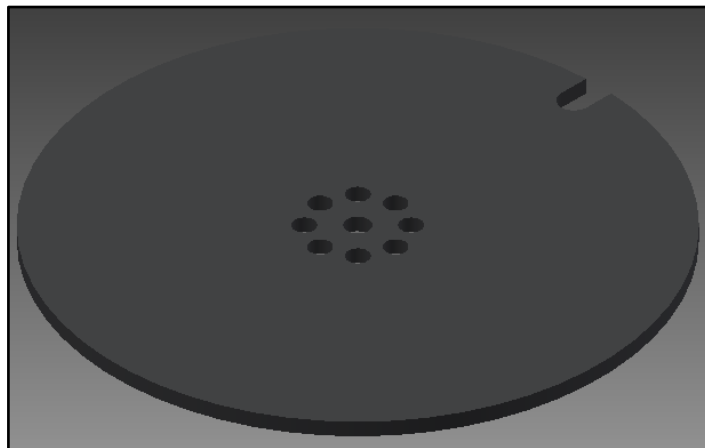


Fuente: <http://www.servocity.com/>

Figura 4.29: Eje adicional del servomotor

La primera pieza es la sujeción del servomotor, esta pieza está diseñada para dar estabilidad y firmeza al mismo, está creada de aleación de aluminio para aligerar su peso de tal forma que no afecte el peso su desenvolvimiento. En la rueda dentada del servomotor se encaja el acople de aluminio en los estriados que poseen para transmitir el movimiento del servomotor al eje.

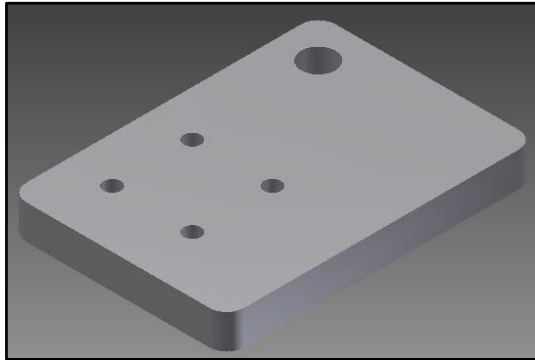
Este acople a su vez está unido a una rueda de platina en la que posee una muesca para que pueda encajar el mecanismo de la mariposa del carburador y que pueda cumplir la misma misión que es la correcta apertura y cierre de la mariposa cuando se mande algún tipo de señal desde el pedal hasta el servomotor.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.30: Polea para sujetar la mariposa

Todo esta pieza debe estar sujeta firmemente al vehículo, dado el diseño del bloque del motor se encontró en la parte superior de este una ranura donde se la pueda sujetar mediante pernos para dar la seguridad y firmeza que dicha pieza necesita para poder sostener todo el nuevo mecanismo de tal forma que no afecte ningún tipo de movimiento o vibración por parte del motor al momento de realizar la apertura y cierre de la mariposa en el carburador.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.31: Base para el servomotor y base de aluminio

Ya con todas las piezas unidas y centradas se aprecia el diseño brinda un correcto desempeño que no afectará la apertura y cierre de la mariposa.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.32: Ubicación del servomotor

4.6. DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE DEL PEDAL DEL ACELERADOR ELECTRÓNICO

Para poder implementar el pedal del acelerador electrónico en el vehículo se procedió a realizar algunos cambios que ayuden al reemplazo del pedal original al nuevo pedal, entre los cuales se creó una base para el

pedal de acero que tal forma que le dé un asentamiento y fijación al mismo para que no afecte en ningún momento algún tipo de movimiento y pueda afectar el desenvolvimiento de este.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.33: Pedal original Fiat Uno S

Esta base se acopla en los mismos pernos de sujeción que tiene el pedal original dando una firmeza para poder colocar el pedal sin ningún tipo de dificultades y sin tener algún cambio en posición del pedal original al actual.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.34: Pernos para sujeción de la base del pedal

El pedal del acelerador electrónico está sujeto a la base mediante dos pernos en sus dos extremos para no dar ningún tipo de juego o movimiento, en el momento de accionar este en el uso diario al momento de acelerar y desacelerar.



Fuente: Grupo de investigación

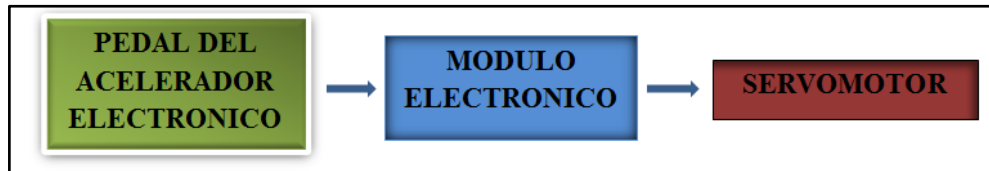
Figura 4.35: Ubicación de la base para el pedal electrónico



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.36: Base del pedal electrónico

4.7. CONEXIÓN DEL SERVOMOTOR, ACELERADOR Y TARJETA DE CONTROL. DIAGRAMA ELÉCTRICO

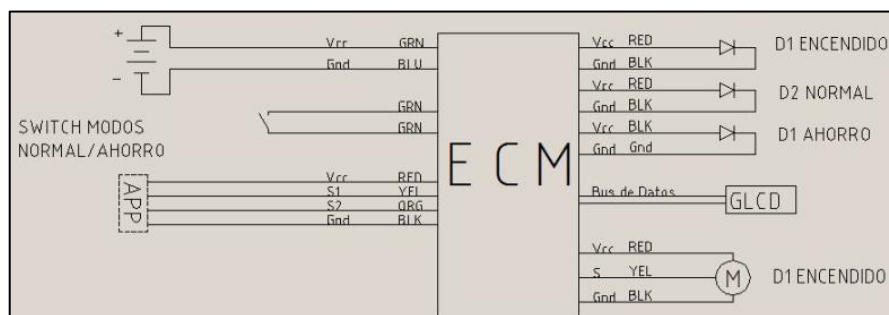


Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.37: Esquema de funcionamiento del proyecto

Todo el sistema del acelerador electrónico implementado en el vehículo a carburador lleva un orden que se respete para el correcto funcionamiento del vehículo.

El pedal del acelerador electrónico tiene cuatro salidas las cuales son dos señales, una de entrada de voltaje de 5V y una tierra que sirve para cerrar el circuito, todos estos van conectados a un módulo donde se puede filtrar la señal y alimentar el pedal para poder tener en funcionamiento y poder receptar mediante los potenciómetros internos que posee el mismo la señal de la posición donde está el accionamiento del mismo en el uso de este.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.38: Diagrama eléctrico

Esta señal y la alimentación están conectadas a un módulo de control que envía la señal al servomotor y tener una fuente regulable que permita

alimentar todo el circuito electrónico del mismo. La señal que se recibe por parte del pedal es transformada de tal manera que sea leída por un microcontrolador que a su vez transmita la señal de tal forma que sea captada por el servomotor y poder transformarla en movimiento mecánico según lo indicado y las proporciones correctas cuando sea aplicado el pedal en cualquier posición que sea necesaria según sea demandada por la persona que esté usando el vehículo.

4.8. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA SEGÚN LOS PARÁMETROS DE CARGA Y ACELERACIÓN DEL MOTOR EN MODO NORMAL Y AHORRO DE COMBUSTIBLE

En el ECM del acelerador electrónico se implementó dos formas de manejo que puedan ser aplicadas según sean las circunstancias que requiera el conductor del vehículo en cualquiera de sus formas.

Las dos formas de manejo son:



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.39: Módulo del Acelerador Electrónico – Modo Normal

El modo normal que permite el desempeño del vehículo sin ninguna limitación, es decir que la apertura de la mariposa del carburador es al

100% o 89 grados sin afectar en ningún momento el desenvolvimiento del vehículo en ninguna circunstancia.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.40: Módulo del Acelerador Electrónico – Modo Ahorro

El modo de ahorro de combustible tiene una limitación del 30%, es decir que la mariposa solo podrá abrirse como un máximo del 70% de su recorrido (62 grados) permitiendo esto un ahorro de combustible y contribuir a la disminución de contaminación en el ambiente con este método.

4.9. PRUEBAS DE RENDIMIENTO

4.9.1. PRUEBAS EN EL DINAMÓMETRO

Para saber cuál es la potencia y torque entregados por el motor, se necesita el uso del dinamómetro, que mediante un software grafica en tiempo real las magnitudes correspondientes a estos parámetros para su posterior análisis.

4.9.2. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

Para conocer si utilizar un acelerador electrónico presenta ventajas o no,

se planteó el uso del dinamómetro para conocer cuáles son las curvas características de potencia y torque con el acelerador electrónico y sin él. Para realizar la prueba hay que montar el eje motriz del auto sobre los rodillos del dispositivo, cuidando de que este alineado porque al realizar las pruebas una desviación del auto puede provocar que el mismo empiece a moverse dentro de los rodillos pudiendo ocasionar un accidente.

Luego de esto se procedió a llenar el depósito del dinamómetro con agua, pues ahí se encuentra el freno hidráulico que coloca la carga para las pruebas, durante las pruebas hay que cuidar el nivel del agua pues la fricción de las piezas hace que se evapore y los resultados pueden variar y si el nivel es crítico dañar el equipo.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.41: Calibración de la bomba

Una vez que el depósito posee un suficiente nivel de agua, se abre el programa del dinamómetro y lo primero que hay que realizar es calibrar el mismo, dentro de una pestaña interna del programa, en donde hay que acelerar el vehículo hasta alcanzar cierto régimen de giro que puede escogerse dependiendo del vehículo que se esté probando.

Una vez calibrado el equipo, se procede a abrir la pantalla de prueba y se arranca la bomba, para que esta empiece a ejercer la carga previamente calculada, y cuando la bomba está encendida acelerar el motor hasta encontrar la marcha en que pueda sostener esta carga.

En las pruebas realizadas se encontró que el motor puede sostener la carga en tercera marcha, así que las mediciones realizadas en las pruebas se realizaron en esta marcha.

