

Universidad Internacional Del Ecuador

Escuela de Ingeniería Automotriz



Estudio del Consumo, Torque y Potencia del Motor Suzuki G13B 1300 cc Adaptado con un Sistema de Estrangulación Independiente ITBS.

Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Mecánica Automotriz

Barcenes Llanos Amado Gonzalo

Director: Ing. Edgar Vera Puebla

Guayaquil - Ecuador

Diciembre, 2021

Universidad Internacional Del Ecuador
Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz

Certificado

Ing. Edgar Vera Puebla

CERTIFICA

Que el trabajo de “Estudio del Consumo, Torque y Potencia del Motor Suzuki G13B 1300 cc Adaptado con un Sistema de Estrangulación Independiente ITBS” realizado por el estudiante: Amado Gonzalo Barcenes Llanos ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza el señor: Amado Gonzalo Barcenes Llanos que lo entregue a biblioteca de la facultad, en calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, 01 de diciembre del 2021

Ing. Edgar Vera Puebla.
Director del Proyecto

Universidad Internacional Del Ecuador
Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz

Certificación Y Acuerdo De Confidencialidad

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

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

Amado Gonzalo Barcenes Llanos
C.I: 0931500300

Dedicatoria

Dedico este proyecto de manera especial a mis padres, hermana y a todas las personas quienes me brindaron todo el apoyo durante mi carrera académica, cada uno de sus consejos fueron importantes y de mucha ayuda para la presentación de esta tesis.

Amado Gonzalo Barcenés Llanos.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por mantenerme con salud, bienestar y energía; por ayudarme a culminar este proyecto y cumplir mis sueños. Reitero también mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que me brindaron su ayuda y me impulsaron a culminar este largo periodo de estudio. Su aporte y colaboración durante los periodos académicos me sirvieron para tomar las decisiones más acertadas en todo este proceso.

A mi tutor Ing. Edgar Vera Puebla, quien con su tiempo y conocimientos me ha guiado en el transcurso de este proyecto de titulación para culminarlo satisfactoriamente, a los docentes que con sus enseñanzas y paciencia han logrado transmitir sus saberes, a mis compañeros por su carisma, amistad y su buena voluntad para compartir estrategias de trabajo en equipo y siempre estar dispuestos a colaborar.

También agradezco infinitamente a mis padres quienes han sido un pilar fundamental en mi etapa estudiantil, ser el orgullo de ellos es mi deseo que me vean triunfar y llegar muy alto. A pesar de causarles disgustos jamás me han dejado solo y me han apoyado en las buenas y en las malas; ya que siendo su único hijo varón he recibido de parte de ellos total ayuda y aceptación de todas mis decisiones.

¡MUCHAS GRACIAS A TODOS!

Amado Gonzalo Barcenés Llanos

Índice de Contenido

Certificado	iii
Certificación Y Acuerdo De Confidencialidad.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de Figuras.....	xiv
Índice de Tablas	xviii
Índice de Anexos	xix
Resumen.....	xx
Abstract.....	xxi
Capítulo I.....	1
1 Antecedentes.....	1
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema	1
1.2.2 Formulación del Problema	2
1.2.3 Sistematización del Problema	2
1.3 Fuente Especificada no Válida	2
1.4 Objetivos de la Investigación.....	2
1.4.1 Objetivo General	2
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3

1.5	Justificación y Delimitación de la Investigación.....	3
1.5.1	Justificación Teórica	3
1.5.2	Justificación Metodológica	3
1.5.3	Justificación Práctica	3
1.5.4	Delimitación Temporal	4
1.5.5	Delimitación Geográfica	4
1.5.6	Delimitación del Contenido	4
1.6	Hipótesis	5
1.7	Variables de Hipótesis.....	5
1.7.1	Variables Independientes	5
1.7.2	Variables Dependientes.....	5
1.8	Metodología.....	5
1.8.1	Método Explicativo	5
1.8.2	Método Deductivo	6
1.8.3	Método Inductivo	6
1.8.4	Método de Análisis	6
1.8.5	Método de Síntesis	6
1.8.6	Método Comparativo	6
1.9	Materiales y Equipos Empleados en la Investigación	6
1.9.1	Materiales.....	6
1.9.2	Herramientas	7

1.9.3 Equipos.....	7
Capitulo II.....	8
2 Marco Referencial	8
2.1 Historia del Suzuki	8
2.2 Tipos de Suzuki Swift GTI	9
2.2.1 Suzuki Swift GTI 1,3 MK1	9
2.2.2 Suzuki Swift GTI MK2	10
2.2.3 Suzuki Swift GTI MK3	11
2.3 Motor Suzuki G13B Twin Cam	12
2.3.1 Descripción y Parámetros del Motor Suzuki G13B 1300 cc.....	14
2.3.2 Especificaciones Técnicas del Motor Suzuki G13B 1300 cc	14
2.4 Ciclo Teórico y Real del Motor de Combustión Interna	15
2.4.1 Ciclo Teórico de Funcionamiento	15
2.4.2 Ciclo Real de Funcionamiento	17
2.5 Motor Doble Árbol de Levas	18
2.6 Ventajas y Desventajas de un Motor DOHC	19
2.6.1 Ventajas de un Motor DOHC	19
2.6.2 Desventajas de un Motor DOHC	20
2.7 Sistema de Inyección Electrónica.....	20
2.7.1 Función del Sistema de Inyección Electrónica	20
2.7.2 Ventajas del Sistema de Inyección Electrónica	21

2.7.3	Clasificación de los Sistemas de Inyección Electrónica	22
2.8	Sensores, Actuadores y Partes del Motor.....	27
2.8.1	Colector de Admisión.....	28
2.8.2	Tipos de Colector de Admisión	30
2.8.3	Unidad de Control.....	31
2.8.4	Cuerpo de Aceleración.....	31
2.8.5	Sensor de Posición de la Mariposa (TPS).....	32
2.8.6	Sensor de Presión Absoluta de la Admisión (MAP).....	32
2.8.7	Sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor (ECT).....	33
2.8.8	Sensor de Flujo de Aire (MAF).....	33
2.8.9	Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT).....	33
2.8.10	Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP).....	34
2.8.11	Sonda Lambda.....	34
2.8.12	Inyector	35
2.8.13	Válvula IAC	35
2.8.14	Bobina de Encendido	36
2.8.15	Rueda Fónica	36
2.9	Sistema de Encendido DIS.....	37
2.10	Computadora Programable MegaSquirt 2Pro.....	38
2.10.1	Características de la Unidad de Control MegaSquirt 2Pro	40
2.10.2	Esquema General y Conexión	41

2.11 Sistema Independiente ITBS (Individual Throttle Body)	46
2.11.1 Esquema del Sistema de Admisión	47
2.12 Parámetros de Medida de un Motor de Combustión Interna.....	47
2.12.1 Potencia	47
2.12.2 Torque o Par Motor	47
2.12.3 Consumo Específico	48
Capítulo III.....	49
3 Implementación y Montaje del Sistema de Estrangulación ITBS	49
3.1 Ensamblaje del Sistema ITBS	49
3.1.1 Montaje del Sistema ITBS en el Motor	50
3.2 Sistema Programable Tuner Studio	50
3.3 Módulo de Control Programable.....	51
3.3.1 Puertos de Entrada.....	51
3.3.2 Puertos de Salida	51
3.3.3 Puerto de Comunicación de la Ecu.....	51
3.4 Implementación de los Sensores y Actuadores.....	52
3.4.1 Sensor TPS	53
3.4.2 Sensor ECT/CLT.....	54
3.4.3 Sensor CKP Inductivo	56
3.4.4 Sensor MAP	58
3.4.5 Sensor IAT/MAT.....	60

3.4.6	Inyectores	62
3.4.7	Bobina de Encendido	63
3.4.8	Bomba de Gasolina	65
3.5	Comunicación con la MegaSquirt.....	66
3.5.1	Instalación del Cable Serial RS232.....	67
3.5.2	Instalación del Software Tuner Studio.....	69
3.6	Programación de la MegaSquirt.....	73
3.7	Protocolo de Pruebas	91
Capítulo IV	92
4	Análisis de Resultados	92
4.1	Análisis Comparativo de Rendimiento.....	92
4.2	Datos Obtenidos de Torque y Potencia	92
4.3	Torque	93
4.3.1	Pruebas de Torque del Motor Suzuki G13B Estándar.....	93
4.3.2	Pruebas de Torque del Motor Suzuki G13B Implementado el Sistema Independiente ITBS.....	95
4.3.3	Comparativa de Torque del Motor Estándar VS Motor Modificado	96
4.3.4	Ganancia de Torque.....	97
4.4	Potencia	99
4.4.1	Pruebas de Potencia del Motor Suzuki G13B Estándar.....	99

4.4.2 Pruebas de Potencia del Motor Suzuki G13B Implementado el Sistema Independiente ITBS.....	100
4.4.3 Comparativa de Potencia del Motor Estándar VS Motor Modificado	101
4.4.4 Ganancia de Potencia.....	103
4.5 Consumo.....	104
4.5.1 Análisis de Consumo con el Motor Estándar.....	105
4.5.2 Análisis de Consumo con el Motor Modificado.....	106
4.5.3 Análisis Estadístico de Consumo	108
Conclusiones	110
Recomendaciones	111
Bibliografía	112
Anexos	119
Anexo 1: Tabla de Squirts por Ciclo	119

Índice de Figuras

Figura 1 Suzuki Swift 1,3 GTI MK3	9
Figura 2 Suzuki Swift GTI 1,3 MK1	10
Figura 3 Suzuki Swift 1,3 GTI MK2	11
Figura 4 Suzuki Swift GTI 1,3 MK3	12
Figura 5 Motor Suzuki Twin Cam G13B	13
Figura 6 Diagrama Teórico de Trabajo.....	16
Figura 7 Diagrama Real de Trabajo	17
Figura 8 Componentes del Sistema de Inyección a Gasolina.....	21
Figura 9 Esquema de Inyección Directa e Indirecta de Gasolina	23
Figura 10 Sistema de Inyección Monopunto	24
Figura 11 Sistema de Inyección Multipunto.....	25
Figura 12 Inyección por el Número de Inyectores.....	26
Figura 13 Sensores, actuadores y partes del motor Suzuki G13B.....	28
Figura 14 Colector de Admisión.....	29
Figura 15 Rueda Fónica	37
Figura 16 Motor G13B con Sistema DIS	38
Figura 17 Computadora Programable MegaSquirt 2Pro	40
Figura 18 Diagrama eléctrico y conexión	42
Figura 19 Conectores de la Computadora.....	43
Figura 20 Sistema ITBS con sus partes	46
Figura 21 Esquema del Sistema de Admisión ITBS	47
Figura 22 Ensamblaje de ITBS.....	49
Figura 23 Montaje de ITBS en el motor	50
Figura 24 Cable serial RS232.....	52

Figura 25 Conexión de Inyectores	52
Figura 26 Ubicación del sensor TPS en el Sistema ITBS	53
Figura 27 Circuito del sensor TPS	54
Figura 28 Ubicación del sensor ECT	55
Figura 29 Circuito del sensor ECT.....	55
Figura 30 Ubicación del sensor CKP	57
Figura 31 Diagrama del sensor CKP	57
Figura 32 Diagrama del sensor MAP.....	59
Figura 33 Ubicación del sensor MAP	59
Figura 34 Ubicación del sensor IAT.....	60
Figura 35 Circuito del sensor IAT.....	61
Figura 36 Ubicación del riel de inyectores.....	62
Figura 37 Circuito de conexión de los inyectores.....	63
Figura 38 Ubicación de la bobina de encendido.....	64
Figura 39 Circuito de la bobina de encendido.....	65
Figura 40 Circuito de la bomba de gasolina	65
Figura 41 Circuito general implementado.....	66
Figura 42 Comunicación con la ECU.....	67
Figura 43 Cable serial RS232 identificado	68
Figura 44 Asistente para actualización de hardware	68
Figura 45 Cable serial RS232 instalado	69
Figura 46 Página oficial de Diyautotune.....	70
Figura 47 Selección de instalador	70
Figura 48 Descargando el instalador.....	71
Figura 49 Inicio del proceso de instalación.....	71

Figura 50 Finalizando el proceso de instalación	72
Figura 51 TunerStudio instalado.....	72
Figura 52 Creación de nuevo proyecto	73
Figura 53 Modificación del nombre del proyecto	74
Figura 54 Detectando la MegaSquirt	74
Figura 55 Configuración inicial de nuevo proyecto.....	75
Figura 56 Cable serial detectado	75
Figura 57 Selección del Dash principal.....	76
Figura 58 Dash principal.....	76
Figura 59 Selección de manómetros principales	77
Figura 60 Pestaña del botón basic setup	78
Figura 61 Ventana de engine and sequential settings.....	79
Figura 62 Configuración de engine and sequential settings	80
Figura 63 Configuración de general settings.....	81
Figura 64 Configuración de parámetros en general settings	82
Figura 65 Configuración de rev limiter	83
Figura 66 Mapa de avance definido por MegaSquirt.....	84
Figura 67 Configuración de bobina de encendido	85
Figura 68 Configuración de rueda dentada.....	86
Figura 69 Calibración del sensor TPS	86
Figura 70 Calibración del sensor CLT	87
Figura 71 Configuración de arranque del motor.....	88
Figura 72 Configuración de combustible extra para el arranque.....	89
Figura 73 Configuración de sebador.....	90
Figura 74 Activación del doble mapa.....	90

Figura 75 Vehículo sobre el dinamómetro.....	91
Figura 76 Gráficas de torque y potencia del motor estándar VS motor modificado	92
Figura 77 Curvas de torque y potencia del motor estándar VS motor modificado	93
Figura 78 Curva de torque del motor estándar	94
Figura 79 Curva de torque del motor modificado	96
Figura 80 Curvas de torque del motor estándar VS motor modificado	96
Figura 81 Representación gráfica de torques máximos	98
Figura 82 Representación gráfica de la ganancia neta.....	98
Figura 83 Curva de potencia del motor estándar	100
Figura 84 Curva de potencia del motor modificado	101
Figura 85 Curvas de potencia del motor estándar VS motor modificado.....	102
Figura 86 Representación gráfica de potencias máximas	103
Figura 87 Representación gráfica de la ganancia neta.....	104
Figura 88 Ruta de la prueba de consumo	105
Figura 89 Representación gráfica del consumo de combustible.....	108
Figura 90 Representación gráfica de la autonomía del vehículo.....	109

Índice de Tablas

Tabla 1	Parámetros de funcionamiento del motor Suzuki.....	14
Tabla 2	Características del motor Suzuki	15
Tabla 3	Datos obtenidos del sensor TPS	54
Tabla 4	Datos obtenidos del sensor ECT	56
Tabla 5	Datos obtenidos del sensor CKP	58
Tabla 6	Datos obtenidos del sensor IAT	61
Tabla 7	Datos obtenidos de torque del motor estándar.....	93
Tabla 8	Datos obtenidos de torque del motor modificado	95
Tabla 9	Torques máximos obtenidos en el dinamómetro	97
Tabla 10	Datos obtenidos de potencia del motor estándar	99
Tabla 11	Datos obtenidos de potencia del motor modificado	100
Tabla 12	Potencias máximas obtenidas en el dinamómetro.....	103
Tabla 13	Datos obtenidos de consumo del motor estándar	106
Tabla 14	Datos obtenidos de consumo del motor modificado.....	108

Índice de Anexos

Anexo 1: Tabla de Squirts por Ciclo119

Resumen

En el estudio de este proyecto se logra aumentar el desempeño del motor Suzuki G13B 1300 cc adaptando el sistema de estrangulación independiente ITBS para aumentar el torque y potencia del motor.

Este motor está incorporado en un Suzuki Forsa 2 GTI el cual es utilizado en competencias por lo que, cada vez se realiza nuevas mejoras en el motor para así obtener mayores prestaciones y un alto rendimiento. Se sustituye el colector de admisión original por un ITBS que consiste en un cuerpo de aceleración independiente para cada cilindro con su respectivo inyector; el cual es comandado por un módulo de control electrónico programable MegaSquirt 2Pro de acuerdo a las necesidades y prestaciones que se requieran.

Se logró un incremento de 3,38% en torque y 5,20% en potencia con relación al motor estándar, este incremento es de mucha ayuda para obtener el máximo rendimiento del motor y poder ser usado para diferentes aplicaciones como en las competencias en las cuales se necesita el máximo rendimiento del motor. El consumo se incrementó con esta modificación en el motor, pero esto en el ámbito de competencia no es considerado.

Palabras clave: ITBS, consumo, torque, potencia, cuerpo de aceleración, competición.

Abstract

In the study of this project, it is possible to increase the performance of the Suzuki G13B 1300 cc engine by adapting the ITBS independent choke system to increase the torque and power of the engine.

This engine is incorporated in a Suzuki Forsa 2 GTI which is used in competitions therefore, every time new improvements are made to the engine in order to obtain high performance. The original intake manifold is replaced by an ITBS that consists of an independent throttle body for each cylinder with its respective injector; which is commanded by a programmable electronic control module MegaSquirt 2Pro according to the needs and benefits required.

An increase of 3.38% in torque was achieved and 5.20% in power relative to the standard engine, this increase is very helpful to obtain maximum engine performance and be able to be used for different applications as in the competences in the which is needed maximum engine performance. Consumption increased with this modification in the engine, but this in the field of competence is not considered.

Keywords: ITBS, consumption, torque, power, throttle body, competition.

Capítulo I

1 Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Estudio del Consumo, Torque y Potencia del Motor Suzuki G13B 1300 cc Adaptado con un Sistema de Estrangulación Independiente ITBS.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

Implementación de sistema independiente ITBS y unidad de control programable para mejorar el rendimiento del motor Suzuki G13B 1300 cc aumentando porcentualmente el torque y la potencia.

1.2.1 Planteamiento del Problema

El rendimiento total del motor varía dependiendo de: sus configuraciones, funcionamiento, condiciones de trabajo y la energía desprendida del combustible.

El motor Suzuki G13B consta de una tecnología antigua y que podemos modificar dicha tecnología con los avances en los sistemas de inyección y componentes para aumentar su rendimiento. Este motor es muy utilizado para las competencias deportivas en Ecuador, se necesita una mayor repuesta del motor por lo que, es de mucha importancia este estudio y demostrar el aumento de torque y potencia al implementar un sistema ITBS en el sistema de admisión, dicho sistema será comandado por una computadora programable que brinde las facilidades de modificaciones de inyección y avance.

Mediante la implementación del sistema independiente ITBS en la admisión, obtendremos aumento en el torque y potencia del motor, además tiene la facilidad de poder modificar los parámetros a conveniencia gracias a que constará con una ECU programable como es la MegaSquirt 2Pro.

1.2.2 Formulación del Problema

¿El plan de estudio de la adaptación del sistema de estrangulación independiente ITBS del motor Suzuki G13B 1300 cc permitirá un porcentaje de incremento en torque y potencia en relación al motor estándar?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cuáles son los parámetros y especificaciones técnicas para la adaptación del sistema ITBS, inyección electrónica y la computadora programable?
- ¿Cómo se ejecutará el estudio y análisis de la comparación entre el motor estándar y el modificado?
- ¿Qué tan beneficiosa resultaría la adaptación del sistema ITBS, el sistema electrónico de inyección y la computadora MegaSquirt, desde el punto de vista de prestaciones?

1.3 Fuente Especificada no Válida

La implementación del sistema ITBS es una mejora para el motor Suzuki G13B 1300 cc de segunda generación logrando un avance tecnológico ya que este vehículo se utiliza para el entorno deportivo y de competencia. Es un proyecto reformador que ayudará al ámbito de competencia ya que se obtiene un mayor rendimiento de torque y potencia en el vehículo Suzuki con motor G13B.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

Determinar el rendimiento teórico - mecánico del motor Suzuki G13B 1300 cc luego de ser adaptado con un sistema de estrangulación independiente ITBS (Individual Throttle Body System).

1.4.2 *Objetivos Específicos*

- Establecer las características estándar del motor Suzuki G13B 1300 cc, así como especificaciones técnicas, parámetros y curvas de desempeño.
- Implementar de manera práctica un sistema de estrangulación independiente ITBS sobre el motor Suzuki G13B 1300 cc.
- Realizar el análisis comparativo entre los parámetros del motor Suzuki G13B 1300 cc estándar con los valores obtenidos luego de la implementación del sistema de estrangulamiento ITBS.

1.5 Justificación y Delimitación de la Investigación

1.5.1 *Justificación Teórica*

La fundamentación teórica de este proyecto basado en investigaciones de tesis relacionadas con preparaciones de vehículos de competición. Los resultados serán comprobados en base a pruebas dinámicas a las que será sometido el motor una vez implementado el sistema de estrangulamiento ITBS.

1.5.2 *Justificación Metodológica*

Para la realización de este proyecto investigativo se utilizó el método experimental utilizando métodos de pruebas dinámicas para analizar las mejoras de los motores en los vehículos de competencia.

Se demostrará el aumento que se obtiene en torque y potencia con la aplicación del sistema ITBS en el motor Suzuki G13B 1300 cc.

1.5.3 *Justificación Práctica*

Implementando el sistema ITBS se logrará aumentar considerablemente la potencia y torque del motor ya que constará con una unidad de control programable MegaSquirt 2Pro adaptándose a las diferentes necesidades que requiera el motor. Se modificará los mapas del fabricante adaptando a las consideraciones de corrección acorde

a las pruebas que se realizarán. Para este estudio se requiere de un vehículo Suzuki forsa con motor G13B 1300 cc estándar al que se le adaptará el sistema ITBS reemplazando el sistema de admisión original; la modificación se realizará en los talleres de JL Competición ubicado en la ciudad de Quito.

Obtendremos un avance tecnológico en este motor de segunda generación muy utilizado en el ámbito deportivo, una vez implementado el sistema de estrangulación independiente realizaremos un análisis de los resultados obtenidos del vehículo perteneciente al taller de preparación JL Competición. Una vez concluida la implementación del sistema ITBS al motor nos dirigimos al dinamómetro para obtener los datos requeridos en este estudio, como son las curvas de torque y potencia a diferentes fases de prueba. Se realizará también una prueba de ruta desde la ciudad de Quito hasta la ciudad de Otavalo para calcular el consumo del combustible con el motor modificado.

1.5.4 Delimitación Temporal

El trabajo investigativo se realizará desde marzo de 2021, hasta octubre de 2021, tiempo que se empleará en investigar y aplicar el tema propuesto.

1.5.5 Delimitación Geográfica

El trabajo del estudio de la implementación y modificación se desarrollará de manera práctica en JL Competición ubicado en la Av. Juan Molineros de la ciudad de Quito, la obtención de los resultados del motor se obtendrá en el dinamómetro del taller Espín Competición ubicado en la Av. Virgilio Chávez de la ciudad de Otavalo y la parte investigativa se realizará desde la Universidad Internacional del Ecuador ubicada en la Av. Las aguas de la ciudad de Guayaquil.

1.5.6 Delimitación del Contenido

El estudio a realizarse es en un vehículo Suzuki ForSA 2 GTI, el cual va a ser sometido a pruebas y modificaciones; actualmente el vehículo no posee ningún cambio

de los que se va a realizar, se estima obtener una buena eficiencia en el torque y la potencia; también, tendremos un automóvil más versátil al contar con una unidad de control programable con la que se aproximará a la mezcla estequiométrica ideal.

Al motor Suzuki G13B 1300 cc se le adaptará el sistema de admisión ITBS para obtener el máximo de potencia y torque lo que permitirá demostrar los resultados de este estudio a través de las pruebas que se le realizarán al vehículo en el dinamómetro.

1.6 Hipótesis

Se estima mejorar el rendimiento mecánico del motor Suzuki G13B 1300 cc implementando un sistema independiente ITBS, la computadora programable y la inyección electrónica.

1.7 Variables de Hipótesis

1.7.1 Variables Independientes

- Sistema de estrangulación independiente ITBS.
- Inyección electrónica.
- Computadora programable.

1.7.2 Variables Dependientes

- El rendimiento mecánico.

1.8 Metodología

Para el estudio y análisis de este trabajo de titulación se plantea analizar el consumo, torque y potencia del motor Suzuki G13B 1300 cc adaptado con un sistema de estrangulación independiente ITBS acorde a la metodología empleada se define a continuación:

1.8.1 Método Explicativo

Este método determina los orígenes de los cambios que se obtienen al finalizar el estudio. Se centra en estudiar todo el proceso desde que el motor Suzuki G13B constaba

con un sistema de admisión original hasta la adaptación del sistema de estrangulación independiente ITBS.

1.8.2 Método Deductivo

En este método hace referencia que el punto de partida es un motor convencional con los datos obtenidos en la ficha técnica del motor y logramos alcanzar una mejora con la adaptación del sistema ITBS al motor estándar superando a los datos de la ficha técnica.

1.8.3 Método Inductivo

Con este método se realiza un análisis general del consumo, torque y potencia a partir de cada mejora que consta el motor.

1.8.4 Método de Análisis

Este método es empleado para analizar los datos del torque y potencia que se obtuvieron en el dinamómetro, así como los datos del consumo obtenidos en la prueba de ruta.

1.8.5 Método de Síntesis

Implementando el sistema ITBS se logró efectivamente el incremento del torque y potencia en el motor Suzuki G13B 1300 cc.

1.8.6 Método Comparativo

Este método permite comparar el motor Suzuki G13B 1300 cc estándar con el motor modificado evidenciado la ganancia del torque y la potencia al emplear el sistema ITBS cuyos resultados alcanzados fueron determinados en el dinamómetro.

1.9 Materiales y Equipos Empleados en la Investigación

Para el estudio y análisis de este proyecto se utilizaron materiales, herramientas y equipos que se detallan a continuación.

1.9.1 Materiales

- Cable.

- Conectores.
- Sensores.
- Cinta aislante.
- Computadora programable.
- Cuerpo de ITBS.

1.9.2 Herramientas

- Juego de llaves.
- Juego de dados.
- Juego de destornilladores.
- Palanca de fuerza.
- Torquímetro.
- Juego de pinzas.
- Gato Hidráulico.

1.9.3 Equipos

- Computador.
- Dinamómetro.

Capítulo II

2 Marco Referencial

2.1 Historia del Suzuki

Investigando la historia, (Shackur, 2009) afirma que: “venido de Japón, el Swift llegó a España en 1985 con intención de hacerse un hueco en el mercado del segmento B. Reemplazaba el Swift Mk1 también conocido como Cultus en Japón o Forsa en Canadá” (p. 1), por lo tanto, dejaron de fabricar vehículos de la versión MK1.

El Suzuki Swift es muy conocido a nivel mundial por ser un auto económico, veloz y deportivo, en su época de creación fue uno de los más veloces para su pequeño cilindraje. (Shackur, 2009) dice lo siguiente:

El pequeño motor 1,3 del Swift desarrolla 100 CV a 6500 RPM, obteniendo así la respetable cifra de 77 CV/l. Mientras que otros motores de la época recurrían a turbos (Fiat Uno Turbo) o cilindradas mayores para alcanzar potencias similares, el Swift lograba sus 100 CV gracias a 4 válvulas por cilindro una inyección secuencial multipunto bien programada y régimen máximo más elevado. El aparente modesto par de 112,8 Nm a 5000 RPM tenía la ventaja de mantenerse en el 80% de su valor a 2000 RPM dato relevante teniendo en cuenta que sus 16 válvulas le perjudican en ese aspecto. (p. 2)

Según (Shackur, 2009) alega que:

Es muy corriente que los motores con 2 válvulas de entrada por cilindro tengan poca respuesta a bajo régimen por la poca turbulencia que se crea en la mezcla al entrar en el cilindro. Suzuki consigue paliar los inconvenientes de un pequeño motor y conservar sus ventajas como su bajo consumo. (p.2)

El Suzuki Swift GTI consta de un motor G13B con 16 válvulas y un cilindraje de 1300 cc; el mismo que se presenta en la figura 1.

Figura 1

Suzuki Swift 1,3 GTI MK3



Tomada de *Suzuki Swift GTI* [Fotografía], Shackur, 2009

(<https://super97.wordpress.com/2009/12/17/suzuki-swift-gti-twin-cam-16v-mk2/>).

El Suzuki Swift GTI logró llenar todas las expectativas del mercado a pesar de su pequeño motor con una relación bastante en su caja de cambios lo que hace una verdadera conducción de un auto deportivo, su peso reducido de 885 kg se obtiene una frenada potente y progresiva además de poseer una dirección rápida y precisa.

2.2 Tipos de Suzuki Swift GTI

La clasificación de los tipos de Suzuki GTI que se produjeron en el mundo a través del tiempo. (Foroactivo, 2018) asevera que: “Los autos más nuevos de esta clase ya no son los que solían ser, sino autos familiares y pesados equipados con motores muy grandes, que consumían mucha gasolina, a menudo con turbocompresor” (p. 1).

Finalizando los años 80 específicamente en 1986, la empresa automotriz de Japón “Suzuki” hizo el lanzamiento al mercado mundial el modelo Swift con nuevas mejoras en su carrocería la nueva versión del Swift GTI.

2.2.1 *Suzuki Swift GTI 1,3 MK1*

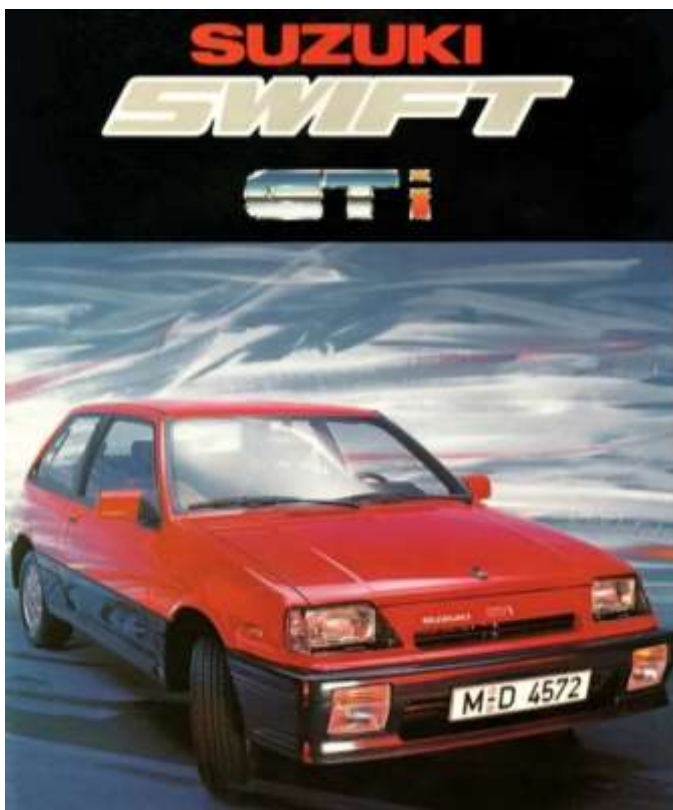
Esta es la primera versión del motor G13B 1300 cc que se le incorporó al Suzuki Swift MK1. (Foroactivo, 2018) testifica que:

El vehículo se caracterizó por contar con un coeficiente aerodinámico $C_x = 0,35$ que fue un buen resultado para dicha caja. En el medio había un acabado en negro (en otras versiones gris) del tablero de instrumentos y otros componentes, asientos con una apariencia deportiva (por desgracia, no mantener el lado), los suelos de moqueta roja y relojes destacando escalados a 220 km/h. (p. 3)

En la figura 2 se presenta el Suzuki Swift GTI MK1.

