



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

AUTORES: EVELIN LISSETH LOOR HERNÁNDEZ
GONZALO JAVIER MENDES PADILLA

TEMA: “DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SISTEMA DE
ENCENDIDO DE ALTO DESEMPEÑO, CON ADELANTO
PROGRAMABLE DE CHISPA DE UN MOTOR SHERCO 250I-R
PARA UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA DE CARRERAS
PARA LA COMPETENCIA MOTOSTUDENT 2013-2014”

DIRECTOR: ING. LUIS MENA
CODIRECTOR: ING. JOSÉ QUIROZ

LATACUNGA, ENERO 2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. LUIS MENA (DIRECTOR)
ING. JOSÉ QUIROZ (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo **“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SISTEMA DE ENCENDIDO DE ALTO DESEMPEÑO, CON ADELANTO PROGRAMABLE DE CHISPA DE UN MOTOR SHERCO 250I-R PARA UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA DE CARRERAS PARA LA COMPETENCIA MOTOSTUDENT 2013-2014”** realizado por los señores: EVELIN LISSETH LOOR HERNÁNDEZ y GONZALO JAVIER MENDES PADILLA ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE

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

El mencionado trabajo consta de DOS documentos empastados y DOS discos compactos los cuales contienen los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: EVELIN LISSETH LOOR HERNÁNDEZ y GONZALO JAVIER MENDES que lo entregue al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Enero del 2015.

Ing. Luis Mena
DIRECTOR

Ing. José Quiroz
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

NOSOTROS: EVELIN LISSETH LOOR HERNÁNDEZ

GONZALO JAVIER MENDES PADILLA

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado titulado **“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SISTEMA DE ENCENDIDO DE ALTO DESEMPEÑO, CON ADELANTO PROGRAMABLE DE CHISPA DE UN MOTOR SHERCO 250I-R PARA UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA DE CARRERAS PARA LA COMPETENCIA MOTOSTUDENT 2013-2014”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, Enero del 2015.

Evelin Lisseth Loor Hernández
C.I. 172008312-8

Gonzalo Javier Mendes Padilla
C.I. 172204744-4

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

NOSOTROS: EVELIN LISSETH LOOR HERNÁNDEZ
GONZALO JAVIER MENDES PADILLA

AUTORIZAMOS QUE:

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo **“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SISTEMA DE ENCENDIDO DE ALTO DESEMPEÑO, CON ADELANTO PROGRAMABLE DE CHISPA DE UN MOTOR SHERCO 250I-R PARA UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA DE CARRERAS PARA LA COMPETENCIA MOTOSTUDENT 2013-2014”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Enero del 2015

Evelin Lisseth Loor Hernández
C.I. 172008312-8

Gonzalo Javier Mendes Padilla
C.I. 172204744-4

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi hermano Brayan David Loor y a mi ahijada Domenica Guerrero por ser mi principal fuente de inspiración y dedicación para lograr alcanzar esta meta planteada desde el 2009, en cuyo transcurso he aprendido a valorar a mi familia y a apreciar cada esfuerzo que hacen ellos para mi superación tanto profesional como personal.

Dedico también a cada persona que ha cumplido un rol fundamental en mi paso por la universidad, llenándome de alegría, apoyo, cariño y sobretodo de conocimientos y experiencias como son familiares, amigos, compañeros pero sobre todo a los docente de la universidad cuya dedicación para con sus alumnos se la puede describir con una solo palabra "EXCELENCIA", todos ellos dejándome recuerdos y anécdotas agradables en estos cinco años de estudiante.

Con cariño y respeto

Evelin Loor

DEDICATORIA

“La posibilidad de realizar un sueño es lo que hace que la vida sea interesante.” **PAULO COHELO**

El siguiente trabajo de tesis va dedicado en primer lugar a Dios por darme fuerzas para seguir adelante día a día y no desmayar en las adversidades que se presentan en el diario vivir

A mi familia ya que ellos han sido el pilar fundamental en mi vida.

Para mis padres Roció Padilla y Marcelo Mendes ya que con el apoyo, constancia, comprensión, amor, me ayudan infinitamente en los momentos difíciles, y a la vez por la ayuda económica necesaria para lograr una meta más en mi vida.

A mis hermanos Santiago, Christian y Juan Esteban por estar siempre presentes, acompañándome, ayudándome disponiendo de su tiempo para poder alcanzar esta meta. A mis sobrinos Sebastián y Dante quienes han sido una motivación, inspiración y felicidad para superarme como persona y profesional.

A mi compañera de tesis y enamorada Evelin Loor por el apoyo, comprensión y sobre todo amor que ha existido entre los dos en este tiempo universitario, ya que hemos podido compartir un mismo sueño y hemos logrado superarnos apoyándonos uno a otro

Gonzalo Mendes

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres la Sra. Consuelo Hernández y el Sr. David Loor cuyo apoyo moral y económico ha sido primordial para poder realizarme profesionalmente, a mi hermano Brayan David por el cual cada paso que doy es pensado para ser un buen ejemplo a seguir de hermana, amiga y profesional.

Agradezco a Gonzalo Mendes enamorado, amigo y compañero de tesis por todo el amor, paciencia y apoyo incondicional que he recibido de su parte en todo este largo tiempo, pudiendo compartir los mismos sueños y ganas de superarnos.

Y finalmente agradezco a la Rosita Ruiz por su fiel y desinteresada amistad de tantos años, que ha superado todo tipo de dificultades convirtiéndose en una persona incondicional en mi vida y en cada decisión que tomo.

Evelin Loor

AGRADECIMIENTO

Me complace de sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi más sincero agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, a la Carrera de Ingeniería Automotriz, a los distinguidos docentes quienes con su profesionalismo y ética nos han enseñado en las aulas a ser mejores personas y excelentes profesionales en cada día de nuestras vidas y cada persona que conforma esta gran carrera ya que con sus experiencias y sus conocimientos nos ayudan a desarrollarnos como mejores personas y ser útiles en la sociedad

Gonzalo Mendes

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xix
CAPITULO 1.....	1
PLAN ANALÍTICO.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROBLEMA	3
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.5 OBJETIVOS	4
1.6 METAS.....	5
1.7 HIPÓTESIS	6
1.8 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.9 ÁREA DE INFLUENCIA	6
CAPITULO 2.....	7
INTRODUCCIÓN.....	7
2.1 GENERALIDADES	7
2.2 MOTOCICLETA DEPORTIVA	7
2.3 EL MOTOR DE 4 TIEMPOS	8
2.3.1 Descripción	9
2.3.2 Funcionamiento	10
2.3.3 Ciclo real de funcionamiento del motor de 4 tiempos	12
2.3.4 Disposición de los elementos en un motor real.....	15
2.4 SISTEMA DE ENCENDIDO DIS	16
2.4.1 Introducción	16

2.4.2 Componentes.....	17
2.4.2.1.1 Componentes generales.....	17
2.4.2.1.2 Batería.....	17
2.4.2.1.2.1 Bobina.....	18
2.4.2.1.2.2 Introducción.....	18
2.4.2.1.2.3 Ubicación.....	18
2.4.2.1.2.4 Principio de Funcionamiento.....	19
2.4.2.1.3 Bujías.....	24
2.4.2.1.3.1 Introducción.....	24
2.4.2.1.3.2 Características.....	24
2.4.2.1.3.3 Grado Térmico.....	26
2.4.2.1.3.3.1 Bujía frías.....	26
2.4.2.1.3.3.2 Bujía caliente.....	27
2.4.2.1.3.3.4 Características según el Electrodo.....	28
2.4.2.1.4 Cables.....	30
2.4.2.1.5 Componentes electrónicos.....	31
2.4.2.1.6 Computadora ECU.....	31
2.4.2.1.7 Sensores.....	32
2.4.2.1.7.1 Sensor de la posición de acelerador TPS.....	32
2.4.2.1.7.1.1 Introducción.....	32
2.4.2.1.7.1.2 Ubicación.....	33
2.4.2.1.7.1.3 Principio de Funcionamiento.....	34
2.4.2.1.7.1.4 Tabla de valores.....	36
2.4.2.1.7.2 Sensor de velocidad del motor CKP.....	36
2.4.2.1.7.2.1 Introducción.....	36
2.4.2.1.7.2.2 Ubicación.....	37
2.4.2.1.7.2.3 Principio de Funcionamiento.....	38
2.4.2.1.7.2.4 Tabla de valores.....	42
2.5 AVANCE AL ENCENDIDO.....	42
2.5.1 Importancia.....	42
2.5.2 Operación del avance electrónico.....	45
2.5.3 Sistema de Avance Electrónico de Chispa.....	45
CAPITULO 3.....	47
DISEÑO Y FABRICACIÓN.....	47
3.1 Diseño del sistema de encendido de alto rendimiento.....	47

3.1.1 Selección de elementos	47
3.1.1.1 Tarjeta Electrónica STM32F4 Discovery	47
3.1.1.1.2 Introducción.....	47
3.1.1.1.3 Componentes y características	48
3.1.1.1.4 Modo de comunicación	50
3.1.2 Programa Matlab – Simulink	51
3.1.2.1 Matlab	51
3.1.2.2 Simulink	51
3.1.2.2.1 Waijung blockset Librería de Matlab	52
3.2 Programación del controlador	62
3.2.1 FLUJOGRAMA	62
3.2.1.1 SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR (TPS).....	63
3.2.1.2 SENSOR DE VELOCIDAD (CKP).....	64
3.2.2 PROGRAMACIÓN	65
3.3 Pruebas	67
CAPITULO 4	73
IMPLEMENTACIÓN EN EL PROTOTIPO	73
4.1 Construcción del prototipo.....	73
4.2 Implementación del sistema de encendido de alto desempeño en la motocicleta.....	79
4.3 Participación en la competencia MotoStudent 2013-2014.....	83
4.4 Resultados de la Competencia.....	88
CAPITULO 5	89
MARCO ADMINISTRATIVO	89
5.1 RECURSOS.....	89
5.1.1 RECURSOS HUMANOS	89
5.1.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS	89
5.1.3 RECURSOS MATERIALES	90
5.2 PRESUPUESTO	91
5.3 Financiamiento	92
5.4 Cronograma	92
CAPITULO 6	94
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFÍA.....	96

Libros:	96
Netgrafía:	96
ANEXOS	98

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Fig. 1.1 Avance Tecnológico.....	3
Fig. 2.1: Motocicleta Deportiva.....	8
Fig. 2.2: Partes de un motor	9
Fig. 2.3: Diagrama de distribución de un motor con Ciclo Otto.....	13
Fig. 2.4: Partes de un motor monocilíndrico	15
Fig. 2.5: Diagrama de los componentes del Sistema de Encendido DIS.....	17
Fig. 2.6: Batería	17
Fig. 2.7: Bobina	18
Fig. 2.8: Ubicación de la Bobina	19
Fig. 2.9: Conexión Eléctrica del Sistema DIS	19
Fig. 2.10: Esquema Interno de la Bobina de Encendido.....	20
Fig. 2.11: Esquema eléctrico del Sistema de Encendido DIS.....	21
Fig. 2.12: Onda del pulso de activación de la bobina	21
Fig. 2.13: Grafica del salto de la chispa de la bujía	22
Fig. 2.14: Grafica del bobinado primario y secundario.....	23
Fig. 2.15: Bujía	24
Fig. 2.16: Selección de la Bujía de encendido	25
Fig. 2.17: Bujía Fría	26
Fig. 2.18: Utilización de la Bujía Fría	27
Fig. 2.19: Bujía Caliente	27
Fig. 2.20: Utilización de la Bujía Caliente	28
Fig. 2.21: Desgaste del electrodo central y de masa.....	28
Fig. 2.22: Forma de Electroodos	29
Fig. 2.23: Forma de Electroodos	29
Fig. 2.24: Materiales de Electroodos (Bosch).....	30
Fig. 2.25: Cables de encendido	31
Fig. 2.26: ECU	31
Fig. 2.27: Funcionamiento de la ECU.....	32
Fig. 2.28: Sensor TPS	33
Fig. 2.29: Ubicación del sensor TPS.....	33

Fig. 2.30: Circuito eléctrico del sensor TPS.....	34
Fig. 2.31: Tipos de Terminales del Sensor TPS.....	35
Fig. 2.32: Descripción del sensor TPS.....	35
Fig. 2.33: Curva característica del sensor TPS.....	36
Fig. 2.34: Sensor CKP.....	37
Fig. 2.35: Ubicación en el sensor CKP.....	37
Fig. 2.36: Conexión eléctrica del CKP.....	38
Fig. 2.37: Tipo de sensores CKP.....	39
Fig. 2.38: Componentes del sensor CKP.....	39
Fig. 2.39: Principio de Funcionamiento del sensor CKP.....	40
Fig. 2.40: Forma de onda del sensor CKP.....	41
Fig. 2.41: Señal Generada del sensor CKP.....	41
Fig. 2.42: Descripción gráfica del avance al encendido.....	43
Fig. 2.43: Grafica del avance al encendido.....	44
Fig. 2.44: Flujo grama del Sistema de Avance Electrónico de Chispa.....	46
Fig. 3.1 Tarjeta electrónica STM32F4 Discovery.....	47
Fig. 3.2 Microcontrolador STM32F407VG.....	49
Fig. 3.3 Modo de comunicación de la tarjeta.....	50
Fig. 3.4 Librería-Simulink.....	52
Fig. 3.5 Diagrama de Bloque ADC en Simulink.....	53
Fig. 3.6 Ventana de configuración del bloque ADC.....	53
Fig. 3.7 Diagrama de Bloque DAC en Simulink.....	56
Fig. 3.8 Ventana de configuración del bloque DAC.....	56
Fig. 3.9 Diagrama de Bloque PWM Capture en Simulink.....	57
Fig. 3.10 Ventana de configuración del bloque PWM Capture.....	58
Fig. 3.11 Capture Edge.....	59
Fig. 3.12 Diagrama de Bloque Digital Output en Simulink.....	60
Fig. 3.13 Ventana de configuración del bloque Digital Output.....	61
Fig. 3.14 Diagrama de flujo para el sensor TPS.....	63
Fig. 3.15 Diagrama de flujo para el sensor TPS.....	64
Fig. 3.16 Programación De Los Sensores CKP Y TPS.....	66
Fig. 3.17 Programación para la interacción con la variable.....	67

Fig. 3.18 Enviando la programación a la Tarjeta Electrónica STM32F4 Discovery	68
Fig. 3.19 Conexión de la Tarjeta Electrónica STM32F4 Discovery con el Osciloscopio	68
Fig. 3.20 Señal del TPS (No acelerado)	69
Fig. 3.21 Señal del TPS (levemente acelerado)	69
Fig. 3.22 Señal del TPS (totalmente acelerado)	70
Fig. 3.23 Señal del CKP	70
Fig. 3.24 Señal del CKP (25% de aumento)	71
Fig. 3.25 Señal del CKP (50% de aumento)	71
Fig. 3.26 Señal del CKP (100% de aumento)	72
Fig. 4.1 Construcción del Chasis	73
Fig. 4.2 Colocación del Motor	74
Fig. 4.3 Colocación del Tanque y Asiento	74
Fig. 4.4 Construcción de las Partes de la Moto	75
Fig. 4.5 Diseño del Carenado	75
Fig. 4.6 Acabado del Carenado y la Pintura de la Moto	76
Fig. 4.7 Instalación de los Sistemas del motor	76
Fig. 4.8 Instalación del Airbox	77
Fig. 4.9 Instalación del Cableado eléctrico del motor	77
Fig. 4.10 Adaptación de cada uno de los Sistemas del motor para una mejor Ergonomía	78
Fig. 4.11 Patrocinadores de la Moto	78
Fig. 4.12 Trabajo final	79
Fig. 4.13 Conexión en el sensor CKP	79
Fig. 4.14 Conexión en el sensor TPS	80
Fig. 4.15 Conexión a la Tarjeta Electrónica STM32F4 Discovery	80
Fig. 4.16 Adaptación Final	81
Fig. 3.17 Gráfica del sensor TPS	82
Fig. 3.18 Gráfica del sensor CKP	82
Fig. 3.19 Datos de la gráfica del sensor CKP	83
Fig. 4.20 Paddock junto al equipo Brasileño	83

Fig. 4.21 Paddock	84
Fig. 4.22 Pruebas Estáticas	84
Fig. 4.23 Pruebas Dinámicas	85
Fig. 4.24 Gincana 1	85
Fig. 4.25 Gincana 2	86
Fig. 4.26 Prueba de Mecánicos	86
Fig. 4.27 Tres sellos de aprobación de las pruebas	87
Fig. 4.28 Punto de Partida	87
Fig. 4.29 Carrera Final	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Valores de Operación del sensor TPS	36
Tabla 2.2 Valores de Operación del sensor CKP	42
Tabla 3-1 Configuración del Bloque ADC	54
Tabla 3-2 Configuración del Bloque PWM Capture	58
Tabla 5-1 Recursos Materiales	90
Tabla 5-2 Análisis Económico	91

RESUMEN

Conociendo la naturaleza del evento MotoStudent Aragón España, que es una competencia de diseño, de alto nivel, y debido a que se desarrolla en un país en el cual tiene como referencia a los mejores diseñadores de motos y siendo cuna de los pilotos campeones mundiales, ha sido necesario desarrollar un prototipo de moto a la altura de las exigencias que la competencia demanda y el reglamento lo reitera.

Este proyecto se dirige al diseño y fabricación de un sistema de encendido de alto desempeño de un motor Sherco 250i-R para un prototipo de motocicleta de carreras para la competencia MotoStudent 2013- 2014, enfocándonos en una programación para el re-cálculo de las curvas características de los sensores de posición del acelerador (TPS) y velocidad del motor (CKP), obteniendo de esta manera un aumento en el rendimiento de nuestro prototipo, debido a que se aprovechara al máximo el avance de la chispa según el ángulo que calcule la ECU con las nuevas curvas características de nuestros sensores.

El proyecto contempla las respectivas pruebas de diseño y normas que se impone en el reglamento de la Organización MotoStudent para la puesta en marcha de este tipo de sistemas electrónicos, por lo cual este tipo de motocicletas de competición, deberá cumplir parámetros específicos para lograr alcanzar un nivel internacional europeo y lograr ser rivales activos del resto de equipos inscritos.

Este trabajo cuenta con cinco capítulos los cuales se encuentran organizados de manera que inicia, con el estudio de los motores de cuatros tiempos y sistema de encendido de alto rendimiento; hasta llegar a concluir con las pruebas del sistema de encendido diseñado y los resultados obtenidos en la competencia.

Una vez elaborado el proyecto y con la participación del prototipo en Aragón España, se recopila toda la experiencia y se la registra en el presente escrito, con el fin de contar con un registro de diseño, para que partiendo de estos registros puedan evolucionar y mejorar los diseños y desarrollar sistemas electrónicos más avanzados tecnológicamente y así lograr un alto desempeño como equipo en la competición y desarrollar mejores métodos de ingeniería y alcanzar mejor posicionamiento dentro de la misma competencia, para futuros participantes de la Universidad en la tan afamada Competencia MotoStudent.

Palabras Claves:

Sistemas de Encendido, sensores, avances de encendido, rendimiento.

ABSTRACT

Knowing the nature of the event MotoStudent Aragon Spain, which is a competition to design, high-level, and due to that develops in a country in which you have as a reference to the best designers of motorcycles and being sub pilots of the world champions, has been necessary to develop a prototype motorcycle to the height of the demands that demand competition and the rules of the reiterated.

This project is directed to the design and manufacture of an ignition system's high-performance engine a Sherco 250i-R for a prototype of motorcycle racing for the competition MotoStudent 2013- 2014, focusing on a schedule for the recalculation of the characteristic curves of the throttle position sensors (TPS) and speed of the engine (CKP), obtaining in this way an increase in the performance of our prototype, because that will maximize the spark advance timing depending on the angle that calculate the ECU with the new characteristic curves of our sensors.

The project envisages the respective design proofs and rules that are imposed in the regulation of the Organization MotoStudent for launching this type of electronic systems, by which this type of racing motorcycles, you must meet specific parameters to reach an international level and achieved European rivals assets from the rest of teams entered.

This work has five chapters which are organized in a way that starts with the study of the four-stroke engines and ignition system high-performance; up to us to conclude with the evidence of the ignition system designed and the results obtained in the competition.

Once developed the project with the participation of the prototype in Aragon Spain, collects all the experience and recorded in the present writing, in order to have a record of design, for from these records can evolve and improve the designs and develop electronic systems more technological advanced mind and achieve a high performance as a team in the competition and develop better

engineering methods and achieve better positioning within the same competition, for future participants of the University in the famous MotoStudent Competition.

Key words:

Power systems, sensors, spark advances, yield.

CAPITULO 1

PLAN ANALÍTICO

1.1 ANTECEDENTES

III Edición Motostudent (2013-2014) “La **MOTO ENGINEERING FOUNDATION** promueve la competición MotoStudent, un desafío entre equipos de estudiantes universitarios de Europa y de todo el mundo.

El objetivo es diseñar, fabricar y evaluar un prototipo de moto de competición con una cilindrada de 250cc y cuatro tiempos, la cual será puesta a prueba y valorada en una prueba final en el circuito de MotorLand Aragón. La competencia en sí misma representa un desafío para los estudiantes. Donde tendrán que poner a prueba su creatividad y sus habilidades para innovar aplicando directamente sus capacidades como ingenieros contra otros equipos universitarios de todo el mundo durante un período de tres semestres.