Además se debe encender un ventilador externo pues al no haber un flujo de aire que permita transferir el calor generado por el motor, este puede recalentarse y sufrir daños.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.42: Ubicación del vehículo

Mientras se realizan las pruebas se grafica en tiempo real el torque y potencia (en el pantalla se dibujan ambas curvas a la vez, la curva más fina al igual que el eje de escalas a la izquierda le corresponden a la curva de torque mientras que la más gruesa junto con el eje de escalas a la derecha le corresponde a la curva de potencia,) entregados por el motor, una vez que la potencia se estabiliza se proceden a tomar las correspondientes mediciones.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.43: Curva de potencia y torque

4.9.3. TOMA DE DATOS

Las curvas obtenidas durante las pruebas realizadas en el dinamómetro son las siguientes:

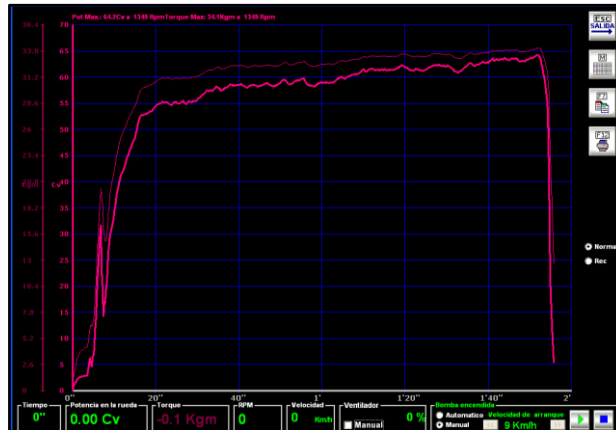
a. CON EL ACELERADOR ELECTRÓNICO

Con el dispositivo instalado se procedió a realizar la toma de mediciones con los dos modos de funcionamiento que posee:

1. MODO NORMAL

En este modo de funcionamiento la mariposa se abre en un 100% (90°), por lo que se entregan todo el torque y potencia que puede suministrar el motor.

Durante esta prueba se puede apreciar un rápido incremento en la potencia y el torque durante los 20 primeros segundos luego de ellos, la potencia aumenta ligeramente durante el resto de la prueba, pero de una manera constante. De la figura 4.44 se obtienen los siguientes datos:



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.44: Prueba de potencia y torque 1

Tabla 4.9: Valores de prueba de torque y potencia 1

Torque máximo	34.1 Kgm
Potencia máxima	64.2 CV
rpm en donde se consiguieron valores máximos y T y P	1349
Tiempo de la prueba	120 seg

Fuente: Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.45: Prueba de potencia y torque 2

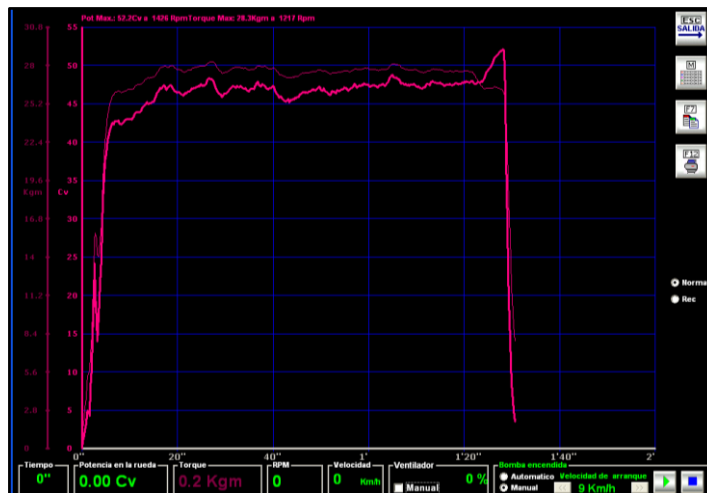
Durante esta prueba se llevó al motor a un mayor esfuerzo, es así como antes de los diez segundo experimenta el mayor aumento de la potencia, aunque en esta prueba durante 1 minuto y 20 segundos la potencia y el torque se mantienen casi constantes, luego aumentan ligeramente hasta el fin de la prueba.

De la figura 4.45 se obtienen los siguientes datos:

Tabla 4.10: Valores de prueba de torque y potencia 2

Torque máximo	29.4 Kgm
Potencia máxima	51.9 CV
rpm en donde se consiguieron valores máximos y T y P	1263
Tiempo de la prueba	110 seg

Fuente: Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.46: Prueba de potencia y torque 3

En esta prueba se lleva rápidamente al motor a su potencia y torque máximos, luego aumenta ligeramente hasta llegar a los 20 segundos y durante 1 minuto la potencia sufre picos pero en parámetros generales es casi constante, en los últimos 10 segundos aumenta la potencia hasta su valor máximo (no así el torque) y luego termina la prueba.

De la figura 4.46 se obtienen los siguientes datos:

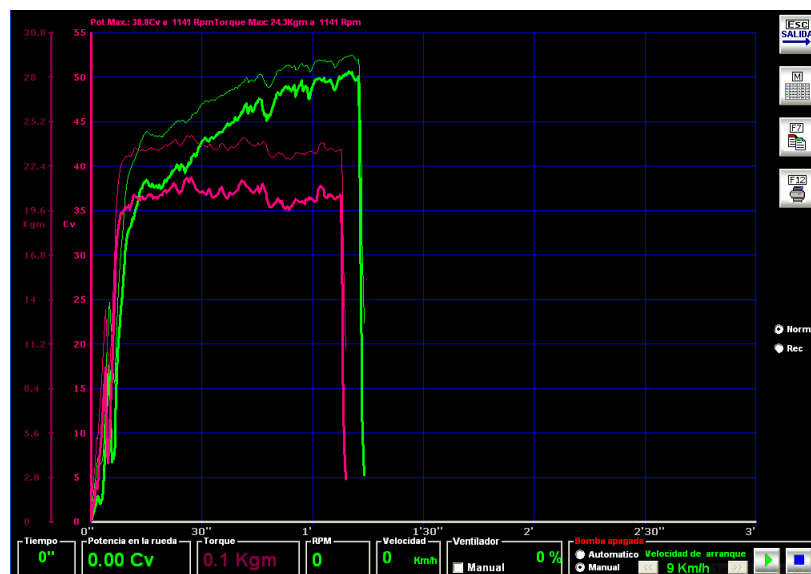
Tabla 4.11: Valores de prueba de torque y potencia 3

Torque máximo	28.3 Kgm
Potencia máxima	52.2 CV
rpm en donde se consiguieron valores máximos y T y P	1217
Tiempo de la prueba	120 seg

Fuente: Grupo de investigación

2. MODO AHORRO

En este modo al restringir el recorrido angular de la mariposa a un 70%, se tomaron los siguientes datos, además se puede apreciar la diferencia que existe en las curvas cada uno de los modos de funcionamiento, donde las curvas rosadas son las de ahorro de combustible y las verdes en modo normal:



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.47: Prueba de potencia y torque 4

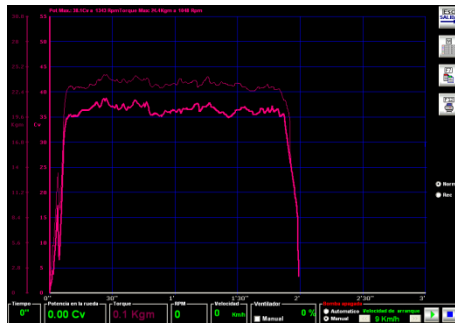
En esta prueba se puede apreciar que la potencia aumenta hasta casi su valor máximo durante los 10 primeros segundos, luego empieza a estabilizarse pero sufre mayores variaciones que en el modo normal.

De la figura 4.47 se obtienen los siguientes datos:

Tabla 4.12: Valores de prueba de torque y potencia 4

Torque máximo	24.3 Kgm
Potencia máxima	38.8 CV
rpm en donde se consiguieron valores máximos y T y P	1141
Tiempo de la prueba	70 seg

Fuente: Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.48: Prueba de potencia y torque 5

En esta prueba se llevó al motor a su máxima potencia y torque, en los diez primeros segundos luego de lo cual experimenta pequeños picos de rendimiento hasta el fin de la prueba. De la figura 4.48 se obtienen los siguientes datos:

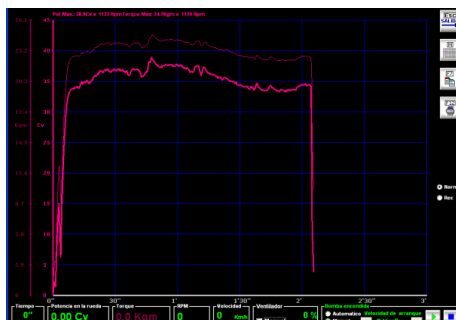
Tabla 4.13: Valores de prueba de torque y potencia 5

Torque máximo	24.4 KgM
Potencia máxima	38.1 CV
rpm en donde se consiguieron valores máximos y T y P	1048
Tiempo de la prueba	120 seg

Fuente: Grupo de investigación

b. SIN EL ACELERADOR ELECTRÓNICO

Con el acelerador con cable y mecanismo de barras propios de vehículo se obtuvieron los siguientes datos:



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.49: Prueba de potencia y torque 6

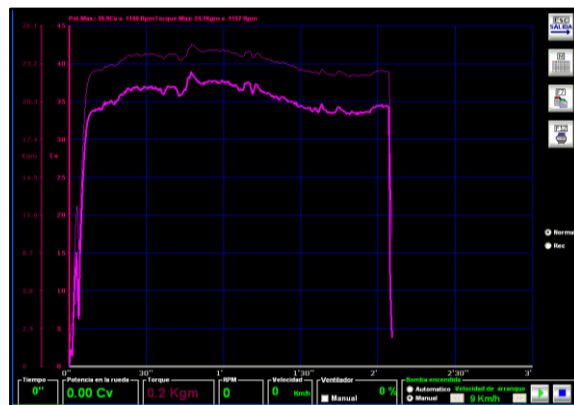
En esta prueba se alcanza una potencia y torque estables antes de llegar a los 30 segundos luego de lo cual las curvas posee altibajos hasta llegar hasta los 45 segundo luego de lo cual alcanzan su máximos valores luego de esto sufre una pequeño decremento con picos de rendimiento hasta el fin de la prueba.