Figura 2

Suzuki Swift GTI 1,3 MK1



Tomada de *Suzuki Swift GTI MK1* [Fotografía], eldioxxtm, 2018

(<https://eldioxxtm.foroactivo.com/t445-suzuki-hizo-historia-con-su-gti>).

2.2.2 *Suzuki Swift GTI MK2*

El Suzuki MK2 que se aprecia en la figura3, es el reemplazo a la versión del MK1 donde cambia todo su diseño en la estructura haciéndolo más deportivo. (Foroactivo, 2018) alega que:

En 1989, Swift apareció en una nueva versión. El cuerpo moderno era más bajo, más ancho y un poco más largo, y el coeficiente aerodinámico C_x cayó a 0,32. En comparación con la versión civil, GTI distinguió los mismos accesorios solo cambiados para el nuevo cuerpo. El nuevo interior cuenta con asientos ahuecados con agujeros para los tirantes y un gran agarre lateral. El contra revoluciones estaba calibrado a 9000 rev/min. (p. 6)

Figura 3

Suzuki Swift 1,3 GTI MK2



Adaptada de *Suzuki Swift GTI MK2* [Fotografía], Nigrinis, 2016

(<https://www.carrosyclasicos.com/historia/item/580-chevrolet-swift>).

2.2.3 *Suzuki Swift GTI MK3*

En la figura 4 se presenta la versión que reemplazaría a la MK2, con nuevos cambios en su estructura. (Foroactivo, 2018) alega que:

La mejora del nivel de seguridad y confort significó para MK3 un mayor deterioro del rendimiento como resultado directo del aumento en su propio peso. Las puertas laterales se han reforzado, los parachoques recibieron vigas mucho más

gruesas y más fuertes. Se utilizaron materiales de amortiguación adicionales que no tuvieron un efecto positivo en el rendimiento del automóvil.

Al final, Suzuki informó la aceleración del MK3 en el nivel de 8,9 segundos. En la práctica, sin embargo, logra mejores tiempos, aunque se queda atrás de MK2 y MK1. (pp 9-10)

Figura 4

Suzuki Swift GTI 1,3 MK3



Tomada de *Suzuki Swift GTI MK3* [Fotografía], eldioxxtm, 2018

(<https://eldioxxtm.foroactivo.com/t445-suzuki-hizo-historia-con-su-gti>).

2.3 Motor Suzuki G13B Twin Cam

Este tipo de motor es muy conocido en el mundo de la competencia por su gran desempeño y respuesta. (Pascual, 2019) asevera que:

G13B es un pequeño motor de 1298 centímetros cúbicos se extraían 101 CV de potencia a 6450 RPM, 115 CV en algunas versiones japonesas, un par de 112,78 Nm a 4950 RPM; construido íntegramente en aleación de aluminio para disminuir su peso y con un sistema de camisas húmedas que nos permitirán cambiarlas y rescatar el bloque en caso de avería. (p. 2)

Este motor fue uno de los más potentes de su clase a pesar de su pequeño cilindraje brindaba un excelente desempeño y respuesta en diferentes ámbitos y esto lo hizo muy comercial, famoso y reconocido a nivel de competencia en todo el mundo. (Pascual, 2019) alega que:

A diferencia de los motores F y G de Suzuki, con la culata biárbol del GTI sí hay posibilidad de interferencia el pistón en punto muerto superior (PMS) puede colisionar con las válvulas abiertas. Esto es, se parte la correa de distribución, fallo catastrófico que normalmente manda el coche al desguace o toca la sustitución completa del motor. (p. 3)

Este motor posee sistema de inyección electrónico multipunto, o lo que es lo mismo un inyector por cilindro a este sistema se le denominó EPI (Electronic Petrol Injection). Este motor es muy similar a los usados en los motores de Suzuki Samurai, Sj 413, Jimny la diferencia está en sus componentes internos. El cabezote de este motor también puede ser utilizado en motores Suzuki del modelo G16B como, por ejemplo: Vitara, Steem y Swift 1,6. En la figura 5 se observa el vehículo a modificarse con el motor G13B estándar.

Figura 5

Motor Suzuki Twin Cam G13B



Nota: Elaboración propia.

2.3.1 Descripción y Parámetros del Motor Suzuki G13B 1300 cc

Los parámetros del motor Suzuki G13B 1300 cc sin modificaciones se presentan en la tabla 1.

Tabla 1

Parámetros de funcionamiento del motor Suzuki

Descripción del Motor	
Tipo	4 cilindros DOHC / Twin Cam
Material	(G-AISI13Mg) Block Aluminio / culata
Cilindrada	1298 cc
Diámetro por carrera	76,5 mm x 71,53 mm
Potencia	101 CV (74 kW – 99 hp)
Torque	113 Nm a 4950 RPM
Alimentación	EFI
Tipo de combustible	Gasolina de 87 octanos
Sistema de encendido	Distribuidor
Orden de encendido	1 – 4 – 3 - 2
Sistema de lubricación	Bomba de rotor
Capacidad de lubricante	3,5 Litros
Lubricante	10W30
Presión de aceite	42 a 54 psi a 3000 RPM

Nota. En esta tabla se especifican los parámetros y descripciones de funcionamiento del motor Suzuki G13B. Tomada de *Ficha Técnica Suzuki G13B* [Tabla], Ultimatespecs, 2015 (<https://www.ultimatespecs.com/es/car-specs/Suzuki/5879/Suzuki-Swift-II-13-GTi.html>).

2.3.2 Especificaciones Técnicas del Motor Suzuki G13B 1300 cc

Las especificaciones técnicas emitidas por el fabricante del motor Suzuki G13B se aprecian en la tabla 2.

Tabla 2*Características del motor Suzuki*

MOTOR				
Generalidades	4 cilindros en línea - transversal			
Cilindraje	1298 cc	Compresión: 10:1		
Distribución	4 válvulas por cilindro	2 árboles de leva		
Potencia Máxima	74,3 kW (100 CV) a 6450 RPM			
Par Máximo	113 Nm a 4950 EPM			
TRANSMISIÓN				
Cambio y embrague	Manual con 5 velocidades, embrague monodisco en seco			
PRESTACIONES				
Velocidad Máxima	185 km/h	Consumo de Combustible		
De 0 a 100 km/h	10 s	Urbano (l/100 km)	Extraurbano (l/100 km)	Combinado (l/100 km)
		7,3	7,1	5,6

Nota. Esta tabla se muestran las especificaciones del motor, transmisión y las prestaciones del motor Suzuki G13B 1300 cc. Tomada de *Características de Suzuki G13B* [Tabla],

Cochesyconcesionarios, 2015

(<https://www.cochesyconcesionarios.com/fichas/suzuki/swift/1320920001-prestaciones-dimensiones.html>).

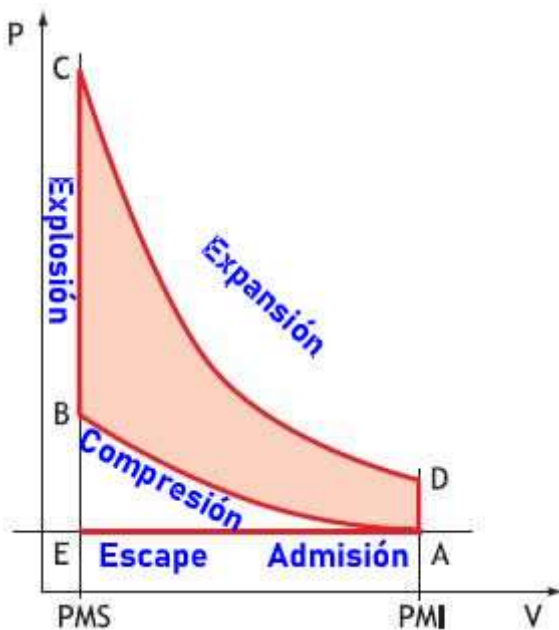
2.4 Ciclo Teórico y Real del Motor de Combustión Interna

2.4.1 Ciclo Teórico de Funcionamiento

El ciclo teórico del motor Otto se divide en las siguientes fases como se aprecia en la figura 6.

Figura 6

Diagrama Teórico de Trabajo



Adaptada de *Diagramas de Trabajo del Motor Otto* [Fotografía], (Escudero, 2018)

- **Admisión (E-A).** (Secundino Escudero, 2018) asevera que: “El cilindro se llena de mezcla, ocupando teóricamente todo el volumen. Se produce a presión atmosférica, por tanto, es una transformación isobara”. (p. 68)
- **Compresión (A-B).** (Secundino Escudero, 2018) alega que: “La mezcla se comprime en el interior del cilindro. Este tiempo se produce sin pérdida de calor, tratándose en este caso de una transformación adiabática”. (p. 68)
- **Explosión (B-C).** (Secundino Escudero, 2018) afirma que: “En el punto B salta la chispa produciéndose la combustión de la mezcla, con aporte de calor a volumen constante (transformación isócara”. (p. 68)
- **Expansión (C-D).** (Secundino Escudero, 2018) dice que: “Se produce el desplazamiento del pistón por la presión interna generada, que va descendiendo progresivamente al aumentar el volumen (transformación adiabática)”. (p. 68)

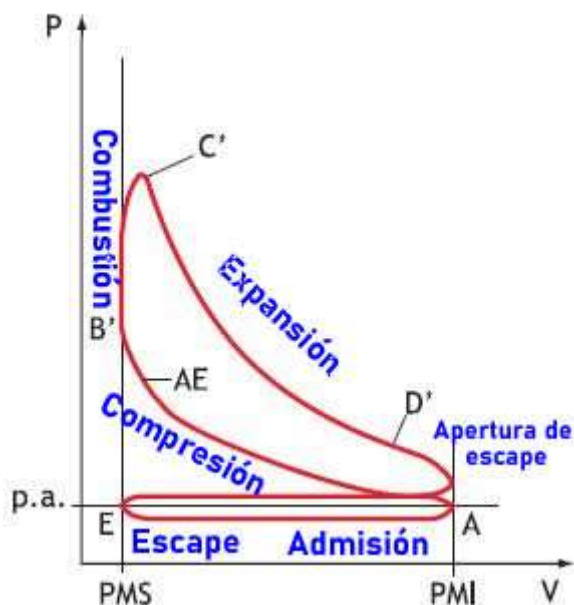
- **Escape espontáneo (D-A).** (Secundino Escudero, 2018) afirma que: “Cuando se abre la válvula de escape, los gases residuales salen al exterior debido a la diferencia de presiones, hasta que estas se igualan (transformación isócara)”. (p. 68)
- **Escape (A-E).** (Secundino Escudero, 2018) dice que: “El pistón realiza el barrido de los gases residuales. Teóricamente esta carrera se produce a la presión atmosférica (transformación isobara)”. (p. 68)

2.4.2 Ciclo Real de Funcionamiento

En el ciclo real del motor Otto las fases se dan de la siguiente manera como se aprecia en la figura 7.

Figura 7

Diagrama Real de Trabajo



Adaptada de *Diagramas de Trabajo del Motor Otto* [Fotografía], (Escudero, 2018) (Secundino Escudero, 2018)

- **Admisión (E-A).** (Secundino Escudero, 2018) asevera que: “En realidad no se produce a presión constante, debido a que el llenado del cilindro no es total”. (p. 68)

- **Compresión (A-B')**. (Secundino Escudero, 2018) afirma que: “Se parte de una presión inferior a la teórica, con lo cual la presión final que se consigue es menor; aunque esta se compensa con el avance al encendido”. (p. 69)
- **Combustión (B'-C')**. (Secundino Escudero, 2018) alega que: “Al saltar la chispa, la combustión no se realiza de forma instantánea pues la mezcla necesita un tiempo para quemarse.
La presión final conseguida es inferior a la teórica, debido al aumento de volumen.” (p. 69)
- **Expansión del fluido (C'-D')**. (Secundino Escudero, 2018) dice que: En este caso, se produce un trabajo útil menor, ya que se parte de una presión más pequeña y esto hace que la fuerza de empuje sobre el pistón sea inferior a la teórica. Además, hay una cesión de calor a las paredes del cilindro. (p. 69)
- **Apertura de escape en D'**, (Secundino Escudero, 2018) afirma que: “anticipado con respecto al PMI. En este caso la presión no baja de forma instantánea, pues los gases necesitan un tiempo para salir al exterior”. (p. 69)
- **Expulsión de los gases quemados (A-E)**. (Secundino Escudero, 2018) dice que: “Este tiempo no se produce a presión constante, ya que las válvulas necesitan un cierto tiempo para actuar”. (p. 69)

2.5 Motor Doble Árbol de Levas

El motor con dos árboles de levas es muy utilizado para vehículos de competencia o que se requiere obtener el máximo de rendimiento. (Aranguren, 2018) alega que:

El motor double overhead camshaft, o simplemente como todo le conocemos el DOHC, que si lo traducimos al español sería "doble árbol de levas en cabeza", es uno de los tipos de motor de combustión interna el cual usa dos árboles de levas

los cuales están ubicados en la culata con la función de operar las válvulas de escape y admisión del motor. (p. 2)

Este tipo de motor DOHC o más conocido como twin cam son capaces de accionar de 3 a 5 válvulas por cada cilindro, es decir, en un motor de 4 cilindros podría accionar 16 válvulas y en para los motores de 6 cilindros podría accionar 24 válvulas. Al poseer dos árboles de levas se obtiene un mejor rendimiento del motor, ya que posee una barra de levas de admisión y otra de escape.

2.6 Ventajas y Desventajas de un Motor DOHC

Se muestran las ventajas y desventajas que posee un motor Twin cam.

2.6.1 Ventajas de un Motor DOHC

- Los motores que poseen dos árboles de levas generan una mejor potencia en comparación de los motores con un árbol de levas, aun cuando. Esto se debe a que puede accionar las válvulas de manera independiente las de admisión de las de escape, permitiendo una configuración más específica en los tiempos de apertura y cierre de las válvulas.
- Los árboles de levas al ser separados tienen un peso reducido que un solo árbol de levas, permite tener al motor revoluciones más altas y rápidas que un motor de un solo árbol de levas.
- Puede alojar la bujía de encendido en el centro de la cámara, así la distancia es igual y se evita que existan detonaciones a regímenes altos del motor.
- Permite adoptar una cámara hemisférica, permitiendo que se forme una turbulencia del aire – combustible al comprimirse, así mismo el ingreso y la expulsión de los gases por cada uno de sus colectores.
- Gracias al espacio facilita la incorporación de dos válvulas para la admisión y dos válvulas para el escape, con esto se logra un mejor llenado y salida de los gases.

2.6.2 Desventajas de un Motor DOHC

- La fabricación del cabezote es más compleja.
- La calibración de holgura de las válvulas es más complicada.
- Su costo de producción es mayor a un OHC, por lo que es más complejo y utiliza más materiales para su fabricación.
- El peso es más elevado ya que posee más componentes.

2.7 Sistema de Inyección Electrónica

Este sistema es una sustitución al carburador para la alimentación del combustible de una manera más eficiente y homogénea. (Mundo del Motor, 2015) dice que:

El sistema de inyección en los vehículos de gasolina busca la mezcla ideal de aire-gasolina con el fin de obtener una combustión completa en el cilindro. El sistema de inyección consiste en inyectores ubicados en la cámara de combustión o en los tubos de admisión para realizar la alimentación de combustible hacia el motor. Su fundamento es la dosificación exacta del combustible necesario para la realización del proceso de combustión dentro del motor, según sea la demanda del vehículo. (p. 5)

2.7.1 Función del Sistema de Inyección Electrónica

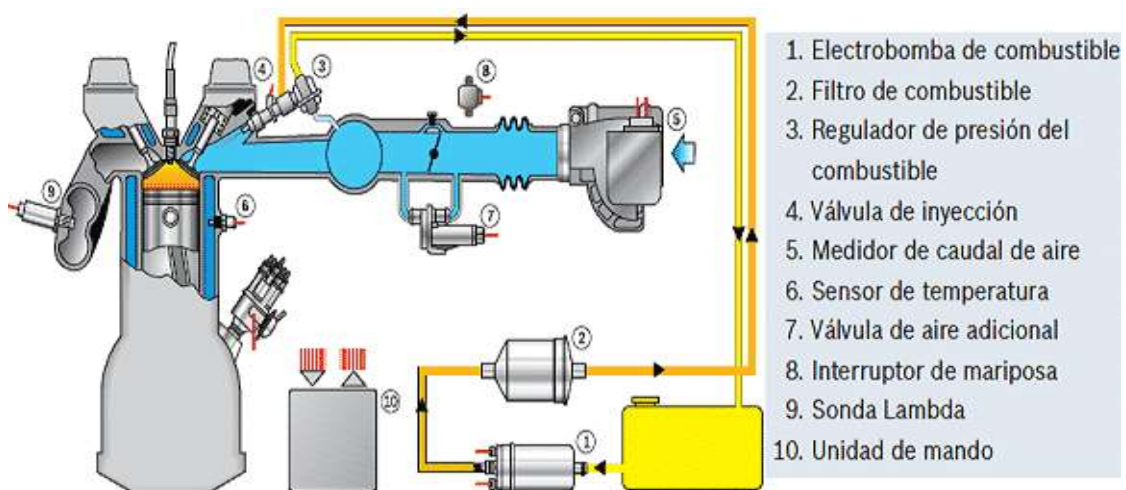
Se conceptualizará el trabajo del sistema de inyección electrónica en el motor. (Mundo del Motor, 2015) alega que:

Básicamente la función del sistema de inyección de combustible es la de transportar conjuntamente con la bomba de gasolina, el combustible que va desde el depósito o tanque hasta los cilindros, el proceso comentado debe contar con que suceda en el momento correcto, en la cantidad exacta y con la presión correcta. Cada indicación debe seguirse según las condiciones de diseño del vehículo, con el fin de administrar un funcionamiento correcto del auto. (p. 10)

La función de la inyección electrónica trabaja en conjunto con las señales de los sensores y dicha información recepta la computadora y envía una orden a los actuadores como son los inyectores. En la figura 8 se observan los elementos que conforman el sistema de inyección a gasolina.

Figura 8

Componentes del Sistema de Inyección a Gasolina



Tomada de *Sistema de Inyección a Gasolina* [Fotografía], MundoMotor, 2015

(<https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-inyeccion/>).

2.7.2 *Ventajas del Sistema de Inyección Electrónica*

Existen muchas ventajas de este sistema cuya misión es hacer llegar a cada cilindro una cantidad adecuada de gasóleo, por lo que es necesario un sistema muy eficiente para que administre una correcta alimentación de combustible y lograr alcanzar la mezcla estequiométrica ideal de 14,7:1 (14 partes de aire por una parte de combustible).

(Sanchez, 2014) asevera que:

- Obtención de un dosado de la mezcla más eficiente y disperso.
- Correcto funcionamiento a bajas temperaturas.
- Versatilidad de adaptación de los componentes electrónicos del sistema de inyección a los diferentes aparatos del motor.

- Incremento de la potencia del motor: desde un 2% a un 15% de incremento en un mismo motor con sistema de carburación y sistema a inyección.
- El ingreso del aire y la pulverización son más directas, mejor llenado de los cilindros, (aumenta el rendimiento volumétrico), el múltiple de admisión puede ser más corto.
- La pulverización de combustible es más fina en comparación con un sistema a carburador.
- Incremento del torque a regímenes bajos y menor consumo de combustible.
- Reduce la contaminación ya que los gases de la postcombustión son menos contaminantes.

2.7.3 Clasificación de los Sistemas de Inyección Electrónica

Los Sistemas de inyección electrónica se clasifican en cinco formas como las que nombran. (Sólo para Mecánicos, 2014) afirma que:

- Por el lugar de inyección.
- Por el número de inyectores.
- Por el tipo de inyección.
- Por el número de inyecciones.
- Por los parámetros de funcionamiento.

2.7.3.1 Por el Lugar de Inyección. Se divide en dos grupos que son inyección directa e inyección indirecta tal como se observan en la figura 9.

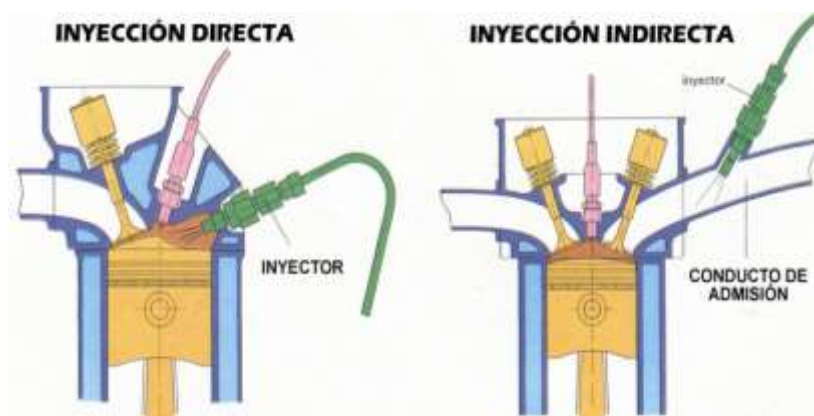
Inyección Indirecta: (García G. , 2015) asevera que: Los inyectores se ubican cerca de la válvula de admisión. El combustible es inyectado en el colector de admisión, donde se inicia la mezcla antes de que ésta entre al cilindro. Este método puede empeorar la calidad de la mezcla, si ésta se condensa en las paredes de la

admisión. Además, en cargas parciales el estrangulamiento del aire causado por la válvula de mariposa supone un desfavorable comportamiento para la homogenización de la mezcla. (p. 6)

Inyección Directa: (García G. M., 2015) alega que: El inyector se encuentra en contacto con la cámara de combustión e inyecta el combustible al interior de ésta, mejorando la economía de combustible, ya que inyecta la cantidad precisa y, por tanto, reduce las emisiones contaminantes. En cargas parciales, como el combustible es inyectado cerca de la bujía, debido a las turbulencias creadas en la propia cámara, se consiguen eficiencias termodinámicas mayores que en el caso de la inyección indirecta. (p. 7)

Figura 9

Esquema de Inyección Directa e Indirecta de Gasolina



Tomada de *Inyección Directa e Indirecta* [Fotografía], MotorGiga, 2018

(<https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/inyeccion-definicion-significado/gmx-niv15-con194509.htm>).

2.7.3.2 Por el Número de Inyectores. Se divide en dos grupos que son inyección monopunto e inyección multipunto.

Inyección Monopunto: (Sólo para Mecánicos, 2014) afirma que: “Esta inyección como lo indica su nombre “mono”, es porque se realiza en un solo sitio. Se realiza con la ayuda de uno o dos inyectores”. (p. 5)

Generalmente este tipo de inyección la podemos encontrar en vehículos de baja cilindrada. En la figura 10 se observa un esquema de la inyección monopunto.

Figura 10

Sistema de Inyección Monopunto



Tomada de *Inyección Monopunto* [Fotografía], SPM, 2014

(<https://www.soloparamecanicos.com/sistemas-de-inyeccion-electronica/>).

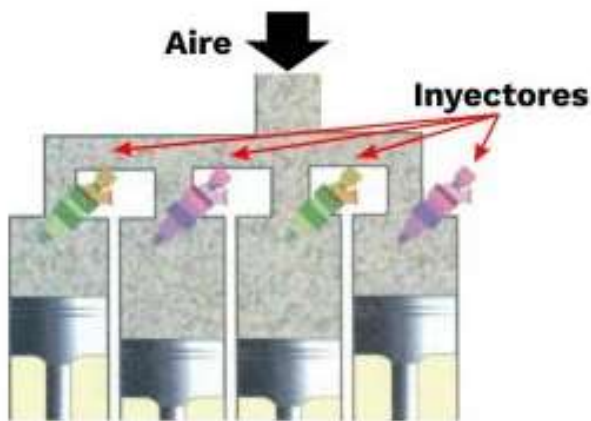
Inyección Multipunto: (Sólo para Mecánicos, 2014) asevera que: Este tipo a diferencia del monopunto, usa un inyector para cada cilindro. La ECU es la encargada de controlar esta inyección, ya sea de tipo directa o indirecta. Gracias a que se utiliza un inyector para cada cilindro, la mezcla aire-combustible se hace de forma más precisa y beneficiosa. (p. 6)

En la figura 11 se aprecia el esquema de la inyección multipunto.

Figura 11

Sistema de Inyección Multipunto

INYECCIÓN MULTIPUNTO



Tomada de *Inyección Multipunto* [Fotografía], SPM, 2014

(<https://www.soloparamecanicos.com/sistemas-de-inyeccion-electronica/>).

2.7.3.3 Por el Tipo de Inyección. Se clasifica en dos grupos como se describen a continuación:

Inyección TBI: (Sólo para Mecánicos, 2014) afirma que: Este tipo de inyección es totalmente electrónico manejado por una computadora, en donde esta recibe una cantidad de distintos datos como por ejemplo (la altura sobre el nivel del mar), provenientes tanto del motor como del terreno por donde el auto circula. Solo utiliza una o dos válvulas solenoides o inyectores, las cuales son manejadas por la unidad de control del motor. (p. 10)

Inyección MPI: (Sólo para Mecánicos, 2014) asevera que: Este sistema hace que todos los cilindros reciban por cantidades iguales la mezcla de aire-combustible, a través de un inyector para cada uno. Esto da concordancia a lo relacionado con que los cilindros más próximos al surtidor absorben las mezclas ricas, mientras los que se encuentran ubicados más lejanos a este reciben mezclas pobres en cuanto al sistema carburado, o lo que es lo mismo sistema TBI. (p. 11)

2.7.3.4 Por el Número de Inyecciones. Se clasifica en tres grupos como se muestran en la figura 12 que son inyección secuencial, inyección semisequencial y la inyección simultánea.

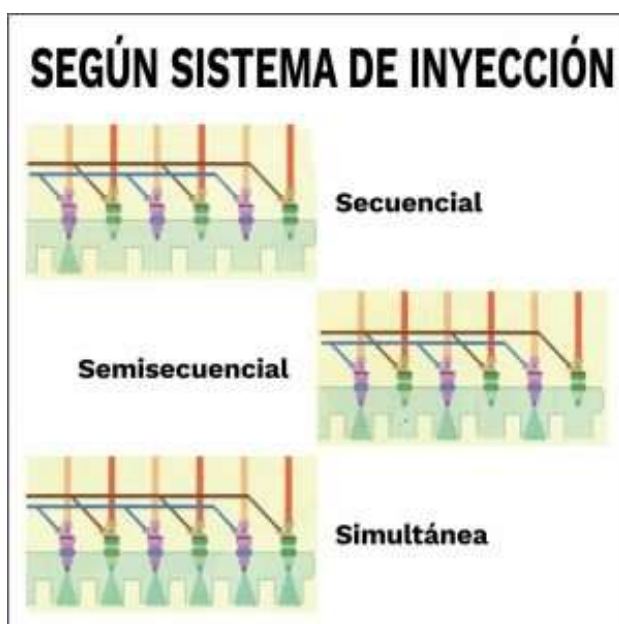
Inyección Secuencial: (Sólo para Mecánicos, 2014) afirma que: “Tal y como su nombre lo indica, este tipo de inyección se realiza de manera secuencial, es decir solo inyecta combustible al momento de sincronizarse con el encendido”. (p. 6)

Inyección Semi-secuencial: (Sólo para Mecánicos, 2014) alega que: “Su principal función es inyectar de forma continua pero la ECU envía la información de manera secuencial en concordancia con el tiempo de encendido. Es por ello, que se le llama Semi-secuencial”. (p. 7)

Inyección Simultánea: (Sólo para Mecánicos, 2014) asevera que: “El combustible es inyectado de forma directa a los cilindros por todos los inyectores, los cuales se abren y cierran todos de manera sincronizada”. (p. 8)

Figura 12

Inyección por el Número de Inyectores



Tomada de *Inyección por el Número de Inyectores* [Fotografía], SPM, 2014 (<https://www.soloparamecanicos.com/sistemas-de-inyeccion-electronica/>).

2.7.3.5 Por los Parámetros de Funcionamiento. Se clasifica en tres grupos que son la inyección mecánica que vendría a ser de la forma convencional, inyección electromecánica combina la mecánica con la electrónica y por último la inyección electrónica que sería controlada totalmente por una unidad de control.

Inyección Mecánica: (Prueba de Ruta, 2016) afirma que: Se caracterizan por la presencia de un conjunto distribuidor-dosificador que se encarga de determinar la cantidad de combustible que debe enviarse a los cilindros, por medio de inyectores que están abiertos continuamente, permaneciendo constante la presión de inyección. El dosificador está gobernado por un sensor de caudal de aire independiente del motor. (p. 12)

Inyección Electromecánica: (Prueba de Ruta, 2016) asevera que: “Se basan en inyecciones mecánicas gestionadas por una unidad de control electrónica, que recibe información de diferentes sensores para así gobernar un regulador de presión que adapta el caudal a los diferentes estados de funcionamiento del motor”. (p. 13)

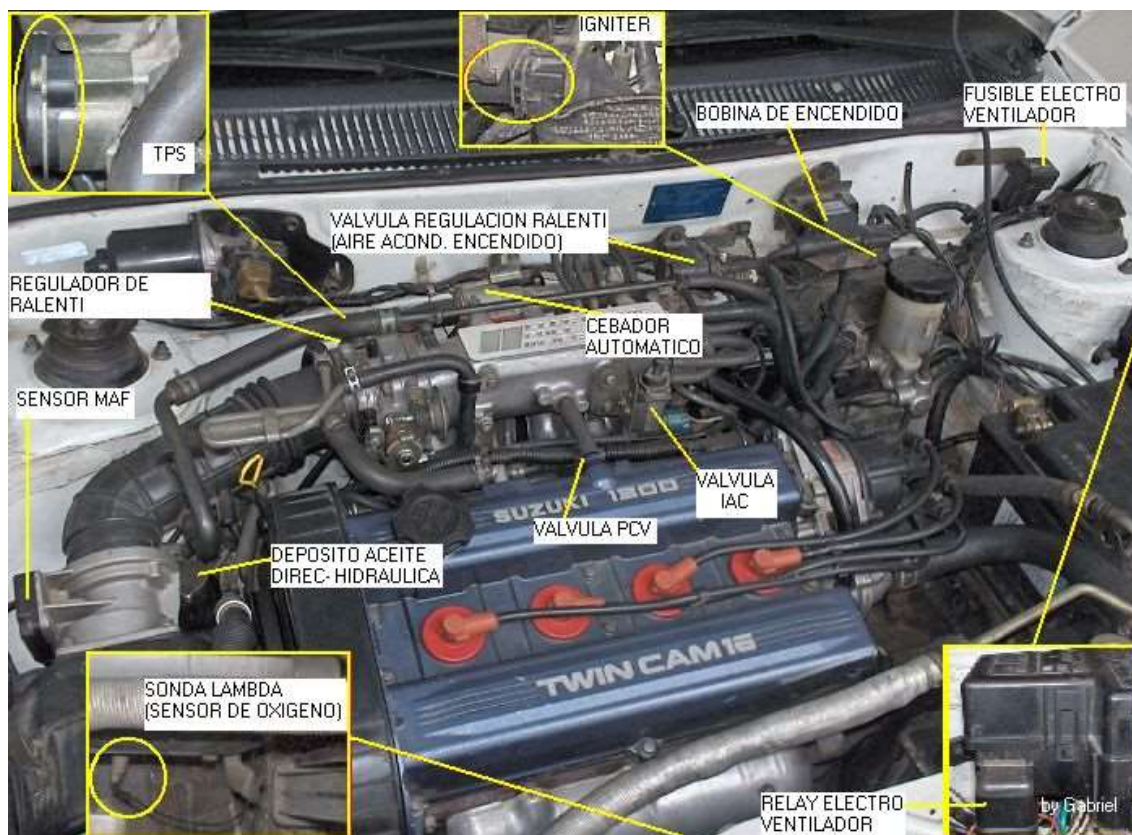
Inyección Electrónica: (Prueba de Ruta, 2016) alega que: El combustible es introducido en el motor por medio de electro inyectores cuyos tiempos de apertura son determinados por una unidad de control electrónica, que adapta los tiempos de inyección a las distintas fases de funcionamiento, en función de las informaciones recibidas de unos sensores distribuidos estratégicamente por el motor. (p. 14)

2.8 Sensores, Actuadores y Partes del Motor

Refiriéndonos al motor se indican sus componentes, partes, sensores y actuadores de los cuales está compuesto el motor Suzuki G13B 1300 cc que se encuentra en la figura 13.