Logotipos de MotoStudent y de Moto Engineering Foundation

Se pide a los equipos que jueguen el papel de una firma de motos, por lo que tendrán que diseñar, fabricar y evaluar un prototipo de moto de competición destinado al público no profesional, de fin de semana y el mercado de competición. Los equipos tendrán que ponerse en la situación de vender su producto al “publico general”, como si de una fábrica de motos se tratara como en cualquier otro proyecto industrial. Por ello el desafío no es sólo un proyecto de ingeniería, sino la creación de un modelo empresarial también.

Aspectos como aceleración, frenada, manejabilidad y durabilidad serán

evaluados durante el evento de MotoStudent en el circuito de MotorLand Aragón. Otros factores en el diseño a tener en cuenta son: fabricación, aspectos económicos, ergonómicos, estéticos, mantenimiento, innovación en el diseño y fiabilidad.

- *Los prototipos serán sometidos a pruebas en banco y deberán cumplir con los requerimientos mínimos de frenada, resistencia de chasis, etc.*
- *Se llevará a cabo un test final para evaluar la calidad de la conducción del prototipo en la pista principal. Para la prueba final las motos desarrollan una carrera en el circuito de MotorLand Aragón, España.*

Cada proyecto será evaluado frente a los otros proyectos competidores para determinar la mejor moto.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad de nuestro país se observa claramente el impulso que ha tenido las competencias automovilísticas, sin embargo el motociclismo en pista se lo está dejando de lado, debido a que, no cuenta con la difusión ni el apoyo suficiente como para crecer en este campo, todo este problema viene por la falta de especialistas técnicos y al costo elevado que implica involucrarse en este tipo de competencia.



Fig. 1.1 Avance Tecnológico
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

1.3 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROBLEMA

Se diseñó y se construyó un sistema de encendido de alto desempeño con Adelanto Programable de la chispa para el motor Sherco 250 I-R con el fin de mejorar el rendimiento el mismo sin realizar ningún tipo de trucaje

Se seleccionó componentes electrónicos que se adapten a tensiones de trabajo de 0V a 5V siendo la misma con la que trabajan los sensores

La programación se realizó en un programador grafico debido a su complejidad y fácil entendimiento, a la vez de la rápida interacción con nuestra tarjeta electrónica

Este sistema de encendido lo que pretende es mejorar el rendimiento de nuestro motor, sin necesidad de realizar cambios mecánicos en el mismo.

Mediante los resultados de la competencia verificamos la funcionalidad del proyecto a la vez que el mismo interviniera un proyecto de innovación calificada ante jueces de la competencia.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El hecho de que estudiantes de Ingeniería Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga participe en la competencia MotoStudent 2013-2014 que se desarrollara en España, nos da una firme convicción que somos capaces de producir productos competitivos y sobre todo de excelente calidad y con un trabajo en equipo, tendremos como resultado la necesidad de mejorar día a día, y obtener una mejor posición en competencias similares que se desarrollaran a lo largo de nuestras vidas y que seremos participantes activos. También incentivamos a futuras promociones de estudiantes de Ingeniería Automotriz a involucrarse en el motociclismo en pista y de esta manera brindar al Ecuador y a la Universidad un paso muy importante como es, la difusión de este deporte, y cambiar una manera de pensar muy cotidiana como es que en el país no existe talento humano.

El trabajo final que deseamos llegar es un prototipo competitivo en su totalidad frente a una ingeniería internacional y sus altos presupuestos.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1. General

- Diseñar y fabricar un sistema de sistema de encendido de alto desempeño, con adelanto programable de chispa de un motor

SHERCO 250i-R para un prototipo de Motocicleta de carreras para la competencia Motostudent 2013-2014

1.5.2. Específicos

- Analizar las ventajas que traen consigo la implementación de un sistema de sistema de encendido de alto desempeño, con adelanto programable de chispa en un motor SHERCO 250i-R.
- Seleccionar los componentes electrónicos para la construcción del sistema de encendido
- Diseñar el sistema de encendido que permita mejorar el rendimiento del motor
- Mejorar el rendimiento de un motor SHERCO 250i-R con la implementación y ejecución de un sistema de encendido de alto desempeño, con adelanto programable de chispa.
- Adaptar un sistema de encendido a para obtener un nivel de competitividad elevada para la competencia.
- Implementar al prototipo un sistema de encendido de alto desempeño, con adelanto programable de chispa, convirtiéndose en un producto competitivo en la competencia MotoStudent 2013-2014.

1.6 METAS

- Incentivar y difundir el motociclismo en pista en el Ecuador.

- Obtener un prototipo eficaz y competitivo frente a competidores internacionales.
- Culminar con la fabricación del prototipo con un alto estándar de calidad, en un plazo de 12 meses.

1.7 HIPÓTESIS

Es posible diseñar y construir de forma artesanal un sistema de encendido de alto desempeño, con adelanto programable de chispa; con iguales requerimientos y prestaciones de una motocicleta para carreras y obteniendo igual rendimiento y eficiencia.

1.8 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

- **Variable Dependiente**

Aumentar el desempeño y eficiencia de un motor SHERCO 250i-R, para la competencia Motostudent 2013-2014.

- **Variable Independiente**

Diseñar y construir de forma artesanal un sistema de encendido de alto desempeño, con adelanto programable de chispa.

1.9 ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia de nuestro proyectos es el reconocimiento del prestigio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga a nivel internacional con la participación en el Evento MotoStudent 2013-2014.

A la vez tiene influencia en la industria ya consolidada de implementación de sistemas de encendido eléctrico y electrónico en motocicletas, para aumentar su potencia y su vida útil.

CAPITULO 2

INTRODUCCIÓN

2.1 GENERALIDADES

Las motocicletas en la actualidad son un recurso muy necesario, debido a ser un transporte de excelencia por su economía, pero sobre todo por su compactibilidad, siendo así más eficaces; sin embargo al ser un medio de transporte codiciando en la actualidad, su demanda ha influido mucho en la fabricación de las mismas, dando como resultado un mercado extenso en este campo. El contexto de esta investigación es básicamente las motocicletas deportivas, de los cuales los clientes fijos son pilotos de carreras, que abrieron campo desde el año 1984 para que se de esta modalidad.

2.2 MOTOCICLETA DEPORTIVA

Las motos deportivas (Fig. 2.1), tienen muchas ventajas tanto para el uso en vía pública como en pista de carrera, esto se debe a que una motocicleta de velocidad es una derivación de las motocicletas deportivas.

Una característica principal es que en su mayoría van equipadas de un carenado. El carenado básicamente es el revestimiento realizado con fibra de vidrio, fibra de carbono, plástico u otros materiales que se adapta al chasis, todo esto con la finalidad de mejorar su aerodinámica, dando como resultado altas velocidades (250Km/h aprox.); su eficiencia aumenta al tener una excelente relación peso potencia; todas estas ventajas son el resultado de la combinación de un motor de alto cilindraje con una construcción de materiales ligeros.

La posición de conducción de la motocicleta deportiva es altamente ofensiva para que el conductor se concentre en formar un solo cuerpo entre la motocicleta y el conductor, gracias a la posición del conductor y el diseño del carenado se puede ganar una mayor estabilidad en la dirección y ayuda a

romper la barrera del aire gracias a que facilita la aerodinámica de la motocicleta deportiva.



Fig. 2.1: Motocicleta Deportiva
Fuente: mecanicaymotores.com

2.3 EL MOTOR DE 4 TIEMPOS

Un motor de combustión interna (encendido provocado) trabaja con el ciclo Otto, estos motores son máquinas que transforman la energía química, es decir, la energía contenida en una mezcla de oxígeno y combustible; en energía mecánica, siendo esta la que el hombre utiliza para diferentes fines, y uno de esos y el principal vendría hacer la propulsión de cualquier tipo de vehículo, sin embargo para este fin se puede hablar de motores de baja cilindrada como son los motores de dos tiempos, cuya desventaja principal es su simplicidad y ligereza; por otra parte también se pueden utilizar de motores que trabajan con ciclo Diésel.

Sin embargo hasta la actualidad el motor de cuatro tiempos con ciclo Otto se considera el más versátil debido a sus múltiples aplicaciones.

El ciclo Otto es el resultado de múltiples estudios anteriores de físicos como son: Nicolas Carnot en (siglo IX), Alphonse Beau de Rochas (1862) y ya llevado a la práctica por: Lenoir (1860) Otto y Langen (1867) como una máquina térmica, y finalmente el resultado del primer motor considerado como

operativo estuvo en las manos del físico Nikolaus August Otto (1876), y es como en honor a este físico es que se le conoce como “Ciclo Otto”.

2.3.1 Descripción

Un motor de cuatro tiempos realiza un ciclo o periodo de trabajo completo en cuatro fases completamente diferentes entre sí, que necesitan cuatro carreras del pistón, es decir, dos revoluciones del cigüeñal. Y las fases son las siguientes:

1. Admisión
2. Compresión
3. Combustión o expansión
4. Escape

Al ser máquinas transformadoras de energía cuentan con varias partes móviles (Fig. 2.2) que se explicaran a continuación, con el fin de familiarizarnos con aquellos términos, que utilizaremos a lo largo de esta investigación.

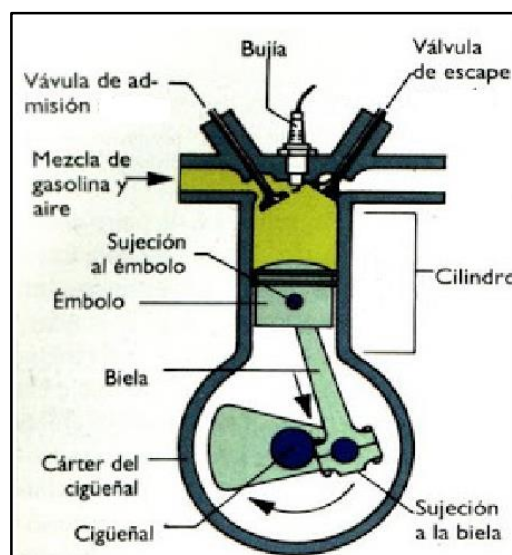


Fig. 2.2: Partes de un motor
Fuente: www.mundomotor.net

- **Válvula:** Se encarga de cerrar o abrir el paso, en los conductos tanto de admisión (mezcla aire combustible); como de escape (gases combustionados).
- **Bujía:** Se encarga de dar la chispa, y de esta manera enciende la mezcla altamente comprimida.
- **Cilindro:** El cilindro está formado por el block y la culata, y determina el tipo de motor, características, cantidad de cilindros y la potencia. La función principal del cilindro es permitir el desplazamiento del pistón, el cual se mueve entre los denominados punto muerto inferior (PMI), es la posición más baja muy próxima al cigüeñal y el punto muerto superior (PMS), esta es la posición más alta muy próxima a la culata.
- **Pistón o embolo:** (ÁGUEDA, Eduardo; GARCIA, José; NAVARRO, José; GÓMEZ, Tomas. *Fundamentos Tecnológicos del Automóvil*. (1ra Ed.) España pp65) “Es el elemento móvil que se desplaza a lo largo del cilindro ajustándose perfectamente a él con la ayuda de los segmentos (...). Este elemento es encargado de recibir la fuerza procedente de la expansión de los gases, así como de transmitir el movimiento al cigüeñal (árbol del motor) a través de la biela”
- **Cigüeñal:** Conocido como árbol del motor y con la biela, convierte el movimiento alternativo o lineal de los pistones en movimiento rotatorio; y de ahí envía el movimiento a la caja de cambio para la propulsión.
- **Biela:** Une el pistón con el cigüeñal, su función principal es convertir el movimiento ascendente y descendente del pistón en movimiento giratorio del cigüeñal.

2.3.2 Funcionamiento

Primer tiempo ADMISIÓN:

El pistón efectúa una carrera descendente, estando la válvula de admisión abierta, al descender el pistón crea un vacío en la parte superior y es así como se provoca una aspiración y llenado del cilindro de la mezcla aire-combustible, este llenado continúa hasta

el P.M.I. en que se cierra la válvula de admisión.

Segundo tiempo COMPRESIÓN:

El pistón efectúa una carrera ascendente, es decir sube el pistón desde el P.M.I. hasta el P.M.S., durante la cual están cerradas las válvulas de admisión y compresión.

El volumen de la mezcla disminuye notablemente, según vaya subiendo el pistón, por esta razón hay un cambio de presión y aumento de temperatura.

En esta fase del motor se obtienen las siguientes ventajas: la gasolina se evapora debido al aumento de temperatura y la mezcla (aire-combustible) se hace más homogénea; todas estas ventajas ayudan a que se dé una combustión más completa y la liberación de calor será en mayor cantidad. Sin embargo, la temperatura al final de la combustión debe ser menor a la temperatura de inflamación de la mezcla.

Tercer tiempo EXPANSIÓN o EXPLOSIÓN (tiempo del motor):

En el momento que el pistón llega al final de la carrera de compresión, es decir, al P.M.S., salta una chispa eléctrica entre los electrodos de la bujía, que están ubicados en el interior de la cámara de combustión.

La mezcla al ya estar comprimida y calentada en la anterior fase, se enciende y se quema rápidamente (explosión). La presión (aproximadamente 30atm) que obtenemos de la explosión actúa sobre el pistón y le empuja desde el P.M.S. hasta el P.M.I.

En esta fase de descenso del pistón por la presión obtenida de la combustión de la mezcla es en donde el motor realiza trabajo, y por esta razón se le conoce como "tiempo motor" o "carrera motriz".

Cuarto tiempo ESCAPE:

En esta fase la válvula de escape se abre al final de la carrera motriz, es decir, cuando el pistón se encuentra en el P.M.I.; los gases quemados escapan con gran velocidad por dicha válvula, que se encuentra conectado con el escape del motor, debido a que la presión aún está por encima de la presión atmosférica.

El pistón sube desde el P.M.I. hasta el P.M.S., y de esta manera expulsa al exterior lo que queda de los gases combustionados, en el momento que el pistón llega al P.M.S. la válvula de escape se cierra.

Estos cuatro tiempos son repetitivos, por lo que podemos concluir, que un ciclo de trabajo es el conjunto de los cuatro tiempos o fases: admisión, compresión, expansión y escape. Cada carrera del pistón equivale a media vuelta del pistón, entonces para que el motor cumpla un ciclo del trabajo necesitara de dos vueltas del cigüeñal.

Si nos referimos a un motor monocilindro, la carrera motriz debe proporcionar al volante una cantidad de energía suficiente para mover el cigüeñal durante los tres tiempos que no realiza trabajo, y sin que la velocidad de rotación disminuya notablemente.

La función del volante es regularizar la marcha del motor y efectuar las tres fases pasivas (admisión-compresión-escape).

2.3.3 Clico real de funcionamiento del motor de 4 tiempos

Si el calado de la distribución (sincronización del árbol de levas con el cigüeñal) fueran del ciclo teórico del motor, las válvulas tanto de admisión como de escape, se abrirían y se cerrarían exactamente en los puntos muertos tanto superior como inferior (P.M.S. y P.M.I.); sin embargo en la práctica no funciona así.

Varios factores como compresibilidad, pérdida de calor, cuya consecuencia es una pérdida de trabajo, y también consecuencias externas como son: fricciones, arrastre de bombas de agua y aceite, compresores, ventiladores, entre otras; hacen que el motor requiera más tiempos de abertura y cierre de las válvulas tanto de admisión como escape, lo cual es posible gracias a la inercia que poseen los gases por su propia masa, evitando así un inversión en el sentido de la circulación. Por otra parte, la combustión de la mezcla comprimida no es instantánea, es decir, requiere un determinado tiempo y es por esta razón que es necesario que la bujía mande la chispa eléctrica antes de que el pistón llegue al P.M.S..

En la siguiente (Fig. 2.3) se observa el desarrollo del ciclo real por etapas, tomando en cuenta cada etapa y los distintos momentos de apertura y cierre de ambas válvulas, hay

que tener en cuenta que el motor gira en sentido anti horario.

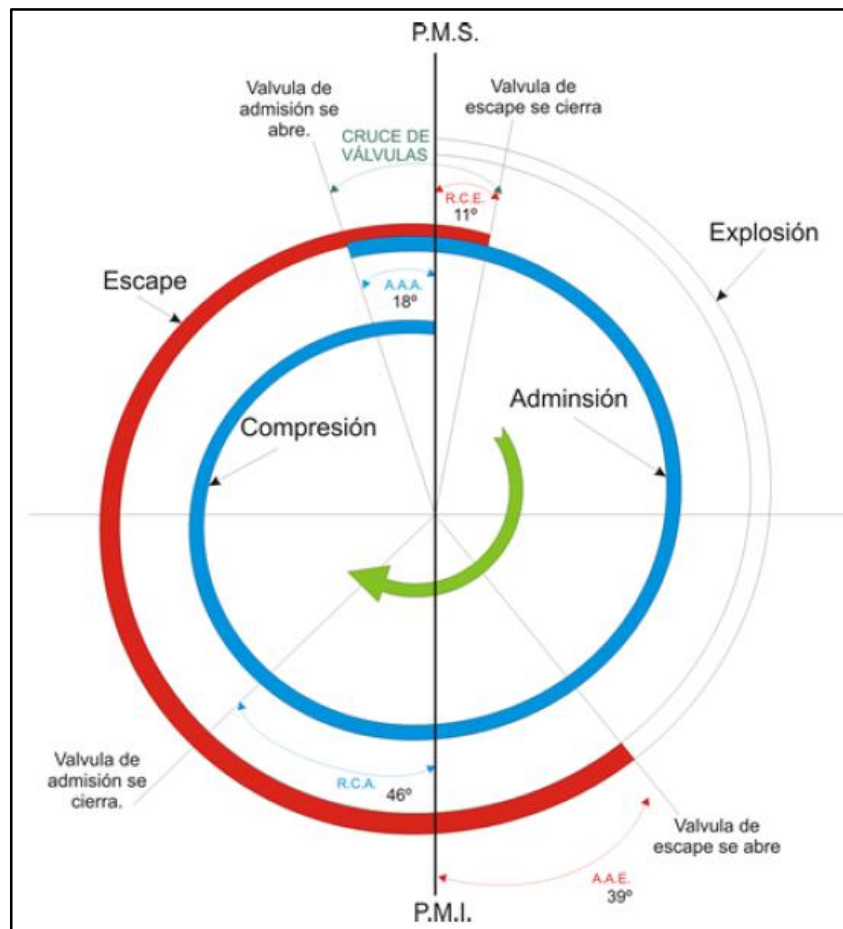


Fig. 2.3: Diagrama de distribución de un motor con Ciclo Otto
Fuente: sutge.blogspot.com

El ciclo se tomara en cuenta desde el momento que se produce la combustión de la mezcla, teniendo en cuenta que la chispa eléctrica se dará antes de que el pistón llegue al P.M.S.; con el fin de evitar una pérdida de presión provocada por el descenso del pistón, y es así como la combustión se dará en el ascenso del pistón al P.M.S.; el valor de este avance se dará dependiendo del tiempo que lo hace la velocidad de giro del motor.

Cuando se produce la combustión, el pistón baja con gran rapidez, debido al aumento de volumen de los gases combustionados, y aun faltando para la llegada al P.M.I. la válvula de escape ya se abrirá, esto se da porque los gases ya combustionados aumentaran notablemente (reacción química y dilatación) y la presión en el interior del cilindro hace que los gases combustionados salgan con gran rapidez.

Ya en la fase de Escape y antes de que el pistón llegue al P.M.S. la válvula de admisión se abrirá, sin que todavía la válvula de escape se haya cerrado completamente, los gases no intentan salir por esta válvula debido a la inercia de los mismo, es decir, al abrirse la válvula de escape los gases combustionados adquieren una alta fuerza y por ende alta velocidad para salir, todo esto debido a la presión que existe en su interior, y de esta manera la inercia conseguida por los gases en todo este proceso impedirá a los mismos pararse de golpe.

Con una disminución de presión notable en el cilindro se aprovecha para el introducir el gas fresco, el mismo que va empujando a los gases quemados o combustionados que aún se encuentran en la cámara de combustión y esto permite que la válvula de escape no se cierre cuando el pistón llega al P.M.S. sino que siga abierta incluso cuando ya se encuentra en la fase de admisión.

La válvula de admisión estará abierta tanto en la carrera descendente y un determinado tiempo en la carrera ascendente del pistón, la razón de la misma vuelve a ser la inercia de los gases de escape, que, por su velocidad se comprimen contra el pistón, dejando un espacio superficie como para que siga ingresando una mezcla fresca, a pesar del ascenso del pistón o la disminución de volumen.

Los puntos en donde las válvulas tanto de admisión como de escape se abren o se cierran reciben unos nombres propios los cuales son:

- AAA: Avance a la apertura de la admisión (Antes del Punto Muerto Superior).
- AAE: Avance a la apertura del escape (Antes de Punto Muerto Inferior).
- RCA: Retraso al cierre de la admisión (Después de Punto Muerto Inferior).
- RCE: Retraso al cierre del escape (Después de Punto Muerto Superior).