De la figura 4.49 se obtienen los siguientes datos:

Tabla 4.14: Valores de prueba de torque y potencia 6

Torque máximo	24.7 Kgm
Potencia máxima	38.9 CV
rpm en donde se consiguieron valores máximos y T y P	1120
Tiempo de la prueba	130 seg

Fuente: Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.50: Prueba de potencia y torque 7

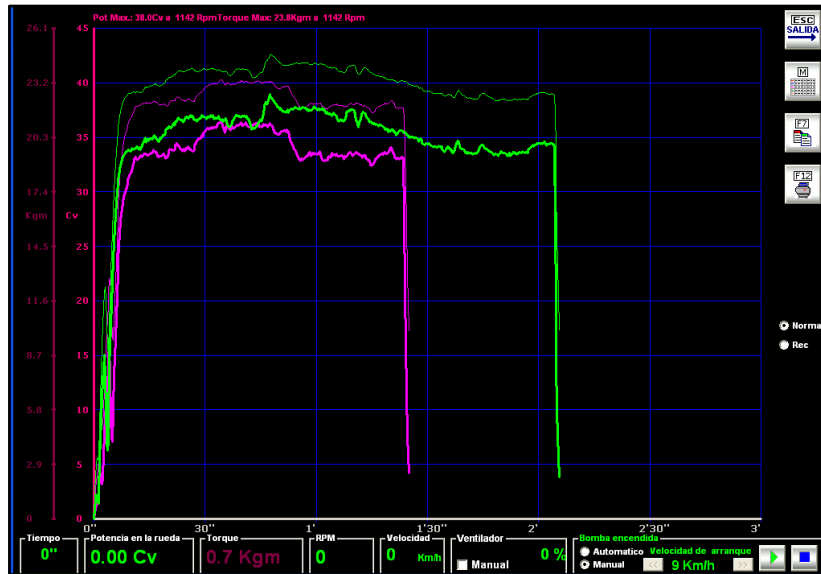
En esta prueba se puede apreciar un comportamiento similar a la anterior, la potencia y el torque experimentan un rápido crecimiento hasta los 15 segundos luego de lo que las curvas empiezan a crecer mínimamente con picos de rendimiento hasta que en 1 minuto alcanzan un pico máximo, luego empiezan a decrecer paulatinamente y con altibajos hasta el fin de la prueba.

De la figura 4.50 se obtienen los siguientes datos:

Tabla 4.15: Valores de prueba de torque y potencia 7

Torque máximo	24.7 Kgm
Potencia máxima	39.9 CV
rpm en donde se consiguieron valores máximos y T y P	1157-1160
Tiempo de la prueba	130 seg

Fuente: Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.51: Prueba de potencia y torque 8

En esta prueba se puede apreciar un comportamiento similar a las anteriores, un rápido crecimiento de los valores de potencia y de torque, sin embargo empiezan a estabilizarse a los 10 segundos de transcurrida la prueba y sufren de altibajos, a diferencia de las pruebas anteriores no existe un pico marcado en la potencia y el torque, luego termina la prueba.

De la figura 4.51 se obtienen los siguientes datos:

Tabla 4.16: Valores de prueba de torque y potencia 8

Torque máximo	23.8 Kgm
Potencia máxima	38.0 CV
rpm en donde se consiguieron valores máximos y T y P	1142
Tiempo de la prueba	120 seg

Fuente: Grupo de investigación

4.9.4. ANÁLISIS DE DATOS

A continuación se presenta la tabla 4.17 donde se han tabulado los valores obtenidos en las pruebas:

Tabla 4.17: Valores de promedio con el acelerador electrónico

RENDIMIENTO DEL MOTOR				
Con acelerador electrónico				
Modo normal				
Prueba	1	2	3	Promedio
Torque máximo (Kgm)	34.10	29.40	28.30	30.60
Potencia máxima (CV)	64.20	51.90	52.20	56.10
rpm	1349.00	1263.00	1217.00	1276.33
Tiempo de la prueba (s)	120.00	110.00	120.00	116.67
Modo ahorro				
Torque máximo (Kgm)	24.30	24.40	-	24.35
Potencia máxima (CV)	38.80	38.10	-	38.45
rpm	1141.00	1048.00	-	1094.50
Tiempo de la prueba (s)	70.00	120.00	-	95.00

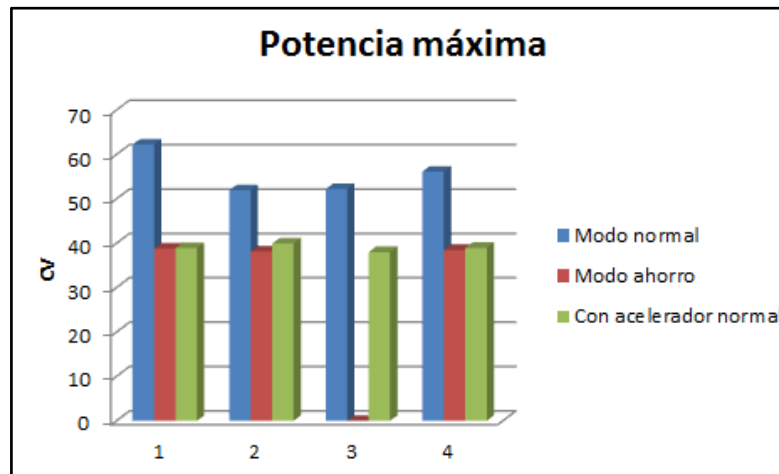
Fuente: Grupo de investigación

Tabla 4.18: Valores promedio sin el acelerador electrónico

RENDIMIENTO DEL MOTOR				
Sin acelerador electrónico				
Prueba	1	2	3	Promedio
Torque máximo (Kgm)	24.70	24.70	23.80	24.40
Potencia máxima (CV)	38.90	39.90	38.00	38.93
rpm	1120.00	1160.00	1142.00	1140.67
Tiempo de la prueba (s)	130.00	130.00	120.00	126.67

Fuente: Grupo de investigación

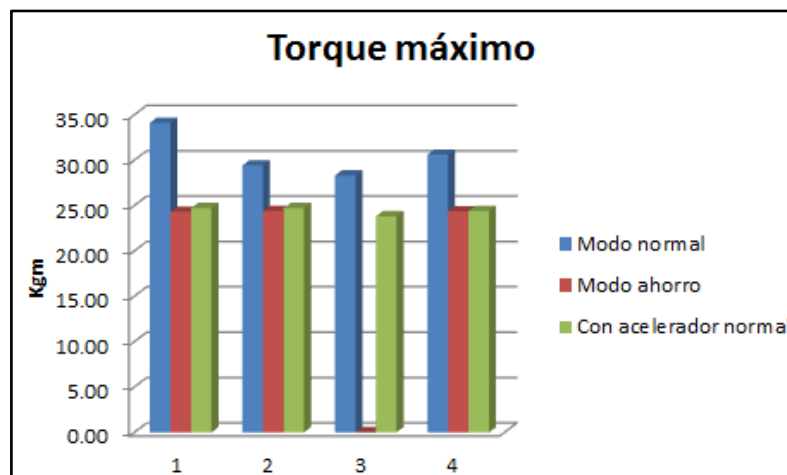
Realizando una gráfica de la potencia máxima obtenidas, en las pruebas se puede apreciar que la potencia en con el dispositivo en el modo normal aumenta, en un 44.10%, mientras que en el modo de ahorro de combustible en promedio es un 1.23% menor que la potencia con respecto al dispositivo original con el que cuenta el dispositivo.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.52: Potencia Máxima

Al realizar un análisis similar con el torque encontramos que en el modo normal existe un incremento de en promedio un 25,41% y en el modo de ahorro es apenas un 0.20 % menor que el del motor original.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.53: Torque Máximo

Además hay que resaltar que en el modo normal, se pudo tomar las medidas a casi 100 rpm más que con el dispositivo original, notándose además un comportamiento mucho más estable de ambos parámetros con el dispositivo instalado.

En las pruebas con el acelerador original existe una excesiva variación de la potencia después de los primeros 10 segundos lo que impide que aumente la potencia y el torque del motor.

También hay que recalcar que existe una respuesta inmediata del servomotor cuando el conductor lo demanda, especialmente al momento de realizar los cambios, pues en las pruebas con el acelerador sin control electrónico al dejar de ejercer presión para realizar el cambio, la curva tiene un descenso significativo por lo que se pierde energía y aceleración del vehículo.

Observando la figura 4.47 se puede apreciar la diferencia que existe al limitar la apertura de la mariposa, pues la curva rosada que es la del modo de ahorro limitada al 70%, no logra superar los 40 CV mientras que en la otra llega hasta los 55 CV aproximadamente.

4.10. PRUEBA EN EL ANALIZADOR DE GASES

Para conocer cuáles son las emisiones de gases que emana el motor se utiliza un equipo que nos indica en valores reales cada parámetro del que está compuesto para un posterior análisis.

4.10.1. TOMA DE DATOS

Los datos obtenidos en las pruebas son:

a. CON EL ACELERADOR ELECTRÓNICO

1. MODO NORMAL

Con el modo normal activado se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 4.19: Emisiones de gases con el acelerador electrónico, modo normal

EMISIÓN DE GASES				
CON ACELERADOR ELECTRÓNICO				
MODO NORMAL				
PRUEBA	CO % Vol.	HC ppm Vol.	CO2 % Vol.	λ
1	0.3208	529	11.77	0.64
2	0.3001	560	11.83	0.65
3	0.1869	344	11.86	0.74
4	0.1784	392	11.63	0.76
PROMEDIO	0.24655	456.25	11.7725	0.6975

Fuente: Grupo de investigación

2. MODO AHORRO

Con el modo de ahorro activado se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 4.20: Emisiones de gases con el acelerador electrónico, modo ahorro

EMISIÓN DE COMBUSTIBLE				
CON ACELERADOR ELECTRÓNICO				
MODO AHORRO				
PRUEBA	CO % Vol.	HC ppm Vol.	CO2 % Vol.	λ
1	0.193	427	11.53	1.12
2	0.209	464	11.56	1.12
PROMEDIO	0.201	445.5	11.545	1.12

Fuente: Grupo de investigación

b. SIN ACELERADOR ELECTRÓNICO

Tabla 4.219: Emisiones de gases sin el acelerador electrónico.

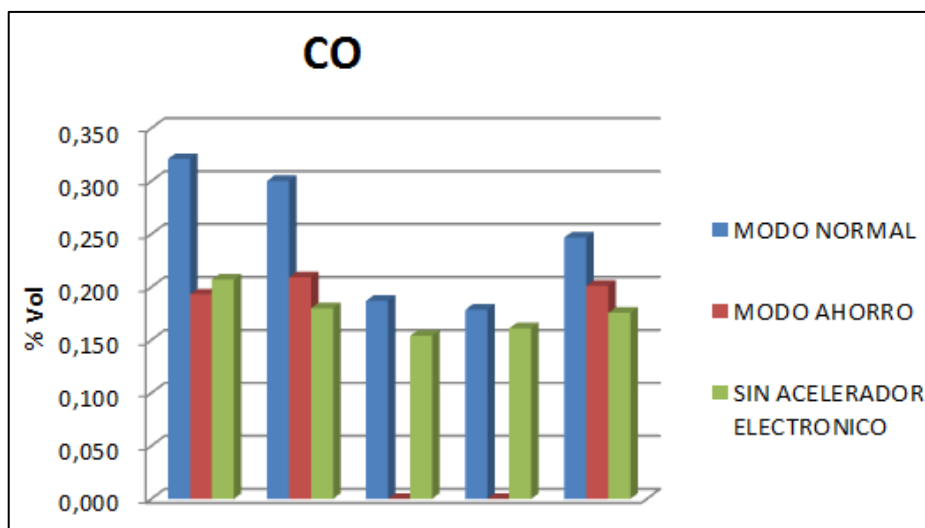
EMISIÓN DE COMBUSTIBLE				
SIN ACELERADOR ELECTRÓNICO				
PRUEBA	CO % Vol.	HC ppm Vol.	CO2 % Vol.	λ
1	0.207	388	11.69	1.13
2	0.180	384	11.72	1.15
3	0.154	492	10.92	1.22
4	0.161	473	11.07	1.20
PROMEDIO	0.1755	434.25	11.35	1.175

Fuente: Grupo de investigación

4.10.2. ANÁLISIS DE DATOS

En la figura 4.54 se observa que el CO es menor sin pedal electrónico a comparación de las curvas obtenidas en el modo normal y el modo de ahorro, lo que indica que existe una mínima diferencia en el CO en la emisión de gases contaminantes al medio ambiente.