Figura 13

Sensores, actuadores y partes del motor Suzuki G13B



Tomada de *Ubicación de Sensores del Motor Suzuki G13B* [Fotografía], ForosSwift, 2007 (<https://www.foroswift.com.ar/viewtopic.php?t=49>).

2.8.1 Colector de Admisión

Es muy importante conocer la función del múltiple de admisión en el motor. Esta pieza es el conducto mediante el cual se dirige el flujo de aire que va a ingresar a las cámaras de combustión, es muy fundamental su diseño para que el ingreso del aire a los cilindros sea la cantidad apropiada. En la figura 14 se presenta un ejemplo del múltiple de admisión. (Mundo Carros, 2013) dice que:

Una de sus funciones principales es obtener el aire desde el medio ambiente, llevándolo hacia las cámaras de combustión. La necesidad de suministrar aire limpio a ciertas condiciones termodinámicas; conlleva al diseño e instalación de componentes como filtros, compresores de aire, enfriadores, calentadores,

limitadores y (Sistemas EGR). Buscando reducir al máximo las emisiones de gases contaminantes, con la ayuda de otros componentes como catalizadores, filtros de partículas, silenciadores de ruido y entre otros elementos que trabajan todos en conjunto. (p. 4)

Se determina que el colector o múltiple de admisión tiene un papel muy fundamental para el funcionamiento del motor. (Mundo Carros, 2013) afirma que:

Otras de sus funciones del colector de admisión es la de intervenir en la mezcla y automatización de la gasolina. Esta ayuda a distribuir la mezcla aire combustible en forma equitativa a cada cilindro, no toda la gasolina que suministra el carburador es atomizada adecuadamente. Parte de ella se desplaza en forma líquida adherida a la superficie de los conductos. Un buen múltiple de admisión también ayuda a vaporizar y atomizar la gasolina. (p. 5)

Figura 14

Colector de Admisión



Tomada de *Colector de Admisión* [Fotografía], MotorGiga, 2018 (<https://motorgiga.com/notas-prensa/colector-de-escape-y-colector-de-admision-que-diferencia-existe-entre-estos-dos-elementos/gmx-niv185-con384420.htm>).

2.8.2 Tipos de Colector de Admisión

En el mundo automotriz encontramos dos clases de múltiples o colectores de admisión como son:

- Colector de admisión convencional.
- Colector de admisión variable.

2.8.2.1 Colector de Admisión Convencional. Este tipo de colector no regula el paso de aire, es decir que el aire que llega a los cilindros siempre será igual sin ninguna variación. (Mundo Carros, 2015) asegura que:

Este tipo de múltiples no disponen de una flexibilidad apropiada para adaptarse a los distintos regímenes del motor. Con los colectores de admisión convencionales se consigue un par motor elevado a un número de revoluciones bajo o una potencia elevada para un número de revoluciones alto; no se consigue las dos condiciones mismo tiempo. De acuerdo a esto surge la necesidad de un sistema eficaz para todos los regímenes de funcionamiento del motor. (p. 8)

2.8.2.2 Colector de Admisión Variable. Este colector es controlado electrónicamente facilitando el ingreso de aire acorde al régimen del motor. (Mundo Carros, 2015) dice que:

Se utilizan generalmente en motores de cuatro válvulas por cilindro, para compensar la falta de par motor a bajo número de revoluciones. Dispone de un sistema de aletas, también llamadas mariposas. Se controla de forma electrónica y es el encargado de canalizar el aire por el colector de admisión corto en regímenes bajos de potencia y por la sección larga cuando se circula a regímenes más elevados. (p. 9)

2.8.3 Unidad de Control

También conocida como la centralita, es el corazón del sistema electrónico encargada de recibir las señales de los sensores y enviar las señales u órdenes a los actuadores. (Mundo Carros, 2016) afirma que:

Se conoce como ECU por sus siglas en inglés de Engine Control Unit. Es un dispositivo electrónico que usualmente está conectado a una serie de sensores los cuales le brindan información y actuadores que ejecutan sus comandos. Esta administra ciertos aspectos como los de la operación de combustión interna del motor. Existen unas computadoras más simples que solo controlan la cantidad de combustible que es inyectado en cada cilindro en el ciclo del motor y existen unas más avanzadas que se encargan de recibir y procesar toda la información recibida de los sensores. (p. 2)

2.8.4 Cuerpo de Aceleración

Se encarga de controlar el ingreso del aire que va al múltiple de admisión por medio de una aleta o mariposa que se abre y se cierra cuando se acciona el acelerador. (Prueba de Ruta, 2015) asegura que:

El cuerpo de aceleración también denominado cuerpo de mariposa, controla la entrada de aire hacia el múltiple de admisión a través de una mariposa que se abre y se cierra al pisar el acelerador. La función del cuerpo de aceleración es admitir la cantidad adecuada de aire, que es 14,7 de aire por 1 de gasolina. Los cuerpos de aceleración vienen con diferentes formas y tamaños. Pueden desempeñar diferentes tareas fuera de la medición de aire. (p. 1)

2.8.5 *Sensor de Posición de la Mariposa (TPS)*

Este sensor se encarga de enviar una señal informando la posición de la mariposa a la computadora del vehículo. Según (Universidad Nacional de la Plata, 2013) afirma que:

Por sus siglas en inglés throttle position sensor, es el encargado de medir la posición de la mariposa estranguladora. De esta manera sabemos la cantidad de aire que ingresa al motor. Este sensor posee una o dos resistencias de carbón con un cursor que la recorre cuando presionamos el acelerador, copia la posición de apertura o cierre de la mariposa y varía el voltaje de salida por la resistencia. (p. 3)

Según (Universidad Nacional de la Plata, 2013) dice que: “De esta forma la ECU puede calcular la masa de aire que ingresa al motor comparando estos datos con los de otros sensores, también utiliza esta señal para variar el avance del encendido según sea necesario”. (p. 3)

2.8.6 *Sensor de Presión Absoluta de la Admisión (MAP)*

Es el encargado de medir la presión del aire que ingresa por el colector de admisión. (Universidad Nacional de la Plata, 2013) testifica que:

Cuando el motor está en ralentí los pistones aspiran aire, que la mariposa no deja ingresar. De esta manera, se mantiene el motor regulando, pero se genera un vacío que varía su intensidad cuando aceleramos. Estas variaciones son captadas por el sensor MAP (por sus siglas en inglés Manifold Absolute Pressure), que por medio de una resistencia devuelve un voltaje diferente al enviado por la ECU. Este dato se utiliza para calcular una inyección de combustible adicional en la aceleración brusca, y ayuda al cálculo de la masa de aire. Normalmente este sensor tiene incorporado el sensor de temperatura de aire. (p. 5)

2.8.7 *Sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor (ECT)*

Conocido en inglés como Engine Coolant Temperature, es un termistor, que tiene una resistencia que varía acorde a la diferencia de la temperatura del refrigerante. Para realizar la lectura de la temperatura este va en contacto con el refrigerante. (Universidad Nacional de la Plata, 2013) afirma que:

Este sensor está ubicado generalmente cerca del termostato en la tapa de cilindros. Posee una resistencia que varía por la temperatura del motor y de esta manera la ECU calcula el combustible necesario para cada situación, reemplazando el viejo cebador para los arranques en frío. También se utiliza un sensor similar para la temperatura del aire que ingresa al motor. (p. 5)

2.8.8 *Sensor de Flujo de Aire (MAF)*

Conocido en inglés como Mass Air Flow, encargado de medir el flujo de aire que ingresa al motor. (Mundo Carros, 2015) atestigua que:

El sensor de flujo de masa de aire tiene un importante significado en el funcionamiento del motor. Este sensor se encarga de medir el flujo de aire que aspira el motor en cada instante. Después, comunica esta información a la computadora, transformándola en señal eléctrica. La computadora debe conocer con exactitud el volumen de aire para así calcular cuál es la carga del motor o la cantidad de trabajo que realiza. De manera que el sensor MAF transforma la cantidad de aire entrante en una señal eléctrica de voltaje. De esta forma, la computadora calcula la cantidad de combustible que se debe inyectar y cuándo se debe hacer cambio de marcha en la transmisión. (p. 8)

2.8.9 *Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT)*

Conocido en inglés como Intake Air Temperature, este es un termistor encargado de medir la temperatura del aire que va a ingresar al motor. Este sensor se ubica dentro

del sensor MAF o en algunos casos que en su gran mayoría se encuentran en el ducto de aire que conecta con el colector de admisión es decir entre el depurador y el múltiple de admisión. Según (Mundo Carros, 2016) expone que:

Sirve para monitorear la temperatura del aire de entrada y con la señal que envía a la computadora, esta realiza ajustes en la mezcla y en la duración del pulso del inyector para así determinar la densidad del aire. Otra de las funciones con las que sirve el IAT es poder detectar la temperatura del aire de admisión, tanto en el arranque en frío como a medida que el motor está calentando el aire entrante. Este dispositivo permite a la ECM controlar el tiempo de inyección basándose en la densidad del aire que está entrando a la cámara de combustión. (p. 7)

2.8.10 Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)

Se encarga de la detección de la velocidad y posición del giro del cigüeñal, enviando una señal hacia la computadora y poder activar las bobinas y los inyectores. (Sensor Automotriz, 2017) expone que:

El sensor CKP (Sensor de posición del cigüeñal) y en inglés conocido como Crankshaft Position Sensor, es el encargado de registrar la velocidad que tiene el motor y la posición del cigüeñal. Trabaja en conjunto con la información transmitida por el sensor del árbol de levas y otros sensores que envían señales a la computadora. La función primordial del sensor CKP es registrar la velocidad que lleva el motor y la posición que tiene el cigüeñal. La computadora automotriz usará esta información para establecer el pulso de los inyectores y sincronizar la chispa de encendido. (p. 1)

2.8.11 Sonda Lambda

Su principal función es calcular la cantidad de oxígeno que se encuentran en los gases quemados después de la combustión es decir en los gases de escape y enviar dicha

información a la computadora del vehículo para que con dichos datos emitidos por el sensor pueda corregir y se pueda dar una correcta inyección de combustible. (Universidad Nacional de la Plata, 2013) afirma que:

Mide la diferencia de oxígeno entre el interior del múltiple de escape y el exterior, esta diferencia genera un voltaje de corriente entre cero y un voltio. De esta manera, a mayor diferencia de oxígeno mayor voltaje, a menor diferencia, menor voltaje. Cuando el voltaje es bajo (mezcla pobre) la ECU entrega más combustible logrando un voltaje alto (mezcla rica). Así se logra un ciclo cerrado entre la sonda y la ECU con una oscilación entre rico y pobre. (p. 3)

2.8.12 Inyector

Elemento que forma parte del sistema de inyección cuya función es la de proveer el combustible necesario a cada uno de los cilindros. (Universidad Nacional de la Plata, 2013) dice que:

Está ubicado en el múltiple de admisión, justo antes de la válvula de admisión. Es el encargado de inyectar el combustible, pulverizándolo sobre la válvula para lograr la mejor homogeneización de la mezcla. El inyector recibe el pulso negativo de la ECU, abriendo para dejar pasar el combustible en el momento que abre la válvula de admisión. La cantidad de combustible se dosifica por el tiempo que permanece abierto, aproximadamente de 5 a 2 milisegundos. (p. 7)

2.8.13 Válvula IAC

Conocida por sus siglas en inglés como Idle Air Control Valve, esta válvula se encarga de mantener las revoluciones adecuadas cuando el vehículo se encuentra en ralentí. (Universidad Nacional de la Plata, 2013) asegura que: “Está ubicado al lado de la mariposa, precisamente por ser el encargado de hacer un baipás la misma, permitiendo entrar aire al motor sin acelerar; de esta manera se regula las RPM del ralentí”. (p. 8)

Una vez investigado el significado de sus siglas y conocer la ubicación de esta válvula según, (Universidad Nacional de la Plata, 2013) alega que:

Este motor gira de a media vuelta invirtiendo la polaridad de la corriente eléctrica. Un perno central obstruye o libera un orificio abriendo o cerrando el paso de aire. También existe un sistema parecido llamado válvula de ralentí que actúa de forma similar tirando de un tapón con mayor o menor intensidad. Otro sistema es un motor eléctrico que actúa directamente sobre la mariposa abriéndola o cerrándola. (p. 8)

2.8.14 Bobina de Encendido

Parte fundamental del sistema y para el encendido de un motor a gasolina suministrando la corriente necesaria para producir la chispa en las bujías y provocar el encendido del motor. (Universidad Nacional de la Plata, 2013) expone que:

En versiones antiguas se mantiene el encendido separado de la inyección, actualmente está integrado y accionado por la ECU mediante el corte del negativo del primario. Podemos encontrar bobinas individuales para cada cilindro o bobinas de doble chispa. Estas últimas generan dos chispas en los cilindros 1 y 4 o 2 y 3, una es útil porque el pistón está en compresión y la otra es chispa perdida por estar en fase de escape. (p. 7)

2.8.15 Rueda Fónica

En la figura 15 observamos un esquema de la rueda fónica utilizada en este proyecto que consta de 36 dientes menos 1. El sensor CKP se ubica en el noveno diente antes del faltante.

Figura 15*Rueda Fónica*

RUEDA FÓNICA 36 DIENTES MENOS 1
POSICIONAR EL PISTÓN DEL CILINDRO 1 EN PMS



Tomada de *Rueda Fónica de 36 dientes* [Fotografía], PSM-Competición, 2018 (<https://psm-competicion.com.ar>).

2.9 Sistema de Encendido DIS

En la figura 16 podemos observar el sistema DIS instalado en el motor de este proyecto. Este sistema llamando también sistema de encendido sin distribuidor debido a que excluye al distribuidor eliminando ciertos componentes que sufrían desgastes y averías. (Mundo del Motor, 2016) explica que:

El sistema de encendido DIS (Direct Ignition System) también llamado sistema de encendido sin distribuidor (Distributorless Ignition System), es el sistema de encendido en el que el distribuidor se sustituye por el número de bobinas de inducción, es decir, una bobina por cilindro o una bobina por par de cilindros, y la sincronización de la chispa se controla mediante una unidad de control de encendido (UCI) y la unidad de control del motor (ECU), lo que hace que este sistema sea más eficiente y preciso. (p.2)

Figura 16

Motor G13B con Sistema DIS



Nota. Elaboración propia.

2.10 Computadora Programable MegaSquirt 2Pro

Para el estudio de este proyecto se realizará con el uso de una computadora programable MegaSquirt 2Pro como se ejemplifica en la figura 17. La ECU MegaSquirt tiene una variada versatilidad y permitiendo diferentes configuraciones. Es un controlador programable capaz de controlar la inyección del combustible y mejorando así el rendimiento del motor.

MegaSquirt se forma de una alianza con un par de palabras en inglés que son:

- Mega = Millón.
- Squirt = Chorro o flujo de líquido.

Ya que se va a utilizar este módulo de control programable para la realización y estudio de este proyecto es muy importante conocer el significado de MegaSquirt. (Bairesrobotics, 2015) afirma que:

MegaSquirt intenta ser un proyecto educativo pensado para los que deseen aprender sobre inyección electrónica de combustible. Se trata de un controlador de inyección de combustible programable (ECU), ésta puede controlar la forma en que los inyectores de un motor distribuyen el combustible para poder mejorar el rendimiento del mismo, usualmente para que el motor pueda entregar más potencia, especialmente luego de haberle hecho modificaciones o mejoras. (p. 3)

Según (Bairesrobotics, 2015) testifica que:

El resultado es que MegaSquirt puede proporcionar cálculos en tiempo real del combustible hasta 16.000 RPM. MegaSquirt es completamente programable, la misma provee una conexión serial para interconectarse con una computadora regular, o, por ejemplo, con una notebook y toda la información está disponible en tiempo real. A pesar de que MegaSquirt comenzó como un proyecto que solamente se dirigía a poder controlar sistemas de inyección de combustible, recientemente se le ha añadido capacidad para poder controlar el sistema de encendido del motor. Por tanto, se ha convertido en un sistema completamente independiente que no necesita o depende de la computadora actual de un motor para poder llevar a cabo su función. Se puede decidir al momento de la instalación si lo que se quiere es controlar la inyección de combustible solamente o si se quiere controlar el sistema de encendido en adición al control de la inyección de combustible. (p. 4)

Figura 17

Computadora Programable MegaSquirt 2Pro



Nota. Elaboración propia.

2.10.1 Características de la Unidad de Control MegaSquirt 2Pro

La MegaSquirt es muy versátil, lo que la hace muy útil y posee varias características. (Piratamotor, 2014) afirma que:

Esta unidad puede admitir muchas características adicionales, Launch control y Cut-Off, doble mapa de combustible y encendido, 6 salidas de encendido y otras muchas, pero necesita modificaciones en la placa y añadir componentes. A continuación, se detallan algunas de las características de esta computadora:

- Conexión a través de RS232.
- Conector de comunicación incorporado.
- Sensor Map incorporado.
- Dos salidas de inyección.
- Una salida para bobinas de encendido normales.
- Mapa 16 x 16 de inyección combustible, con ampliación a 16 x 32 o 32 x 16.
- Mapa 12 x 12 para el encendido, con ampliación a 12 x 24 o 24 x 12.

- Mapa de combustible con una variación de 1 punto.
- Mapa de encendido con una variación de 0,1 °.
- Limitador integrado de revoluciones.
- Limitador integrado de corte de chispa.
- Limitador integrado de suministro de combustible.
- Software de ajuste en tiempo real gratuito.
- Posee un modelo de prueba para verificar el correcto trabajo de las salidas con el motor parado, bomba de gasolina, inyectores, bobinas, válvulas y solenoides, etc. (p. 1)

Al contar con todas estas características mencionadas anteriormente, se puede decir que es una computadora muy completa, pero además para su correcto funcionamiento existen muchas variables a tener en cuenta para un buen desempeño. Estas variables a tener en cuenta pueden ser la instalación eléctrica de los sensores, la configuración en Tuner Studio, puesta a punto del motor, entre otras.

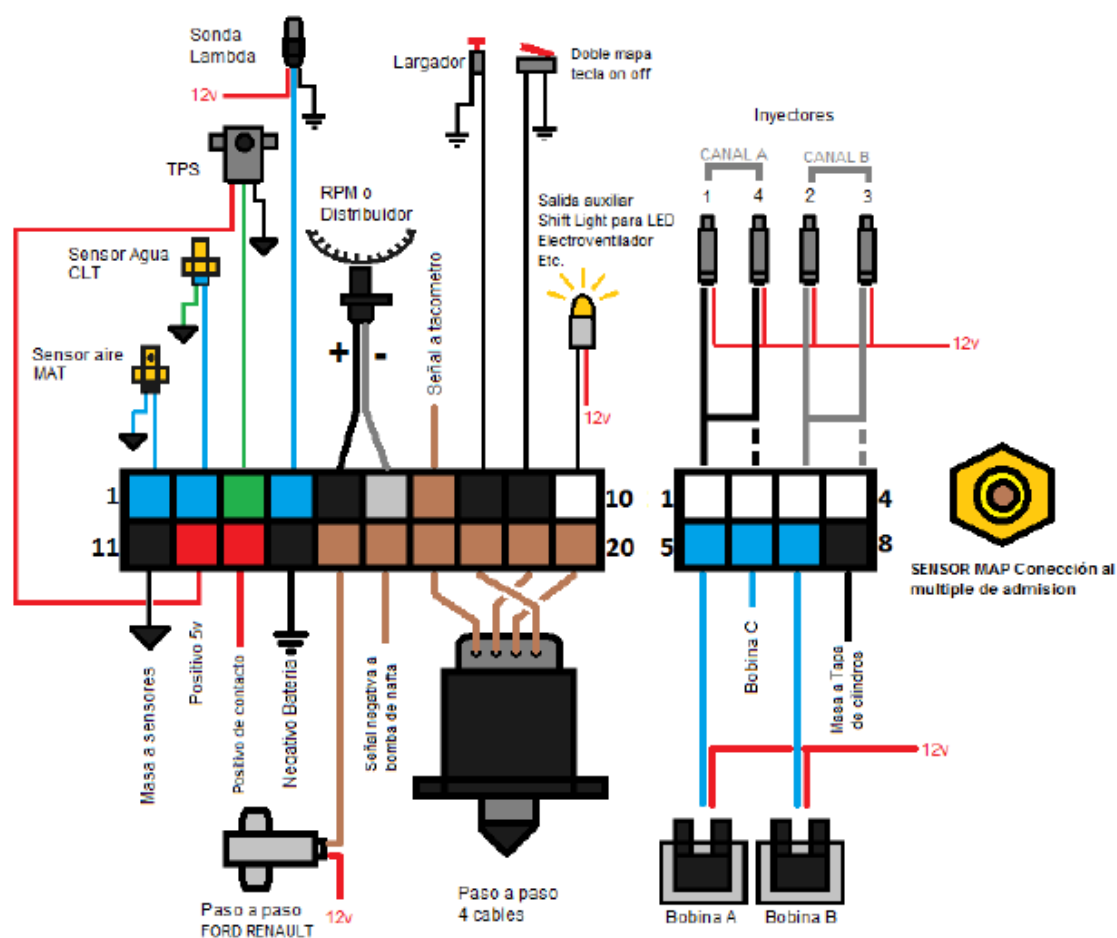
2.10.2 Esquema General y Conexión

El esquema que se presenta en la figura 18 se observa una instalación de motor completa con la distribución y conexión de cada componente, ésta la forma correcta y recomendada por MegaSquirt. (Piratamotor, 2015) expone que:

La configuración de inyección y encendido es la utilizada para un motor de 4 cilindros con 2 salidas de inyección y 2 salidas de encendido, controlando 2 bobinas de chispa perdida directamente. La forma de conectar otros tipos de inyección y encendido o motores con diferente número de cilindros, se trata posteriormente en cada apartado por separado. (p. 10)

Figura 18

Diagrama eléctrico y conexión



Tomada de *Diagrama Eléctrico MegaSquirt 2Pro* [Fotografía], PSM-Competición, 2018

(<https://psm-competicion.com.ar>).

2.10.2.1 Conector de 20 Pines. Los conectores con los que cuenta la ECU son dos.

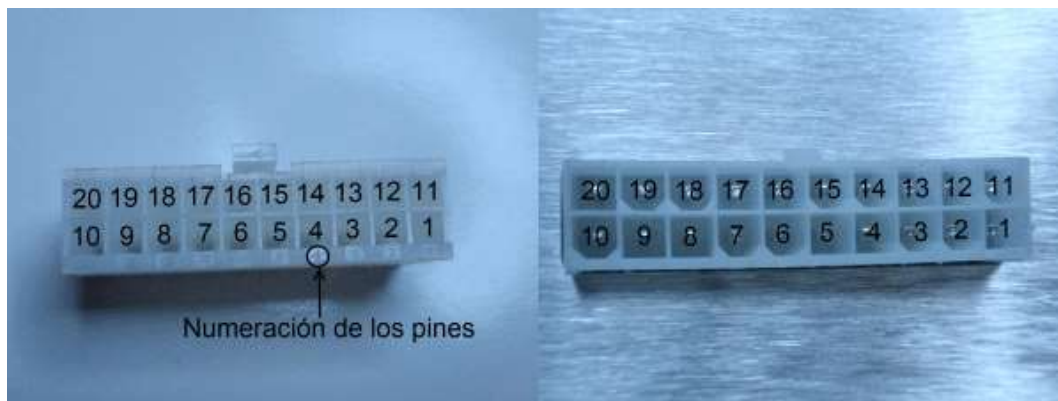
(Piratamotor, 2015) afirma que:

La unidad tiene un conector en cada extremo, el conector de 20 pines se usa para los sensores y comunicación. El conector de 12 pines se usa para las salidas de alta corriente, se explica por separado las funciones y conexión de cada conector.

En la figura 19 se observan los conectores de la computadora. (p. 11)

Figura 19

Conectores de la Computadora



Tomada de *Conectores de la Computadora* [Fotografía], Piratamotor, 2015

(<https://www.piratamotor.com/manuales-y-articulos/articulos-megasquirt/instalacion-megasquirt-competicion>).

Se detalla cada uno de los pines con los que cuenta la MegaSquirt.

Pin 1. (Piratamotor, 2015) dice que “Suministra +5V al potenciómetro de la mariposa, un MAP externo o un MAF, no se puede utilizar para alimentar otros componentes, se podría dañar internamente la ECU”. (p. 21)

Pin 2. (Piratamotor, 2015) afirma que: Retorno de masa para los sensores. Todos los sensores deben tener conectado uno de sus terminales al pin número 2 de este conector, el esquema general lo indica con un triángulo y el número 2 en su interior, sensor de temperatura del refrigerante, sensor de temperatura del motor, potenciómetro de la mariposa (TPS) o en el caso de usar caudalímetro o MAP externo. También se devolverán las masas del interruptor de cambio de mapa de combustible y encendido, así como el Launch control si se están usando. (p. 22)

Pin 3. (Piratamotor, 2015) menciona que: Cambio de mapa de combustible y encendido. Esta función necesita un interruptor de 2 posiciones, con el interruptor abierto (sin conexión a masa) se utilizarán los mapas principales o normales. Con

el interruptor cerrado (conexión a masa) se utilizará un mapa secundario de combustible y/o encendido. (p. 23)

Pin 4 y pin 5. (Piratamotor, 2015) atestigua que: Entrada de posición de motor principal. Normalmente esta señal procederá de una rueda fónica instalada en el cigüeñal, aunque algunos motores, sobre todo japoneses, envían la señal desde un captador situado en el árbol de levas. En cualquier caso, esta es la señal principal de posición del motor. Según el tipo de sensor que se utilice se debe conectar de una forma u otra. Sensor inductivo, los sensores inductivos suelen tener 2 terminales y tienen polaridad: Negativo se conecta al pin 4 y positivo se conecta al pin 5. (p. 24)

Pin 6 y pin 7. (Piratamotor, 2015) testifica que: Entrada de posición de motor secundaria, se usa para inyección o encendido secuencial con ruedas fónicas como 36 -1, 60-2, etc...., también en algunos motores que tienen de serie dos sensores. Su ubicación se encuentra en un árbol de levas o en la polea de uno de ellos, en el caso de disponer de más de uno. Como en la primaria puede tener un sensor inductivo, sensor Hall o sensor óptico, su funcionamiento y conexión es igual a la primaria, pero en diferentes pines del conector. (p. 25)

Pin 8. (Piratamotor, 2015) testifica que: “Sensor de temperatura de motor. Los sensores de temperatura utilizados en sistemas de inyección tienen dos terminales, un terminal se conecta al pin 8, el otro se conecta al pin 2 (retorno de los sensores). Estos sensores no tienen polaridad”. (p. 26)

Pin 9. (Piratamotor, 2015) conceptualiza que: Masa de comunicación, este pin se usa exclusivamente para la masa de comunicación, no se debe conectar a masa del bloque ni ningún otro lugar. Su conexión se explica junto con los pines 19 y 20. (p. 27)

Pin 10. (Piratamotor, 2015) informa que: “Suministro de 12 V a la ECU, utilice un fusible de 2 A”. (p. 28)

Pin 11 y pin 12. (Piratamotor, 2015) indica que: Masa de la ECU, deben estar conectados directamente a masa en el bloque de motor, a ser posible en el mismo punto donde hace masa la batería en el bloque. No conecte las masas al chasis. No junte los dos pines de masa en un sólo cable y lo conecte al bloque, cada pin de masa debe tener un cable directo al bloque, cada pin por separado, en el bloque se unen y se atornilla a masa. (p. 29)

Pin 13. (Piratamotor, 2015) señala que: Launch control. Para esta función se necesita un pulsador, este pin se conecta a un terminal del pulsador y el otro terminal del pulsador se conecta al pin 2 (retorno de los sensores). Cuando el pulsador esté suelto el motor funcionará normalmente, cuando el pulsador se apriete se mantendrá el motor en las revoluciones configuradas. (p. 30)

Pin 14. (Piratamotor, 2015) asevera que: “Señal de salida al tacómetro o cuentarrevoluciones del cuadro de instrumentos”. (p. 31)

Pin 15. (Piratamotor, 2015) afirma que: “Señal de entrada del sensor de oxígeno o wide band”. (p. 32)

Pin 16. (Piratamotor, 2015) menciona que: Activación del relé de la bomba de gasolina. Este pin no suministra 12 V a la bomba de gasolina, debe ser un relé el encargado de esa función, la ECU sólo controla la masa del relé para encender o apagar la bomba de gasolina. (p. 33)

Pin 17. (Piratamotor, 2015) atestigua que: Señal del potenciómetro de la mariposa o TPS. El TPS si tiene polaridad y tiene tres terminales, estos son: Alimentación de 5 V, al pin 1 del conector de la ECU, masa al pin 2 del conector de la ECU y señal, al pin 17 del conector de la ECU. (p. 34)

Pin 18. (Piratamotor, 2015) testifica que: “Sensor de temperatura de aire. Los sensores de temperatura utilizados en sistemas de inyección tienen dos terminales, un terminal se conecta al pin 18, el otro se conecta al pin 2 (retorno de los sensores). Estos sensores no tienen polaridad”. (p. 35)

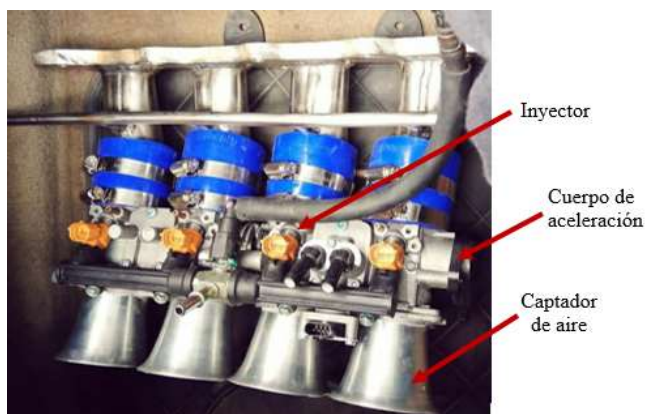
Pin 19 y pin 20. (Piratamotor, 2015) señala que: Comunicación con el PC. La comunicación con el PC se realiza a través de RS232, la mayoría de PC modernos no tienen este conector y se necesita un adaptador de USB a RS232. La conexión RS232 se realiza a través de un DB9, estos tienen de 9 pines, pero en Megasquirt competición no encontrara un DB9, la conexión se realiza directamente desde el conector de 20 pines, necesita 3 pines para una conexión funcional, estos son: Pin 9 masa de comunicación, pin 19 TX y pin 20 RX. (p. 36)

2.11 Sistema Independiente ITBS (Individual Throttle Body)

Este sistema es muy similar al sistema de inyección MPFI más conocida como el sistema de multipuertos de inyección electrónica, es decir, que cuenta con un inyector por cilindro ubicados lo más próximos a las válvulas de admisión. Lo que lo hace diferente al sistema ITBS es que posee cuerpos de aceleración independientes para cada cilindro como se observa en la figura 20.

