

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

Tesis de grado para la obtención del título de ingeniero en mecánica automotriz

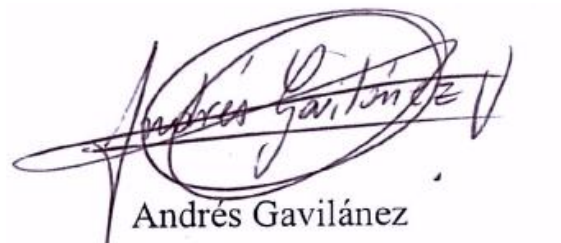
“Diseño e implementación del sistema de accionamiento electromagnético para la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape de un motor de combustión interna de cuatro tiempos de 175 cc”.

Malo Boza José Ignacio

Quito, Octubre 2013

CERTIFICACIÓN

Yo, Andrés Gavilánez declaro certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo él responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Andrés Gavilánez

Director

DEDICATORIA

La emoción y la gratitud es inexpresable para describir mis más profundos agradecimientos a mi familia, por el esfuerzo y dedicación que me han brindado, con orgullo les dedico este proyecto que significa esfuerzo tanto material como espiritual, cimientos para mi futuro y una feliz culminación de la carrera universitaria. Con mucho orgullo deposito este título en sus manos y sus corazones.

JOSÉ IGNACIO MALO

AGRADECIMIENTO

Hago manifiestos mis agradecimientos más profundos y sentidos a esta prestigiosa universidad que me acogió durante el desarrollo de mi carrera. A sus autoridades que la dirigen con su entrega y sabiduría. A mi director de tesis Ing. Andrés Gavilánez que ha logrado transmitir su conocimiento de una manera práctica y precisa, así como a las personas que nos guiaron y nos dieron pautas en este proceso haciendo posible el desarrollo del mismo. Un agradecimiento especial al Ing. Efrén Coello que con su buen ejemplo y amplia experiencia, me ayudo en cada momento del desarrollo de esta tesis

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi familia. Sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo esta tesis.

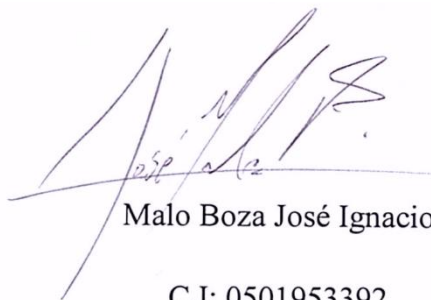
A mi esposa Alejandra y a mis padres Francisco y María Dolores, por su ejemplo de lucha, honestidad, tenacidad y superación por ellos y para ellos.

JOSÉ IGNACIO MALO

CARTA DE DECLARACIÓN

Yo José Ignacio Malo, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes



Malo Boza José Ignacio

C.I: 0501953392

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	1
1.1. GENERALIDADES.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA ...	2
1.3. OBJETIVO GENERAL	3
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5. ALCANCE.....	4
1.6. JUSTIFICACIÓN	4
2. CAPÍTULO 2	7
2.1. INVESTIGACIÓN DE ELEMENTOS RELACIONADOS AL PROYECTO.....	7
2.1.1. <i>CICLO DEL MOTOR</i>	7
2.1.2. <i>ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</i>	8
2.1.2.1. VÁLVULAS	8
2.1.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS VÁLVULAS	9
2.1.2.3. DISPOSICIÓN DE LAS VÁLVULAS	12
2.1.2.4. ASIENTOS DE VÁLVULAS.....	12
2.1.2.5. TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO Y REFRIGERACIÓN.....	13
2.1.2.6. REGULACIÓN DE LA HOLGURA DE LAS VÁLVULAS.....	14
2.1.2.7. CONSTRUCCIÓN DE LAS VÁLVULAS.....	14
2.1.2.8. DESGASTE DE LAS VÁLVULAS	15
2.1.2.9. MUELLES O RESORTES DE VÁLVULAS	16
2.1.2.10. FUNCIONAMIENTO DEL MECANISMO DE LAS VÁLVULAS	18
2.1.2.11. GUÍAS DE VÁLVULAS	18
2.1.2.12. TAQUÉS	19
2.1.2.13. BALANCINES	20
2.2. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	21
2.2.1. <i>CICLO TEÓRICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</i>	25
2.2.2. <i>CICLO REAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</i>	27
2.2.3. <i>FORMAS DE DISTRIBUCIÓN</i>	29
2.2.3.1. ENGRANAJES	29
2.2.3.2. POR ÁRBOL DE REENVÍO.....	29
2.2.3.3. POR CADENA	29
2.2.3.4. POR CORREA DENTADA.....	30
2.2.4. <i>SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN VARIABLE</i>	30
2.2.5. <i>TIPOS DE DISTRIBUCIÓN VARIABLE</i>	31
2.2.5.1. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA VVT-I	33
2.2.5.2. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN VARIABLE VTEC	35
2.2.5.3. VTEC-E	36
2.2.5.4. I-VTEC	37
2.3. ESTUDIO DEL MECANISMO ELECTROMAGNETICO	38

2.3.1.	<i>MAGNETISMO</i>	38
2.3.1.1.	LÍNEAS MAGNÉTICAS.....	40
2.3.2.	<i>ELECTROMAGNETISMO</i>	40
2.3.3.	<i>SOLENOIDE</i>	44
2.3.4.	<i>ACUMULADORES ELÉCTRICOS</i>	46
2.3.5.	<i>RESISTENCIA ELÉCTRICA</i>	49
2.3.6.	<i>CONDENSADORES O CAPACITADOR</i>	52
2.3.7.	<i>DIODOS</i>	53
2.3.8.	<i>TRANSISTOR</i>	54
3.	CAPÍTULO 3	56
3.1.	DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO	56
3.1.1.	<i>FUNCIONAMIENTO, SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS APLICADOS AL PROYECTO</i>	57
3.1.1.1.	HARDWARE.....	57
3.1.1.2.	ARQUITECTURA DEL HARDWARE	59
3.1.1.3.	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	61
3.1.1.4.	MICRO CONTROLADOR PIC.....	61
3.1.1.5.	LCD.....	63
3.1.1.6.	CIRCUITO DE POTENCIA	64
3.1.2.	<i>ESTRUCTURA DEL MOTOR 175CC TECHNO</i>	65
3.2.	DISEÑO DEL MECANISMO ELECTROMAGNETICO PARA EL ACCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA TIPO OTTO	66
3.2.1.	<i>DISEÑO DEL SISTEMA ELECTROMAGNÉTICO</i>	66
3.2.2.	<i>DISEÑO DE LOS MUELLES DE LAS VÁLVULAS</i>	67
3.2.2.1.	DISEÑO DE LA BASE DEL SISTEMA ELECTROMAGNÉTICO	73
3.2.2.2.	DISEÑO DE LOS SOLENOIDES Y ELEMENTOS INTERNOS	76
3.2.2.3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE SENSORES.	80
3.2.2.4.	DISEÑO DEL FLUJO DE DISTRIBUCIÓN	83
3.2.2.5.	DISEÑO DEL SOFTWARE	85
4.	CAPÍTULO 4	86
4.1.	IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL MECANISMO ELECTROMAGNÉTICO PARA EL ACCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA TIPO OTTO	86
4.1.1.	<i>PROCESO CONSTRUCTIVO</i>	86
4.1.1.1.	CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PARA EL MECANISMO ELECTROMAGNÉTICO.	86
4.1.1.2.	<i>CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS SOLENOIDES ELÉCTRICOS</i>	86
4.1.1.3.	CONSTRUCCIÓN DEL SOLENOIDE ELÉCTRICO	88
4.1.1.4.	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN	90
4.1.1.5.	CONSTRUCCIÓN DE LAS BASES DE LOS SENSORES Y DIENTE EMISOR.	91
4.1.1.6.	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO	92
4.1.1.7.	CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PARA EL MOTOR.....	93
4.2.	PRUEBAS Y RESULTADOS	94

4.2.1.	<i>ALIMENTACIÓN COMÚN PARA CIRCUITO DE POTENCIA Y CIRCUITO DE CONTROL</i>	94
4.2.2.	<i>CONTEO DE LA SEÑAL DE LOS SENSORES</i>	96
4.2.3.	<i>CREACIÓN DEL DIAGRAMA DE VÁLVULAS.</i>	98
4.2.4.	<i>PRUEBAS DE LOS SENSORES</i>	103
4.2.5.1.	PRUEBA DE SINCRONIZACIÓN DEL MOTOR	105
4.2.5.2.	OTRAS PRUEBAS.....	109
4.2.6.	RESULTADOS Y JUSTIFICACION DE LA FALTA DE ARRANQUE	113
4.2.7	DIAGRAMAS DEL SISTEMA.....	119
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		120
BIBLIOGRAFÍA.....		125
ANEXOS.....		127

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
<i>Gráficos No 2. 1: Válvula de admisión</i>	10
<i>Gráficos No 2. 2: Válvula de escape</i>	11
<i>Gráficos No 2. 3: Tipos de cabezas de válvula</i>	11
<i>Gráficos No 2. 4: Asientos de válvula</i>	13
<i>Gráficos No 2. 5: Muelles de válvulas</i>	17
<i>Gráficos No 2. 6: Guías de válvulas</i>	18
<i>Gráficos No 2. 7: Balancines</i>	20
<i>Gráficos No 2. 8: Árbol de levas</i>	21
<i>Gráficos No 2. 9: Diagrama de distribución teórico</i>	22
<i>Gráficos No 2. 10: Diagrama de distribución práctica</i>	22
<i>Gráficos No 2. 11: Distribución</i>	23
<i>Gráficos No 2. 12: Distribución</i>	24
<i>Gráficos No 2. 13: Ciclo de admisión</i>	25
<i>Gráficos No 2. 14: Ciclo de compresión</i>	26
<i>Gráficos No 2. 15: Ciclo de trabajo</i>	26
<i>Gráficos No 2. 16: Ciclo de escape</i>	27
<i>Gráficos No 2. 17: Diagrama de válvulas</i>	29
<i>Gráficos No 2. 18: Componentes del sistema VVT-i</i>	31
<i>Gráficos No 2. 19: Sistema convertidor de fase</i>	32
<i>Gráficos No 2. 20: Sistema convertidor de fase</i>	33
<i>Gráficos No 2. 21: Avance</i>	34
<i>Gráficos No 2. 22: Retraso</i>	34
<i>Gráficos No 2. 23: Retención</i>	35
<i>Gráficos No 2. 24: I-VTEC</i>	37
<i>Gráficos No 2. 25: Imán</i>	39
<i>Gráficos No 2. 26: Líneas magnéticas</i>	40
<i>Gráficos No 2. 27: Campo magnético</i>	41
<i>Gráficos No 2. 28: Atracción repulsión</i>	41
<i>Gráficos No 2. 29: Generador de corriente</i>	42
<i>Gráficos No 2. 30: Núcleo de hierro</i>	44
<i>Gráficos No 2. 31: Solenoides</i>	46
<i>Gráficos No 2. 32: Acumulador</i>	47
<i>Gráficos No 2. 33: Batería</i>	48
<i>Gráficos No 2. 34: Celdas</i>	49
<i>Gráficos No 2. 35: Símbolos</i>	50
<i>Gráficos No 2. 36: Nomenclatura resistencias</i>	51
<i>Gráficos No 2. 37: Semiconductor</i>	52
<i>Gráficos No 2. 38: Condensador</i>	53
<i>Gráficos No 2. 39: Diodos</i>	54
<i>Gráficos No 2. 40: Transistores</i>	55

<i>Gráfico No 3. 1:</i> Señal del sensor.....	58
<i>Gráfico No 3. 2:</i> Señal del sensor	58
<i>Gráfico No 3. 3:</i> Señal del sensor	59
<i>Gráfico No 3. 4:</i> Arquitectura del hardware.....	59
<i>Gráfico No 3. 5:</i> Arquitectura del hardware.....	60
<i>Gráfico No 3. 6:</i> Circuito de la fuente de 5v	61
<i>Gráfico No 3. 7:</i> Pines del ATMEGA8.....	62
<i>Gráfico No 3. 8:</i> Circuito del LCD	63
<i>Gráfico No 3. 9:</i> Circuito de potencia	64
<i>Gráfico No 3. 10:</i> Muelles.....	68
<i>Gráfico No 3. 11:</i> Fuerzas sobre la sección del muelle	72
<i>Gráfico No 3. 12:</i> Medidas Base.....	74
<i>Gráfico No 3. 13:</i> Diseño base	74
<i>Gráfico No 3. 14:</i> Diseño base solenoide.....	75
<i>Gráfico No 3. 15:</i> Base bobina.....	76
<i>Gráfico No 3. 16:</i> Bobina.....	77
<i>Gráfico No 3. 17:</i> Solenoide	78
<i>Gráfico No 3. 18:</i> Resistencia material	79
<i>Gráfico No 3. 19:</i> Base del sensor.....	81
<i>Gráfico No 3. 20:</i> Sensor.....	82
<i>Gráfico No 3. 21:</i> Señal del sensor.....	82
<i>Gráfico No 3. 22:</i> <i>Diagrama de válvulas</i>	83
<i>Gráfico No 3. 23:</i> Señal del sensor	84
<i>Gráfico No 3. 24:</i> Señal del sensor	85
<i>Gráfico No 4. 1:</i> Señal del sensor.....	87
<i>Gráfico No 4. 2:</i> Señal del sensor.....	87
<i>Gráfico No 4. 3:</i> Señal del sensor	88
<i>Gráfico No 4. 4:</i> Señal del sensor.....	90
<i>Gráfico No 4. 5:</i> Señal del sensor.....	91
<i>Gráfico No 4. 6:</i> Señal del sensor	92
<i>Gráfico No 4. 7:</i> Placa electrónica	93
<i>Gráfico No 4. 8:</i> Construcción de la estructura.....	94
<i>Gráfico No 4. 9:</i> Alimentación del sistema.	95
<i>Gráfico No 4. 10:</i> Comparador.....	97
<i>Gráfico No 4. 11:</i> Placa.....	98
<i>Gráfico No 4. 12:</i> Señal del sensor	104
<i>Gráfico No 4. 13:</i> Solenoide	105
<i>Gráfico No 4. 14:</i> Graduador.....	106
<i>Gráfico No 4. 15:</i> Diagrama de ángulos	107
<i>Gráfico No 4. 16:</i> Señal del sensor	108
<i>Gráfico No 4. 17:</i> Esquema de dientes vs grados.....	108
<i>Gráfico No 4. 17:</i> Esquema de dientes vs grados.....	110
<i>Gráfico No 4. 17:</i> Esquema de dientes vs grados.....	111

<i>Gráfico No 4. 18:</i> Cuadro de motores paso a paso.....	119
<i>Gráfico No 4. 19:</i> Diagrama del proceso.....	120
<i>Gráfico No 4. 20:</i> Diagrama de flujo	120

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<i>TABLA No 1:</i> Muelles	69
<i>TABLA No 2:</i> Formulas para muelles.....	71
<i>TABLA No 3:</i> Muelles	73
<i>TABLA No 4:</i> Pruebas de ángulos	101
<i>TABLA No 5:</i> Pruebas de ángulos	102

Diseño e implementación del sistema de accionamiento electromagnético para la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape de un motor de combustión interna de 4 tiempos de 175cc.

El presente trabajo consiste en la construcción de un mecanismo electromagnético para la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape de un motor de combustión interna cuatro tiempos de 175 cc. Tengo convencimiento de que este proyecto va a servir para la investigación de nuevos métodos para el aprovechamiento en energía de los motores a combustión interna, proporcionando mayor cantidad de variables que logren optimizar la energía. Este proyecto busca evolucionar al motor para lograr mejores rendimientos con bajas significativas en consumo de combustible, apoyando a nuestro planeta con menor contaminación, y proporcionando motores potentes que no requieran grandes cilindradas para generar alta potencia y torque. Este proyecto consta de varias partes fundamentales, entre las cuales se encuentran el estudio de la distribución de gases con una modificación del accionamiento de válvulas, el controlador electrónico a través de un micro-procesador o computadora que maneja entrada y salida de gases en cada fase y revolución del motor, también el sistema permitirá accionar los cilindros y utilizar la compresión como freno de motor, generando grandes cualidades y destrezas en las características del motor.

Se inicia la investigación con los temas relacionados a distribución del motor analizando cada componente y determinando su función dentro del mecanismo. Se procedió a analizar los fundamentos electromagnéticos y los componentes eléctricos para posteriormente investigar la factibilidad de adaptar estos elementos al nuevo diseño, manejando dimensiones y estructuras que permitan el desarrollo de la distribución electromagnética. El último capítulo fusiona teoría con la práctica y se desarrolla en la adaptación, pruebas y funcionamiento de una maqueta demostrativa implementando diagramas y guías de diferentes acciones realizadas durante la construcción del sistema.

Design and implementation with an electromagnetic sytem for the opening and closing of exhaust an intake valvue of an internal combustion 4 stroke engine of 175cc.

This work is based on the construction of an electromagnetic mechanism for opening and closing the intake and exhaust valves of a four-stroke internal combustion engine with 175 cc capacity. I have the conviction that this project will serve as a very useful research into new methods of harnessing energy of internal combustion engines to provide many variables that will achieve a greater power generation in the energy resource optimization. This project seeks the development of the engine to achieve a higher performance with significant declines in fuel consumption, supporting our planet with less pollution, and providing powerful engines that do not require large displacements to generate great benefits. This project consists of several key parts, including those which are studying the distribution of gases with a modification of the valves being electronically controlled, a computer module can adapt the input and output of each phase and gas engine revolution, this system will allow to control the cylinders and will use the engine as a brake compression system, generating great engine qualities that allow humans to use for future generations in our planet.

It all starts with research issues related to the distribution of the motor by analyzing each component and determining its role in the mechanism of the engine. We proceeded to analyze the foundations electromagnetic and electrical components to further investigate the feasibility of adapting these elements into the new design, taking dimensions and structures for the development of electromagnetic distribution. The last chapter combines theory with practice and develops in the adaptation, testing and operation of our demonstration model diagrams and guide implementing various actions undertaken during the design, construction and implementation of the system

CAPÍTULO 1

1.1. Generalidades

Introducción

Para que un motor pueda distribuir los gases de admisión y escape necesita un medio por el cual pueda controlarlos y desplazarlos a través del colector al múltiple de admisión, cámara de combustión y múltiple de escape, esto se logra a través de diversos mecanismos en serie que forman un conjunto cuya denominación usual es la distribución. Aunque a lo largo de la historia las características de los componentes han variado notablemente, siempre se ha tratado de resolver con un mayor acierto la necesidad real que existe de tal conjunto.

En un motor de combustión interna se necesita una mezcla de aire combustible que al quemar mueve los mecanismos del motor, para conseguir este fenómeno se requiere de un conjunto de elementos que manejen la entrada de estas dos variables al motor.

En el colector se filtra el aire para que sea llevado al múltiple de admisión en donde se realiza la dosificación de la mezcla de combustible, a través de sistemas como el carburador o inyección; cuando se encuentra lista esta mezcla pasa a la cámara de combustión para que este gas sea quemado y así convertir la energía química en mecánica; culminado este proceso es necesario que los gases combustionados salgan de la cámara y permitan que el ciclo se repita.

Para el desarrollo de este proceso el motor tiene que controlar la entrada y salida de los gases en cada cilindro, esto lo logra a través de válvulas que abran y cierren los conductos en los momentos deseados.

Desde que se creó el motor de combustión interna siempre se ha estado mejorando su tecnología en varios aspectos de su fabricación como el tipo de aleaciones para mejorar la resistencia, la flexibilidad y el peso de las piezas que componen el

motor. Los fabricantes en la búsqueda de mejorar la eficiencia de los motores han creado sistemas que varían la apertura de las válvulas de admisión del motor con respecto al número de revoluciones del mismo con el fin de economizar combustible y obtener la mayor potencia en altas revoluciones y mayor torque en bajas revoluciones.

1.2. Planteamiento, formulación y sistematización del problema

Se ha podido evidenciar que el mecanismo de accionamiento de las válvulas de admisión y escape es claramente complejo con elementos de alto desgaste y consumo de energía para el motor; es significativo señalar que al intervenir con muchos elementos como son las poleas, templadores, cadena, piñones, árboles de levas, balancines, propulsores entre otros. El valor de construcción es muy alto, también el sistema convencional de distribución de un motor Otto hace que las válvulas funcionen en todas las revoluciones de la misma manera, obligándonos a manejar la mezcla estequiométrica de aire combustible solo con los inyectores y mariposa de aceleración en un solo tiempo determinado, esto perjudica el torque y potencia en algunas revoluciones en específico; por lo que algunas fábricas crearon variadores de los árboles de levas, para lograr mayor torque en bajas y en altas una mejor potencia.

Pero estos sistemas son costosos complejos y tienen limitaciones en los rangos que varían. Además provocan un consumo excesivo de combustible debido a que no se aprovecha el potencial del motor, lo que culmina en energía desperdiciada que contamina nuestro ambiente o se transforma en calor.

La movilidad ha sido tradicionalmente un gran obstáculo, por lo que en búsqueda de saciar esta necesidad se creó el motor a combustión interna, el cual ha sido de gran ayuda en la solución de dicho problema. Pero en la actualidad tenemos grandes problemas con los temas ambientales, además los motores no aprovechan el 100% de la energía proporcionada por la explosión del combustible en el motor, la cual se dispersa en calor; dándonos grandes pérdidas en el torque y potencia para el motor.

Para mejorar estos 2 factores entre otros procesos se ha buscado diferentes tipos de distribución en el motor; como por ejemplo los motores con 2 válvulas por cilindro proporcionan buen torque en revoluciones bajas, a su vez los motores con 4 válvulas por cilindro generan una gran potencia en las revoluciones altas. Con el tiempo se han

diseñado sistemas de variación de las válvulas ya que esto permite que exista un mayor traslape ayudándonos a llenar de mejor manera el cilindro con mezcla aire combustible en revoluciones altas, pero esto es perjudicial en las revoluciones bajas.

A través de este proyecto se pretende diseñar un sistema programado electrónicamente que accione por medio de un mecanismo electromagnético la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape con el objeto de optimizar los recursos, produciendo motores más económicos y que sean controlados con mayor precisión para evitar contaminación excesiva en nuestro ambiente y sobre todo mejorar la potencia y torque en diferentes revoluciones.

Por medio de este sistema se logra manejar el tiempo y la altura que se abre cada una de las válvulas; dando un control más exacto de estas variables para proporcionar las mejores condiciones de combustión, según los factores y condiciones en las que se puede encontrar un motor.

1.3. Objetivo general

“Diseño, construcción e implementación de un sistema que accione electromagnéticamente la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape de un motor de combustión interna de cuatro tiempos”.

1.4. Objetivos específicos

- Estudio de la distribución y control de entrada y salida de gases en un motor a combustión interna a cuatro tiempos.
- Estudio del mecanismo electromagnético que se va a implementar.
- Analizar los fundamentos de la electrónica aplicada al proyecto
- Consolidar un sistema electromagnético para el accionamiento de las válvulas de admisión y escape en un motor de combustión interna a cuatro tiempos.
- Verificar si la implementación de este mecanismo electromagnético en el motor es factible y viable en su funcionamiento.

1.5. Alcance

En este proyecto se va a realizar el diseño del sistema electromagnético para el accionamiento de las válvulas de admisión y escape en un motor de cuatro tiempos, en el cual se va a implementar el mecanismo conjunto del controlador eléctrico de los solenoides, con el fin de sincronizar electrónicamente el motor y lograr varios diagramas de válvulas con diferentes tiempos de apertura y cierre de las válvulas. El proyecto demostrara a través de una maqueta didáctica el accionamiento y sus diferentes características.

1.6. Justificación

A través de este proyecto se pretende diseñar un sistema programado electrónicamente que accione por medio de un mecanismo electromagnético la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape con el objeto de optimizar los recursos, produciendo motores más económicos y que sean controlados con mayor precisión para evitar contaminación excesiva en nuestro ambiente y sobre todo mejorar la potencia y torque en diferentes revoluciones.

Por medio de este sistema se logra manejar el tiempo y la altura que se abre cada una de las válvulas; dando un control más exacto de estas variables para proporcionar las mejores condiciones de combustión, según los factores y condiciones en las que se puede encontrar un motor.

Para la construcción del sistema de accionamiento de las válvulas de admisión y escape de un motor de combustión interna de cuatro tiempos, el proyecto se va a basar en el estudio y realización de un mecanismo electromagnético para el accionamiento de las válvulas. El cual podemos dividirlo en dos sistemas principales que intervienen en el funcionamiento:

La electrónica, que incluye: pulsadores eléctricos, unidad de control, sensores y actuadores. El electromagnetismo, que incluye: en los solenoides que serán los encargados del generar la fuerza necesaria para el movimiento de las distintas válvulas.

La parte mecánica que consiste en un motor de combustión interna de cuatro tiempos alimentado por nafta, va a ser modificado en su sistema de distribución, donde se extraerá su mecanismo de movimiento de las válvulas.

Con electromagnetismo podemos atraer a los materiales ferrosos lo que nos será útil para accionar un cierto elemento o mecanismo, para lo cual es necesario un generador y un acumulador de energía que pueda suministrar el suficiente voltaje y amperaje para el accionamiento de un solenoide que mueva las válvulas.

Con la electricidad tenemos la aparición de varios elementos que nos permiten tener control sobre varios componentes de un circuito eléctrico como por ejemplo: motores, solenoides, electroválvulas, transistores, etc. Lo cual nos brinda algunas ventajas como mayor durabilidad de los componentes, mayor eficiencia, mayor precisión en el control de movimientos mecánicos, entre otras.

Después de lo expuesto en los párrafos anteriores podemos concluir en que el proyecto va a generar nuevos conocimientos en lo referente a la aplicación de la electrónica en los motores de combustión interna y su fiabilidad; esta es una de las principales razones por las cuales se ha decidido la ejecución del proyecto.

El método para esta investigación es a través del manejo de herramientas virtuales, textos y conocimientos adquiridos. Será un método práctico que defina un proceso científico que demuestre la hipótesis planteada.

La práctica es la parte fundamental del proyecto ya que es donde se van a plasmar los conocimientos teóricos y técnicos que se han adquirido, y es a través de la práctica que se los va a comprobar. Se van a plantear soluciones que resuelvan la problemática del alto costo de construcción de un sistema de distribución convencional y sus limitantes en la mezcla aire combustible, con lo cual logramos que el proyecto tenga su relevancia económica y social.

El diseño, construcción e implementación de un sistema programado electrónicamente que accione por medio de un mecanismo electromagnético la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape de un motor de combustión interna de cuatro tiempos, nos permite solucionar el problema del alto costo de construcción de un sistema de distribución y sus limitaciones en el control de la admisión y escape de mezcla y gases. Se ha podido constatar que la distribución de los motores es un elemento de alto desgaste donde se considera cambiar los elementos cada 50000km y en muchos casos no logran resistir todas las fuerzas en las que se encuentran sometidos los

elementos, también se puede apreciar que la mayoría de motores desperdician su potencia en el movimiento del sistema de admisión y escape.

Este mecanismo es aplicable y beneficioso para el desarrollo de un motor mucho más preciso sin limitaciones que cueste menos y permita controlar electrónicamente la apertura de las válvulas disminuyendo su peso y complejidad a través de un sistema electromagnético que remplace a las poleas, cadenas, bandas, árbol de levas, propulsores, balancines, taques, etc.

CAPÍTULO 2

2.1. Investigación de elementos relacionados al proyecto

2.1.1. Ciclo del motor

El motor de combustión interna de cuatro tiempos actual, que fue perfeccionado y creado por Nikolaus August Otto; tiene un ciclo de funcionamiento que se basa en cuatro tiempos determinados para el proceso de combustión de los gases dentro de un motor. Los mismos que tienen que cumplir un tiempo dentro de este ciclo.

Admisión: El primer paso del ciclo es la admisión de los gases con mezcla aire combustible, la misma que es aspirada por el movimiento del pistón desde el punto muerto superior al punto muerto inferior. El aire debe ser succionado por el motor, y tiene que cumplir un proceso de filtrado, mezclado con combustible y admitido a el cilindro, gracias a el movimiento del pistón y el control de la válvula de admisión que abre el paso del múltiple hacia el cilindro. En este primer paso la función es llenar el cilindro con la mezcla de aire combustible.

Compresión: El segundo tiempo es compresión de la mezcla aire combustible en donde el pistón aplasta los gases cuando este es trasladado del punto muerto inferior al punto muerto superior. Es necesario que las válvulas estén cerradas y exista una hermeticidad en el cilindro, para lograr subir la presión de la mezcla que ayudará a una mejor combustión.

Trabajo: Es el tercer tiempo del ciclo, donde el aire y combustible es quemado a través de una chispa que enciende los gases comprimidos para lograr obtener energía mecánica. Tras la explosión de la mezcla el pistón es forzado a moverse del punto muerto superior al punto muerto inferior, generando el tiempo de trabajo que brindará la fuerza para mover el cigüeñal.

Escape: Una vez culminada la combustión deja como residuos gases combustionados como el óxido de carbono, óxido de nitrógeno, dióxido de carbono e hidrocarburos entre otros gases; los mismos que tienen que salir del cilindro para dar paso a una nueva mezcla aire combustible que cierre el ciclo. Para lograr dicho proceso

es necesario que se abra una válvula de escape y que el pistón expulse los gases combustionados moviéndose del punto muerto inferior al punto muerto superior.

2.1.2. Elementos del sistema de distribución

2.1.2.1. Válvulas

Las válvulas son elementos que tienen la función de controlar el paso de un líquido o gas; las que se usan en la admisión y escape de un motor de 4 tiempos generalmente son válvulas de asiento. Existe 1 o más agujeros que tienen la función de conectar el múltiple de admisión con el cilindro de la misma manera para el escape; este agujero es generalmente redondo y se encuentra conformado de un material con mayor coeficiente de dureza que el aluminio del cabezote; generalmente son un inserto de acero con diferentes aleaciones como de cromo y cobalto, pero en algunos casos existen culatas con agujeros trabajados sobre el aluminio y que cumplen esta función. El asiento tiene que soportar la fuerza de un tapón cónico en forma de disco que estará en constante movimiento de apertura y cierre, tiene en su extremo una varilla también llamada vástago, la cual guía y transmite la fuerza a la válvula en su movimiento lineal, estos son normalmente huecos y llenos de sodio que tiene la cualidad de mejorar la transferencia de calor.

El asiento o anillo es una sección circular y tiene 3 ángulos que conforman su carátula (15, 34, 60), estos tienen el objetivo de asegurar una hermeticidad en el momento del cierre entre la cabeza de la válvula y el anillo. La válvula es un elemento que requiere de mecanismos que generen el movimiento para su apertura y cierre, existen algunos diseños y sistemas para esta función, los principales utilizan para la apertura una fuerza que se transmite del árbol de levas a las diferentes válvulas, a través de vástagos, taques, balancines y propulsores. El árbol de levas está engranado de diferentes maneras al cigüeñal y tiene la cualidad de girar a la mitad de la velocidad que este. El perfil y posición de la leva determina la apertura de la válvula. A su vez el cierre se da a través de un muelle o resorte calibrado, que sea lo suficientemente fuerte para cerrar y asegurar la hermeticidad; aunque existen otros métodos como las válvulas desmodrómicas que cierran con ayuda de un sistema de varillas y levas que más adelante serán detalladas.

Dado que el vástago se extiende por el agujero de admisión o escape hasta la galería del árbol de levas a través de una guía, es necesario colocar un retenedor de resorte con caucho, que relama la superficie de la varilla para evitar que el aceite de esta cavidad sea transferido a la lumbrera de admisión o de escape provocando consumo de aceite. En muchos casos se puede evidenciar por el color azulado en los gases de escape.

Partes de las válvulas

- Asiento
- Cabeza
- Guía
- Vástago
- Chaveta
- Saliente
- Muelle

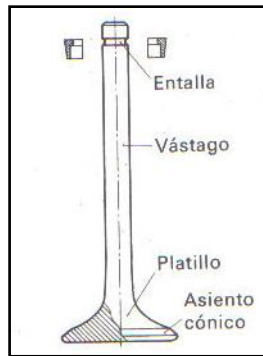
2.1.2.2. Clasificación de las válvulas

- Según su función

Válvula de admisión

Según el manual CEAC la válvula de admisión cumple la función de conectar al múltiple de admisión con el cilindro dependiendo del tiempo de distribución, están generalmente hechas de un solo metal acero con aleación de cromo y silicio que permite una buena resistencia al calor y al trabajo. Se suele templar el metal de algunas zonas para reducir el desgaste como son el asiento, vástago y cabeza.

La refrigeración de esta válvula es dada en gran parte por su contacto con la mezcla aire combustible que disipa en gran parte su temperatura generalmente en el contacto con el vástago, y su temperatura de trabajo está entre los 200°C y 300°C.



Gráficos No 2. 1: Válvula de admisión

Fuente: GTZ Tecnología del automóvil, 2005, p 23.

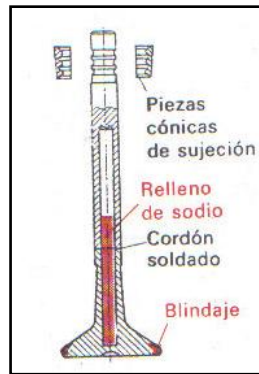
Válvula de escape

La válvula de escape se encuentra en constante contacto con los gases de escape que están a temperaturas muy elevadas, por lo que deben tener una estructura más resistente que las de admisión.

“El calor acumulado en la válvula se cede a través de su asiento en un 75%, no es de extrañar que alcance temperaturas del orden de los 800 °C”. (Manual CEAC del automóvil, 2008, p20)

Esta válvula por su singular función debe ser construida de diferentes materiales, su platillo y vástago general mente se lo construye de acero con aleación de cromo manganeso que tiene la gran cualidad de resistir a la oxidación y a las altas temperaturas, en la sección alta del vástago usualmente se las construye de cromo-silicio.

Para la conductividad térmica se hacen platillos y vástagos huecos que se los rellena de sodio, el cual tiene la función de trasladar el calor rápido a la zona de refrigeración, logrando reducir la temperatura en el platillo hasta 100° C.



Gráficos No 2. 2: Válvula de escape

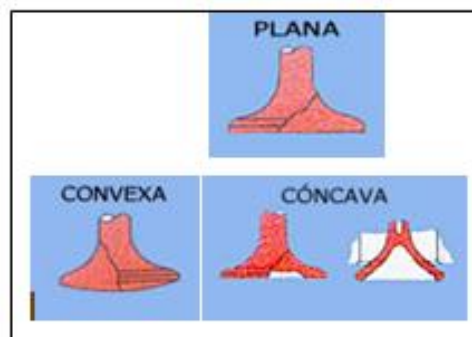
Fuente: GTZ Tecnología del automóvil, 2005, p 23.

- **Según su cabeza**

Cabeza plana: Se utiliza para motores que requieren buena resistencia al desgaste por la fricción que manejan en el movimiento de apertura y cierre; en automóviles y vehículos comerciales de tamaño pequeño.

Cabeza convexa: Para motores industriales que requieran gran resistencia y muchas horas de trabajo.

Cabeza cóncava: Para motores de competición que necesitan muchas revoluciones por minuto donde el peso y la conductividad térmica son las principales funciones; este modelo no proporciona una gran resistencia.



Gráficos No 2. 3: Tipos de cabezas de válvula

Fuente: GTZ Tecnología del automóvil, 2005, p 23.

2.1.2.3. Disposición de las válvulas

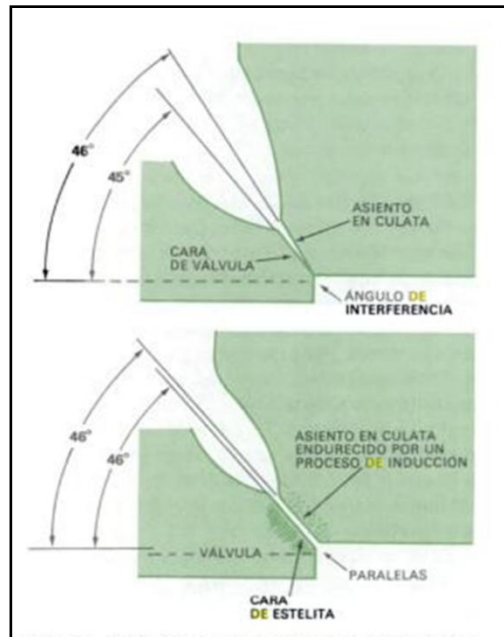
Los primeros motores tenían diferentes diseños en donde las válvulas eran una de los elementos que cambiaba en gran parte, estos motores contaban con válvulas que se encontraban al revés en el bloque de cilindros, este diseño se lo conoce como válvulas laterales. Esta construcción tiene una gran ventaja que su elaboración es muy económica y sencilla, pero a su vez tiene desventajas muy importantes; el camino de los gases es muy desordenado y el movimiento del gas es muy tortuoso, esto provoca que las RPM del motor no superen las 2000 a 2500, y la segunda igual o más importante es que los gases de escape tienen un ducto demasiado largo que provoca un sobrecalentamiento del motor.