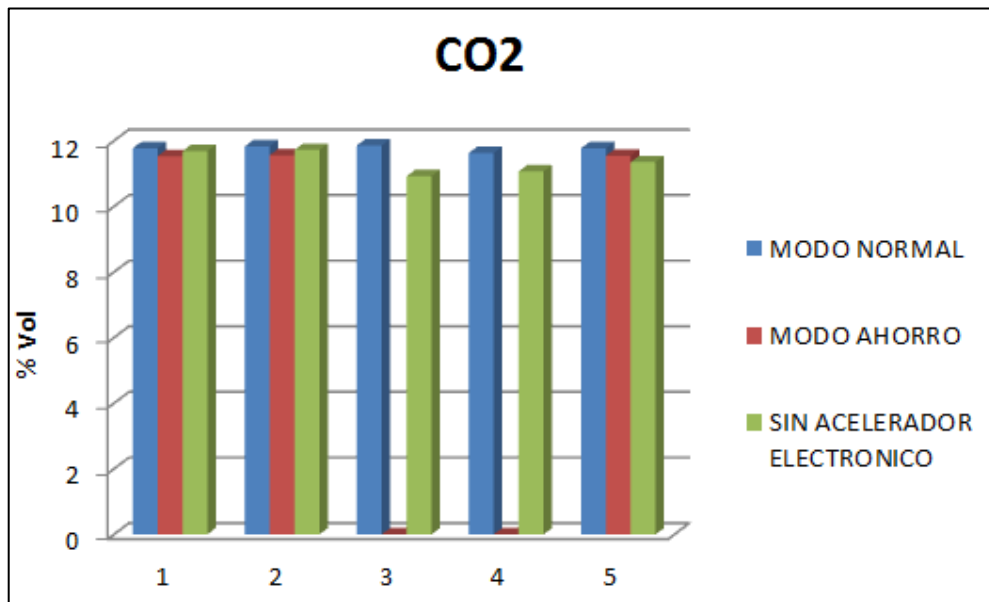
Además podemos ver que en el modo de ahorro y sin acelerador electrónico existe una estabilidad en el CO debido a los cambios de revoluciones que tiene el motor al ser colocado el acelerador electrónico en su modo normal.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.54: Comparación CO

En la figura 4.55 se observa que el CO₂ es mayor en el modo normal en comparación con modo de ahorro y sin el acelerador electrónico, pero se nota que los valores llegan a estabilizarse tanto en el modo normal y modo de ahorro que sin el dispositivo puesto. En el modo normal el aumento es de 3.7%, mientras que en el modo de ahorro es de 1.76% en comparación al vehículo sin modificación.

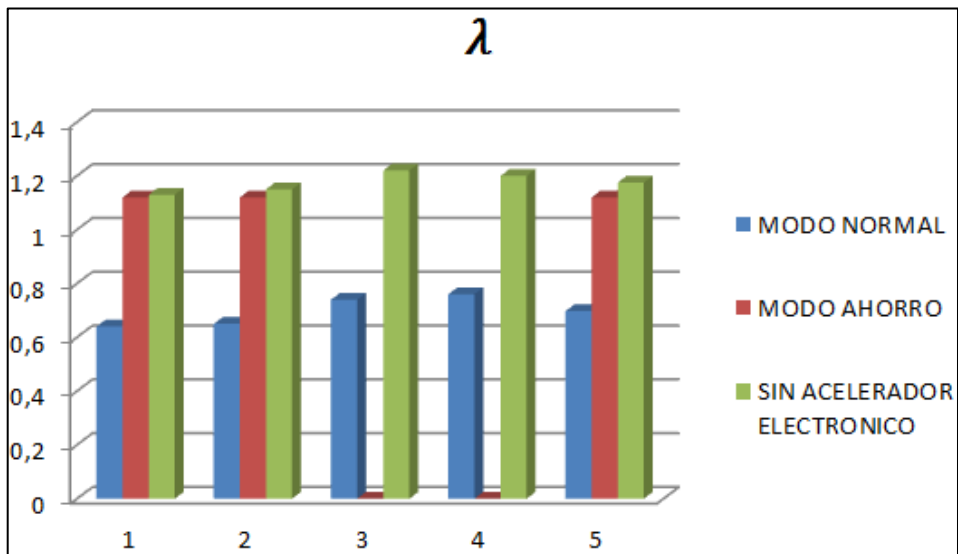


Fuente: Grupo de investigación
 Figura 4.55: Comparación CO2

Con respecto al CO2 existe una estabilidad en el modo normal y de ahorro debido a que el motor tiene una estabilidad con respecto a sus revoluciones a diferencia que sin el pedal no logra tener una estabilidad en aumento o disminución de revoluciones.

En la figura 4.56 observamos que en el modo normal la mezcla aire-combustible se vuelve rica, es decir que existe escases de aire; mientras que en el modo de ahorro y sin acelerador electrónico existe una mezcla pobre, es decir que existe un exceso de aire. En el modo normal la mezcla es muy rica mientras que en modo normal y sin acelerador la mezcla se queda pobre.

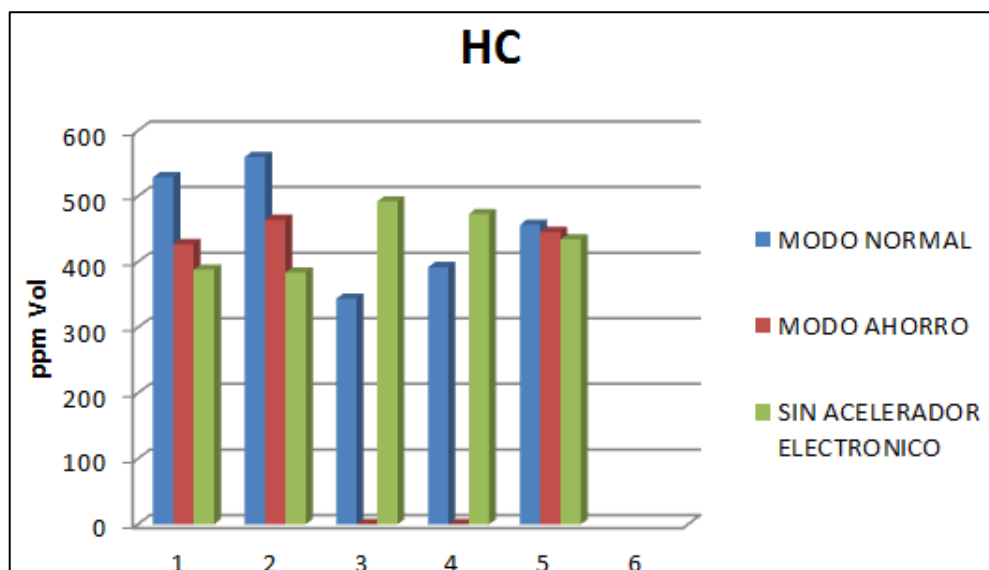
La similitud de las curvas en el modo de ahorro y sin el acelerador electrónico se debe a la inestabilidad del vehículo y la variación de revoluciones que tiene el mismo dando como resultado la mezcla pobre en los dos modos.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.56: Comparación λ

Los hidrocarburos no combustionados en esta figura 4.57 observamos en el modo de ahorro existe una estabilidad debido al ser una mezcla pobre los HC se reduce en ppm. En el modo normal el aumento es de 5.07%, mientras que en el modo de ahorro es de 2.59% en comparación al vehículo sin modificación.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.57: Comparación HC

4.11. PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El objetivo de realizar esta prueba es la de saber cuál es el consumo de combustible cuando al motor se le aplica una carga máxima, pues al alcanzar la potencia máxima y el torque máximo es cuando existe menor consumo de combustible.

4.11.1. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

Para saber el consumo de combustible se debe considerar lo siguiente:

- Se necesita aplicarle una carga al motor.
- Se necesita saber cuál es la cantidad usada en el carburador.
- se necesita de una probeta graduada.
- Desconectar las líneas de combustible de la toma del tanque.
- Tomar el tiempo con un cronómetro.

Para ello mientras se realizaron las pruebas en el dinamómetro, se desconectaron las líneas de combustible (de alimentación y de retorno) del tanque y se colocó un recipiente graduado en donde se conectaron las líneas de combustible.

Una vez que el vehículo alcanzó una potencia estable en el dinamómetro se procedió a marcar en el recipiente, una marca de referencia y después de un tiempo determinado se realizó una segunda marca.

La diferencia entre ambas permite saber el consumo de combustible durante ese lapso de tiempo.

Con estos valores se obtiene la variación de volumen en razón de un tiempo determinado.