Figura 20

Sistema ITBS con sus partes



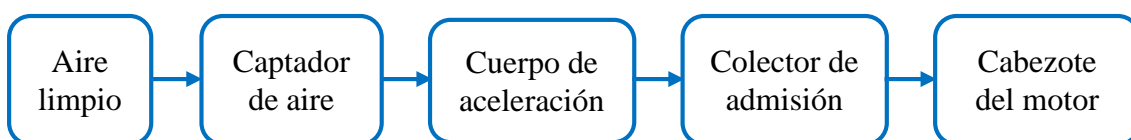
Nota. Elaboración propia.

2.11.1 Esquema del Sistema de Admisión

El ingreso de aire al sistema independiente ITBS tiene su proceso que atraviesa por varios componentes, como se muestran en la figura 21.

Figura 21

Esquema del Sistema de Admisión ITBS



Nota. Elaboración propia.

2.12 Parámetros de Medida de un Motor de Combustión Interna

Los parámetros de medición de un motor son la potencia, torque o par motor y el consumo determinando estos resultados se demuestran la eficiencia que presenta el motor.

2.12.1 Potencia

La potencia está relacionada con la velocidad, va a depender de la relación de compresión, el cilindraje y de las revoluciones a las que se encuentre sometido el motor.

(Motor.es, 2015) afirma que:

El caballo de vapor (CV) es la unidad de medida utilizada comúnmente en Europa para expresar la potencia de un motor, junto con los kilovatios (kW) como alternativa habitual. Se define como la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo. A mayor potencia, menos tiempo tardarás en mover el objeto en cuestión sobre la misma distancia. (p. 2)

2.12.2 Torque o Par Motor

Este se refiere a la fuerza generada por el cigüeñal, es decir la capacidad de fuerza que posee un vehículo. (Motor.es, 2015) dice que:

Conocido también como torque, expresado en Newton metro (Nm) y se define como la fuerza que debe ser aplicada a un eje que gira sobre sí mismo a una

determinada velocidad. Si aplicamos dicha definición a un motor, el par motor determina la fuerza necesaria para hacer girar el cigüeñal, transmitiendo así ese movimiento al vehículo y haciendo posible su desplazamiento. (p. 4)

2.12.3 Consumo Específico

Se refiere a la eficiencia del motor para poder convertir el combustible en energía mecánica y se obtiene de resultado la cantidad de combustible consumido para obtener cierta potencia. (Km77, 2016) asegura que:

Es la cantidad de combustible que necesita un motor para suministrar una determinada unidad de potencia por unidad de tiempo. El consumo específico es una forma de expresar el rendimiento del motor, en el sentido que relaciona consumo con prestaciones. Cuanto menor sea el consumo específico de un motor, mejor es su rendimiento. (p. 1)

Capítulo III

3 Implementación y Montaje del Sistema de Estrangulación ITBS

En este capítulo se detallan los pasos para el ensamble y montaje del Sistema ITBS.

3.1 Ensamblaje del Sistema ITBS

Para comenzar con el ensamblaje del sistema ITBS se colocaron los componentes en el múltiple de admisión tal como se presenta en la figura 22. En el montaje se colocan las mangueras de silicón, las cuales unen el grupo cuerpos de aceleración de 38 mm con el múltiple de admisión y se sujetan con abrazaderas cada uno de los conductos con cada cuerpo de aceleración. Todo este proceso se lo realiza fuera del vehículo para tener un correcto ensamble.

Figura 22

Ensamblaje de ITBS



Nota. Elaboración propia.

3.1.1 Montaje del Sistema ITBS en el Motor

Una vez ensamblado todos los componentes que conforman el sistema ITBS se procede a la colocación del ITBS en el motor. Se debe colocar el cuerpo del ITBS de tal manera que coincidan con los pernos del múltiple de admisión antiguo ya que este múltiple viene diseñado para este motor. Finalmente, montado en el motor el sistema se encuentra totalmente fijado, así como se observa en la figura 23.

Figura 23

Montaje de ITBS en el motor



Nota. Elaboración propia.

3.2 Sistema Programable Tuner Studio

Actualmente es el único software de ajuste compatible con MegaSquirt 1, MegaSquirt 2 y MegaSquirt 3. Tuner Studio es el software líder de MegaSquirt que permite ajustar y configurar completamente cualquier controlador electrónico basándose en el proyecto hágalo usted mismo con una alternativa de bajo costo. Puede proporcionar un registro móvil a través del teléfono o tableta Android con soporte de indicadores y medidores; además permite ver, capturar y analizar el trabajo del vehículo a través de los datos que se obtienen esto simplifica la realización de cambios en la configuración e

inclusive ofrece corrección automática y recomendaciones mediante el análisis de los datos.

3.3 Módulo de Control Programable

En este caso nuestro módulo de control programable es la MegaSquirt 2Pro la cual consta de puertos de entradas y salidas que se mencionan a continuación:

3.3.1 Puertos de Entrada

- Sensor de posición de mariposa TPS.
- Sensor de temperatura de refrigerante ECT.
- Sensor de temperatura de aire IAT.
- Sensor CKP inductivo.
- Sensor de presión atmosférica MAP.

3.3.2 Puertos de Salida

- Inyectores.
- Bobina de encendido.
- Bomba de gasolina.

3.3.3 Puerto de Comunicación de la Ecu

La comunicación para la MegaSquirt 2Pro y el programa de configuración Tuner Studio se realiza la conexión en serie a través de un cable serial RS232 como se aprecia un ejemplo en la figura 24.

Figura 24

Cable serial RS232



Tomada de *Cable Serial RS232* [Fotografía], Tecnit, 2021

(<https://tecnit.com.ec/producto/cable-adaptador-trendnet-tu-s9-de-usb-a-serial-rs-232-db9-macho/>).

3.4 Implementación de los Sensores y Actuadores.

Se describen como se implementaron cada uno de los actuadores y sensores tal como se detallan a continuación. En la figura 25 observamos un ejemplo de conexión del cableado.

Figura 25

Conexión de Inyectores



Nota. Elaboración propia.

3.4.1 Sensor TPS

Es el encargado de informar a la ECU las posiciones correctas de las mariposas de los cuerpos de aceleración desde ralentí hasta plena carga. Está alimentado por 5 voltios y masa desde la MegaSquirt. Al mover las mariposas el cursor transmite una señal con un voltaje variable a la computadora de 0 a 5 voltios. El sensor TPS se encuentra ubicado en un extremo del colector del ITB como se observa en la figura 26.

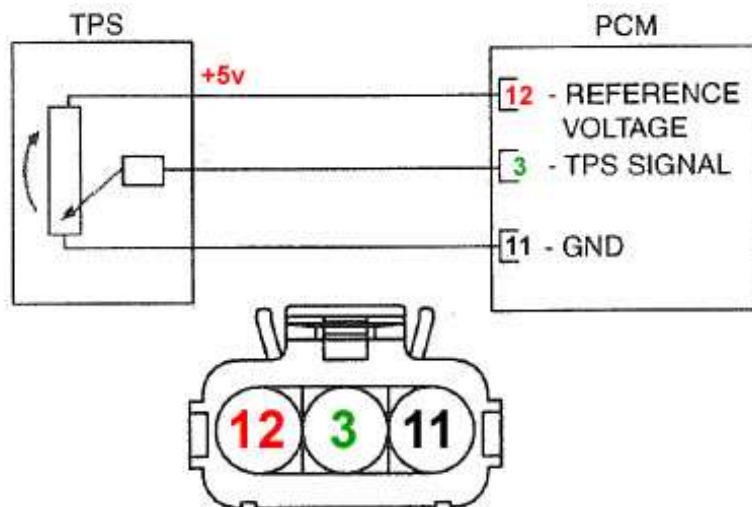
Figura 26

Ubicación del sensor TPS en el Sistema ITBS



Nota. Elaboración propia.

3.4.1.1 Diagrama de conexión del Sensor TPS. La conexión del sensor TPS marca Keihin a la ECM, según el manual de conexión de MegaSquirt es como se aprecia en la figura 27.

Figura 27*Circuito del sensor TPS*

Adaptada de *Diagrama Eléctrico del Sensor TPS* [Fotografía], Autodaewoospark, 2019

(<https://www.autodaewoospark.com/sensor-TPS-Hyundai-Tucson.php>).

3.4.1.2 Designación y Lectura del Sensor TPS. Las lecturas en los diferentes pines del sensor TPS, las tensiones en las diferentes cargas y colores de los cables se presentan en la tabla 3.

Tabla 3

Datos obtenidos del sensor TPS

Designación	Color de cable	Lecturas		
		Ralentí	Carga Parcial	Plena Carga
Alimentación	Naranja	5 V		
Señal	Verde	0,4 V – 0,8 V	0,9 V – 4,2 V	4,3 V – 4,8 V
Masa	Negro	0,5 mV		

Nota. Elaboración propia.

3.4.2 Sensor ECT/CLT

Es el sensor de temperatura del refrigerante que se ubica en el bloque del motor como se aprecia en la figura 28. Se encarga de informar a través de una señal de voltaje variable a la computadora para corregir el tiempo de inyección, este sensor no tiene

polaridad. El sensor es de tipo NTC, o lo que es lo mismo de coeficiente negativo ya que su resistencia va a disminuir acorde aumente la temperatura en el circuito de refrigeración.

Figura 28

Ubicación del sensor ECT

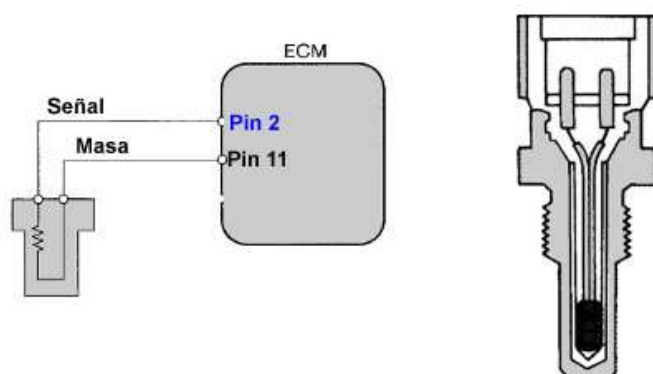


Nota. Elaboración propia.

3.4.2.1 Diagrama de Conexión del Sensor ECT. En la figura 29 se observa la conexión del sensor de temperatura de refrigerante de tipo NTCa cada uno de los pines de la MegaSquirt.

Figura 29

Circuito del sensor ECT



Adaptada de *Diagrama Eléctrico del Sensor ECT* [Fotografía], E-auto, 2019 (https://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=224).

3.4.2.2 Designación y lectura del Sensor ECT. Según MegaSquirt aconseja utilizar cable negro para masa y cable amarillo para señal, las lecturas son tomadas a diferentes temperaturas tal como se presenta en la tabla 4.

Tabla 4

Datos obtenidos del sensor ECT

Designación	Color de cable	Lecturas		
		°C	Resistencia	Voltaje
Señal	Amarillo	0	5500 – 8000 Ω	3,8 – 4 V
		20	2200 – 3000 Ω	3 – 3,2 V
		30	1500 – 2000 Ω	2,6 – 2,8 V
		40	1000 – 1500 Ω	2,2 – 2 V
		50	700 – 1000 Ω	1,7 – 1,9 V
		60	520 – 700 Ω	1,2 – 1,4 V
		70	340 – 520 Ω	0,9 – 1,2 V
		80	280 – 340 Ω	0,6 – 0,9 V
		90	220 – 270 Ω	0,5 – 0,7 V
		100	180 – 210 Ω	0,4 – 0,5 V
Masa	Negro	0,5 mV		

Nota. Elaboración propia.

3.4.3 Sensor CKP Inductivo

Este sensor no requiere de ninguna alimentación ya que genera su propio voltaje de corriente alterna, además el sensor no tiene polaridad y la masa la realiza el mismo cuerpo del sensor. Este sensor consta de un imán permanente el cual está rodeado de una bobina, frente a una rueda dentada con 36 dientes menos 1 diente ubicada en la polea del cigüeñal con una luz de 1 mm como se observa en la figura 30. Cuando un objeto ferroso se acerca y se aleja del señor CKP ocasiona una variación de voltaje en su campo magnético. Cada uno de los dientes de la rueda dentada que se acerque y se aleje del sensor va a informar a la MegaSquirt la velocidad con la que gira el cigüeñal y en el

espacio del diente faltante en la rueda fónica va a tomar como referencia el PMS del cilindro uno.

Figura 30

Ubicación del sensor CKP

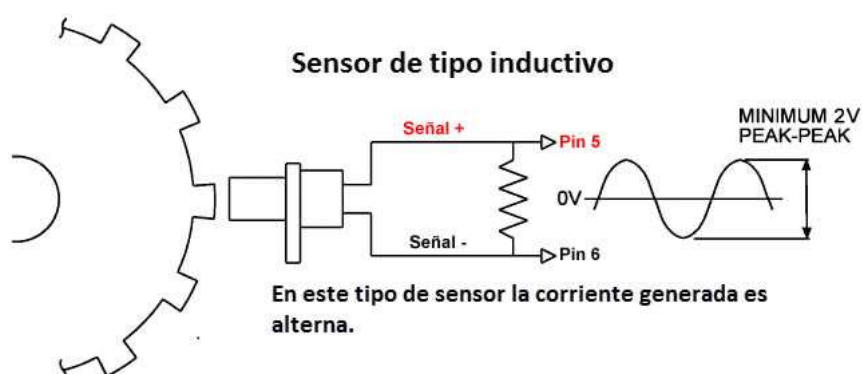


Nota. Elaboración propia.

3.4.3.1 Diagrama de Conexión del Sensor CKP. El sensor CKP utilizado en este proyecto es de la marca GM del Chevrolet Corsa B con un datasheet GM_90531715. El diagrama del sensor se presenta en la figura 31.

Figura 31

Diagrama del sensor CKP



Adaptada de *Sensor CKP Inductivo* [Fotografía], Ingeniería y Mecánica, 2020

(<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-de-posicion-de-ciguenal-ckp-y-como-funciona>).

3.4.3.2 Designación y Lectura del Sensor CKP. En la tabla 5 se detallan los colores recomendados por MegaSquirt y los valores de las lecturas tomadas. El voltaje del sensor va a ser alterno y a medida que las revoluciones suban en voltaje va a ir aumentando tanto en positivo y en negativo y las ondas tienen que ser similares.

Tabla 5

Datos obtenidos del sensor CKP

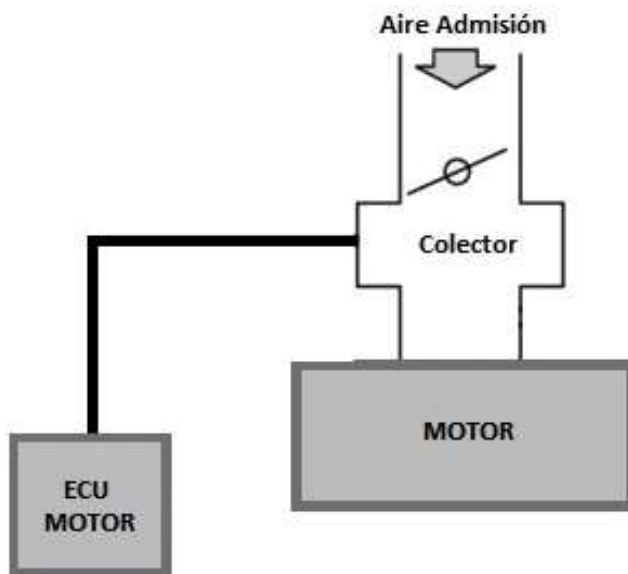
Designación	Color de cable	Lecturas	
		Resistencia Min	Resistencia Máx
Señal +	Rojo	1089 Ω	1200 Ω
Señal -	Blanco		

Nota. Elaboración propia.

3.4.4 Sensor MAP

Este sensor determina el aire que ingresa al motor, calculando el vacío que se genera en el colector de admisión, cuando el motor está en ralentí la mariposa se encuentra cerrada y el vacío se eleva, cuando el motor está funcionando en plena carga la cantidad de aire que ingresa es bastante y el vacío será de cero.

3.4.4.1 Diagrama de Conexión del Sensor MAP. La MegaSquirt interpreta el caudal del aire que entra al motor y con la señal del sensor IAT calcula la masa del aire que ingresó, para después enviar una cantidad adecuada de combustible a los inyectores. En este proyecto el motor no cuenta con un sensor MAP en el motor, van conectadas unas mangueras de vacío del colector de admisión a la ECM tal como se aprecia en el diagrama de la figura 32. El sensor MAP viene incorporado en la MegaSquirt 2Pro que es el integrado mpxh6400 400 kpa/3 kg.

Figura 32*Diagrama del sensor MAP*

Adaptada de *Diagrama del Sensor MAP* [Fotografía], Autoavance, 2019

(<https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/sensor-map-para-que-sirve/>).

3.4.4.2 Conexión del Sensor MAP. Las mangueras de vacío van conectadas en las salidas de vacío de cada ITB, las cuales se unen a una sola manguera que va al interior del vehículo para conectarse a la MegaSquirt tal como se presenta en la figura 33.

Figura 33*Ubicación del sensor MAP*

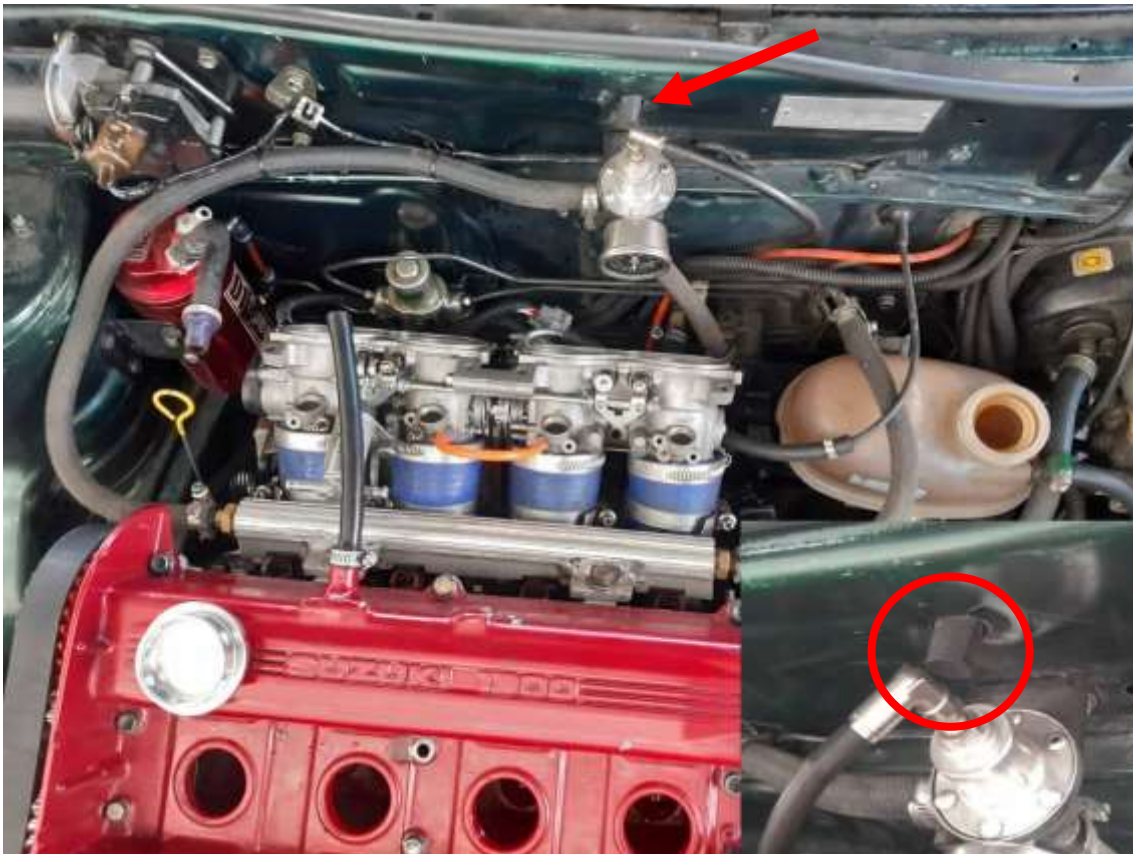
Nota. Elaboración propia.

3.4.5 Sensor IAT/MAT

Ya que el motor no cuenta con un sensor IAT se le adaptó en la pared que da al interior del vehículo tal como se presenta en la figura 34. Su función es la de enviar la temperatura del aire a la computadora y determinar la masa del mismo. Es un sensor de tipo NTC, es decir que a medida que la temperatura aumenta el voltaje y la resistencia disminuyen. Este sensor no tiene polaridad.

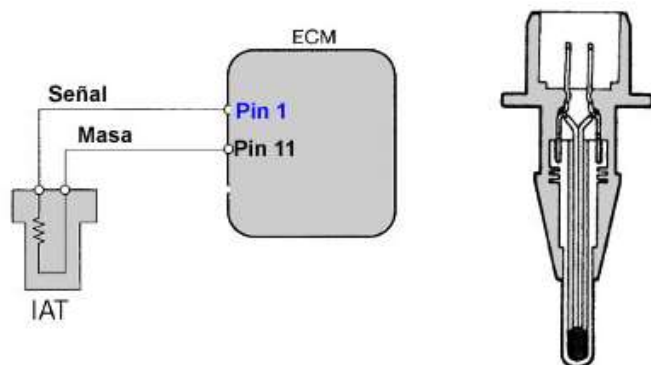
Figura 34

Ubicación del sensor IAT



Nota. Elaboración propia.

3.4.5.1 Diagrama de Conexión del Sensor IAT. La conexión de este sensor se presenta en la figura 35 con sus respectivos pines de conexión a la ECU.

Figura 35*Circuito del sensor IAT*

Adaptada de *Diagrama Eléctrico del Sensor IAT* [Fotografía], Laaps, 2019 (<https://lapps.es/el-sensor-iat-del-automovil/>).

3.4.5.2 Designación y Lectura del Sensor IAT. En la tabla 6 se detallan los colores de los cables del sensor MAT así como sus lecturas tomadas a diferentes temperaturas.

Tabla 6*Datos obtenidos del sensor IAT*

Designación	Color de cable	Lecturas		
		°C	Resistencia	Voltaje
Señal	Gris	0	5500 – 8000 Ω	3,8 – 4 V
		20	2200 – 3000 Ω	3 – 3,2 V
		30	1500 – 2000 Ω	2,6 – 2,8 V
		40	1000 – 1500 Ω	2,2 – 2 V
		50	700 – 1000 Ω	1,7 – 1,9 V
		60	520 – 700 Ω	1,2 – 1,4 V
		70	340 – 520 Ω	0,9 – 1,2 V
		80	280 – 340 Ω	0,6 – 0,9 V
		90	220 – 270 Ω	0,5 – 0,7 V
		100	180 – 210 Ω	0,4 – 0,5 V
Masa	Negro		0,5 mV	

Nota. Elaboración propia.

3.4.6 Inyectores

Los inyectores de alta impedancia usados en este proyecto son de la marca Keihin con una resistencia de 15Ω usados en motocicletas. La MegaSquirt posee dos canales de inyección para el sistema semiseccional y constan de dos pines, un pin de alimentación a 12 voltios y el otro pin para la señal negativa. La ubicación de los inyectores se observa en la figura 36.

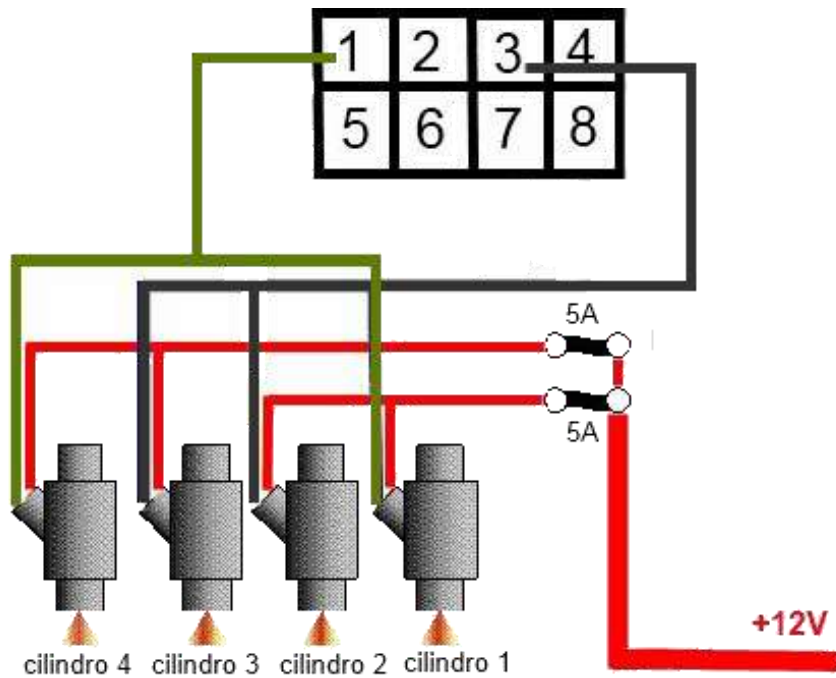
Figura 36

Ubicación del riel de inyectores



Nota. Elaboración propia.

3.4.6.1 Diagrama de Conexión de los Inyectores. El circuito de conexión se presenta a continuación en la figura 37 con los dos canales de inyección del pin 1 nos da una señal para los inyectores 1 y 4, del pin 3 de la MegaSquirt nos da la señal para los inyectores 2 y 3. Mientras que el otro pin de cada inyector va a recibir una alimentación de 12 voltios.

Figura 37*Circuito de conexión de los inyectores*

Adaptada de *Salidas de Inyección* [Fotografía], Piratamotor, 2019

(<https://www.piratamotor.com/manuales-y-articulos/articulos-megasquirt/instalacion-megasquirt-competicion>).

3.4.7 Bobina de Encendido

La bobina utilizada en este proyecto es de un Peugeot 206, esta bobina posee 3 cables, un cable de alimentación de 12 voltios, un cable para la señal A y el otro cable para la señal B. Nos da la ventaja de eliminar el distribuidor y va colocada sobre la tapa válvulas como se observa en la figura 38.

Figura 38

Ubicación de la bobina de encendido

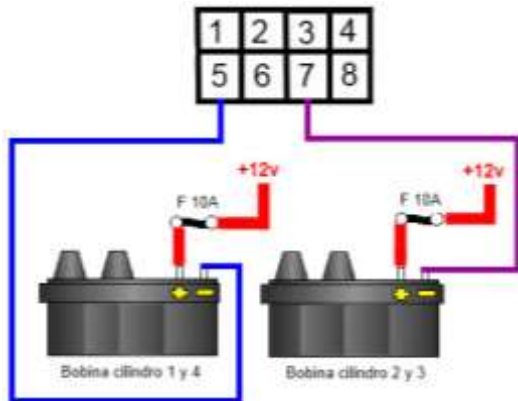


Nota. Elaboración propia.

3.4.7.1 Diagrama de Conexión de la Bobina de Encendido. El cuerpo de las dos bobinas va a poseer 3 cables y se conecta tal como se presenta en la figura 39, la señal A cuyo cable será de color azul que es el pin 5 va a dar chispa a los cilindros 1 y 4, el cable de la señal B va a ser de color morado que es el pin 7 va a dar chispa a los cilindros 2 y 3. Y el tercer cable es el de la alimentación de 12 voltios.

Figura 39

Circuito de la bobina de encendido



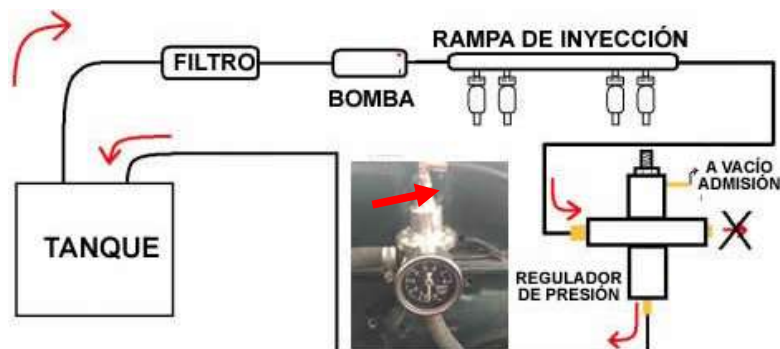
Adaptada de *Diagrama Eléctrico de la Bobina de Encendido* [Fotografía], Piramotor, 2019 (<https://www.piratamotor.com/manuales-y-articulos/articulos-megasquirt/instalacion-megasquirt-competicion>).

3.4.8 Bomba de Gasolina

La bomba de gasolina usada en este proyecto es externa y recibe una alimentación de 12 voltios y una señal negativa de activación del pin 16 de la MegaSquirt. También contará con un regulador de presión o dosadora de combustible que va a ir ubicada después del riel de los inyectores, es decir en el retorno del sistema de combustible para mantener una presión de 2,5 bares que es la presión de trabajo para este caso. A continuación, en la figura 40 se aprecia el diagrama del sistema de combustible.