Este diseño evoluciono al escape sobre la admisión más conocido como IOE, este diseño lleva a las válvulas de escape a la culata sobre la de admisión que se encuentra en el bloque de cilindros. Con el desarrollo de los motores se logró montar ambas válvulas en la culata o cabeza de cilindros.

Dependiendo del diseño de los motores los árbol de levas se encuentran en el bloque de cilindros y un mecanismo de varillas y balancines tienen la función de empujar los vástagos de las válvulas, lo que provoca grandes pérdidas de energía en el movimiento de piezas y componentes, pero su construcción es muy simple y facilita su elaboración especialmente en motores en V. Los diseños más contemporáneos tienen el árbol de levas incorporado en la culata y los mecanismos son de menos piezas para empujar al vástago de la válvula, reduciendo la fricción y logrando motores que desarrollen vas revoluciones por minuto.

2.1.2.4. Asientos de válvulas

Los asientos de las válvulas tienen la función de cerrar herméticamente el cilindro en conjunto con las válvulas, estos están ubicados en la cámara de combustión y su forma es cónica, acoplan exactos a la cabeza de la válvula con el asiento a través de un ángulo que generalmente es de 45°.



Gráficos No 2. 4: Asientos de válvula

Fuente: William H. Crouse , Mecanica Del Automovil,2006 p.54.

Los asientos de válvulas pueden estar integrados a la culata es decir que son un solo cuerpo con está, por lo general se da esto cuando la culata es de acero, pero en las de aluminio se insertan a presión o por contracción con el fin de aumentar su resistencia. Están fabricados de aleación de cromo y estaño o acero de alta aleación al cromo-manganeso para reducir su resistencia al flujo de los gases y son biselados a 15 ° y 75°.

2.1.2.5. Temperatura de Funcionamiento y refrigeración.

La válvula de escape es sometida a temperaturas mayores que la válvula de admisión, esto se debe a que abre después del ciclo de trabajo, y los gases se encuentran a altas temperaturas. Es importante señalar que el vástago, cabeza, asiento y parte de la guía estarán en contacto directo con los gases.

La forma más común de refrigerar las válvulas es rellenar su interior de sodio el cual es un elemento con alta conductividad térmica que ayuda a dispersar el calor producido por los gases hacia la culata, a través de la guía de la válvula; esta es una de las razones principales por las que se mantiene el refrigerante en la culata como

condición obligatoria, ya que las guías y los asientos tienen que tener la temperatura lo más bajas dentro de lo posible.

La válvula de admisión está en contacto directo con gases frescos y combustible pulverizado los mismos que ayudan a refrescar la temperatura de la misma.

2.1.2.6. Regulación de la holgura de las válvulas.

Conocido como ajuste de la luz de las válvulas, es el proceso en el que se calibra la holgura entre la punta del vástago y su balancín, se debe tener un espacio entre estas dos superficies ya que necesitan holgura para la dilatación de los componentes, por esta razón se debe calibrar dependiendo del tipo de material de la válvula, y su función ya que la válvula de escape opera a mayores temperaturas su luz debe ser un poco mayor. Esta información dependerá del modelo por lo que se recomienda investigar en el manual de servicio de cada motor. Esta holgura se debe regular a través de una herramienta calibrada; cuando se hace este proceso se requiere que la válvula este en posición cerrada y la leva no este atacando, existen diferentes procedimientos dependiendo del modelo de control de válvulas como por ejemplo en vaso, balancín, moneda regulada, etc.

En caso de propulsores hidráulicos ya no se debe realizar este procedimiento ya que este propulsor es el encargado de mantener esta regulación.

2.1.2.7. Construcción de las válvulas

El material con el que se construyen a las válvulas son los fierros cementados. La válvula de admisión dentro del motor está en constante cambio de temperatura de 200° a 400° Celsius. Mientras que la de escape fluctúa entre 600° a 800° Celsius. Están sujetas a grandes cargas de presión en ambientes de gases.

Cuando el motor se encuentra a 7000RPM las válvulas cierran y abren el acceso contra el asiento 3500 veces por minuto. Cuando la válvula está realizando su función dentro de todas estas condiciones tiene que mantener su forma, transmitir la temperatura y sobre todo realizar un sello hermético.

Las válvulas con mayor diámetro tiene menor facilidad para dispersar el calor ya que es menor la superficie expuesta a los gases, y cuando la longitud del vástago es mayor junto con su diámetro tiene mayor facilidad para dispersar el calor, ya que las superficies de contacto de dispersión es mayor. Por estas razones las válvulas de escape se hacen por lo general de diámetro menor que la de admisión, en los cilindros de gran tamaño es mejor aumentar la cantidad de válvulas que hacer una de mayor tamaño. Al usar una mezcla rica (mayor cantidad de nafta que aire) la temperatura de las válvulas descienden.

Para la elaboración de válvulas de escape se han construido con acero de tungsteno, el cual tiene la cualidad de resistir fuerzas mecánicas a altas temperaturas, con el defecto de agrietarse a elevadas temperaturas. El material con mejores cualidades de resistencia al calor es el acero austenítico con alto contenido de níquel y cromo, lo que le da la cualidad de insensibilidad a los tratamientos térmicos. Otro material utilizado es la aleación de acero con cromo y silicio.

Para mejorar la refrigeración de las válvulas del plato al vástago se construyen huecas y rellenas de sodio metálico o de sales de litio y de potasio, que a las temperaturas de funcionamiento se encuentran en estado líquido. Las válvulas de admisión están generalmente construidas de aceros menos resistentes por las condiciones de funcionamiento, se usan de acero con aleación de níquel con cromo.

2.1.2.8. Desgaste de las válvulas

Los primeros motores tenían muchos problemas con la durabilidad de las válvulas, la metalurgia de ese tiempo no era tan desarrollada como la de hoy, y los materiales que se usaban no soportaban tan altas exigencias. Tal era la condición que era necesario cambiar las válvulas y los asientos cada dos años promedio, para solucionar de cierta forma este problema se agregó tetra etilo de plomo a la gasolina el cual brindaba una capa protectora a estos componentes y reducía ligeramente su desgaste, con el desarrollo de los metales se logró juntar al acero el cromo cobalto el cual prácticamente hizo que desapareciera este problema.

El desgaste de las válvulas es un efecto normal ya que este componente soporta grandes temperaturas y fuerzas; por lo que se puede determinar su estado cuando se desensamblan de la culata, si estas tienen una ligera marca pueden ser reusadas pero siempre en el mismo lugar, ya que tienen que sellar contra el mismo asiento formando la hermeticidad.

Una sombra marcada en el asiento da como referencia que la válvula no está trabajando de una forma alineada. Si la válvula muestra grietas es un símbolo de altas temperaturas dentro del sector que trabaja la válvula, normalmente puede ser una sobrecarga de mezcla extremadamente rica, purificador de aire sucio, inyectoras en mal estado (agujas con mal sello), un mal ajuste del tren de válvulas, sobrecalentamiento del motor.

Las principales causas de un desgaste prematuro en la válvula son materiales externos como tierra, polvo o metales sueltos. También es común una mala lubricación del vástago que provoca un sobrecalentamiento y la deformación de la válvula, que también se puede observar por su color azulado o grisáceo en ciertos sectores de la misma.

Cuando existe una falla en el muelle o resorte esto traduce en problemas de la válvula, ya que esta queda flotando y no regresa a su posición a tiempo, en muchos casos choca contra el pistón provocando una ruptura en las válvulas y en la cabeza del pistón, rayando el cilindro y rompiendo el o los árboles de levas

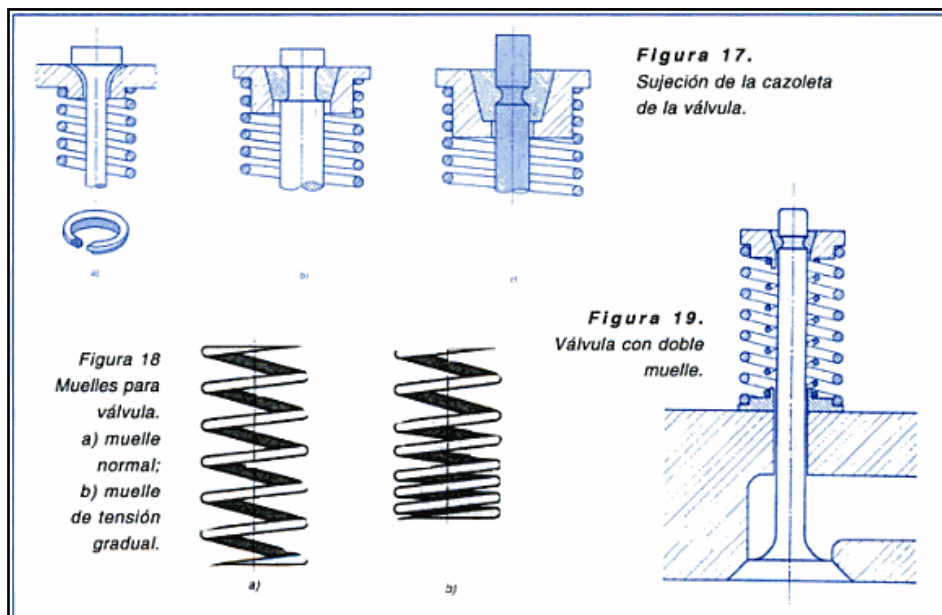
2.1.2.9. Muelles o resortes de válvulas

Los muelles tienen la función de cerrar las válvulas y mantener la hermeticidad dentro del cilindro, estos resortes tienen que ser lo suficientemente tensos para cerrar la válvula aun cuando el motor está a muchas revoluciones, pero al mismo tiempo tiene que ser su tensión lo más baja posible para no crear esfuerzos excesivos en la apertura de las válvulas. En su mayoría se construyen de acero aleado al silicio y magnesio.

La deformación de los muelles se produce por igual en todas sus espiras, cuando se genera una carga sobre ellas muy lenta, pero cuando es brusca las espiras próximas a

los extremos tienden a acercarse más pronto que las del medio, y realizan un movimiento similar al de un acordeón, de igual manera cuando el resorte es liberado de su carga. En otras palabras cuando un resorte soporta una carga que se aplica en un periodo muy corto de tiempo, sus espiras de los extremos tienden a unirse más pronto que las del centro, una vez que se encuentra toda la carga aplicada las espiras toman una distancia simétrica entre sí, pero cuando se quita esta carga las espiras de los extremos se alejan entre sí con mayor velocidad que las del centro. Como conclusión de este fenómeno las espiras centrales del muelle se acercan y alejan alternativamente de ambos extremos.

Este movimiento puede crear la ruptura del resorte cuando el periodo de las oscilaciones excede de un valor, que dependerá del material, ancho, número de espiras del muelle y revoluciones del motor; cuando esto ocurre el muelle entra en resonancia. Para evitar este fenómeno se colocan en muchos casos dos muelles de diferentes características que funcionarían a diferentes frecuencias impidiendo entrar en resonancia. También existe un método en el que las espiras de un extremo se las hacen más juntas que las del resto del resorte, evitando que entre en una oscilación de resonancia, estas espiras más juntas deben ir en el lado de la culata.



Gráficos No 2. 5: Muelles de válvulas

Fuente: Ediciones Ceac , Manual Ceac del automóvil,2008 p.100.

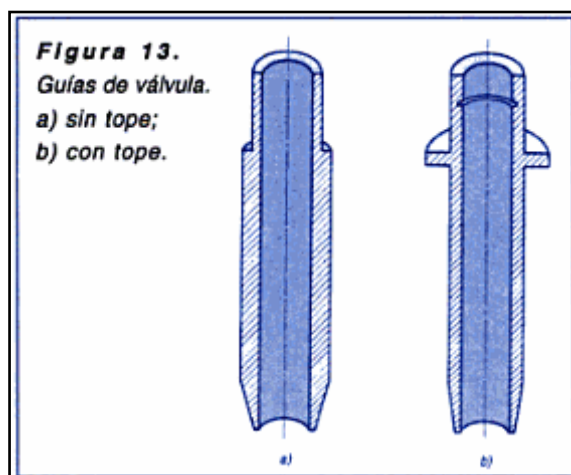
2.1.2.10. Funcionamiento del mecanismo de las válvulas

El cigüeñal transfiere el movimiento por la distribución hasta el o los árboles de levas los cuales giran a una relación 2 a 1. Al realizar este movimiento las levas comienzan a atacar a los balancines, los mismos que transfiere el movimiento al vástago de la válvula, el cual vence el valor de resistencia del muelle para permitir la entrada o salida de los gases, una vez que la leva deja de atacar el muelle obliga a la válvula a cerrarse.

2.1.2.11. Guías de válvulas

“Las guías de válvula son unos casquillos cilíndricos que se insertan en la culata, de tal forma que la prolongación de su eje pase por el centro del asiento de la válvula” (Manual del automóvil CEAC 2008, p 98).

La razón de la guía es mantener la orientación de la válvula en su funcionamiento, es quien dirige al vástago por el corredor correcto, en otras palabras controla que tenga movimiento vertical y restringe el movimiento horizontal, permitiendo que la válvula siempre acople en el mismo lugar y posición contra el asiento.



Gráficos No 2. 6: Guías de válvulas

Fuente: Ediciones Ceac, Manual Ceac del automóvil, 2008, p.99.

Las guías están formadas por materiales que son muy resistentes a la fricción, y tienen cualidades de conductividad calorífica y de lubricación, en su mayoría están fabricadas de cromo-vanadio.

“La holgura entre el vástago y la guía suele estar comprendida entre 0,04 y 0.07 mm”. (Manual del automóvil, CEAC p.98)

Por lo general la holgura en la guía de escape suele ser un poco mayor que la de admisión para compensar su mayor dilatación y su mayor longitud.

2.1.2.12. Taqués

Los taqués son los encargados de transformar el movimiento circular del árbol de levas en movimiento rectilíneo alternativo u oscilante, ya que este será el movimiento que necesitamos para la apertura y cierre de las válvulas. Estas piezas son generalmente construidas de acero con aleaciones para soportar la fricción, ya que están en constante rozamiento con la leva, por lo que es necesario que tenga un material que ayude a estas condiciones, hay que mencionar que siempre trabajan con la ayuda de aceite que proporciona una capa de lubricación y refrigeración.

Mecánicos

Son componentes metálicos en forma de cilindro, que se los nombra vasos por su forma hueca en el interior que nos ayudan a disminuir su masa para evitar inercia, en muchos casos cuentan con pastillas para regular la holgura de válvulas.

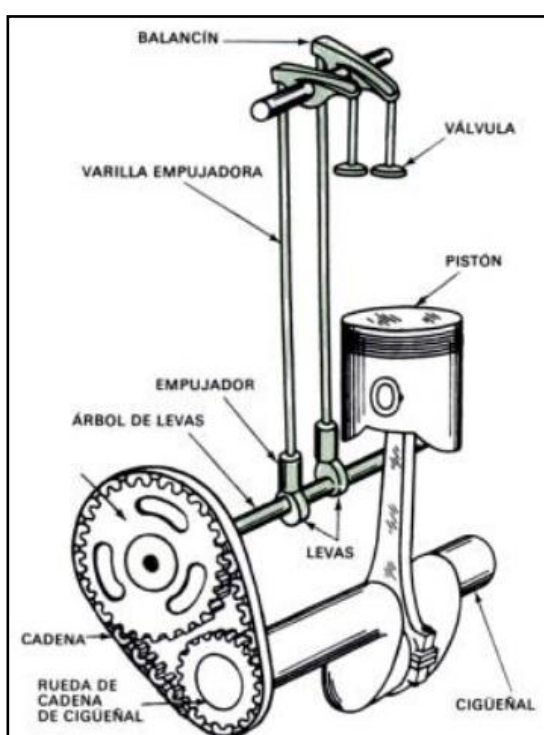
Hidráulicos

Los mecanismos son similares cuentan con un cilindro hueco, pero su variación es que presentan una ranura anular con orificios y en su interior cuenta con un juego de válvulas, muelle, pistón, asiento y anillo de cierre.

Este mecanismo tiene la función de mantener la holgura de la válvula contra el taque en función a la presión de aceite que es transferida a la ranura y es constante.

2.1.2.13. Balancines.

Los balancines son componentes que ayudan a amplificar la altura de la leva sobre la válvula, transmiten el movimiento del taque hacia la válvula, es similar a un mecanismo de sube y baja, utiliza la fuerza de la palanca para disminuir el rozamiento y también puede amplificar el movimiento vertical de la válvula; no todos los vehículos cuentan con este mecanismo ya que es una pieza más que se debe mover y aumenta el peso, pero en muchos casos ayuda a simplificar la construcción de la culata y amplificar la altura de las levas.



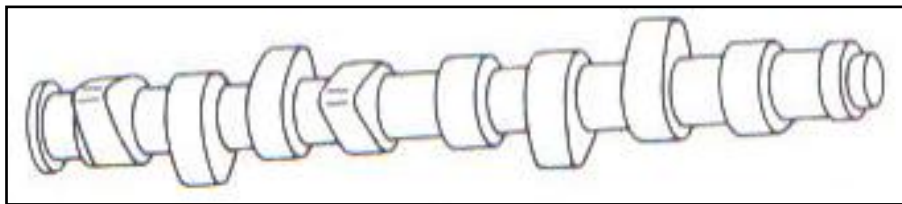
Gráficos No 2. 7: Balancines

Fuente: William H. Crouse , Mecanica Del Automovil, 2006, p.55.

Según Wiliam Crouse el eje de árbol de levas cuenta con salientes llamadas levas, que son las encargadas de empujar a las válvulas es decir abrirlas o cerrarlas, venciendo el esfuerzo que opone el resorte o muelle, a queda válvula le corresponde su leva la misma que tiene calibración en su ataque y alzada.

Generalmente los árboles de levas son de acero fundido y con la característica de ser un metal muy duro, tiene una aleación con grafito esférico o de fundición maleable negra. Con el objetivo de aumentar la resistencia al desgaste de la leva y sus puntos de principal fricción se templan superficialmente. Y mejorar las características de lubricación, desempeño y menor coeficiente de fricción especialmente en las levas.

Estos ejes con levas giran sobre cojinetes de fricción que serán lubricados con el aceite del motor para disminuir el desgaste, los cuales están colocados en la culata que muy comúnmente proporcionan movimiento a la bomba mecánica de combustible, la bomba de aceite y emite una señal sincronizada para el encendido. El movimiento del árbol de levas está sincronizado con el cigüeñal por medio de la distribución.



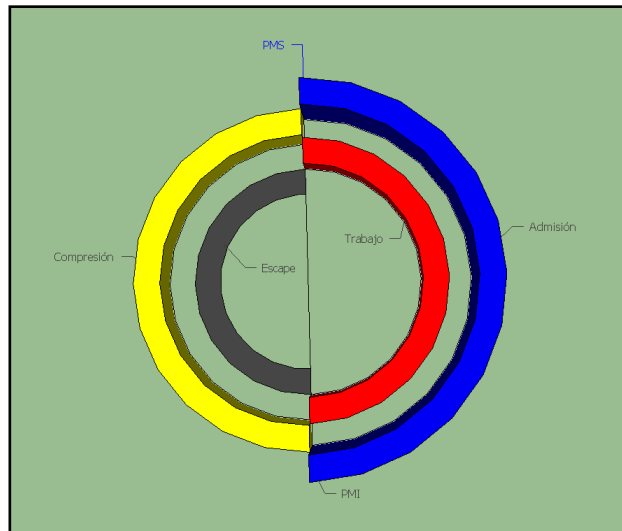
Gráficos No 2. 8: Árbol de levas

Fuente: GTZ Tecnología del automóvil, 2005, p 24.

2.2. Sistema de distribución

El sistema de distribución tiene la función de controlar la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape, permitiendo controlar los tiempos del motor como los sistemas de alimentación y escape, además de controlando la hermeticidad en el cilindro en el periodo de compresión y trabajo. Todo esto en un tiempo determinado y exacto para que la energía química sea aprovechada en energía mecánica optimizando los recursos.

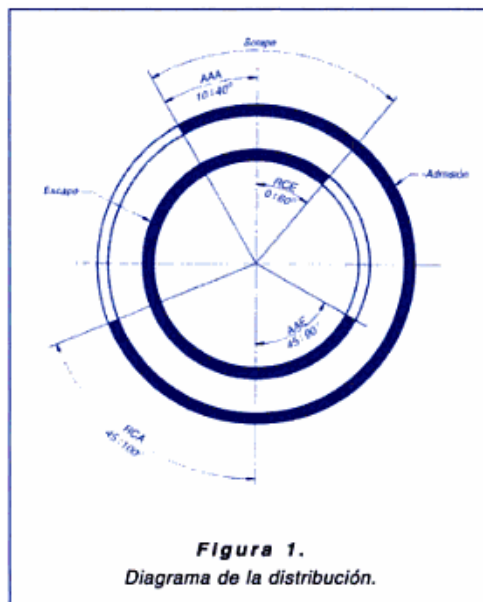
Con el fin de obtener el mejor rendimiento en el motor de cuatro tiempos es indispensable que el cilindro tenga el mayor llenado posible, ya que esto nos dará como resultado mayor cantidad de mezcla en el volumen del cilindro.



Gráficos No 2. 9: Diagrama de distribución teórica

Elaborado: José Ignacio Malo

Como podemos ver en los gráficos la apertura de las válvulas teóricamente se daría cada 180° del cigüeñal, pero debido a la velocidad de los gases que no permiten que el cilindro se llene y vacíe en el tiempo que las válvulas son abiertas, se logró atrasando y adelantando la apertura y cierre como lo muestra el siguiente gráfico.



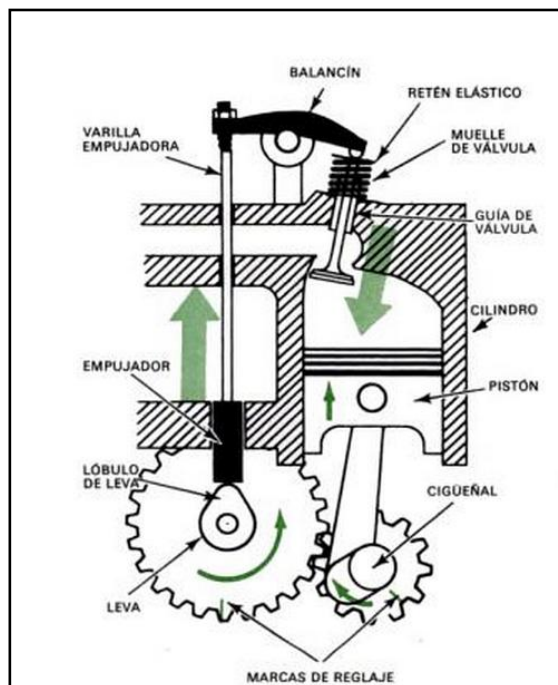
Gráficos No 2. 10: Diagrama de distribución práctica

Fuente: Ediciones Ceac, Manual Ceac del automóvil, 2008 p.94.

Para que el cilindro tenga el mejor llenado posible la válvula de admisión debe abrir antes del punto muerto superior generando una depresión que tenga el tiempo necesario para llenar el cilindro, en otras palabras es agrandar el ciclo de admisión y dar tiempo a que los gases entren al cilindro.

Otro factor necesario para que exista un mayor llenado es que no existan restos de gases quemados en el tiempo de la admisión, Esto se logra agrandando el ciclo de escape dando mayor tiempo en el cierre en otras palabras atrasando el punto de cierre de la válvula de escape.

Según el manual CEAC del automóvil la distribución es la encargada de coordinar los movimientos de los elementos móviles que permiten el llenado del cilindro con aire combustible, el encendido y evacuación de los gases combustionados. Todo esto en los tiempos que permitan optimizar el combustible produciendo la mayor energía expresada en torque y potencia. La distribución determina la apertura y cierre de las válvulas en función del movimiento del pistón, y en su mayoría es el encargado de controlar el tiempo del encendido de combustible.

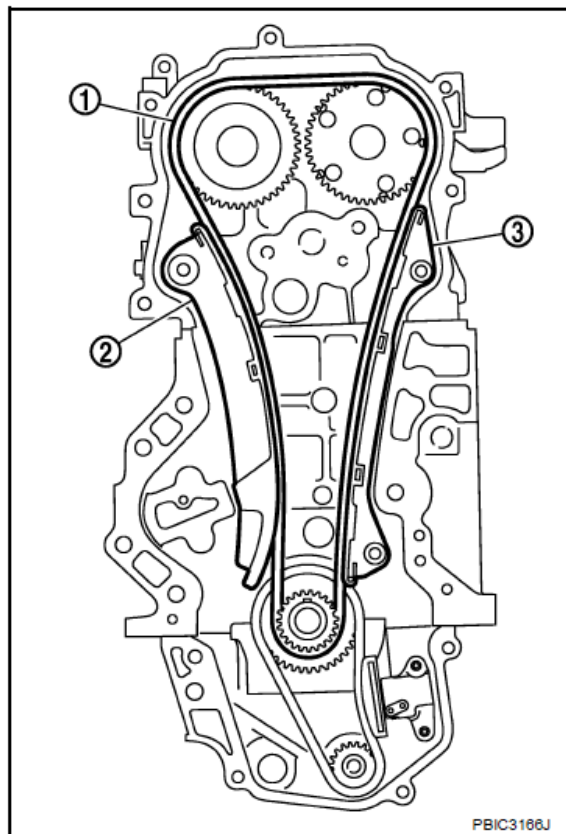


Gráficos No 2. 11: Distribución

Fuente: William H. Crouse , Mecánica Del Automóvil,2006 p.56.

El sistema de distribución está accionado por la polea dentada del cigüeñal hacia el árbol de levas y puede ser transferido su movimiento por una banda, cadena o piñones; lo cual tiene la función de conectar el cigüeñal con el árbol de levas a una relación de 2:1. El árbol transmite el movimiento a las válvulas dependiendo de la posición de sus levas sincronizando el movimiento. En la mayoría de casos existe un distribuidor que es accionado por el árbol de levas que determina el tiempo de encendido.

Para entender mejor el funcionamiento el motor debe cumplir con los 4 tiempos, el cual se da cuando el cigüeñal da 2 revoluciones, y el árbol de levas debe cumplir una sola revolución, ya que las válvulas tienen que abrirse una sola vez por ciclo. Por esta razón la polea del árbol debe tener el doble de dientes que la del cigüeñal.



Gráficos No 2. 12: Distribución

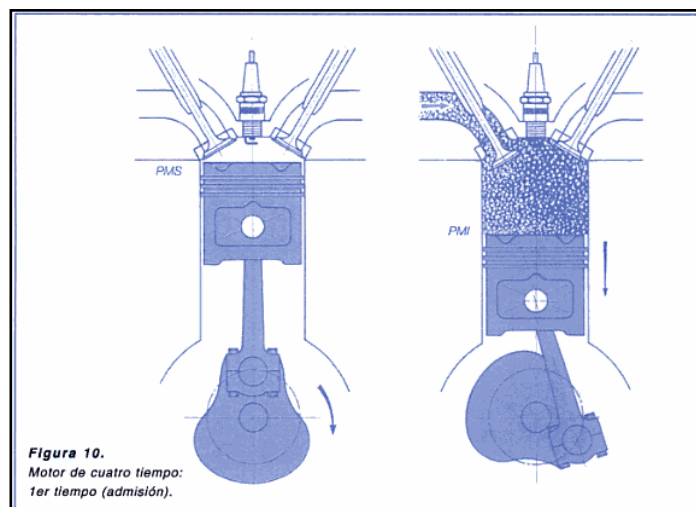
Fuente: Nissan Mexicana S.A. de C.V. (2008). Parte mecánica del motor MR20, p EM-42.

2.2.1. Ciclo teórico del sistema de distribución

La distribución tiene como principal objetivo sincronizar los tiempos de admisión, compresión, trabajo y escape, conocido como motor a 4 tiempos.

Existen 2 posiciones del pistón dentro del cilindro que marcan un punto o tiempo necesario para la distribución, cuando el pistón se encuentra en el tope del cilindro se lo denomina punto muerto superior (PMS) y a su vez cuando el pistón está en el extremo inferior del cilindro su nombre es punto muerto inferior (PMI).

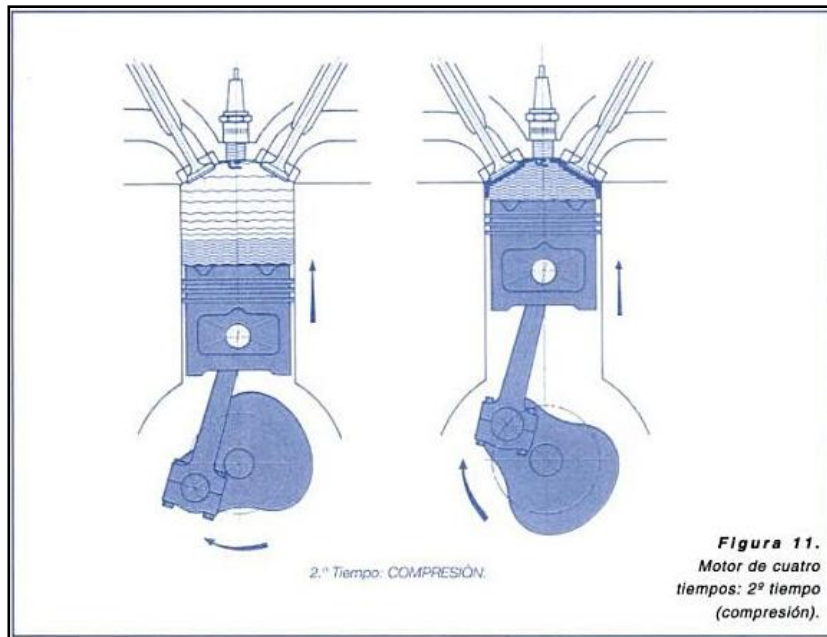
Tomando esto como referencia se inicia el ciclo teórico desde el punto muerto superior que se marca como 0° del cigüeñal; en este punto la válvula de admisión es abierta para que la mezcla aire combustible sea aspirada al cilindro en el movimiento del pistón de PMS a PMI, cuando el pistón ya llega al extremo inferior (PMI) el cigüeñal ha girado 180° y aquí la válvula de admisión es cerrada.



Gráficos No 2. 13: Ciclo de admisión

Fuente: Ediciones Ceac, Manual Ceac del automóvil, 2008 p.20.

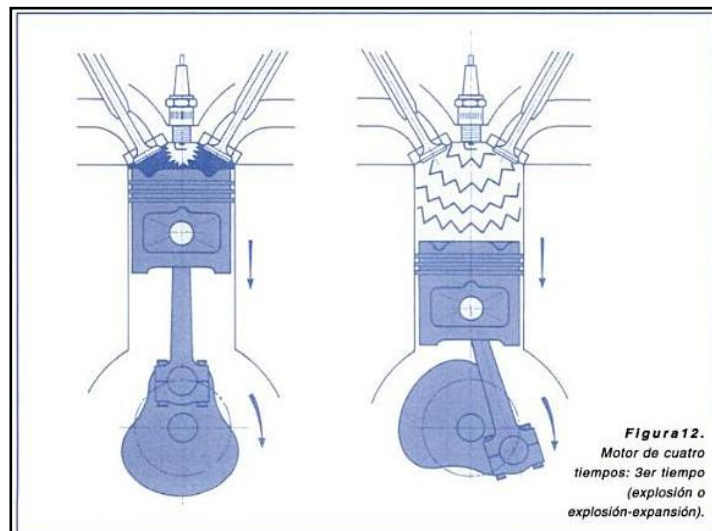
El pistón subirá por el cilindro desde el PMI al PMS con las válvulas cerradas produciendo una compresión de los gases o mezcla aire combustible que fue admitida en el ciclo anterior; cuando el pistón llega al PMS el cigüeñal abra girado 360° .



Gráficos No 2. 14: Ciclo de compresión

Fuente: Ediciones Ceac, Manual Ceac del automóvil, 2008 p.21.

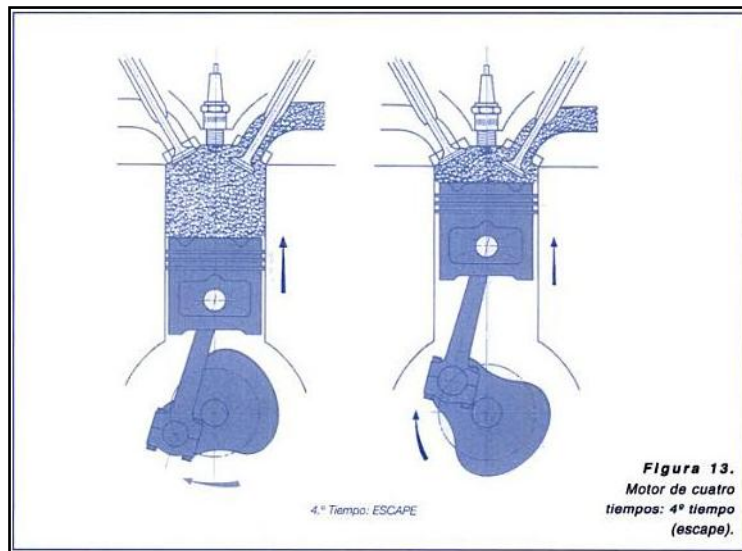
En este punto existe un arco eléctrico provocado por una bujía que generara la explosión de los gases y obligará al pistón a descender del PMS al PMI, el cigüeñal abra girado 540° y será el único tiempo que genera energía mecánica que se lo denomina como trabajo.



Gráficos No 2. 15: Ciclo de trabajo

Fuente: Ediciones Ceac, Manual Ceac del automóvil, 2008p.21.

Una vez que el pistón este en el PMI la válvula de escape es abierta y el pistón sube al PMS expulsando los gases del cilindro al múltiple de escape por la apertura de la válvula, cuando el pistón llega al PMS el cigüeñal estará a 720° culminando el ciclo de funcionamiento teórico.



Gráficos No 2. 16: Ciclo de escape

Fuente: Ediciones Ceac, Manual Ceac del automóvil, 2008 p.22.

2.2.2. Ciclo real del sistema de distribución

En el ciclo teórico se puede apreciar la base del funcionamiento pero con tales condiciones los gases no tienen el tiempo necesario para llenar el volumen del cilindro, y tampoco para salir una vez que son combustiónados.

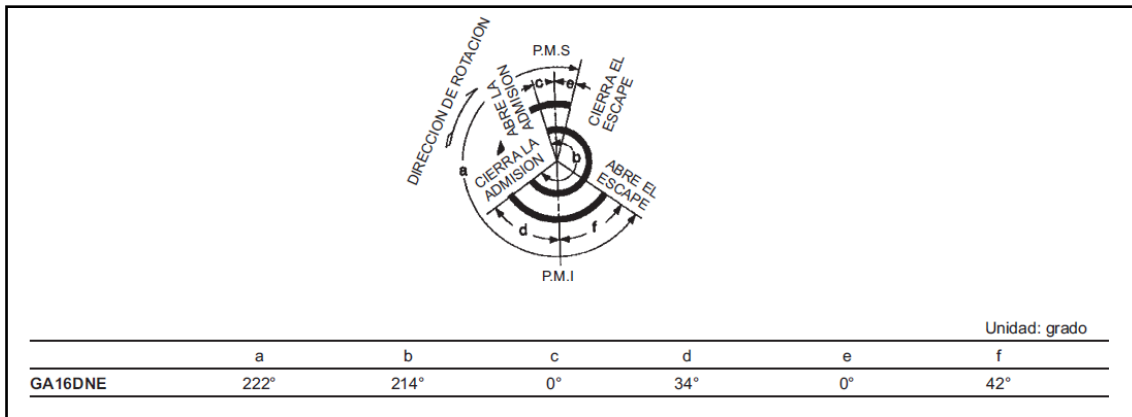
Para lograr solucionar este problema se modificó al ciclo en los tiempos de apertura y cierre, como es el adelanto de la apertura de la admisión (AAA) que se da entre 18° a 30° antes del PMS y el cierre de la válvula que se atrasará al PMI, más conocido como retraso al cierre de admisión (RCA) que por lo general fluctúa entre 28° y 56° después del PMI. Todo esto con el objetivo de dar más tiempo a la entrada de gases al cilindro y por ende un mayor llenado de mezcla aire combustible; agrandando al tiempo de admisión de 180° a 245° en el cigüeñal.

Ya que el motor necesita mayor tiempo para el llenado de gases, también lo necesitará para la expulsión de los gases de escape. Esto se logra variando los tiempos de apertura y cierre de la válvula de escape, con el adelanto a la apertura de escape (AAE) entre 25° a 45° antes del PMI, y a su vez retrasado el cierre de la válvula entre 5° a 12° después del PMS. Esto permite que el tiempo de escape sea mucho mayor de 180° que es el teórico a 235° en la práctica, ayudando a expulsar todos los gases combustionados y permitiendo que los motores sean más eficientes en sus tiempos. Dependiendo del diseño estos ángulos variaran y por ende su desempeño, si observamos bien este sistema encontraremos un momento que la válvula de admisión y la válvula de escape se encuentran abiertas al mismo tiempo, esto se lo conoce como traslape de válvulas y su característica es que los gases de admisión con mezcla empujan o desplazan a los combustionados ayudando a limpiar el cilindro de gases de escape.