4.11.2. TOMA DE DATOS

Para saber el consumo de combustible por unidad de tiempo se procedió a utilizar la siguiente ecuación:

$$y = \frac{\Delta V}{t}$$

Ec. 4.7

Consumo de combustible

Dónde:

y es el consumo

ΔV es la variación de volumen

T es el tiempo empleado en la prueba

Los datos obtenidos se muestran en la tabla 4.22:

a. CON EL ACELERADOR ELECTRÓNICO

Tabla 4.22: Consumo de combustible con el acelerador electrónico

Consumo de combustible						
Modo normal						
	ΔV	Unidad	t	Unidad	y	Unidad
1	112.25	cc	60.00	s	1.87	cc/s
2	140.00	cc	86.00	s	1.63	cc/s
3	145.75	cc	105.00	s	1.39	cc/s
4	140.00	cc	100.00	s	1.40	cc/s
5	218.75	cc	154.00	s	1.42	cc/s
6	125.00	cc	65.00	s	1.92	cc/s
Promedio	146.96		95.00		1.61	
Modo ahorro						
1	81.25	cc	53.00	s	1.53	cc/s
2	123.75	cc	94.00	s	1.32	cc/s
Promedio	102.5		73.50		1.42	

Fuente: Grupo de investigación

b. SIN EL ACELERADOR ELECTRÓNICO

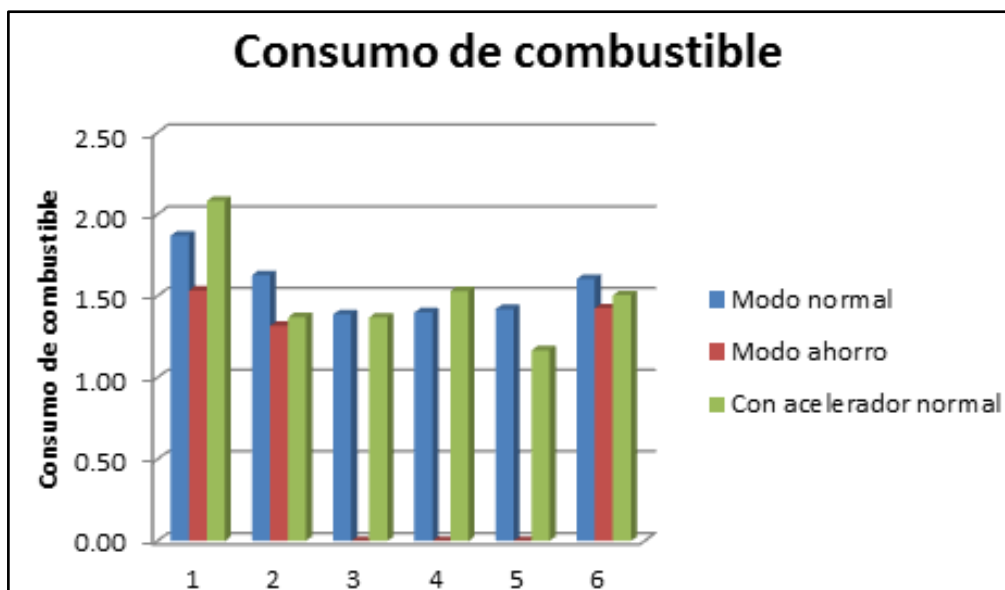
Tabla 4.23: Consumo de combustible con el acelerador electrónico

Consumo de combustible						
	ΔV	Unidad	t	Unidad	y	Unidad
1	125.00	cc	60.00	s	2.08	cc/s
2	156.25	cc	114.00	s	1.37	cc/s
3	143.75	cc	105.00	s	1.37	cc/s
4	137.75	cc	90.00	s	1.53	cc/s
5	182.25	cc	156.00	s	1.17	cc/s
Promedio	149.00		105.00		1.50	

Fuente: Grupo de investigación

4.11.3. ANÁLISIS DE DATOS

De la pruebas realizadas con y sin el sistema, se puede apreciar que con el acelerador electrónico existe un mayor consumo de combustible, con un promedio de consumo de 1.61 cc por segundo en el modo normal, mientras que en el otro modo el promedio es 1.42, comparados con los 1.50 sin el acelerador.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.58: Comparación consumo de combustible

En porcentajes existe un aumento de un 7.33% al usar el dispositivo en modo normal, esto se debe a que en este modo de conducción existe un aumento en la potencia y torque, de 15 CV y 10 Kgm respectivamente, sin embargo en el modo de ahorro se disminuye el consumo en un 5.33%, si bien la potencia y torque no aumentaron, se mantuvieron mucho más constantes que sin el acelerador.

4.12. ANÁLISIS FINAL

Luego de realizar una serie de pruebas de rendimiento se notó una mejoría significativa del rendimiento del motor cuando se encuentra en el modo de conducción normal, pues existe un incremento de 15 CV en la potencia del motor y un aumento de 6 Kgm en el torque, lo que también incrementa en consecuencia el consumo de combustible y las emisiones al medio ambiente, pero son mínimas con relación a la potencia y torque conseguidos.

Este aumento de potencia se debe a que el servomotor que maneja la apertura y cierre de la mariposa posee una respuesta inmediata cuando es necesario, lo que no permite que caigan las revoluciones del motor al realizar los cambios de marcha, permitiendo que al llegar a la última marcha, la potencia y torque máximos se den a más revoluciones, lo que no sucede en el otro modo, pues este limita la apertura así como también sin el acelerador electrónico.

Además en este modo se nota un comportamiento muy estable de la potencia y del torque cuando se encuentran en sus valores máximos.

Sin embargo en el modo de ahorro de combustible, el desempeño del motor sigue siendo el mismo que con el acelerador original, pero en este modo se logra un consumo de combustible 12,33% menor que el otro

modo, lo que resulta muy útil en la ciudad por el tráfico existente en la misma.

En el modo ahorro también existe un leve incremento en las emisiones de gases pero son valores similares a los del acelerador original.

CAPÍTULO 5

MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. RECURSOS:

Para el desarrollo de este proyecto, se presenta los recursos empleados en su investigación, desarrollo, fabricación e implementación, los mismos que han sido planificados con el fin de optimizar dichos recursos, humano, tecnológico y material.

Estos recursos se detallan a continuación:

5.1.1. RECURSOS HUMANOS

El proyecto de tesis “Implementación de un sistema de control de aceleración electrónica a vehículos que disponen motor con carburador”, ha sido desarrollado por, Eduardo Cueva y Aníbal Paredes, realizando la investigación científica.

Así también se contó con el asesoramiento del Ing. Germán Erazo designado como Director junto con del Ing. Néstor Romero en calidad de Codirector los mismos que promovieron la investigación científica y la ejecución del proyecto.

Tabla 5.1: Recursos humanos

GRUPO DE INVESTIGACIÓN	Eduardo Cueva
	Aníbal Paredes
COLABORADORES	Ing. Germán Erazo
	Ing. Néstor Romero

Fuente: Grupo de investigación

5.1.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS

Para cumplir con los objetivos planteados se utilizaron los siguientes recursos tecnológicos: osciloscopio, multímetro, software, cámara de fotos, computadoras, internet, libros, etc. los que permitieron el desarrollo del proyecto.

Además de los laboratorios facilitados por la ESPE-L, los mismos que permitieron realizar las pruebas pertinentes al proyecto.

Tabla 5.2: Recursos tecnológicos

EQUIPOS	Multímetro
	Osciloscopio
	Cámara de fotos
	Computadoras
	Analizador de gases
	Dinamómetro
SOFTWARE	Mikro C PRO
	ISIS 7.7
	ARES
	PicKit 2
	Office 2010
	Motorroll
	Inventor
VARIOS	Herramientas
	Gasolina
	Material eléctrico
	Material electrónico

Fuente: Grupo de investigación

5.1.3. RECURSOS MATERIALES

Los recursos materiales corresponden a todos los elementos físicos que fueron necesarios durante la ejecución del proyecto y estos son: pantalla

GLCD, PIC18F452, el pedal del acelerador, el servomotor, y elementos electrónicos y eléctricos como resistencias, capacitores, conectores, cables, etc.

Tabla 5.3: Recursos materiales

Orden	Ítem
1	Bus de datos
2	PIC18F452
3	Potenciómetro
4	Resistencia
5	GLCD
6	Cinta termo contraíble
7	Porta fusible
8	Fusible
9	Regleta 40 pines machos
10	Regleta 40 pines
11	Cable
12	Servomotor
13	Base servomotor
14	Extensión 1m servomotor
15	Conectores macho-hembra
16	Pedal de aceleración
17	LEDs alta luminosidad
18	78N05
19	Disipador de calor
20	Caja plástica
21	Base de pedal
22	Base del eje
23	Base del soporte

Fuente: Grupo de investigación

5.2. PRESUPUESTO

Para la implementación del control del acelerador electrónico, se muestran a continuación, una lista de los elementos utilizados con su

correspondiente valor. Esta lista permitió realizar un control de la inversión realizada para cumplir con la meta prevista así como para realizar un balance costo-beneficio del proyecto realizado.

Tabla 5.4: Presupuesto

Orden	Ítem	Cantidad	Costo Unitario	Total Parcial
1	Bus de datos	1	4,86	4,86
2	PIC18F452	1	8,26	8,26
3	Potenciómetro	1	0,45	0,45
4	Resistencia	6	0,08	0,48
5	GLCD	1	30,00	30,00
6	Cinta termo contraíble	1	0,95	0,95
7	Porta fusible	1	0,45	0,45
8	Fusible	1	0,15	0,15
9	Regleta 40 pines machos	1	0,75	0,75
10	Regleta 40 pines	1	0,95	0,95
11	Cable	6	1,10	6,60
12	Servomotor	1	99,00	99,00
13	Base servomotor	1	25,00	25,00
14	Extensión 1m servomotor	2	6,00	12,00
15	Conectores macho-hembra	5	0,40	2,00
16	Pedal de aceleración	1	200,00	200,00
17	LEDs alta luminosidad	3	0,16	0,48
18	78N05	2	0,40	0,80
19	Disipador de calor	1	0,50	0,50
20	Caja plástica	1	6,00	6,00
			TOTAL (\$)	399,68

Fuente: Grupo de investigación

5.3. FINANCIAMIENTO

El financiamiento se realizó por parte de los realizadores del proyecto: Eduardo Cueva y Aníbal Paredes.

5.4. CRONOGRAMA

Todas las actividades que se llevaron a cabo así como también la duración de las mismas se muestran a continuación.

Tabla 5.5: Cronograma de actividades

Actividad	Mes																																															
	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Consulta a personas especializadas en electrónica y sistemas																																																
Recopilación de información para el proyecto																																																
Diseño del sistema de control de aceleración																																																
Construcción del sistema de control de aceleración																																																
Programación del sistema de control de aceleración																																																
Realización de pruebas de confiabilidad																																																
Realización de pruebas de rendimiento y análisis de la mismas																																																
Redacción y presentación del documento final.																																																

Fuente: Grupo de investigación

CONCLUSIONES

Al concluir el presente trabajo de investigación, se pone a consideración las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Se logró implementar un sistema de aceleración electrónica para el vehículo marca Fiat modelo Uno S para lo cual se diseñaron soportes y un módulo de control electrónico.
- Se utilizó un servomotor digital HITEC 458 para una mejor respuesta cuando se aplique la señal sobre el mismo, además de poseer una mejor electrónica que comprueba su posición internamente.
- Se utilizó el microcontrolador PIC18F452A para realizar las funciones lógicas y necesarias para el cierre y apertura de la mariposa mediante una señal de PWM.
- Se diseñaron dos modos de funcionamiento del sistema, considerando el Angulo de apertura de la mariposa de aceleración, con un modo normal que tiene una apertura de 100% y un modo de ahorro que tiene una apertura del 70%.
- Al tener dos señales iguales por parte del pedal de aceleración se tomó como principal una de ellas, mientras que la otra funciona como un respaldo en caso de alguna avería del sensor APP1 o 2.
- En modo normal se logró un aumento de potencia de un 44.1% respecto al sistema original, unos 15 CV, pues la respuesta inmediata del servomotor permite que el motor revoluciones un poco más que con el acelerador original.