Figura 40

Circuito de la bomba de gasolina

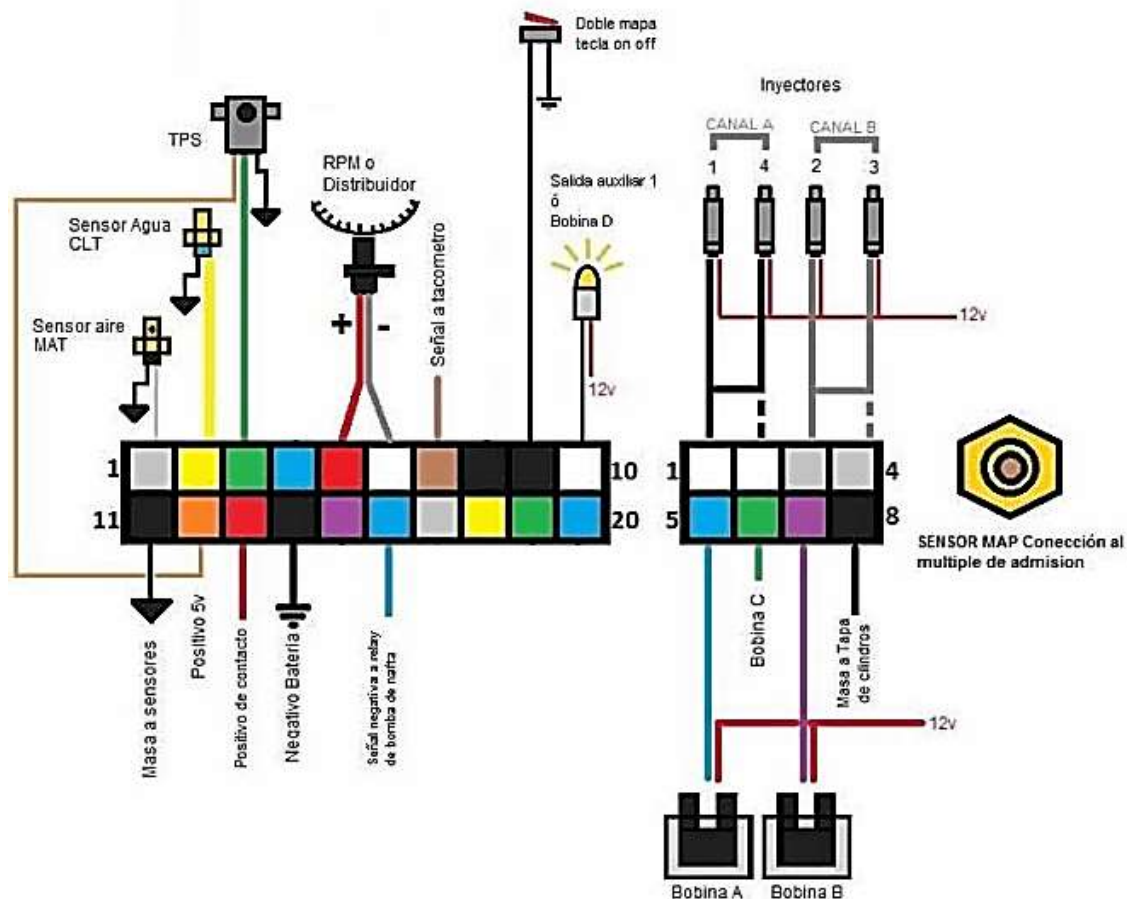


Nota. Elaboración propia.

3.4.8.1 Circuito de Conexión implementado. El circuito que se observa en la figura 41 es utilizado para la conexión de todos los sensores, actuadores y demás componentes para el estudio de este proyecto.

Figura 41

Circuito general implementado



Adaptada de *Diagrama Eléctrico MegaSquirt 2Pro* [Fotografía], PSM-Competición, 2018

(<https://psm-competicion.com.ar>).

3.5 Comunicación con la MegaSquirt

Se describe los pasos que se deben de realizar antes y durante la comunicación con la unidad de control programable. En la figura 42 se observa la instalación y programación del cable y de la MegaSquirt.

Figura 42

Comunicación con la ECU

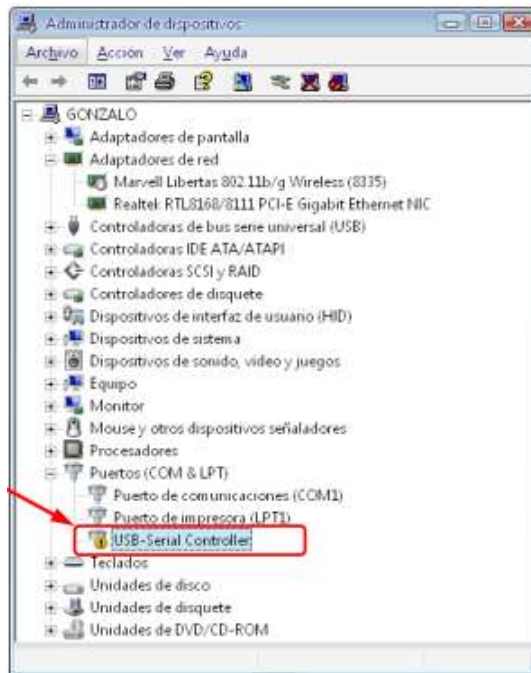


Nota. Elaboración propia.

3.5.1 Instalación del Cable Serial RS232

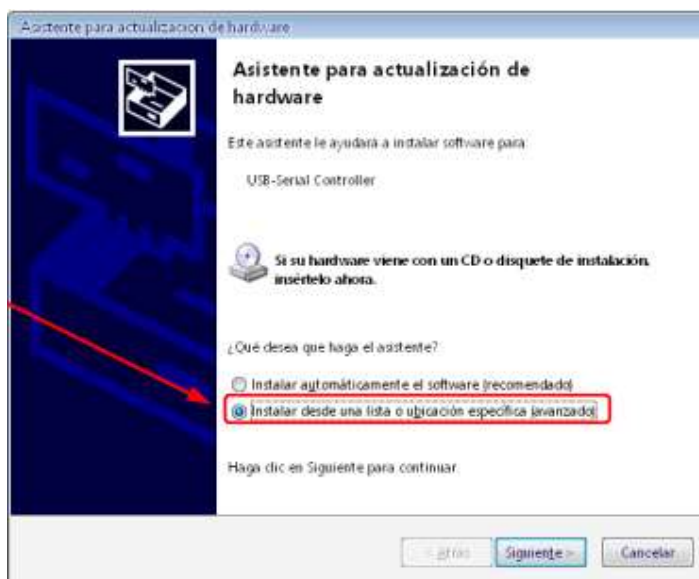
Se describen los pasos que se deben realizar para la instalación del cable serial y tener comunicación de la unidad de control programable.

- Paso 1: Para conectar el cable a la unidad de control debemos poner en contacto el vehículo, tener en cuenta que debemos contar con una buena carga la batería. Si no es así cargar la batería y una vez cargada continuar con el proceso.
- Paso 2: Lo primero es tener conexión a internet en nuestra notebook, luego conectar el cable USB a la PC, cuando Windows identifique el dispositivo conectado, nos dirigimos al panel de control y en el orden indicado seguimos los siguientes pasos: seleccionamos sistema, pestaña de hardware, luego administrador de dispositivos y encontramos “USB-Serial Controller”, damos clic derecho y actualizamos el controlador como se aprecia en la figura 43.

Figura 43*Cable serial RS232 identificado*

Nota. Elaboración propia.

- Paso 3: Luego seleccionamos “Instalar desde una lista o ubicación específica” y oprimimos siguiente como se aprecia en la figura 44.

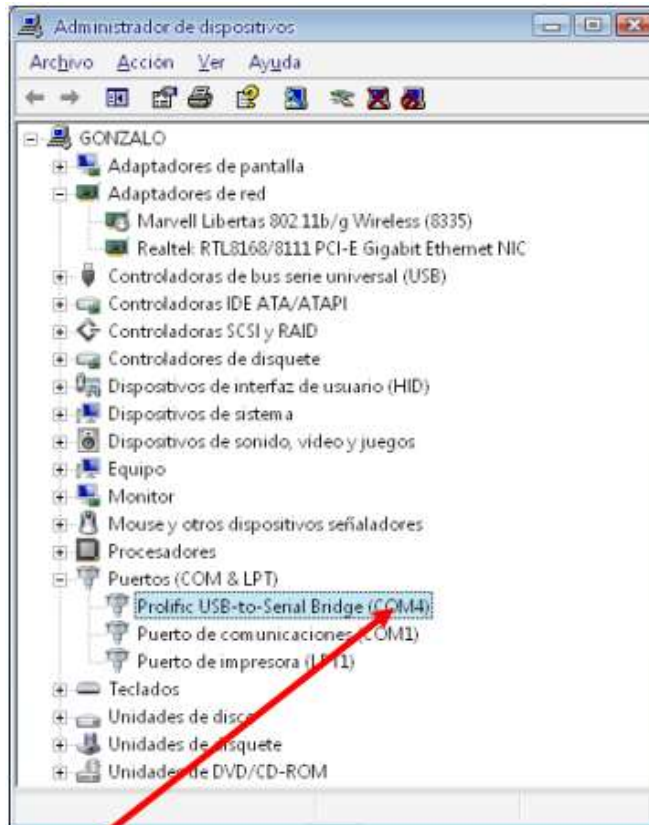
Figura 44*Asistente para actualización de hardware*

Nota. Elaboración propia.

- Paso 4: Al finalizar tendremos el cable USB instalado con el nombre “Prolific USB-to-Serial Bridge (COM4)” como se presenta en la figura 45.

Figura 45

Cable serial RS232 instalado



Nota. Elaboración propia.

3.5.2 Instalación del Software Tuner Studio

Se detallan los pasos para instalar Tuner Studio que es el software que nos permitirá modificar los parámetros de la inyección MegaSquirt.

- El primer paso es descargar el Tuner Studio en la página oficial de Diyautotune de manera gratuita como se aprecia en la figura 46.

Figura 46

Página oficial de Diyautotune

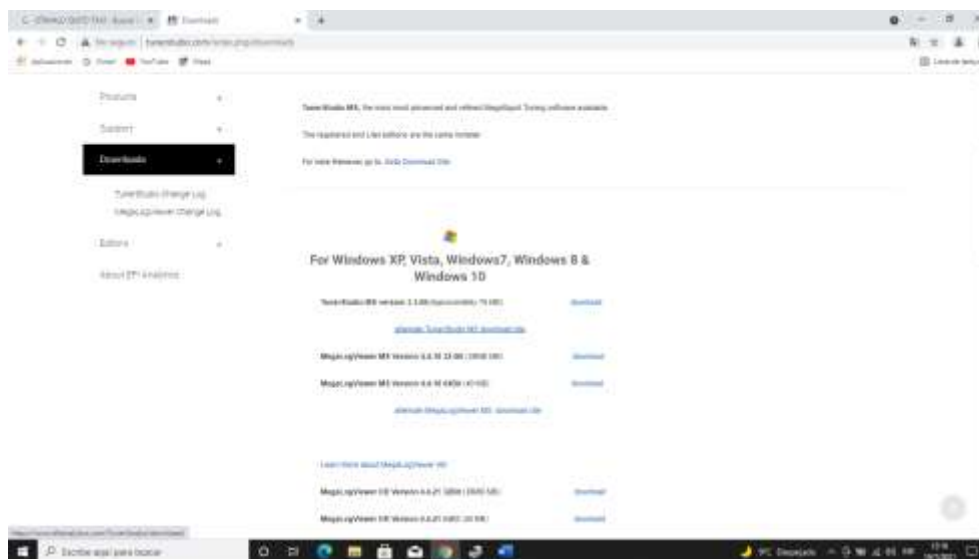


Nota. Elaboración propia.

- Elegimos el instalador acorde al sistema operativo que posea el ordenador en este caso seleccionamos para Windows 10 como se presenta en la figura 47.

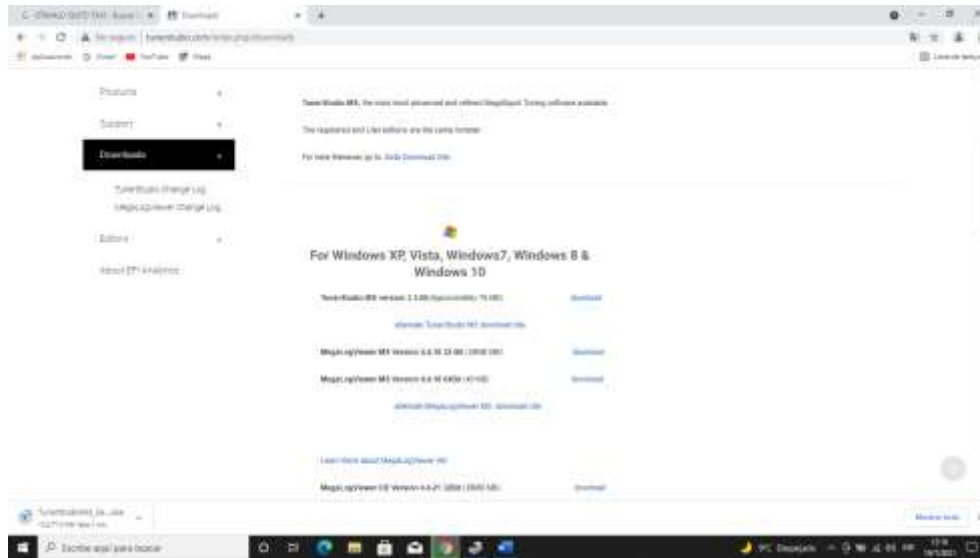
Figura 47

Selección de instalador



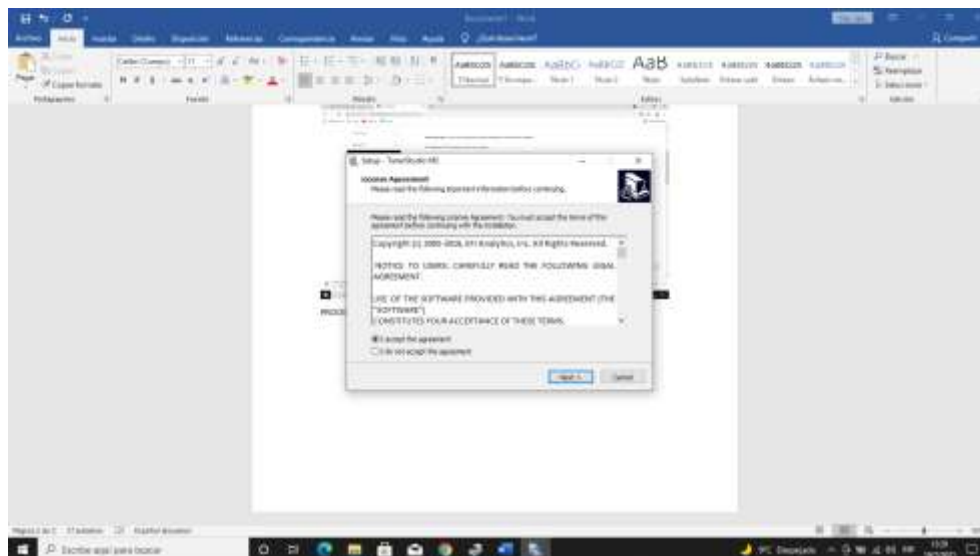
Nota. Elaboración propia.

- El siguiente paso es dar clic en descargar, y esperar que se descargue totalmente el instalador tal como se presenta en la figura 48.

Figura 48*Descargando el instalador*

Nota. Elaboración propia.

- Posteriormente exponemos el siguiente paso en la figura 49 damos doble clic sobre la descarga, aceptamos condiciones de uso del programa y damos clic en siguiente.

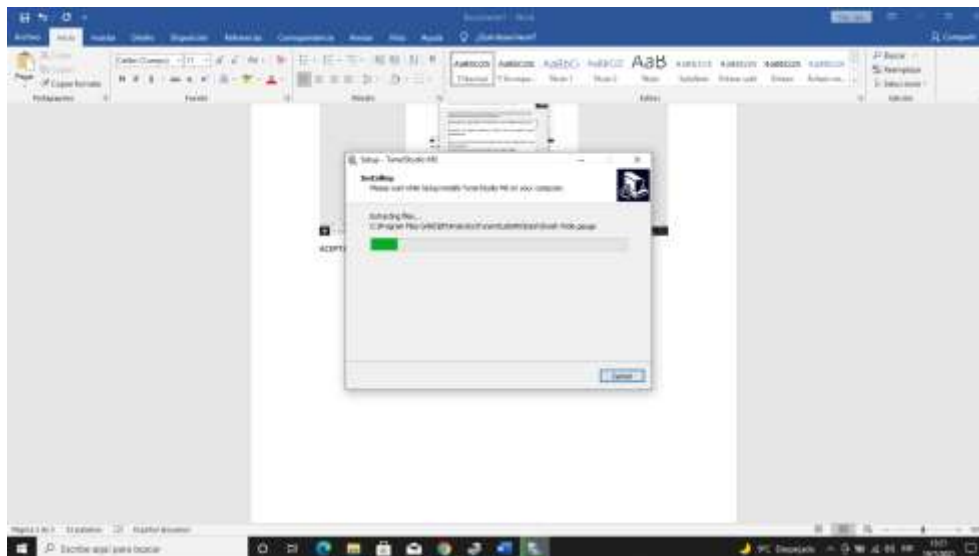
Figura 49*Inicio del proceso de instalación*

Nota. Elaboración propia.

- Esperamos a que el programa se termine de instalar y finalizamos con la instalación como se aprecia en la figura 50.

Figura 50

Finalizando el proceso de instalación



Nota. Elaboración propia.

- Para cerciorarnos que la instalación fue exitosa abrimos el programa como se observa en la figura 51.

Figura 51

TunerStudio instalado



Nota. Elaboración propia.

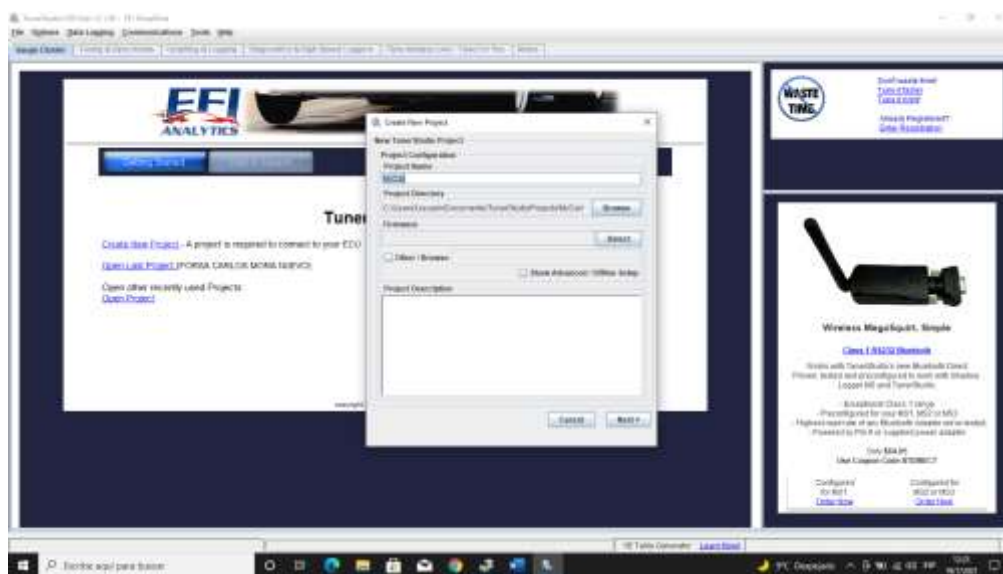
3.6 Programación de la MegaSquirt

Para iniciar con la programación de la computadora debemos tener en cuenta lo siguiente: Revisión mecánica del auto, batería estable con una carga mínima de 12,5 voltios y poner en contacto el vehículo.

- Como primer paso es abrir Tuner Studio, luego damos clic en crear nuevo proyecto y visualizaremos la siguiente ventana que se aprecia en la figura 52.

Figura 52

Creación de nuevo proyecto

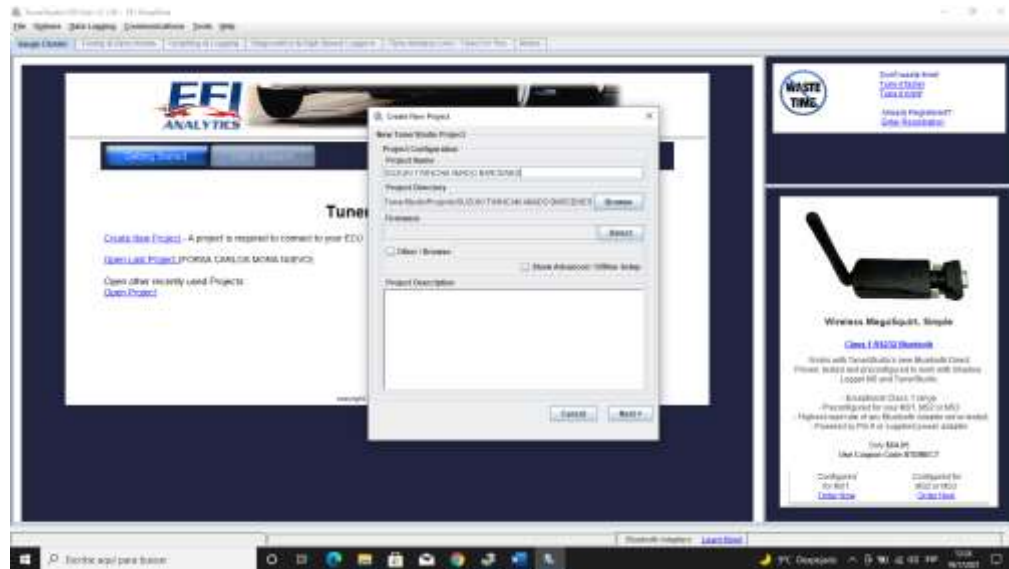


Nota. Elaboración propia.

- Cambiamos el nombre del proyecto a conveniencia como se observa en la figura 53 y poder diferenciarlos de otros proyectos.

Figura 53

Modificación del nombre del proyecto

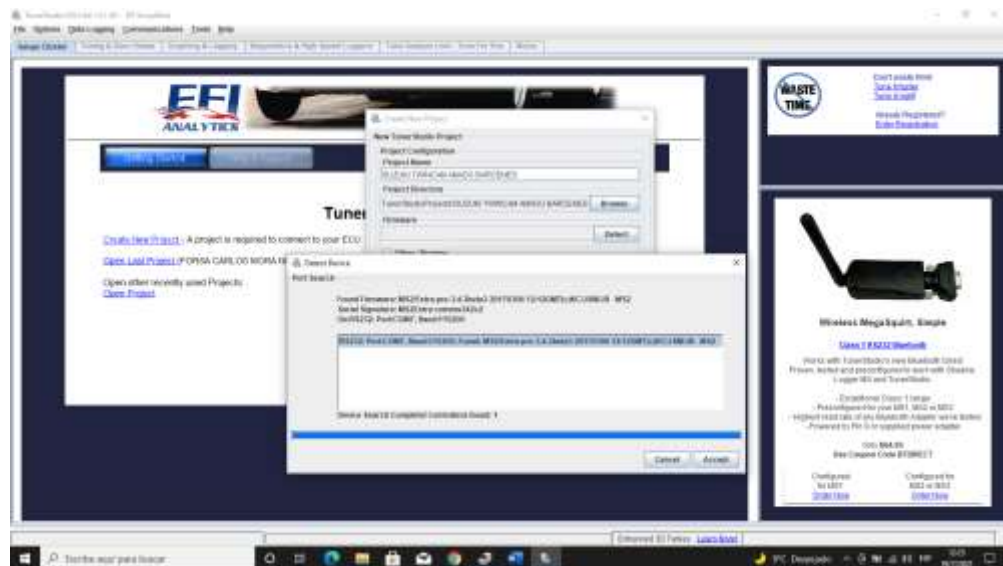


Nota. Elaboración propia.

- Dar clic en detectar y esperar a identificar el software serial de la ECU, esperamos que el serial sea detectado y damos clic en aceptar, así como observa en la figura 54.

Figura 54

Detectando la MegaSquirt

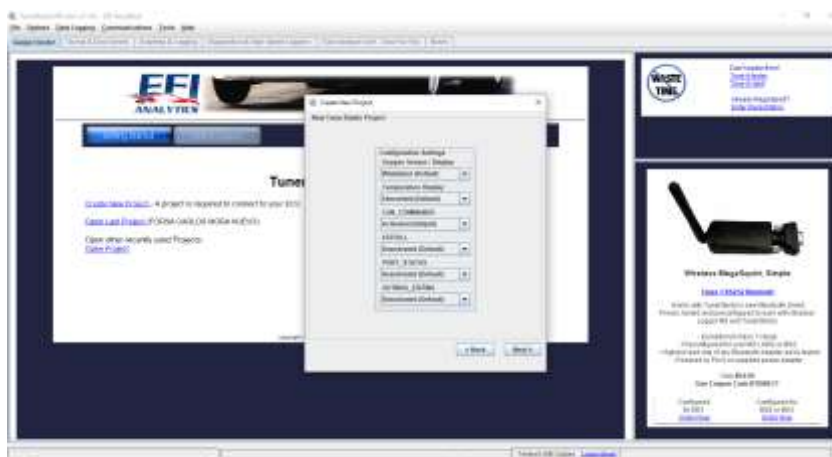


Nota. Elaboración propia.

- Visualizaremos la siguiente ventana que se expone en la figura 55 donde apreciamos las unidades de medida iniciales para la programación dejamos todo por default a excepción de la temperatura que cambiaremos a grados Celsius y damos clic en siguiente.

Figura 55

Configuración inicial de nuevo proyecto

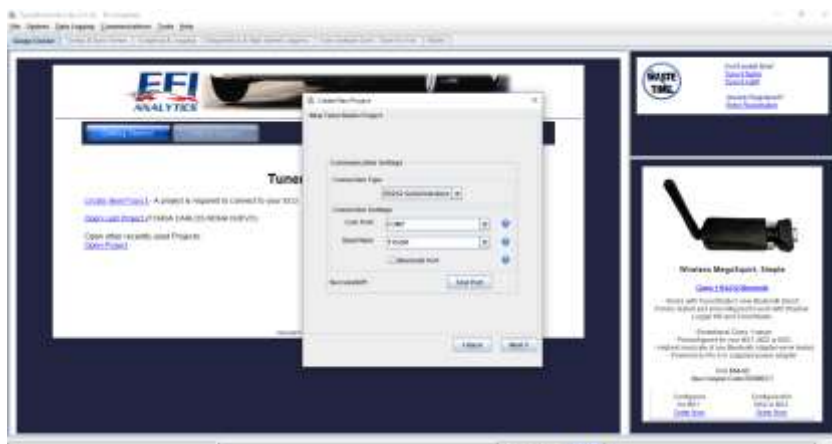


Nota. Elaboración propia.

- Haciendo correctamente los pasos mencionados anteriormente nos tendrá que aparecer la ventana siguiente que se aprecia en la figura 56 que ha sido identificado todo correctamente y damos clic en siguiente.

Figura 56

Cable serial detectado

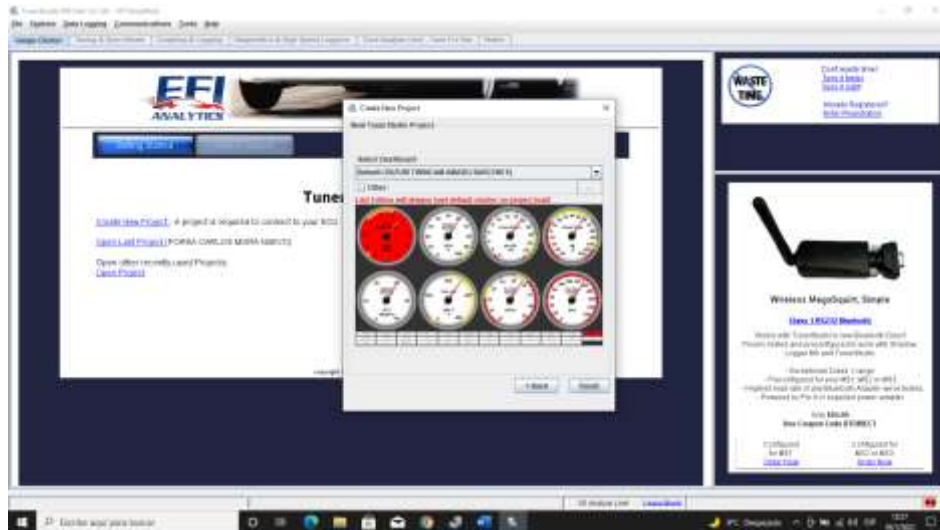


Nota. Elaboración propia.

- Visualizaremos esta ventana que se presenta en la figura 57 en la que aparecen algunos manómetros por default en la pantalla principal y damos clic en finalizar.

Figura 57

Selección del Dash principal

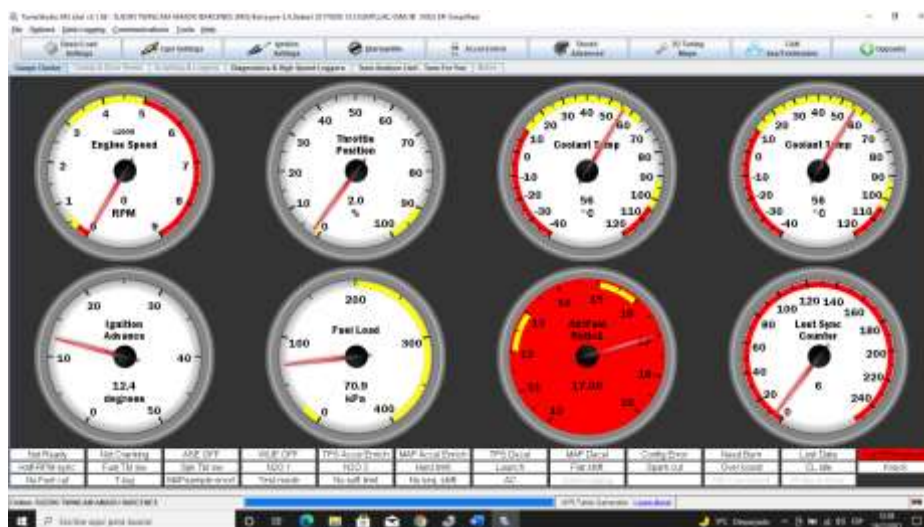


Nota. Elaboración propia.

- Una vez finalizada la configuración nos aparecerá el dash principal que se observa en la figura 58 con los valores obtenidos del motor a través de los diferentes sensores.

Figura 58

Dash principal



Nota. Elaboración propia.

- Luego seleccionamos los manómetros que nos van a ser más útiles para visualizar el trabajo del motor que son: Temperatura de refrigerante, temperatura de aire, voltaje de batería, vacío de motor (MAP), RPM de trabajo, apertura de TPS, mezcla de aire-combustible AFR, carga de combustible y avance en grados de chispa, como se observan en la figura 59.

Figura 59

Selección de manómetros principales

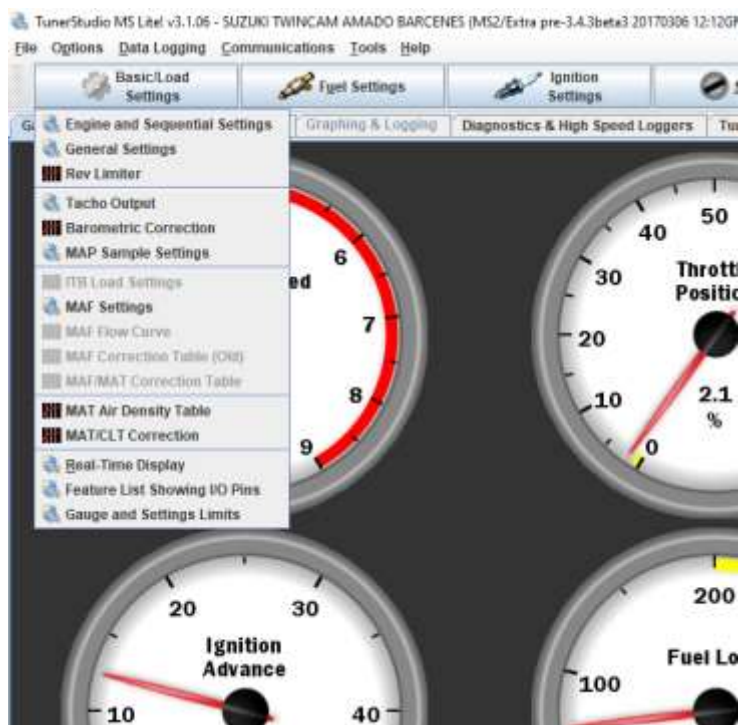


Nota. Elaboración propia.