2.3.4 Disposición de los elementos en un motor real.

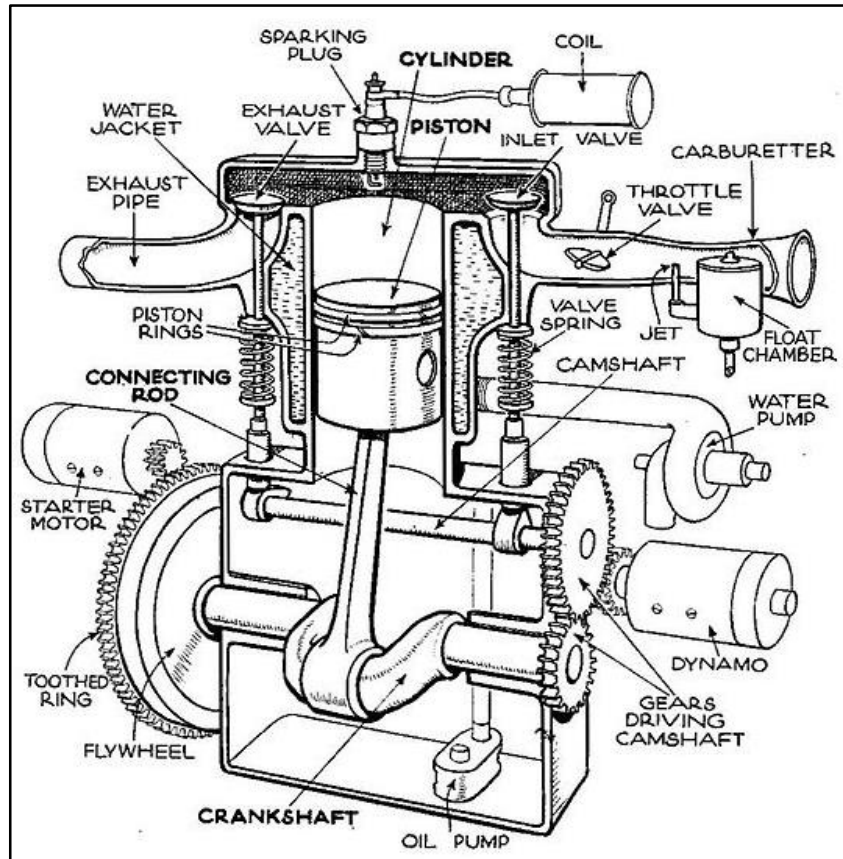


Fig. 2.4: Partes de un motor monocilíndrico

Fuente: www.motocustom.com.

En la (Fig. 2.4) se observa la disposición de cada uno de los elementos que cuenta un motor monocilíndrico. El cilindro forma un solo elemento con el block cuyo material puede ser de fundición o aleación, quedando perfectamente alineado respecto al resto de las piezas. En la parte inferior se encuentra el cárter en cuyo interior se encuentra el cigüeñal. En la parte superior está ubicada la culata, en esta se encuentran válvulas de admisión y de escape, conductos de admisión, conductos de escape, la bujía cuyo propósito principal es dar la chispa para que se produzca la explosión de la mezcla. y finalmente la cámara de combustión, en donde queda la mezcla totalmente comprimida y evaporada, para una posterior combustión con la combinación de la chispa eléctrica a cargo de la bujía. El empuje de esta deflagración se transmite mediante el pistón a la biela, y de ésta al cigüeñal, y todo este conjunto es el que permite la conversión del movimiento rectilíneo al

movimiento circular, el mismo que nos servirá para la propulsión de la motocicleta.

2.4 SISTEMA DE ENCENDIDO DIS

2.4.1 Introducción

El sistema de encendido DIS (Direct Ignition System) (Fig. 2.5) o Sistema de Encendido Sin Distribución, como su nombre lo indica se diferencia del resto de Sistemas de Encendido por no trabajar con un Distribuidor, y de esta manera se consigue eliminar los elementos mecánicos que el mismo conlleva, evitando así eliminar desgastes y/o averías que ocasionan el mismo, sin embargo este sistema comienza a trabajar conjuntamente con el Sistema Electrónico del motor, es decir, con la ECU y las señales recibidas de los sensores acerca de las condiciones de funcionamiento del motor.

Las ventajas de utilizar este sistema son:

- Mayor tiempo de generación de corriente en el campo magnético de la bobina, mejorando así la eficiencia de la chispa para inflamar la mezcla.
- Se reduce las interferencias eléctricas del distribuidor, mejorando de esta manera la fiabilidad en el funcionamiento del motor.
- Reducción de cableado eléctrico debido a que su ubicación va siempre cerca de la bujía.
- Se controla de mejor manera el encendido ya que se puede jugar con el avance al encendido con mayor precisión.

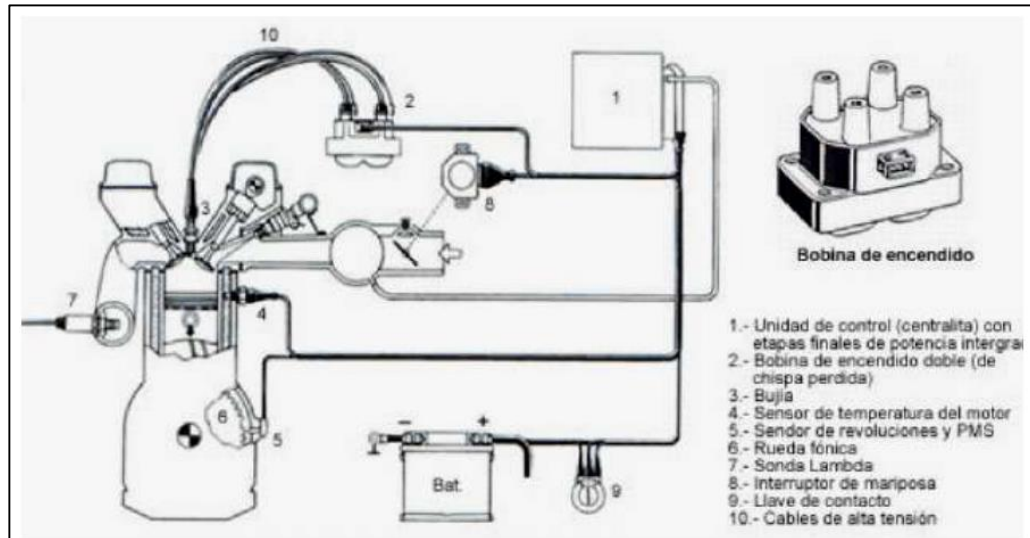


Fig. 2.5: Diagrama de los componentes del Sistema de Encendido DIS
Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

2.4.2 Componentes

2.4.2.1.1 Componentes generales

2.4.2.1.2 Batería

La batería (Fig. 2.6) o acumulador eléctrico es un dispositivo de almacenamiento eléctrico por procesos electroquímicos; se cargara las veces que sean necesarias una vez agotada la energía.



Fig. 2.6: Batería
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

La batería es la fuente de alimentación de cada uno de los circuitos de nuestro motor, y es

la fuente principal de corriente del motor de arranque; en el caso del sistema de encendido, el cual se alimenta en el mismo momento que se pone en contacto el interruptor de encendido, permitiendo el paso corriente (5V) a nuestro módulo electrónico eliminando o dando paso de corriente al primario de la bobina, según como sea las ordenes de la ECU. Generalmente la batería mantiene un voltaje nominal entre 12,5 y 13.5V, cuando está correctamente cargada y con un funcionamiento óptimo.

2.4.2.1.2.1 Bobina

2.4.2.1.2.2 Introducción

La bobina (Fig. 2.7) como función principal producir la chispa necesaria para completar la combustión de la mezcla aire- combustible.

De manera simple el trabajo que hace la bobina es transformar la corriente almacenada de la batería de 12V a una corriente mucho más alta, aproximadamente unos 45 000 V, necesarios para el salto de la chispa de las bujías.



Fig. 2.7: Bobina
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

2.4.2.1.2.3 Ubicación

Se encuentran localizadas en la culata del motor (Fig. 2.8), anterior a la bujía.



Fig. 2.8: Ubicación de la Bobina
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

La conexión del sistema de encendido son de la siguiente manera (Fig. 2.9):

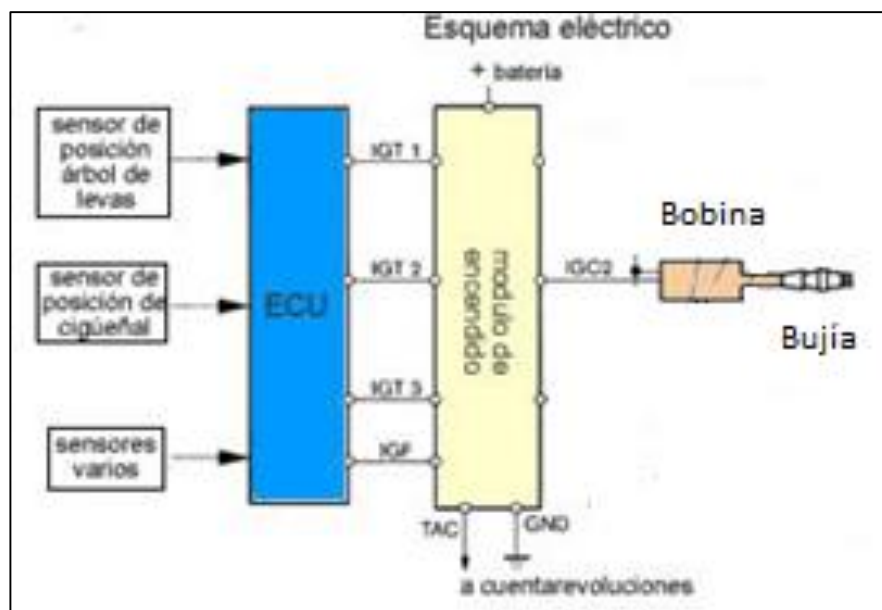


Fig. 2.9: Conexión Eléctrica del Sistema DIS
Fuente: repositorio.espe.edu.ec

2.4.2.1.2.4 Principio de Funcionamiento

Llamada también bobina de ignición (Fig. 2.10), su bobinado es de forma helicoidal que su trabajo es generar inducción, esta bobina es un simple transformador y está formado de un bobinado primario de 12 Voltios en este se encuentra el positivo del contacto y la activación de la ECU, y de un bobinado secundario de alto voltaje de donde sale los cables de alta tensión hasta la bujía. El bobinado primario cuenta con un alambre grueso que aproximadamente da unas 250 vueltas, por otro lado el bobinado secundario es formado

de un alambre delgado el cual forma unas 20000 vueltas.

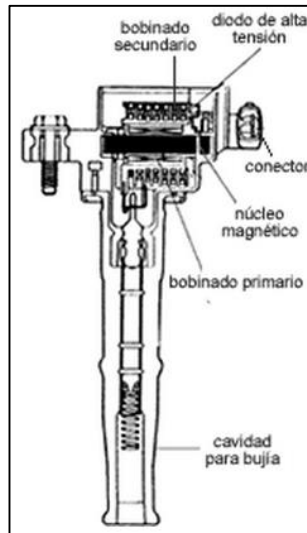


Fig. 2.10: Esquema Interno de la Bobina de Encendido
Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

Al ser bobinas que crean alto voltaje utilizan inducción electromagnética. La generación del alto voltaje en el bobinado secundario se da por la interrupción del voltaje en la bobina primaria, ya que, deja de funcionar el electroimán en la bobina.

Esta interrupción es controlada electrónicamente por la ECU, en función de las señales que recibe del sensor CKP y CMP, es decir, toda esta gestión electrónica permite calcular el momento exacto de la generación de pulso de masa al primario de la bobina.

El primario de la bobina se encuentra permanentemente colocado al positivo el cual proviene del interruptor de encendido y/o de un relé, la ventaja de utilizar el relé es que se evitan las caídas de tensión desde la batería hasta la bobina, ya que muchas veces eso se provoca al pasar la tensión por el interruptor de encendido.

La alimentación de la bobina se da por el sistema de carga (Fig. 2.11), cuya activación es directa al bobinado primario, y es cuando la masa o tierra cierra el circuito, ya que, se genera la inducción al circuito secundario, esta masa es dada por la ECU, y es colocada por un transistor de potencia o circuito integrado haciendo la función de DRIVER.

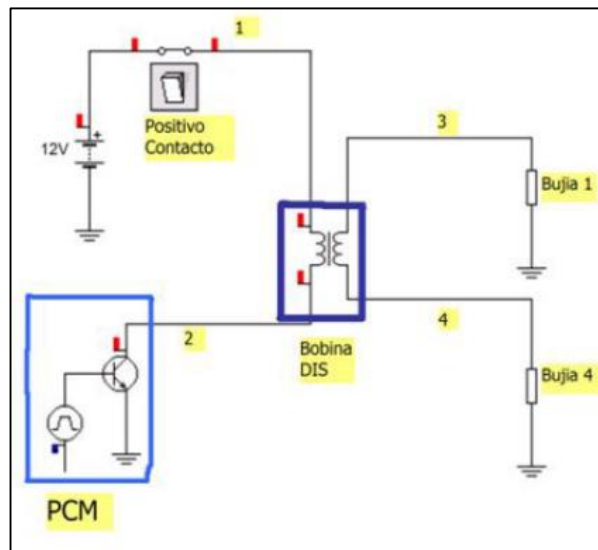


Fig. 2.11: Esquema eléctrico del Sistema de Encendido DIS
Fuente: equipoautomotrizjavaz.com

Si se colocara un osciloscopio en el punto 2 se observa que cuando no se tiene pulso a masa la línea se encuentra positiva (voltaje del sistema de carga), como muestra la siguiente figura:

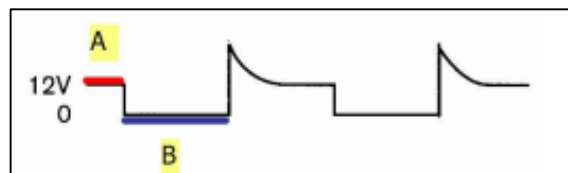


Fig. 2.12: Onda del pulso de activación de la bobina
Fuente: equipoautomotrizjavaz.com

Descripción de la Fig. 2.12

- Parte A (rojo): el voltaje es positivo, y es los 12 V que pasa por el bobinado primario,
- Parte B (azul): una vez que la ECU recibe la señal del sensor CKP de enviar la masa (saturación de la bobina) la línea baja a 0V (masa).

La saturación de la bobina es la que nos indica que tan bien va a quedar cargada la bobina, cambiando de acuerdo al nivel de las revoluciones del motor; la misma que se ve sacrificada a altas rpm, y es por esta razón que el sistema debe ser diseñador

acertadamente para un alto régimen, sin embargo, a bajas rpm es necesario que la misma saturación se acorte, una solución afectiva es contar con un limitador de corriente, solo a bajas rpm. Sin embargo el tiempo de saturación depende de muchos factores de operación del motor como son:

- Revoluciones
- Temperatura de operación
- Altitud en la que se encuentra el motor
- Otras condiciones adoptadas con la ECU.

En el momento que se libera o suelta la masa, que es el trabajo del transistor en la sección 2 se genera el fenómeno de inducción magnética, y justo en ese momento se producirá la chispa de la bujía.

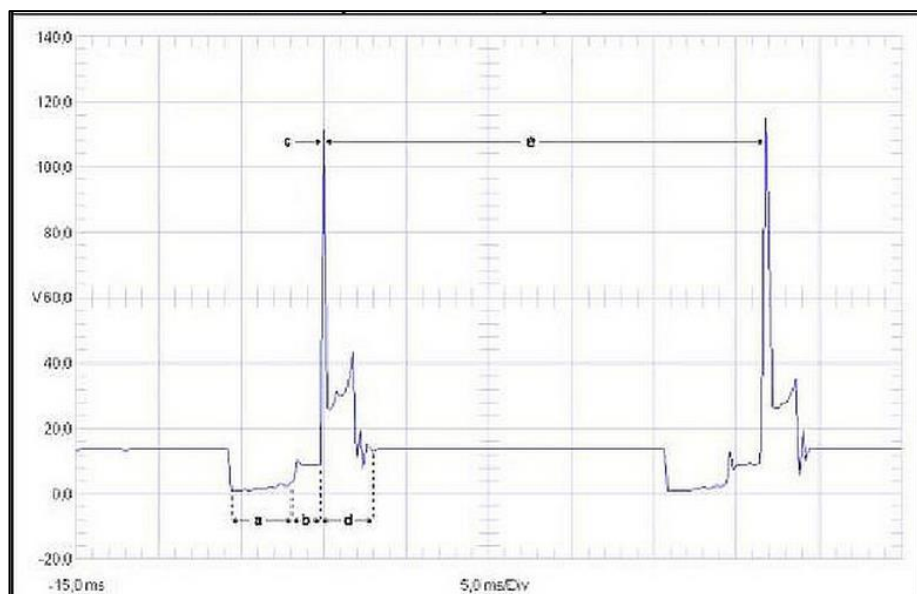


Fig. 2.13: Grafica del salto de la chispa de la bujía
Fuente: gnc.mforos.com

Según la carga y condiciones del motor dependerá la duración y el avance del pulso. Este pulso a masa en el primario de la bobina es conocido con el ángulo DWELL que en la Fig. 2.13 es el **tramo a**, seguido a este ángulo **tramo b** (aprox. 3ms) se da un mínimo corte de masa ordenada por la ECU o módulo de encendido. Una vez soltada la masa completamente se da la generación de un pico de extra tensión con un valor de hasta

400V determinando la buena operación del sistema **tramo c.**

Tanto el bobinado primario y secundario son de similar forma, la única diferencia es que en el bobinado secundario se multiplican los valores de voltaje y se dividen los valores de corriente (Fig. 2.14).

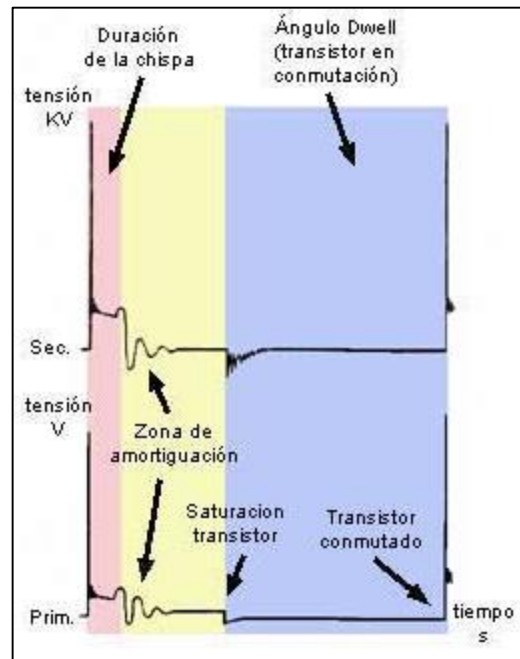


Fig. 2.14: Grafica del bobinado primario y secundario
Fuente: www.autocity.com

En el bobinado secundario (Fig. 2.14) una vez que se genera el pico, la tensión alcanzada es lo suficientemente alta para vencer la resistencia entre los electrodos de la bujía al nivel de la cámara de combustión del motor, siendo este (tramo rosado) el tiempo de quemado, su eficiencia dependerá mucho de la calidad de las bujías o el espacio entre los electrodos del mismo.

Las ondulaciones siguientes son únicamente oscilaciones de la bobina, las cuales nos indican únicamente que la bobina aun presenta carga almacenada dejándonos claro el buen estado de la misma.

2.4.2.1.3 Bujías

2.4.2.1.3.1 Introducción

La bujía de encendido tiene como función principal encender la mezcla (aire-combustible), la calidad de este encendido influye en el correcto funcionamiento del motor tanto para el buen rendimiento como para la eficiencia del motor y también disminuirá la contaminación ambiental.

Debido a la cantidad de veces que la bujía debe encender la chispa (500 a 3500 veces por minuto) es necesario contar con una tecnología óptima de encendido para lograr una combustión completa y acertada.

Otra función principal de la bujía (Fig. 2.15) es remover el calor de la cámara de combustión, es decir, debe cumplir con la función de intercambiador de calor entre la cámara de combustión y la culata y paso seguido al sistema de refrigeración.



Fig. 2.15: Bujía
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

2.4.2.1.3.2 Características

BERU, < <http://www.grovisa.com/>> (AGOSTO 30 2004)

“Exigencias eléctricas

- Transmisión segura de alta tensión incluso con tensiones de encendido de hasta 40.000 voltios
- Elevada capacidad de aislamiento incluso a temperaturas de 1.000 °C, prevención de perforaciones y descargas

Exigencias mecánicas

- Cierre de la cámara de combustión estanco al gas y a la presión, resistencia frente a las presiones oscilantes de hasta 100 bar.
- Elevada resistencia mecánica para un montaje más seguro

Exigencias térmicas

- Resistencia frente a los termoshocks (gases de escape calientes – mezcla de entrada fría)
- Alta conductividad térmica del aislante y de los electrodos

Exigencias electroquímicas

- Resistencia frente a la erosión por chispas, los gases y residuos de la combustión
- Prevención de la formación de sedimentos en el aislador”

Los componentes de la bujía (Fig. 2.16) son los siguientes:

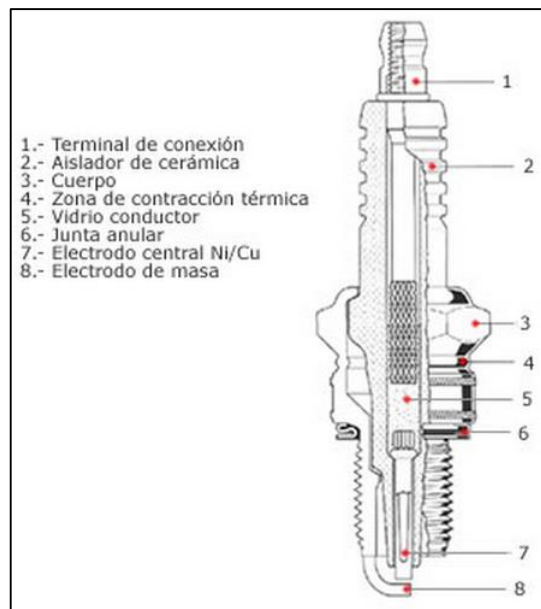


Fig. 2.16: Selección de la Bujía de encendido
 Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

2.4.2.1.3.3 Grado Térmico

Las bujías al ser un intercambiador hay que tomar en cuenta el grado térmico, que simplemente es la capacidad de la bujía para transferir calor a la culata y enseguida al sistema de refrigeración del motor.