El encendido es otro factor de la distribución y que en la práctica varia; el combustible aire nafta dentro de un ambiente de compresión requiere de una chispa para inicializar su combustión. Dentro del ciclo de motor se ha comprobado que de 6° a 12° antes del punto muerto superior en el tiempo de compresión tiene que producirse esta chispa, pero dependerá de algunas variables como son la velocidad del motor, presión atmosférica y cantidad de octanaje del combustible. Cuando el motor es acelerado bruscamente necesitamos que el combustible sea quemado en su totalidad y aprovechar su potencial al máximo, por esto se ha creado un sistema de adelanto al encendido que puede llegar hasta los 40° antes del PMS; dando el tiempo necesario para que la mezcla sea combustionada y aprovechada.

El ángulo total de apertura de la válvula de admisión es igual a $AAA+180^{\circ} +RCA$. El ángulo total de apertura de la válvula de escape es igual a $AAE+180^{\circ} +RCE$.

Los diagramas de Distribución ayudan a encontrar y analizar los ángulos de apertura y cierre de las válvulas en el sistema de distribución, como lo vemos en el siguiente gráfico.



Gráficos No 2. 17: Diagrama de válvulas

Fuente: Nissan Mexicana S.A. de C.V. (2008). Parte mecánica del motor GA16, EM.56.

2.2.3. Formas de distribución

2.2.3.1. Engranajes

Este sistema cuenta siempre con un engrane solidario al cigüeñal y un conjunto de piñones que conectan a el árbol de levas con el cigüeñal cambiando la relación 2:1, se logra esto cambiando el número de dientes al doble. Para evitar ruidos y vibraciones el dentado por lo general es helicoidal.

2.2.3.2. Por árbol de reenvió

Este método conecta al cigüeñal con el árbol de levas a través de un eje perpendicular que transmite el movimiento por medio de engranajes, se utiliza dicho sistema para evitar complejidad en el sistema y disminuir componentes.

2.2.3.3. Por cadena

Este sistema transmite el movimiento al árbol de levas a través de eslabones metálicos que se pueden acoplar de mejor manera al espacio o dimensiones de los motores, son fáciles de instalar y tienen alta durabilidad, también pueden transmitir el movimiento a otros órganos auxiliares como bombas de agua o aceite. Son flexibles y no generan mucha fricción ya que su lugar de accionamiento se reduce.

Este sistema generalmente es lubricado con el aceite del motor y como gran ventaja ayuda a la absorción de golpes y vibraciones, la carga del movimiento cae sobre varios dientes en los diferentes piñones lo que nos da menor desgaste. Esta cadena puede ser doble fila conocida como Dúplex o forma Morse que es más silenciosa.

2.2.3.4. Por correa dentada

Este sistema tiene la cualidad de ser muy fácil de construir y reduce drásticamente los ruidos, se constituye de Neopreno y refuerzos fibras tejidas resistentes al rozamiento y desgaste. Estas dan como ventaja una estabilidad longitudinal, y el neopreno proporciona la elasticidad de la correa, existen de dentado simple o doble. Necesitan de un tensor controlado por muelles o aceite que mantenga templada la correa a los diferentes piñones.

2.2.4. Sistemas de distribución variable

Con el desarrollo tecnológico y la constante búsqueda de encontrar sistemas más potentes, que tengan mayor torque, menor consumo de combustible y una reducción en las emisiones contaminantes.

En la actualidad se ha integrado la electrónica a la rama automotriz y el control de válvulas no es la excepción. En finales de los 60 y durante los 70 se creó el sistema de distribución variable, el cual tenía muchas ventajas ya que se puede aumentar o disminuir los diferentes tiempos del ciclo de combustión, con el objeto de buscar las condiciones perfectas en cada RPM del motor. Este sistema varia la apertura de las válvulas controlando el adelanto o retraso del árbol de levas, buscando que el motor llene su cilindro con gases puros en lo más posible y saque los gases combustionados en su totalidad en las diferentes RPM del motor, que se las puede definir como carga altas, medias y bajas. Con este sistema se consigue mejor torque y potencia en las diferentes cargas del motor.

Con ayuda de la distribución variable se puede disminuir la cilindrada de los motores y conservar la potencia de un motor grande, y con la ventaja de mantener bajos consumos de combustible, emisiones de gases contaminantes en menor porcentaje.

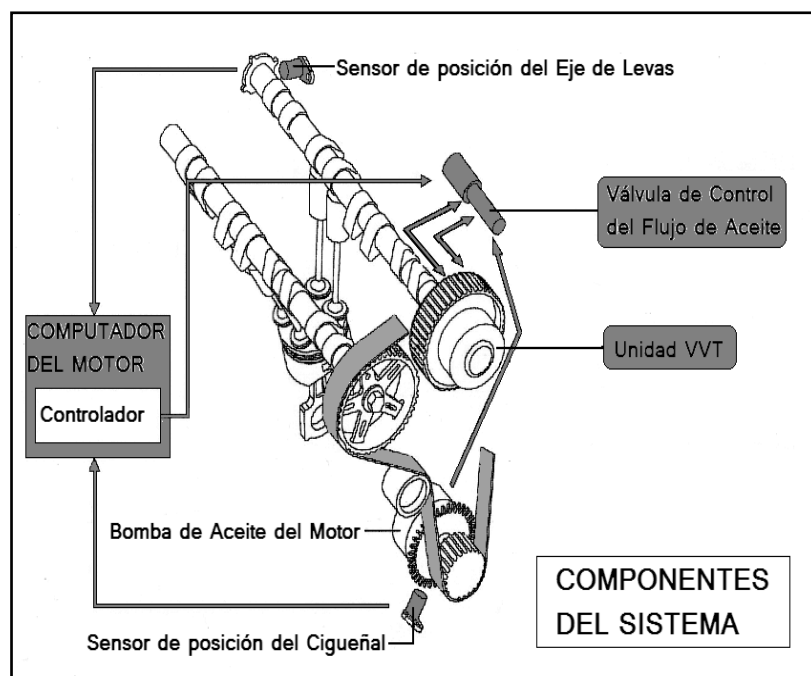
En la actualidad la mayoría de vehículos que se comercializan llevan el sistema de distribución variable, las más conocidas son VVT-i, VTEC, VALVETRONIC, VARIOCAM PLUS entre otros sistemas.

2.2.5. Tipos de distribución variable.

VVT-i

Este sistema está diseñado por Toyota y tiene la función de variar al árbol de levas hasta 40° con referencia al cigüeñal, produciendo un gran torque y potencia en función a la velocidad de giro del motor; consiguiendo mejoras en altas y bajas revoluciones además de reducir el consumo de combustible y emisiones contaminantes.

La ECM (Engine control module) es la encargada de controlar el accionamiento de este componente, que como principal señal es el CMP (Camshaft position) o sensor de posición del árbol de levas además de las señales de flujo de aire (MAF), posición de la mariposa de aceleración (TPS), posición del cigüeñal (CKP), velocidad del vehículo (VVS), temperatura del refrigerante (ECT).



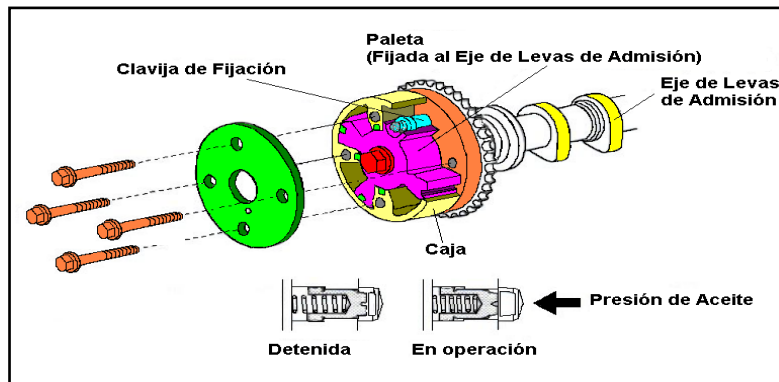
Gráficos No 2. 18: Componentes del sistema VVT-i

Fuente: Toyota Ecuador, Cursos de entrenamiento técnico automotriz 2009

Controlador

El controlador o convertidor de fase es impulsado por la cadena de distribución, y este transmitirá el movimiento al árbol de levas. La presión de aceite que genera el motor será enviada a este controlador que dará el adelanto o retraso del árbol de levas dependiendo de la velocidad del motor y las exigencias del conductor; esta presión va a ingresar en las cavidades del controlador generando un movimiento circular horario o anti horario.

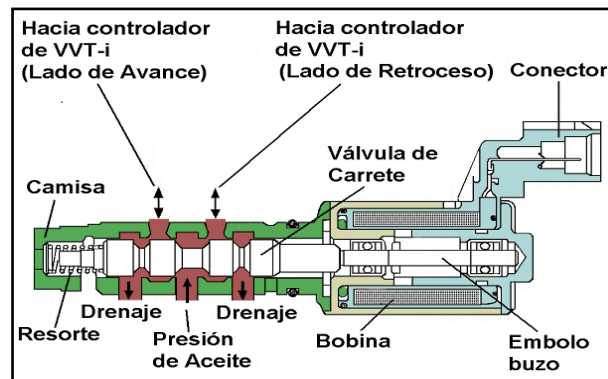
Cuando el motor se encuentra en bajas revoluciones o en proceso de encendido el árbol de levas se va a retrasar para lograr una estabilidad y un gran torque necesario para partir y desarrollar las velocidades bajas.



Gráficos No 2. 19: Sistema convertidor de fase

Fuente: Toyota Ecuador, Cursos de entrenamiento técnico automotriz 2009

Válvula de control de aceite



Gráficos No 2. 20: Sistema convertidor de fase

Fuente: Toyota Ecuador, Cursos de entrenamiento técnico automotriz 2009

Esta válvula es controlada por la ECM y tiene la función de distribuir el aceite a las cámaras del controlador para que este gire dependiendo de la necesidad, es decir avanza o retrasa al árbol de levas según las necesidades del motor. Esta válvula puede controlar el movimiento y la retención o estacionamiento del árbol de levas, en función a la señal que reciba de la ECM.

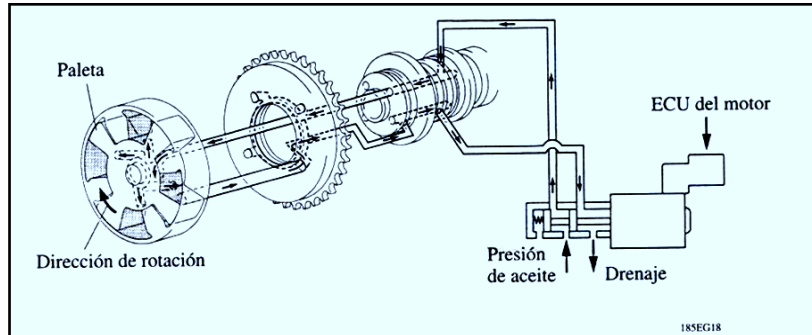
Esta funciona a través de una válvula solenoide que mueve un pistón para permitir el paso de la presión de aceite a la galería del controlador y abriendo el orificio de retorno o drenaje de la otra galería haciendo girar al árbol (avance); cuando el solenoide está desactivado la presión de aceite se mantiene en ambas galerías dejando al árbol con el ángulo fijo, y si la válvula se invierte el movimiento es el contrario (atraso).

2.2.5.1. Funcionamiento del sistema VVT-i

Avance

El funcionamiento del avance del árbol es comandado por la ECM que envía corriente al solenoide de la válvula de control del convertidor, esta se energiza y empuja un pistón que comprime el resorte de estacionamiento y permite el paso de presión de aceite de motor por el orificio a la galería del convertidor, y a su vez abre el orificio que controla

la otra galería para permitir el retorno de aceite y obligando al árbol de levas a girar por el empuje hidráulico hacia las paletas, dando como resultado un movimiento del árbol anti horario provocando un adelanto de la válvula de admisión (AAA).

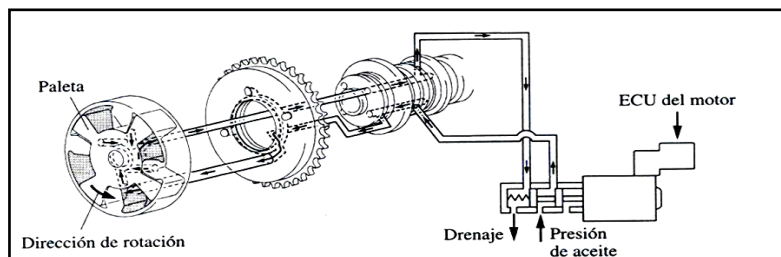


Gráficos No 2. 21: Avance

Fuente: EMADI, YIMIN, MERHRDAD Modern Electric Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles Ehsan.2010 Segunda edición

Retraso

El funcionamiento del retraso del árbol es comandado por la ECM que invierte la corriente al solenoide de la válvula de control del convertidor, esta se energiza y empuja un pistón al otro sentido comprimiendo el resorte de estacionamiento y permitiendo el paso de presión de aceite de motor por el orificio a la galería del convertidor, y a su vez abre el orificio que controla la otra galería para permitir el retorno de aceite y obligando al árbol de levas a girar por el empuje hidráulico hacia las paletas, dando como resultado un movimiento del árbol horario provocando un retraso en la apertura de la válvula de admisión

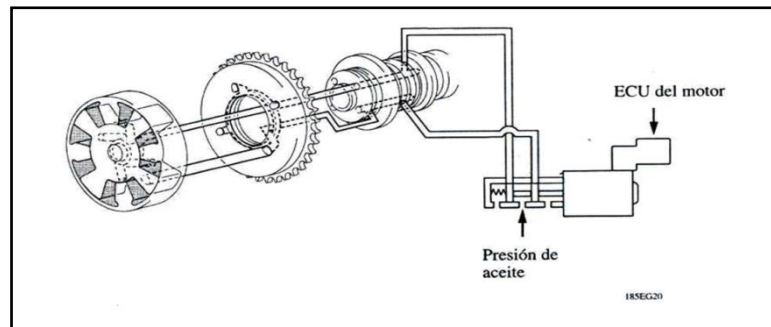


Gráficos No 2. 22: Retraso

Fuente: EMADI, YIMIN, MERHRDAD Modern Electric Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles, Ehsan.2010 Segunda edición

Retención

En la retención la válvula solenoide no es energizada y los muelles mueven al pistón hasta dejar las paredes de este obstruyendo los orificios que comunican las galerías con el retorno y la presión de aceite, en este caso ambas galerías quedan con el aceite fijo y mantienen el ángulo del árbol según la señal de la ECM.



Gráficos No 2. 23: Retención

Tomado del Texto: EMADI, YIMIN, MERHRDAD Modern Electric Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles, Ehsan.2010 Segunda edición

2.2.5.2. Sistema de distribución variable VTEC

Honda en los años 80 empezó a utilizar este sistema en sus modelos, el cual consiste en un árbol de levas que cuenta con dos levas diferentes por válvula, con la finalidad de tener una para bajas RPM y una para altas. Honda integro esto en casi todos sus vehículos pasando a ser un estándar en su construcción.

La primera leva que funciona en bajas tiene un ataque y alza menor con el objetivo de tener mejor ralentí, ahorro en consumo de combustible y un motor dócil, por el otro lado la otra leva es mucho más agresiva que genera un tiempo de admisión mucho mayor al igual que el de escape, con un gran traslape permitiendo un flujo violento de gases dando como resultado un motor muy potente y violento que brinda un comportamiento deportivo. Una de las grandes cualidades de este sistema es que permite que el motor desboque más revoluciones por minuto las cuales están entre 8000

y 9000 como funcionamiento normal, proporcionando una mejora en la potencia del motor entre 15 a 35 HP en los motores del Civic y CRX.

Este sistema es controlado por la ECM dependiendo de las condiciones del motor como son, RPM, temperatura del refrigerante, velocidad del vehículo entre otras, controlando la activación y desactivación del sistema hidráulico, generalmente la ECU envía la señal al sistema aproximadamente entre las 4000 y las 6000 RPM, activando una conexión entre tres balancines de palanca permitiendo que la leva con mayor alzada empiece a realizar su trabajo. Esta presión es proporcionada por el circuito de lubricación del motor.

Con el estudio del sistema de distribución se encontró que los motores a bajas revoluciones necesitan un tiempo menor de apertura de las válvulas de admisión y escape, esto brinda una mayor maniobrabilidad en la conducción, un menor consumo de combustible y mayor torque en el arranque; ya que la velocidad del aire no es muy elevada y así se consigue llenar el cilindro y optimizar el combustible.

Cuando el motor se encuentra en altas revoluciones la velocidad de los gases no es lo suficiente para llenar el cilindro y se requiere de mayor tiempo de admisión para completar el volumen del cilindro con mezcla, al igual que se necesita más tiempo para el escape, con el sistema VTEC se logra estas dos condiciones que permiten que el motor desarrolle con mayor agilidad brindando una alta potencia y torque para altas revoluciones, condición de un automóvil deportivo.

“El sistema VTEC se activa electrónicamente por medio del EMC/PCM. Se controla por medios hidráulicos mediante presión de aceite que actúa sobre los pistones en los brazos del balancín y se traba mecánicamente cuando los pistones mueven y traban los brazos del balancín”. (Honda Motor Co, 2007, p 72)

2.2.5.3. VTEC-E

Existen también una evolución del sistema VTEC convencional, el cual se desarrolló por motivos de mejoramiento de consumo de combustible; en búsqueda de lograr que

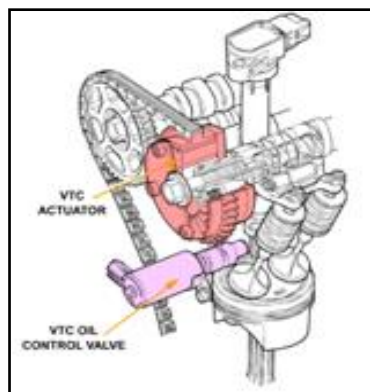
los motores sean muy potentes pero mantengan un bajo consumo de combustible Honda implemento el sistema VTEC-E.

VTEC-E en bajas revoluciones solamente abre una válvula de admisión con el fin de generar una gran turbulencia y optimizar el combustible, ya que sólo es una válvula el aire está obligado a aumentar su velocidad para llenar el cilindro con la succión del pistón, este efecto provoca que el aire y la gasolina se mezclen mucho mejor gracias a la alta turbulencia creada por la gran velocidad.

En altas RPM el sistema acciona a otra válvula a través de un balancín y una válvula carrete que es controlada por la ECM a través de la presión de aceite. Este accionamiento permite que el motor tenga 2 válvulas de admisión por cilindro logrando mayor volumen de aire de llenado cuando el motor esta en altas velocidades. Este sistema permite ahorrar combustible y proporciona un motor potente que responde a las condiciones del conductor.

2.2.5.4. I-VTEC

Este sistema es un híbrido entre el VTEC y el VTC ya que nos permite tener diferentes levas para las válvulas de admisión aumentando su carrera según las revoluciones, y variando el avance o retraso del árbol de levas. Logrando así controlar de mejor manera las variables de la combustión en las diferentes RPM del motor.



Gráficos No 2. 24-I-VTEC

Fuente: AMERICAN HONDA MOTORS, entrenamiento técnico automotriz Honda, 2010.

2.3. Estudio del mecanismo electromagnético

2.3.1. Magnetismo

Según Arnaldo Gonzáles en su libro el magnetismo nos explica que este es un principio físico de atracción de imanes y cuerpos ferrosos como la magnetita que es una piedra mineral que tiene como propiedad atraer a los materiales ferrosos, como hierro, cobalto, níquel y diferentes aleaciones. Un imán produce ondas magnéticas que atrae de forma temporal o permanente como la magnetita de fórmula es Fe_3O_4 .

Los imanes provienen de fuentes naturales o artificiales creadas de aleaciones metálicas y que se los puede definir cómo un material magnéticamente permanente cuando su propiedad de magnetismo se mantiene después de ser imantado, y a su vez existen los temporales que cumplen con esta propiedad por un periodo.

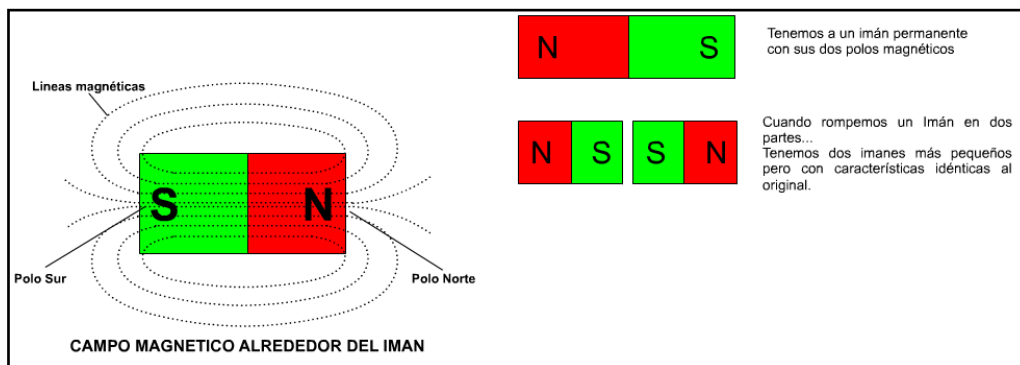
En un imán tenemos como elementos principales los polos en sus extremos denominado polo norte y sur, entre estos dos polos se genera el magnetismo o campo magnético que se representan con líneas de fuerza que se trasladan de norte a sur y en sentido contrario en el interior del imán. Como propiedad de los materiales magnéticos tenemos que entre polos iguales se repelen y entre polos diferentes se atraen.

El imán permanente cuenta con un Polo Norte o Zona Norte, un Polo Sur o Zona Sur y en los extremos y en su interior la Zona Neutra. Si se rompe un imán en la mitad se generan dos imanes donde cada uno cuenta con sus polos y su zona neutra pero su fuerza magnética disminuirá.

Las principales formas de uso de los imanes permanentes.

La Magnetita es la formación de Ferróxido de Hierro, que se encuentra en la Naturaleza y que en la actualidad se lo fabrica de manera artificial. Las formas más conocidas son la de herradura, que ayuda a colocar ambos polos en una cara siendo más útil en la

fabricación de diferentes elementos, existen otras formas como las planas, rectangulares, curvas, cilíndricas entre otras.



Gráficos No 2. 25: Imán

Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 40.

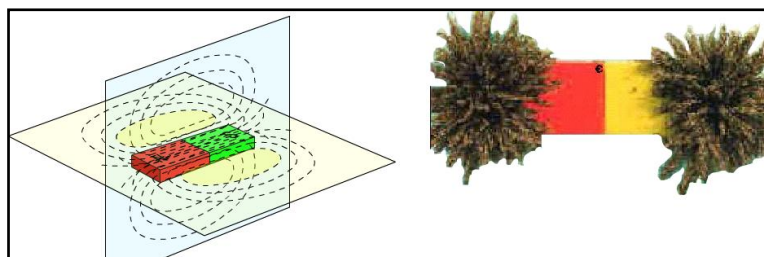
“Los imanes permanentes se los utiliza en muchas aplicaciones, tales como Motores eléctricos, generadores de corriente, magnetos de encendido y de generación, parlantes, relés especiales y una infinidad de aplicaciones, debido a la característica especial del campo magnético que posee el imán.”(Electricidad y electrónica del automóvil, 2008 p. 40.)

Existen dos tipos de imanes que se clasifican en los naturales y los artificiales, los naturales se encuentran en algunas zonas o aéreas de la tierra y no tienen forma específica, a su vez existen los imanes artificiales que son aquellos que se fabrican por el ser Humano, los primeros imanes se formaron frotando un imán Natural sobre un cuerpo de Hierro el mismo que queda imantado es decir que presenta las propiedades de atracción. Pero esta imantación no es permanente ya que la fuerza magnética va perdiendo su intensidad.

Cuando se magnetiza el acero a través de alecciones con níquel, aluminio y cobalto creamos un material altamente magnético y permanente.

2.3.1.1. Líneas magnéticas

El campo magnético alrededor de un imán forma un conjunto de líneas invisibles, que se puede demostrar su existencia a través de un experimento; colocando un imán en una mesa llena de limalla de material ferroso y veremos cómo estos pedazos de hierro van formando las líneas magnéticas formadas por los polos.



Gráficos No 2. 26: Líneas magnéticas

Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 42.

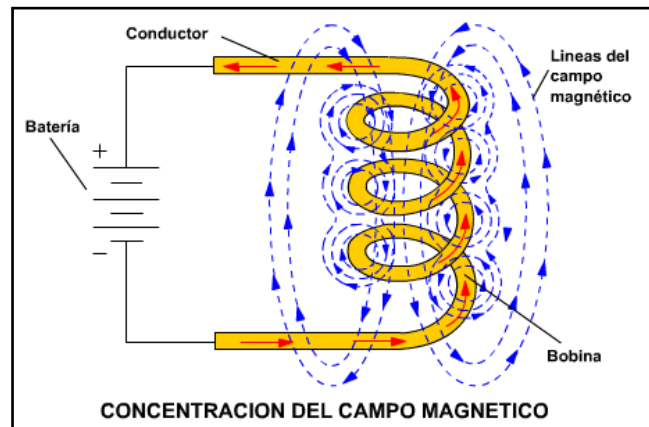
Las líneas magnéticas son capaces de traspasar casi todo material, y no necesariamente van a atraer o repeler a estos cuerpos. El campo magnético es más fuerte en los polos y su atracción a los materiales ferrosos es mayor cuando nos encontramos cerca de estos extremos y conforme nos alejamos va perdiendo su fuerza, todo esto dependerá de la cantidad de magnetismo que tenga el imán.

Cuando juntamos dos imanes las líneas magnéticas o campo magnético se suman generando un solo imán con mayor fuerza. Esto se entiende de mejor manera si vemos que las líneas magnéticas mantienen una dirección sumándose y aumentando su campo.

2.3.2. Electromagnetismo

Las aplicaciones del magnetismo son infinitas, al tener estas propiedades físicas de atracción y repulsión podemos generar fuerzas que cumplan con acciones deseadas, tales como un parlante de sonido, un relé, válvulas, sensores, etc. El magnetismo no solo es producido por materiales con aleaciones y naturales, también se puede crear magnetismo cuando se conduce corriente por un cuerpo este genera un campo

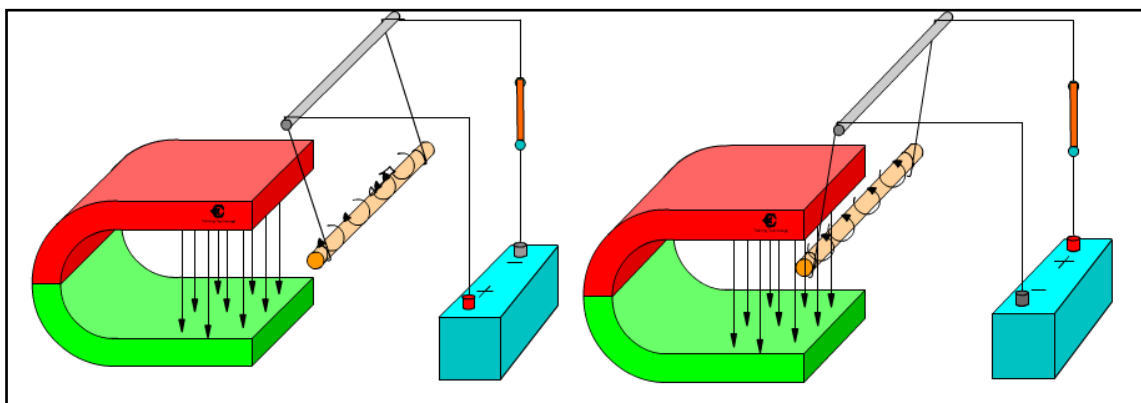
magnético a su alrededor, por lo que si enrollamos un cable formando una bobina y conducimos corriente generaremos un campo magnético denominado electroimán.



Gráficos No 2. 27: Campo magnético

Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 54.

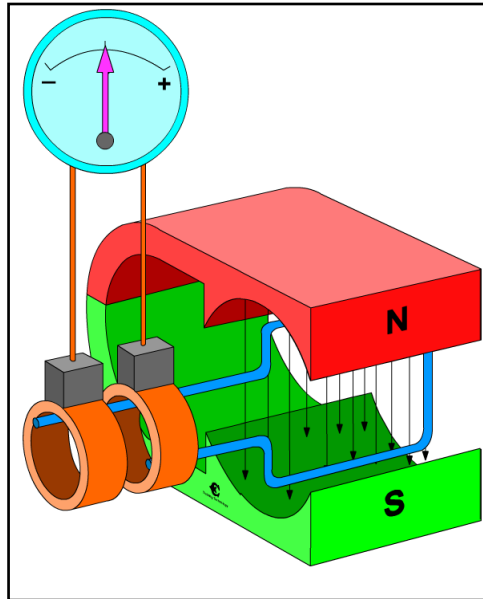
Gracias a este fenómeno físico se creó el motor eléctrico el cual es constituido por un imán exterior y un interior que se atraen y se repelen generando fuerzas giratorias, como por ejemplo un motor que cuente con un imán permanente en el exterior y en el interior una bobina eléctrica que es conectada a un acumulador de corriente, cuando la electricidad transita por la bobina genera un campo magnético a su alrededor el cual corta el campo magnético del exterior y genera fuerzas de repulsión y atracción debido al corte de campo.



Gráficos No 2. 28: Atracción repulsión

Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 54.

Otra aplicación muy importante del magnetismo es la generación de corriente eléctrica, la cual cumple el mismo principio del motor eléctrico con la diferencia de que el movimiento de la bobina interior tiene que ser por un factor externo y en el extremo de cada alambre de la bobina genera voltaje según la fuerza del imán permanente y la velocidad en que corta las líneas magnéticas.



Gráficos No 2. 29: Generador de corriente

Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 74.

La aplicación de los imanes nos ayuda a crear un elemento de mucha ayuda llamado sensor inductivo o de generador de pulso de corriente. Este sensor nos envía una señal de corriente al inducir energía tras el corte de su campo magnético por una rueda dentada, Este sensor está constituido por un imán permanente, un núcleo que ayuda a mantener el campo construido de hierro, y un embobinado de alambre arrollado alrededor de estos dos elementos antes expuestos. Las líneas de campo del imán permanente están siempre presente y al ser cortadas por los dientes de la rueda inducen corriente en el embobinado dando una señal alterna que varía su frecuencia y amplitud según las vueltas de la rueda. Este elemento sirve como señal de referencia de velocidad de un elemento tal como son los sensores de las ruedas de un vehículo.

Cuando circula corriente eléctrica por un conductor se forma un campo magnético, el mismo que es más fuerte cerca del conductor y pierde su intensidad cuando es mayor la distancia. El físico Hans Cristian Oersted fue quien descubrió este fenómeno tras acercar una brújula imantada a un cable con corriente esta dejaba de marcar al polo norte geográfico. El campo magnético creado por la circulación de corriente por un material tiene una dirección de acuerdo a la polaridad de la fuente de energía que alimenta el alambre conductor, y cuando mayor sea la cantidad de corriente que circule por el alambre mayor será el campo.

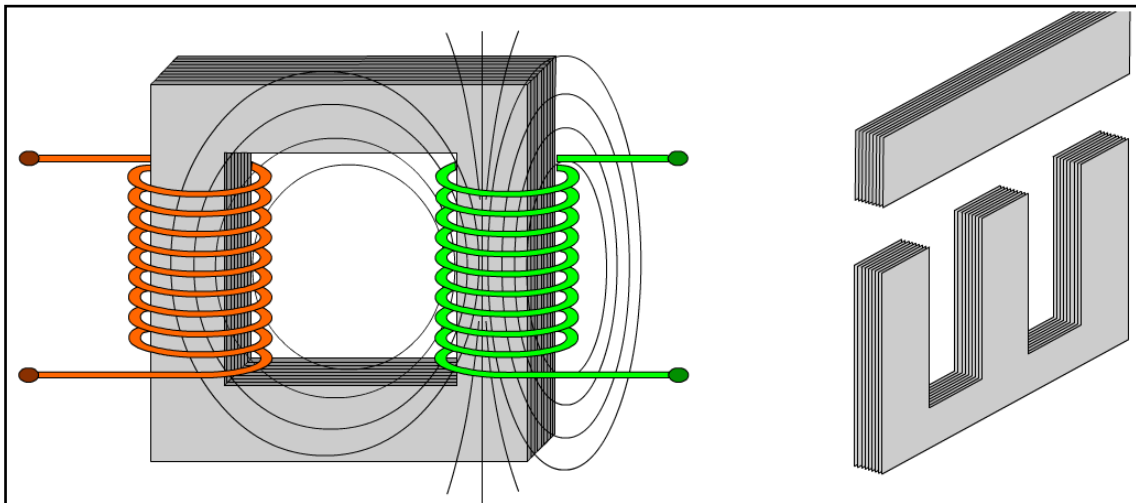
Hans Oersed estaba preparando su clase de física en la Universidad de Copenhague, una tarde de mes de abril, cuando al mover una brújula cerca de un cable que conducía corriente eléctrica notó que la aguja se deflectaba hasta quedar en una posición perpendicular a la dirección del cable. Más tarde repitió el experimento una gran cantidad de veces, confirmando el fenómeno. (Mariola Fernández García, Antonio Mariel Espinosa, Joaquín Recio Miñarro, 2008)

Si hacemos un embobinado concentramos el campo magnético de cada vuelta del alambre y generamos mayor campo, existen varias formas de elevar el campo magnético la primera es aumentando la intensidad de la corriente que circula por el cable, la segunda es aumentando el número de espiras o vueltas en el embobinado, y por ultimo introduciendo un núcleo de hierro en el interior de la bobina.

Se habla de un núcleo de aire cuando al interior de la bobina es vacío, esta bobina al ser alimentada con corriente crea un campo magnético a su alrededor, la concentración del campo no es muy buena debido a que el aire no es un elemento permeable al campo magnético. Es decir, el aire tiene una alta reluctancia o la resistencia hacia las líneas magnéticas es alta. A su vez cuando se coloca un núcleo de hierro en el interior de una bobina se consigue que el electroimán forme una gran concentración de campo magnético, este núcleo puede ser de hierro dulce sólido. Al ser solido es muy permeable al campo o líneas magnéticas que cruza por él, por lo que forma una mediana reluctancia.

El núcleo de hierro laminado es altamente permeable y concentra el campo magnético de mejor forma, dando al electroimán mayor fuerza de atracción y repulsión. Esto se logra ya que los iones no chocan con el hierro sólido y fluye con facilidad. Si está conformado por láminas de hierro de materiales ferrosos con aleaciones y entre las láminas un barniz que los separe obliga a que las líneas magnéticas pasen en cada

lámina organizándolas y logrando que pasen de forma individual incrementando el campo del electroimán.



Gráficos No 2. 30: Núcleo de hierro

Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 56.

2.3.3. Solenoide

Según Paul A. Tipler en su libro Física preuniversitaria es un dispositivo operado electrónicamente que se utiliza generalmente como válvula para control de gases o fluidos, las válvulas solenoides tienen la característica de cerrar y abrir un paso en su totalidad, por lo que no puede realizar un movimiento modular. Las válvulas solenoides pueden ser normalmente abiertas o normalmente cerradas, lo que quiere decir que en su posición de reposo puede estar abierta o cerrada. El solenoide es un elemento que se puede controlar su mando de forma manual o con cualquier tipo de diseño eléctrico que maneje el accionamiento de dicho elemento, esto permite que tenga una infinidad de aplicaciones.

Al tener una posición de reposo que puede ser normalmente cerrada o abierta, este mecanismo necesita de un elemento que mantenga la válvula en tal posición; para lograr dicha función el solenoide cuenta con un resorte o algún elemento como presión e incluso la gravedad para que cumpla esta condición. Cuando la válvula es accionada por

medio de un embolo operado por una bobina electromagnética, la función de cierre o apertura es realizada.