- En modo de ahorro se logró que la potencia sea apenas de 1.23% menor que del sistema original, aunque en las curva es mucho más estable que la del acelerador sin control electrónico.
- En modo normal el consumo de combustible aumenta en 7.33 % respecto al sistema original, esto se debe a que el motor revoluciona más para conseguir el aumento de potencia, sin embargo por el aumento de la potencia, este aumento es admisible.
- En modo de ahorro se logró que exista una economía en el uso de combustible 12.66%, con respecto al modo normal de conducción, lo que hace que sea ideal para el uso en ciudad.
- Al usar el sistema en modo normal existe un aumento del 15.21% en las emisiones de CO con respecto al sistema original, pero es tolerable por el aumento en la potencia y en el torque.
- Al usar el sistema en modo de ahorro existe una disminución del 7.37% en las emisiones de CO con respecto al sistema original.
- Al usar el sistema en modo normal existe un aumento del 5.06% en las emisiones de HC con respecto al sistema original, pues el motor gira mucho más rápido y consume mucho más combustible.
- Al usar el sistema en modo de ahorro existe un aumento del 2.48% en las emisiones de HC con respecto al sistema original y menor al modo normal, pues el motor tiene una estabilidad y no sufre variaciones de revoluciones del mismo.
- Al usar el sistema en modo normal existe un aumento del 3.7% en

las emisiones de CO₂ con respecto al sistema original, pero al igual que los otros factores es por el aumento en la potencia que se experimenta.

- Al usar el sistema en modo de ahorro existe un aumento del 1.71% en las emisiones de CO₂ con respecto al sistema original.
- Con respecto con el parámetro lambda en ambos casos la mezcla se hizo rica que con el sistema original, sin embargo en el modo ahorro todavía sigue siendo pobre y similar al antiguo sistema.

RECOMENDACIONES

- Usar un cristal externo en el PIC para que este pueda realizar más instrucciones por minuto.
- Usar un 7805 independiente para la alimentación del servomotor debido al exceso de corriente que exige este, para disminuir el calor que este emana por el disipador.
- Usar filtros electrónicos en la etapa de fuente para eliminar ruidos electrónicos externos que afecten el correcto funcionamiento del procesamiento.
- Usar una resistencia de protección para la GLCD para evitar una excesiva corriente que circula por la misma.
- Verificar la posición del acelerador para que resulte cómodo para el conductor.
- Verificar el nivel de agua en el dinamómetro para que no exista daño en el freno hidráulico que posee.
- Realizar un correcto precalentamiento del analizador de gases para su correcto funcionamiento.
- Tener cuidado en la manipulación del PIC debido a su fragilidad por el número de pines que posee.
- Colocar correctamente el bus de datos para que las imágenes en la GLCD se impriman correctamente y no se produzca daños en la misma.

- Por el aumento en la potencia y torque, se recomienda el uso de un control electrónico de aceleración en vehículos que posean carburador.

BIBLIOGRAFÍA

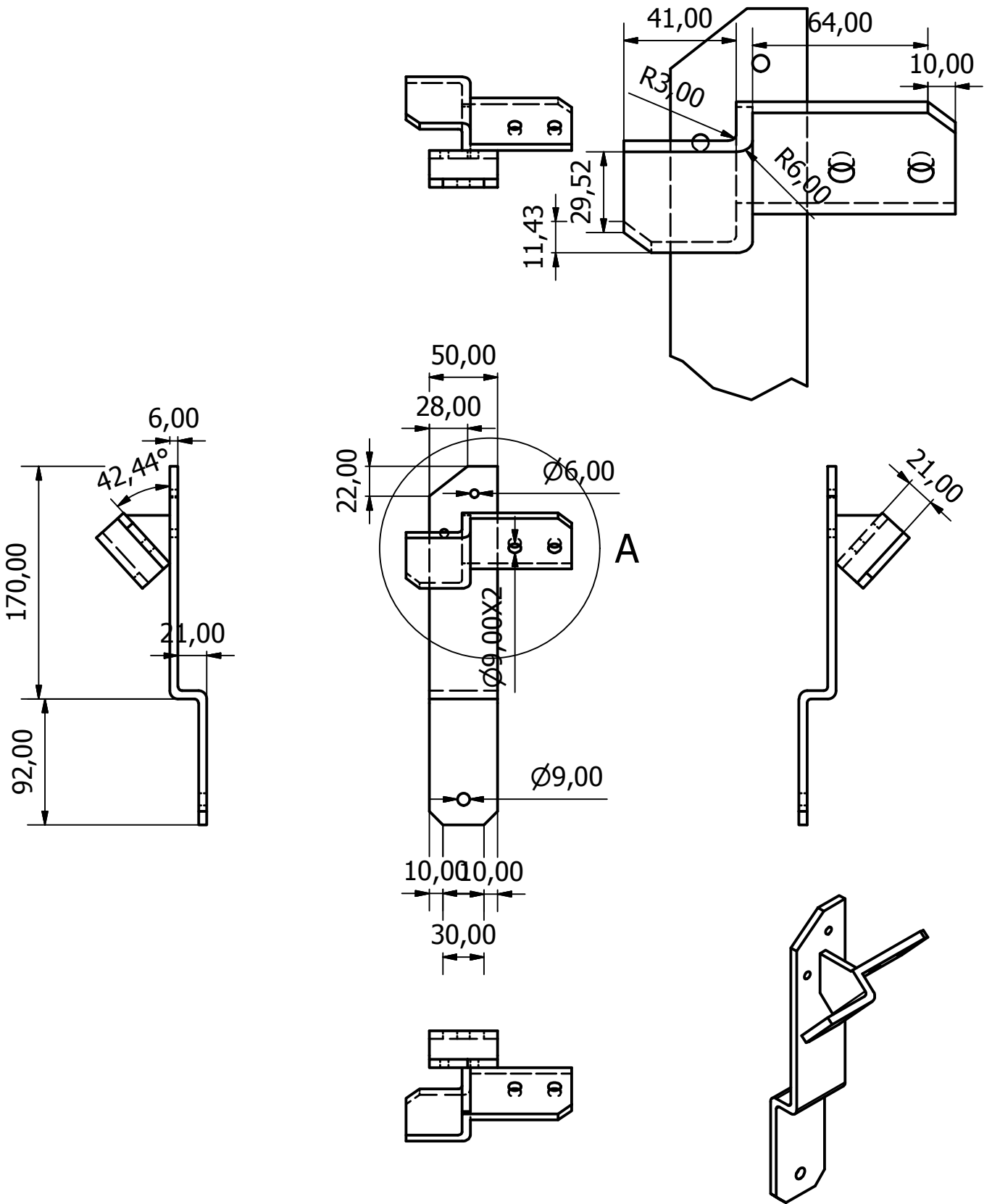
- Alonso Pérez, José Manuel (1984). Mecánica del Automóvil, Madrid: Parainfo.
- Bosch (1996). Manual de la técnica del Automóvil, Barcelona: Reverté.
- Corrales, Santiago (2004). Electrónica práctica con microcontroladores PIC: programación en lenguaje Basic, Rispergraf.
- de Castro, Miguel (1969). Puesta a Punto de Motores, Barcelona: CEAC.
- de Castro, Miguel (1971). Carburadores, Barcelona: CEAC.
- Luque, Abelardo (1982). Motores de Automóvil, Mir.
- Ortmann, Rainer (2003). Técnica de gases de escape para motores de gasolina, Alemania [s.n.].
- Szczepaniak, Cesary (1982). Fundamentos de diseño del Automóvil, México DF: Continental.

NETGRAFÍA

- AIE (s.f.), Raúl Cobo, Recuperado el 03 de octubre de 2011, de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/Encoders.pdf>
- BOSCH (s.f.), Recuperado el 17 de Diciembre de 2011, de http://rbkwin.bosch.com/ar/es/powerconsumptionemissions/gasolinesystems/manifoldinjection/egas/accelerator-pedal_module.html
- Ceduvirt (s.f.), Recuperado el 12 de Septiembre de 2011, de <http://www.ceduvirt.com/resources/Control%20de%20Motores%20con%20MATLAB.pdf>
- CISE (s.f.), Recuperado el 10 de Enero de 2012, de <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/220-potenciometros-de-mariposa-tps.html>
- Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Miguel Torres (s.f.), Recuperado el 25 de Mayo de 2012, de http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial_pic.pdf
- Motor continua (2010), Recuperado el 12 de Septiembre de 2011, de <http://www.motorcontinua.es/wp-content/uploads/2010/02/Tutorial-Motorcontinua.pdf>

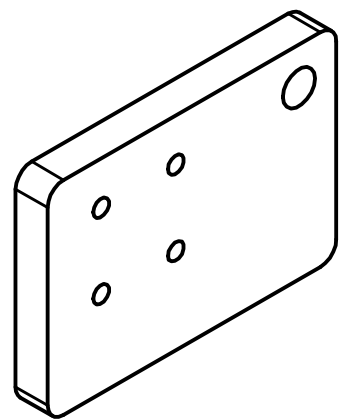
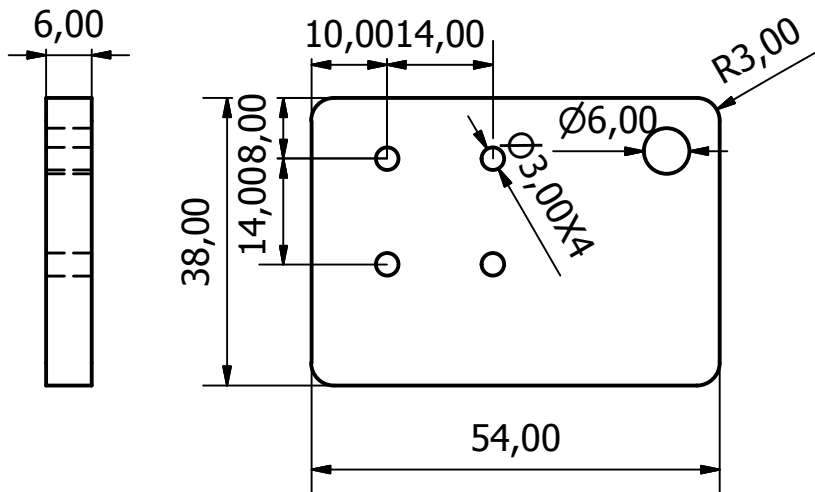
ANEXO A. PLANO DEL SOPORTE DEL PEDAL