El grado térmico que debe tener la bujía depende del tipo de combustible y la temperatura de la cámara de combustión, de la relación de compresión, tipo de admisión (atmosférica o forzada) y las condiciones de funcionamiento. Entonces tenemos:

2.4.2.1.3.3.1 Bujía frías

Estos tipos de bujías transmiten mucho más calor a la culata, debido a la forma corta de la punta del aislador, por lo que el recorrido del calor es más directo (corto) evacuando así mayor cantidad de calor rápidamente; a la vez que este tipo de bujías se mantienen frías el mayor tiempo de trabajo.

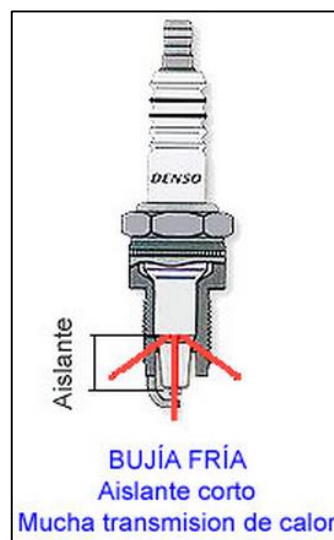


Fig. 2.17: Bujía Fría
Fuente: www.km77.com

Este tipo de bujías se utiliza en vehículos que circulan principalmente en carretera (largos recorridos) a altas velocidades, o vehículos de carga, ya que necesitan evitar el sobrecalentamiento del motor.



Fig. 2.18: Utilización de la Bujía Fría
Fuente: www.km77.com

2.4.2.1.3.3.2 Bujía caliente

Estos tipos de bujías transmiten el calor de una manera más lenta, debido a que la punta del aislador muy larga, y el recorrido del calor no es directo evacuando poco calor de la cámara de combustión a la culata, este tipo de bujías se mantienen calientes el mayor tiempo de trabajo.

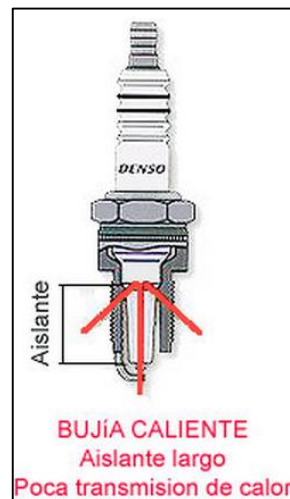


Fig. 2.19: Bujía Caliente
Fuente: www.km77.com

Estos tipos de bujías se recomienda utilizar en vehículos que solo realizan recorridos cortos con arranques y paradas frecuentes, también se utiliza en vehículos viejos que ya tienen desgaste y pérdidas de compresión, ya que quemarían los depósitos de carbón en la cámara de combustión o en la misma bujías, evitando así el desgaste y la auto detonación

del vehículo.



Fig. 2.20: Utilización de la Bujía Caliente
Fuente: www.km77.com

2.4.2.1.3.4 Características según el Electrodo

Los electrodos (Fig. 2.21) son otra característica que diferencia las bujías unas de otras. Se observa muchos problemas en el motor debido al desgaste de estos electrodos y esto se debe a la erosión por la chispa de encendido y la corrosión por ataques químicos – térmicos, a la vez en muchas bujías tenemos los problemas de restos de carbón (aire y gasolina) depositados en los electrodos disminuyendo la intensidad y temperatura de la chispa (mala combustión), menorando el rendimiento de la gasolina y aumentando notablemente la contaminación.

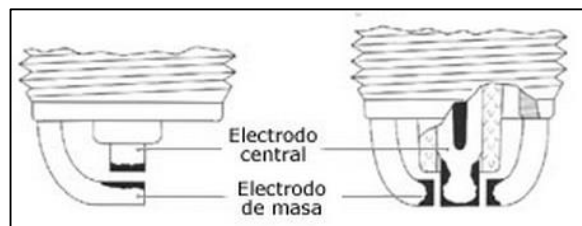


Fig. 2.21: Desgaste del electrodo central y de masa
Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

Y es por esta razón que se obtiene algunos tipos de bujías según la forma de los electrodos (Fig. 2.22).

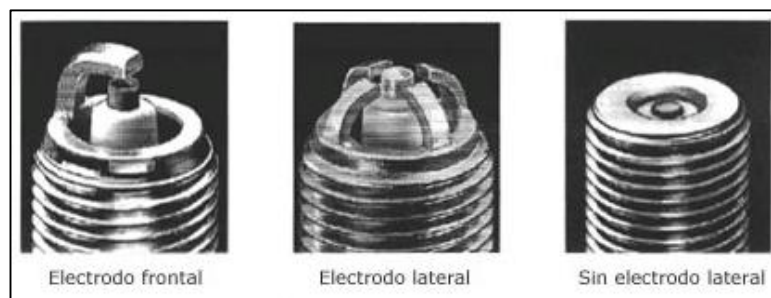


Fig. 2.22: Forma de Electroodos
 Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

La única ventaja de utilizar bujías con más electrodo es únicamente la duración de las mismas, ya que la chispa eléctrica saltara en el electrodo más limpio y de esta manera variara el desgaste de unos a otros, y no es necesario calibrarlas.



Fig. 2.23: Forma de Electroodos
 Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

Otra característica que hay que tomar en cuenta es el material de los electrodos, ya que

dependerá mucho del tiempo de cambio de las bujías (ej. Niquel 10 000 Km, Iridio 150 000 Km), lo que diferencia unas de otras es la capacidad de conducción de la electricidad y su resistencia al desgaste y por ende influiría mucho en el costo de las mismas.



Fig. 2.24: Materiales de Electrodos (Bosch)
Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

2.4.2.1.4 Cables

Los cables de encendido (Fig. 2.25) son los encargados de llevar la tensión a cada uno del componente del mismo sistema, y deben tener la capacidad de no producir pérdidas de tensión, hay que tener en cuenta que en el sistema de encendido se maneja tensiones de hasta 36 000 Voltios y es necesario trabajar con cables resistentes ya que si esta tensión atravesaría el revestimiento del cable y haría masa con el vehículo se dañaría todo el sistema de encendido.



Fig. 2.25: Cables de encendido
Fuente: www.ngk.de

2.4.2.1.5 Componentes electrónicos

2.4.2.1.6 Computadora ECU

Es el elemento electrónico más importante de los sistemas del vehículo (cerebro) ya que gobierna todos estos sistemas; la inyección electrónica, sistemas de encendido, transmisión (control de tracción), suspensión activa, frenos ABS, alumbrado, accesorios, entre otros.



Fig. 2.26: ECU
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

Su funcionamiento se basa en recibir la información o señales eléctricas de los sensores (Fig. 2.27), analizándolas y enviando la información modificada a los actuadores,

mejorando de esta manera el rendimiento y un correcto funcionamiento de nuestro vehículo.

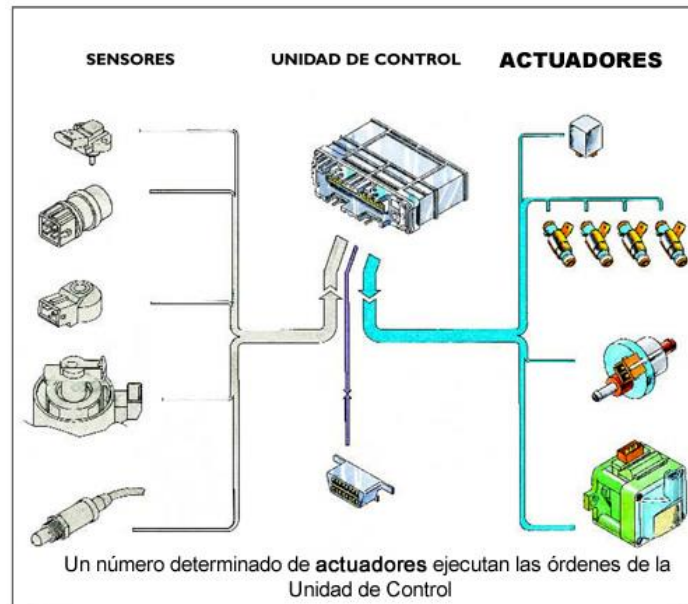


Fig. 2.27: Funcionamiento de la ECU

Fuente: www.ro-des.com

El proceso de trabajo de la ECU se da internamente, ya que posee información de mapas cartográficos de distintas condiciones de funcionamiento del motor, como por ejemplo para que el sistema de encendido funcione correctamente bajo parámetros de trabajo del motor es enlazado con el sistema de inyección electrónica, esto se debe a que los dos sistemas trabajan con parámetros de los mismos sensores (presión del aire de admisión, temperatura del motor, posición del cigüeñal y/o árbol de levas y sonda lambda, entre otros).

2.4.2.1.7 Sensores

2.4.2.1.7.1 Sensor de la posición de acelerador TPS

2.4.2.1.7.1.1 Introducción

Este sensor es un potenciómetro, y los voltajes de señal y tierra son recibidos de la ECU. Este sensor funciona conjuntamente con la mariposa del acelerador, y de esta manera, por medio de la señal enviada del mismo la ECU sabe exactamente la posición del acelerador, es decir, acelerador cerrado (neutro), acelerador parcialmente

en neutro (cruce), acelerador abierto (aceleración intensa o altas velocidades); determinando la cantidad exacta de la mezcla aire-combustible, avance de la chispa de encendido, entre otras condiciones.



Fig. 2.28: Sensor TPS
Fuente: www.conevyt.org.mx

2.4.2.1.7.1.2 Ubicación

Se ubica en el múltiple de admisión (Fig. 2.29), en el cuerpo de estrangulación, adherente a la mariposa de aceleración, por medio del eje del mismo el cual tiene un terminal para su respectiva conexión.

La mariposa de aceleración es accionada por el cable de aceleración el mismo que es maniobrado por el manillar de la motocicleta.



Fig. 2.29: Ubicación del sensor TPS
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

Características:

Este sensor cuenta con tres terminales (Fig. 2.30), los cuales son:

- Alimentación (5V)
- Señal
- Tierra

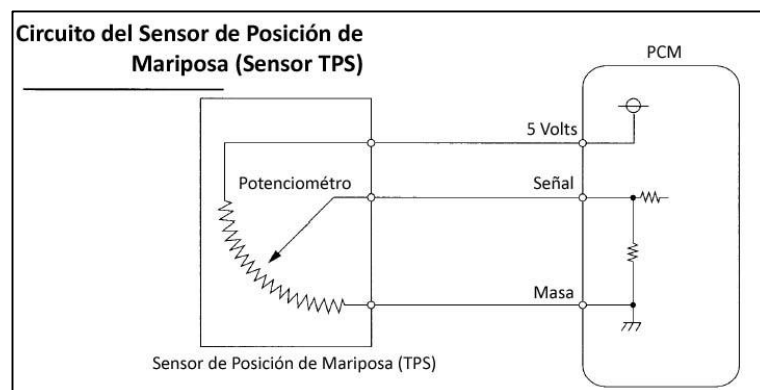


Fig. 2.30: Circuito eléctrico del sensor TPS
Fuente: www.encendidoelectronico.com

2.4.2.1.7.1.3 Principio de Funcionamiento

Al ser este sensor un potenciómetro convierte el valor del ángulo de la mariposa de aceleración en una señal que será recibida por la ECU, es decir, a medida que la válvula de aceleración se abre la tensión de señal aumenta, y de esta manera se determina si el motor se encuentra en ralentí, o según la apertura de la misma se realizara la corrección adecuada de la mezcla (aire-combustible), y el incremento de potencia del motor o si fuera el caso realizar el corte de combustible correspondiente.

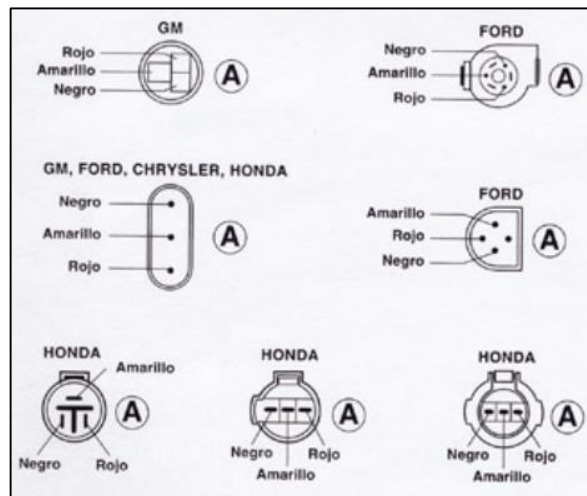


Fig. 2.31: Tipos de Terminales del Sensor TPS
Fuente: www.conevyt.org.mx

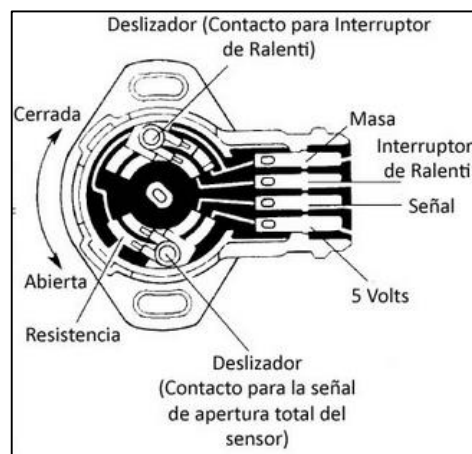


Fig. 2.32: Descripción del sensor TPS
Fuente: e-auto.com.mx

Cuando el motor se encuentra en ralentí (Fig. 2.33) la tensión de salida es aproximadamente 0.6 a 0,9 Voltios (mariposa cerrada), cuando el motor se encuentra acelerado al máximo la tensión de salida es de 3.5 a 4.7 Voltios (mariposa totalmente abierta).

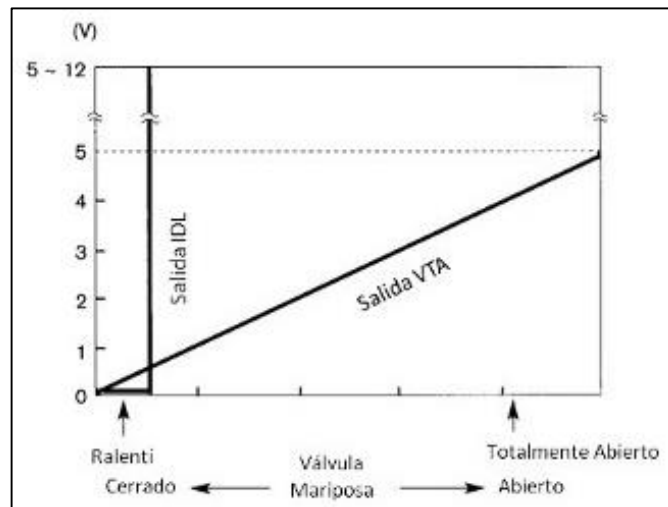


Fig. 2.33: Curva característica del sensor TPS
Fuente: e-auto.com.mx

2.4.2.1.7.1.4 Tabla de valores

Valores generales de la tensión de trabajo del sensor TPS.

Tabla 2.1 Valores de Operación del sensor TPS

ÁNGULO DE LA MARIPOSA (°)	ABERTURA DE LA MARIPOSA (FRACCIÓN)	VOLTAJE (V)
0	0	0,60 V
21	1/4	1,58 V
42	2/4	2,57 V
63	3/4	3,55 V
84	4/4	4,54 V

Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

2.4.2.1.7.2 Sensor de velocidad del motor CKP

2.4.2.1.7.2.1 Introducción

El correcto funcionamiento del motor depende de una sincronización del encendido y tiempo de inyección, para eso la ECU debe estar al tanto del estado

de giro del cigüeñal, determinando tanto la posición del cigüeñal como la velocidad de régimen (rpm).

Este sensor (Fig. 2.34) está formado por un imán permanente al cual está enrollado una espiral. Cerca de este sensor se encuentra una rueda dentada (volante), cuando el volante gira cerca del sensor rompe la línea de fuerza generadas por el imán permanente y se induce una tensión en la bobina del sensor, estos sensores miden el ángulo descrito o espacio recorrido por unidad de tiempo.

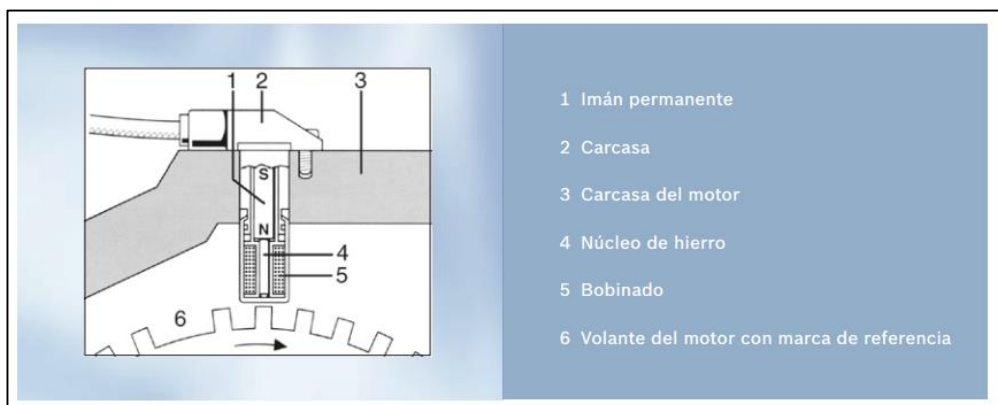


Fig. 2.34: Sensor CKP
Fuente: ehtmotors.com

2.4.2.1.7.2.2 Ubicación

Está ubicado en la parte baja del motor (Fig. 2.35) cerca de la polea del cigüeñal.



Fig. 2.35: Ubicación en el sensor CKP
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

Este sensor cuenta con dos pines (Fig. 2.36), uno de señal y retorno y el otro de masa.

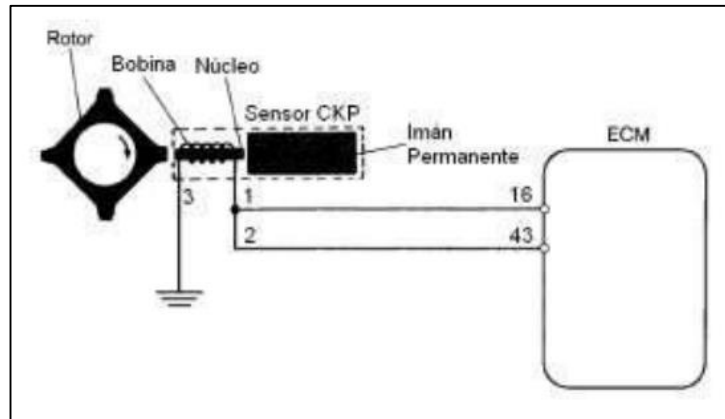


Fig. 2.36: Conexión eléctrica del CKP
Fuente: dspace.espoch.edu.ec

2.4.2.1.7.2.3 Principio de Funcionamiento

Estos sensores son electromagnéticos debido a la función que cumple con es registrar las revoluciones del motor y la posición del cigüeñal, la ECU utiliza esta información ubicando el cilindro y la posición del pistón ya sea en admisión, compresión, explosión o escape para calcular la repetición de la inyección en el cilindro, con la sincronización de la chispa tanto en el avance y retraso de la chispa en el sistema de encendido. Otra utilización que se le da es determinar la rotación de las ruedas para los frenos ABS y el control de tracción TCS.

Existen dos tipos de sensores (Fig. 2.37):

- Reluctancia variable
- Tipo Hall

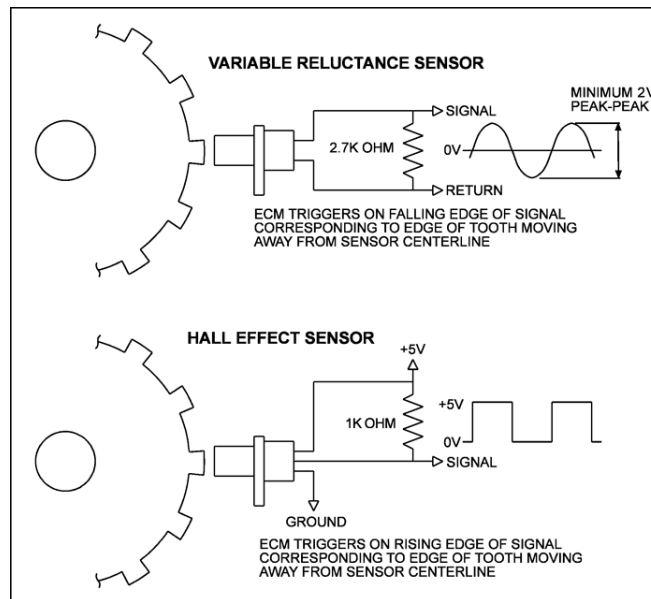


Fig. 2.37: Tipo de sensores CKP
Fuente: www.daytona-twintec.com

El sensor CKP generalmente utiliza un sensor de reluctancia, y se compone de los siguientes componentes (Fig. 2.34).

- Rotor dentado de hierro.
- Imán Permanente.
- Núcleo de Hierro, para dirigir el flujo magnético.
- Bobina enrollada alrededor del núcleo magnético, en el cual el voltaje es inducido.