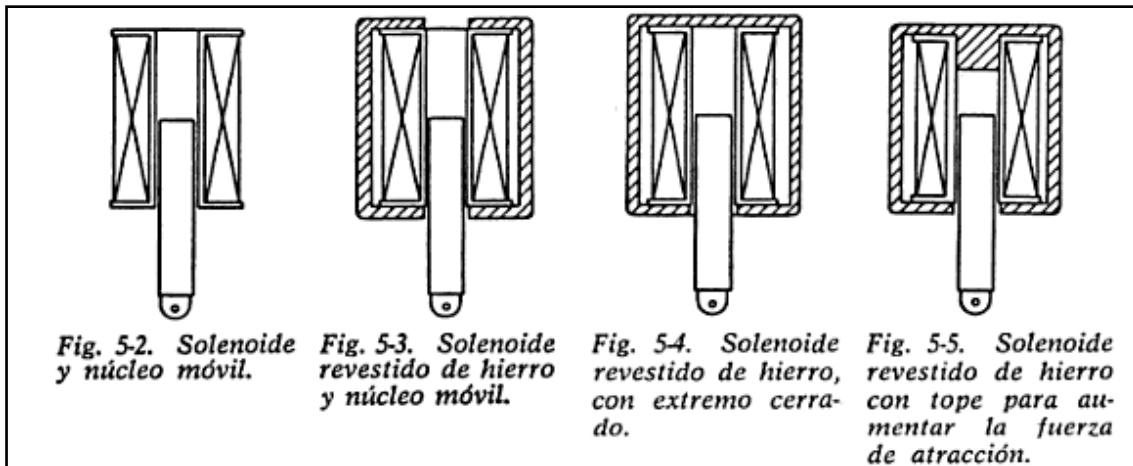
Se constituye por dos elementos principales los cuales son el cuerpo de la válvula y una bobina electromagnética (Solenoides). Como antes se mencionó el electroimán es un elemento que genera campo magnético en donde las líneas de fuerza son producidas por la corriente eléctrica que circule por el cableado o espiras.

El término de solenoide proviene de la bobina y no de la válvula en sí. El cableado puede ser de diferentes materiales pero por lo general es de cobre aislado, el mismo que se encuentra enrollado sobre un cuerpo cilíndrico llamado carrete, cuando recibe la corriente en este devanado se produce el campo magnético y la fuerza accionara la válvula.

La válvula solenoide cuenta con un embolo que se encuentra en el núcleo de la bobina, generalmente construido de acero y que va a ser atraído por el campo magnético causando un movimiento que accionara la válvula, este movimiento tendrá una carrera y una fuerza electromotriz.

Se clasifican en diferentes formas y grupos dependiendo del fabricante, pero lo más común es por su acción: acción directa, operadas por piloto. Por su construcción: normalmente cerradas, normalmente abiertas, acción múltiple. Y por su forma de dos vías, de tres vías, de cuatro vías.

Las válvulas pueden combinar su acción su construcción y su forma, como por ejemplo una válvula normalmente cerrada de operación piloto y de dos vías.



Gráficos No 2. 31: Solenoides

Fuente: Donald G. Fink, H. Wayne Beaty, John M. Carroll, Manual práctico de electricidad para ingenieros, 2004, capítulo 5 p 5.5

2.3.4. Acumuladores eléctricos

La batería o acumulador es un elemento que tiene la cualidad de almacenar energía eléctrica a través de procedimientos electroquímicos que cumple un ciclo, este puede repetirse en un determinado número de ocasiones.

Existen algunas formas de obtener energía eléctrica, el rozamiento de dos cuerpos, el corte de un campo magnético, alternadores, a través de placas de luz, y por medio de reacciones químicas. La batería como principio de funcionamiento es la reacción química que permite acumular y producir corriente, por medio de una solución ácida o alcalina con dos metales. Generalmente se utiliza un ácido como el Sulfúrico diluido en agua pura o destilada y placas de plomo, en las mismas que se presenta una diferencia de potencial eléctrico equivalente a la reacción del ácido cítrico y placas, ácido sulfúrico y platinas de cobre.

La reacción química que se produce dentro del acumulador, se basa en el fundamento de que una de las placas tiene que estar negativa es decir cargada de electrones, y una falta de electrones en la placa positiva, logrando así una diferencia de potencial. Un gran ejemplo son las baterías de los vehículos las mismas que cuentan con placas de peróxido de plomo (Pb) que conforman el área positiva, esta placa está

sumergida en una solución de agua y ácido sulfúrico el cual cumple la función de ser un electrolito, y la placa negativa sólo conformada por plomo.

Al conectar cualquier consumidor de corriente entre los dos bornes de la batería se producirá una reacción química donde el oxígeno se desprende del plomo y se une con los átomos de hidrógeno del ácido, creando o transformándose en H₂O, mientras que el ácido SO₄ se une a la placa de plomo positiva y negativa transformándose en sulfato de plomo. Al producirse esta reacción química los electrones circulan desde el un borne hasta el otro a través del consumidor este proceso tiene una durabilidad la cual depende de la reacción, una vez que las placas de plomo se oxidan (peróxido de plomo) y formamos agua en la solución la batería se queda con placas neutras, en ese momento la batería esta descargada y se tiene que invertir la reacción, la misma que se logra ingresando corriente eléctrica por los bornes de batería obligando a transformarse los átomos y formando de nuevo ácido sulfúrico disuelto en agua y placas de plomo oxidadas. Es importante mencionar que un acumulador genera corriente continua y para ser cargado necesitamos alimentarlo de corriente continua también.

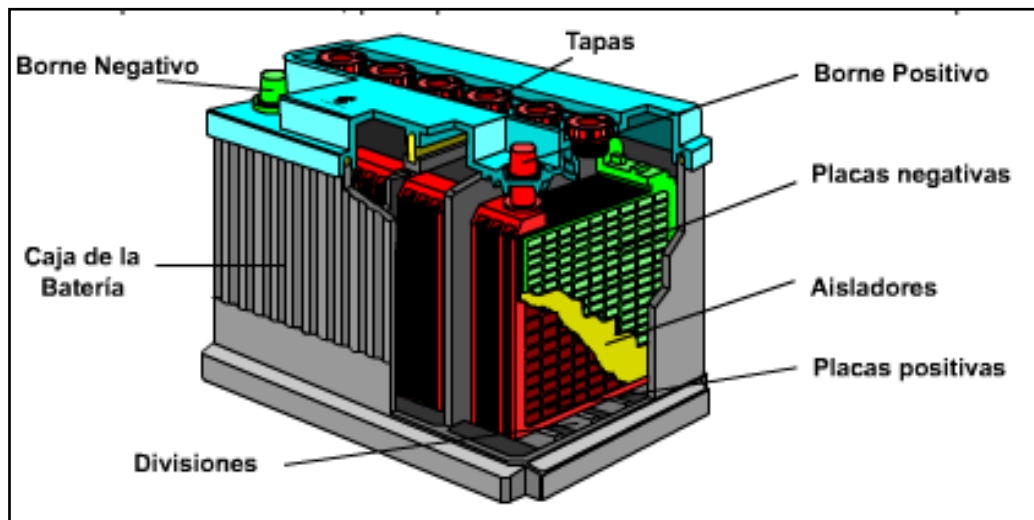


Gráficos No 2. 32: Acumulador

Fuente: Horst Bauer, Heinz Diesch, Jurgen Crepin, Foikhart Dinkle, Baterías sistemas eléctricos y electrónicos para automóviles, 2005, p 1

La composición de las baterías se da por las placas de plomo que se encuentran formadas o tejidas en manera de rejilla, con filas y columnas gruesas encargados de guiar la corriente al puente de placas. Las placas son generalmente de plomo pero

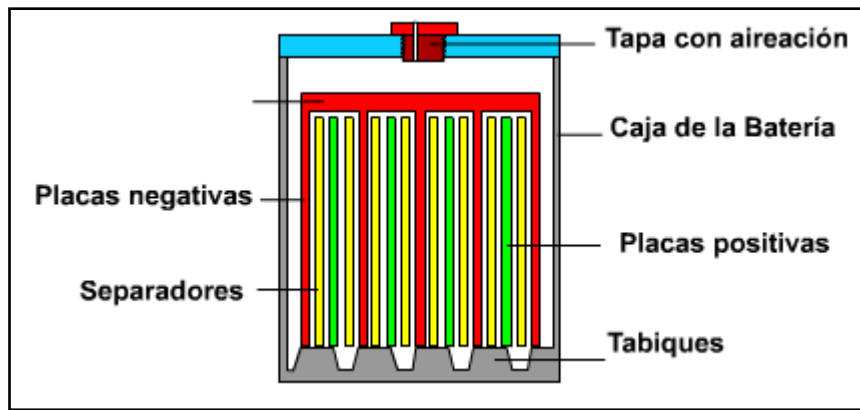
pueden tener aleaciones de antimonio que le da la cualidad de mayor tenacidad. Entre las placas positivas y negativas existen separadores que no permiten el contacto entre dichos elementos, los mismos que son construidos de materiales aislantes y porosos que permiten al ácido diluido en agua destilada o electrolito que circule libremente entre las placas. Este material tiene que ser muy duradero ya que tiene que combatir la corrosión que produce el ácido sulfúrico, uno de los materiales más utilizados es el caucho micro poros, madera, fibra de vidrio, plásticos, vinílicos o polietileno.



Gráficos No 2. 33: Batería

Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 110.

Las celdas por las que se encuentra formada una batería de vehículo producen un aproximado de 2 voltios. Y para poder generar mayor voltaje se conecta las celdas en serie hasta conseguir el voltaje deseado. Cada celda está constituida de placas mientras más placas tengan, el vaso o celda mayor será su capacidad de almacenamiento de la batería.



Gráficos No 2. 34: Celdas

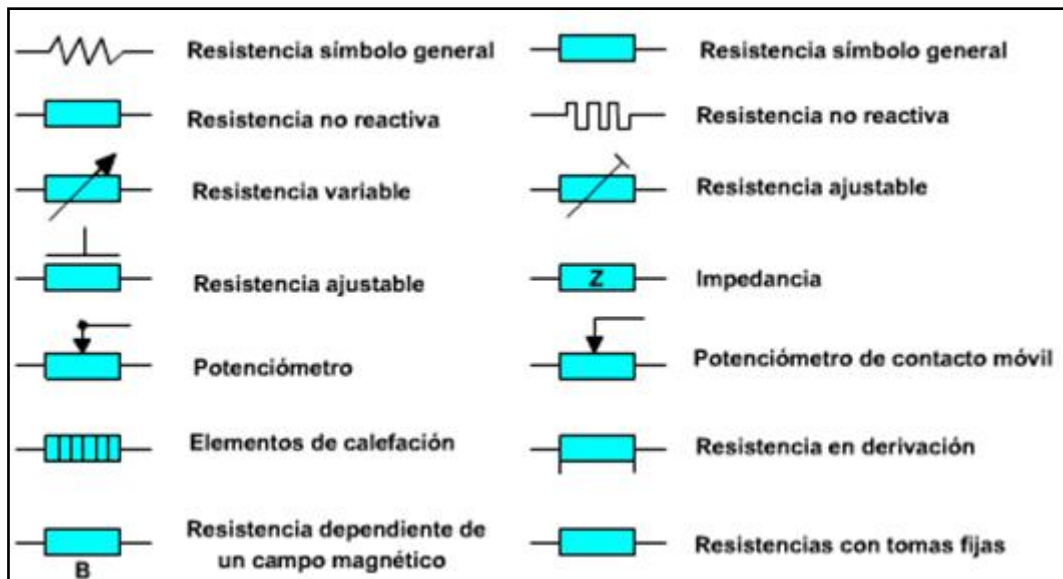
Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 111.

2.3.5. Resistencia eléctrica

Una resistencia es un consumidor que se encuentra conectado a un circuito sea de corriente alterna o continua y que se opone al libre movimiento de los electrones más conocida como resistencia. Los materiales tienen una propiedad eléctrica llamada conductibilidad, las resistencias se caracterizan por tener una mala conductividad eléctrica, este elemento está diseñado para controlar el paso de corriente eléctrica dependiendo de su magnitud resistiva.

Las resistencias se miden en Ohmios y se representan con la letra Omega (Ω), cualquier consumidor produce una resistencia al paso de la corriente, por ejemplo en un circuito una resistencia puede ser un motor, foco, bobina, led, resistencias.

Las aplicaciones de las resistencias son principalmente utilizadas en la electrónica, y son fabricados en una alta gama según la necesidad es decir existen valores de Ohmios, kilo-ohmios, mega-ohmios, etc. En el siguiente gráfico podemos observar los símbolos y tipos de resistencias eléctricas.



Gráficos No 2. 35: Símbolos

Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 140.

Las resistencias pueden tener diferentes secciones, longitudes, por lo general si tenemos una sección grande y una pequeña longitud la corriente tendrá mayor facilidad para atravesarla, pero si la resistencia es delgada y larga la corriente tendrá mayor dificultad, ya que los electrones tendrán que reagruparse y disminuirá el área por donde ellos tendrán que circular además que la longitud por donde transitarán será mayor. Esto es semejante a un cable cuando este es de mayor sección la corriente tiene facilidad de circular por lo que podemos enviar mayor amperaje, pero si el cable es pequeño en su sección este produce una resistencia a la corriente calentándose obligando a que la corriente sea menor.

Un Ejemplo de este fenómeno se puede ver cuando una resistencia de una sección grande y poca longitud marca un valor de 5Ω , y si a la misma resistencia se duplica su longitud la resistencia será de 10Ω .

Las resistencias cuentan con una tabla de color que nos permite identificar su valor de resistencia, estos colores se encuentran impresos en cada una de estos elementos eléctricos; La primera franja de color identifica el primer valor, la segunda indica el segundo valor, la tercera el número de ceros y la última nos da la tolerancia que presenta cada una de las resistencias.

NUMERO	COLOR
0	NEGRO
1	MARRON
2	ROJO
3	NARANJA
4	AMARILLO
5	VERDE
6	AZUL
7	VIOLETA
8	GRIS
9	BLANCO

Negro	=	0
Marrón (Café)	=	1
Rojo	=	2
Naranja	=	3
Amarillo	=	4
Verde	=	5
Azul	=	6
Violeta	=	7
Gris	=	8
Blanco	=	9
Dorado	=	- 1 % 5 %
Plateado	=	- 2 % 10 %
Sin color	= 20 %

Gráficos No 2. 36: Nomenclatura resistencias

Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 140.

Cuando se mide una resistencia a través de un multímetro no necesariamente se observara la resistencia exacta, por esta razón la cuarta franja demuestra la tolerancia o porcentaje que puede oscilar el valor.

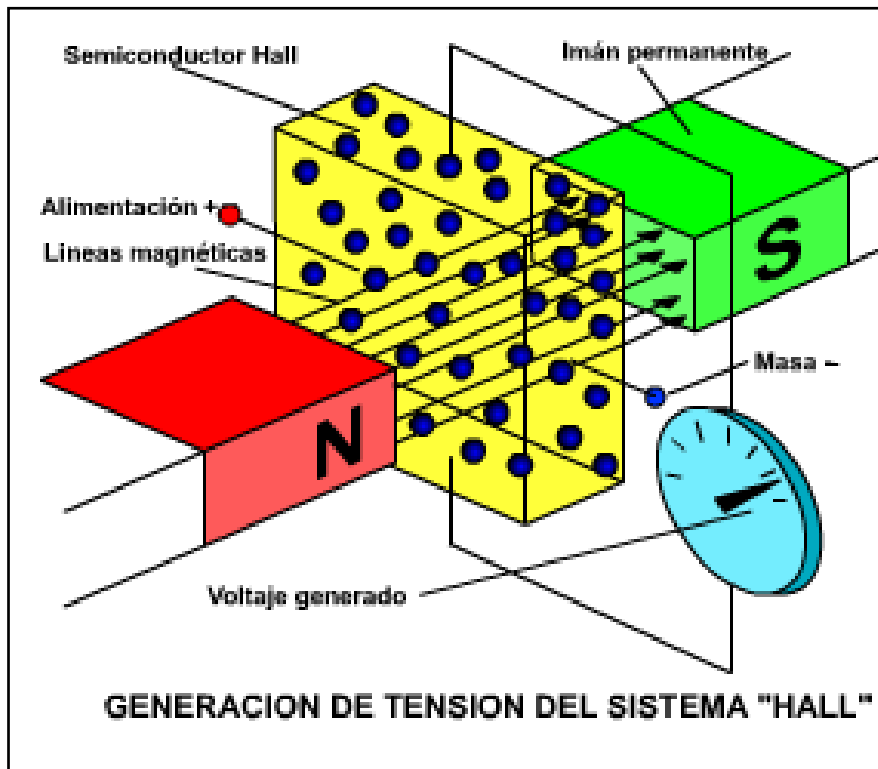
Las resistencias se pueden clasificar en dos subgrupos las de valor fijo y las de valor variable, en la actualidad existen mayor gama de resistencias que varían según diferentes factores como, temperatura, luz, magnetismo, presión, tensión entre otras.

Las resistencias variables son muy comunes en el uso de la electrónica, ya que su resistencia puede ser variada según la necesidad del usuario, existen diferentes tipos los más conocidos son los potenciómetros que se utilizan para circuitos con poca corriente, los reóstatos que se utilizan para circuitos con mayor cantidad de corriente.

Como antes se mencionó existen resistencias que varían según factores tal como las foto- resistencias que varían según la luz que entra a su cuerpo, los termistores que dependen de la temperatura existen dos clases los de coeficiente negativo o NTC que a mayor temperatura su valor de resistencia disminuye, y a su vez el termistor de coeficiente positivo o PTC que a mayor temperatura su resistencia aumenta.

El varistor es una resistencia que depende de la tensión de corriente eléctrica, es decir que su Ohmiaje depende del voltaje del circuito, cuando aumenta la tensión su resistencia disminuye.

Existen otras resistencias que varían según la presión se hidráulica, atmosférica, neumática la misma que disminuye cuando se aumenta la presión, también hay las resistencias que varían cuando un campo magnético se acerca a su cuerpo organizando las moléculas de diferente manera y bajando el valor de resistencia.



Gráficos No 2. 37: Semiconductor

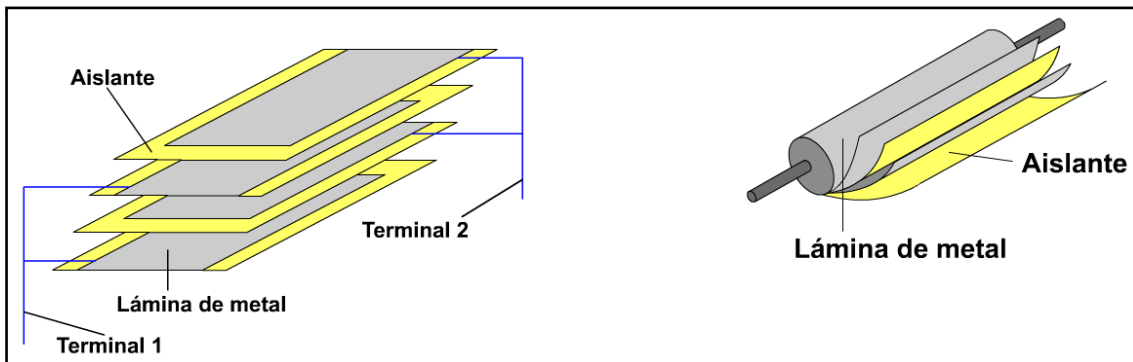
Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 155.

2.3.6. Condensadores o capacitador

Este elemento eléctrico es un acumulador de corriente que permite almacenar energía sin diferenciar si es corriente continua o alterna. Está formado por dos láminas metálicas, que se encuentran separadas por un elemento aislante que evite el contacto de dichas placas.

Los capacitores se utilizan para estabilizar los circuitos ya que almacenan corrientes y picos, una vez que se desconecta la corriente de sus terminales el condensador descarga la corriente eléctrica que se encontraba almacenada de forma de un campo eléctrico.

Los capacitores varían su capacidad dependiendo de su tamaño físico, es decir la superficie de las láminas metálicas. Como factor de su capacidad también se encuentra el aislante que separa dichas placas el mismo que es de material dieléctrico, la última variable que altera la capacidad de almacenamiento es la tensión y el voltaje que se suministre al componente eléctrico.



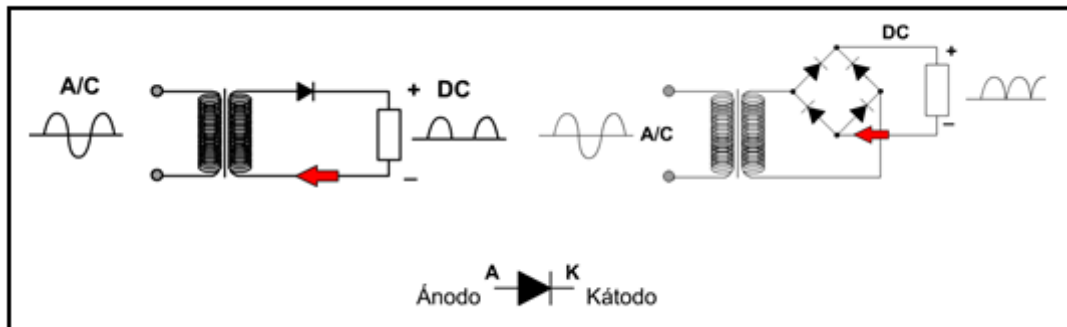
Gráficos No 2. 38: Condensador

Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 160.

2.3.7. Diodos

Los diodos son materiales semiconductores que cumplen la función de paso de corriente de un sentido pero del otro lo impide, es semejante a una válvula Check ya que permite el flujo de electrones de un sentido pero del otro lo bloquea, por esta razón este elemento es en un sentido un buen conductor pero en el otro se comporta como un aislante.

Los diodos son muy comunes como elementos rectificadores de corriente, ya que permiten el paso de la corriente en un solo sentido obligando a que la corriente alterna rectifique su onda. Existe un elemento llamado puente de diodos que no es más que un conjunto de 4 diodos conectados entre sí que rectifican la onda sinusoidal de la corriente alterna en continua.



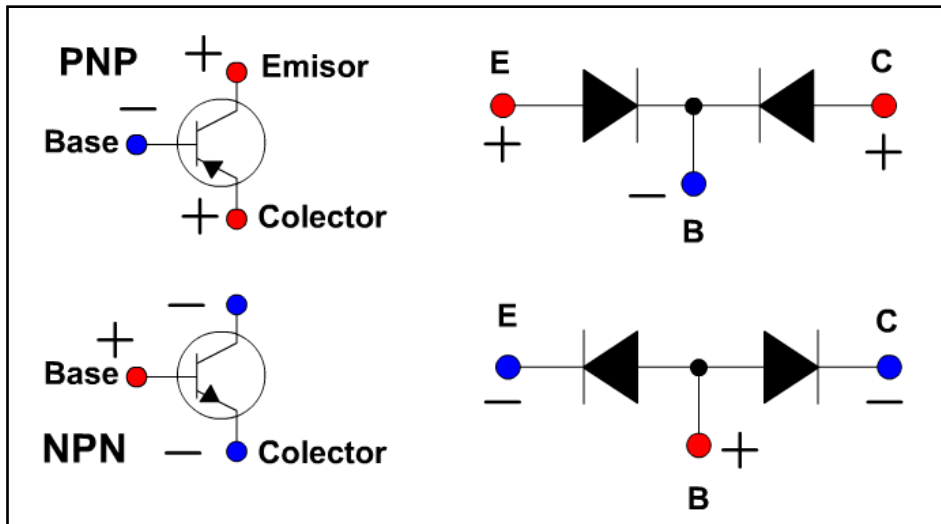
Gráficos No 2. 39: Diodos

Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 55.

2.3.8. Transistor

El transistor se puede decir que es la unión de dos diodos y pueden ser de dos tipo NPN y PNP, y sus elementos son el la base el emisor y el colector, este elemento permite el paso de la corriente entre el emisor y el colector cuando se da una señal a la base, es decir funciona como un relé electrónico que tiene la cualidad de poder amplificar o abrir su compuerta con una señal muy pequeña.

La diferencia de los dos tipos de transistores está dada por los materiales donde N es un material cargado electrónicamente negativo, mientras que P está cargado positivamente, cuando tenemos un transistor PNP la señal de apertura de la compuerta que se debe hacer en la base será negativa la que controlara el paso de corriente positiva entre el emisor y el colector, mientras que si el transistor es NPN su base debe ser accionada con una señal positiva y la compuerta controlará un paso de corriente negativa. Para identificar estos transistores se ha colocado una flecha que entra en la base cuando es PNP y una que sale de la base cuando es NPN.



Gráficos No 2. 40: Transistores

Fuente: Coello Serrano Efrén, Electricidad y electrónica automotriz, 2008, p 155.

CAPÍTULO 3

3.1. Diseño del circuito eléctrico

Para el diseño del sistema de distribución controlada electromagnéticamente se debe tomar en cuenta distintos elementos que en el capítulo anterior fueron explicados. Tras plantearnos el objetivo se procedió a buscar un diseño que permita controlar las válvulas del motor bajo las condiciones normales de funcionamiento. Tomando en cuenta dichos factores se requiere de un sistema que logre accionar las válvulas en poco tiempo.

Cálculo de las pulsaciones por en las válvulas a 600 RPM (ralentí):

Velocidad motor o cigüeñal: 600RPM

Velocidad motor en segundos: $600\text{RPM} = \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} = 10 \text{ RPS}$

Velocidad del árbol de levas con respecto al motor = $\frac{1}{2}$

Velocidad del árbol de levas en ralentí = $\frac{10}{2} = 5 \text{ RPS}$

Por cada vuelta que realiza el árbol de levas acciona una vez a cada válvula por lo tanto si tenemos 5 RPS en ralentí se necesita un mecanismo que pueda accionar a cada válvula 5 veces por cilindro.

Si el motor gira a 5000RPM (velocidad cigüeñal) el cálculo es el siguiente.

Velocidad motor o cigüeñal: 5000 RPM

Velocidad motor en segundos: $5000 \text{ RPM} = \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} = 83.33 \text{ RPS}$

Velocidad del árbol de levas con respecto al motor = $\frac{1}{2}$

Velocidad del árbol de levas en ralentí = $\frac{83.33}{2} = 41.66 \text{ RPS}$

Por lo tanto, las válvulas deben accionarse 41.66 veces por segundo lo que implica una gran frecuencia y un gran desempeño.

Para lograr un mecanismo que demuestre nuestros objetivos, se diseñó el sistema en base a solenoides eléctricos los cuales pueden funcionar con mucha fuerza y alta frecuencia que puede ser controlada electrónicamente.

3.1.1. Funcionamiento, selección y dimensionamiento de los elementos electrónicos aplicados al proyecto.

3.1.1.1. Hardware

En este módulo se va a explicar el diseño y construcción del hardware es decir la parte física del circuito eléctrico que controla a los solenoides. Para empezar se realizó un dimensionamiento de los materiales que vamos a utilizar en la construcción del circuito que en un principio se lo realizara en una protoboard para facilitar la conexión de los elementos. Posteriormente se hará pruebas donde se saquen algunas conclusiones del funcionamiento de los distintos elementos y revisar si es necesario realizar circuitos de acondicionamiento para que la señal sea la ideal, en otros casos circuitos de potencia para controlar a las bobinas de los relés que accionarán a los solenoides. Para la distribución de los elementos se va a realizar en dos circuitos separados:

- Circuito de fuerza o potencia: Circuito de accionamiento para dos Mosfets de 12v de una batería de vehículo convencional con coeficiente de arranque en frío de 650A.
- Circuito de control: Circuito para el sensor de revoluciones y pulsos de sensor fase o posición de inicio ciclo, para el accionamiento de los mosfets, micro controlador y LCD, con una alimentación de una fuente de 12 voltios a través de un transformador.

A continuación se presenta el diseño de cada uno de los circuitos para las placas anteriormente mencionadas.

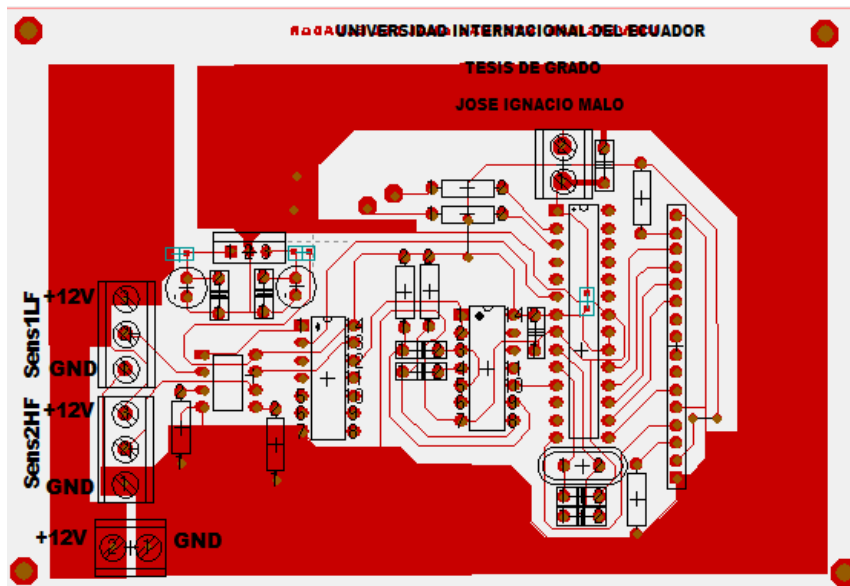


Gráfico No 3. 1: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

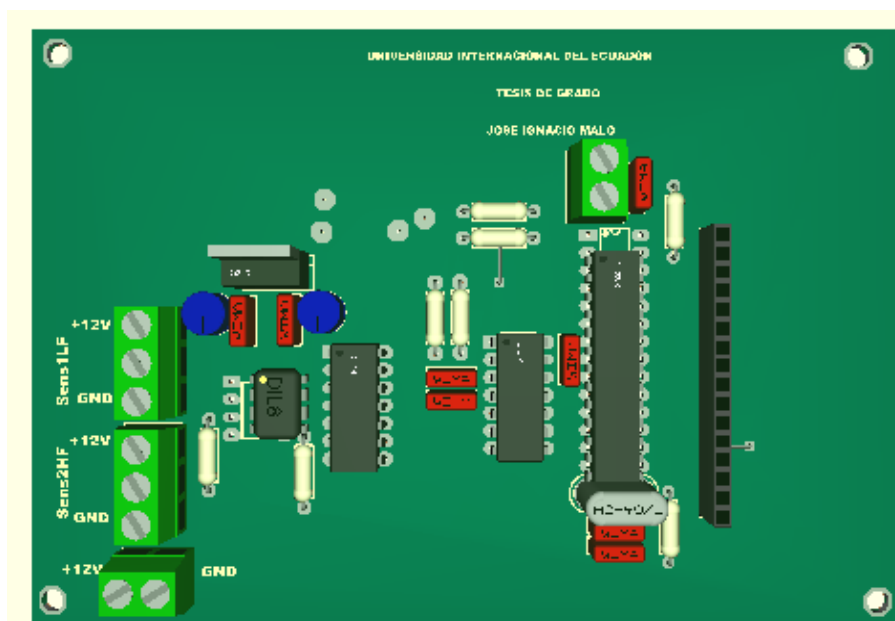


Gráfico No 3. 2: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

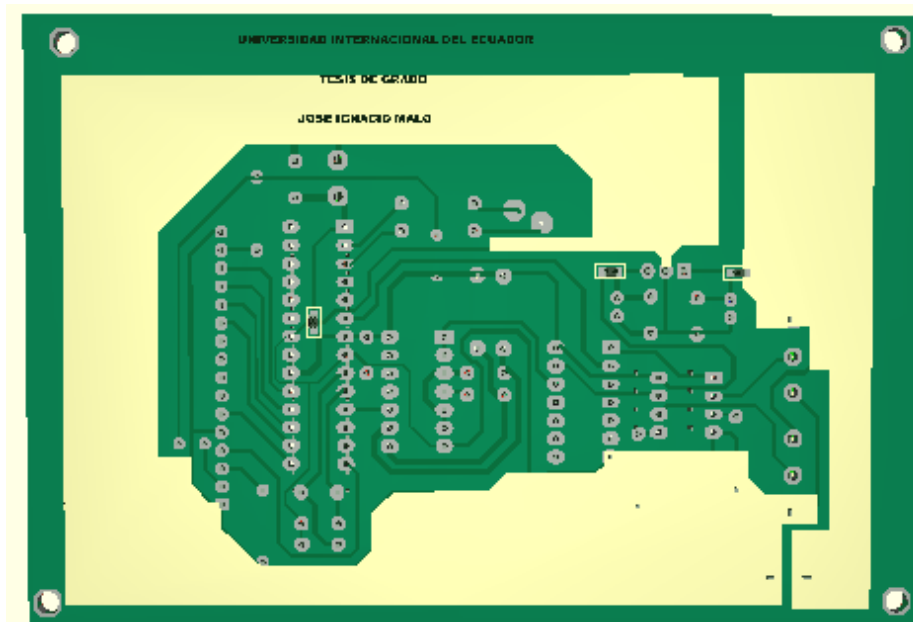


Gráfico No 3. 3: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

3.1.1.2. Arquitectura del hardware

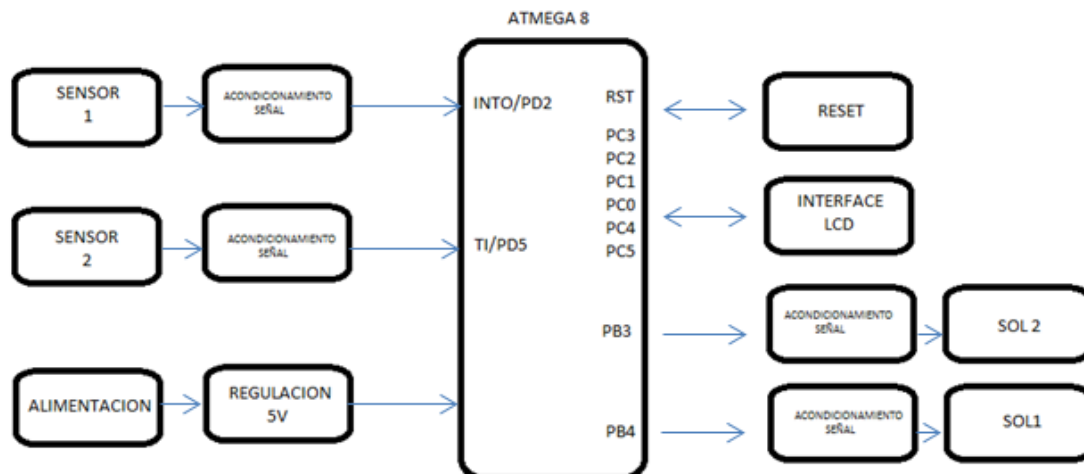


Gráfico No 3. 4: Arquitectura del hardware

Elaborado por: José Ignacio Malo

Como vamos a ver a continuación se diseñó circuitos de acondicionamiento para todas las señales excepto para los datos que se transmiten hacia y desde el LCD ya que estos no necesitan filtros ni circuitos de potencia.

Para que el usuario del sistema pueda visualizar los parámetros monitoreados es necesario el diseño de un interfaz hombre - máquina basado en un programa en la plataforma de Windows, que en este caso será BASCOM-AVR.

En la arquitectura del hardware se tomó en cuenta las señales de entrada y salida del micro procesador, como también los diferentes componentes que se deben utilizar para aclarar las señales, prevenir los ruidos o interferencias en la lectura y acciones del micro procesador. Por esta razón se diseñó un sistema que cuenta con muchos capacitores y resistencias que mantienen una calidad clara en las operaciones del procesador.

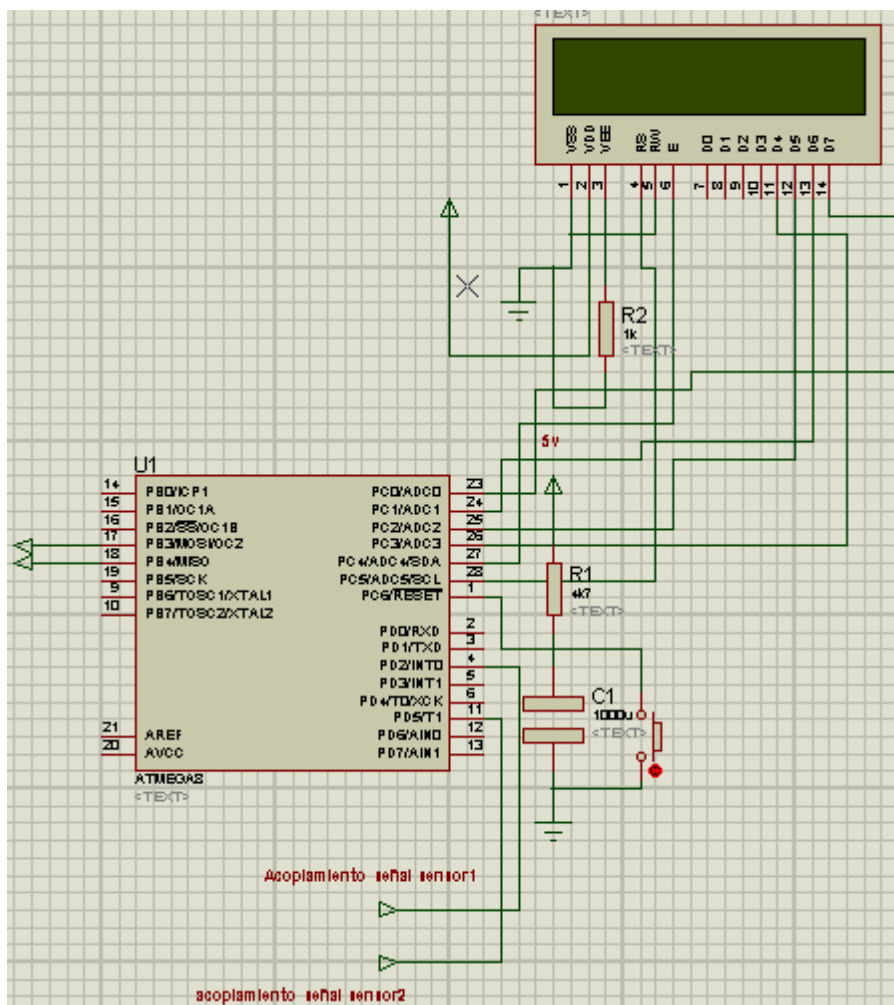


Gráfico No 3. 5: Arquitectura del hardware

Elaborado por: José Ignacio Malo

3.1.1.3. Fuente de alimentación

Para la alimentación del sistema se utilizara una batería de 12v con coeficiente de arranque en frio de 650^a, ya que algunos componentes como son el motor de arranque, los sensores de efecto Hall requieren de una alimentación de 12V, Para efectos de alimentación del Micro procesador fue necesario realizar un circuito donde podamos obtener una fuente de 5v que sea estable y separada del circuito de potencia.

