

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Proyecto de grado para la obtención del título de Ingeniería en Mecánica Automotriz

**Adaptación e implementación de un cabezote con dos árboles de levas e inyección
programable en un Chevrolet Forsa 1300cc de 8 válvulas**

Fabián José Cavadía Cevallos

Director: Ing. Oscar Villavicencio

Guayaquil, noviembre 2018

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

Yo, Fabián José Cavadía Cevallos, 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.

FABIÁN JOSÉ CAVADÍA CEVALLOS
CI. 0924986185

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Oscar Villavicencio

CERTIFICA

Que el trabajo de “ADAPTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN CABEZOTE CON DOS ÁRBOLES DE LEVAS E INYECCIÓN PROGRAMABLE EN UN CHEVROLET FORSA 1300cc DE 8 VÁLVULAS.” realizado por el estudiante: Fabián José Cavadía Cevallos ha sido guiado y revisado periódicamente, cumpliendo 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, si recomiendo su publicación. Este trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza el señor: Fabián José Cavadía Cevallos que lo entregue a la biblioteca de la facultad, en calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Noviembre del 2018

Ing. Oscar Villavicencio
Docente de catedra

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico en primer lugar a Dios por darme la fortaleza y por permitirme estar al lado de personas valiosas poniendo en ellas gran sabiduría la cual ayudo a que me guiaran por el buen camino en este proyecto.

A mis padres, Favio Cavadía y Edorey Cevallos por estar siempre apoyándome, por brindarme la confianza para poder desarrollar el proyecto, por enseñarme a que las cosas bien hechas llevan su toque artístico y no solo funcional.

A mi abuelita, Isabel Almentero quien seguramente estará orgullosa y observando este logro desde el cielo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque siempre puso a una persona ahí para darme el aliento, el conocimiento, la fuerza para seguir adelante y no dejarme caer.

A mi familia, mis padres Favio Cavadía, mi madre Edorey Cevallos, mi hermana Ysbeth Cavadía y mi primo hermano Nelson Córdova, por escucharme, por la paciencia y darme la seguridad de que esta carrera era la indicada para mí.

A mi novia, María Belén Sotomayor por levantarme el ánimo esos días en los que las cosas no salían bien, ella siempre tenía una palabra de aliento para ver los problemas como oportunidades y poder resolver de manera sencilla situaciones que no dejaron avanzar.

A mis amigos; Leonardo Parrales, Enrique Orrantía, Gloria Sornoza, Jordán Chango, Emanuel Montero, Andrés Collao, Ayron Villavicencio, por aportar a este proyecto con su ayuda, aquellos que sin pedir nada a cambio estaban ahí para darme la mano cuando lo necesité.

A mis docentes por compartir conmigo sus experiencias y poder darme ese conocimiento que me ha ayudado a formarme como una persona en el ámbito profesional.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD	iii
CERTIFICADO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I	1
1. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Elementos constructivos.	2
1.2.1 Elementos fijos.	2
1.2.1.1 Bloque.....	2
1.2.1.2 Culata	4
1.2.1.3 Cáster	5
1.2.2 Elementos móviles.....	6
1.2.2.1 Pistón	6
1.2.2.2 Biela	7
1.2.2.3 Cigüeñal	8
1.3 Sistemas auxiliares.....	9
1.3.1 La distribución	9
1.3.2 Sistema de refrigeración	11
1.3.3 Sistema de lubricación	12
1.3.4 Sistema de alimentación	12
1.4 Rendimiento volumétrico	13

1.4.1 Distribuciones multiválvulas	16
1.4.2 Múltiples de geometría variable	17
1.4.3 Distribuciones variables.....	18
1.5 Inyección electrónica	19
1.5.1 Sensores	21
1.5.1.1 Sensores de posición del cigüeñal	21
1.5.1.2 Sensor de posición de mariposa.....	22
1.5.1.3 Sensor de masa de aire.....	22
1.5.1.4 Sensor de temperatura.....	23
1.5.1.5 Sensor de oxígeno	23
1.5.2 Actuadores	25
1.5.2.1 Los inyectores	25
1.5.2.2 Válvula de ralentí.....	26
1.5.2.3 Admisión variable	26
1.5.2.4 Válvula EGR.....	26
1.5.2.5 Recirculación de gases de combustible	27
CAPÍTULO II.....	28
2. ADAPTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN.....	28
2.1 Adaptación de cabezote de dos árboles de levas.	28
2.1.1 Cabezote doble árbol de levas	29
2.2 Adaptación de cuerpos de aceleración independiente	35
2.3 Instalación de la computadora	38
2.3.1 Extracción de la antigua ECU.....	38
2.3.2 Opciones de computadoras	41
2.3.3 Instalación del nuevo cableado	42
2.3.3.1 Sensores	43
2.3.3.2 Actuadores	48