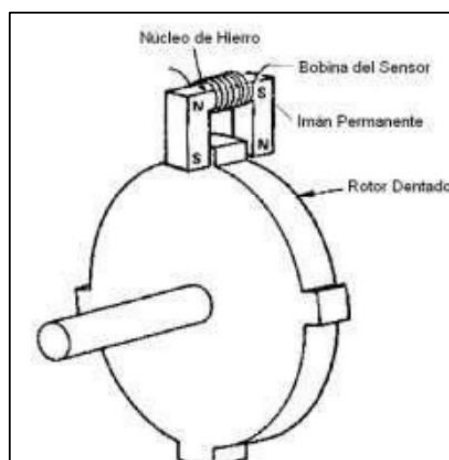


Fig. 2.38: Componentes del sensor CKP
Fuente: books.google.com.ec

FLORES, C (2009) “El rotor dentado posee un número determinado de dientes, y estos pasan a través del espacio entre el flujo magnético. Cuando un diente del rotor pasa por el entrehierro, se induce en la bobina del sensor un voltaje, el cual está relacionado con el cambio de flujo magnético del circuito. Mientras más rápido sea el cambio de flujo magnético, mayor será el voltaje generado en la bobina del sensor.

Cuando el diente del rotor se alinea con el entrehierro, el voltaje del sensor es cero. A medida que los dientes pasan por el entrehierro, el flujo magnético se incrementa rápidamente por lo cual el voltaje del sensor también se incrementa rápidamente”.

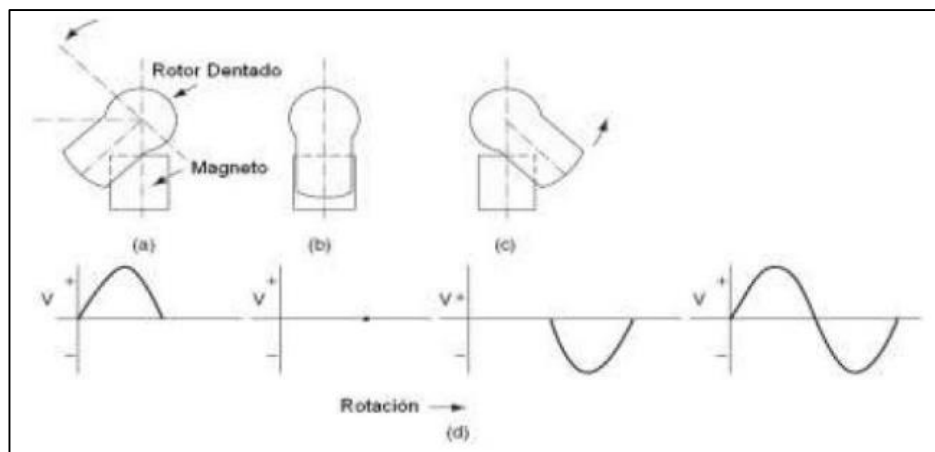


Fig. 2.39: Principio de Funcionamiento del sensor CKP
Fuente: dspace.esPOCH.edu.ec

Descripción de la Fig. 2.39:

- Diente del rotor ingresa por el entrehierro se produce un pico de voltaje positivo.
- Diente está perfectamente alineado con el entrehierro el voltaje cae a cero.

- Diente del rotor abandona el entrehierro, la variación de flujo magnético se produce rápidamente, pero en dirección opuesta a la producida cuando el diente ingresa en el entrehierro. El resultado es un pico de voltaje negativo.
- Cuando el espacio entre el entrehierro se encuentra vacío, la variación de flujo es nula, por lo tanto la señal de voltaje es cero. Al entrar otro diente del rotor, el proceso se repite nuevamente.

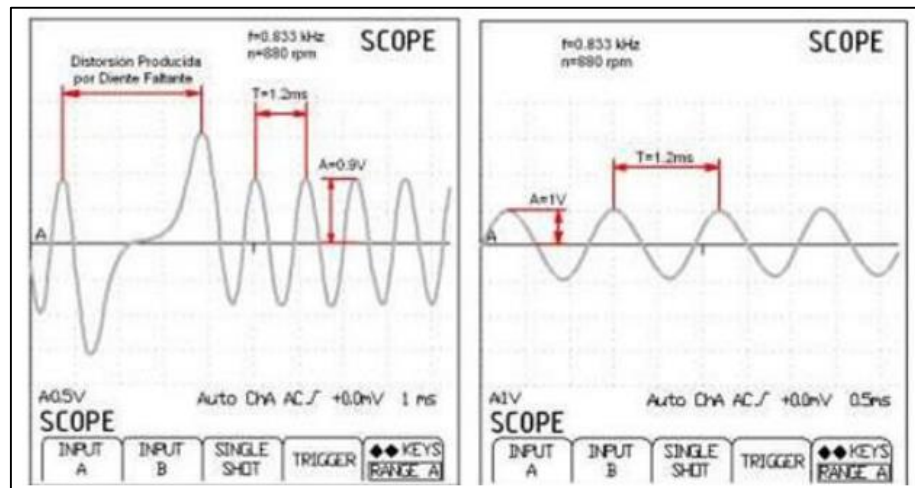


Fig. 2.40: Forma de onda del sensor CKP
Fuente: dspace.esPOCH.edu.ec

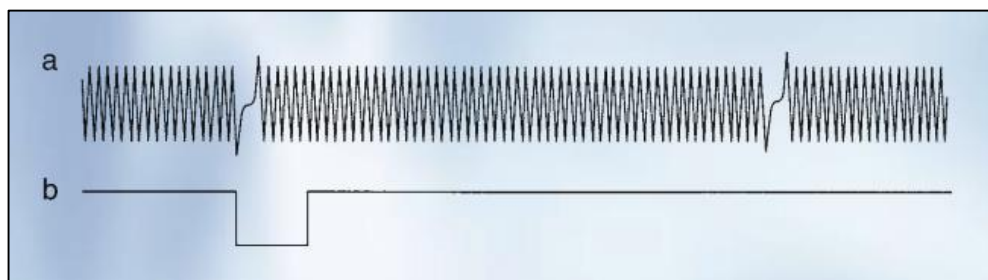


Fig. 2.41: Señal Generada del sensor CKP
Fuente: www.catalogobosch.com

Descripción de la Fig. 2.41:

- Tensión sinodal generada por el sensor de revolución
- Tensión rectangular, transformada por la unidad de comando

El rotor se encuentra montado sobre el volante del motor, el imán permanente, el núcleo de hierro y la bobina del sensor forman un solo conjunto el cual está montado en el bloque del motor. Cada diente que pasa por el entrehierro del sensor, genera un voltaje inducido en la bobina del mismo, y a la vez este dependerá de la velocidad, es decir, mientras más rápido gire el motor, mayor será el voltaje inducido en el sensor (tensión máxima alcanzada 100 Voltios)

2.4.2.1.7.2.4 Tabla de valores

Valores generales de la tensión de trabajo del sensor CKP.

Tabla 2.2 Valores de Operación del sensor CKP

REVOLUCIONES (RPM)	AMPLITUD (V)	FRECUENCIA (kHz)	Periodo (mseg)
880	0,95	0,833	1,2
2640	2	2,5	0,4
3520	2	3,33	0,31
3840	2	3,63	0,27

Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

2.5 AVANCE AL ENCENDIDO

2.5.1 Importancia

Aprovechar al máximo la presión (trabajo) provocada por el encendido de la mezcla aire-combustible, y evitar una pérdida importante de rendimiento del motor por un incorrecto avance de encendido.

Ya que el giro del motor es muy veloz, hay que considerar que el tiempo que pasa el pistón en el PMS es fracciones de segundo. Si la chispa de la bujía saltara justo en el momento que el pistón está en el PMS, toma una fracción de segundos inflamarse la mezcla y que la expansión sea completa, por lo que esto se dará con el pistón descendiendo restando

efectividad de los gases combustionados que impulsan.

Para mejorar el rendimiento de nuestro motor es preciso que la chispa salte unos grados antes que el pistón llegue al PMS, dando de esta manera el tiempo necesario para la inflamación de la mezcla y ya cuando el pistón se encuentre en la posición más elevada posible de su carrera fig. (2.43), dándose normalmente el inicio del tiempo de explosión o trabajo, aprovechando la energía liberada al máximo para el descenso del pistón.

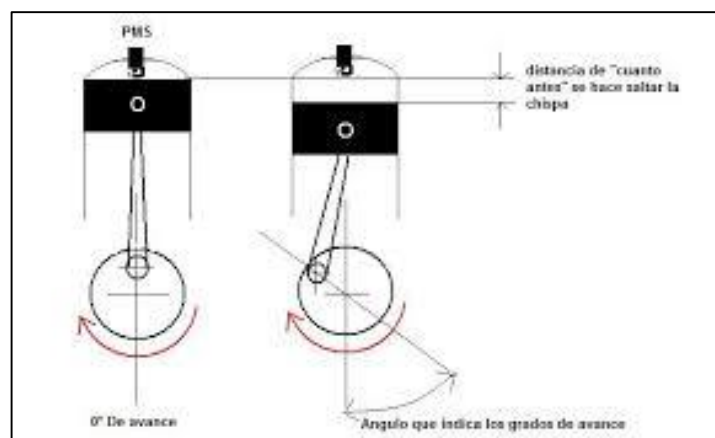


Fig. 2.42: Descripción gráfica del avance al encendido
Fuente: e-auto.com.mx

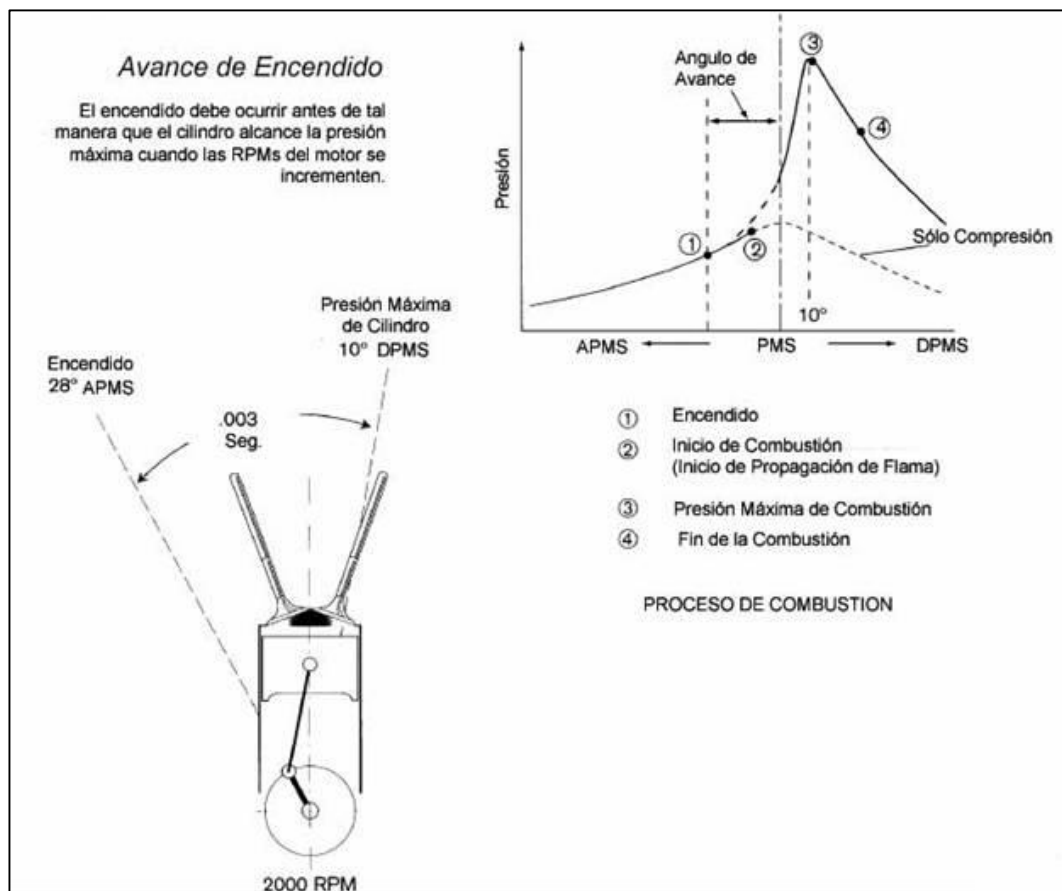


Fig. 2.43: Grafica del avance al encendido
Fuente: e-auto.com.mx

Hay que tener en cuenta que cuanto mayor sea la cilindrada unitaria del motor, se necesitara un ángulo de avance mayor, ya que el retraso en la combustión de los gases es proporcional a la cantidad de los gases que ingresan a la cámara.

Sin embargo este ángulo de adelanto de la chispa no puede ser excesivo porque si se hace demasiado pronto la explosión empujara el pistón antes de alcanzar el PMS y por tanto intentara que el motor gire en dirección contraria a la habitual, esta situación donde el avance de encendido es demasiado grande recibe el conocido nombre de “picar biela”.

2.5.2 Operación del avance electrónico.

Debido a que la tecnología de un motor mejora continuamente, con nuevos sistemas y procesos se trata de mejorar al máximo la eficiencia del motor aprovechando en su totalidad la presión máxima de la combustión, la misma que se debe dar alrededor de 10° a 15° antes de la llegada del pistón al PMS, sin embargo, hay que tener en cuenta que este ángulo debe variar dependiendo de la velocidad del motor y la presión del múltiple de admisión, es decir, cuando la velocidad del motor es alta, la ignición (salto de la chispa) debe ser antes, y cuando la velocidad es baja la ignición debe ocurrir más delante de la llegada del pistón al PMS.

Además, el avance del encendido también se debe dar cuando haya un fuerte vacío en el múltiple (presión baja), otros factores que hay que tomar en cuenta en un avance de encendido óptimo es: forma de la cámara de combustión, temperatura dentro de la cámara de combustión, entre otros. Por todo esto es necesario un control electrónico para que el tiempo de ignición sea el ideal para nuestro motor.

2.5.3 Sistema de Avance Electrónico de Chispa

En estos tipos de sistemas el tiempo de ignición es casi ideal, debido a que la ECU determina el tiempo de ignición basándose principalmente en la entrada de las señales de los sensores, a la vez que cuenta con datos del tiempo de ignición guardados en su memoria interna según condiciones de funcionamiento del motor, una vez determinado este tiempo por la ECU, está envía la señal de sincronización de ignición y se produce el salto de la chispa (Fig. 2.44).

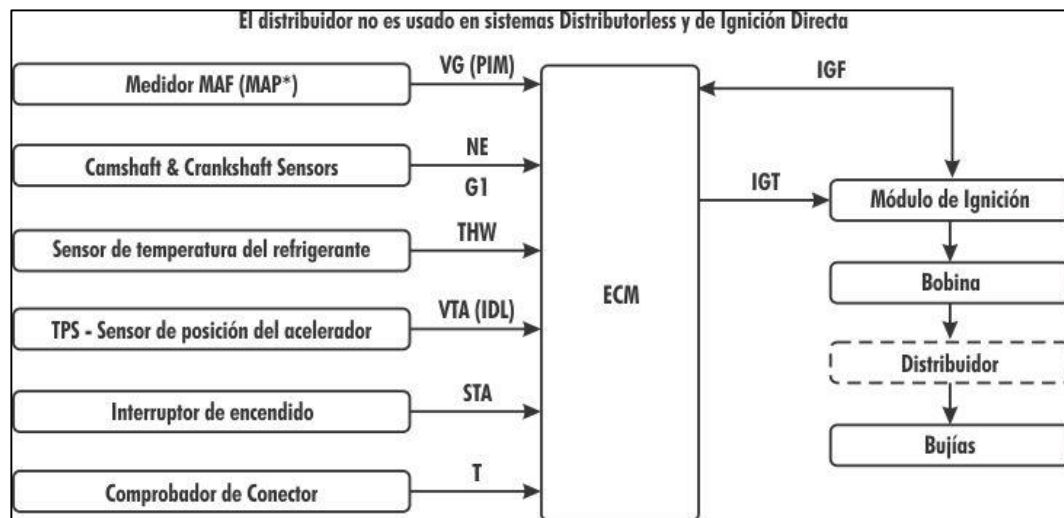


Fig. 2.44: Flujo grama del Sistema de Avance Electrónico de Chispa
Fuente: e-auto.com.mx

CAPITULO 3

DISEÑO Y FABRICACIÓN

3.1 Diseño del sistema de encendido de alto rendimiento

3.1.1 Selección de elementos

3.1.1.1 Tarjeta Electrónica STM32F4 Discovery

3.1.1.1.2 Introducción



Fig. 3.1 Tarjeta electrónica STM32F4 Discovery
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

Es una tarjeta (Fig. 3.1) con las mismas características de los Microcontroladores, es decir, se guardara una programación para su ejecución según las necesidades del usuario, sin embargo esta tarjeta tiene más componentes y el lenguaje que se puede utilizar queda al criterio de sus usuarios ya que es una tarjeta interactiva.

3.1.1.1.3 Componentes y características

Microcontroladores ARM Cortex-M (2014)

“Características

La placa STM32F4 DISCOVERY ofrece las siguientes características:

1. Microcontrolador STM32F407VGT6 con 1 MB de memoria flash, 192 KB de RAM, encapsulado LQFP100.
2. ST-LINK/V2 incorporado con selector para usar el kit como un ST-LINK/V2 independiente (con conector SWD para programación y depuración).
3. Fuente de alimentación: a través del bus USB o desde una fuente de alimentación externa de 5V.
4. Sensor de movimiento ST MEMS LIS302DL, acelerómetro con salida digital de 3 ejes
5. Sensor de audio ST MEMS MP45DT02, micrófono digital omnidireccional
6. Audio DAC CS43L22 con controlador integrado de altavoz clase D
7. Ocho LEDs:
 - LD1 (rojo / verde) para la comunicación USB
 - LD2 (rojo) alimentación 3,3 V
 - Cuatro LEDs de usuario, LD3 (naranja), LD4 (verde), LD5 (rojo) y LD6 (azul)
 - 2 LEDs USB OTG LD7 (verde), VBus y LD8 (rojo)
8. Dos pulsadores (usuario y reset)
9. USB OTG con conector micro-AB”

Componente:

MICROCONTROLADOR (Fig. 3.2) STM32F407VG

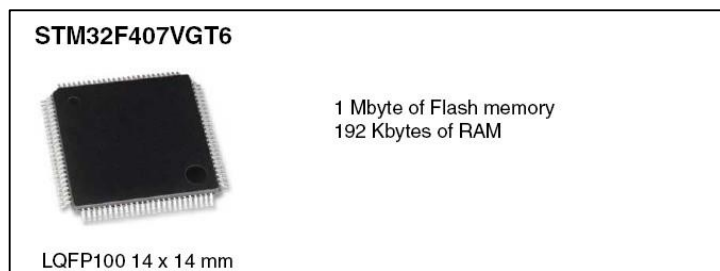


Fig. 3.2 Microcontrolador STM32F407VG

Fuente: Guía de iniciación de la tarjeta STM32F4 Discovery

- Arquitectura de 32 bits, ARM4
- 1MB memoria flash
- 192kB memoria RAM
- Cristal de 168MHz
- Punto flotante por hardware
- 9 puerto GPIO (A-I)
- Controlador de memoria externa FSMC
- Capacidad de manejo EthernetMac
- USB (OTG)
- 2 buses DMA
- 3 módulos ADC (17-AIN)
- 2 DAC
- 14 Timers (12-16 bits, 2-32 bits)
- 6 UART
- 2 CAN
- 3 SPI
- 3 I2C

STM32F4 DISCOVERY

Dispositivos de entradas:

- 1 pulsador
- 1 acelerómetro de 3 ejes (LIS3DH)
- 1 micrófono digital (MP45DT02)

Dispositivos de salida:

- 4 LEDS (verde, rojo, naranja, azul)
- 1 DAC para audio y auriculares (CS43L22)

Programador:

- Interfaz JTAG para ST-Link/V2 a través de mini USB.

3.1.1.1.4 Modo de comunicación

- Una computadora con cualquier procesador
- Cable USB tipo A a Mini-B, utilizado para alimentar la placa (a través del conector USB CN1) desde el PC y conectarse al ST-LINK/V2 para depuración y programación.

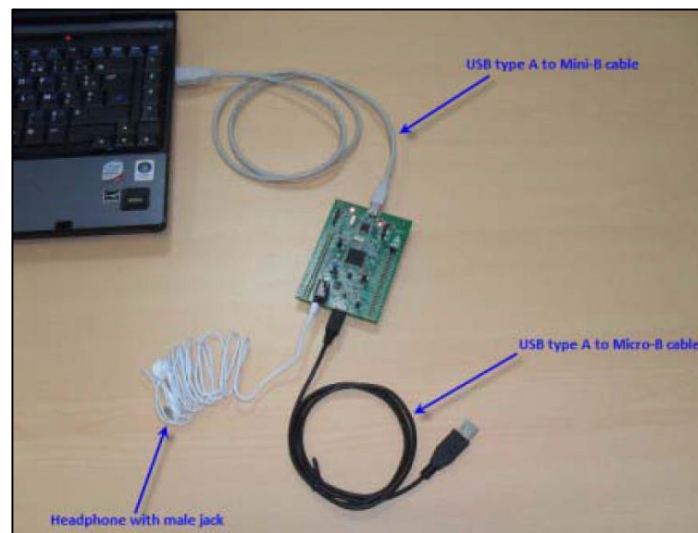


Fig. 3.3 Modo de comunicación de la tarjeta
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

3.1.2 Programa Matlab – Simulink

3.1.2.1 Matlab

El Matlab es un programa destinado para el uso de ingeniería, ya que en él se puede realizar operaciones de cálculos, visualización y programación, donde la única herramienta de interacción entre el usuario y el Matlab es una notación matemática clásica.