Se optó por usar un regulador de voltaje 7805 el cual recibe 12v y a la salida nos entrega 5v estables, la distribución de los pines podemos ver en el siguiente gráfico. Adicionalmente fue necesario colocar un filtro para estabilizar la señal de ingreso al micro controlador e impedir variaciones de voltaje, este filtro consta de un condensado a la entrada del regulador, uno de 25 pF.

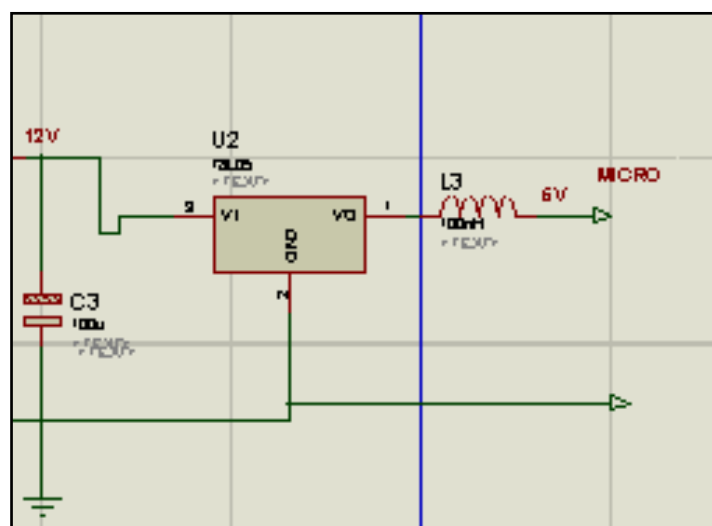


Gráfico No 3. 6: Circuito de la fuente de 5v

Elaborado por: José Ignacio Malo

3.1.1.4. Micro controlador

El micro controlador es un circuito integrado encargado de tomar los datos, y controlar actuadores en base a señales de entrada, también almacena y envía a una pantalla LCD donde podemos visualizarlos. En el presente proyecto se utilizó el micro controlador ATMEGA8 el cual cuenta con 28 pines, alimentación, reset, tierra, puertos de entrada y salida de señales digitales (con funciones especiales). Los puertos PORTD, PORTB,

para entradas de los sensores de CKP y CMP. A su vez los puertos PORB3, PORB4, que serán configuradas para la salida a los solenoides.

En el AVR no es necesario colocar un cristal u oscilador de frecuencia, ya que este micro procesador tiene internamente un circuito oscilador, esto es un beneficio muy grande ya que la vibración en el mecanismo son muy alta y esto es muy perjudicial con los cristales, al ser interno este circuito el micro controlador es más robusto.

A continuación se muestra un gráfico de los pines del ATMEGA8.

Se escogió este micro procesador por su gran robustez, precio económico, simplifica los circuitos ya que no necesita un cristal y adicionalmente cuenta con un contador a tiempo real que es necesario para el desarrollo de esta tesis.

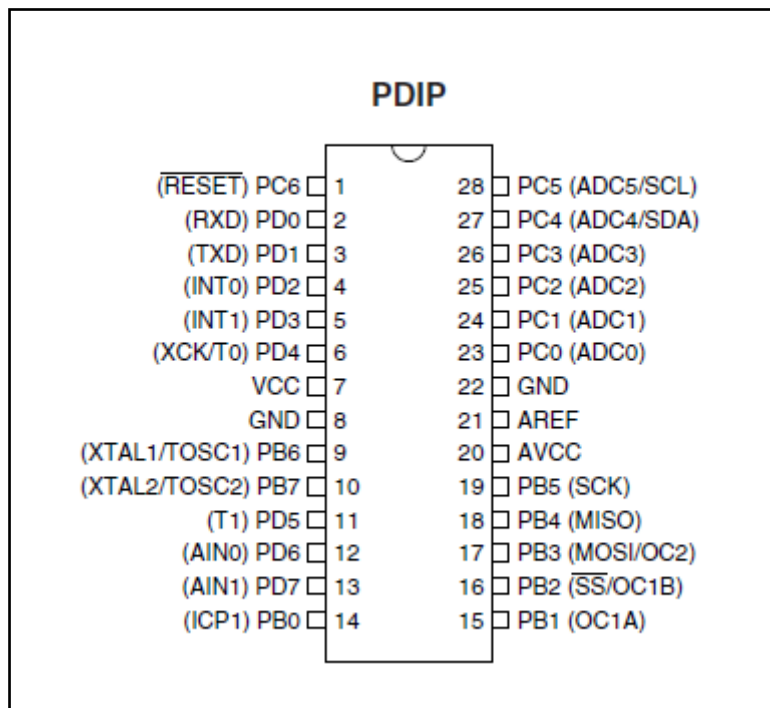


Gráfico No 3. 7: Pines del ATMEGA8

Elaborado por: ATMEL corporation (2011), AVR with 8KBytes in-System
Programmanle Flash manual, ATmega8, pag 2.

3.1.1.5. LCD

El LCD consiste en un circuito integrado en el cual podemos visualizar el monitoreo del control de los solenoides de accionamiento de las válvulas. El LCD que vamos a utilizar consta de 16 pines y la visualización de los caracteres se consigue a través de 2 líneas con 16 caracteres alfanuméricos. La resolución de la pantalla es de 128x64 píxeles, el brillo de la pantalla puede ser regulado a través de un potenciómetro.

La distribución de los pines se presenta continuación:

- Tierra
- Alimentación 5v
- Regulación del brillo de la pantalla
- Controlador RS
- Tierra
- Controlador E
- Bus de datos
- Bus de datos
- Bus de datos
- Bus de datos
- Positivo iluminación pantalla
- Negativo iluminación pantalla

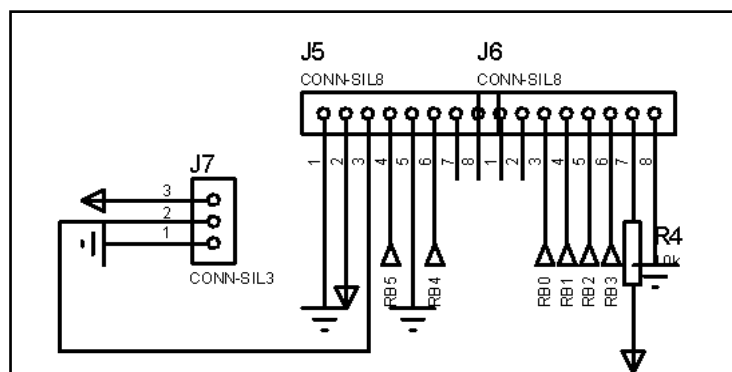


Gráfico No 3. 8: Circuito del LCD

Elaborado por: José Ignacio Malo

3.1.1.6. Circuito de potencia

Los Mosfets son dos switch (uno para accionar la válvula de admisión y otro para la de escape) encargados de enviar una señal que abre un puente para cerrar el circuito a tierra y de esta manera accionar el campo magnético de los solenoides, que a su vez accionarán las válvulas.

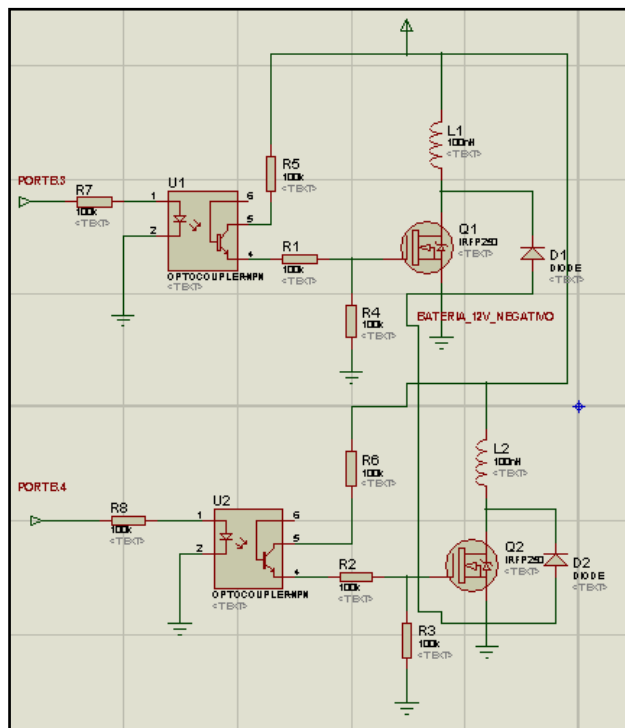


Gráfico No 3. 9: Circuito de potencia

Elaborado por: José Ignacio Malo

Para aislar el sistema de potencia con el sistema de control se diseña un circuito en el que existe un componente llamado OPTO acoplador, el mismo que recibe una señal del microprocesador e internamente prende un led el mismo que afecta a un fototransistor y abre el circuito de potencia. De esta manera los dos sistemas son independientes hablando en el tema de corriente (voltaje, amperaje, etc), es un switch óptico.

Con la ayuda del OPTO cerramos o abrimos un circuito que cuenta con un Mosfet y dos resistencias de 1K Ohmio, además del solenoide que accionara la válvula. En otras palabras el Mosfet es un transistor con gran capacidad para soportar corrientes elevadas (6 a 8 A). Estos elementos son NPN por lo que su base es activada por una señal positiva en la base del transistor o Mosfet. Todo este sistema es elaborado para amplificar la señal del micro controlador y de esta manera poder manejar corrientes de mucho mayores sin exceder el límite de tolerancia de ningún componente del circuito.

El valor de la resistencia se obtuvo de la siguiente manera:

$$I_{Rc} = 6\text{mA}$$

$$V_{Rc} = 12\text{v}$$

$$R_c = \frac{V_c}{I_c}$$

$$R_c = \frac{12}{6}$$

$$R_c = 2K\Omega$$

3.1.2. Estructura del motor 175cc TECHNO

- Motor: Mono cilíndrico 4 tiempos
- Cilindrada: 175 cc
- Potencia máxima: 6.5 / 7500 (kw/rpm)
- Par máximo: 9.86 /4500 (n.m/rpm)
- Diámetro y carrera: 57.4 mm x 57.6 mm
- Encendido: CDI
- Arranque: Pedal/eléctrico
- Enfriamiento: Aire
- Consumo de combustible: 130 km / galón

Como primer paso se observó el sistema de distribución que el motor presentaba, donde se analizó su funcionamiento, es una distribución a través de piñones y una sola leva

para el accionamiento de dos balancines que conectaban a través de un varillaje a la parte superior del cabezote, aquí otro conjunto de balancines son encargados de accionar las válvulas de escape y admisión dependiendo de la distribución. El piñón principal está conectado directamente al árbol de levas y transmite su movimiento a un segundo piñón, que cuenta con la mitad de dientes dándonos como resultado una relación de 2 a 1.

Adicionalmente se pudo observar que cuenta con una bomba de aceite que comunica los elementos del motor. Esta bomba está conectada directamente al cigüeñal y su constitución es de piñones.

El motor está constituido por 4 secciones principales, el cabezote o culata, el cilindro, la caja inferior o bancada del cigüeñal y árbol de levas, y la caja de transmisión. Este motor en singular se puede desarmar cada una de estas partes a través de tapas y pernos que aseguran el sistema.

Cuenta con un sistema de arranque conectado continuamente y que se acopla por medio de un embrague unidireccional. El mismo que está solidario al cigüeñal del motor.

3.2. Diseño del mecanismo electromagnético para el accionamiento de las válvulas de admisión y escape en un motor de combustión interna tipo Otto

3.2.1. Diseño del sistema electromagnético.

El solenoide que se necesita para la elaboración de este proyecto debe cumplir con algunas condiciones, su estructura debe mantener las dimensiones adecuadas para adaptarlo dentro del mecanismo, su forma tiene que basarse en una potencia eléctrica de 12v ya que es para un vehículo, su fuerza debe pasar los 100N y su frecuencia mínima es de 5Hz para ralentí. Por este motivo se toma en cuenta las opciones que proporciona el mercado y comparamos con los datos o requisitos para el sistema. La marca Valeo proveedores de motores de arranque para Nissan y Renault cuentan con un solenoide de 140 vueltas, con un alambre de 0.8mm capaz de generar fuerza hasta 200N. Este solenoide es ideal para la implementación del sistema electromagnético.

$N=140$

$D=0,8$

$F=200N$

Dimensiones

$L=6cm$

$D=4,5cm$

3.2.2. Diseño de los muelles de las válvulas

El primer paso para diseñar el sistema de accionamiento electromagnético en el motor 175 cc de un solo cilindro con 9 Cv, es construir los muelles de las válvulas de una tensión mucho menor que permita al solenoide mover las válvulas sin mayor esfuerzo, pero a su vez que mantenga la hermeticidad de los cilindros. Cumpliendo esto se observó que los muelles originalmente eran dobles y una sección de 4 mm con 8 espiras, al dimensionar se vio que estos muelles empezaban a ceder a los 25kg fuerza.

Para poder medir la fuerza que va a accionar la válvula por parte del solenoide se realizó una prueba práctica donde se midió con una balanza de gancho, la misma que fue conectada al extremo de acción del solenoide de forma que cuando el solenoide se energice y genere su fuerza de atracción, la balanza medirá en libras su fuerza. Este proceso nos dio como resultado una medida exacta del accionamiento del solenoide y por ende el que va a ser empleado en la válvula de admisión y escape $F= 75N$.

También es necesario conseguir algunos datos importantes para el diseño del muelle, tales como el diámetro en donde el resorte se alojara el resorte, sobre todo el diámetro interno del resorte; en este caso se mide el asiento del resorte en el cabezote y se define el diámetro ($D_i=18mm$), como último dato necesario para el cálculo del resorte es la longitud del resorte cuando este se encuentre completamente accionado ($L_c=24mm$).

El cálculo del muelle se deriva en un conjunto de ecuaciones que buscan la capacidad técnica del resorte en el accionar y sus dimensiones, todo esto en base al tipo de acero que se desee emplear para su construcción. Las principales funciones son los momentos de torsión, su resistencia a la torsión, flexibilidad entre otras. La forma más

precisa de generar dicho dimensionamiento es a través del uso de herramientas de cálculo tales como una hoja electrónica que permita realizar esta construcción y diseño en base a las diferentes variables.

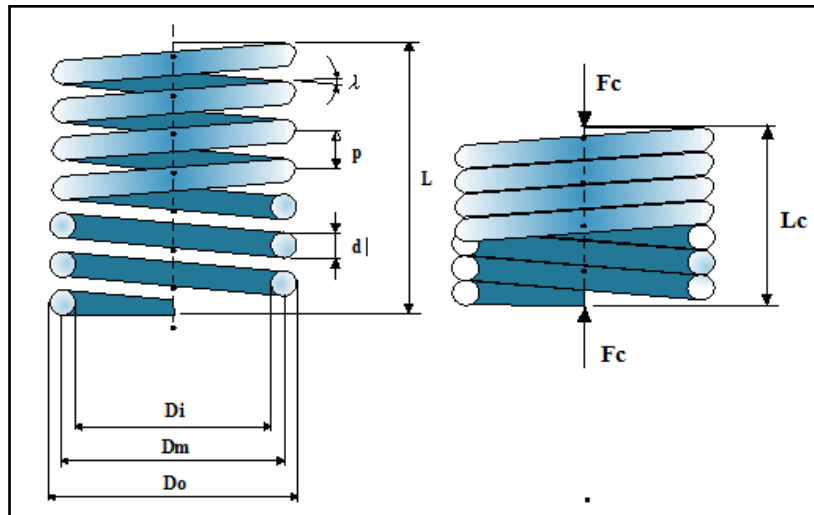


Gráfico No 3. 10: Muelles

Elaborado por: José Ignacio Malo

Datos iniciales para el diseño del resorte de la válvula de admisión y escape del motor controlado con el sistema electromagnético.

- $L_c = 24\text{mm}$
- $L = 44\text{mm}$
- $P = 6.1\text{ mm}$
- $D = 24\text{mm}$
- $d = 2.03\text{mm}$
- $D_i = 18\text{mm}$
- $r = 12\text{mm}$
- $F = 75\text{N}$
- $L_c < 30\text{ mm}$

Tabla de constantes para calcular resistencias de tensión mínimas de los aceros comunes para resortes:

TABLA No 3.1: Muelles

CONSTANTES PARA CALCULAR RESISTENCIAS DE TENSIÓN MÍNIMAS DE LOS ACEROS COMUNES PARA RESORTES				
MATERIAL	ASTM NÚM	EXPONENTE m	INTERCEPCIÓN	
			A, kpsi	A, Mpa
Alambre para cuerda musical a	A228	0.163	186	2060
alambre revenido en aceite b	A229	0.193	146	1610
alambre estidado duro c	A227	0.201	137	1510
al cromo-vanadiod d	A232	0.155	173	1790
Al cromo-silicio e	A401	0.091	218	1960

a La superficie es lisa, no tiene defectos y posee brillante acabado lustroso.
b Tiene una ligera capa de escoria proveniente del tratamiento térmico, la que debe quitarse antes de aplicar recubrimiento.
c La superficie es lisa y brillante, sin marcas visibles.
d Alambre revenido de calidad para aviones; también puede obtenerse recocido.
e Revenido de Rockwell C49, pero también puede obtenerse sin revenir.

Elaborado por: Shingley Joseph E, Mischke Charles R, Diseño en ingeniería mecánica, quinta edición, p 468.

Según el libro de física: Shingley Joseph E, Mischke Charles R, Diseño en ingeniería mecánica, quinta edición, p 468. Las fórmulas que se deben realizar para el diseño de un resorte son las siguientes.

$$\tau_{max} = \pm \frac{Tr}{J} + \frac{F}{A}$$

Dónde:

τ_{max} = Esfuerzo máximo

$\frac{Tr}{J}$ = Formula de torsión

$\frac{F}{A}$ = Esfuerzo cortante

d= diámetro del alambre

D=Diámetro del resorte

r= Radió

$$T = \frac{FD}{2}$$

$$r = \frac{d}{2}$$

$$J = \frac{\pi d^4}{32}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Desarrollo

$$T = \frac{(75N)(0.024m)}{2} = 0.9Kg.m^3/s^2$$

$$\tau_{max} = \pm \frac{Tr}{J} + \frac{F}{A} = \pm \frac{0.9 \frac{d}{2}}{\frac{\pi d^4}{32}} + \frac{74}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

$$\tau_{max} = \pm \frac{0,45(2.03)}{0,09817(2.03)^4} (Pa) + \frac{74}{0,785398(2.03)^2} (Pa)$$

$$\tau_{max} = 54,968MPa$$

Esfuerzo cortante (τ):

$$\tau = \frac{8FD}{\pi d^3} + \frac{4F}{\pi d^2}$$

Índice del resorte(C):

$$C = \frac{D}{d}$$

$$C = \frac{24mm}{2,03mm}$$

$$C = 11,82$$

Esfuerzo cortante (τ):

$$\tau = k_s \frac{8FD}{\pi d^3}$$

k_s factor de corrección de esfuerzo.

$$k_s = \frac{2C + 1}{2C}$$

$$k_s = 1,042$$

Tipos de Extremos	L	Nt	Lc
Simple	$pNa + d$	Na	$dNa + d$

TABLA No 3.2: Fórmulas para muelles

Elaborado por: José Ignacio Malo

Por lo tanto:

$$L = pNa + d$$

$$Na = \frac{L - d}{p}$$

Dónde:

Na= número de espiras

$$Na = \frac{44mm - 2.3mm}{6.1mm}$$

$$Na = 6.836$$

$$Lc = dNa + d$$

$$Lc = 2.3mm(7) + 2.3mm$$

Na sube a su inmediato superior que es 7 por facilidad de construcción

$$Lc = 18.4mm$$

Como siguiente paso para el diseño del muelle es necesario medir el ángulo de inclinación entre espiras que se calcula de la siguiente manera.

$$\tau = \tan^{-1}\left(\frac{p}{\pi Dm}\right)$$

$$\tau = \tan^{-1}\left(\frac{6.1}{65.03}\right)$$

$$\tau = \tan^{-1}(0.0938)$$

$$\tau = 5.358^\circ$$

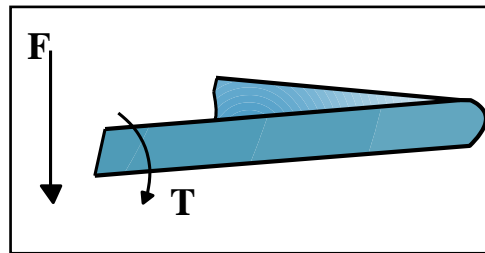


Gráfico No 3. 11: Fuerzas sobre la sección del muelle

Elaborado por: José Ignacio Malo

Con este diseño se tomó en cuenta los alambres y materiales que se encuentran en el mercado y se determinó que el alambre AISI 6150 con aleación de cromo y vanadio, como nos indica en el libro de Diseño en Ingeniería Mecánica “Éste es el acero aleado de uso más extenso en aplicaciones que implican esfuerzos más elevados de los que pueden emplearse con aceros al alto carbón, y donde son necesarias resistencia a la fatiga y alta durabilidad.” (Shingley Joseph E, Mischke Charles R, Diseño en Ingeniería Mecánica, p 477).

Se hicieron los diferentes análisis y se encontró que el sistema requiere un alambre muy delgado para el accionamiento de la válvula, pero a su vez es necesario que el resorte cierre el cilindro y sea hermético por lo que subimos la fuerza del resorte y se sobre dimensiono para evitar posibles fallas.

TABLA No 3.3: Muelles

NOMBRE DEL MATERIAL	ESPECIFICACIONES SIMILARES	DESCRIPCIÓN
Alambre para cuerda musical 0.80-0.95C	UNS G10850 AISI 1085 ASTM A228 - 51	Es el mejor material, el más tenaz y el más utilizado para resortes pequeños. Tiene la mayor resistencia a la tensión y puede soportar mayores esfuerzos bajo cargas repetidas que cualquier otro material de resorte. Se fabrica con diámetro de 0.12 a 3 mm (0.005 a 0.125 in). No se emplee a más de 120°C (230 °F) o a temperaturas bajo cero.
Alambre revenido en aceite 0.60-0.70C	UNS G10650 AISI 1065 ASTM A229 - 41	Este acero para resortes de uso general se emplea en muchos tipos de resortes helicoidales, cuando el costo del alambre para cuerda musical es prohibitivo o se requieren tamaños mayores que los de éste. No se emplee con cargas de choque o impacto. Se fabrica en diámetros de 3 a 12mm (0.125 a 0.5000 in), pero es posible obtener tamaños mayores o menores. No se use a más de 180°C (350°F) ni a temperaturas bajo cero.
Alambre estirado duro 0.60-0.70C	UNS G10660 AISI 1066 ASTM A227 - 47	Éste es el acero para resorte de uso general de menor costo, y debe utilizarse sólo donde la duración (o vida), la exactitud y la deformación no son muy importantes. Se fabrica en diámetro de 0.8 a 12 mm (0.31 a 0.500 in). No se emplee a más de 120°C (250°F) ni a temperaturas bajo cero.
Al cromo-vanadio	UNS G61500 AISI 6150 ASTM 231 - 41	Éste es el acero aleado de uso más extenso en aplicaciones que implican esfuerzos más elevados de los que pueden emplearse con aceros al alto carbono, y donde son necesarias resistencia a la fatiga y alta durabilidad. También sirve para cargas de choque o impacto. Es ampliamente utilizado en válvulas de motores de aviación y para temperaturas hasta 220°C (425°F). Se surte en clases de recocido y prerrevenido, con 0.8 a 12mm (0.031 a 0.500 in) de diámetro.
Al cromo-silicio	UNS G92540 AISI 9254	Esta aleación es un material excelente para resortes altamente esforzados que requieren larga vida y trabajan sometidos a cargas de choque. Usualmente su dureza Rockwell esta entre C50 y C53, y el material puede emplearse hasta con temperatura de 250°C (475°F). Se fabrica en diámetro de 0.8 a 12mm(0.31 a 0.500 in).

Elaborado por: Shingley Joseph E, Mischke Charles R, Diseño en ingeniería mecánica, p 477.

3.2.2.1. Diseño de la base del sistema electromagnético

Los solenoides deben mantenerse firmes al cabezote por lo que se debe crear una base que los mantenga y permita crear una unidad en el mecanismo, es necesario crear una platina que mantenga las mismas formas que la tapa válvulas y sea robusta para sostener los solenoides; el primer paso es sacar una matriz de dicho diseño.

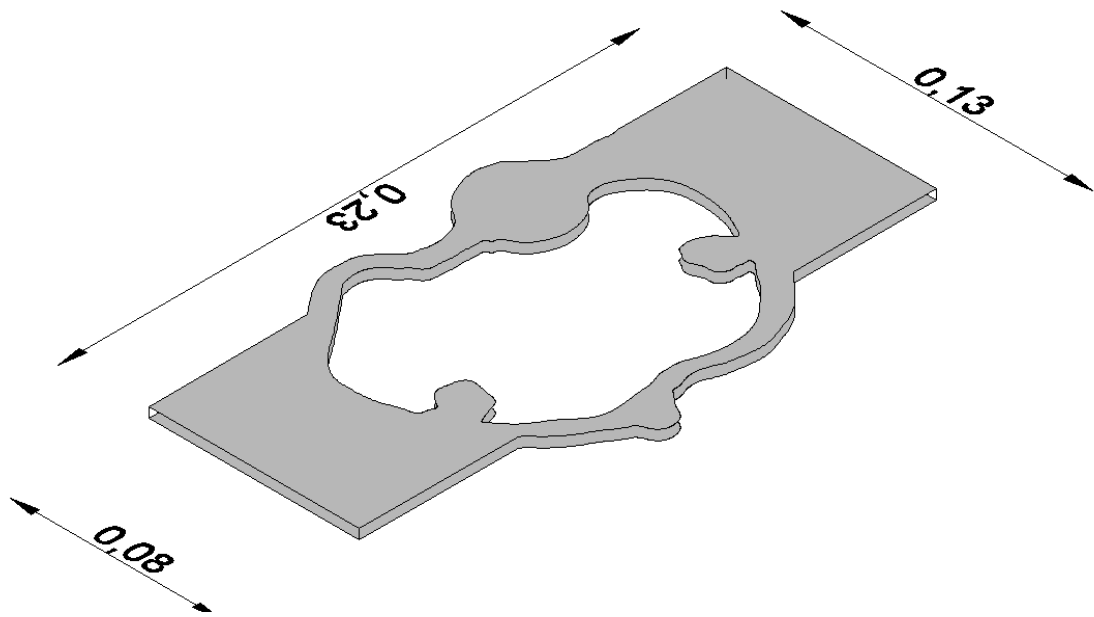


Gráfico No 3. 12: Medidas Base

Elaborado por: José Ignacio Malo

Con este elemento se procede a cortar una platina con las mismas dimensiones y curvas, esta pieza será la base donde se asentará todo el mecanismo por lo que es importante que sea precisa y firme. Es necesario generar unas extensiones que permitan sostener a los solenoides, para lograr esto la placa debe tener una modificación en sus extremos que sea lo suficiente mente grande y a su vez lo suficientemente compacta para que no fleje cuando el mecanismo esté en funcionamiento.

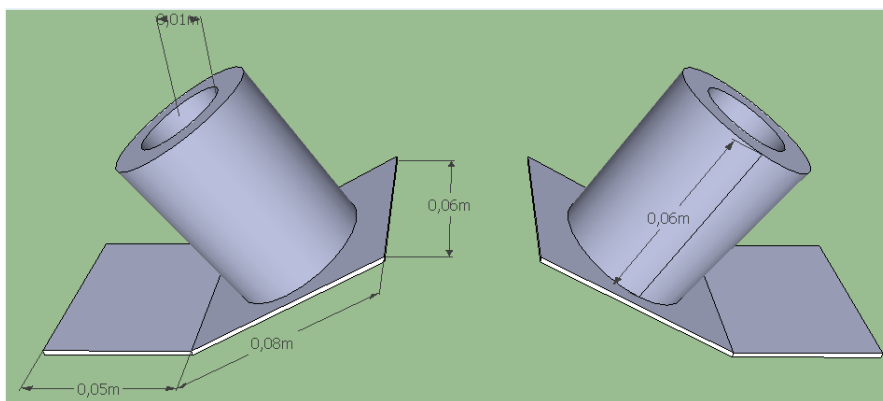


Gráfico No 3. 13: Diseño base

Elaborado por: José Ignacio Malo

Se debe crear un soporte para los solenoides que este diseñado con triángulos que mantengan la rigidez del sistema, para esto se diseña dos placas que sostenga al solenoide y junte a este con la base platina, formando un elemento solidario. Esto se logra con dos platinas y dos triángulos obtusos que al ser soldados forman una estructura sólida que mantiene juntos los elementos y está diseñada para cuando el solenoide se accione la fuerza del mismo no saque a este del soporte.

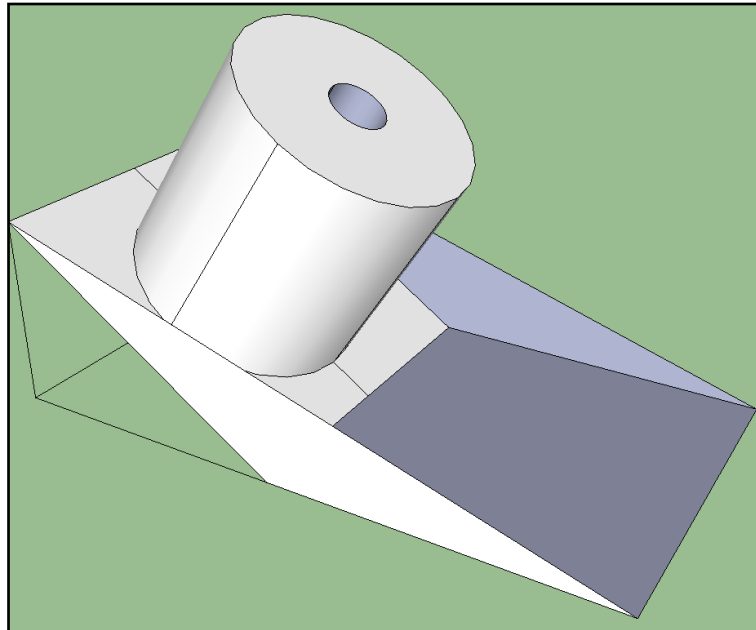


Gráfico No 3. 14: Diseño base solenoide

Elaborado por: José Ignacio Malo

En la fijación del solenoide se tiene que tomar en cuenta que la base del mismo tiene que ser de un cuerpo metálico con un grosor de 5mm ya que se necesita atornillarlo y por ende colocar roscas. La base metálica es un elemento sumamente importante para direccionar las ondas electromagnéticas, esta base cuenta con un extremo saliente que realinea las ondas y direcciona al núcleo de hierro, por esta razón es importante mantener un sistema ferroso. De la misma manera el solenoide está cubierto de un cuerpo de metal el mismo que concentra el campo magnético y por ende la fuerza electromotriz aumenta considerablemente. En los siguientes gráficos se puede observar el diseño de la base del solenoide.

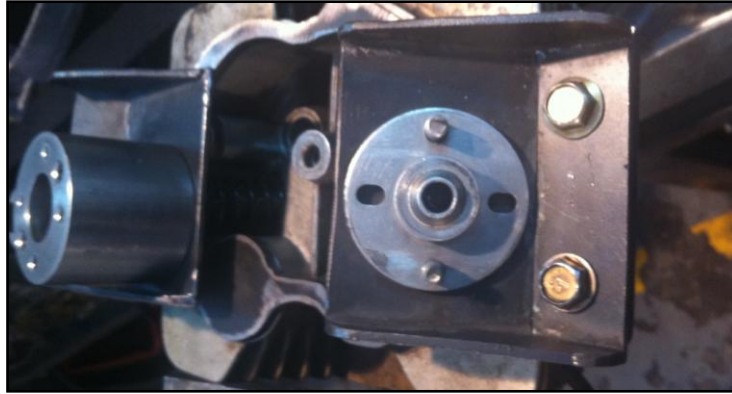


Gráfico No 3. 15: Base bobina

Elaborado por: José Ignacio Malo

3.2.2.2. Diseño de los solenoides y elementos internos

Es necesario recubrir las bobinas del solenoide con barniz para que se mantengan aisladas y sujetas en una misma posición. El cuerpo que sostiene al solenoide contra el cabezote tiene que tener el mismo ángulo que la válvula, ya que al accionar no el sistema tenemos que aprovechar toda la fuerza y que el movimiento tenga la menor fricción posible, por este motivo es importante utilizar una posición exacta, adicional a este diseño se debe mantener las superficies de rozamiento con aceite lubricante que mantendrá una capa deslizante y enfriará la bobina durante el funcionamiento.



Gráfico No 3. 16: Bobina

Elaborado por: José Ignacio Malo

En el diseño propuesto ya no se necesita aceite sobre el árbol de levas pero aún se requiere que la lubricación llegue a las guías de válvulas y a los solenoides.

Los solenoides tienen que tener un núcleo de hierro que se deslice por el centro del embobinado y este está direccionado por un cuerpo de bronce; el mismo que tiene propiedades de antifricción. El núcleo a su vez tiene un orificio enroscado donde un vástago es instalado, el mismo que tiene la función de transmitir el movimiento a la válvula; para que el movimiento sea exacto es importante colocar una contra tuerca que mantendrá al vástago en su posición, además de brindarnos la posibilidad de regular la altura que la válvula ingresada en el cilindro. Por cuestiones demostrativas y prácticas la maqueta tendrá un recorrido de 4mm en cada válvula. Es importante que el núcleo de hierro tenga una forma cónica que redireccionará el campo hacia la base del solenoide.

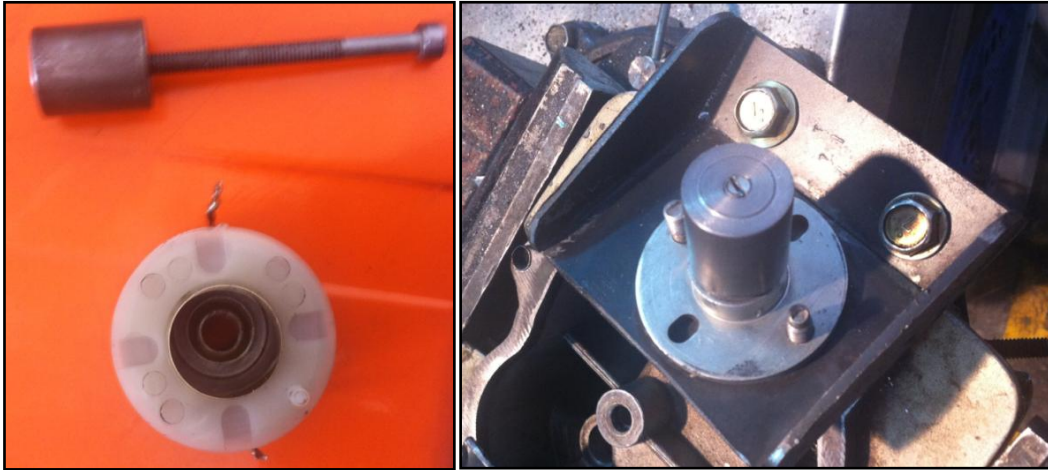
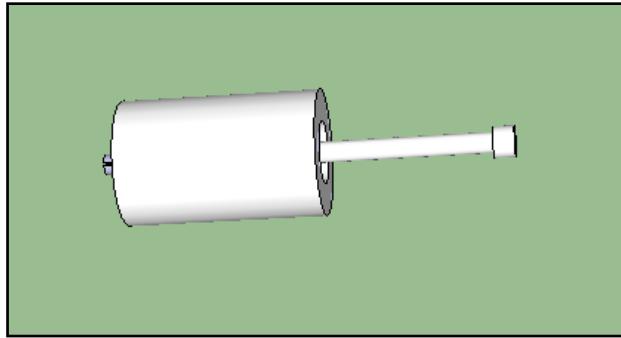


Gráfico No 3. 17: Solenoide

Elaborado por: José Ignacio Malo

Para calcular la resistencia que el vástago del solenoide generara sobre la válvula se hace en base a las características del material que se utiliza, en este diseño se va a utilizar el acero A36 ya que es el más común y sus propiedades están dentro de las características para el desarrollo del proyecto.