A (1 : 2)



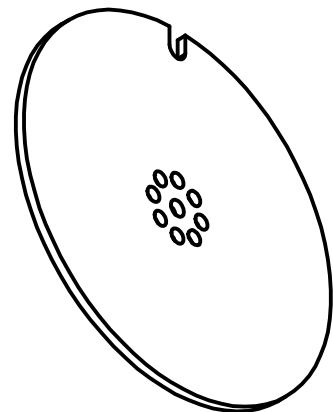
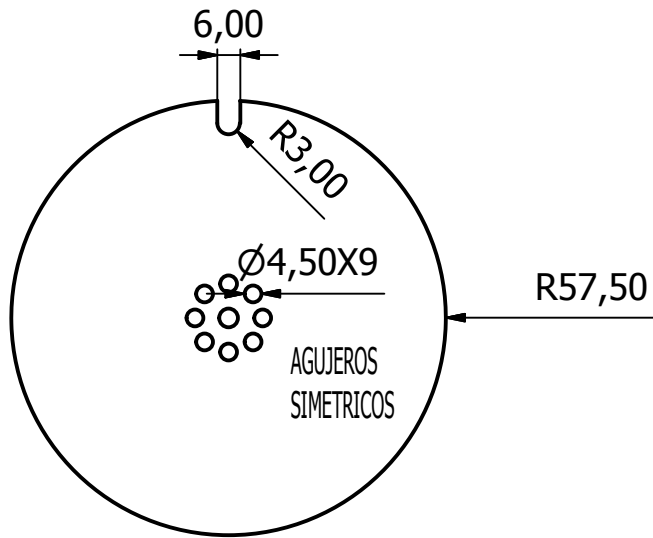
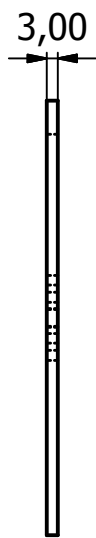
Diseño de CUEVA / PAREDES	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 08/07/2012	
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO			1	Edición	Hoja 1 / 1

ANEXO B. PLANO DEL SOPORTE DEL SERVOMOTOR



Diseño de CUEVA / PAREDES	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 08/07/2012	
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO			SOPORTE SERVOMOTOR		
1			Edición	Hoja 1 / 1	

ANEXO C. PLANO DEL SOPORTE DEL EJE



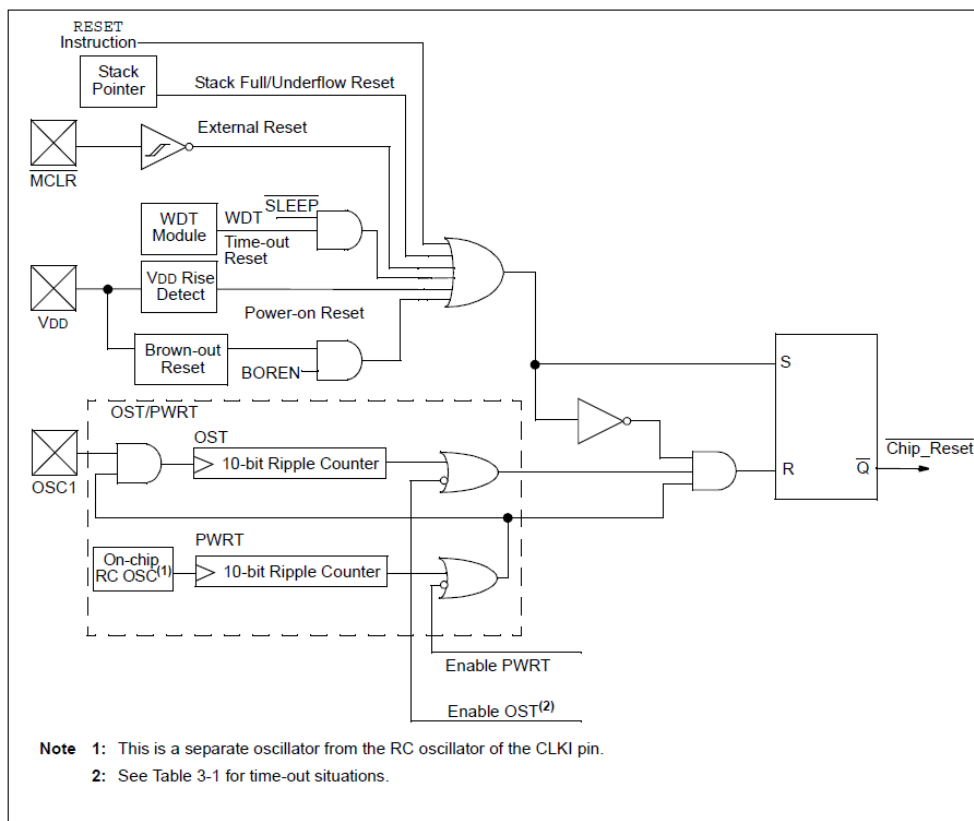
Diseño de CUEVA / PAREDES	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 08/07/2012	
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO			SOPORTE EJE		
			1	Edición	Hoja 1 / 1

ANEXO D. OSCILADORES

Selección de capacitadores para osciladores con cristal			
Modo	Frecuencia	C1	C1
Alta frecuencia	4 MHz	15 pF	15 pF
	5 MHz	15 – 33 pF	15 – 33 pF
HS	20 MHz	15 – 33 pF	15 – 33 pF
	25 MHz	15 – 33 pF	15 – 33 pF

Fuente: Datasheet PIC18F452

ANEXO E. ESQUEMA LÓGICO PARA RESET



Fuente: Datasheet PIC18F452

ANEXO F. ARTÍCULO PROYECTO

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICA A VEHÍCULOS QUE DISPONEN MOTOR CON CARBURADOR



Sr. Eduardo Cueva **AUTOR**
Sr. Roberto Paredes **AUTOR**



Ing. Germán Erazo
Ing. Néstor Romero

Departamento de Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército, Extensión Latacunga. Quijano de Ordoñez y Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

e-mail: eduardojose_111@hotmail.com;
arobertoparedesr@gmail.com

Resumen:

El proyecto tiene por objetivo determinar las ventajas y desventajas, del uso de un sistema de aceleración electrónica, el mismo que ha sido instalado en un vehículo marca Fiat modelo Uno S, monitoreando la potencia, el torque, el consumo de combustible y las emisiones al medio ambiente.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria Automotriz intenta encontrar maneras de volver a los motores de combustión interna mucho más eficientes, mejorando así sus prestaciones, reduciendo el consumo de combustible y emisiones hacia el medio ambiente.

En países industrializados los gobiernos ayudan a una renovación del parque automotor a vehículos que posean este tipo de tecnologías, sin embargo, en países en vías de desarrollo no es posible, por motivos económicos esta renovación, y es así como podemos ver en nuestro medio, vehículos que poseen motor con carburador, los mismos que circulan diariamente por las vías de nuestro país.

Por ello planteamos implantar un control electrónico en la mariposa del carburador, el mismo que permite un control exacto de su apertura a distintos regímenes de giro y cargas del motor, permitiendo una mejor respuesta del motor, por un incremento en la potencia,

torque, menor consumo de combustible y emisiones hacia el medio ambiente.

2. SENSOR DE POSICIÓN DEL PEDAL DEL ACELERADOR (APP)

El APP o sensor de posición del pedal del acelerador (Acelerador-Pedal-Posición), puede ir colocado en el conjunto del mismo pedal aunque existe también la posibilidad de que un cable de comando se dirija hasta este sensor y el mismo se encuentre bajo el capot.

Existen dos tipos de sensores:

a. SENSOR CON POTENCIÓMETRO

El conductor ahora ejerce su acción sobre un resorte y mueve un conjunto de potenciómetros dentro del APP. Existen APP de dos y tres potenciómetros, por lo general las señales de estos suelen ser diferentes, mientras el voltaje de un potenciómetro aumenta al mover el pedal del acelerador, la del otro decrece.

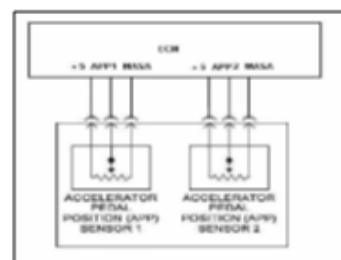


Figura 1. APP Potenciométrico

Una unidad de control permanentemente analiza cómo evolucionan los potenciómetros, esto significa que las tensiones que recibe de estos deben estar dentro de rangos prefijados.

b. SENSOR DE EFECTO HALL

También se pueden utilizar en vez de potenciómetros en el conjunto del pedal, sensores de efecto Hall, que son sensores que detectan las variaciones del campo magnético inducidas por el acercamiento o alejamiento de un imán permanente.

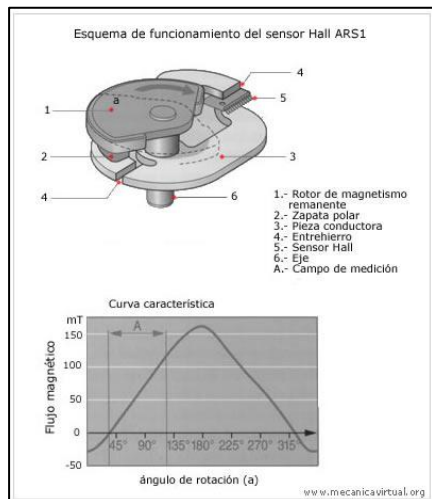


Figura 2. APP Efecto Hall

3. SELECCIÓN DEL APP

Para la elección de un pedal de aceleración se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Los sensores deben formar un solo cuerpo con el pedal.
- La disponibilidad del sensor.
- Costo del sensor.
- La posición final del pedal debe ser ergonómica para el conductor.

Tomando en cuenta los aspectos antes mencionados se ha optado por el uso del pedal del acelerador del TOYOTA CALDINA Diesel 2.0 2010, fabricado por la empresa Denso, que posee ambos sensores dentro del pedal, es simple, su

costo es relativamente bajo comparado con otros sensores.