Como partes fundamentales del Matlab podemos encontrar:

- Entorno de desarrollo: es el espacio de trabajo y la ventana de comandos (herramientas)
- Librería de funciones matemáticas Matlab: son algoritmos de cálculo (suma, senos, cosenos o la aritmética compleja)
- Gráficos: se dan por una operación insertada en vectores y matrices en forma de gráficos.
- El interfaz de aplicación de Matlab (API): esta librería nos permite desarrollar programas ejecutables independientes en C y otros lenguajes.

3.1.2.2 Simulink

Esta es una aplicación del Matlab que permite construir y simular modelos de sistemas físicos y de control mediante diagrama de bloques, y los mismos son definidos en nuestro caso mediante funciones de transferencia.

Esta herramienta es utilizada en su mayoría para una ingeniería de control, debido a que posee una serie de utilidades facilitando la visualización, análisis y guardado de los resultados de simulación.

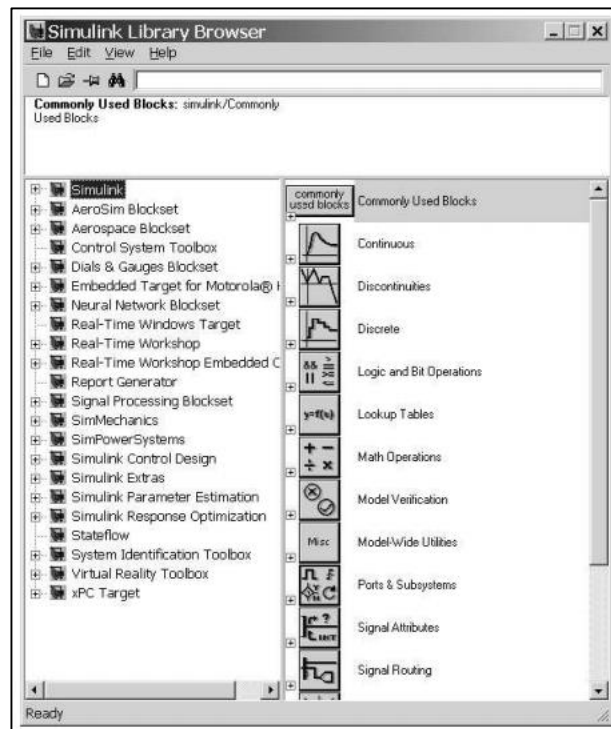


Fig. 3.4 Librería-Simulink

Fuente: www.esi2.us.es

Este lenguaje de programación se basa en la interconexión de diagramas en forma de bloques.

3.1.2.2.1 Waijung blockset Librería de Matlab

En esta librería se puede encontrar los periféricos (bloques) del microcontrolador que vamos a utilizar para nuestro sistema de encendido.

Nosotros al trabajar con sensores necesitamos los siguientes periféricos:

- **ADC:** este periférico tiene como función convertir una señal analógica a digital.

Por ejemplo el nivel de sensor analógico (temperatura, presión, etc.) la lectura, mide en voltaje y la corriente del circuito sensado.

La salida del bloque son valores digitales entre 0 a 4095. (STM32F4 ADC es la resolución de 12 bits.)

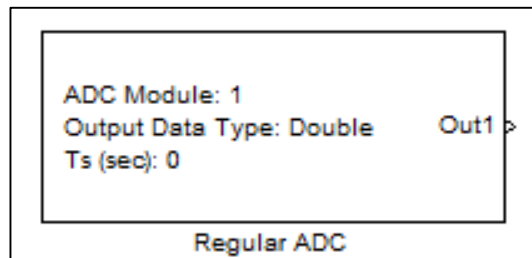


Fig. 3.5 Diagrama de Bloque ADC en Simulink
Fuente: waijung.aimagin.com

Ventana de configuración (Fig. 3.6)

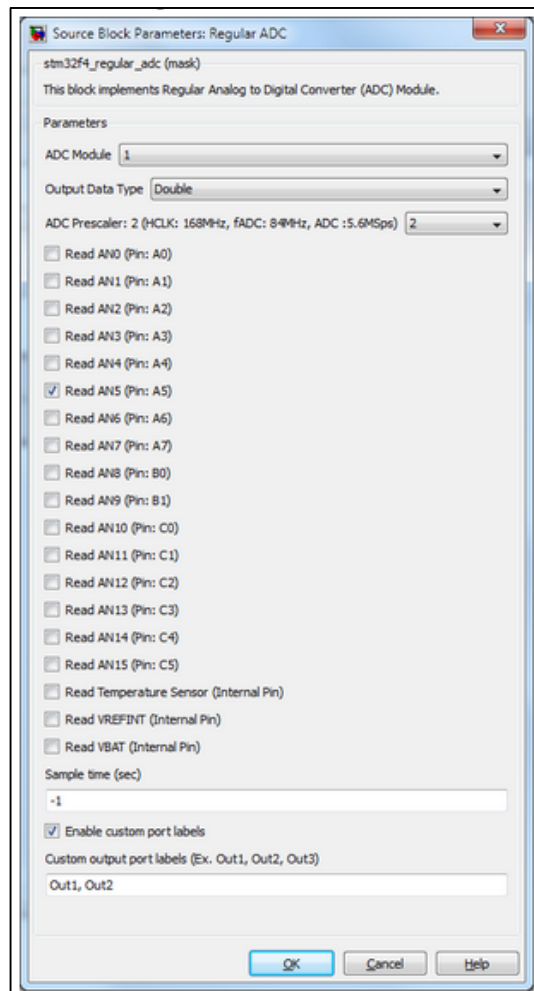


Fig. 3.6 Ventana de configuración del bloque ADC
Fuente: waijung.aimagin.com

En donde:

Tabla 3-1 Configuración del Bloque ADC

Elementos de configuración	Selección (Opciones o Valores)	Descripción
Módulo ADC	1 2 3	Tenemos 3 módulos disponibles
Tipo de Salida de Datos	Doble Solo Raw (uint16)	Seleccione el tipo de datos de salida para cada puerto de salida del ADC.
Precontador ADC	Auto 2 4 6 8	Seleccione precontador reloj ADC para optimizar la velocidad de conversión.
Read ANx; x=0 to 15	Comprobado / No comprobado	Compruebe: Habilitar canal ADC No Comprobado: canal ADC Deshabilitar.
Read Temperature Sensor	Comprobado / No comprobado	Compruebe: Habilitar la lectura del sensor de temperatura interna. No Comprobado: Deshabilitar.

Read VREFINT	Comprobado / No comprobado	Compruebe: Habilitar la lectura de referencia de tensión interna. No Comprobado: Deshabilitar.
Read VBAT	Comprobado / No comprobado	Compruebe: Habilitar la lectura nivel VBAT. No Comprobado: Deshabilitar.
Muestra Tiempo (Sec)	Valor Tiempo de la muestra en la unidad de segundo, por defecto -1.	Bloque de configuración valor de tiempo de la muestra.
Habilitar etiquetas de puerto personalizado	Comprobado / No comprobado	Marcada: permitir a las etiquetas de puerto personalizado.
Etiquetas de puerto de salida personalizados	Etiqueta puerto con comas valor separado.	Ponga la serie deseada para aparecer en las etiquetas de los puertos.

Fuente: waijung.aimagin.com

- **DAC:** este periférico tiene como función convertir una señal digital a analógica, es decir, el bloque DAC toma valores, ya sea como tensión (entre - 3,3 V) o datos sin procesar (entre 0-4095) y da señales analógicas de salida generados.

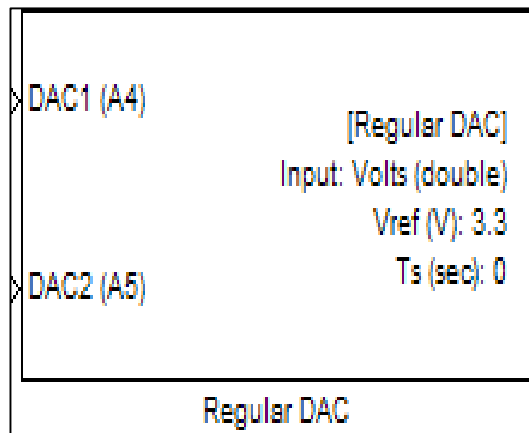


Fig. 3.7 Diagrama de Bloque DAC en Simulink
Fuente: waijung.aimagin.com

Ventana de configuración (Fig. 3.8)

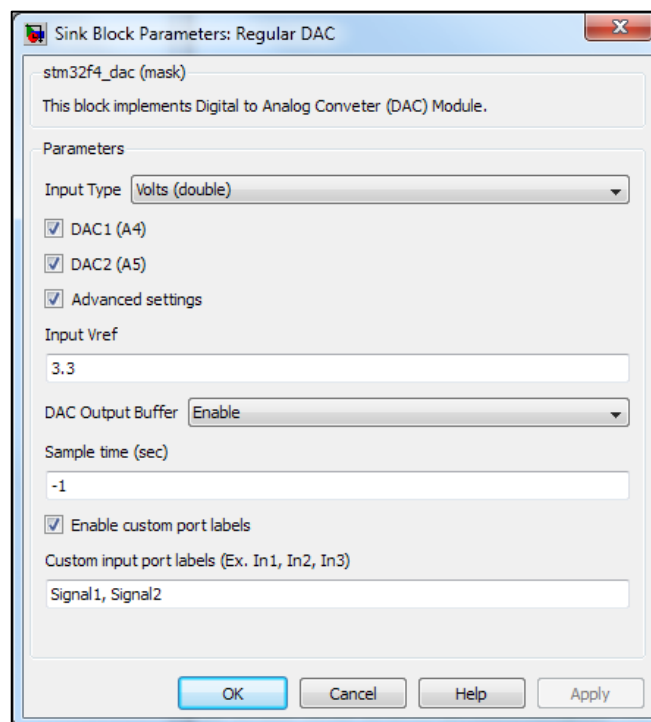


Fig. 3.8 Ventana de configuración del bloque DAC
Fuente: waijung.aimagin.com

En donde:

Se utiliza el convertidor de digital a analógico (DAC) del bloque para generar señales analógicas. Para todos STM32F4xx, un máximo de 2 canales analógicas pueden ser generadas simultáneamente.

1. Canal 1 = Pin A4
2. El canal 2 = Pin A5

El módulo DAC de STM32F4xx tiene las siguientes especificaciones:

1. 2 x 12-bits de 1MHz muestra por segundo convertidores DAC: uno para cada canal de salida
 2. Mejor resolución se puede controlar con VREF de referencia de voltaje de entrada
- **PWM CAPTURE:** tiene como función dar pulsos de amplitud modulada, y analiza cada ciclo de frecuencia.

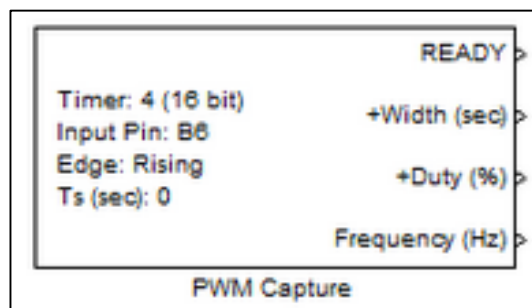


Fig. 3.9 Diagrama de Bloque PWM Capture en Simulink
Fuente: wajjung.aimagin.com

Ventana de Configuración (Fig. 3.10):

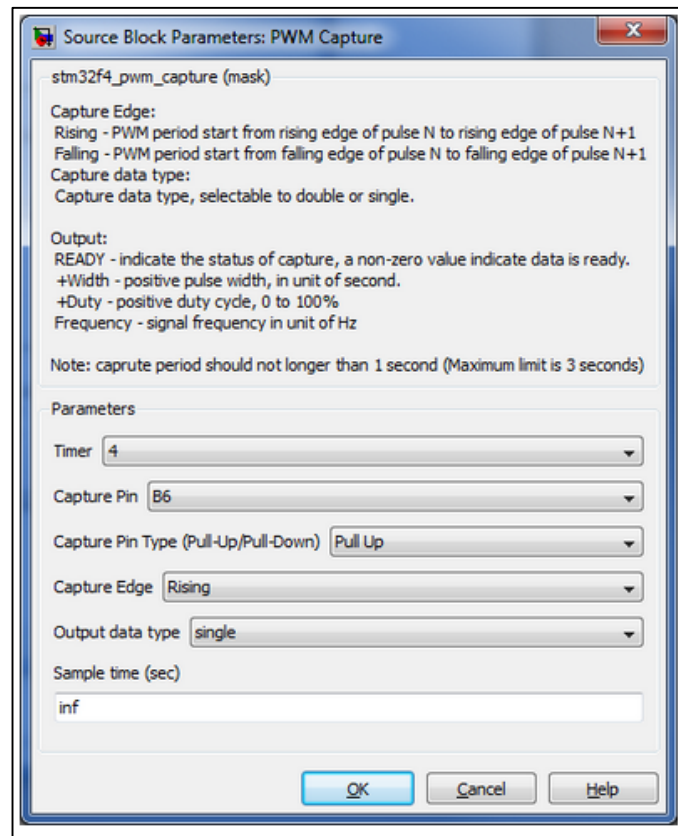


Fig. 3.10 Ventana de configuración del bloque PWM Capture
Fuente: waijung.aimagin.com

En donde:

Tabla 3-2 Configuración del Bloque PWM Capture

Elemento de Configuración	Selección Opción/Valor	Descripción
Timer	1 2 3 4 5 8	Seleccionar módulo temporizador para la captura de PWM.
Capture Pin	<Selecione pin de la lista disponible>	Pines disponibles para la selección en función de módulo temporizador.

Capture Pin Type (Pull-Up/Pull-Down)	None Pull Up Pull Down	Pull-Up/Down configuración.
Capture Edge	Aumento Caída	Seleccione la posición del período PWM empezar, flanco ascendente o descendente.
Tipo de datos de salida	único doble	PWM captura de tipo de datos resultante
Tiempo de la muestra (Sec)	(Tiempo de la muestra en la unidad de segundo)	Intervalo de tiempo para actualizar los datos de captura.

Fuente: waijung.aimagin.com

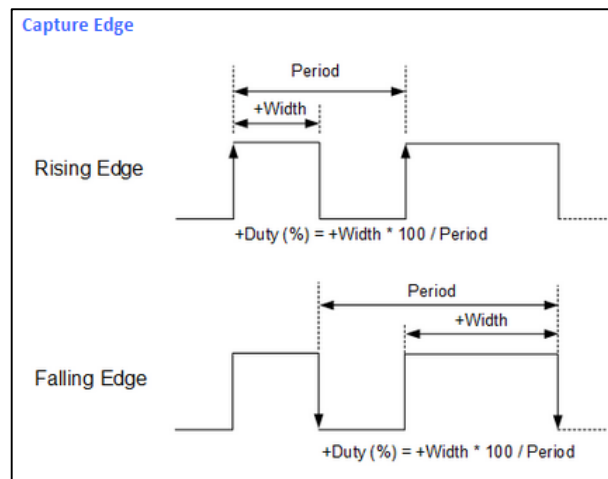


Fig. 3.11 Capture Edge
Fuente: waijung.aimagin.com

Descripción de la Fig. 3.11:

Puerto de salida (Output Port)

1. READY

Estado de la devolución de la operación de captura de PWM, el valor es distinto de cero cuando los datos están listos.

2. + Ancho (seg)

Valor de ancho de pulso positivo, en la unidad de segundo.

3. + derecho (%)

Valor del ciclo de trabajo positivo, en porcentaje.

4. Frecuencia (Hz)

Frecuencia PWM, en unidades de Hz.

- **DIGITAL OUTPUT:** es una salida digital que dependiendo de qué tan rápido aparezca estos pulsos o en qué tamaño, representa esta información ya sea audio, video o ambas

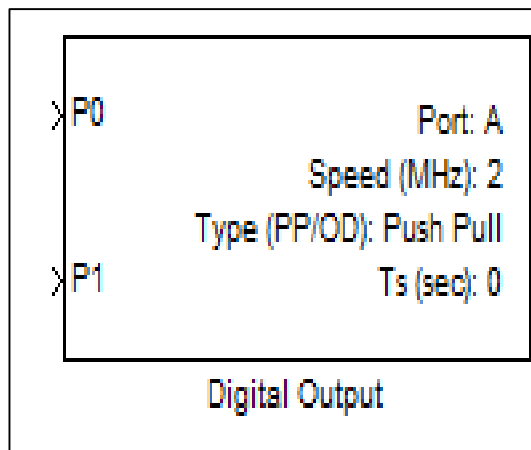


Fig. 3.12 Diagrama de Bloque Digital Output en Simulink
Fuente: waijung.aimagin.com

Ventana de configuración (Fig. 3.13):

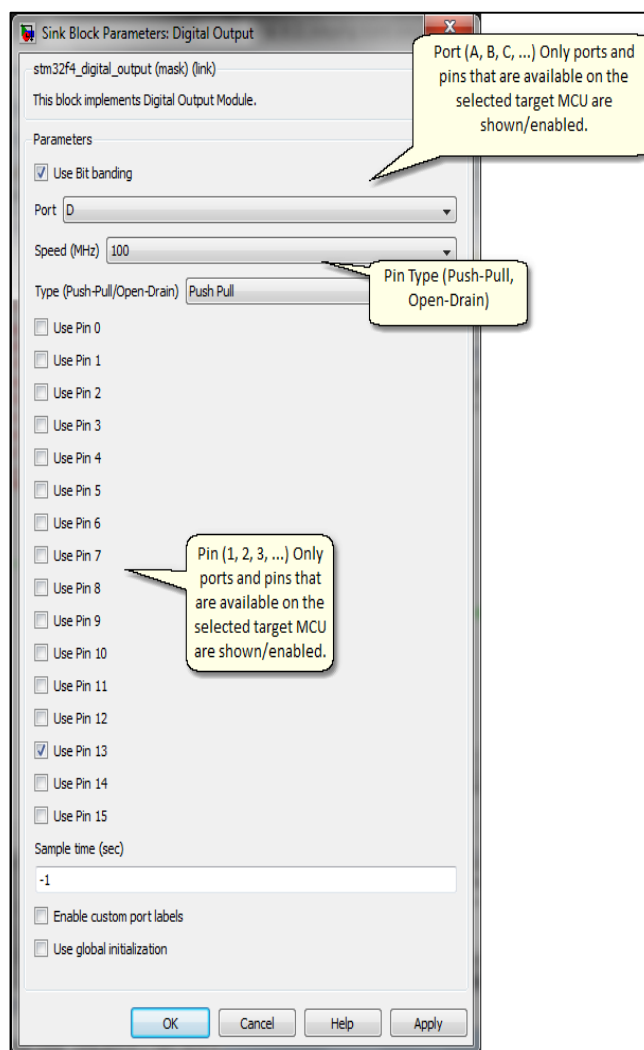


Fig. 3.13 Ventana de configuración del bloque Digital Output
Fuente: waijung.aimagin.com

Traducción:

- Puerto (A, B, C...) sólo los puertos y botones que están al tocar un botón en el objetivo seleccionado MCU se muestran / activado
- Tipo Pin (Push - Pull, Open - Drain)
- Pin (1, 2, 3...) sólo los puertos y botones que están al tocar un botón en el objetivo seleccionado MCU se muestran / activado

Al usar este bloque implementa módulo de salida digital para generar la lógica

de salida digital del pin MCU.

El puerto de entrada acepta cualquier tipo nativo de tipo de datos de Simulink.

MCU generará la salida de pines lógicos basados en la lógica siguiente.

```
si (puerto de entrada == 1)
```

```
    Lógica de salida 1
```

```
más
```

```
    Lógica de salida 0
```

```
fin
```

Puertos y botones que aparecen disponibles dependen del MCU seleccionada (en el destino de instalación de bloques).