Información tomada del libro Frederock J Bueche, Física General, novena edición, 2001, p180.

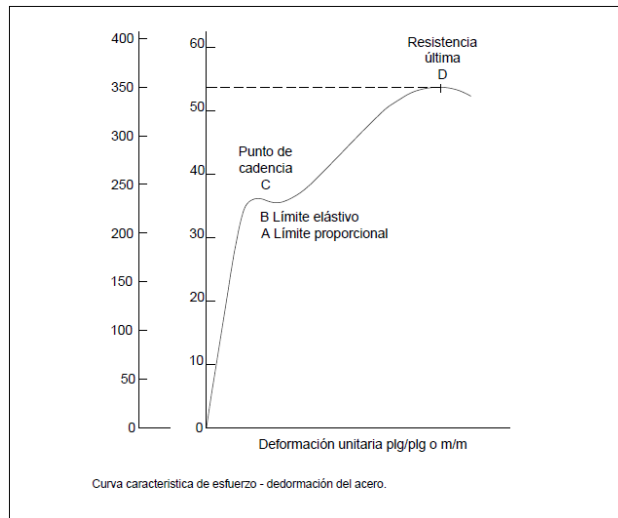


Gráfico No 3. 18: Resistencia material

Elaborado por: Frederock J Bueche, Física General, p180

Resistencia del acero A36= 250Mpa

$$\sigma = \frac{\varepsilon}{A}$$

Dónde:

σ = Esfuerzo

A=Área

E = Resistencia

$$A = \frac{\varepsilon}{\sigma} = \frac{155 \text{ N}}{250000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$A = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$A = \frac{d^2 \pi}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4(6 \times 10^{-7})}{\pi}}$$

$$d = 8.7403 \times 10^{-4} m$$

$$d = 0.874 mm$$

Según el cálculo se debe utilizar un vástago de 0.874mm de diámetro, pero para que esto soporte cualquier sobrecarga del sistema se debe multiplicar por un factor de seguridad que se determina según la frecuencia de uso y que los fabricantes de metales recomiendan 1.5 de Fs

$$d_{real} = d * Fs = 0.874 \times 1.5 = 1.3 mm$$

En el diseño del vástago nos vemos obligados a través del cálculo a mantener un diámetro igual o mayor a 1.3mm, por razones prácticas y de facilidad de fabricación se utilizó un vástago de 6mm de diámetro, por lo que el dimensionamiento está sobrepasado. Esto se dio ya que es necesario generar un orificio en el núcleo de hierro y cuando el vástago es más grande se tiene mayor facilidad en mantenerlo erguido sin necesidad de apoyo.

3.2.2.3. Diseño del sistema de sensores.

Para el proyecto se necesita un sensor que lea constantemente las revoluciones del motor, es el encargado de informar al micro procesador la velocidad del sistema. Esta velocidad se obtiene de una frecuencia de pulsos producidas por un sensor Hall que es instalado en un piñón solidario al cigüeñal, el mismo que gira en función de las RPM; este elemento es sumamente importante para el accionamiento electromagnético, ya que informa el estado del motor y genera muchas de las condiciones y factores para que el micro procesador controle el movimiento de los solenoides. A continuación se demuestra una imagen con el diseño del sensor.

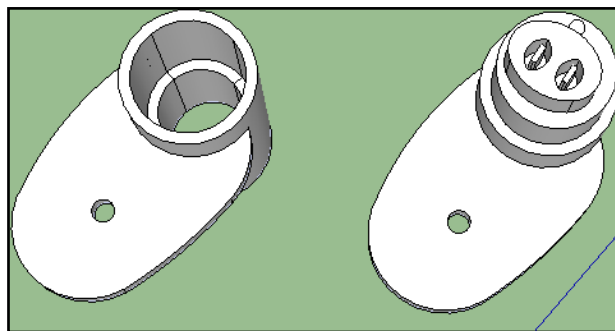
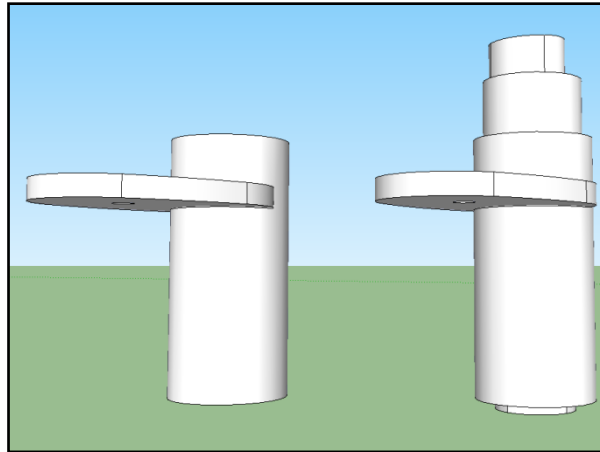


Gráfico No 3. 19: Base del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

El sensor de revoluciones es de tipo Hall lo que quiere decir que genera una onda cuadrada que es más clara para la lectura del procesador. Este sensor estará colocado en un extremo del motor y será el encargado de censar una rueda dentada que gira solidaria al cigüeñal, es necesario que este elemento se encuentre a no más de 1mm de los dientes del piñón, ya que es sumamente importante que el corte del campo magnético sea claro y preciso, obligando a que las bases de los mismo sean fuertes y construyan un conjunto con el motor y sus elementos. Para lograr esta base se debe partir de un elemento de hierro que se torne en la forma deseada y que recubra al sensor, ayudando a mantener la señal clara ya que los solenoides de las válvulas generan grandes cambios en el ambiente magnético y eléctrico, lo que puede causar una incoherencia de lectura.



Gráfico No 3. 20: Sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

El sistema de control necesita señal de revoluciones del motor como también una de fase, es decir una señal que le marque la posición de la distribución del motor en cada vuelta. Para lograr eso se debe colocar un sensor en un piñón que genere un pulso en un punto exacto del ciclo de distribución de un motor a cuatro tiempos. EL sensor debe ser del mismo sistema que el de revoluciones por lo que se utilizará un hall que marque el inicio de la secuencia. Este sensor es similar a lo que en un motor Otto convencional conocemos como sensor CMP o sensor de posición del árbol de levas, este sensor tiene la función de señalar la posición del árbol para que el módulo de inyección comande la chispa o encendido a los diferentes cilindros, o a su vez en los motores con distribución variable para informar del ángulo y estado del avance o retraso de las levas.

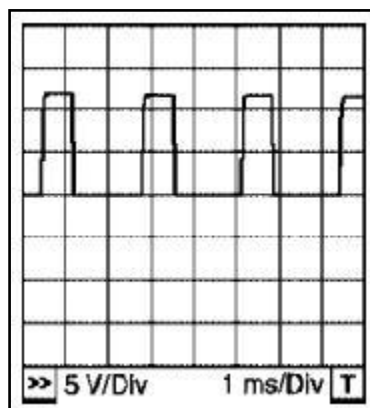


Gráfico No 3. 21: Señal del sensor

Fuente: Nissan Mexicana S.A. de C.V. (2008). Parte mecánica del motor QG16, p.54.

El sensor de fase de este sistema tendrá la función de enviar la orden de posición del cigüeñal y pistón para que el módulo de distribución electromagnética determine el tiempo y accionamiento de los solenoides encargados de manejar las válvulas del motor.

3.2.2.4. Diseño del flujo de distribución

Para diseñar el flujo de distribución es necesario retomar diagramas de válvulas de diferentes motores y diseñar un diagrama que cumpla con las finalidades del proyecto, por esta razón se diseñará un flujo de válvulas bastante agrandado en sus ángulos para que llene el motor con facilidad, pero a su vez que no sea tan grande como en un motor de altas revoluciones porque entorpecerá el ralentí.

Un ejemplo de un motor GA 16 de un vehículo B13 (Sentra) con marca Nissan se refleja en el siguiente gráfico.

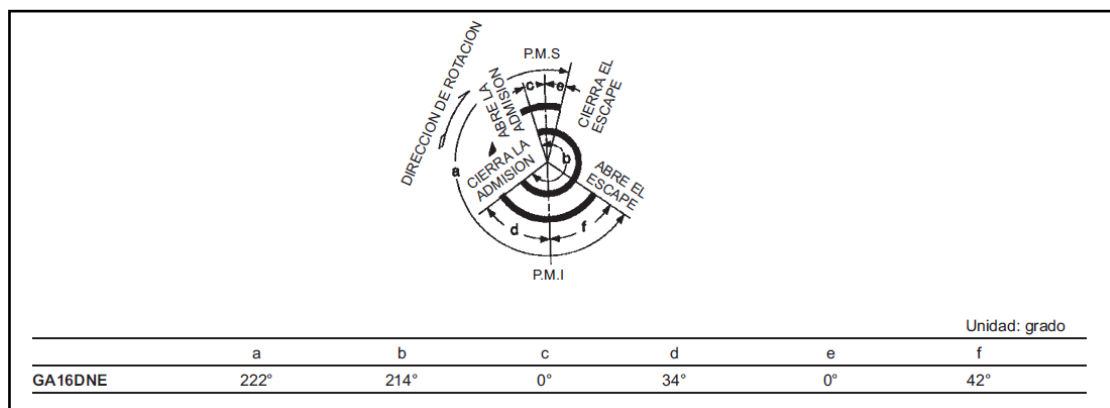


Gráfico No 3. 22: Diagrama de válvulas

Fuente: Nissan Mexicana S.A. de C.V. (2008). Parte mecánica del motor GA16, EM.56.

Es importante señalar que electrónicamente no tenemos límites para manejar los ángulos de apertura y cierre de válvulas por lo que en las pruebas buscaremos el mejor sistema que se adapte al motor de motocicleta.

Se diseñó un modelo inicial o básico para emprender el proyecto de programación y control del conjunto o mecanismo de accionamiento de las válvulas de admisión y escape en el motor.

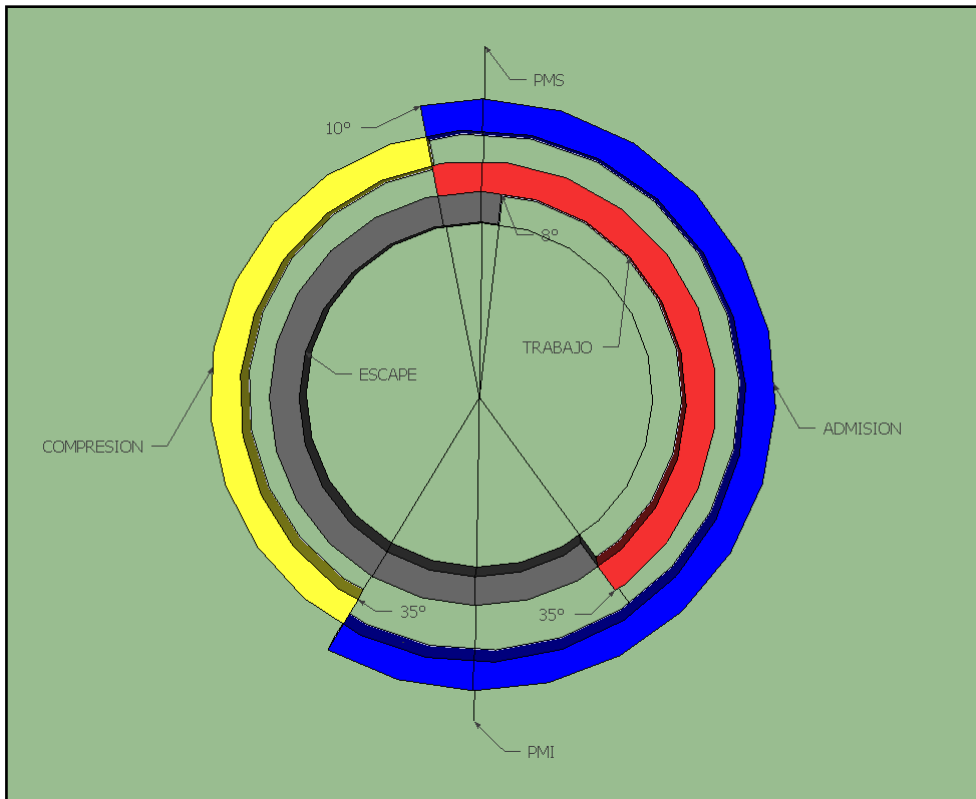


Gráfico No 3. 23: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

3.2.2.5. Diseño del software

Diagrama del sistema de programación

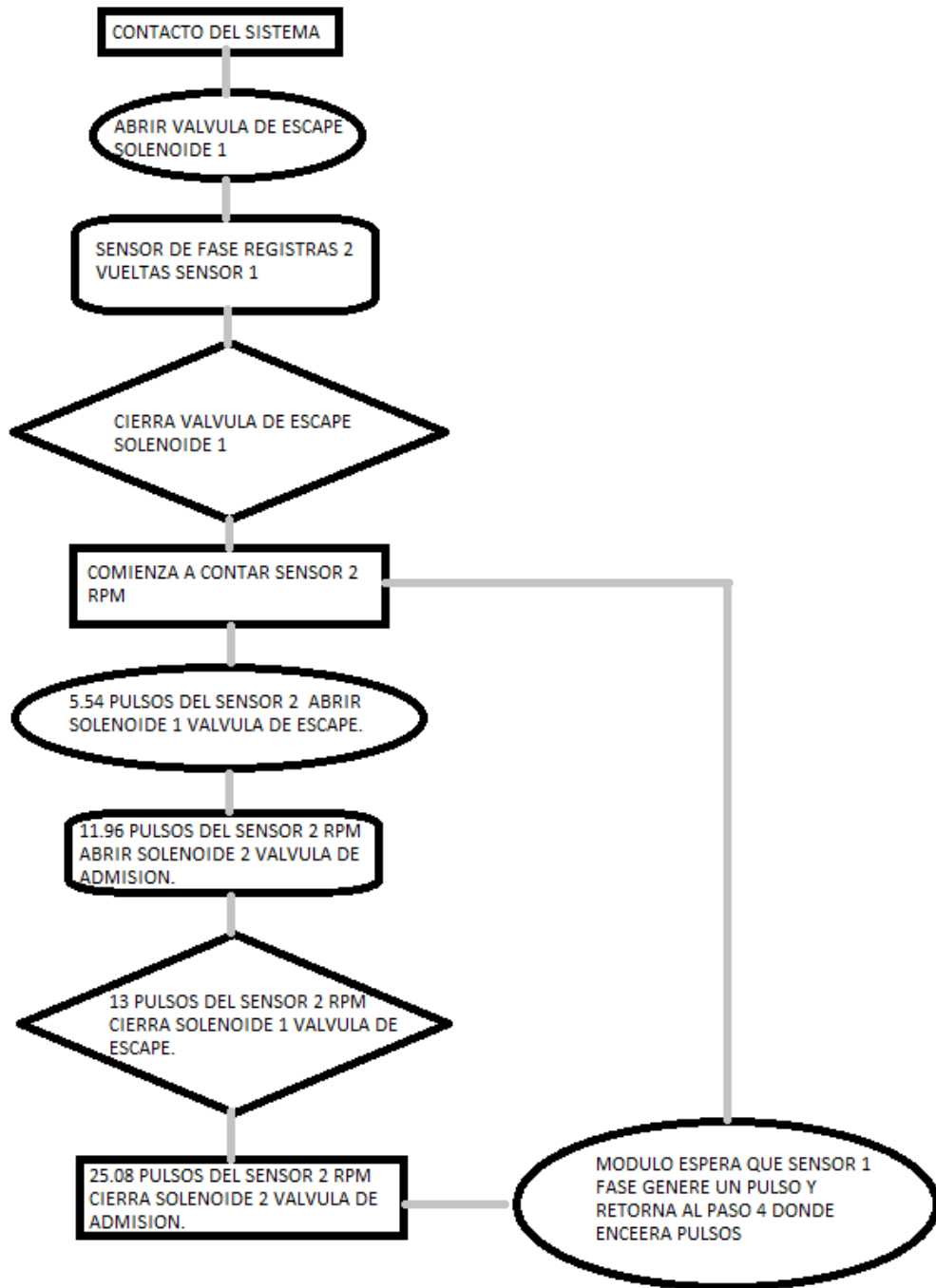


Gráfico No 3. 24: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

CAPÍTULO 4.

4.1. Implementación y pruebas del mecanismo electromagnético para el accionamiento de las válvulas de admisión y escape en un motor de combustión interna tipo Otto

4.1.1. Proceso constructivo

4.1.1.1. Construcción de la base para el mecanismo electromagnético.

Se procedió a construir la base como se señaló en el diseño del sistema para lo que fue necesario sacar una plantilla de la base de la culata del motor y dibujarla en Autocad, este proceso se logra a través de un pliego de papel Victoria que al colocar sobre la superficie y golpearlo con un pedazo metálico va tomando la forma deseada.

Una vez realizado este procedimiento se escanea la muestra conjunto con un elemento de medición (regla milimétrica), Luego se procedió a insertar la imagen en Autocad y dibujar digitalmente la superficie de la culata, gracias a que en la imagen se encuentra una regla se puede escalar la muestra y dimensionar cada línea y curva del dibujo.

Al tener el dibujo se direccionó el proyecto al trabajo de un Plotter metálico, que es una máquina que corta piezas planas dibujadas a precisión en Autocad en platinas de diferentes espesores, gracias a una cortadora plasma que es controlada por motores eléctricos.

4.1.1.2. Construcción de la estructura de los solenoides eléctricos.

Con la base metálica ya creada se procede a construir la estructura para los solenoides eléctricos, en este proceso es importante dimensionar dicho elemento dependiendo del solenoide que se vaya a utilizar. En este proyecto se utiliza el automático de arranque de un vehículo Nissan X-trail, el mismo que cuenta con dos embobinados de 140 vueltas cada uno con conexión en paralelo, su base es de 5.5cm de diámetro por lo que la estructura para su sujeción debe ser dependiente de está.



Gráfico No 4. 1: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

Se procede a cortar una platina por cada solenoide y dos triángulos obtusos que mantengan la estructura firme y el ángulo de ataque del solenoide sobre la válvula. Para lograr esto es necesario soldar la platina a la base y comprobar su ángulo con un graduador. Una vez que los ángulos estén perfectos se procede a realizar cordones de soldadura que afirmaran a la pieza.



Gráfico No 4. 2: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

4.1.1.3. Construcción del solenoide eléctrico

Los automáticos de arranque del vehículo X-trail tienen un movimiento lineal que hala la horquilla del bendix; pero para la adaptación de este componente en el mecanismo de accionamiento de las válvulas es necesario que empuje en vez de halar; para lograr dicha función es necesario crear un orificio en el extremo de contactos del solenoide por donde saldrá un vástago que empujará la válvula, es decir el movimiento de atracción del núcleo será el mismo pero el elemento de accionamiento será un vástago que es solidario al núcleo de hierro. Para formar esta estructura se creó un vástago con rosca paso 1mm, y en el núcleo de hierro se hizo un orificio roscado en el centro del mismo por donde el vástago se junta al núcleo.



Gráfico No 4. 3: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

También es necesario quitar los contactos de su posición original y extraerlos por el extremo opuesto. En este proceso es necesario des embobinar el solenoide y volverlo a formar.

El solenoide originalmente tiene dos bobinas de 140 vueltas en paralelo, esta construcción genera una gran potencia pero el amperaje es sumamente alto, ya que cada bobina tiene 0.5 ohmios y en paralelo se suma la inversa:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{0.5\Omega} + \frac{1}{0.5\Omega}$$

$$R = 0.25\Omega$$

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

$$I = \frac{12V}{0.25\Omega} = 48A$$

En los módulos o calculadores que vamos a usar necesitamos de Mosfets o transistores de potencia que manejan amperajes de 30 a 40 amperios; por esta razón es muy importante bajar el consumo de corriente por parte de los solenoides sacrificando la potencia. De esta manera se construyó el mismo solenoide pero se juntaron las dos bobinas en serie dándonos como resultado 280vueltas y subiendo la resistencia a 1 ohmio.

$$R = 1\Omega$$

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

$$I = \frac{12V}{1\Omega} = 12A$$

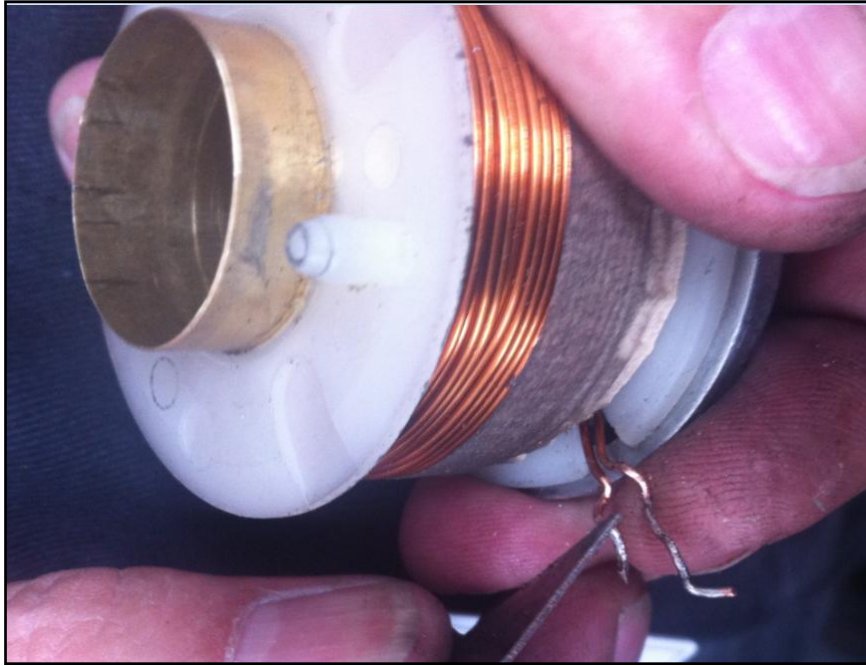


Gráfico No 4. 4: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

Se midió la fuerza que puede mover el solenoide y esta llegó a 15kg fuerza, esta medida se logró accionando el solenoide y colocando una pesa de pedestal que media la fuerza generada. Esta fuerza es suficiente para mover a la válvula sin ningún esfuerzo.

4.1.1.4. Construcción del sistema de lubricación

El sistema de lubricación es muy importante para reducir los esfuerzos mecánicos creando una capa protectora que además de proteger los componentes los refrigera de sus altas temperaturas. Debido a que los solenoides generan grandes cantidades de calor es necesario refrigerarlos con aceite para que este transfiera el calor de las paredes del solenoide hacia su cuerpo y reducir la temperatura que llega a más de 90 °C.

Para la construcción se utilizó el mismo sistema de lubricación del motor que cuenta con una bomba de piñones que es accionada por el movimiento circular del cigüeñal. Esta bomba genera 4 libras de presión que proporcionan la fuerza necesaria para impulsar al fluido por el circuito de lubricación.

Se construyó un sistema que direcciona el flujo de aceite del cabezote hacia los cuerpos del solenoide, gracias a la gravedad el aceite cae por decantación al cuerpo de válvulas y al circuito de retorno al cárter. Se creó una extensión metálica hueca donde se realizaron orificios para el acoplamiento de una cañería de acero que direcciona el flujo a la sección superior del cuerpo del solenoide.

4.1.1.5. Construcción de las bases de los sensores y diente emisor.

Para la construcción de las bases de los sensores es necesario desarmar a todo el motor y encontrar los piñones o elementos que serán la fuente de generación de los pulsos de los sensores, a través del corte del campo magnético permanente.

Una vez identificado estos elementos es necesario realizar dos orificios donde entrarán los cilindros que sostendrán a los sensores en su posición exacta, es de resaltar que los sensores tienen que encontrarse a un máximo de 1.5mm para generar un pulso claro sin ruido. En el motor se encuentra un piñón que está a relación 1 a 2 con referencia al cigüeñal, a este piñón es necesario crear una saliente que va a generar un pulso por cada dos vueltas del cigüeñal, ya que es este elemento el que comandará el inicio de cada ciclo de distribución del movimiento valvular.



Gráfico No 4. 5: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

Para lograr colocar este saliente en el piñón fue necesario maquinar un orificio en este cuerpo por donde penetra un vástago que se remacha al piñón, convirtiendo este elemento en parte del mismo. Adicional a esto se tiene que maquinar la carcasa del motor para que esta saliente no tope con ninguna pared o cuerpo.

Para determinar la velocidad del motor se realiza el orificio en un costado de la carcasa del motor donde se censará los dientes de un piñón de embrague que se encuentra solidario al movimiento del motor; este tiene una relación de 1 a 3.33 dando que cada 21 pulsos del sensor el cigüeñal da 1 vuelta exacta.



Gráfico No 4. 6: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

4.1.1.6. Construcción del sistema de control electrónico

La construcción de la placa eléctrica y los diferentes circuitos se basan en el diseño de la placa y la comprobación de los elementos en las pruebas de desarrollo, por lo que se procedió a crear el circuito en Protoboard y comprobar la funcionalidad del sistema.

Para crear la placa se imprime esto en una hoja y se transfiere a la placa a través de químicos (Cloruro Férrico), este desintegra el cobre excepto en la zona donde se marcó con fibron es decir en el lugar donde va a ir las líneas del circuito. Luego se hacen pequeños agujeros con la ayuda de un taladro, y finalmente se suelda con estaño cada componente a la placa.

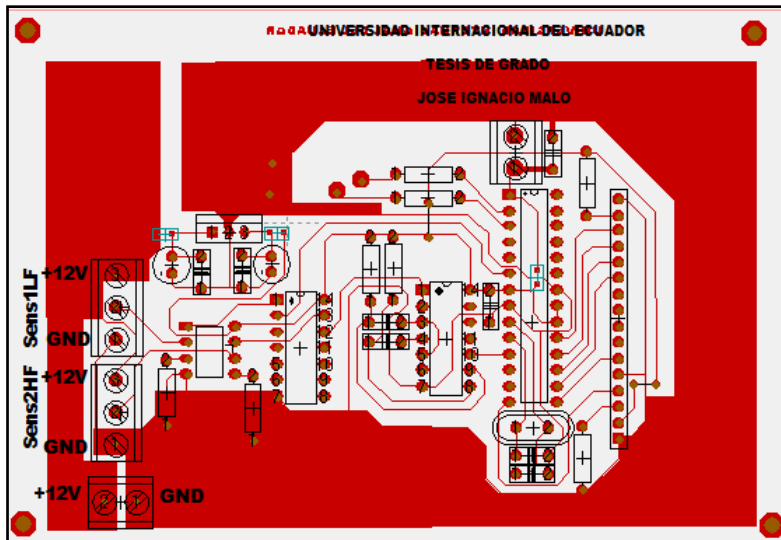


Gráfico No 4. 7: Placa electrónica

Elaborado por: José Ignacio Malo

4.1.1.7. Construcción de la base para el motor.

Para el correcto funcionamiento del motor y de forma demostrativa se construyó una base de tubo cuadrado, la misma que tiene que soportar el peso del motor y las vibraciones que este emana; se procedió a realizar dos cuadrados exactos donde el uno es 35% más grande que el otro. Luego se procedió a soldar las aristas de cada uno de estos elementos geométricos formando una base estable y rígida, para proceder a colocar 4 columnas que tienen una inclinación de 80° . Una vez realizada la estructura se procedió a juntar dos bases metálicas con un vulcanizado interior que absorbe las vibraciones del motor estas se encuentran empernadas a dos catetos del cuadrado superior de donde salen brazos que se ajustan al cuerpo del motor, sosteniendo su peso y manteniéndolo en una posición horizontal.



Gráfico No 4. 8: Construcción de la estructura

Elaborado por: José Ignacio Malo

4.2. Pruebas y resultados

4.2.1. Alimentación común para circuito de potencia y circuito de control

La primera prueba que se realizó con el módulo de control y el motor se obtuvo una experiencia particular, ya que apenas se conectó el sistema de mando electrónico una corriente parasita provocada por una masa común creó un corto circuito en la placa electrónica, destruyendo los circuitos de cobre y algunos elementos como los Mosfets.

Como resultado principal se obtuvo que la masa del sistema de control y la del circuito de potencia no podían ser las mismas ya que la corriente que circula por el sistema de potencia es de 6 amperios, lo que dificulta el manejo de ruidos y circuitos. En búsqueda de una solución se planteó la idea de dividir las alimentaciones para el motor de la siguiente manera:

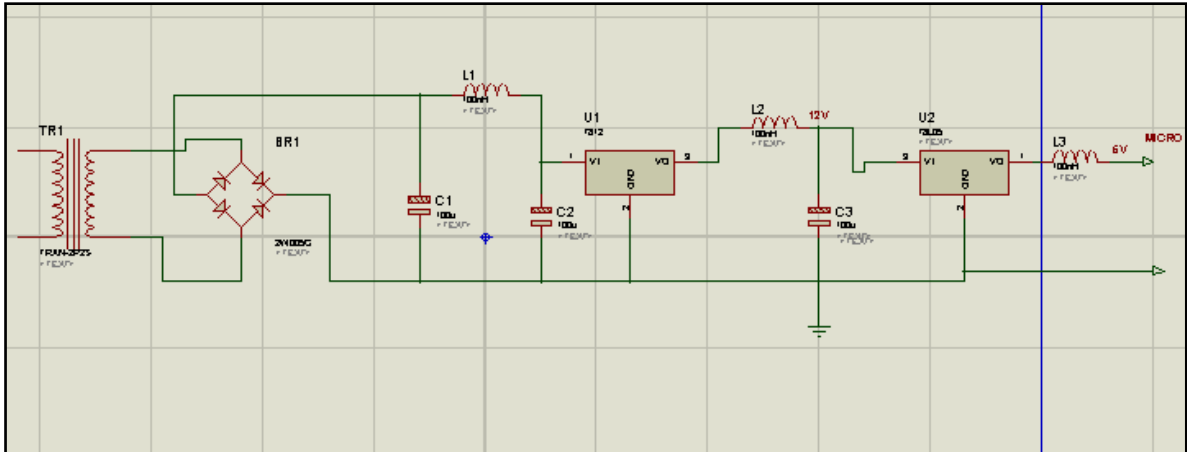


Gráfico No 4. 9: Alimentación del sistema.

Elaborado por: José Ignacio Malo

Como se ve en el gráfico se dividió para el sistema de control (Computador) una alimentación a través de un transformador que toma los 110v y los cambia a 12v de corriente alterna, como lo podemos ver en el siguiente cálculo el diseño de este componente.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{120v}{12v}$$

$$\text{relación} = 10$$

Dónde:

N_p = Número de vueltas primario

N_s =Número de vueltas secundario

V_p =Voltaje primario

V_s =Voltaje secundario

Con esta relación podemos definir que por cada 10 vueltas del primario el secundario tiene que tener una sola vuelta, de esta forma se calcula la relación y lo que se debe hacer es mantenerla y sumar las vueltas hasta crear una resistencia lo

suficientemente grande para que el voltaje del primario en conjunto con el amperaje no generen un corto o un incremento muy elevado de la temperatura.

El siguiente paso es colocar un puente de diodos que rectificará la corriente de alterna a continua, además de conectar dos capacitores (4700mF mientras más grande sea el capacitor su función será mejor, es decir estabiliza el voltaje de mejor manera, pero por cuestión de tamaño se seleccionó este) y una bobina, con el fin de aclarar la onda y de evitar ruidos. Esto permite que el voltaje se estabilice y se clarifique para en el siguiente paso conectar a un integrado LM 7812 el mismo que transforma el voltaje de 120v a 12v y a su vez se conecta en el siguiente paso a un LM7805 que transforma el voltaje a 5v. De esta manera podemos alimentar al micro controlador con los 5 voltios y asegurarnos que nunca sobrepase su tolerancia (5v a 5.5v). Como también tendremos los 12 voltios que serán la fuente para los sensores.

4.2.2. conteo de la señal de los sensores

En la segunda prueba pudimos observar que el micro procesador no contaba claramente la señal de los sensores, ya que en la pantalla del LCD se programó para que cada vez que un pulso pase nos cuente un número y se refleje en la pantalla, lamentablemente el Micro no fue estable y contaba a momentos y a otros no.

Esto se debía a que la señal de los sensores es de 0 a 0,3 voltios y su accionamiento era muy pequeño para que el contador interno a tiempo real del ATMEGA8 lo pueda contar. Tras este resultado en la prueba el sistema se vio obligado a adoptar una adaptación en el sistema de generación de señal, el mismo que consiste en un comparador electrónico que amplifica la señal de los sensores a 5v. A continuación se ve un gráfico que demuestra su estructura.

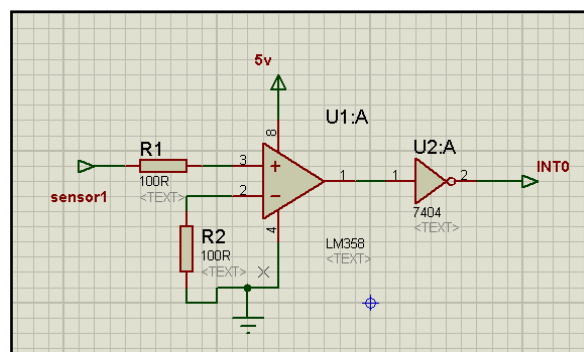


Gráfico No 4. 10: Comparador.

Elaborado por: José Ignacio Malo

El comparador toma la señal del sensor y la eleva a 5v, esto se logra por medio de este cálculo.

$$V2 = nV1$$

$$n = \frac{R2}{R1}$$

Dónde:

V2= voltaje de salida

V1= voltaje de entrada

n= índice de multiplicación

R1= Resistencia en la entrada del comparador

R2= Resistencia entre la entrada y la salida del comparador.

La diferencia entre estas resistencias nos dan el factor que va a multiplicar el voltaje de entrada, pero existe una forma más clara de generar un aumento del voltaje y por ende de la amplificación e la señal, cuando R2 tiende a infinito el comparador eleva el voltaje al total de su alimentación, por lo que vamos a alimentar al comparador con 5V y R2 será o tenderá a infinito lograremos amplificar la señal del sensor. Al realizar un sistema con el comparador tenemos un defecto en la amplificación, la señal del sensor se invierte por lo que se debe colocar una compuerta lógica que cambie los 1 a 0 y los 0 a 1 logrado rectificar la señal se utilizó el integrado 74HCO4.

Se realizó la siguiente prueba y se pudo apreciar que el micro controlador contaba correctamente los pulsos de los sensores, por lo que el cambio en la estructura de la placa resulto satisfactoriamente en un avance. Con este nuevo cambio la placa electrónica tomo una nueva arquitectura que se puede apreciar en el siguiente gráfico.

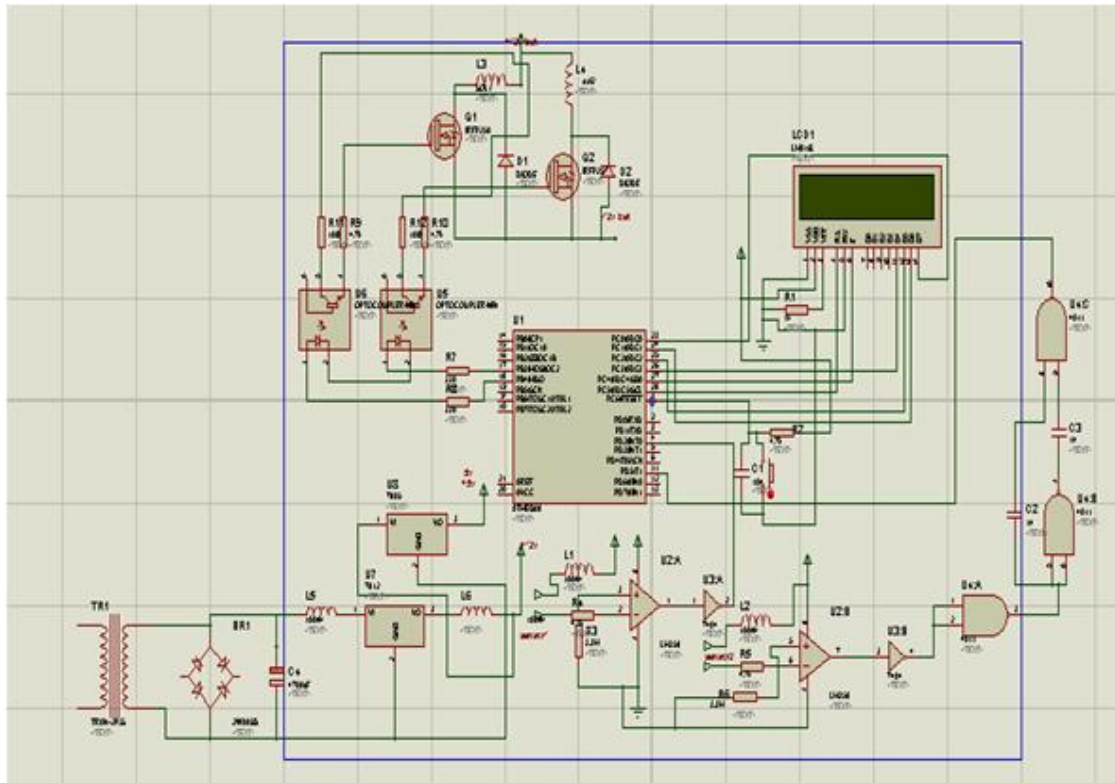


Gráfico No 4. 11: Placa.