A continuación se muestran los pines de conexión de este sensor, en un esquema eléctrico del propio Toyota Caldina, luego de lo cual se escogió los pines necesarios para el desarrollo del proyecto:

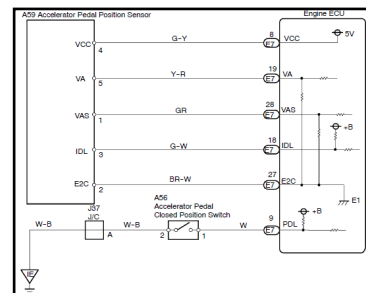


Figura 3. Diagrama Eléctrico del APP

4. Actuador

Para el movimiento de la mariposa se tomó en consideración varios actuadores pero se decidió el uso de un servomotor. Pues permiten un alto par, un control preciso de la posición y una respuesta rápida a señales de comando, en su interior encontramos:



Figura 4. Servomotor

- Motor de corriente continua.
- Engranajes reductores.
- Potenciómetro para la realimentación de posición.
- Electrónica de control (microcontrolador que se hace cargo de analizar la señal, procesarla y controlar el motor).

Generalmente pueden moverse 180° pero mediante una pequeña modificación puede lograrse movimientos de 360°, como un motor normal.

5. DIFERENCIA ENTRE SERVOMOTORES ANÁLOGOS Y DIGITALES

Existen dos tipos de servomotores: analógicos y digitales. Ambos tipos de servomotores son iguales a nivel de usuario: tienen la misma estructura (motor DC, engranajes reductores, potenciómetro y placa de control) y se controlan con las mismas señales PWM. La principal diferencia entre ellos radica en la adición de un microprocesador en el circuito de control de los servomotores digitales. Este microprocesador se encarga de procesar la señal PWM de entrada y de controlar el motor mediante pulsos con una frecuencia 10 veces superior a los servos analógicos.

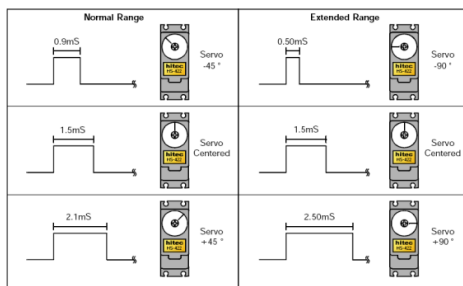


Figura 5. Diferencias de servomotores

6. SWITCH DE MODOS DE FUNCIONAMIENTO

Para una mejor economía del combustible se ha decidido implementar un switch de control que permita al conductor escoger una mejor respuesta del servomotor en diferentes situaciones, como es por ejemplo una conducción en ciudad o en carretera.



Figura 6. Switch de selección

Para lo cual se ha tomado en cuenta la relación entre el recorrido del pedal con la apertura de la mariposa.

a. MODO NORMAL

En este modo de conducción la relación entre el recorrido del pedal y la apertura de la mariposa es de 1 a 1, es decir que una aceleración del 100% le corresponde un recorrido del pedal del 100%.

b. MODO DE AHORRO DE COMBUSTIBLE

En este modo de conducción se ha disminuido la relación a un 70% limitada por el programa de control, es decir que a un recorrido del 100% del pedal la apertura de la mariposa no excederá el 70%.

7. ETAPA DE PROCESAMIENTO

Para realizar las etapas de funcionamiento se ha optado por el uso del PIC18F452.

Este PIC cuenta con las siguientes características:

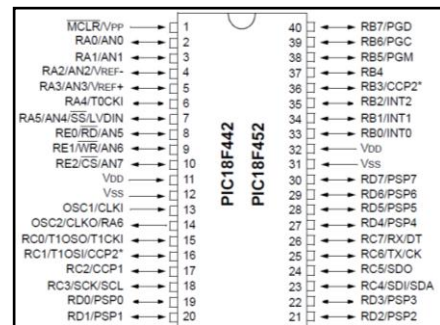


Figura 7. Esquema PIC16F452

- Memoria Flash de 32 KB.
- Número de instrucciones: 16384.
- RAM de 1536 bytes.
- EEPROM de 256 bytes.
- Corriente máxima en sus puertos de 25mA.
- Tres pines de interrupciones internas.
- Cuatro módulos Timer.
- Dos módulos PWM/CCP.

- Interrupciones (3 pines).
- 5 puertos I/O.
- Oscilador de hasta 40 MHz que le permite realizar 10 MIPS (Millones de instrucciones por segundo).
- Perro guardián (Watchdog Timer).
- Módulo conversor A/D de 10 bits.

8. ETAPA DE SALIDAS

En esta etapa se ubica el servomotor así como también la visualización de datos y de en qué modo de funcionamiento se encuentra.

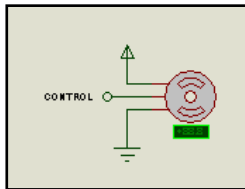


Figura 8. Conexión del Servomotor

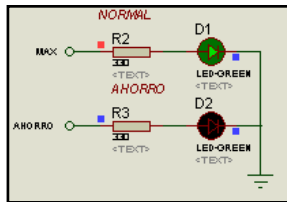


Figura 9. Conexión de Leds indicadores

VISUALIZACIÓN DE DATOS

Para un diagnóstico del sistema se necesita saber el voltaje que está leyendo el microcontrolador por parte de los potenciómetros del pedal del acelerador (APP 1 y APP 2), que señal es la que está tomando como principal, así como también los porcentajes de giro que corresponden a esas señales que permiten una aceleración del vehículo, para lo cual se ha instalado una pantalla de visualización.

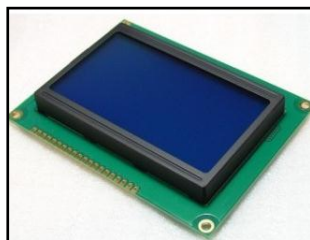


Figura 10. Pantalla GLCD

9. GRÁFICAS OBTENIDAS EN EL DINAMÓMETRO

Con acelerador electrónico instalado obtuvimos los siguientes resultados:

Modo Normal

En este modo de funcionamiento la mariposa se abre en un 100% (90°), por lo que se entregan todo el torque y potencia que puede suministrar el motor, las curvas obtenidas durante la prueba es la siguiente:

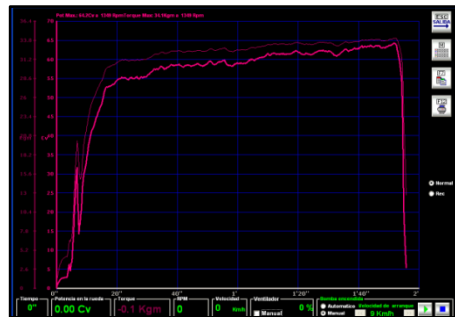


Figura 11. Prueba de potencia y torque

Torque máximo	34.1 Kg
Potencia máxima	64.2 CV
rpm en donde se consiguieron valores máximos y T y P	1349
Tiempo de la prueba	120 seg

Figura 12. Valores de prueba de torque y potencia

MODO AHORRO

En este modo al restringir el recorrido angular de la mariposa a un 70%, se tomaron los siguientes datos, además se puede apreciar la diferencia que existe en las curvas cada uno de los modos de funcionamiento, donde las curvas rosadas son las de ahorro de combustible y las verdes en modo normal:

Torque máximo	24.3 Kg
Potencia máxima	38.8 CV
rpm en donde se consiguieron valores máximos y T y P	1141
Tiempo de la prueba	70 seg

Figura 13. Valores de prueba de torque y potencia

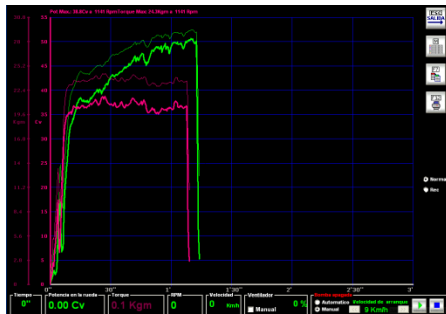


Figura 14. Prueba de potencia y torque

Sin el acelerador electrónico instalado obtuvimos los siguientes resultados:

En esta prueba se alcanza una potencia y torque estables antes de llegar a los 30 segundos luego de lo cual las curvas poseen altibajos hasta llegar hasta los 45 segundos luego de lo cual alcanzan sus máximos valores luego de esto sufre un pequeño decremento con picos de rendimiento hasta el fin de la prueba.

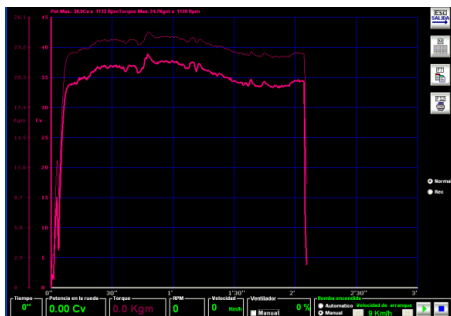


Figura 15. Prueba de potencia y torque

Torque máximo	24.7 Kgm
Potencia máxima	38.9 CV
rpm en donde se consiguieron valores máximos y T y P	1120
Tiempo de la prueba	130 seg

Figura 16. Valores de prueba de torque y potencia

CONCLUSIONES

- Se logró implementar un sistema de aceleración electrónica para el vehículo marca Fiat modelo Uno S

para lo cual se diseñaron soportes y un módulo de control electrónico.

- Se utilizó un servomotor digital HITEC 458 para una mejor respuesta cuando se aplique la señal sobre el mismo, además de poseer una mejor electrónica que comprueba su posición internamente.
- Se utilizó el microcontrolador PIC18F452A para realizar las funciones lógicas y necesarias para el cierre y apertura de la mariposa mediante una señal de PWM.
- Se diseñaron dos modos de funcionamiento del sistema, considerando el Angulo de apertura de la mariposa de aceleración, con un modo normal que tiene una apertura de 100% y un modo de ahorro que tiene una apertura del 70%.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso Pérez, José Manuel (1984). Mecánica del Automóvil, Madrid: Parainfo.
- Corrales, Santiago (2004). Electrónica práctica con microcontroladores PIC: programación en lenguaje Basic, Rispergraf.
- de Castro, Miguel (1969). Puesta a Punto de Motores, Barcelona: CEAC.
- de Castro, Miguel (1971). Carburadores, Barcelona: CEAC.

Latacunga, Agosto de 2012

AUTORES:

Eduardo José Cueva Sánchez

Aníbal Roberto Paredes Recalde

EL DIRECTOR DE CARRERA:

Ing. Juan Castro Clavijo

UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO:

Dr. Rodrigo Vaca Corrales