3.2 Programación del controlador

3.2.1 FLUJOGRAMA

3.2.1.1 SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR (TPS)

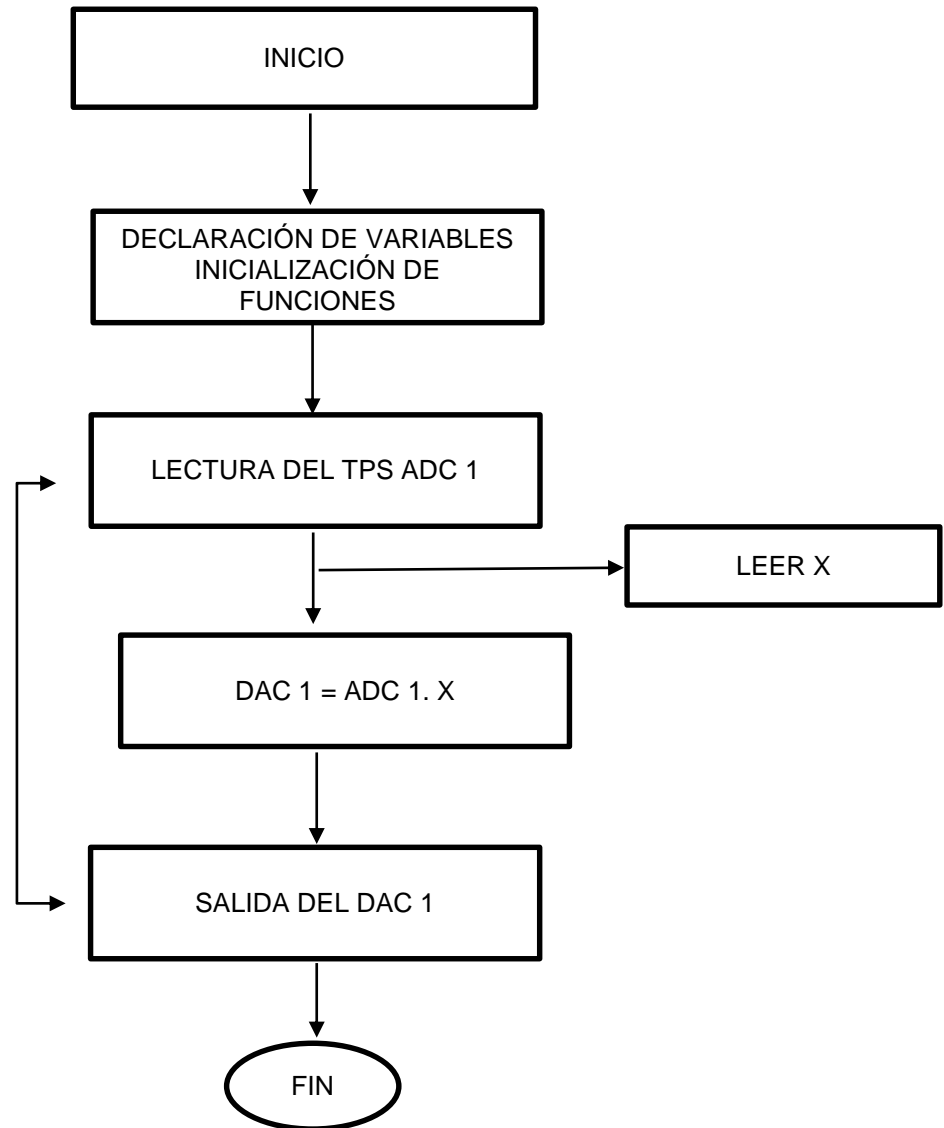


Fig. 3.14 Diagrama de flujo para el sensor TPS
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

ADC = mide Voltaje transforma a lenguaje μC

DAC = lenguaje μC trasforma a Voltaje.

3.2.1.2 SENSOR DE VELOCIDAD (CKP)

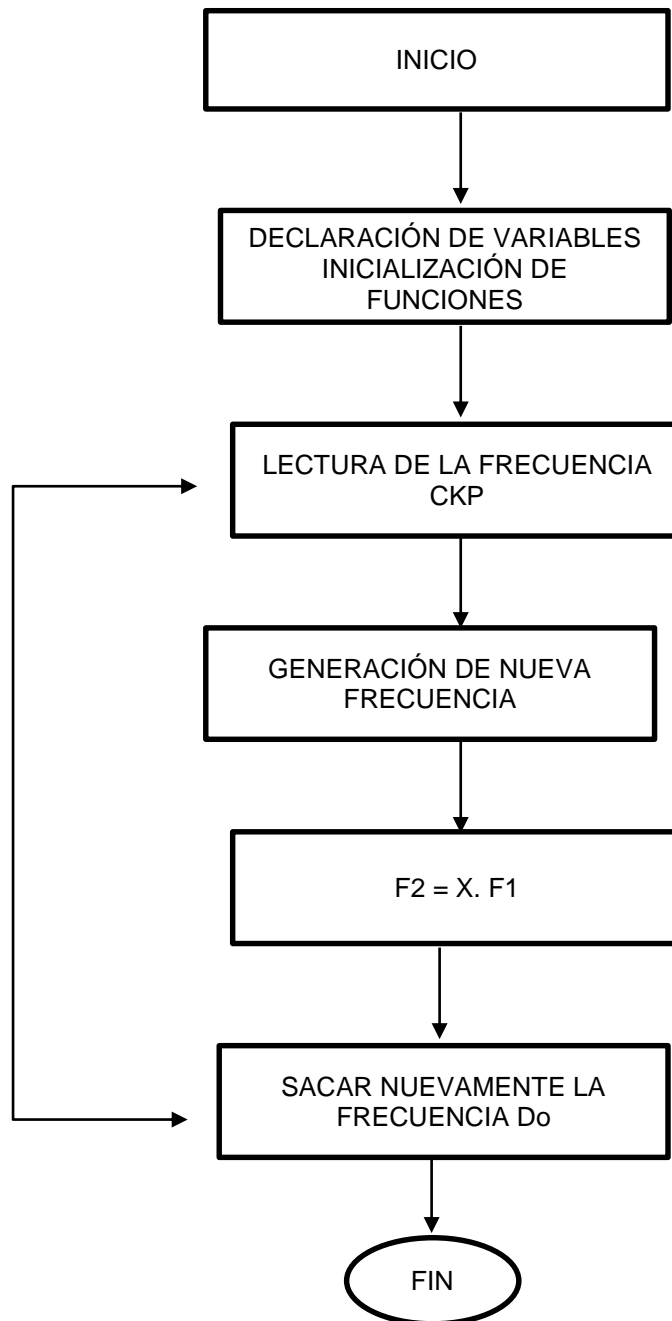


Fig. 3.15 Diagrama de flujo para el sensor TPS
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

3.2.2 PROGRAMACIÓN

Sensor de velocidad (CKP) y Sensor de posición del acelerador (TPS)

Se utiliza este tipo de programación de bloques debido a su fácil entendimiento al momento de programar, es por esta razón que a continuación procedemos a explicar:

Descripción Fig. 3.16:

En esta programación lo que se hace es recibir la señal de los sensores, por lo que se utiliza un bloque ADC que nos ayuda a transformar la señal recibida, paso seguido viene el bloque de ganancias de nuestros sensores, en esta parte lo que se hace es multiplicar por una variable x , y cuyo valor está a criterio de nosotros, finalmente existe un bloque DAC de salida en unidades apropiadas para la visibilidad de nuestra curva características, y para esto utilizamos un bloque PWM CAPTURE. En el sensor CKP lo que aumenta es el cálculo de la curva (cuadrada).

Descripción Fig. 3.17:

Lo único que se hace en esta programación es utilizar un bloque Digital Output que sirve para tener el control de nuestra variable X , y de esta manera acondicionar la señal de los sensores según nuestras necesidades.

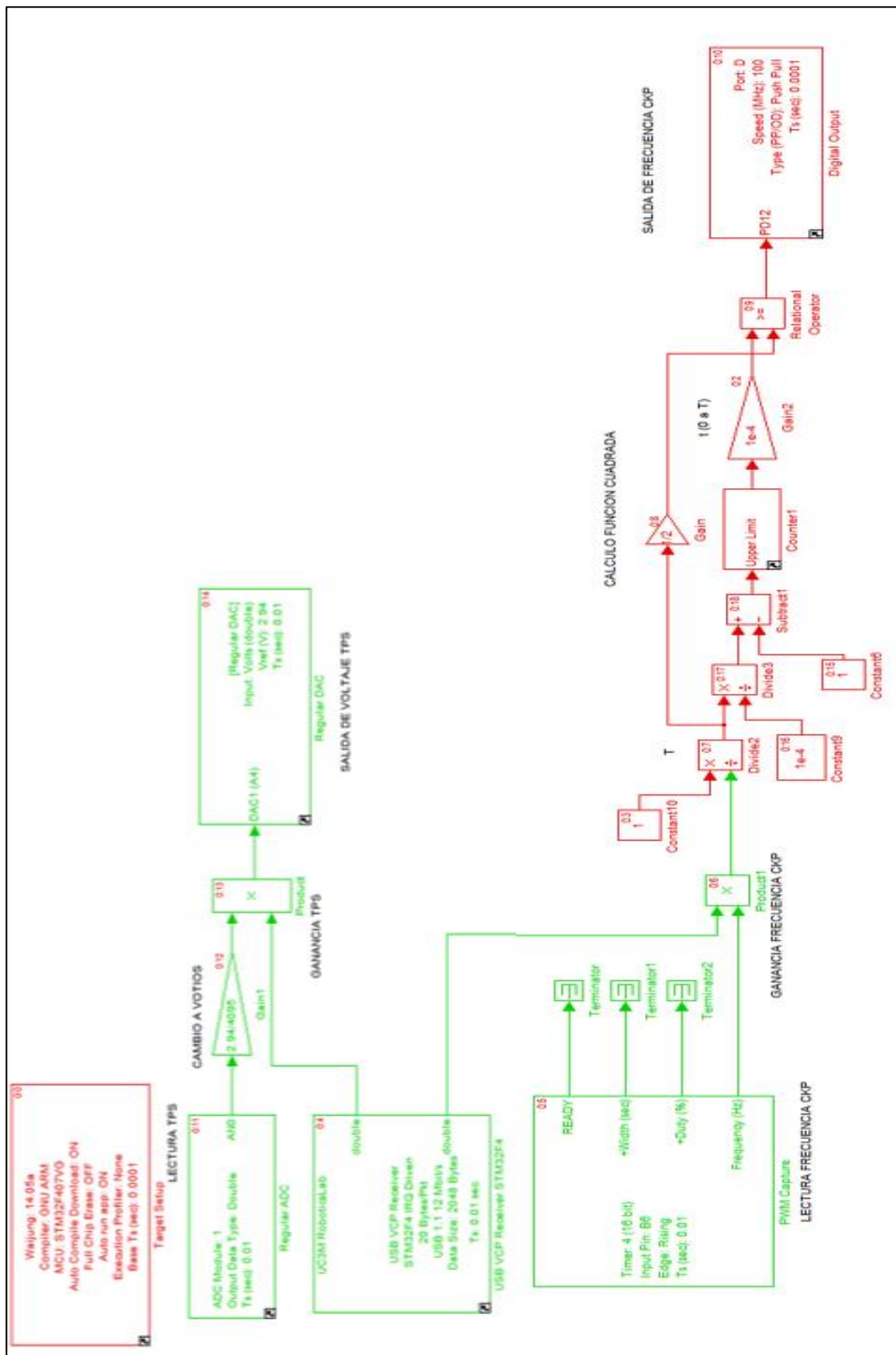


Fig. 3.16 Programación De Los Sensores CKP Y TPS
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

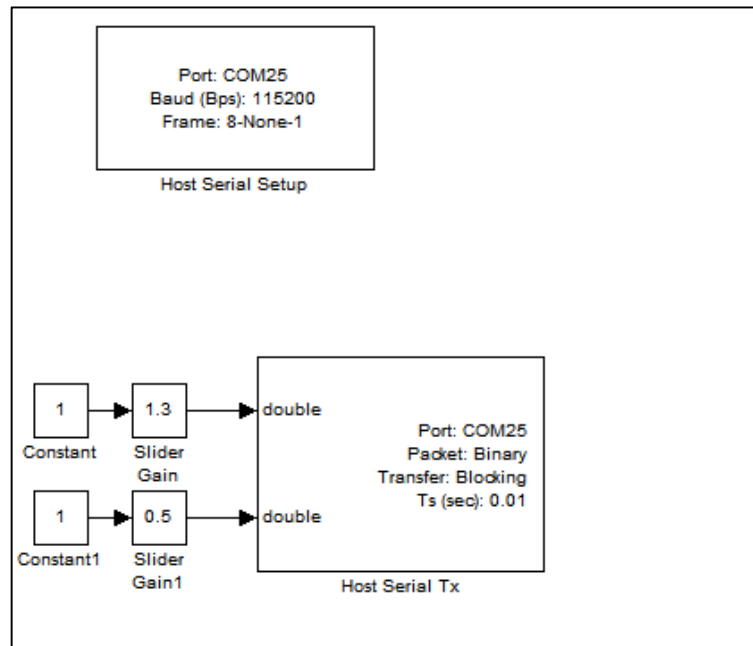


Fig. 3.17 Programación para la interacción con la variable
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

3.3 Pruebas

A continuación se explicará el proceso que se llevó a cabo para la fabricación de nuestro sistema de encendido:

Con los datos de cada sensor se realiza la programación en el programa Simulink de Matlab, y se transfiere a nuestra tarjeta electrónica STM32F4 Discovery (Fig. 3.18).



Fig. 3.18 Enviando la programación a la Tarjeta Electrónica STM32F4 Discovery

Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

Debido a que nuestro objetivo principal es representar las curvas características de los sensores CKP y TPS en nuestra tarjeta electrónica, para proceder a “engañar” a nuestra ECU, se puede simular fácilmente con la conexión respectiva (Fig. 3.19) en un osciloscopio cada una de las curvas.

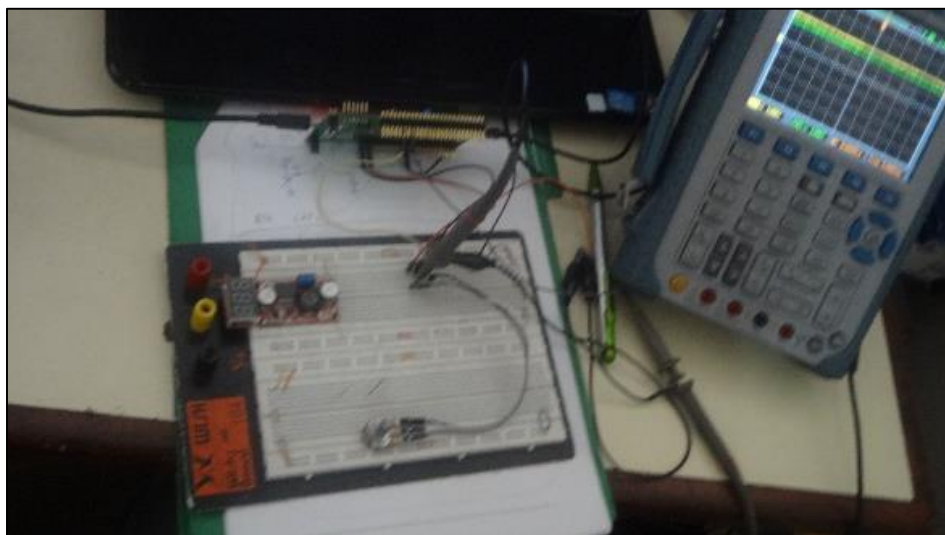


Fig. 3.19 Conexión de la Tarjeta Electrónica STM32F4 Discovery con el Osciloscopio

Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

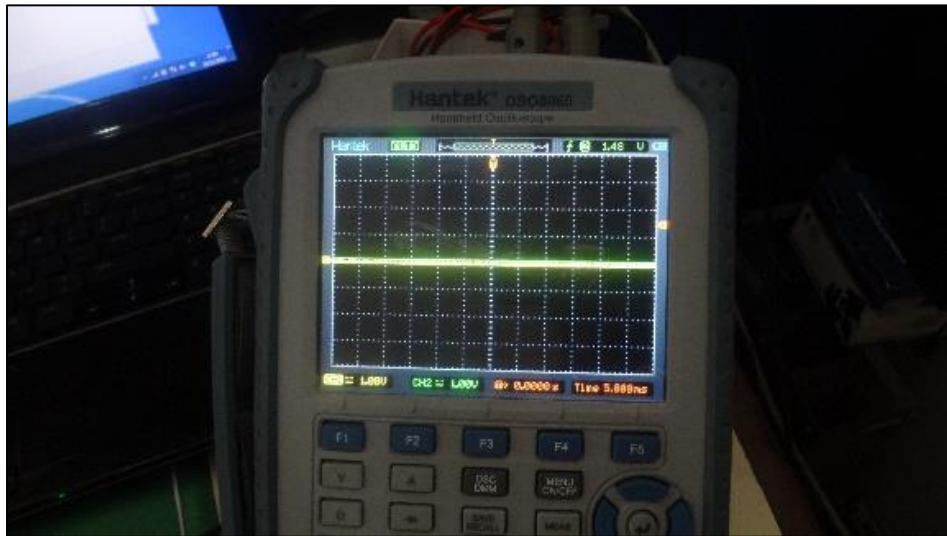


Fig. 3.20 Señal del TPS (No acelerado)
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

La variable de aceleración tenemos en nuestra programación por lo que el cambio se realiza desde una computadora (Fig. 3.21 y Fig. 3.22).



Fig. 3.21 Señal del TPS (levemente acelerado)
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

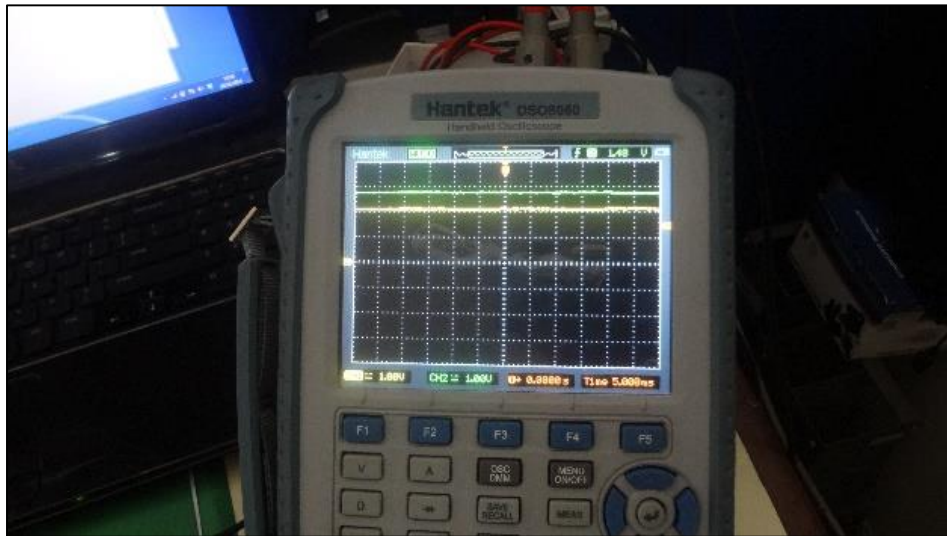


Fig. 3.22 Señal del TPS (totalmente acelerado)
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

Ahora vemos las curvas características del CKP (Fig. 3.23):

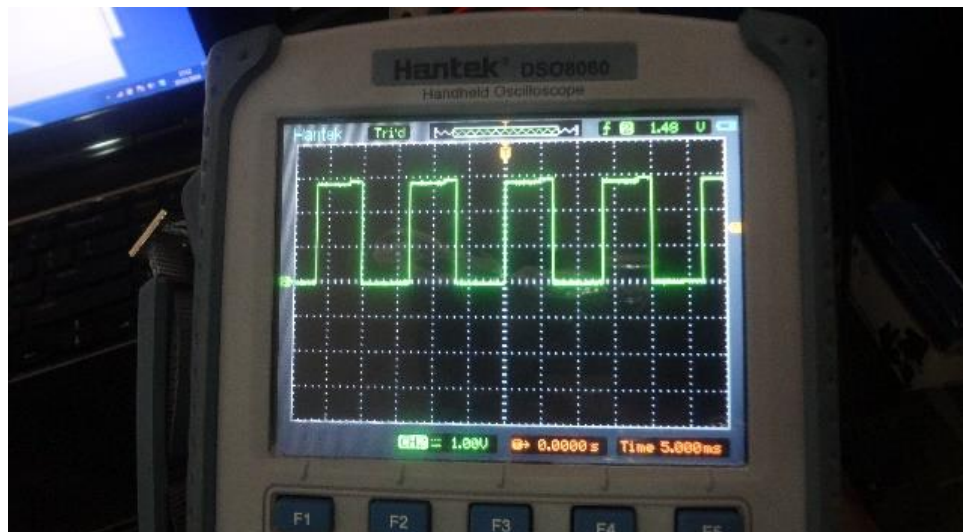


Fig. 3.23 Señal del CKP
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

La variable de velocidad tenemos en nuestra programación por lo que el cambio se realiza desde una computadora (Fig. 3.24, Fig. 3.25 y Fig. 3.26).

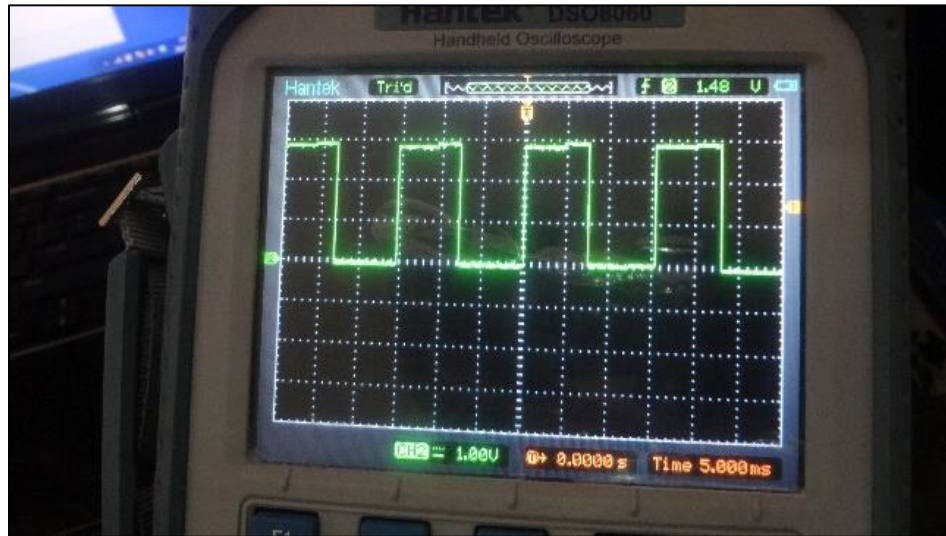


Fig. 3.24 Señal del CKP (25% de aumento)
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.