- Nos dirigimos a configurar en Basic Setup – Engine and Sequential Settings, en la que se configura los parámetros generales del motor, así como el número de inyectores, el número de cilindros y la cantidad de carburante que se va a inyectar como se observa en la figura 60.

Figura 60

Pestaña del botón basic setup

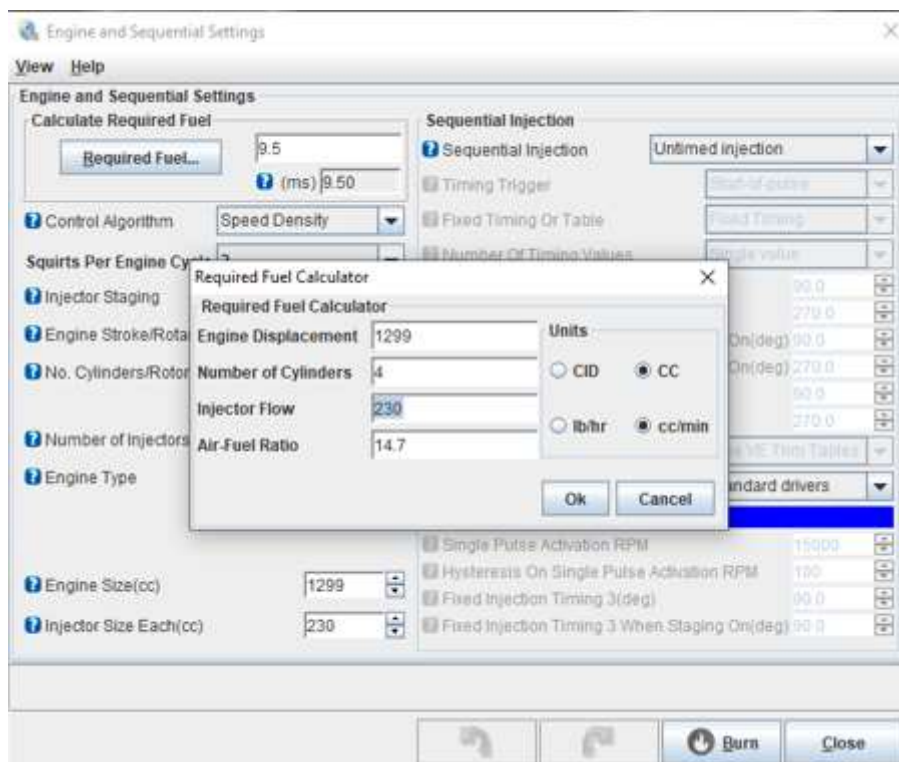


Nota. Elaboración propia.

- De esta forma tenemos acceso a la siguiente ventana que se observa en la figura 61 y configurar lo antes mencionado. En la cantidad de combustible requerido es el valor que requiere la MegaSquirt para determinar el tiempo de apertura y cierre de los inyectores, es decir una relación entre la cilindrada del motor y los inyectores. Si no conocemos el valor requerido el programa cuenta con una calculadora para obtener el valor exacto haciendo clic en el botón Required Fuel y nos piden datos como son: el número de cilindros, la cilindrada del motor, la mezcla estequiométrica y el caudal del inyector en este caso es de 230 cc/min es un dato del fabricante del inyector marca Keihin. Al final obtuvimos un valor de combustible requerido de 9.50 ms.

Figura 61

Ventana de engine and sequential settings



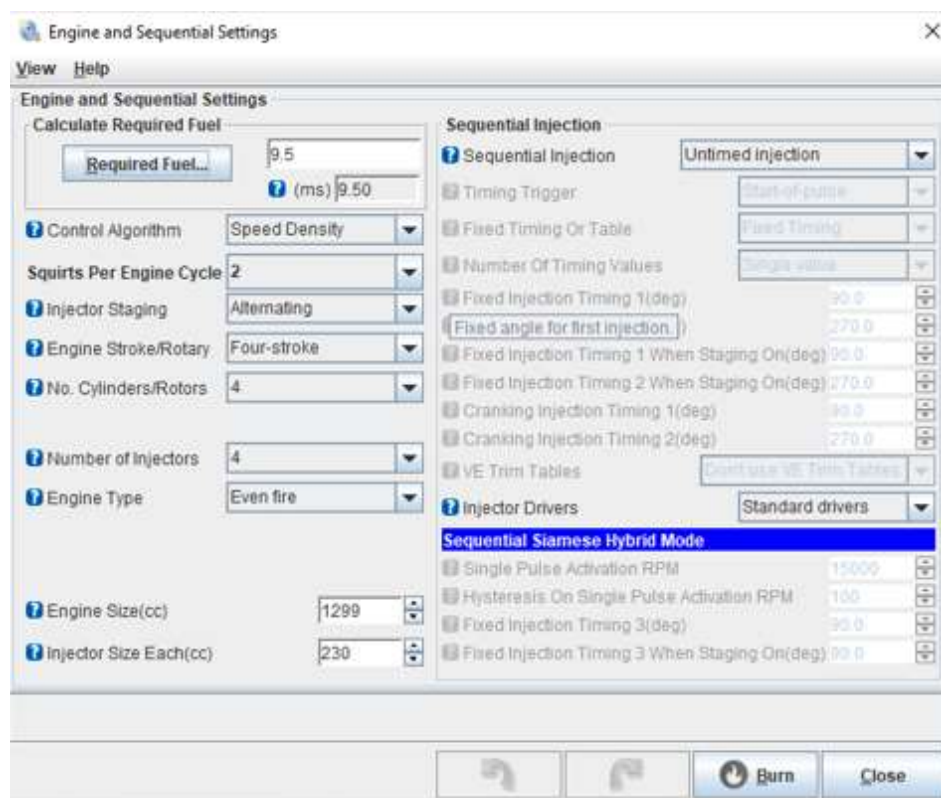
Nota. Elaboración propia.

- En algoritmo de control existen dos modalidades de funcionamiento para la inyección Speed Density y Alpha-N. En este caso seleccionados el modo de funcionamiento de la inyección a través de Speed Density, es decir que el cálculo de apertura del inyector se realizará a través de los datos del sensor MAP lo que se la conoce como una inyección mapeada a través de los datos del sensor Map. En el segundo caso Alpha-N es una inyección mapeada por los datos obtenidos del sensor TPS. Squirts per Engine Cycle indica la cantidad de disparos que da el inyector en cada ciclo, en este caso es de 2 cuyo dato es obtenido de una tabla predefinida por MegaSquirt que se encuentra en el anexo 1 con valores aceptados por la Ecu. En el tipo de inyección seleccionamos alternating ya que el tipo de inyección del motor es semi secuencial de 2 en 2 de manera que nos ayuda al barrido de gases de escape generando mezcla rica para el aumento de potencia en

cada ciclo. En tiempos del motor seleccionamos 4 por lo que el motor es de cuatro tiempos. En número de cilindros seleccionamos 4 al igual que en número de inyector ya que consta de un inyector por cilindro. Finalmente, en tipo de motor casi el 99% de los proyectos se selecciona EVEN FIRE ya que es un motor de funcionamiento con chispa. Estos pasos se muestran a continuación en la figura 62.

Figura 62

Configuración de engine and sequential settings

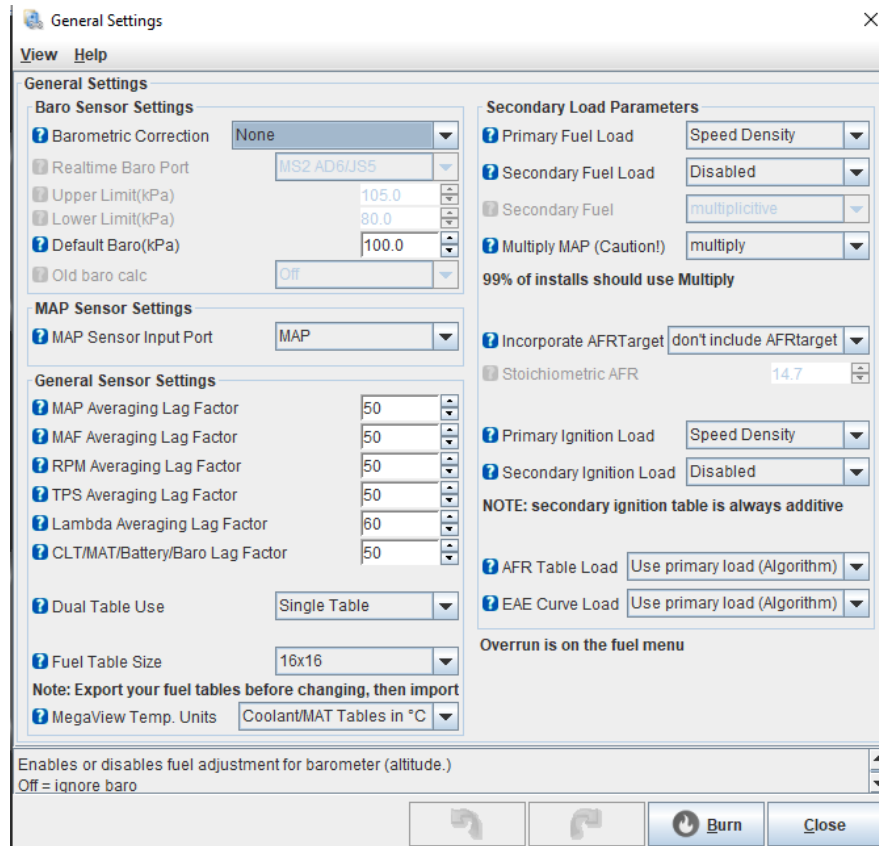


Nota. Elaboración propia.

- Lo siguiente es configurar General Settings que se encuentra dentro del botón Basic/Load settings tal como se expone en la figura 63, por lo general dejamos todos los datos por default con una excepción que describiremos en el siguiente paso.

Figura 63

Configuración de general settings

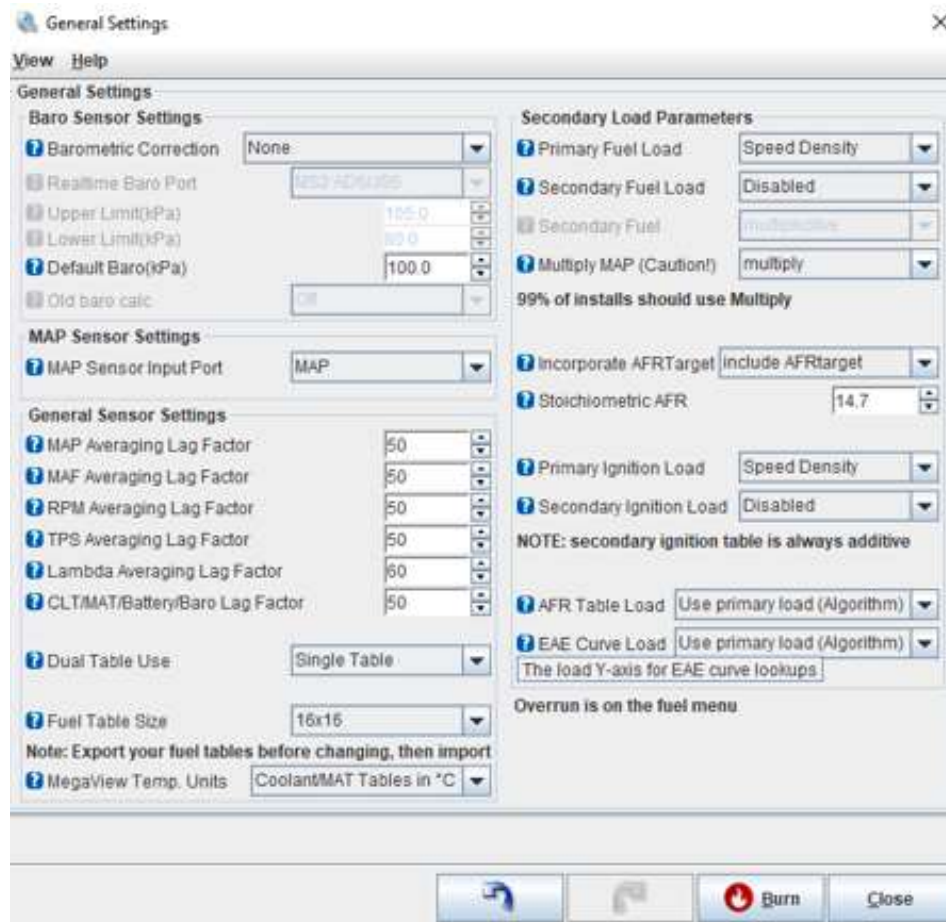


Nota. Elaboración propia.

- Tener en cuenta que la carga de combustible primario se encuentre en Speed Density que es lo mismo por vacío del motor ya que la ECU está mapeada por MAP. Luego seleccionamos en permitir el AFR Target que es la corrección de mezcla que se encuentra en la tabla Fuel VE 1 dada por la misma ECU. El AFR Target nos permite cumplir con los valores establecidos por la tabla Fuel VE 1 conforme el motor acelera es decir con una mezcla dada de forma automática como observamos en la figura 64.

Figura 64

Configuración de parámetros en general settings

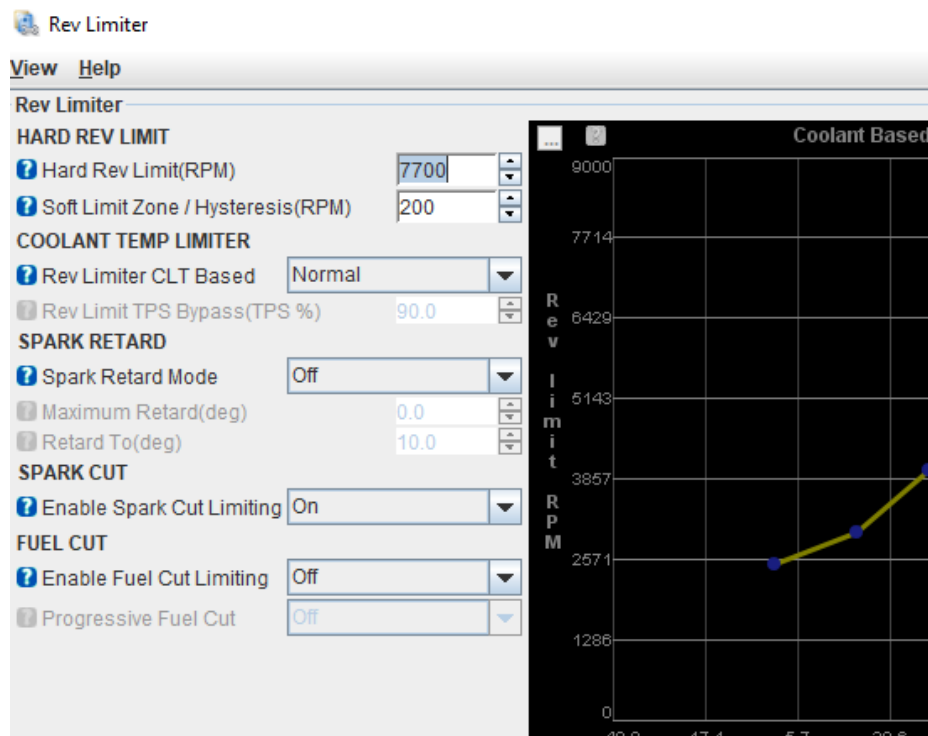


Nota. Elaboración propia.

- En el botón de Basic/ load settings seleccionamos Rev Limiter o limitador de revoluciones el cual está comandado por corte de chispa a 7700 RPM el corte total, pero tiene una histéresis de 200 RPM de seguridad es decir que a 7500 RPM da un pre corte se deben llenar los campos tal como se observa en la figura 65.

Figura 65

Configuración de rev limiter

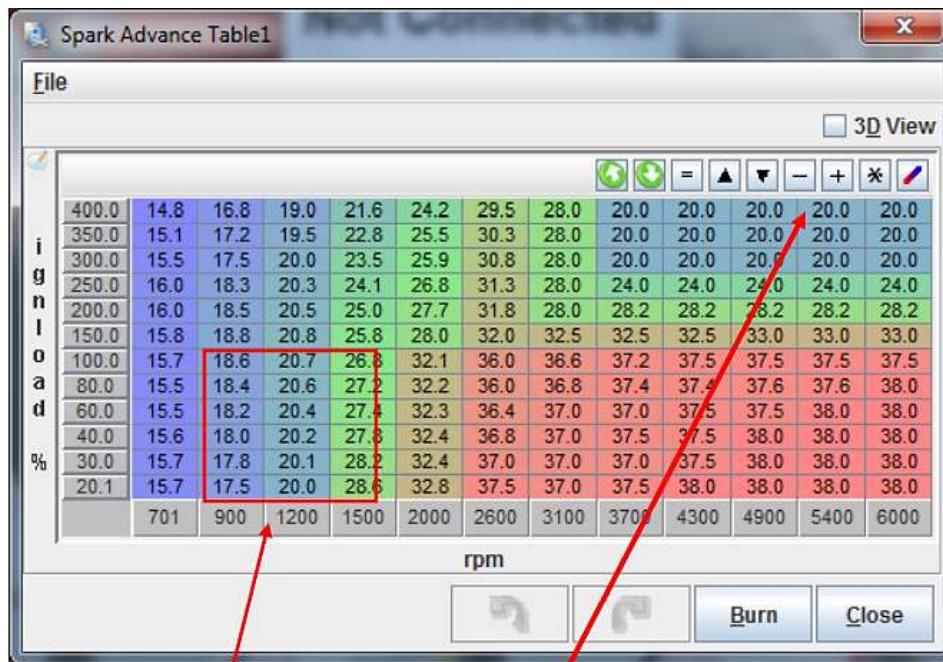


Nota. Elaboración propia.

- Nos dirigimos al botón Basic Setup y seleccionamos Ignition Table 1 como se observa en la figura 66 en la cual ya contamos con un mapa de avance definido por MegaSquirt con el cual obtendremos la mejor estrategia y adquirir el mejor desempeño del motor seleccionando las casillas y podemos sumar, restar, multiplicar o igualar los valores; estos cambios se lo realizan con el vehículo circulando o en un dinamómetro ya que se requiere modificar dependiendo las necesidades si queremos obtener el máximo del motor, cada vez que realicemos un cambio debemos dar clic en Burn y el auto hará una quedada porque obtuvo ese cambio. También podemos dejar definido por default.

Figura 66

Mapa de avance definido por MegaSquirt

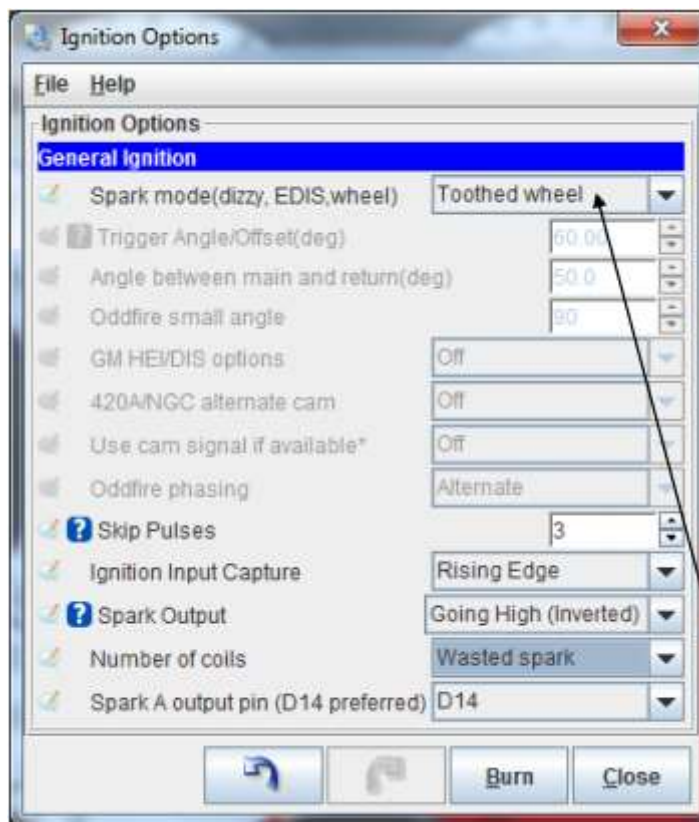


Nota. Elaboración propia.

- Para configurar la bobina nos dirigimos al tercer botón “Ignition Settings” en la pantalla principal y elegimos General Ignition, visualizaremos la ventana que se aprecia en la figura 67. En la primera opción seleccionamos Toothed Wheel, en Number of coils que indica el número de bobinas que vamos a utilizar, en caso de ser una sola bobina seleccionamos Single coil, en el caso de usar dos bobinas o un paquete de bobinas DIS como en este caso seleccionaremos Wasted spark. Las otras opciones no se cambian damos clic en Burn para grabar.

Figura 67

Configuración de bobina de encendido



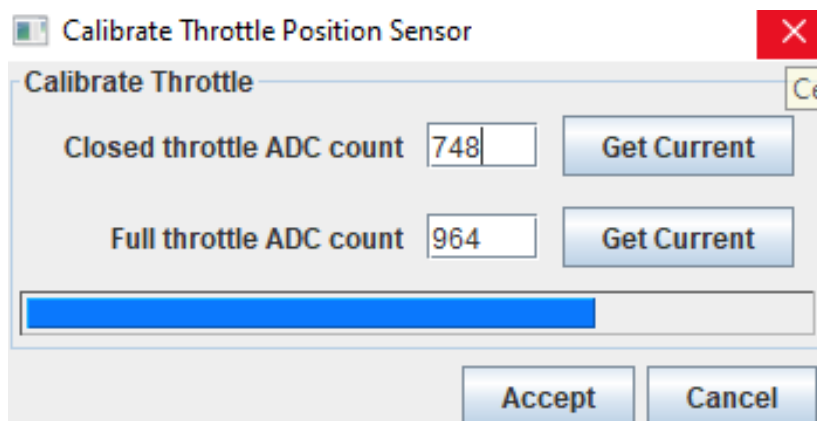
Nota. Elaboración propia.

- Lo siguiente es configurar de la rueda dentada nos dirigimos a Basic Setup y elegimos Trigger Wheel Settings y visualizaremos la ventana que se presenta en la figura 68. En la primera opción se refiere a la cantidad de dientes contando los dientes faltantes en este caso la rueda cuenta con 36 dientes menos 1. La segunda opción Missing Teeth indica la cantidad de dientes faltantes un valor estándar es 1 diente faltante para una rueda de 36 dientes y 2 dientes faltantes para una rueda de 60 dientes. La tercera opción Tooth Angle es el ángulo del sensor CKP al diente faltante encontrándose en el PMS, un valor estándar para una rueda de 36 dientes es de 80°. La siguiente opción la dejamos por default y para finalizar grabamos la configuración en el botón Burn.

Figura 68*Configuración de rueda dentada*

Nota. Elaboración propia.

- Para la calibración del sensor TPS en el dash principal damos clic derecho al manómetro de la posición del TPS y seleccionamos configurar y visualizaremos la ventana que se expone en la figura 69. Luego damos clic en Get current y va a determinar cuando la mariposa este totalmente cerrada luego damos clic en el siguiente botón de Get current y presionamos el acelerador totalmente con esto va a determinar la posición de la mariposa cuando esté totalmente abierta. Finalmente damos clic en aceptar.

Figura 69*Calibración del sensor TPS*

Nota. Elaboración propia.

- Para la calibración del sensor CLT en el mismo dash principal damos clic derecho en el manómetro de temperatura de refrigerante y seleccionamos configurar luego visualizaremos la siguiente ventana que se observa en la figura 70. En el primer casillero seleccionamos sensor de temperatura y los demás campos se llenarán por default. Finalmente damos clic en cerrar.

Figura 70

Calibración del sensor CLT

Calibrate Thermistor Tables...

Help

Calibrate Thermistor Tables...

Sensor Table
Coolant Temperature Sensor

Table Input Solution
3 Point Therm Generator

Thermistor Measurements

Common Sensor Values Select a Common Sensor

Bias Resistor Value (Ohms)

Fahrenheit Celsius

Temperature(°C)	Resistance (Ohms)

Select settings, click "Write to Controller"

Write to Controller

Close

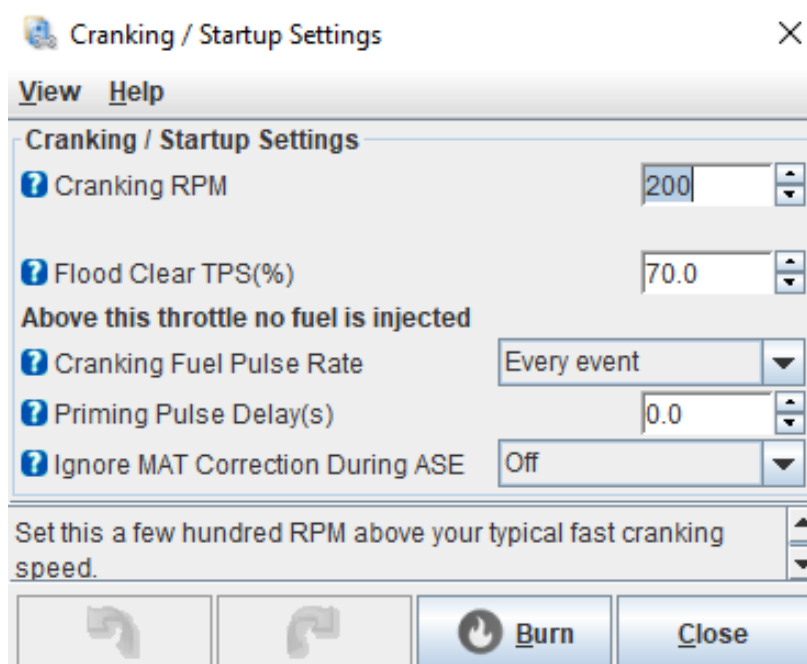
Nota. Elaboración propia.

- Para la configuración en el momento del arranque nos dirigimos al botón de Startup/Idle y seleccionamos Cracking/ Startup Settings tal como se observa en la figura 71. En Cracking RPM nos indica el máximo de RPM cuando el motor se encuentra en el proceso de arranque; en Flood clear TPS nos indica la posición en

porcentaje del TPS de tal modo que a esta apertura no habrá inyección de combustible si sobrepasa dicho valor, se lo configura para cuando quede ahogado al momento del arranque por mala puesta a punto. Lo demás dejamos por default damos clic en Burn para que los cambios se guarden.

Figura 71

Configuración de arranque del motor

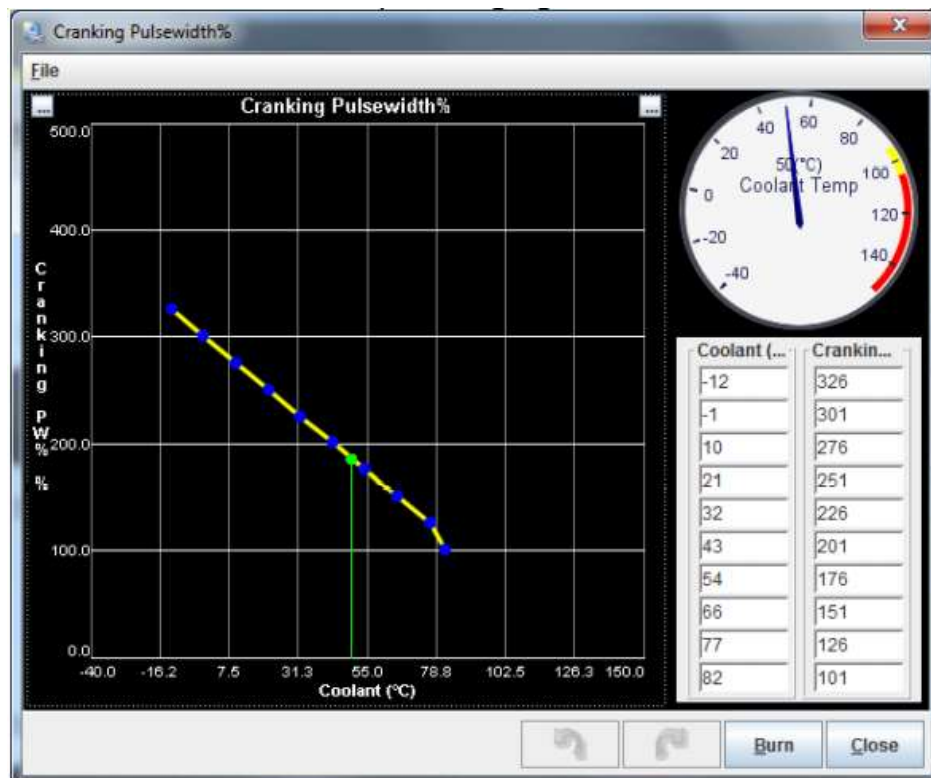


Nota. Elaboración propia.

- Dentro del botón Startup/Idle damos clic en Cracking Pulse se configura una cantidad de combustible adicional que se le añade al arrancar tal como se aprecia en la figura 72. Los valores que se visualizan vienen dados por default a lo que denominamos el ASE (After Start Enrichment) el cual presenta una tabla de tiempo, temperatura y porcentaje extra que se le añade al tiempo de apertura de los inyectores. Para que los cambios se guarden damos clic en Burn y luego cerrar.

Figura 72

Configuración de combustible extra para el arranque



Nota. Elaboración propia.

- Dentro del mismo botón de Starup/Idle vamos a seleccionar Warmup Enrichment cuando el motor no se encuentra en una temperatura de trabajo en necesario enriquecer mezcla o sebador por la que hay una tabla de temperatura VS porcentaje de enriquecimiento que podemos quitar en cuanto el motor alcance la temperatura de funcionamiento. Se observa a continuación en la figura 73, los valores por default que fueron calculados por la ECU, además si queremos modificar a nuestra conveniencia encontraremos una tabla en el ASE (After Start Enrichment). Para terminar clic en Burn y cerramos la ventana si ya no necesitamos hacer otro cambio.

3.7 Protocolo de Pruebas

Las pruebas de torque y potencia tanto para el motor estándar y motor modificado se realizaron en el dinamómetro del taller Espín competición situado en el Cantón Otavalo. En la figura 75 se observa el vehículo sobre el dinamómetro para evaluar el rendimiento en las diferentes pruebas.

Figura 75

Vehículo sobre el dinamómetro



Nota. Elaboración propia.