Elaborado por: José Ignacio Malo

4.2.3. Creación del diagrama de válvulas.

Como se mostró en la construcción se empezaron las pruebas con un diagrama semejante al original del motor (AAA=120; RCA=60;AAE=120;RCE=60). Pero los resultados fueron negativos ya que el sistema de control (Computador) no movía las válvulas continuamente bajo la sincronización del motor, esto se dio lugar debido a una mala construcción en la programación del sistema de control. El sistema de control empieza su conteo en base a la señal del sensor CMP y su ciclo es dado por los pulsos

que genera el CKP que se traducen como grados, donde un pulso es igual a $17,1428^{\circ}$; pero después de conseguir un ciclo el procesador no reseteaba el conteo al momento en que el CMP volvía a generar un pulso, esto se dio ya que la entrada del sensor de fase no se encontraba en un pin de interrupción, y la construcción de un micro tiene una lógica jerárquica, por lo que al cambiar esta condición y en la programación determinar el paso del sensor de fase como una interrupción soluciono el reseteo del ciclo y por ende el accionamiento sincronizado de las válvulas.

Sin embargo el motor no enciende ya que el gas de escape sale por la admisión, tras un análisis con un manómetro de presión y un sensor MAF (sensor de masa de aire), se pudo determinar que al abrir la válvula al 100% cuando se acciona el solenoide, perjudica al flujo de los gases en puntos como el traslape de válvulas. Esto se puede entender de la siguiente manera, cuando el pistón se encuentra subiendo de PMI a PMS y la válvula de escape está abierta los gases combustionados están evacuando el cilindro, y si se abre lentamente la válvula de admisión es decir progresivamente se crea un efecto de succión de los gases de admisión. Pero al abrirse el 100% de la válvula de admisión esta se convierte en una puerta de escape y los gases salen por ambas cavidades, contaminando la admisión e impidiendo la velocidad del aire. Por esta razón se creó una tabla para las pruebas con los distintos ángulos:

TABLA No 4.4: Pruebas de ángulos

	COMPRESIÓN		TRABAJO		AAE		AAA		RCE		RCA	
	Dietes	Grados	Dietes	Grados	Dietes	Grados	Dietes	Grados	Dietes	Grados	Dietes	Grados
CICLO TEORICO		720		180		180		360		360		540
PRACTICO	39	50	8	50	8	50	18	50	18	50	29	50
DIAGRAMA MOTOR MOTOCICLETA TEORICO		720		60		60		240		420		600
DIAGRAMA MOTOR MOTOCICLETA PRACTICO	39	50	1	50	1	50	11	50	22	50	32	50
DIAGRAMA TEORICO MOTOR NISSAN GA 16		720		150		150		350		368		570
DIAGRAMA PRACTICO MOTOR NISSAN GA 16	39	50	6	50	6	50	18	50	19	50	30	50
DIAGRAMA TEORICO MOTOR YAMAHA 175		720		115		115		316		397		592
DIAGRAMA PRACTICO MOTOR YAMAHA 175	39	50	4	50	4	50	15	50	20	50	32	50
DIAGRAMA TEORICO MOTOR MR 20 NISSAN		720		170		170		333		367		605
DIAGRAMA PRACTICO MOTOR MR 20 NISSAN	39	50	7	50	7	50	16	50	18	50	32	50
DIAGRAMA TEORICO MOTOR NISSAN VQ35		720		170		170		350		360		550
DIAGRAMA PRACTICO MOTOR NISSAN VQ35	39	50	7	50	7	50	18	50	18	50	29	50
DIAGRAMA PRACTICO 1		720		90		90		370		360		540
DIAGRAMA PROGRACION REAL PRACTICA 1	39	50	2	50	2	50	19	50	18	50	29	50
DIAGRAMA PRACTICO 2		720		90		90		360		360		540
DIAGRAMA PROGRACION REAL PRACTICA 2	39	50	2	50	2	50	18	50	18	50	29	50
DIAGRAMA PRACTICO 3		720		90		90		370		360		630
DIAGRAMA PROGRACION REAL PRACTICA 3	39	50	2	50	2	50	19	50	18	50	34	50
DIAGRAMA PRACTICO 4		720		150		150		350		368		570
DIAGRAMA PROGRACION REAL PRACTICA 4	39	50	6	50	6	50	18	50	19	50	30	50
DIAGRAMA PRACTICO 5		720		180		180		360		370		540
DIAGRAMA PROGRACION REAL PRACTICA 1	39	50	8	50	8	50	18	50	19	50	29	50

Elaborado por: José Ignacio Malo

Tras implementación del sistema de apertura de las válvulas de admisión y escape por medio de un sistema electromagnético, el siguiente paso fue programar los ángulos en un mapa o diagrama, en el mismo que se manejan los ángulos de la válvula de admisión en sus dos puntos (adelanto a la apertura de la admisión AAA; retraso al cierre de la admisión RCA) como también se controla los ángulos de la válvula de escape (Adelanto a la apertura del escape AAE y el retraso al cierre de escape RCE).

Para determinar el mejor diagrama aplicable a ese motor se observó el original por medio de un reloj palpador y un graduador, el cual consiste en girar el motor y verificar cuando el reloj palpador demuestra un movimiento en el balancín sobre la válvula, una vez que se identificó que el balancín esta accionando la válvula se mide con el graduador conectado al cigüeñal los grados de apertura de la válvula. Con esta prueba se pudo determinar los valores reales de este motor.

Como se puede ver en el cuadro de pruebas se realizó primero una prueba con el diagrama obtenido del motor original, el cual consiste en AAA 120° RCA 60° AAE120° RCE 60°. Este diagrama es extremadamente abierto por lo que genera dudas en su funcionamiento, y cuando se programó el sistema de control se pudo observar que el motor no generaba un arranque como lo hace con el original, se pudo observar que al accionar el arrancador los aires mezclados con combustible eran sopladados por el múltiple de admisión; por esta razón se procedió a realizar nuevas pruebas con diferentes ángulos.

La segunda prueba fue realizar la programación con los ángulos teóricos de un motor a cuatro tiempos (AAA 0° AAE 0° AAE0° RCE 0°), con este diagrama el motor tampoco arranco pero se desempeñaba mejor, ya produce gases combustionados y un ruido característico de una leve explosión de la mezcla pero aún se mantiene un retorno de gases por la admisión, cabe mencionar que es significativamente menor con relación al diagrama original del motor.

Para poder determinar un diagrama que permita el encendido de la mezcla y por ende un arranque satisfactorio del motor, se procedió a consultar algunos diagramas de válvulas y aplicarlos al proyecto como fue el de un motor 1600cc Nissan GA16, Motor Yamaha 175cc, Nissan MR20 2000cc, Nissan VQ35 3500cc. En ninguno de estos casos

se tuvo resultados favorables, la presencia del retorno de aire se daba en todos los diagramas el mismo que escupía la mezcla del interior del cilindro tampoco presentaba sonido de una explosión y apenas se percibía la presencia de un gas combustionado.

Tras estos ensayos se realizaron múltiples pruebas que permitan llegar a la mejor condición práctica en la adaptación del nuevo sistema de control de combustible, estas numerosas pruebas variaban los ángulos de las válvulas en todo el rango que el motor permite para mantener los 4 tiempos y una posible combustión; en estas pruebas que se señalan en los cuadros se pudo observar un patrón de comportamiento del sistema cuando existe un menor traslape de válvulas el sistema mejora en su combustión a tal punto que puede encender por instantes pero no mantener el movimiento, por ende se perciben gases combustionados y pequeñas explosiones dentro de la cámara. Este patrón mejora mientras más se separan los ángulos de traslape o también conocidos como cruces de válvulas, también se puede observar que los gases ya no retornan a la admisión y que se genera un vacío.

Se adjuntan otras tablas con pruebas que se realizaron variando los ángulos y los diferentes resultados obtenidos.

TABLA No 4.5: Pruebas de ángulos

		TEORICO				REAL				RESULTADO	
		AAE	AAA	RCE	RCA	AAE	AAA	RCE	RCA		
Relacion pulso de señal grados	17,1428571	Original	60	60	60	60	61,4285714	52,85714286	50	58,57142857	NO PRENDE
Rueda dentada	21	Prueba 1	45	45	45	45	78,5714286	70	32,85714286	41,42857143	NO PRENDE
Grados cigüeñal	360	Prueba 2	35	35	35	35	61,4285714	52,85714286	50	58,57142857	NO PRENDE
		Prueba 3	35	10	10	35	27,1428571	-1695,71429	1798,571429	1807,142857	NO PRENDE
PUNTO DE INICIO CMP	50	Prueba 4	10	10	10	10	18,57142857	15,71428571	7,142857143	7,142857143	NO PRENDE
		Prueba 5	0	0	0	0	10	1,428571429	-1,42857143	7,142857143	NO PRENDE
		Prueba 6	35	-5	-10	35	27,1428571	1,428571429	-1,42857143	7,142857143	NO PRENDE

Elaborado por: José Ignacio Malo

Para determinar que los ángulos de las válvulas que se mandan electrónicamente se estén aplicando, se comprobó con un graduador calibrado y conectado al cigüeñal, el mismo que nos deja observar los cambios en la programación con respecto a la realidad. En la siguiente tabla se evidencia otras pruebas que se generaron.

TABLA No 4.6: Pruebas de ángulos

PULSOS				
	AAE	AAA	RCE	RCA
	1	8	3	3
	2	9	4	4
	3	10	5	5
	4	11	6	6
	5	12	7	7
	6	13	8	8
	7	14	9	9
	8	15	10	10
	9	16	11	11
	10	17	12	12
	11	18	13	13

	AAE	AAA	RCE	RCA	RESULTADO
Prueba 1	112,9	155,7	-104,3	-232,9	NO PRENDE
Prueba 2	95,7	121,4	-52,9	-164,3	NO PRENDE
Prueba 3	78,6	87,1	-1,4	-95,7	NO PRENDE
Prueba 4	61,4	52,9	50,0	-27,1	NO PRENDE
Prueba 5	44,3	18,6	101,4	41,4	NO PRENDE
Prueba 6	27,1	-15,7	152,9	110,0	NO PRENDE
Prueba 7	10,0	-50,0	204,3	178,6	NO PRENDE
Prueba 8	-7,1	-84,3	255,7	247,1	NO PRENDE
Prueba 9	-24,3	-118,6	307,1	315,7	NO PRENDE
Prueba 10	-41,4	-152,9	358,6	384,3	NO PRENDE
Prueba 11	-58,6	-187,1	410,0	452,9	NO PRENDE
Prueba 12	130,0	310,0	-310,0	-490,0	NO PRENDE

Elaborado por: José Ignacio Malo

Tras este análisis se evidenció que el motor succiona muy violentamente el aire sin generar velocidad del mismo lo que perjudica a la dosificación y mezcla del combustible por parte del carburador, esto se da ya que la válvula se abre el 100% cada vez que se acciona y a diferencia del original esto no crea el suficiente arrastre continuo que de tiempo al carburador a dosificar.

Por otro lado al generar este sistema el motor creo una mayor fuerza de compresión que originalmente, ya que al conectar los manómetros de compresión el motor genera 100PSI y con el sistema original (Con balancines y árbol de levas) el motor eleva 70PSI, esto provoca algunos cambios en el funcionamiento del motor, ya que el encendido está diseñado para esta compresión y CDI genera un gran adelanto lo cual es perjudicial para el funcionamiento del motor. Esto se genera ya que al tener mayor tiempo la válvula abierta el 100% contamos con un mayor llenado volumétrico, por lo que la compresión es uno de los factores que demuestran esta condición. El

avance se ve afectado por este incremento en la compresión ya que el punto de autoexpresión de la gasolina aumenta, esto se da ya que a mayor compresión mayor temperatura, y si el autoencendido del combustible se da antes de la posición deseada se crean golpes en el motor y esfuerzos innecesarios.

Los solenoides tienen un trabajo que puede oscilar hasta 8Hz sin problema pero una vez pasado esta velocidad de frecuencia el sistema genera fallas, debido a esto el computador no puede manejar todas las variables y menos el recorrido del solenoide, que se pensó hacer por medio de pulsos, esto genera que el solenoide solo pueda estar accionando en una etapa de ralentí. El motor en marcha mínima necesita que sus válvulas se muevan a una frecuencia aproximada de 5Hz por lo que el sistema se ve muy limitado para el desempeño deseado.

4.2.4. Pruebas de los sensores.

Los sensores funcionan bajo el cambio del campo magnético, por esta razón se entiende que al cruzar un diente por el sensor este genera el pulso, pero al ver más claramente el sistema de accionamiento es necesario determinar si el pulso se crea después del diente o cuando se acercar el diente, para determinar esta prueba se analizó con el osciloscopio las diferentes ondas y en donde se determinó que el sensor manda el pulso una vez que pase el diente, esto cambia la programación que se estaba generando, ya que los 50 grados donde se encuentra el pulso de CMP son cuando el diente ataca por lo que existe un desfase de 12 grados que se tiene que manipular dentro de la programación.

Los resultados de este cambio no fueron los esperados ya que el motor no demostró ningún cambio en su comportamiento, se mantiene la condición de extracción de aire por la admisión y el sonido que genera como el olor de sus gases combustionados demuestran que no existe las condiciones necesarias para que se de un encendido.

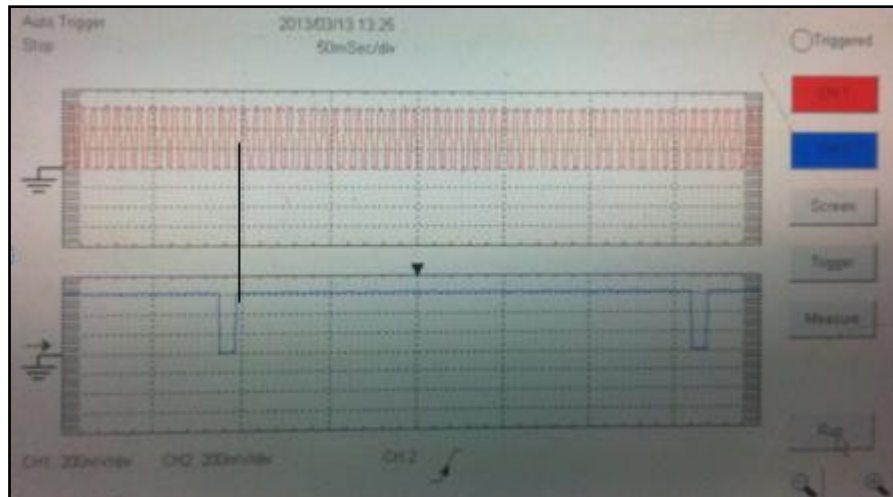


Gráfico No 4. 12: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

4.2.5. Pruebas de los solenoides eléctricos.

La primera prueba que se realizó es el accionamiento de las válvulas, creando un sistema o base provisional que mantenga al solenoide fijo al cuerpo de la culata, al accionar el solenoide se demostró que tiene la fuerza suficiente para mover un resorte y su válvula en el trabajo que se lo va a demandar.

La siguiente prueba fue comprobar si el solenoide conectado sus dos bobinas internas en serie podía generar la fuerza suficiente para realizar dicho trabajo, demostrando que su campo magnético se reducía en gran parte y que la válvula no era movida, además de elevar la temperatura de la bobina.



Gráfico No 4. 13: Solenoide

Elaborado por: José Ignacio Malo

Para solucionar este inconveniente se adaptaron nuevos muelles a las válvulas los mismos que cumplen la misma función, y se los dimensionó para el trabajo que se va a realizar en la maqueta demostrativa. Para lograr dicho objetivo se probó a los nuevos muelles armados con el mecanismo de accionamiento de las válvulas original del motor, dando un buen resultado en el cierre de la válvula y permitiendo bajar las condiciones de empuje del solenoide. El diseño de estos muelles se encuentra descrito en el capítulo 3 en la sección de diseño.

El siguiente paso fue instalar los solenoides con los nuevos muelles y probar su eficiencia, para esta prueba solo se conectaba los terminales de la bobina a los diferentes polos de la batería, generando un gran campo magnético lo suficiente para romper el reposo de las válvulas.

4.2.5.1. Prueba de sincronización del motor

Para la sincronización del motor se necesita saber en qué punto exacto se encuentra la señal de fase o pulso de inicio de ciclo (pulso en piñón de relación 1 a 2 con respecto al cigüeñal), esto es necesario ya que en la programación eléctrica del módulo debemos dar el ángulo exacto para la creación de nuestro ciclo básico de trabajo valvular.

Para lograr dicha medición es necesario construir un graduador de gran tamaño y colocarlo solidario al cigüeñal; una vez montado se debe colocar en PMS al pistón y

girar al motor en su sentido de funcionamiento (el motor de arranque demuestra el movimiento gracias a su embrague unidireccional). Colocamos al graduador en el ángulo 0° y giramos el motor hasta lograr ver por el orificio del sensor la saliente en el piñón de fase.

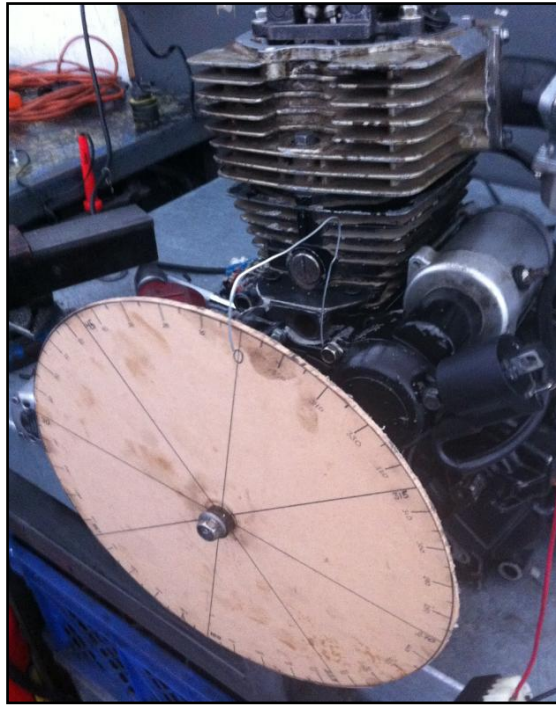


Gráfico No 4. 14: Graduador

Elaborado por: José Ignacio Malo

En esta maqueta la saliente se encontraba a 50° con respecto al PMS, de esta forma se pudo probar el diagrama de accionamiento de válvulas del motor en su estado original, y se plasmó algunos cuadros y tiempos que serían útiles para el encendido del motor , como podemos ver en el siguiente cuadro.

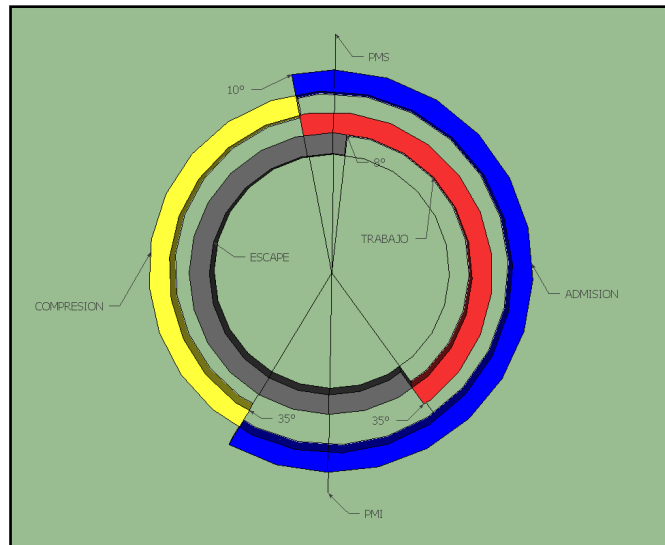


Gráfico No 4. 15: Diagrama de ángulos

Elaborado por: José Ignacio Malo

En el diagrama que se demuestra en el ejemplo anterior es una prueba que se va a realizar con el conjunto eléctrico y se verá su viabilidad para un funcionamiento correcto dentro de las variables del ambiente y el movimiento del motor y gases.

Se prueba cada sensor y se lo mide con un osciloscopio con el fin de determinar la calidad de la señal y su magnitud, frecuencia y funcionamiento; esta prueba es necesaria hacerla con la ayuda del motor de arranque y un osciloscopio de dos vías que magnifique las señales de los sensores.

Se comprobó que los sensores son alimentados de 12v y su señal oscila de 0v a 0.6v lo cual es muy bajo. Como podemos ver en el siguiente gráfico de la pantalla de la herramienta de medida.

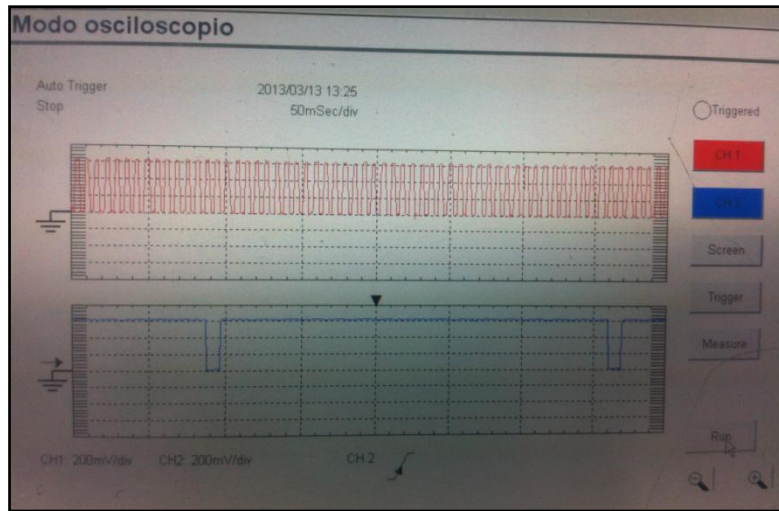


Gráfico No 4. 16: Señal del sensor

Elaborado por: José Ignacio Malo

En esta prueba se observó que entre dos pulsos de fase se tiene 42 pulsos de revoluciones lo que determina la relación de entre el un sensor y el otro, con esta prueba se puede determinar que cada 21 pulsos del sensor del piñón del cigüeñal se obtiene una vuelta del cigüeña. En el siguiente gráfico se muestra el ciclo valvular dividido en los pulsos del sensor de revoluciones con referencia al sensor de fase.

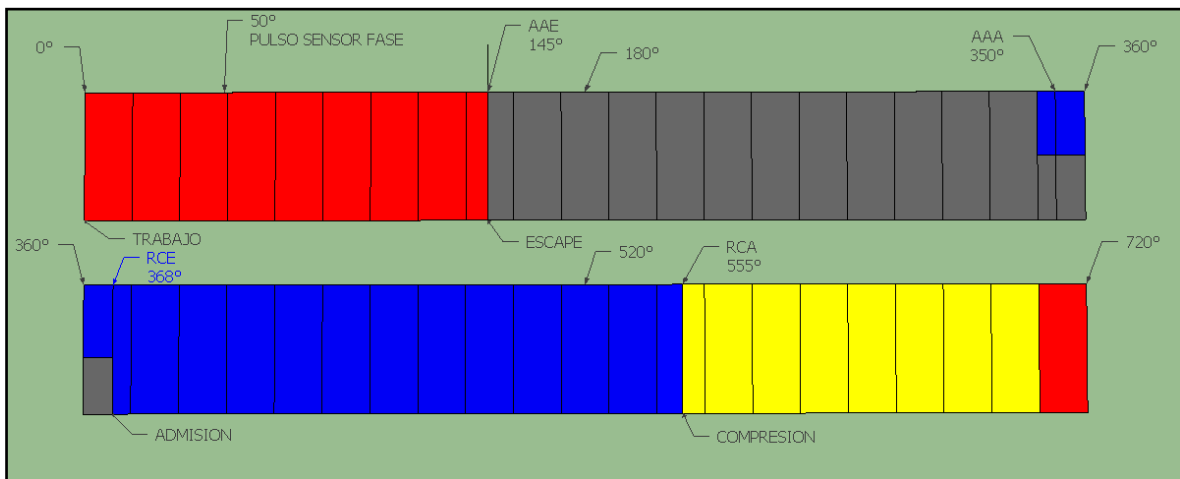


Gráfico No 4. 17: Esquema de dientes vs grados

Elaborado por: José Ignacio Malo

4.2.5.2. Otras pruebas

Otra prueba que se realizó es la comparación de compresión de los gases según el sistema o programación de las válvulas (100 a 120 Psi), y en su mayoría llegaron a sobrepasar la compresión del sistema original con balancines y árbol de levas (75Psi). Esto se genera ya que al tener mayor tiempo la válvula abierta el 100% contamos con un mayor llenado volumétrico, por lo que la compresión es uno de los factores que demuestran esta condición.

También se procedió a realizar pruebas dosificando al sistema gasolina y éter directamente a la cámara y se realizaron restricciones de la entrada de aire y posiciones del acelerador, donde se puede observar que mientras más pequeña es la boca de entrada el motor reacciona de mejor.

También se realizaron diferentes pruebas en la apertura de las válvulas, se procedió a medir con un reloj palpador la carrera de las válvulas en el sistema original con árbol de levas y balancines, el mismo que llegó a 7mm. Se procedió a realizar las pruebas en el sistema de accionamiento electromagnético variando la distancia del núcleo de hierro con respecto a la base del solenoide, aquí se realizaron pruebas desde 4mm hasta 8mm y los resultados en práctica no generaron cambios aparentes. Esta condición se da ya que las revoluciones que genera el motor de arranque no son muy elevadas y en esas condiciones el motor no requiere de grandes aperturas de las válvulas para el llenado del cilindro. Cabe mencionar que mientras más lejos se encuentra el núcleo de hierro de la base del solenoide el campo magnético tiene que ser más fuerte o que las líneas magnéticas se encuentren distribuidas por una sección o carrera más larga, para de esta manera mantener la fuerza de accionamiento y a su vez la velocidad del mismo.

En búsqueda de nuevas soluciones que resuelvan los problemas presentados, se procedió a diseñar un sistema con mayor precisión en la selección de ángulos para la apertura y cierre de las válvulas. Esto se logró a través de una rueda dentada que se encuentra solidaria al movimiento del cigüeñal, se desea realizar esta adaptación ya que el sensor de revoluciones y conteo están ubicados en un piñón que transmite el movimiento a la caja de cambios, el mismo que cuenta con 21 dientes en su perímetro. Esta particularidad del piñón nos generaba una condición con respecto a la

programación del sistema de apertura y cierre electromagnético de las válvulas; ya que cada diente que cuenta el sensor tiene un valor en grados el mismo que es de 17.1428° por lo que el factor para manejar el diagrama de ángulos estaba en base a este dato.

Dado que el margen de fallo es muy alto al programar de un diente al otro, se vio la posibilidad de adaptar la rueda dentada, la misma que cuenta con 90 dientes en su perímetro, creando un factor de 4° por diente, esta cualidad que brinda el nuevo sistema permite que el diseño del diagrama de válvulas sea más preciso con respecto a los ángulos deseados.

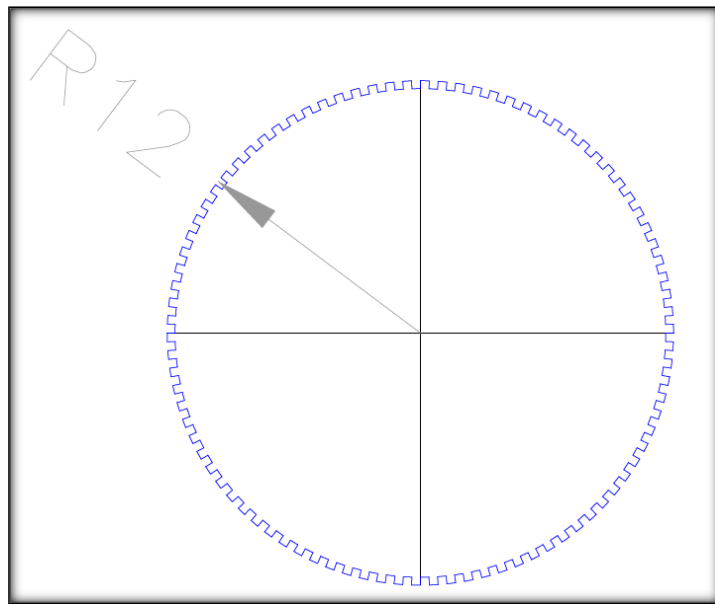


Gráfico No 4. 18: Esquema de dientes vs grados

Elaborado por: José Ignacio Malo

Este rueda se diseñó para el tamaño de la maqueta y se procedió a cortar en plasma, el material que se utilizó fue el acero A36 ya que su precio y resistencia es adecuado para este diseño, el sistema no requiere de materiales con mucha resistencia ya que solo será un elemento de medición, se podría utilizar una rueda plástica si se desea, por temas de facilidad y ya que contamos con un sensor Hall, se requiere que tenga Hierro con el fin de cambiar el campo magnético del sensor. El espesor que se utilizó para esta rueda fue de 0.2mm de ancho ya que es importante que esta rueda no tenga mucho peso debido a la inercia que puede generar.

Al implementar el sistema nos encontramos con la dificultad de colocar el sensor Hall en la rueda dentada, ya que los dientes que se habían cortado no eran de un tamaño adecuado para este sensor, y con el fin de conseguir la mayor precisión se diseñó un sistema de sensor óptico. El mismo que cuenta con un emisor y un colector sensible a la luz, este sensor está formado por un semiconductor (Silicio) que varía su resistencia cuando se encuentra afectado por la luz. Se diseñó un circuito con el sensor óptico dos resistencias de 330Ω y $47k\Omega$ los mismos que se calculan con la fórmula de la ley de Ohm y basándonos en los datos del constructor del sensor. Se utilizó un 7805 con el objeto de bajar el voltaje de entrada de 12v a 5v

$$V=5$$

$$R=470$$

$$I=5/470$$

$$I=0.01063A$$

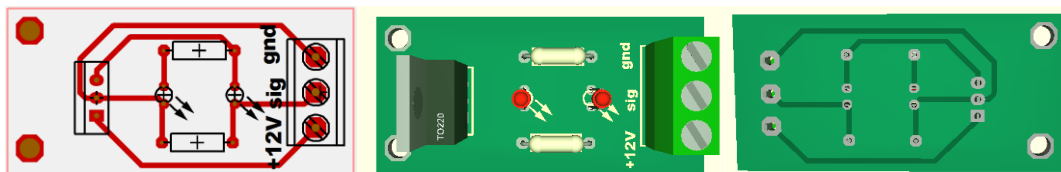


Gráfico No 4. 19: Esquema de dientes vs grados

Elaborado por: José Ignacio Malo

Para el nuevo sensor se diseñó una platina que sostenga al sensor siempre enfrente a los dientes de la rueda y se procedió a comprobar con un osciloscopio el funcionamiento del sensor, el mismo que genera pulsos cuadrados de 0.2A, se comprobó que el sensor no se afecte por la luz del ambiente y su calidad para generar una señal clara sin ruido.

TABLA No 4.7: Características sensor óptico

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)			
Parameter	Symbol	Rating	Unit
Operating Temperature	T_{OPR}	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature	T_{STG}	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (Iron) ^(2,3 and 4)	T_{SOL-I}	240 for 5 sec	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (Flow) ^(2 and 3)	T_{SOL-F}	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
INPUT (EMITTER)			
Continuous Forward Current	I_F	50	mA
Reverse Voltage	V_R	6	V
Power Dissipation ⁽¹⁾	P_D	100	mW
OUTPUT (SENSOR)			
Collector to Emitter Voltage	V_{CEO}	30	V
Emitter to Collector Voltage	V_{ECO}	4.5	V
Collector Current	I_C	20	mA
Power Dissipation ($T_C = 25^\circ\text{C}$) ⁽¹⁾	P_D	150	mW

Elaborado por: FAIRCHILD, semiconductor, H2IA1/H21A2/H21A3,

www.fairchildsemi.com2001

El siguiente paso es crear una programación en base a los nuevos dientes y por ende crear nuevas pruebas de los diferentes diagramas de válvulas ya antes intentados, claramente se podrá tener mayor precisión en los ángulos deseados por el factor de la rueda dentada.

El primer diagrama que se creó fue el diagrama teórico el mismo que es en cada punto muerto un cambio del tiempo del motor, y los resultados no fueron favorables, por lo que se procede a probar con todos los diagramas antes intentados con el anterior sistema, (Motor GA16, MR20, YZ125, etc), y las pruebas daban resultados negativos. En base a todo lo antes estudiado se determinó que el diagrama puede encontrarse desfasado una cantidad de grados debido a la posición del sensor de fase o CMP.

Esto se puede dar ya que el sistema es elaborando con un sensor Hall que genera el pulso cuando su campo magnético es alterado, y en el diseño del sistema se tomó en cuenta el momento de posición del pistón a los 50° después de PMS, donde se colocó una saliente en un disco que marca el momento en el que el pistón se encuentra en dicha posición, pero no se tomó en cuenta que el sensor se ve afectado apenas se genera un mínimo cambio en su campo magnético, por lo que este puede estar creando una señal apenas se enfrenta con el extremo de esta protuberancia, como el disco se encuentra conectado solidariamente al cigüeñal pero con una transferencia de movimiento de 2 a 1, los ángulos que se toman en cuenta desde que existe el cambio del campo hasta su

finalización son 60° con respecto al cigüeñal. Por esta razón se atrasó a todo el diagrama de 10° en 10° se logró identificar una mejora en el desempeño del motor.

Tras el movimiento de 40 grados de desfase o retraso con respecto al punto del CMP se logró encender el motor en ralentí, determinando que el sistema de accionamiento es capaz de generar un encendido en el motor. Se probaron distintos diagramas variando los ángulos de cada fase, y definiéndose por la estabilidad del motor. Y se llegó al último diagrama que genera el movimiento más estable y mejor encendido del motor.

También se colocaron las dos bobinas de los solenoides en paralelo para que estas aumenten su potencia en el momento del accionamiento, esto aumento la corriente que circula por ella y por los Mosfets pero tras la prueba se pudo determinar que la corriente llega a 14A y que esto es manejable por el dimensionamiento de los materiales.

Tras estas pruebas se demostró que el motor se enciende y se puede generar grandes cualidades con el manejo de los solenoides eléctricos, pero tras el material seleccionado y las condiciones del proyecto el sistema cuenta con muchas limitaciones, tales como son las revoluciones que puede alzar, la estabilidad del motor, la falta de velocidad de aire, el encendido y su avance, entre otras variables.

4.2.6. Resultados

Problema con el cruce de válvulas.

Al mantener solenoides eléctricos se genera un problema en el accionamiento de las válvulas, ya que estos solenoides tienen dos posiciones ON y OFF en otras palabras se generan el campo y empujan el núcleo o simplemente se encuentran en estado de reposo o normalmente cerrado. Dada esta condición se producen varios fenómenos en el comportamiento de los gases al entrar y salir del cilindro, el principal factor se da ya que la válvula se accionara y su apertura será al 100% esto teóricamente ayuda al llenado del cilindro, pero la misma condición se presenta en el traslape de válvulas provocando un efecto de retorno en el múltiple de admisión.

El retorno a la admisión de gases combustionados en el momento del traslape se produce debido a que ambas válvulas se encuentran totalmente abiertas y el pistón subiendo, lo que genera una fuerza de empuje de los gases combustionados y salen por las dos cavidades de las válvulas; originalmente existe un traslape de válvulas pero este funciona de una manera diferente la cual consiste en que la válvula de escape debe estar totalmente abierta y la de admisión mínimamente abierta, esta condición varia mientras el pistón sube una vez que llega a punto muerto superior la válvula de admisión es la que se encuentra totalmente abierta y mínimamente la de escape, este diseño es sumamente importante para el manejo de los gases debido a que esto genera una particularidad al momento de sacar los gases combustionados.

El pistón empuja los gases y estos salen por la cavidad o válvula de escape totalmente abierta, y al tener la válvula de admisión ligeramente abierta genera una succión de gases de la admisión al escape ayudando al barrido de la combustión y asegurando un perfecto llenado. En los solenoides eléctricos perdemos esta condición de barrido ya que al abrir ambas válvulas al cien por ciento los gases son empujados por ambos conductos.

Problema con la mezcla de combustible.

Bajo las características del solenoide el mecanismo solo puede abrir la válvula por completo lo que genera una succión del aire muy violenta que comparando con el sistema original no produce suficiente velocidad del aire, esto genera algunas condiciones que impiden la estabilidad y desarrollo del motor.

La primera es que el sistema de dosificación seleccionado para este proyecto es un carburador y la cantidad de combustible que suministra se ve afectada directamente por la falta de velocidad de aire, al ser una succión muy violenta y sin restricciones de área el dosificador del carburador no es arrastrado por el aire y el combustible no es dosificado.