Fig. 3.25 Señal del CKP (50% de aumento)
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

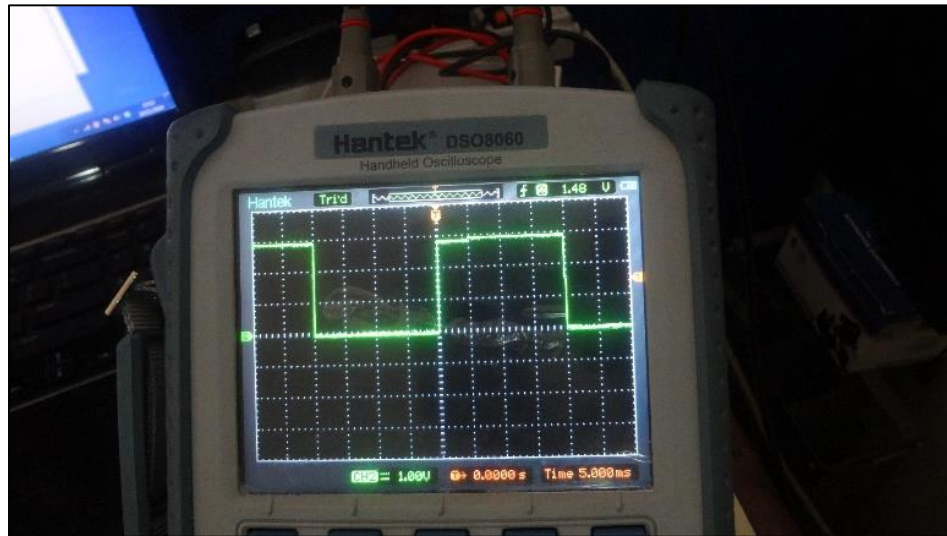


Fig. 3.26 Señal del CKP (100% de aumento)
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

CAPITULO 4

IMPLEMENTACIÓN EN EL PROTOTIPO

4.1 Construcción del prototipo

En el presente capítulo se hará un breve resumen de la construcción del prototipo en sí, debido a que al ser un concurso de universidades, tanto nosotros como otros estudiantes participamos en la construcción del mismo.

A continuación se detalla el proceso de construcción del prototipo:

- Construcción del chasis de la motocicleta, adecuando el habitáculo del motor (Fig. 4.1).



Fig. 4.1 Construcción del Chasis
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Ubicación del motor en el chasis de la moto (Fig. 4.2).



Fig. 4.2 Colocación del Motor
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Adecuación completa del motor al chasis con el respectivo tanque de combustible (Fig. 4.3).



Fig. 4.3 Colocación del Tanque y Asiento
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Cada parte del prototipo fue diseñado y construido por los estudiantes participantes en la competencia (Fig. 4.4).



Fig. 4.4 Construcción de las Partes de la Moto
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Diseño del carenado de la motocicleta, realizando los negativos con los cortes apropiados para la mejor aerodinámica del motor (Fig. 4.5).



Fig. 4.5 Diseño del Carenado
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- El trabajo final del carenado, y con la pintura del prototipo (Fig. 4.6).



Fig. 4.6 Acabado del Carenado y la Pintura de la Moto
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Adecuaciones de radiador, escape, línea de combustible, airbox, acelerador, escape, entre otros componentes (Fig. 4.7, Fig. 4.8).



Fig. 4.7 Instalación de los Sistemas del motor
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.



Fig. 4.8 Instalación del Airbox
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Instalación del motor y su cableado eléctrico (Fig. 4.8 y Fig. 4.9)



Fig. 4.9 Instalación del Cableado eléctrico del motor
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.



Fig. 4.10 Adaptación de cada uno de los Sistemas del motor para una mejor Ergonomía
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Colocación de patrocinadores en el carenado (Fig. 4.11)



Fig. 4.11 Patrocinadores de la Moto
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Quedando terminada la motocicleta (Fig. 3.12) y lista para irse a competir en Alcañiz – Aragón :



Fig. 4.12 Trabajo final
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

4.2 Implementación del sistema de encendido de alto desempeño en la motocicleta.

Se realiza la conexión del sensor CKP (Fig. 4.13), y del sensor TPS (Fig. 4.14) tanto en el pin de masa y señal.

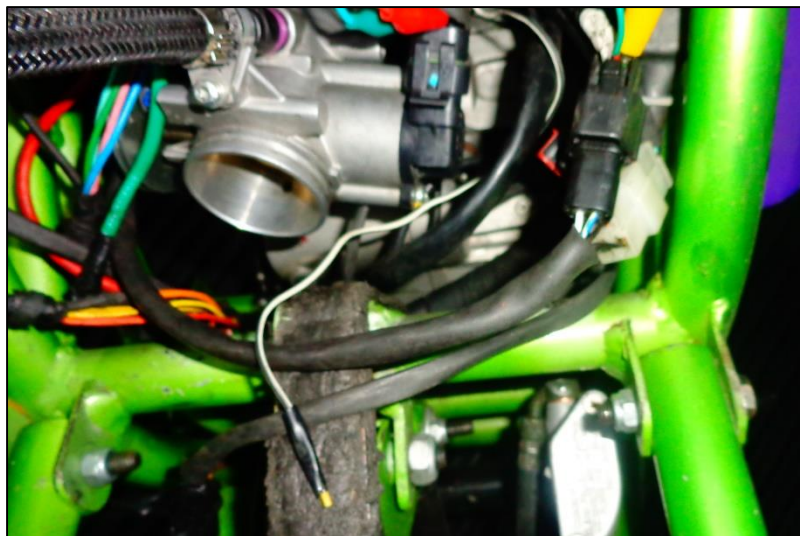


Fig. 4.13 Conexión en el sensor CKP
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.



Fig. 4.14 Conexión en el sensor TPS
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

La conexión a la tarjeta electrónica (Fig. 4.15), tiene salida tanto para los sensores como para la fuente de alimentación (batería).

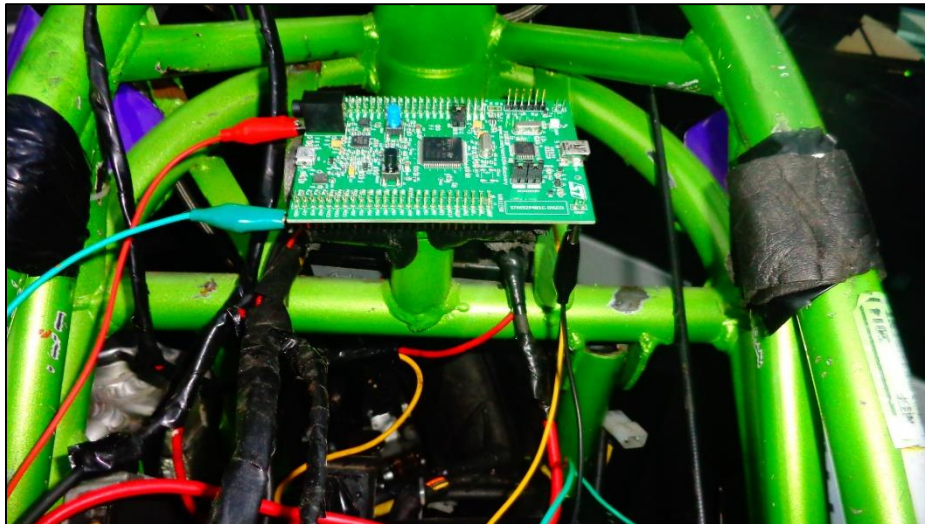


Fig. 4.15 Conexión a la Tarjeta Electrónica STM32F4 Discovery
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.



Fig. 4.16 Adaptación Final
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

El objetivo principal de nuestro circuito eléctrico es simular las curvas características de los sensores CKP (Fig. 3.18) y TPS (Fig. 3.17), no afectando al funcionamiento de nuestro motor y teniendo una variable de frecuencia para poder variar el mismo, con el objetivo de mejorar su rendimiento.



Fig. 3.17 Gráfica del sensor TPS
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

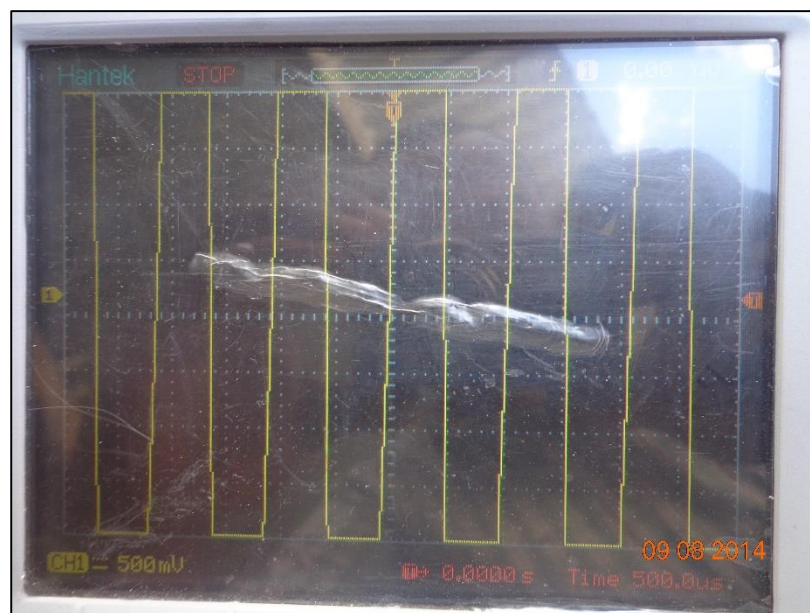


Fig. 3.18 Gráfica del sensor CKP
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.



Fig. 3.19 Datos de la gráfica del sensor CKP
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

4.3 Participación en la competencia MotoStudent 2013-2014

- Se nos asignó un paddock junto al equipo Brasileño (Fig. 4.20), sitio en el cual debíamos trabajar y dejarle a nuestra motocicleta a punto (Fig. 4.21), para rendir cada una de las pruebas de la competencia:



Fig. 4.20 Paddock junto al equipo Brasileño
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.



Fig. 4.21 Paddock
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Prueba estática de la motocicleta (Fig. 4.22) , en el cual verificaron el cumplimiento de cada uno de los ítems del reglamento, en cuanto a diseño y las normas de seguridad que se debía considerar:



Fig. 4.22 Pruebas Estáticas
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Pruebas dinámicas (Fig. 4.23) la cual dependiendo de la observación de los jueces se dio la motocicleta a un piloto asignado por los organizadores para que bajo su criterio califique a la motocicleta.



Fig. 4.23 Pruebas Dinámicas
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Pruebas de frenado, inclinación y acelerado:



Fig. 4.24 Gincana 1
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.



Fig. 4.25 Gincana 2
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

Prueba de mecánicos (Fig. 4.26), el cual fue cronometrado:



Fig. 4.26 Prueba de Mecánicos
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Se realizó también una defensa tanto de proyecto de industrialización, como de diseño, y se presentó cada uno de los proyectos de innovación, el cual se incluyeron:
 - Sistema de encendido de alto desempeño.

- Tablero por telemetría.
 - Un sistema de suspensión McPherson.
- Al pasar cada prueba los jueces colocaban un sticker (Fig. 4.27), y para poder participar en la carrera final se debía tener colocados tres stickers en el chasis.



Fig. 4.27 Tres sellos de aprobación de las pruebas
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

- Finalmente la carrera final:

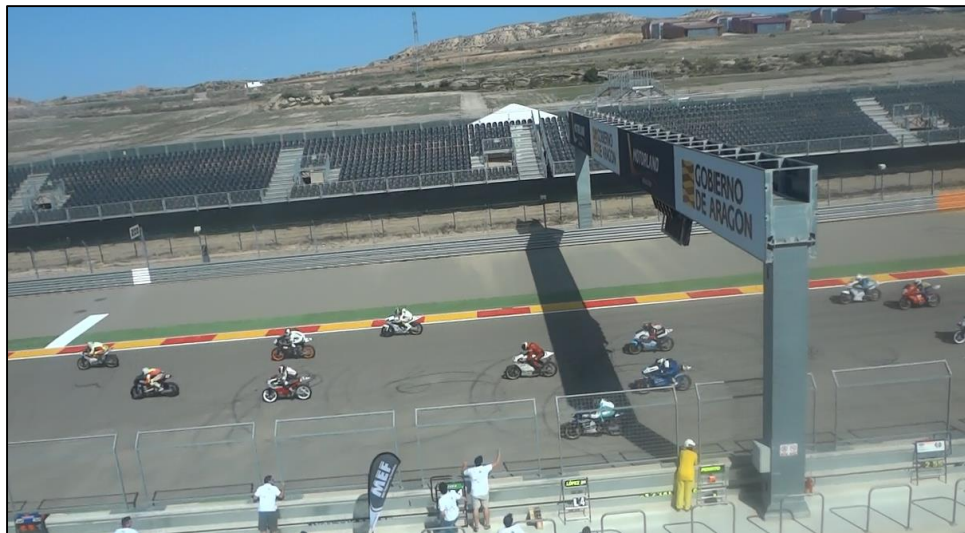


Fig. 4.28 Punto de Partida
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.



Fig. 4.29 Carrera Final
Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

4.4 Resultados de la Competencia

Nuestra participación obtuvo los siguientes puestos:

- **Tercer** lugar en innovación:
- **Quito** lugar en proyecto de industrialización:
- **Onceavo** lugar en diseño:

CAPITULO 5

MARCO ADMINISTRATIVO

5.1 RECURSOS

Un uso acertado de cada uno de los recursos disponibles para el presente proyecto ha permitido un resultado exitoso en la competición MotoStudent 2014, en el presente capítulo se detallara el presupuesto únicamente para el tema de tesis propuesto, debido a que para la construcción de la moto intervinieron dos temas de tesis más, las mismas que especificaran los recursos administrativos utilizados en el desarrollo de cada una de ellas.

5.1.1 RECURSOS HUMANOS

Los recursos humanos que intervinieron en el presente son las siguientes personas:

Tabla 5-1 Recursos Humanos

Nombre	Cargo
Srta. Evelin Loor	Investigador
Sr. Gonzalo Mendes	Investigador
Ing. Luis Mena	Director del proyecto
Ing. José Quiroz	Codirector del proyecto

Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

5.1.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS

Los recursos tecnológicos utilizados son los siguientes:

- Osciloscopio
- Multímetro Automotriz
- Computadora
- Cámara digital
- Internet

5.1.3 RECURSOS MATERIALES

En este ítem se detallara los elementos mecánicos y electrónicos que componen el proyecto, los mismos que son:

Tabla 5-2 Recursos Materiales

ORD	DETALLE
1	Inscripción en la competencia MotoStudent 2014
2	ECU y Sistema Eléctrico
3	Impuestos para recepción del motor
4	Radiador
5	Tanque
6	Escape
7	Bomba de combustible interna
8	Mangueras de Refrigeración
9	Bomba de combustible externa
10	Tapón del Radiador
11	Acople Inyector-Bomba
12	Batería Bosch 12V
13	Embrague
14	Abracaderas
15	Cables
16	Fusibles 15V
17	Fusible 20V
18	Taype
19	Mangueras de alta presión alimentación
20	Mangueras de alta presión embrague
21	Válvula de paso de combustible (seguridad)
22	Filtro de aire
23	Filtro de combustible

24	Tornillos y tuercas
25	Pasadores (motor)
26	Placa STM32F4 Discovery

Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

5.2 PRESUPUESTO

A continuación se detalla los gastos realizados para la validación de este proyecto:

Tabla 5-3 Análisis Económico

ORD	DETALE	CANTIDAD	COSTO C/U	TOTAL
1	Inscripción en la competencia MotoStudent 2014	2	550	1100
2	ECU y Sistema Eléctrico	1	1050	1050
3	Impuestos para recepción del motor	2	123,36	246,72
4	Radiador	1	150	150
5	Tanque	1	70	70
6	Escape	1	30	30
7	Bomba de combustible interna	1	100	100
8	Mangueras de Refrigeración	2	15	30
9	Bomba de combustible externa	1	68	68
10	Tapón del Radiador	1	6	6
11	Acople Inyector-Bomba	1	3	3
12	Batería Bosch 12V	1	48	48
13	Embrague	1	190	190
14	Abracaderas	15	0,35	5,25
15	Cables	3	0,4	1,2
16	Fusibles 15V	5	0,15	0,75
17	Fusible 20V	1	0,25	0,25
18	Taype	1	0,5	0,5
19	Mangueras de alta presión alimentación	2	3	6
20	Mangueras de alta presión embrague	1	8	8
21	Válvula de paso de combustible (seguridad)	3	2	6

22	Filtro de aire	2	1	2
23	Filtro de combustible	2	7	14
24	Tornillos y tuercas	20	0,1	2
25	Pasadores (motor)	3	0,7	2,1
26	Placa STM32F4 Discovery	1	80	80
TOTAL:				3219,77

Fuente: Loor, E. & Mendes, G.

5.3 Financiamiento

El financiamiento total del proyecto fue asumido por los padres de los autores del proyecto, Srta. Evelin Loor y Sr. Gonzalo Mendes

5.4 Cronograma

CAPITULO 6

CONCLUSIONES

Una vez hecha la correcta instalación de nuestro Sistema de Encendido de alto desempeño tenemos las siguientes conclusiones:

- Se diseñó, construyó e instaló un sistema de encendido de alto desempeño para la determinación de un correcto ángulo de avance de la chispa, incrementando de esta manera el rendimiento del motor Sherco 250i-R.
- Debido a que podemos interactuar con las curvas de señal de los sensores de posición de árbol de levas (TPS) y el sensor de velocidad (CKP), la ECU determinara un ángulo de avance específico para nuestras necesidades, bajo parámetros impuestos por nosotros mismos.
- El tiempo de adelanto de la chispa se vuelve muy exacto debido a que la ECU recibirá las señales características almacenadas en nuestro circuito, las mismas que fueron tomadas de la señal real de los sensores TPS y CKP, es decir, igual frecuencia y valores de voltajes.
- El ángulo de avance puede variar únicamente entre 10° y 25° , debido a que si este valor aumenta o disminuye tendremos dificultades en el rendimiento del motor.
- Con tarjeta electrónica STM32F4 Discovery con una programación adecuada hace la función de los sensores, evitando problemas con la interpretación de valores de la ECU.

RECOMENDACIONES

- Las pruebas que se realizan se deben hacer en un lugar apartado y con mucho tiempo de anticipación para poder hacer cambios necesarios si así lo amerita hasta lograr obtener el resultado requerido.
- Nuestro motor al ya contar con una conexión eléctrica, es necesario verificar el diagrama eléctrico para proceder a realizar la re-conexión de nuestro módulo y de esta manera evitar cualquier daño que se puede ocasionar.
- Utilizar materiales adecuados para la re-conexión de sistema de encendido, y así evitar que se dé un corto circuito, ya sea por una masa mal ubicada o una mala toma de fuente de alimentación.
- Tener en cuenta el estado de los fusibles utilizados, ya que son los únicos componentes que nos dan la seguridad de que no se dañen nuestros componentes electrónicos por aumento de corriente.
- La ubicación del nuevo sistema de encendido debe ser estratégica, para evitar que se desubique y produzca complicaciones al momento de la carrera.
- Cada uno de los cables que salen de nuestra tarjeta y unidos al socket de los sensores deben ser soldados previamente con estaño para evitar la desconexión debido a la vibración de nuestra motocicleta.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- Alonso, J. (2003). Técnicas del AUTOMOVIL (2^{da} ed.). España: Thomson Paraninfo.
- Gil, H. (2001). Sistemas de Encendido. España. Editorial CEAC.
- Banish, G. ENGINE MANAGEMENT, Advanced Tuning. Brookland: Brooklands books Ltd.
- Parera, M (1991). Encendido Electronico (1^{ra} ed). Editorial MARCOMBO, S.A.
- Crouse, W (1991). Equipo Eléctrico y Electrónico del Automóvil (6^{ta} ed). Editorial MARCOMBO, S.A.
- GOMEZ, R. (2013). DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO INTELIGENTE, PARA... Latacunga: ESPE.
- LAICA, W (2012). IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA LA UNIDAD DE CONTROL... Riobamba: ESPCH

Netgrafía:

- EPSFORMACION (2013). Explicaciones sobre CDI con avance de encendido - señales pick-up (ondas A/B). Recuperado el 26 de Febrero del 2013, de <https://www.youtube.com/watch?v=UsIC0Rhh3JM>.

- SPORTDEVICES (2009). Digital programable de encendido CDI / TCI. Recuperado el 28 de septiembre del 2009, de www.sportdevices.com: <http://www.sportdevices.com/ignition/ignition.htm>
- CONEVYT (2012). SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR (TPS). Recuperado el julio del 2009, de www.conevyt.org.mx: http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/sensor3.pdf
- BOOSTER, B (2013). CURSO DE SENSORES TPS Y DE POSICION DE COMPONENTES. Recuperado el octubre del 2013, de www.encendidoelectronico.com: <http://www.encendidoelectronico.com/vista.php?id=39>
- E-AUTO (2011). SISTEMA DE ENCENDIDO – INTRODUCCIÓN. Recuperado en marzo del 2011, de: e-auto.com.mx: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=246
- E-AUTO (2011). Operación del Avance Electrónico. Recuperado en marzo del 2011, de: e-auto.com.mx: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=247
- ARMCORTEXM (2014). Microcontroladores ARM Cortex-M. Recuperado el 21 de abril del 2014, de <http://armcortexm.blogs.upv.es/>

ANEXOS