Capítulo IV

4 Análisis de Resultados

4.1 Análisis Comparativo de Rendimiento

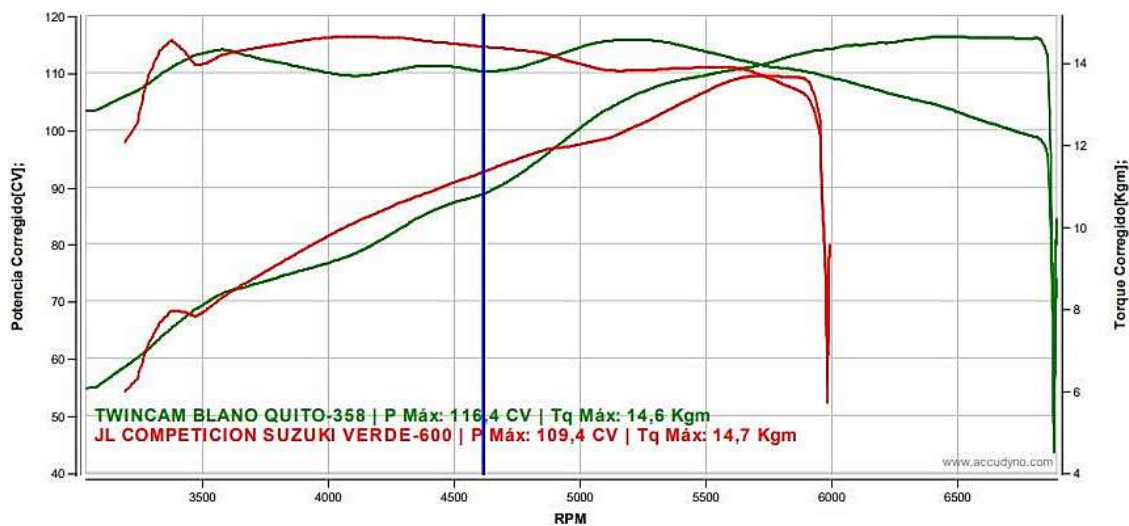
Se analizarán los valores obtenidos en el dinamómetro, se realizarán comparaciones entre los valores de torque y potencia entre el motor estándar y el motor modificado.

4.2 Datos Obtenidos de Torque y Potencia

En la figura 76 se observan las gráficas de torque y potencia del motor estándar con el nombre de Blanco Quito y del motor modificado con el nombre de Suzuki Verde para su respectivo estudio y análisis. Esta gráfica fue obtenida a través de las pruebas realizadas en el dinamómetro.

Figura 76

Gráficas de torque y potencia del motor estándar VS motor modificado

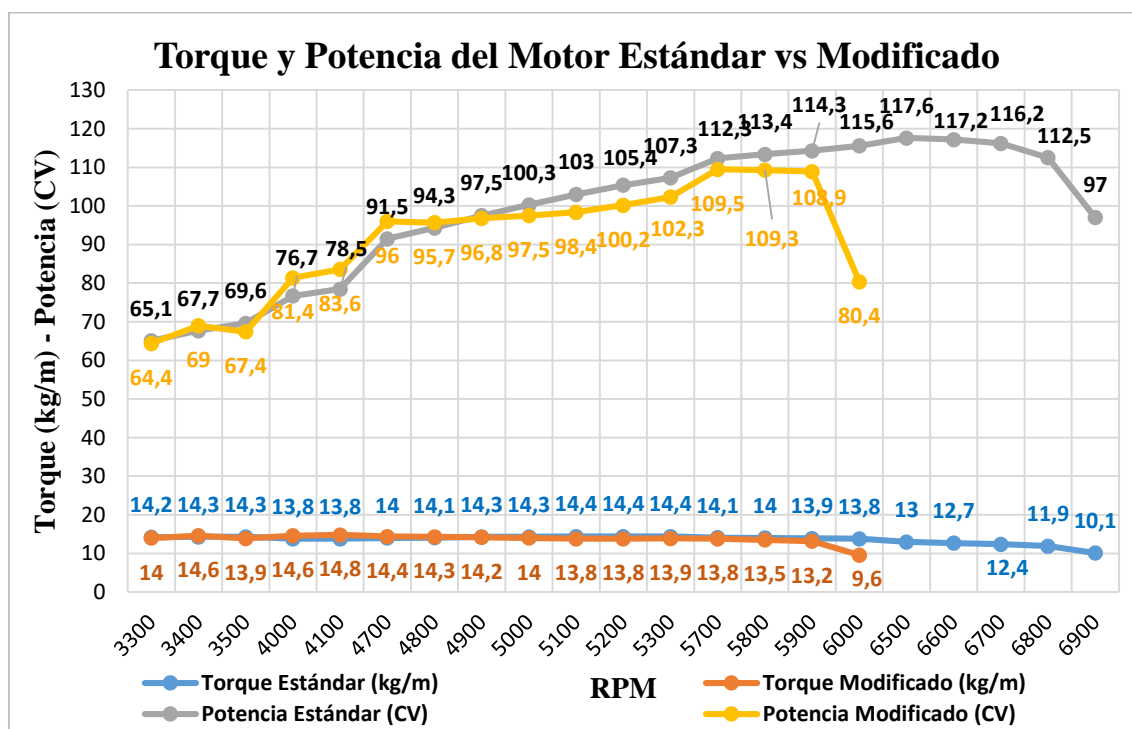


Nota. Elaboración propia.

En la figura 77 se visualizan las gráficas de torque y potencia del motor estándar y del motor modificado de una manera más clara que las gráficas obtenidas en el dinamómetro. Se aprecian las curvas con las etiquetas de los picos más sobresalientes tanto del torque como de la potencia.

Figura 77

Curvas de torque y potencia del motor estándar VS motor modificado



Nota. Elaboración propia.

4.3 Torque

Se estudiarán las gráficas y se presentarán los datos obtenidos en tablas de los valores conseguidos entre el motor estándar y el modificado hasta las 4700 RPM debido a fallas técnicas que presentó el motor modificado.

4.3.1 Pruebas de Torque del Motor Suzuki G13B Estándar

En la tabla 7 se observan todas las pruebas de torque a diferentes RPM que se le realizaron al vehículo en el dinamómetro antes de su modificación es decir con el motor estándar.

Tabla 7

Datos obtenidos de torque del motor estándar

RPM	Torque (kg/m)	Velocidad (km/h)
3300	14,2	60,1

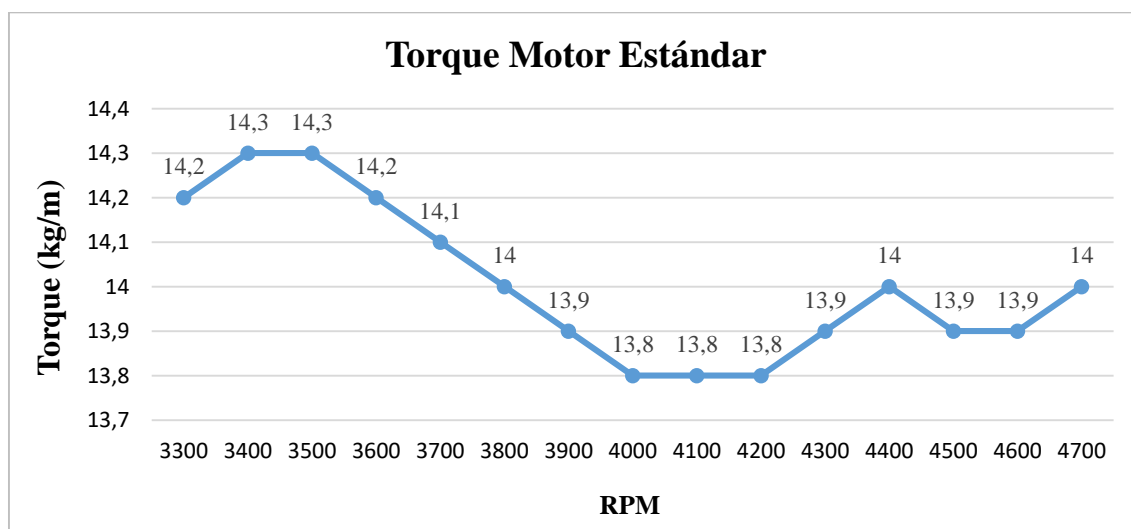
3400	14,3	62,0
3500	14,3	63,8
3600	14,2	65,7
3700	14,1	67,5
3800	14,0	69,3
3900	13,9	71,2
4000	13,8	73,0
4100	13,8	74,9
4200	13,8	76,7
4300	13,9	78,6
4400	14,0	80,4
4500	13,9	82,2
4600	13,9	84,1
4700	14,0	85,9

Nota. Elaboración propia.

4.3.1.1 Curva de Torque con el Motor Estándar. En la figura 78 graficamos los datos del torque que se obtuvieron en el dinamómetro, estos datos son del vehículo con el motor estándar.

Figura 78

Curva de torque del motor estándar



Nota. Elaboración propia.

4.3.2 Pruebas de Torque del Motor Suzuki G13B Implementado el Sistema

Independiente ITBS

En la tabla 8 se observan los valores adquiridos en el dinamómetro del torque con el motor implementado el sistema ITBS. Los datos son de las pruebas que fue sometido el vehículo hasta las 4700 RPM.

Tabla 8

Datos obtenidos de torque del motor modificado

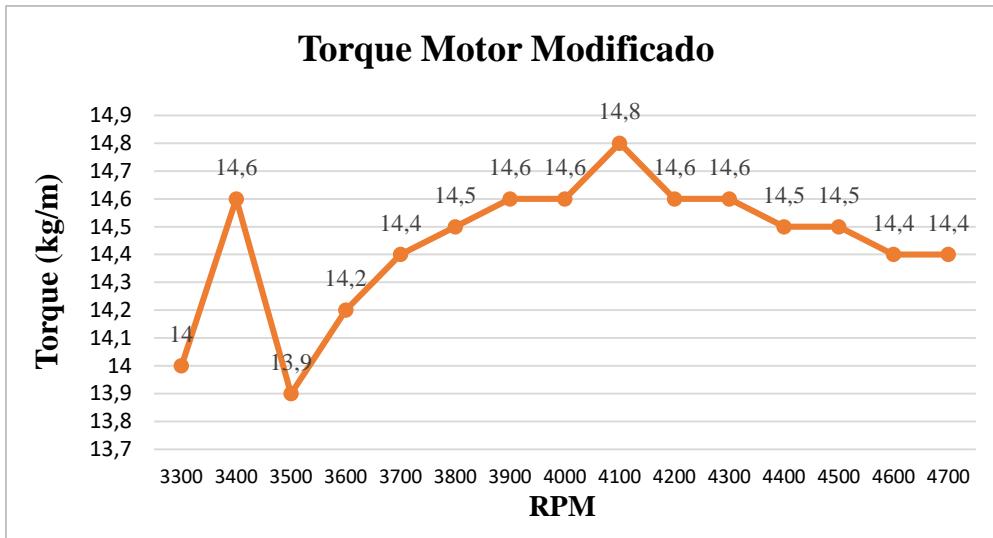
RPM	Torque (kg/m)	Velocidad (km/h)
3300	14,0	60,1
3400	14,6	62,0
3500	13,9	63,8
3600	14,2	65,7
3700	14,4	67,5
3800	14,5	69,3
3900	14,6	71,2
4000	14,6	73,0
4100	14,8	74,9
4200	14,6	76,7
4300	14,6	78,6
4400	14,5	80,4
4500	14,5	82,2
4600	14,4	84,1
4700	14,4	85,9

Nota. Elaboración propia.

4.3.2.1 Curva de Torque con el Motor Modificado. En la figura 79 graficamos los datos del torque que se obtuvieron en el dinamómetro, estos datos son del vehículo con el motor implementado el sistema ITBS.

Figura 79

Curva de torque del motor modificado



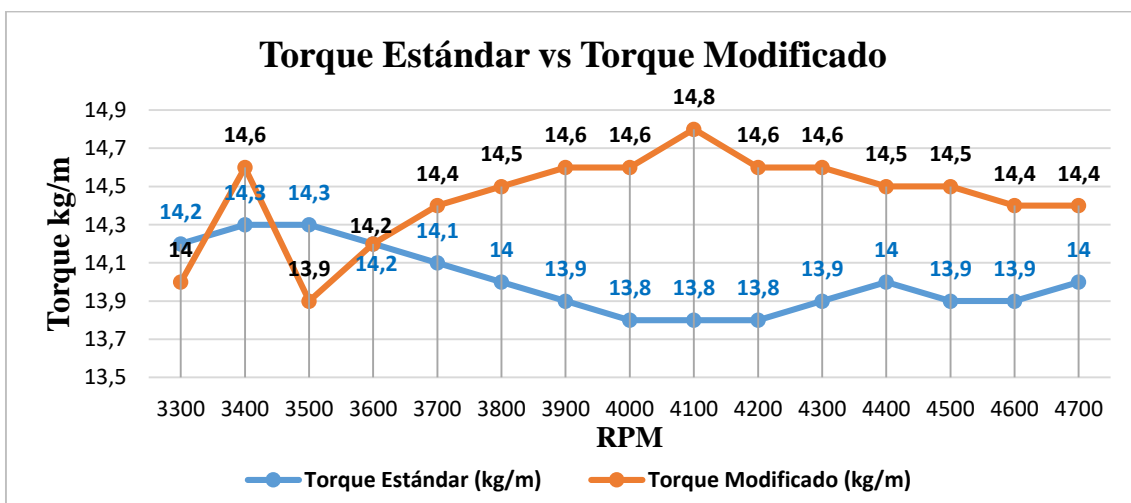
Nota. Elaboración propia.

4.3.3 Comparativa de Torque del Motor Estándar VS Motor Modificado

En la figura 80 se representa la comparativa del torque entre el motor estándar y el motor modificado. En las curvas se observa un aumento del torque con la aplicación del sistema de estrangulación ITBS, demostrando así la ganancia que se obtiene con las mejoras aplicadas al motor Suzuki G13B 1300 cc.

Figura 80

Curvas de torque del motor estándar VS motor modificado



Nota. Elaboración propia.

Se observa una gran diferencia en el motor que se implementó el sistema independiente ITBS a las 3500 RPM el torque tiene una caída, esto se debe a que el vehículo se encuentra estático en el dinamómetro y no existe una corriente de aire que permita una reacción inmediata es por eso que en estas revoluciones que está sincronizando el dinamómetro existe una sobrealimentación y no se da una mezcla ideal. Como el torque decayó el valor de la potencia también va a disminuir ya que la potencia se obtiene multiplicando el torque con las RPM del motor

4.3.4 Ganancia de Torque

En la tabla 9 se muestran los torques máximos que se obtuvieron en las diferentes pruebas a las que fue sometido el vehículo en el dinamómetro tanto con el motor estándar y con el motor modificado.

Tabla 9

Torques máximos obtenidos en el dinamómetro

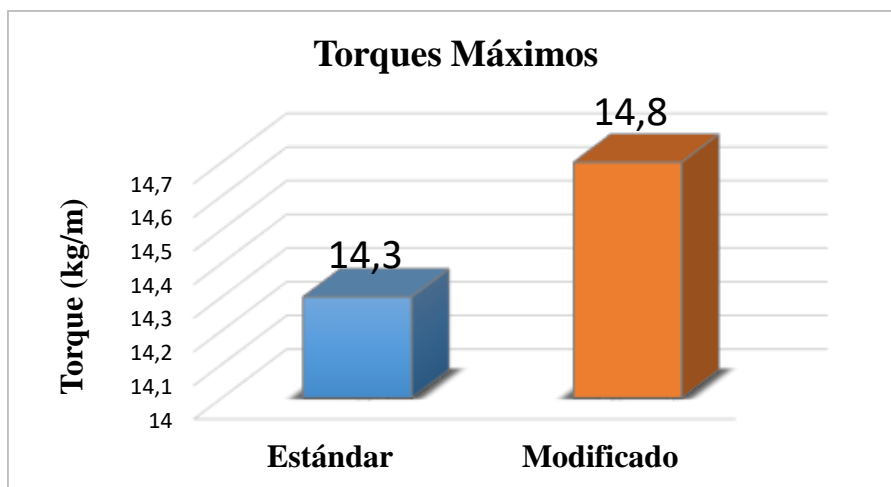
Parámetros	RPM	Torque Máx (kg/m)
Motor Estándar	3400 – 3500	14,3
Motor Modificado	4100	14,8
Ganancia neta		0,5
Porcentaje de ganancia		3,38%

Nota. Elaboración propia.

4.3.4.1 Torques Máximos. En la figura 81 representamos de manera gráfica el torque máximo obtenido en las pruebas ejecutadas en el dinamómetro con el motor estándar y el torque máximo conseguido con el motor implementando el sistema independiente ITBS. Se comprueba la eficiencia del sistema ITBS al obtener una ganancia en comparación con el motor sin modificarse.

Figura 81

Representación gráfica de torques máximos

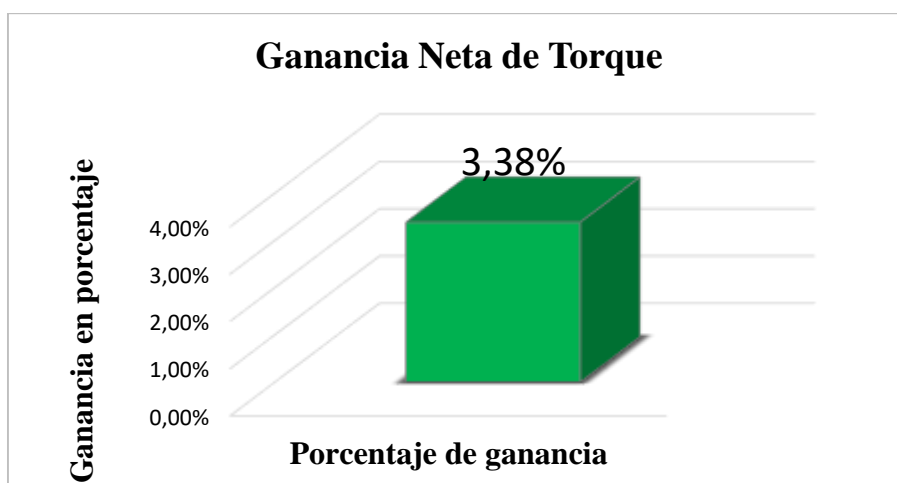


Nota. Elaboración propia.

4.3.4.2 Ganancia Neta de Torque. En la figura 82 representamos la ganancia neta en porcentaje del torque obtenido después de haber implementado el sistema independiente ITBS en el motor Suzuki G13B 1300 cc. Como se observa una ganancia considerable con solo la modificación del sistema de estrangulación, es decir sin modificar su cilindrada o cualquier otro tipo de modificación que se le pueda hacer al motor.

Figura 82

Representación gráfica de la ganancia neta



Nota. Elaboración propia.

4.4 Potencia

Se estudiarán las gráficas y se presentarán los datos obtenidos en tablas de la potencia alcanzada entre el motor estándar y el modificado.

4.4.1 Pruebas de Potencia del Motor Suzuki G13B Estándar

En la tabla 10 observamos los datos de potencia adquiridos en la prueba dinamométrica a la cual fue sometido el vehículo con el motor estándar.

Tabla 10

Datos obtenidos de potencia del motor estándar

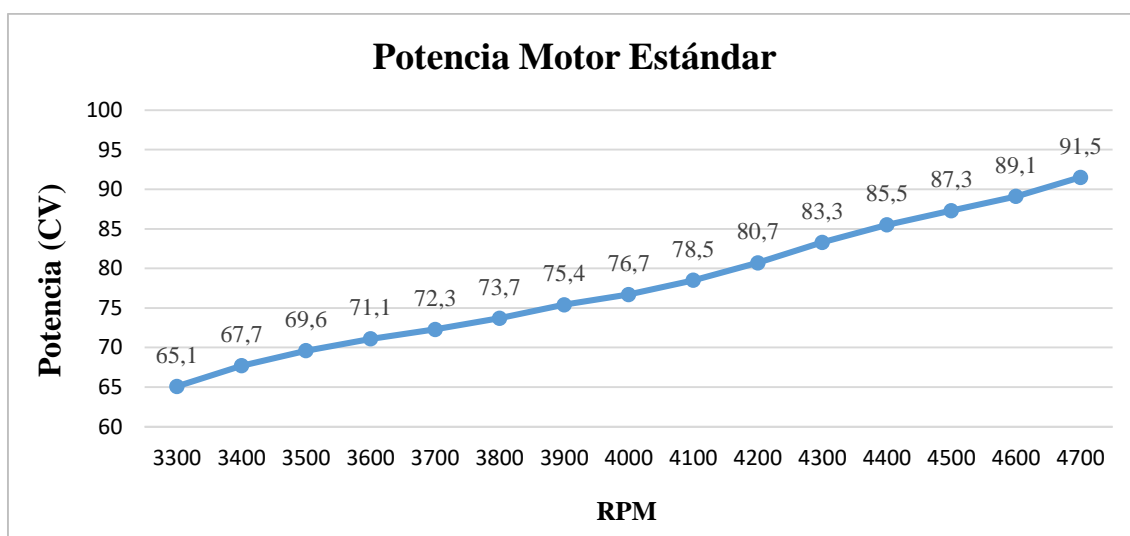
RPM	Potencia (CV)	Potencia Perdida (CV)	Velocidad (km/h)
3300	65,1	4,1	60,1
3400	67,7	4,3	62,0
3500	69,6	4,5	63,8
3600	71,1	4,7	65,7
3700	72,3	4,8	67,5
3800	73,7	5,0	69,3
3900	75,4	5,2	71,2
4000	76,7	5,3	73,0
4100	78,5	5,5	74,9
4200	80,7	5,7	76,7
4300	83,3	5,9	78,6
4400	85,5	6,1	80,4
4500	87,3	6,3	82,2
4600	89,1	6,4	84,1
4700	91,5	6,6	85,9

Nota. Elaboración propia.

4.4.1.1 Curva de Potencia con el Motor Estándar. En la figura 83 graficamos los datos de la potencia obtenidos en el dinamómetro, estos datos son del vehículo con el motor estándar.

Figura 83

Curva de potencia del motor estándar



Nota. Elaboración propia.

4.4.2 Pruebas de Potencia del Motor Suzuki G13B Implementado el Sistema

Independiente ITBS

En la tabla 11 se presentan los datos que son valores conseguidos en el dinamómetro con la implementación del sistema ITBS al motor estándar.

Tabla 11

Datos obtenidos de potencia del motor modificado

RPM	Potencia (CV)	Potencia Perdida (CV)	Velocidad (km/h)
3300	64,4	5,5	57,6
3400	69,0	5,6	59,3
3500	67,4	5,8	60,9
3600	71,1	6,1	62,7
3700	73,9	6,3	64,6

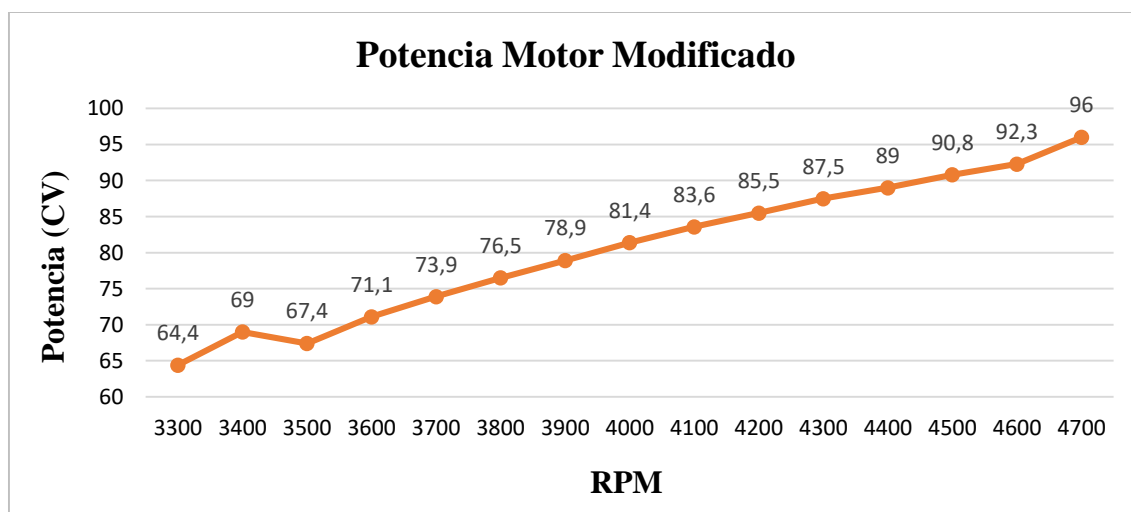
3800	76,5	6,5	66,4
3900	78,9	6,7	68,0
4000	81,4	6,9	69,9
4100	83,6	7,1	71,6
4200	85,5	7,4	73,4
4300	87,5	7,6	75,1
4400	89,0	7,7	76,9
4500	90,8	7,9	78,6
4600	92,3	8,1	80,4
4700	96,0	8,4	82,2

Nota. Elaboración propia.

4.4.2.1 Curva de Potencia con el Motor Modificado. En la figura 84 se representan los datos de la potencia que se obtuvieron en el dinamómetro, estos datos son del vehículo con el motor implementado el sistema ITBS hasta las 4700 RPM.

Figura 84

Curva de potencia del motor modificado



Nota. Elaboración propia.

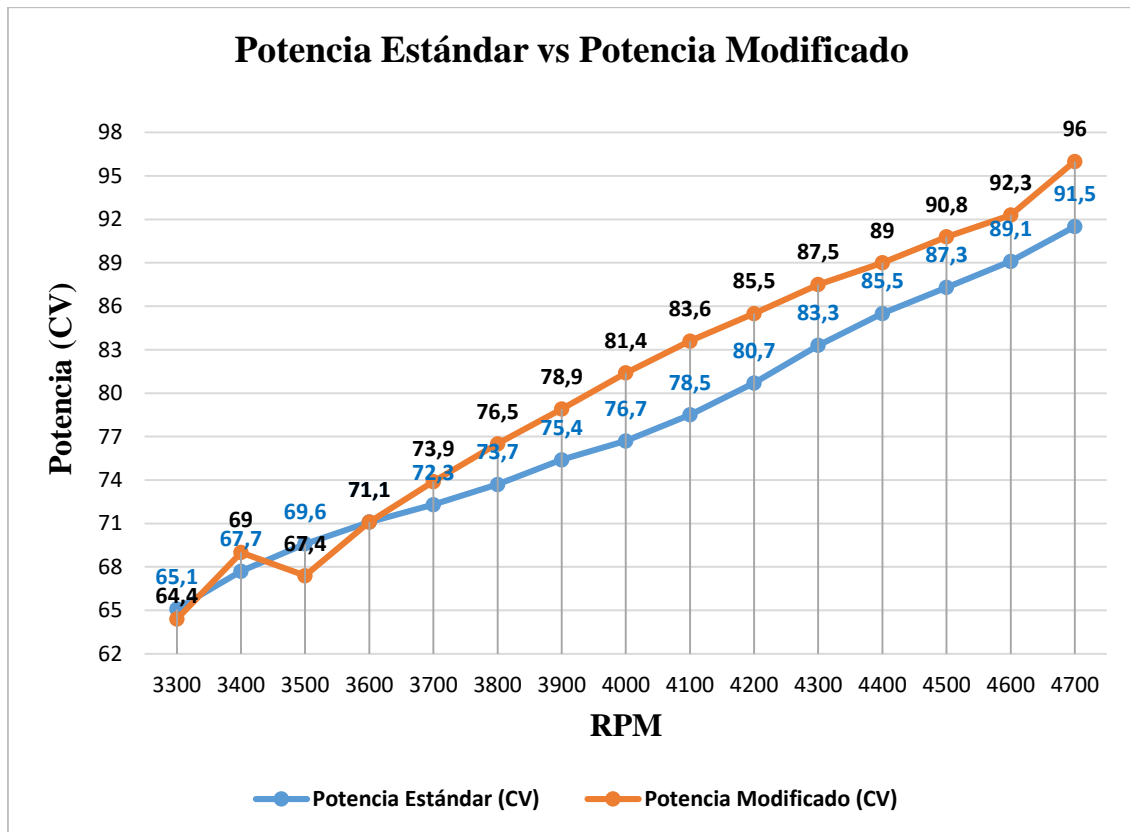
4.4.3 Comparativa de Potencia del Motor Estándar VS Motor Modificado

En la figura 85 se visualiza la comparativa de la potencia entre el motor estándar y el motor modificado. En las curvas se observa un incremento de la potencia con la

implementación del sistema independiente ITBS, demostrando así la ganancia que se logra con las mejoras aplicadas al motor Suzuki G13B 1300 cc.

Figura 85

Curvas de potencia del motor estándar VS motor modificado



Nota. Elaboración propia.

Como se explicó anteriormente sobre la caída que se da a las 3500 RPM del motor modificado, la potencia disminuye debido a que el torque también sufrió esta caída y ambos factores tienen relación, es decir si el torque disminuye la potencia también va a disminuir. Esta caída de potencia se dio por falta de aire en ese instante y no se generó una mezcla adecuada para que se genere una óptima combustión. A partir de esa caída la potencia va aumentando, lo que se demuestra la eficiencia del sistema de estrangulación independiente ITBS.

4.4.4 Ganancia de Potencia

En la tabla 12 se muestran las potencias máximas obtenidas en las diferentes pruebas realizadas al vehículo en el dinamómetro tanto con el motor estándar y con el motor modificado.

Tabla 12

Potencias máximas obtenidas en el dinamómetro

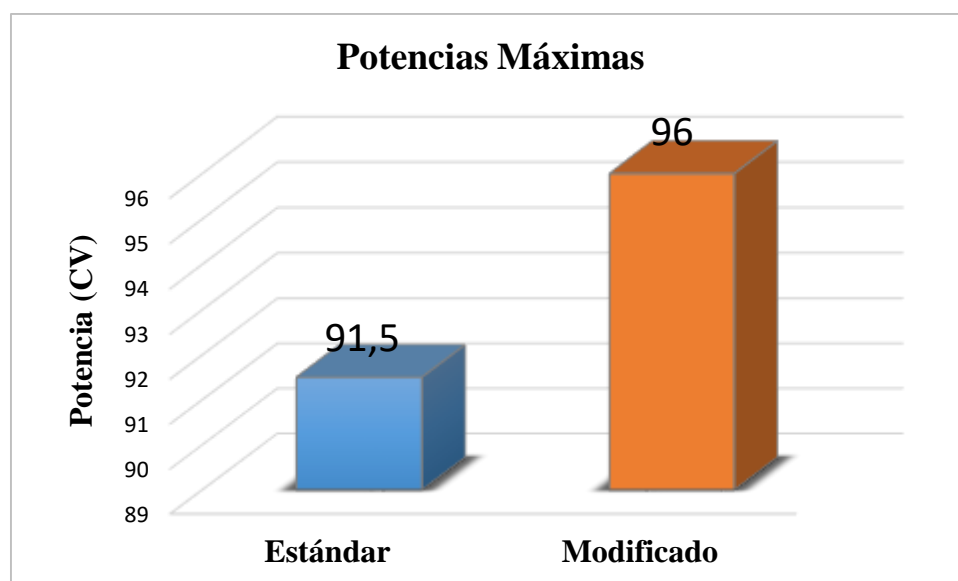
Parámetros	RPM	Potencia Máx (CV)
Estándar	4700	91,5
Modificado	4700	96
Ganancia neta		4,5
Porcentaje de ganancia		5,20 %

Nota. Elaboración propia.

4.4.4.1 Potencias Máximas. En la figura 86 representamos la potencia máxima obtenida con el motor estándar y la potencia máxima conseguida con el motor implementando el sistema independiente ITBS.