Como segunda condición se da que a falta de velocidad de aire no genera turbulencia que mezcle el aire y el combustible lo que dificulta el encendido, esto se da ya que a falta de velocidad de aire la trayectoria del mismo se ve afectada generando un movimiento muy calmado de los gases y fijando el combustible en una sola sección del volumen de los gases ingresados al motor, en otras palabras no existe una correcta

pulverización del combustible por ende una mala mezcla y un encendido muy pobre, provocando deficiencia en el funcionamiento del motor.

Problemas con el encendido.

Al alterar el llenado y tiempo de la mezcla al motor se ve afectada la variable del encendido, esto se da ya que el tiempo de admisión, compresión, trabajo y escape son variados según el diagrama diseñado en este proyecto, el mismo que genera mayores compresiones y diferentes grados de mezcla aire combustible. El motor cuenta con un sistema CDI que es controlado electrónicamente por una señal que genera un sensor inductivo en la coronilla del motor.

El avance es controlado por este dispositivo el mismo que depende de la frecuencia de la señal, pero el grado de avance fue diseñado para un llenado volumétrico específico, y este está alterado por el nuevo sistema de accionamiento de las válvulas. El encendido es alimentado por una bobina que aumenta la tensión generada en la coronilla. Esta coronilla tiene una particularidad es compuesta por bobinas y un imán permanente que induce corriente en ellas y que depende de la velocidad de rotación, por lo que provoca una tensión variable dependiendo de las RPM. Esto afecta directamente en el arranque inicial ya que el motor de arranque proporciona una velocidad inicial de 250 a 300RPM dependiendo de la tensión de la batería. Dado que el nuevo llenado volumétrico es diferente al diseñado tenemos que el ángulo de avance como el estado de la chispa debe ser de otras características para lograr un encendido correcto de la mezcla tanto en tiempo como en calidad del arco eléctrico.

Condiciones para mejorar el estado del motor.

Tras el problema de llenado volumétrico, falta de velocidad de aire y encendido el motor tiene pocas posibilidades de mejorar su rendimiento. Como primer cambio estructural del sistema sería la dosificación de combustible la misma que debe ser controlada electrónicamente por otro módulo o computador que calcule el tiempo el caudal y el pulso de inyección deseado según las condiciones del motor.

Para que esto se dé es necesario realizar algunas adaptaciones en el motor tal como son un medidor de flujo de aire, una sonda de oxígeno, inyectores, sensor de temperatura del aire, bomba de combustible, sensor del acelerador, múltiple de admisión y un módulo

de inyección. Esta condición genera grandes costos al proyecto ya que se debe implementar nuevos materiales que tienen costos adicionales. También para que este sistema sea correcto se debe diseñar un diagrama de inyección que maneje la dosificación bajo todas las posibilidades del motor.

Tabla No 4.6: Sensores y computadores

SISTEMAS DE CONTROL ELECTRONICO DE INYECCIÓN Y ENCENDIDO	
Descripción	Precio Aprox.
HALTECH Platinum Sprint 500 Autospec Flying Lead Kit Long	\$ 1.042,00
MS3-Pro Standalone ECU with 8' wiring harness	\$ 1.199,00
MoTeC M4 ECU	\$ 2.284,00
Electromotive Tec3r Standalone ECU	\$ 2.499,00

SENSORES	
Descripción	Precio Aprox.
Dual Wideband O2 Kit	\$ 458,00
Coolant Temp Sensor	\$ 43,00
1 Bar GM MAP Sensor	\$ 95,00
Hall Effect Sensor	\$ 167,00
Throttle Position Sensor	\$ 120,00
MSD Street Blaster Coil, E-Core	\$ 44,50
Trigger Wheel, Flying Magnet	\$ 149,20
Walbro GSL392 Fuel Pump	\$ 109,99
Delphi EV1 Style Fuel Injector	\$ 49,00
Total	\$ 1.235,69

Elaborado por: José Ignacio Malo

Para que el motor pueda reaccionar correctamente se debe implementar a este proyecto un sistema de control del encendido el mismo que puede ser a través de un módulo que decodifique una señal del motor y transforme en tensión para la bobina de encendido. Esto se logra por medio de un calculador de encendido que determine las revoluciones del motor y maneje el encendido bajo un diagrama que se debe diseñar para cada motor. Para implementar este sistema se debe crear una señal que tenga por lo menos 120° antes del punto muerto superior para que la computadora tenga tiempo de leer y actuar, estas señales por lo general son proporcionadas por dos sensores el CKP y el CMP. La forma más sencilla de realizar esto es integrando al computador de inyección el sistema de encendido por lo que para adaptar esto a este proyecto se debe crear un módulo capaz

de interpretar estas señales (Volumen de aire, temperatura del aire, cantidad de oxígeno en los gases combustionados, revoluciones del motor, posición del pistón en el motor, temperatura del motor, posición del acelerador) y basarse en los diagramas de inyección y encendido.

Para controlar los gases del motor se diseñó un sistema de solenoides eléctricos el mismo que tiene la cualidad de accionar y abrir las válvulas a su totalidad, como se explicó posteriormente esto genera dificultad en el traslape de válvulas ya que el pistón expulsa los gases combustionados por las dos válvulas, a causa de la velocidad del motor la mezcla demora un tiempo en llenar el cilindro y el traslape es necesario para que barra los gases, una manera de controlar el traslape es abriendo y cerrando las válvulas con un control progresivo, por lo que se debe realizar una adaptación al sistema diseñado en este proyecto para que el motor pueda prender, lo recomendable sería un motor paso a paso que logre generar un accionamiento progresivo de la apertura y cierre de válvulas. Los motores paso a paso tienen la cualidad de ser muy precisos y pueden realizar este movimiento progresivo pero se crea un problema en el factor de velocidad de oscilación de este movimiento.

En el proyecto se demostró que en el momento de ralentí la oscilación de las válvulas varía de 5 a 8 Hz por lo que el motor paso a paso debe reaccionar a una velocidad muy alta y sin perder su precisión, ya que existe muchas variables como la velocidad de parado o inercia del movimiento y de inicio del accionamiento como también la capacidad de mover la resistencia que opone el muelle sobre las válvulas y todo esto con ayuda de una fuente de 12 voltios continua. Esta condición representa un nuevo costo para el mecanismo de accionamiento de las válvulas ya que estos motores son muy costosos y el control electrónico de estos debe ser rediseñado, también se presentan muchas variables en el tema de los motores ya que los que se encuentran en el mercado como motores suficientemente potentes para realizar este trabajo funcionan con tensiones de 200 a 400 voltios.

Drive	Máximo par estático, [kgf·cm (Nm)]	Tensión recomendada, [VDC]	Rango de tensión permisible, [VDC]	Modo microstepping
A2832	0.4 (0.04)	12-24	10-30	1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16
A4247	4.4 (0.43)			
A5776	18.9 (1.85)	36	12-42	1, 1/2, 1/4, 1/16
A8680	46 (4.51)	36-40		
A86118	87 (8.53)	48-72	24-80	1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32
A110201	280 (27.45)			

Tabla No 4.7: Cuadro de motores paso a paso

Elaborado por: SmartMotorDevices OÜ,2012,

Según Smart Motors su motor A110201 cuenta con las siguientes características:

- Máximo par de retención: 300kgf·cm (29Nm)
- Tensión de alimentación recomendada: 72VDC
- Rango de frecuencia de paso en modo de programa: 1 – 10000pasos/s
- Velocidad máxima de arranque: 2.75rev/s 1 (half-step)
- Velocidad máxima: 25rev/sec 1 (half step)
- Peso total del drive: 12.6kg
- Parámetros del motor paso a paso:
- Corriente máxima por fase: 8.0A
- Resistencia de fase: 0.67Ω
- Inductancia de fase: 11.0mH
- Inercia del rotor: 16200g·cm²
- Peso del motor: 11.7kg

Curva par-velocidad:

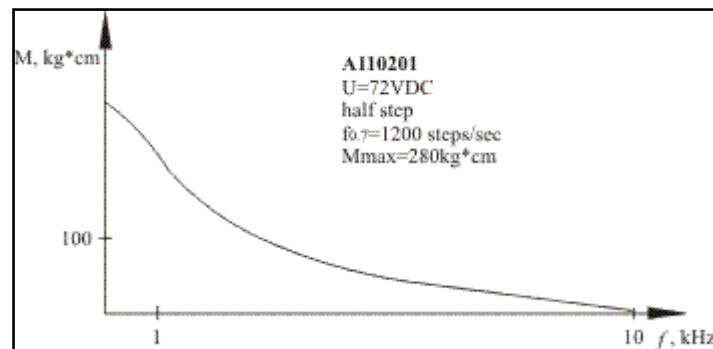


Gráfico No 4. 20: Cuadro de motores paso a paso

Elaborado por: SmartMotorDevices OÜ,2012,

Esta es una opción para la prueba de implementación de un motor paso a paso en el sistema de accionamiento de las válvulas, ya que su accionar es progresivo pero se encuentra algunos problemas como la tensión de alimentación, el peso y la velocidad de rotación. Los precios de estos motores de alta exigencia están oscilando entre los 1000 y 1500 dólares.

4.2.7 Diagramas del sistema

Diagramas de procesos

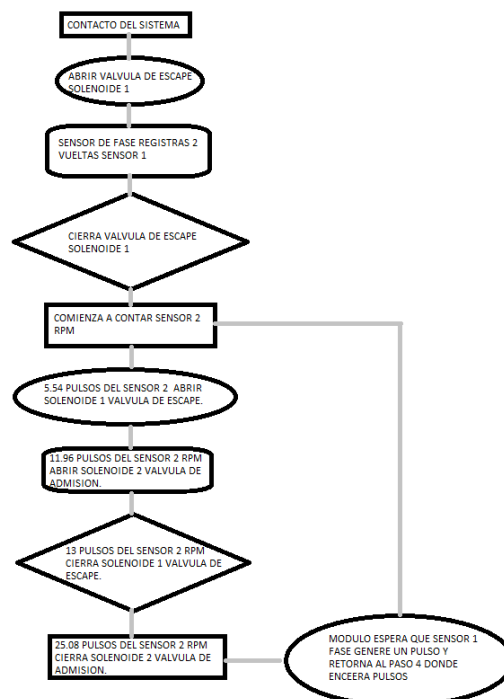


Gráfico No 4. 21: Diagrama del proceso

Elaborado por: José Ignacio Malo

Diagramas de flujo

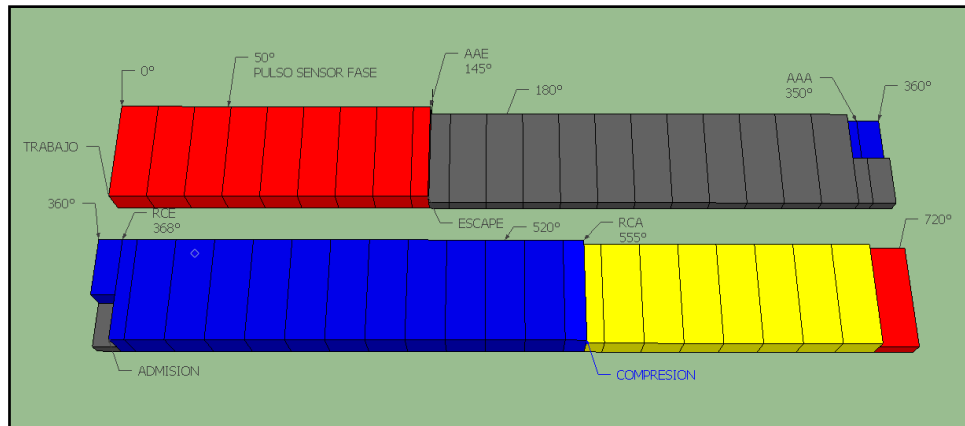


Gráfico No 4. 22: Diagrama de flujo

Elaborado por: José Ignacio Malo

Conclusiones y recomendaciones

El sistema de accionamiento electromagnético de las válvulas de admisión y escape en un motor cuatro tiempos ha demostrado ser muy favorable en el control de los tiempos del ciclo del motor. Como principal efecto se ha comprobado que al controlar la admisión y el escape se puede modificar de mejor manera la mezcla volumétrica que ingresa al pistón en relación de las RPM, cambiando el diseño de ángulos dependiendo de las necesidades. También es un sistema que ayuda al control de gases ya que puede controlar el volumen de llenado del cilindro y por ende la combustión.

Este sistema puede manejar el funcionamiento de cilindros individualmente, logrando optimizar los recursos energéticos cuando el motor y las condiciones lo demanden.

Este proyecto ha demostrado que el accionamiento electromagnético tiene desventajas en el tema de velocidad de oscilación ya que la frecuencia de trabajo de los solenoides es muy corta. Además de generar un gran calor que difícil de dispersarlo.

La maqueta demuestra como la electricidad puede controlar las variables del motor manejando actuadores y sensores, es un método interesante que puede llegar a grandes beneficios en el funcionamiento térmico y mecánico de un motor a combustión.

En el proyecto se demostró que las corrientes pueden generar grandes cantidades de campos magnéticos que deterioren la calidad de las señales, por lo que es recomendable blindar todos los cables con elementos aislantes tales como el papel aluminio.

Para desarrollar este proyecto se debe investigar minuciosamente sobre los sistemas de distribución y sus características, con el fin de forjar un criterio claro del objetivo a llegar. De la misma manera es importante investigar toda clase de elementos relacionados al funcionamiento desde sus componentes de construcción (materiales) como su diseño y arquitectura.

El proyecto en su gran mayoría depende de la precisión y sincronización que debe tener entre el movimiento de las válvulas con respecto al del pistón, por este motivo es sumamente importante tener señales claras que no alteren su información bajo ninguna circunstancia. De tal manera que se necesita tener un correcto aislamiento de los cables de cada uno de los sensores y actuadores, ya que el flujo de corriente que se maneja por estos cables genera campos magnéticos que varían la información de los sensores, de tal manera que paralizan al micro controlador y transforma todo el movimiento. Es igual de importante tener una programación que sea dependiente del sensor de fase ya que al estar atado a esta señal siempre la sincronización del motor estará en base al movimiento del pistón.

Como punto a resaltar se debe mantener un hardware que soporte los amperajes del sistema y que separe los dos circuitos principales el de control con el de potencia. Esto es importante ya que las corrientes de un sistema sobrepasan los 15 amperios y existe una gran posibilidad de cortocircuitar el sistema de control. La forma más fácil de

solucionar este problema es separando las masas de los sistemas o las alimentaciones, y con elementos que filtren y protejan al sistema, tales como diodos, condensadores.

El sistema de construcción de la base para los solenoides debe ser muy minucioso ya que es el encargado de mantener el ángulo y posición del vástago del actuador con respecto al pie de la válvula; para lograr dicho efecto se debe diseñar y medir los ángulos de las válvulas con respecto a la plenitud del cabezote. La construcción debe darse con materiales que soporten los esfuerzos.

Se recomienda utilizar una base o mesa para el sistema lo suficientemente alta para acomodar el motor a la altura ideal, además de diseñarla lo suficientemente robusta para soportar el trabajo del motor, vibraciones y peso. Es muy útil asentar o acoplar al motor a la mesa a través de bases de caucho vulcanizada que permita la absorción de las vibraciones y genere estabilidad en el motor.

En el sistema eléctrico es necesario crear un conjunto de interruptores que controlen el encendido del controlador, y arranque del motor ya que el chispazo o inducción eléctrica que se produce al juntar los polos varia los campos y mapas de cada sensor, como también permite controlar una chispa tomando en cuenta que se trabaja con elementos químicos inflamables.

Los cables deben siempre estar unidos por terminales o soldas que aseguren el contacto de los circuitos, como también un dimensionamiento de los cables por encima del amperaje que circula, con el fin de evitar recalentamientos en los mismos por el flujo de electrones.

La creación o manejo de ruedas dentadas que varíen el campo magnético de los sensores debe ser realizada con mucha precaución y precisión ya que esta señal será la base de toda la sincronización. En este proyecto el manufacturar los piñones es muy complicado por el grado de dureza de su construcción metálica. Como también es importante tener sensores en su preferencia Hall que sean claros sin interferencias y con un sistema de conexión simple.

Los solenoides deben ser enfriados de una manera adecuada ya que su accionamiento eléctrico como la fricción de sus elementos internos aumentan drásticamente la temperatura de funcionamiento, y si esta se eleva demasiado puede derretir el barniz de las bobinas creando un cortocircuito y la pérdida del campo magnético que mueve a las válvulas. Para solventar este problema se puede enfriar con varias opciones: aire, agua, aceite. Para el aire es recomendable colocar unas paletas que dispersen el calor y si el motor es estático un compresor eléctrico que este en constante dosificación de aire a los solenoides. La opción de refrigeración por agua es recomendable crear un radiador diseñado para absorber el calor del motor y el sistema de accionamiento de las válvulas, estabilizando la temperatura de funcionamiento. Por último con el aceite es recomendable que este sea lubricador del sistema de accionamiento, disminuyendo la fricción y absorbiendo el calor del conjunto electromagnético.

En el sistema de nuestro motor fue de conveniencia el extraer el sistema de cambios del motor, ya que este aumentaba la masa de movimiento además de dificultar la instalación de los sensores captadores de la posición del pistón.

El sistema tiene que ser diseñado y modificado según las variables que se van presentando, por lo que las pruebas fueron fundamentales para encontrar el punto preciso de funcionamiento de los componentes.

Los solenoides deben ser dimensionados con cables de mayor tamaño lo que permitirá que la oscilación del mismo pueda ser mucho más alta, en la maqueta tenemos un par de solenoides que tienen la cualidad de oscilar a 9Hz, si el cable fuera más grande su capacidad magnética también aumentado a su vez la velocidad de repetición del ciclo. El problema principal de generar este cambio es que el amperaje aumenta proporcionalmente, obligando a crear un circuito de potencia lo suficientemente capaz para controlar tales magnitudes de corriente.

Al probar estos ángulos en el sistema de accionamiento electrónico se pudo determinar que bajo las herramientas que se están utilizando en este proyecto el motor puede ser desarrollado a mayor profundidad, ya que el flujo de aire, la velocidad del aire, el encendido, las condiciones de compresión, el accionamiento no progresivo de

las válvulas, el encendido y la velocidad de respuesta de los solenoides hace que el motor se encuentre inestable. Se debe desarrollar nuevos sistemas que propongan solucionar estos factores para lograr un motor eficiente.

Bibliografía

- American Honda Motors Co. (Nf). El sistema VTEC (No i-VTEC). Capacitación técnica automotriz Módulo de conocimiento.
- BMW AG. (2009). Aftersales Training. Información de producto VALVETRONIC. München.
- González Arias Arnaldo. (2005). El magnetismo, Ediciones universidad Salamanca, España.
- BMW AG. (2009). Aftersales Training. Información de producto VANNOS. München.
- Bonher, M., et.al. (Nf). Tecnología del automóvil. GTZ. (p.207, p.212, p.242, p.244). Barcelona: Reverté S.A.
- Córdor, C. (2008). Motor Cayenne S y motor Cayenne Turbo MYOB. Módulo Porsche. (14-16).
- Cursos de entrenamiento técnico automotriz. (2008). Toyota Ecuador.
- Manual Ceac del automóvil. (2008). España: Editorial Ceac.
- Nissan Mexicana S.A. de C.V. (2008). Parte mecánica del motor QG16. Nissan Modelo de la serie B10. México.
- Nissan Mexicana S.A. de C.V. (2011). Generalidades del motor. Curso conocimiento producto Nissan March - Versa. México.
- Robalino, F. (2010). Curso teórico práctico DFM Motors. Inyección electrónica de combustible. Quito.
- Coello Serrano Efrén (2008), Electricidad y electrónica automotriz. Ecuador
- Horst Bauer, Heinz Diesch, Jurgen Crepin, Foikhart Dinkle (2000), Baterías sistemas eléctricos y electrónicos para automóviles. Robert Bosch GmbH Stuttgart
- Ediciones Ceac (2004), Manual Ceac del automóvil, Ediciones Ceac, S.A Barcelona.
- William H. Crouse (1993), Mecánica Del Automóvil, Marcombo Barcelona
- MITcalc 2013, <http://www.mitcalc.com/>
- Fernández García M, Espinosa A, Miñarro J (2008) *Magnetismo*, recuperado de http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_fyq3/tema9/index9.htm
- ATMEL corporation (2011), AVR with 8KBytes in-System Programmanle Flash manual, ATmega8,
- Tipler Paul A, (2006) Física preuniversitaria, Volumen II, Editorial Reverté, Barcelona España.

- EMADI, YIMIN, MERHRDAD (2008), Modern Electric Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles, Ehsan. Segunda edición
- Frederock J Bueche (2001), Física General, novena edición.
- Shingley Joseph E, Mischke Charles R(1998), Diseño en ingeniería mecánica, quinta edición.
- James M, Resistencia de Materiales(2005), 5ª edición.
- Smart Motors Devices OU, 2010-2012, <http://stepmotor.biz/es/a110201.htm>
- FAIRCHILD, semiconductor, H2IA1/H21A2/H21A3, www.fairchildsemi.com2001

Anexos

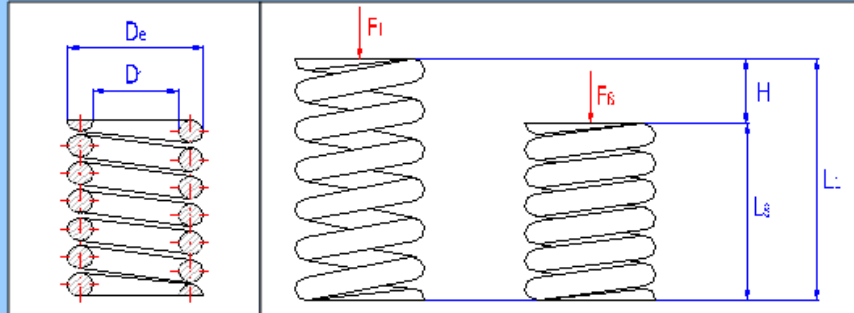
Desarrollo en una hoja de cálculo del diseño del muelle.

? + Input parameters section		
1.0 <input checked="" type="checkbox"/> Selection of load conditions, spring operational and production parameters.		
1.1 Working cycle operational parameters		
1.2 Method of loading		Fatigue loading
1.3 Working temperature	T	100.0 [° C]
1.4 Working environment		Non corrosive
1.5 Spring design		
1.6 Seating of the spring		A ... Fixed - free ends
1.7 Design of spring ends		J ... Closed ends ground
1.8 Surface treatment		Shot peened springs
1.9 Direction of coil winding		Right
1.10 Number of end / ground coils	n_c / n_g	1.0 1.0
1.11 Spring exposed to static loading		
1.12 Operational loading mode		Medium duty service
1.13 Desired level of safety	s_s	1.15 <input checked="" type="checkbox"/>
1.14 Method of stress curvature correction		Correction by Wahl
1.15 Spring exposed to fatigue loading		
1.16 Operational loading mode		Loading with light shocks
1.17 Desired spring service life in thousands of cycles	N	Infinite life
1.18 Desired level of safety	s_r	1.10 <input checked="" type="checkbox"/>
1.19 Method of stress curvature correction		Correction by Wahl
2.0 <input checked="" type="checkbox"/> Options of spring material.		
2.1 Production method :		Cold formed springs
2.2 Spring material :		Carbon steel valve spring wire EN 10270-2 VDC
2.3 Field of use of the selected material		
2.4 Suitability for fatigue load		Excellent
2.5 Relative strength		Medium
2.6 Corrosion resistance		Insufficient
2.7 Max. operational temperature		150 [° C]
2.8 Delivered wire diameters		0.5 - 17 [mm]
2.9 Mechanical and physical properties of the material		
2.10 Modulus of elasticity in shear	G_{20}	79500 [MPa]
2.11 Modulus of elasticity at operational temperature	G	77513 [MPa]
2.12 Density	ρ	7850 [kg/m ³]
2.13 Strength characteristics of the material		
2.14 Ultimate tensile strength	S_u	1650 [MPa]
2.15 Permissible torsional stress	τ_A	825 [MPa]
2.16 Ultimate fatigue strength in shear	τ_e	627 [MPa]
2.17 Fatigue strength by finite life	τ_f	627 [Mpa]

3.0 Spring design.

3.1 Desired parameters of working cycle

		Deviat. [%]		
3.2 Maximum working loading	F_s	66.0	50.0	[N]
3.3 Minimum working loading	F_1	60.0	0.0	[N]
3.4 Fully loaded spring length	L_s	24.0	0.0	[mm]
3.5 Required spring working stroke	H	20.0	0.0	[mm]
3.6 Preloaded spring length	L_1	44	0.00	[mm]



3.7 Filters of the designed solution

3.8 <input checked="" type="checkbox"/> Maximum permissible spring outer diameter	D_{max}	27.00	[mm]
3.9 <input checked="" type="checkbox"/> Minimum permissible spring inner diameter	D_{min}	18.00	[mm]
3.10 Permissible division of the number of active coils		1/4	
3.11 Permissible exceeding of spring limit dimensions		0.0	-> [%]
3.12 Perform check of buckling		No	
3.13 Perform check of the limit working length		Yes	
3.14 Keep to the required level of safety with the strength check		Yes	
3.15 Quality criterion	Deviation from desired dimensions		
3.16 Number of design iteration		Medium	

3.17 Options of solutions

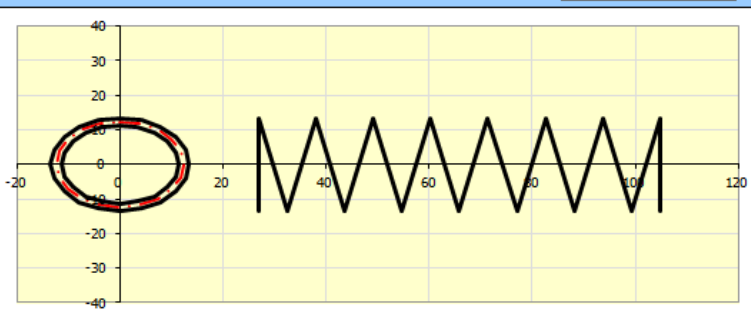
3.18 Sort design result by	Qualities of solutions
3.19 Run design calculation	Spring design

ID	D	D_e	D_i	d	n	L_0	L_1	L_s	F_1	F_s	τ_s	s_s	s_r	m	quality
1.1	24.8	26.9	22.7	2.10	7.00	77.9	44.0	24.0	60.0	95.4	650	1.22	1.13	17.3	0.45

Results section

4.0 Summarized list of designed spring parameters.

4.1 Refresh results from the selected spring design Refresh results



4.2 Spring loading

4.3 Minimum working loading	F_1	60.00	[N]
4.4 Maximum working loading	F_s	95.40	[N]

4.5 Spring dimensions

4.6 Mean spring diameter	D	24.78	[mm]
4.7 Recommended limits of wire diameter	d_{min} / d_{max}	1.55 6.20	[mm]
4.8 Wire diameter	d	2.1	[mm]
4.9 Outer / inner spring diameter	D_e / D_i	26.88 22.68	[mm]
4.10 Spring index	c	11.80	
4.11 Number of active coils	n	7	
4.12 Recommended limits of free spring length	L_{0min} / L_{0max}	54.14 106.18	[mm]
4.13 Free spring length	L_0	77.93	[mm]
4.14 Recommended pitch limits	t_{min} / t_{max}	7.43 14.87	[mm]
4.15 Space / pitch between coils of free spring	a / t	8.73 10.83	[mm]

4.16 Parameters of preloaded spring

4.17 Spring deflection	s_1	33.91	[mm]
4.18 Spring length	L_1	44.02	[mm]
4.19 Spring stress	τ_1	408.82	[MPa]

4.25 Parameters of spring limit state			
4.26	Theoretic spring limit loading	F_9	108.15 [N]
4.27	Theoretic spring deflection / length	s_9 / L_9	61.13 16.80 [mm]
4.28	Theoretic stress	τ_9	736.88 [MPa]
4.29	Sum of min. permissible spaces between active coil	s_{\min}	6.810 [mm]
4.30	Minimum spring limit length	$L_{\min F}$	23.61 [mm]
4.31 Spring mechanical and physical properties			
4.32	Spring constant	k	1.77 [N/mm]
4.33	Spring deformation energy	W_8	2.57 [J]
4.34	Critical spring speed	v_k	2.49 [m/s]
4.35	Natural spring frequency	f	172.77 [Hz]
4.36	Developed wire length	l	634 [mm]
4.37	Spring weight	m	0.017 [kg]

4.38 Spring strength check			
4.39	Curvature correction factor	K_s	1.0424
4.40	Corrected stress of fully loaded spring	τ_{sc}	677.57 [MPa]
4.41	Permissible torsional stress	τ_A	825 [MPa]
4.42	Level of safety		1.218
4.43 Check of buckling			
4.44	Permissible / actual max. working compression of spring		7.4 69.20 [%]
4.45 Strength check of a spring exposed to fatigue loading			
4.46	Curvature correction factor	K_f	1.1216
4.47	Corrected stress of fully loaded spring	τ_{sc}	729.05 [MPa]
4.48	Fatigue strength for the given loading	τ_{\max}	825 [MPa]
4.49	Level of safety		1.132

Gráfico No A.1: Cálculos para los muelles de válvula

Elaborado por: José Ignacio Malo bajo la hoja de cálculo MITcalc 2013,

<http://www.mitcalc.com/>

Tablas de características de metales

TABLA No 2.6: Características metales

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS NUM.	SAE Y/O AISI NO.	PROCESA-CMIENTO	RESITENCIA ULTIMA Mpa	RESITENCIA DE FLUENCIA	ELONGACION EN 2 in %	REDUCCIO N EN AREA	DUREZA BRINELL
G10060	1006	HR	300 (43)	170(24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280(41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (53)	180(26)	28	50	95
		CD	370(53)	300(44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340(50)	190(27,5) _ç	28	50	101
		CD	390(56)	320(47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400(58)	220(32)	25	50	116
		CD	440(64)	370(54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380(55)	210(30)	25	50	111
		CD	470(68)	390(57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470(68)	260(37,5)	20	42	137
		CD	520(76)	440(64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500(72)	270(39,5)	18	40	143
		CD	550(80)	460(67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520(76)	290(42)	18	40	149
		CD	590(85)	490(71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570(82)	310(45)	16	40	163
		CD	630(91)	530(77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620(90)	340(49,5)	15	35	179
		CD	690(100)	580(84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680(98)	370(54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770(112)	420(61,5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830(120)	460(66)	10	25	248

Elaborado por: Shingley Joseph E, Mischke Charles R, Diseño en ingeniería mecánica,

p 858

TABLA No 2.7: Características metales

1	2	3	4	5	6	7	8
AISI NÚM.	TRATAMIENTO	TEMPERATURA C (F)	RESITENCIA ULTIMA Mpa	RESITENCIA DE FLUENCIA Mpa (kpsi)	ELONGACION %	REDUCCION EN AREA %	DUREZA BRINELL
1030	Q&T*	205 (400)	848 (123)	648 (94)	17	47	495
	Q&T*	315 (600)	800 (116)	621 (90)	19	53	401
	Q&T*	425 (800)	731 (106)	579 (84)	23	60	302
	Q&T*	540 (1000)	669 (97)	517 (75)	28	65	255
	Q&T*	650 (1200)	586 (85)	441 (64)	32	70	207
	Normalizado	925 (1700)	521 (75)	345 (50)	35	61	149
1040	Recocido	870 (1600)	430 (62)	317 (46)	19	64	137
	Q&T*	205 (400)	779 (113)	593 (86)	21	48	262
	Q&T*	425 (800)	758 (110)	526 (80)	29	54	241
	Q&T*	650 (1200)	634 (92)	434 (63)	28	65	192
	Normalizado	900 (1650)	590 (86)	374 (54)	30	55	170
1050	Recocido	790 (1450)	519 (75)	353 (54)	9	57	149
	Q&T*	205 (400)	1120 (163)	807 (117)	13	27	514
	Q&T*	425 (800)	1090 (158)	793 (115)	2	36	444
	Q&T*	650 (1200)	717 (104)	538 (78)	8	65	235
	Normalizado	900 (1650)	748 (108)	427 (62)	20	39	217
1060	Recocido	790 (1450)	636 (92)	365 (53)	24	40	187
	Q&T*	425 (800)	1080 (156)	765 (111)	14	41	311
	Q&T*	540 (1000)	965 (140)	669 (97)	17	45	277
	Q&T*	650 (1200)	800 (116)	524 (76)	23	54	229
	Normalizado	900 (1650)	776 (112)	421 (61)	18	37	229
1095	Recocido	790 (1450)	626 (91)	372 (54)	22	38	179
	Q&T*	315 (600)	1260 (183)	813 (118)	10	30	375
	Q&T*	425 (800)	1210 (176)	772 (112)	12	32	363
	Q&T*	540 (1000)	1090 (158)	676 (98)	15	37	321
	Q&T*	650 (1200)	896 (130)	552 (80)	21	47	269
1141	Normalizado	900 (1650)	1010 (147)	500 (72)	9	13	293
	Recocido	790 (1450)	658 (95)	380 (55)	13	21	192
	Q&T*	315 (600)	1460 (212)	1280 (186)	9	32	415
	Q&T*	540 (1000)	896 (130)	765 (111)	18	57	262
	4130	Q&T*	205 (400)	1630 (236)	1460 (212)	10	41
Q&T*		315 (600)	1500 (217)	1380 (200)	11	43	435
Q&T*		425 (800)	1280 (186)	1190 (173)	13	49	380
Q&T*		540 (1000)	1030 (150)	910 (132)	17	57	315
Q&T*		650 (1200)	814 (118)	703 (102)	22	64	245
Normalizado		870 (1600)	670 (97)	436 (63)	25	59	197
Recocido		865 (1585)	560 (81)	361 (52)	28	56	156
4140	Q&T*	205 (400)	1770 (257)	1640 (238)	8	38	510
	Q&T*	315 (600)	1550 (225)	1430 (208)	9	43	445

Elaborado por: Shingley Joseph E, Mischke Charles R, Diseño en ingeniería mecánica,

p 860

TABLA No 2.5: Características metales

NUMERO (ALUMINIUM ASSOCIATION)	GRADO	RESISTENCIA			ELONGACION EN IN 2 in %	DUREZA BRINELL HB
		FLUENCIA. S Mpa (kpsi)	ULTIMA. S Mpa (kpsi)	FATIGA. S Mpa (kpsi)		
Forjadas:						
2017	O	70(10)	179 (26)	90 (13)	22	45
2024	O	76(10)	186 (27)	90 (13)	22	47
	T3	345 (50)	482 (70)	138 (20)	16	120
3003	H12	117 (17)	131 (19)	55 (8)	20	35
	H16	165 (24)	179 (26)	65 (9.5)	14	47
	H34	186 (27)	234 (34)	103 (15)	12	63
3004	H38	234 (34)	276 (40)	110 (16)	6	77
	H32	186 (27)	234 (34)	117 (17)	18	62
5052	H36	234 (34)	269 (39)	124 (18)	10	74
Fundidas:						
319.0 *	T6	165 (24)	248 (36)	69 (10)	2.0	80
333.0	T5	172 (25)	234 (34)	83 (12)	1.0	100
	T6	207 (30)	289 (42)	103 (15)	1.5	105
355.0 *	T6	172 (25)	241 (35)	62 (9)	3.0	80
	T7	248 (36)	262 (28)	62 (9)	0.5	

Elaborado por: Shingley Joseph E, Mischke Charles R, Diseño en ingeniería mecánica,

p 860

Programación

\$regfile = "m8def.dat"

\$crystal = 8000000

Config Lcd = 16 * 2

\$regfile = "m8def.dat"

\$crystal = 4000000

Config Lcd = 16 * 2

Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portc.3 , Db5 = Portc.2 , Db6 = Portc.1 , Db7 = Portc.0 , E
= Portc.4 , Rs = Portc.5

Config Portb.4 = Output

Ddrb.4 = 1

Portb.4 = 0

Config Portb.3 = Output

Ddrb.3 = 1

Portb.3 = 0

Config Timer1 = Counter , Edge = Rising , Noise Cancel = 0

Ddrd.5 = 0

Portd.5 = 1

Config Timer0 = Counter , Edge = Rising , Noise Cancel = 0

Ddrd.4 = 0

Portd.4 = 1

Config Int0 = Rising

On Timer1

Enable Int0

Enable Interrupts

On Int0 Control Nosave

Cls

Cursor Off

Start Timer1

Tcnt0 = 0

Tcnt11 = 0

Do

Locate 1 , 4

Lcd "SENSOR_CKP=" ; Tcnt11

Select Case Tcnt11

Case 0 To 3:

Reset Portb.4

Reset Portb.3

Case 4 To 16:

Set Portb.4

Reset Portb.3

Case 17:

Reset Portb.4

Reset Portb.3

Case 18 To 31:

Reset Portb.4

Set Portb.3

Case Else:

Reset Portb.4

Reset Portb.3

End Select

Loop

Control:

Stop Timer1

Tcnt11 = 0

Waitus 50

Start Timer1

Return