Figura 86

Representación gráfica de potencias máximas

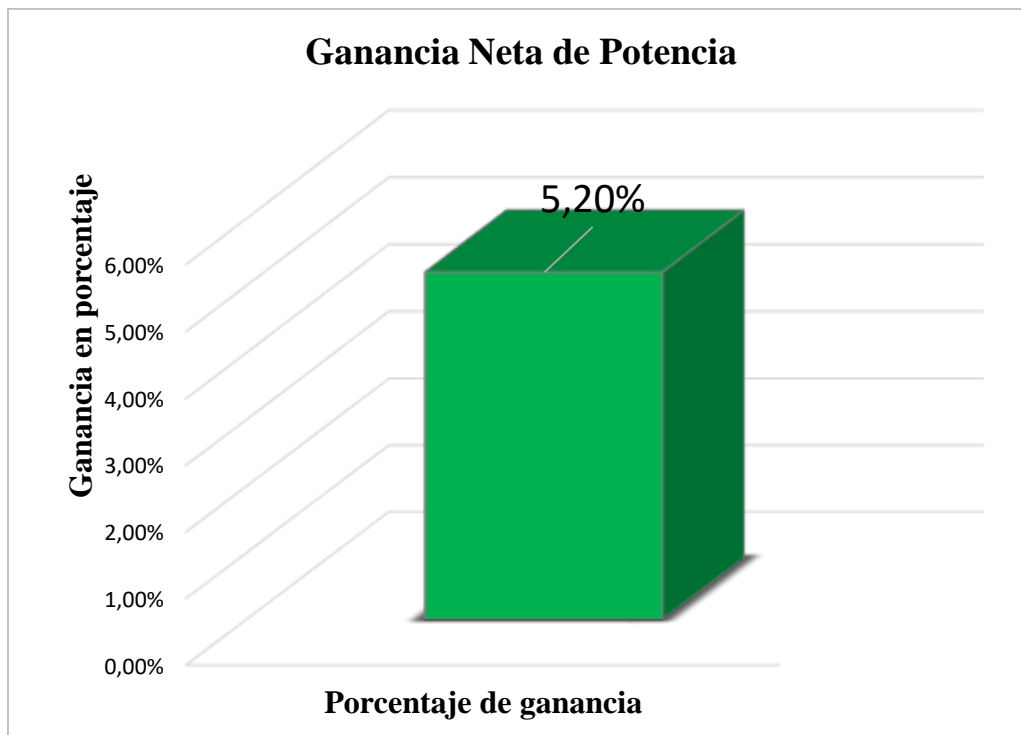


Nota. Elaboración propia.

4.4.4.2 Ganancia Neta. En la figura 87 representamos la ganancia neta en porcentaje de la potencia lograda después de haber implementado el sistema independiente ITBS en el motor Suzuki G13B 1300 cc.

Figura 87

Representación gráfica de la ganancia neta



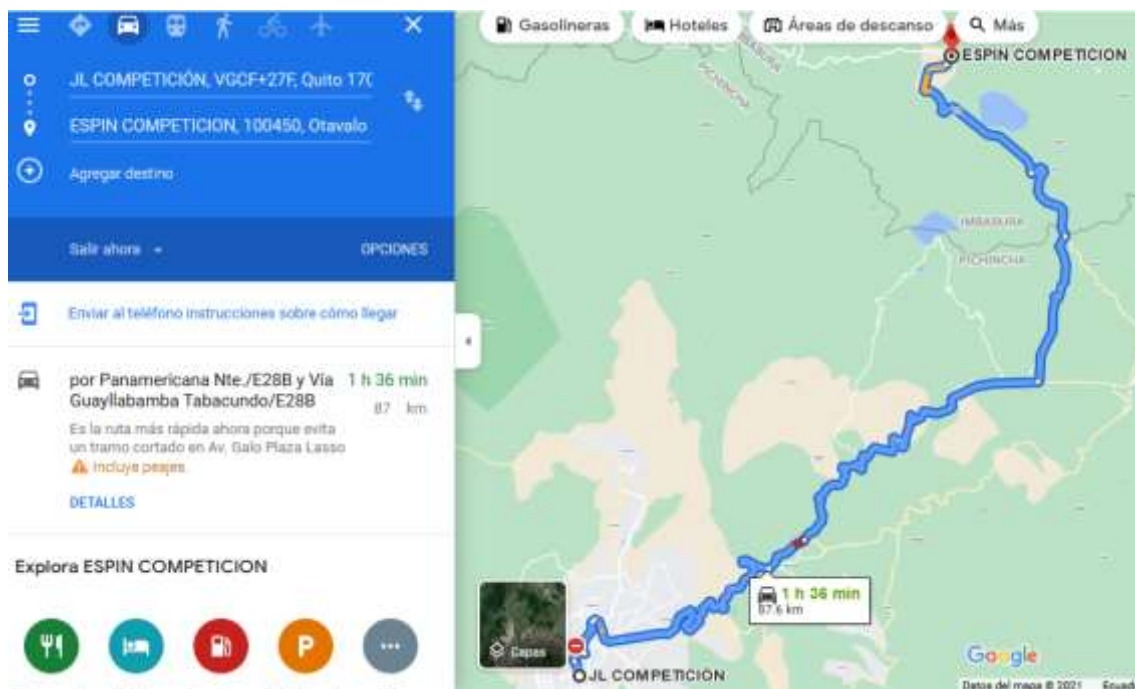
Nota. Elaboración propia.

4.5 Consumo

Para obtener el consumo del vehículo con el motor estándar y el motor modificado se realizaron pruebas de ruta. La ruta llevada a cabo fue de 87 km de distancia la cual cuenta con curvas, subidas y bajadas desde el taller de JL Competición ubicado en el sector Comité del Pueblo de la Ciudad de Quito hasta el taller de Espín Competición ubicado en el Cantón Otavalo, En la figura 88 se observa la ruta tomada para la prueba de consumo.

Figura 88

Ruta de la prueba de consumo



Adaptada de *Ruta Programada de Consumo* [Fotografía], Google Maps, 2021

(<https://www.google.com/maps/dir/JL+COMPETICIÓN,+Quito/ESPIN+COMPETICION,+100450,+Otavalo+100450/@0.0558369,-78.4726788,11z/data=!3m1!4b1!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x91d58521ff3e588b:0x14d3920c49c8bce8!2m2!1d-78.4768734!2d-0.129933!1m5!1m1!1s0x8e2a150fc3ef07ab:0x8df9b2a9e37a4003!2m2!1d-78.2534391!2d0.2416027!3e0>).

4.5.1 Análisis de Consumo con el Motor Estándar

Para iniciar con el cálculo de consumo del motor estándar se llenó completamente el tanque de combustible obteniendo el primer valor de la cantidad de litros y galones de combustible del vehículo, luego se realizó el recorrido de la ruta programada anteriormente y al llegar al punto de finalización de la ruta se completó el tanque de combustible donde se obtuvo el otro valor de la cantidad de gasolina consumida.

Tanque lleno: 10 Galones / 37,85 Litros

Distancia recorrida: 87 km

Cantidad de combustible consumido: 9,42 Litros / 2,49 Galones

Con los datos obtenidos durante el recorrido procedemos a calcular con la fórmula de consumo la autonomía de kilómetros por litros que consume el vehículo con el motor sin modificarse.

$$\frac{\text{Kilómetros recorridos}}{\text{Litros consumidos}} = \frac{87 \text{ km}}{9,42 \text{ L}} = 9,24 \text{ km/L}$$

Para obtener la autonomía total en kilómetros del tanque lleno, es decir con 37,85 litros realizaremos una regla de tres con el dato obtenido en la prueba de ruta con un valor de consumo de 9,42 L en 87 Km de recorrido.

$$\frac{9,42 \text{ L}}{37,85 \text{ L}} \times \frac{87 \text{ km}}{x} = 350 \text{ km}$$

$$\frac{\text{Kilómetros recorridos}}{\text{Galones consumidos}} = \frac{350 \text{ km}}{10 \text{ gal}} = 35 \text{ km/gal}$$

En la tabla 13 se exponen los datos obtenidos a diferentes distancias de recorrido la cantidad de consumo de combustible del vehículo con el motor estándar. En esta tabla se evidencia que el consumo no es muy excesivo y que tiene una buena autonomía.

Tabla 13

Datos obtenidos de consumo del motor estándar

Distancia (km)	Consumo (Galones)	Consumo (Litros)
87	2,49	9,42
174	4,97	18,81
280	8	30,32
350	10	37,85

Nota. Elaboración propia.

4.5.2 Análisis de Consumo con el Motor Modificado

Para el cálculo de consumo del motor después de haber sido implementado el sistema independiente ITBS se realizó los mismos pasos que se hicieron con el motor

estándar. Se recargó el tanque de combustible en el taller de JL Competición que es el punto de partida, luego se procedió a realizar el recorrido de 87 km desde Quito a Otavalo y al llegar al taller de Espín Competición se completó el tanque de combustible obteniendo así la cantidad de combustible consumido con el motor modificado.

Tanque lleno: 10 Galones / 37,85 Litros

Distancia recorrida: 87 Km

Cantidad de combustible consumido: 11,73 Litros / 3,10 Galones

Con los datos obtenidos en el recorrido calculamos la autonomía de kilómetros por litros que consume el vehículo con el motor modificado.

$$\frac{\text{Kilómetros recorridos}}{\text{Litros consumidos}} = \frac{87 \text{ km}}{11,73 \text{ L}} = 7,41 \text{ km/L}$$

Para obtener la autonomía total del vehículo en kilómetros del tanque lleno, es decir con 37,85 litros realizamos una regla de tres con el dato obtenido en la prueba de ruta con un valor de consumo de 11,73 L en 87 km de recorrido.

$$\frac{11,73 \text{ L}}{37,85 \text{ L}} \times \frac{87 \text{ km}}{x} = 280,7 \text{ km}$$

$$\frac{\text{Kilómetros recorridos}}{\text{Galones consumidos}} = \frac{280,7 \text{ km}}{10 \text{ gal}} = 28,07 \text{ km/gal}$$

En la tabla 14 se observan los datos alcanzados a diferentes distancias de recorrido la cantidad de consumo de combustible del vehículo Suzuki con el motor G13B 1300 cc modificado, en la que podemos evidenciar que existe un incremento de consumo, ya que al constar con el sistema ITBS el rendimiento va a ser mayor que el motor estándar y por lo cual el consumo del combustible también se va a elevar. La autonomía del vehículo bajó debido a que la cantidad en kilómetros que se puede recorrer con el tanque lleno es de 70 km menos que con el motor estándar.

Tabla 14

Datos obtenidos de consumo del motor modificado

Distancia (km)	Consumo (Galones)	Consumo (Litros)
87	3,10	11,73
174	6,2	23,46
280	9,98	37,78
350	12,46	47,2

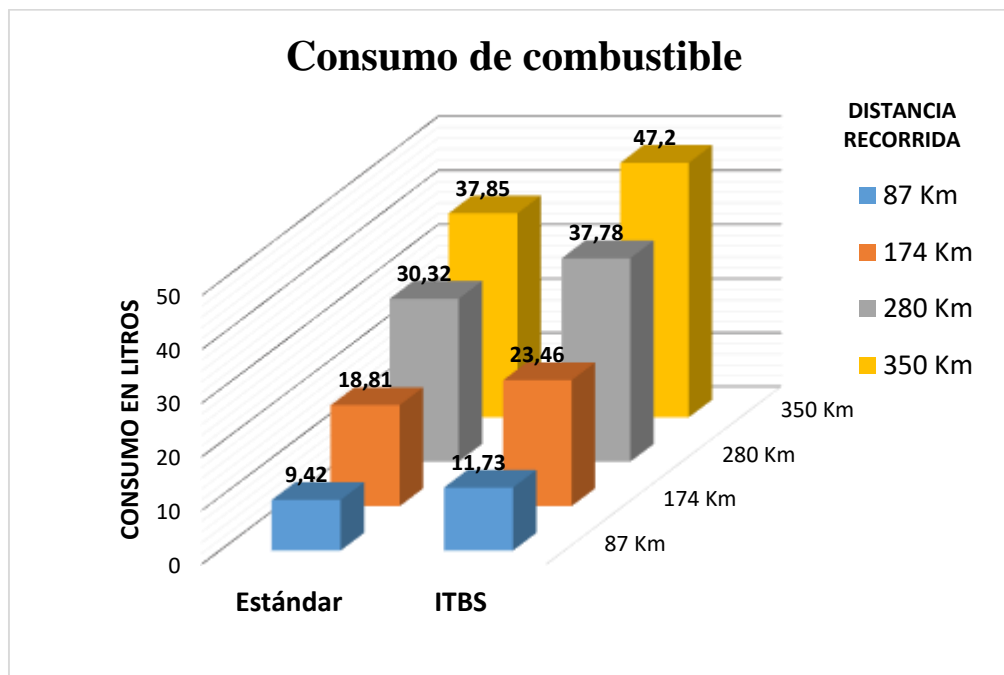
Nota. Elaboración propia.

4.5.3 Análisis Estadístico de Consumo

En la figura 89 comparamos los consumos de combustible entre el motor estándar y el motor modificado, en donde observamos un mayor consumo en el motor que se le implementó el sistema ITBS. Los datos que se muestran son realizados a diferentes distancias recorridas y cada una con su respectivo consumo en litros.

Figura 89

Representación gráfica del consumo de combustible

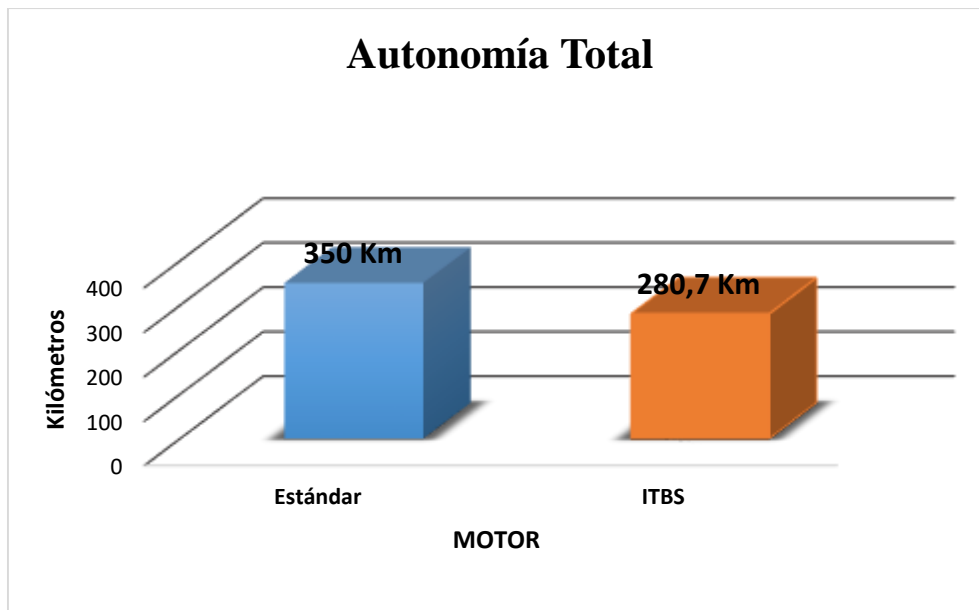


Nota. Elaboración propia.

En la figura 90 se representa la autonomía total del vehículo con el motor estándar y el motor modificado. Los datos que se muestran son los kilómetros de autonomía que se logra con el tanque lleno. Se puede evidenciar que el motor sin modificarse presenta una mayor autonomía, pero el motor modificado nos brinda un mayor torque y potencia lo que justifica el aumento del consumo.

Figura 90

Representación gráfica de la autonomía del vehículo



Nota. Elaboración propia.

Conclusiones

Finalizando el trabajo de estudio se concluye que:

- Con la adaptación del sistema independiente ITBS se logró obtener una potencia de 96 CV y un torque de 14,8 kg/m, mientras que con el motor estándar el torque era de 14,3 kg/m y la potencia de 91,5 CV. Por lo que el sistema implementado se considera muy eficaz en el estudio de este trabajo.
- Con la MegaSquirt 2Pro se logró configurar el mapa de inyección y el mapa de ignición, obteniendo el máximo desempeño del motor con una ganancia de 3,38 % en torque y 5,20 % en potencia, estos datos de ganancia son en comparación con el rendimiento del motor estándar.
- Implementado el sistema ITBS se elevó el consumo de combustible notablemente, antes de la modificación el consumo era de 9,24 km/L y luego de implementar el sistema ITBS el consumo fue de 7,41 km/L con un 19,81% de incremento, esto se determinó realizando una prueba de ruta con una distancia de 87 km.
- Se adaptaron varios componentes electrónicos que fueron de Chevrolet corsa B, Peugeot 206 y de la marca Keihin.
- Analizando la realización del proyecto en tema de costos, se concluye que existe una inversión de \$2610.

Recomendaciones

Finalizando el trabajo de estudio se recomienda que:

- Verificar ficha técnica del motor para realizar una correcta puesta a punto del motor.
- Asegurarse de tener una carga de la batería adecuada antes de empezar con la programación
- Revisar las conexiones de los sensores, actuadores y demás instalaciones para que puedan ser identificados por la ECU programable.
- Obtener todos los datos y características de los componentes que se encuentren instalados en el motor para poder programar sin ningún inconveniente.
- Colocar la ECU en un lugar fijo y que se encuentre aislada del exterior para que no existan daños de los componentes internos.
- Evitar el cambio de idioma en TunerStudio, ya que no está muy bien traducido así lo recomienda el manual de MegaSquirt.
- Programar la MegaSquirt con la versión del software más actualizada.
- Comprobar que el vehículo se encuentre en correctas condiciones mecánicas antes de la programación y pruebas que se le hagan al vehículo.
- Soldar todos los empalmes, uniones de cables y sockets en el arnés eléctrico del motor para evitar fallos de señales de lectura y activación.
- Colocar protección al cableado eléctrico evitando daños por la temperatura y las partículas de agua o polvo.

Bibliografía

- Aranguren, A. (19 de julio de 2018). *Motor DOHC*. Motoryracing:
<https://www.motoryracing.com/coches/noticias/conociendo-al-motor-dohc/>
- Autoavance. (2019). *Diagrama del Sensor Map [Fotografía]*. Autoavance:
<https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/sensor-map-para-que-sirve/>.
- Autodaewoospark. (2019). *Diagrama Eléctrico del Sensor TPS [Fotografía]*.
 Autodaewoospark: <https://www.autodaewoospark.com/sensor-TPS-Hyundai-Tucson.php>
- Bairesrobotics. (2015). *Historia de la MegaSquirt*. Bairesrobotics:
<https://www.bairesrobotics.com/2011/01/megasquirt-inyeccion-electronica-diy/>
- Belló, M. P. (2021). *Sistemas Auxiliares del Motor 3ra Edición*. España: Paraninfo.
- Calleja, D. G. (2018). *Motores Segunda Edición*. España: Paraninfo.
- Carros y Clásicos. (2016). *Suzuki Swift GTI MK2 [Fotografía]*. Carros y Clásicos:
<https://www.carrosyclasicos.com/historia/item/580-chevrolet-swift>
- Casado, E. Á. (2020). *Electricidad del Vehículo Segunda Edición*. Madrid, España:
 Paraninfo.
- Castillo, B. (2020). *Métodos de Investigación*. Guía Universitaria:
<https://gui auniversitaria.mx/6-tipos-de-metodos-de-investigacion/>
- Cochesyconcesionarios. (Marzo de 2003). *Características de Suzuki G13B*.
 Cochesyconcesionarios:
<https://www.cochesyconcesionarios.com/fichas/suzuki/swift/1320920001-prestaciones-dimensiones.html>
- Cochesyconcesionarios. (2015). *Tomada de Características de Suzuki G13B [Tabla]*.
 Cochesyconcesionarios:

- <https://www.cochesyconcesionarios.com/fichas/suzuki/swift/1320920001-prestaciones-dimensiones.html>
- E-auto. (2019). *Diagrama Eléctrico del Sensor ECT [Fotografía]*. E-auto: https://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=224
- Eldioxxtm. (Julio de 2018). *Suzuki Swift GTI MK1*. Eldioxxtm: <https://eldioxxtm.foroactivo.com/t445-suzuki-hizo-historia-con-su-gti>
- Eldioxxtn. (Julio de 2018). *Suzuki Swift GTI MK1 [Fotografía]*. Eldioxxtn: <https://eldioxxtm.foroactivo.com/t445-suzuki-hizo-historia-con-su-gti>
- Escudero, S. (2018). *Diagramas de Trabajo del Motor Otto [Fotografía]*. Madrid: MacMillan.
- Foroactivo. (29 de julio de 2018). *Tipos de Suzuki Swift GTI*. Foroactivo: <https://eldioxxtm.foroactivo.com/t445-suzuki-hizo-historia-con-su-gti>
- Foros Swift. (Marzo de 2007). *Sensores del Motor Suzuki G13B [Fotografía]*. Foros Swift: <https://www.foroswift.com.ar/viewtopic.php?t=49>
- García, G. (2015). *Clasificación de los Sistemas de Inyección*. Prueba de Ruta: <https://www.pruebaderuta.com/clasificacion-de-los-sistemas-de-inyeccion.php>
- García, G. M. (2015). *Cuerpo de Aceleración*. Prueba de Ruta.
- Gaston, G. (Abril de 2007). *Sensores Motor G13B*. Foro Swift: <https://www.foroswift.com.ar/viewtopic.php?t=49>
- González, M. M. (2015). *Técnicas Básicas de Electricidad de Vehículos*. España: Elearning S.L.
- Google Maps. (2021). *Ruta Programada de Consumo [Fotografía]*. Google Maps: <https://www.google.com/maps/dir/JL+COMPETICIÓN,+Quito/ESPIN+COMPETICION,+100450,+Otavalo+100450/@0.0558369,-78.4726788,11z/data=!3m1!4b1!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x91d58521ff3e588b>

- :0x14d3920c49c8bce8!2m2!1d-78.4768734!2d-0.129933!1m5!1m1!1s0x8e2a150fc3ef07ab:0
- Ingeniería y Mecánica. (2020). *Sensor CKP Inductivo [Fotografía]*. Ingeniería y Mecánica: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-de-posicion-de-ciguenal-ckp-y-como-funciona/>
- Km77. (2016). *Consumo específico*. Km77: <https://www.km77.com/glosario/consuespe>
- Laaps. (2019). *Diagrama Eléctrico del Sensor IAT [Fotografía]*. Laaps: <https://lapps.es/el-sensor-iat-del-automovil/>.
- López, M. L. (2017). *Circuitos Eléctricos Auxiliares del Vehículo*. España: Paraninfo.
- Melchor, J. R. (2012). *Mantenimiento de Sistemas Auxiliares del Motor de Ciclo Otto*. España: IC editorial.
- Miravete, J. C. (2012). *Mecánica del Automóvil Actualizada*. España: Reverté.
- Motor.es. (2015). *Potencia y Par Motor*. O Motor.es: <https://www.motor.es/que-es/potencia-par-motor>
- MotorGiga. (2018). *Colector de Admisión [Fotografía]*. MotorGiga: <https://motorgiga.com/notas-prensa/colector-de-escape-y-colector-de-admision-que-diferencia-existe-entre-estos-dos-elementos/gmx-niv185-con384420.htm>
- MotorGiga. (Marzo de 2018). *Inyección directa e Indirecta*. MotorGiga: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/inyeccion-definicion-significado/gmx-niv15-con194509.htm>
- MotorGiga. (2018). *Inyección Directa e indirecta [Fotografía]*. MotorGiga: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/inyeccion-definicion-significado/gmx-niv15-con194509.htm>
- Mundo Carros. (2013). *Múltiple de admisión*. Mundo Carros: <https://mundocarros.info/multiple-de-admision/>

- Mundo Carros. (2015). *Colector de admisión*. Mundo Carros:
<https://mundocarros.info/multiple-de-admision/>
- Mundo Carros. (2015). *Sensor flujo masa de aire-MAF*. Mundo Carros:
<https://mundocarros.info/sensor-maf/>
- Mundo Carros. (2016). *Computadora automotriz (ECU)*. Mundo Carros:
<https://mundocarros.info/computadora-automotriz-ecu/>
- Mundo Carros. (2016). *Sensor de temperatura de aire de entrada- IAT*. Mundo Carros:
<https://mundocarros.info/sensor-iat/>
- Mundo del Motor. (2015). *Función del Sistema De Inyección*. Mundo del Motor:
<https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-inyeccion/>
- Mundo del Motor. (2016). *Sistema de Encendido DIS*. Mundo del Motor:
<https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-encendido-dis/>
- Mundo Motor. (2015). *Sistema de Inyección a Gasolina [Fotografía]*. Mundo Motor:
<https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-inyeccion/>
- Muñoz, A. R. (2015). *Motores de Combustión Interna*. España: UNED.
- Nigrinis, R. (Septiembre de 2016). *Suzuki Swift MK2*. Carros y clásicos:
<https://www.carrosyclasicos.com/historia/item/580-chevrolet-swift>
- Pardiñas, J. (2018). *Sistemas Auxiliares del Motor*. España: Editex.
- Pascual, C. (2019). *Características del Motor Suzuki G13B*. Espirituracer:
<https://espirituracer.com/cochedeldia/coche-del-dia-suzuki-swift-gti/>
- Piratamotor. (2014). *Megasquirt MS2 V3*. Piratamotor:
<https://www.piratamotor.com/gestion-de-motor/megasquirt/megasquirt-ms2-v3>
- Piratamotor. (2015). *Coenctores de la ECM [Fotografía]*. Piratamotor:
<https://www.piratamotor.com/manuales-y-articulos/articulos-megasquirt/instalacion-megasquirt-competicion>

- Piratamotor. (2015). *Conexión Megasquirt competición*. Piratamotor:
<https://www.piratamotor.com/manuales-y-articulos/articulos-megasquirt/instalacion-megasquirt-competicion>
- Piratamotor. (2015). *Conexión Megasquirt competición*. Piratamotor:
<https://www.piratamotor.com/manuales-y-articulos/articulos-megasquirt/instalacion-megasquirt-competicion>
- Piratamotor. (2019). *Diagrama Eléctrico de la Bobina de Encendido [Fotografía]*.
Piratamotor: <https://www.piratamotor.com/manuales-y-articulos/articulos-megasquirt/instalacion-megasquirt-competicion>
- Piratamotor. (2019). *Salidas de Inyección [Fotografía]*. Piratamotor:
<https://www.piratamotor.com/manuales-y-articulos/articulos-megasquirt/instalacion-megasquirt-competicion>
- Prueba de Ruta. (2015). *Colector de Admisión*. Prueba de Ruta: www.pruebaderuta.com
- Prueba de Ruta. (2015). *Cuerpo de aceleración*. Prueba de Ruta:
<https://www.pruebaderuta.com/cuerpo-de-aceleracion-o-cuerpo-de-mariposa.php>
- Prueba de Ruta. (2016). *Clasificación de los sistemas de inyección*. Prueba de Ruta:
<https://www.pruebaderuta.com/clasificacion-de-los-sistemas-de-inyeccion.php>
- PSM-competición. (2018). *Diagrama Eléctrico MegaSquirt 2 Pro [Fotografía]*. PSM-Competición: <https://psm-competicion.com.ar>
- PSM-Competición. (2018). *Injections per Engine Cicle [Fotografía]*. PSM-Competición:
<https://psm-competicion.com.ar>
- PSM-Competición. (2018). *Rueda Fónica de 36 Dientes [Fotografía]*. PSM-Competición: <http://www.psm-competicion.com.ar>

- Ramos, E. (2014). *Métodos y técnicas de investigación*. Gestipolis:
<https://www.gestipolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion/>
- Ramos, E. (2018). *Métodos y Técnicas de Investigación*. Gestipolis:
<https://www.gestipolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion/>
- Sánchez, E. (2016). *Sistemas auxiliares del motor*. España: Macmillan Education.
- Sanchez, L. R. (2014). *Ventajas de la inyección electrónica*. Sistemas de Alimentación:
<https://sites.google.com/site/288sistemasdealimentacion/inyeccion-electronica/inyeccion-mecanica/inyeccion-electronica-1/ventajas-del-sistema>
- Secundino Escudero. (2018). *Ciclo Otto de Cuatro Tiempos*. Madrid: MacMillan.
- Sensor Automotriz. (2017). *Sensor de posición del cigüeñal - Sensor CKP*. Sensor Automotriz: <https://sensorautomotriz.com/sensor-ckp/>
- Shackur. (17 de Diciembre de 2009). *Suzuki Swift GTI Twin Cam 16v (mk2)*. Super 97:
<https://super97.wordpress.com/2009/12/17/suzuki-swift-gti-twin-cam-16v-mk2/>
- Shackur. (Diciembre de 2009). *Suzuki Swift 1.3 GTI MK3 [Fotografía]*. Shackur:
<https://super97.wordpress.com/2009/12/17/suzuki-swift-gti-twin-cam-16v-mk2/>
- Sólo para Mecánicos. (2014). *Inyección Monopunto [Fotografía]*. Sólo para Mecánicos:
<https://www.soloparamecanicos.com/sistemas-de-inyeccion-electronica/>
- Sólo para Mecánicos. (2014). *Sistemas de inyección electrónica*. Sólo para Mecánicos:
<https://www.soloparamecanicos.com/sistemas-de-inyeccion-electronica/>
- Tecnit. (2021). *Cable Serial RS232 [Fotografía]*. Tecnit:
<https://tecnit.com.ec/producto/cable-adaptador-trendnet-tu-s9-de-usb-a-serial-rs-232-db9-macho/>
- Ultimatespecs. (2015). *Ficha Técnica Suzuki G13B [Tabla]*. Ultimatespecs:
<https://www.ultimatespecs.com/es/car-specs/Suzuki/5879/Suzuki-Swift-II-13-GTi.html>

Ultimatespecs. (Abril de 2015). *Ficha Técnica Suzuki Swift*. Ultimatespecs:
<https://www.ultimatespecs.com/es/car-specs/Suzuki/5879/Suzuki-Swift-II-13-GTi.html>

Universidad Nacional de la Plata. (2013). *Funcionamiento del sistema de inyección electrónica*. Universidad Nacional de la Plata:
<https://unlp.edu.ar/frontend/media/98/27498/62e06ec1017260f88ab2f5b3bf9e5436.pdf>

Anexos

Anexo 1: Tabla de Squirts por Ciclo

		Cantidad de cilindros								
		1	2	3	4	5	6	8	10	12
Numero de disparos	1	OK	Solo Simultaneo	Solo Simultaneo	Solo Simultaneo	Solo Simultaneo	Solo Simultaneo	Solo Simultaneo	Solo Simultaneo	Solo Simultaneo
	2	no	OK	no	OK	no	OK	OK	OK	OK
	3	no	no	Solo Simultaneo	no	no	Solo Simultaneo	no	no	Solo Simultaneo
	4	no	no	no	OK	no	no	OK	no	OK
	5	no	no	no	no	Solo Simultaneo	no	no	Solo Simultaneo	no
	6	no	no	no	no	no	OK	no	no	OK
	7	no	no	no	no	no	no	no	no	no
	8	no	no	no	no	no	no	OK	no	no
	9	no	no	no	no	no	no	no	no	no
	10	no	no	no	no	no	no	no	OK	no
	11	no	no	no	no	no	no	no	no	no
	12	no	no	no	no	no	no	no	no	OK

Tomada de *Injections per Engine Cycle* [Fotografía], PSM-Competición, 2018 (<https://psm-competicion.com.ar>).