2.4 Programación de la computadora	51
2.4.1 Instalación.....	51
2.4.2 Configuración inicial	51
2.4.3 Calibración de sensores	53
2.4.3.1 Sensor de posición de mariposa TPS.	53
2.4.3.2 Sensores de temperatura de aire y refrigerante IAT y ECT	54
2.4.3.3 Calibrar sensor MAP	55
2.4.3.4 Calibrar sensor de oxígeno	55
2.4.4 Calibración de actuadores.....	55
2.4.4.1 Admisión de combustible	55
2.4.4.2 Configuración de la chispa	58
2.4.5 Configuración de arranque en frío	59
2.4.6 Tabla de eficiencia volumétrica.....	60
2.4.7 Tabla de AFR.....	61
2.4.8 Tabla de avance de chispa	62
2.4.9 Limitador de revoluciones	63
2.4.10 Salida para el electro ventilador.....	64
2.4.11 Enriquecimiento por aceleración	64
2.4.12 Control de largada.....	65
2.4.13 Adquisición de datos.....	66
CAPÍTULO III.....	68
3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	68
3.1 Dinamómetro	68
3.2 Análisis de gases.....	71
CAPÍTULO IV	73
4. Análisis de resultados	73
4.1 Resultados del dinamómetro.....	73

4.2 Resultados del análisis de gases.....	74
 CAPÍTULO V.....	 75
5. Conclusiones y recomendaciones.....	75
5.1 Conclusiones.....	75
5.2 Recomendaciones	75
Referencia Bibliografica	77
Anexos	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Bloque de motor	2
Figura 1.2 Disposición de cilindros.	3
Figura 1.3 Tipo de cilindros.....	4
Figura 1.4 Culata del motor	5
Figura 1.5 Cáster del motor	6
Figura 1.6 Partes de la biela.....	7
Figura 1.7. Cojinetes de biela ya colocados.....	8
Figura 1.8 Partes del cigüeñal.....	8
Figura 1.9 Tipos de accionamiento A. por correa. B. por cadena C. por engranes.	9
Figura 1.10 Sistema OHV.....	10
Figura 1.11 Sistema OHC.....	10
Figura 1.12 Cabezote de dos árboles de leva del Suzuki Swift GTI.	10
Figura 1.13 Circuito de refrigeración.	11
Figura 1.14 Circuito de lubricación.	12
Figura 1.15 Sistema de alimentación de combustible.....	13
Figura 1.16. Rendimiento volumétrico, izquierda 100% y derecha 50%.....	14
Figura 1.17 Sistema multiválvulas	17
Figura 1.18. Colector de geometría variable, izquierda para par y derecha potencia....	18
Figura 1.19 Variación de alzada en admisión y escape	19
Figura 1.20 Diagrama modificación de fase del árbol de levas en admisión y escape..	19
Figura 1.21 Variación de fase y alzada en admisión y escape.....	19
Figura 1.22. Sistema de control Bosch DI-Motronic.....	20
Figura 1.23. Señal de sensor CKP	21
Figura 1.24. Sensor TPS	22
Figura 1.25. Curva del sensor de temperatura tipo NTC.....	23
Figura 1.26. Gráfica de osciloscopio de un sensor de oxígeno en ciclo cerrado	24
Figura 1.27. Cables del sensor UEGO.....	25
Figura 1.28. Esquema del sistema de EVAP.	27
Figura 2.1. Forsa 2 SOCH.	28
Figura 2.2. Desarmado y limpieza de cabezote	29
Figura 2.3. Medición de planitud en la culata	30
Figura 2.4. Medición de la altura de las levas	31

Figura 2.5. Sustitución banda de distribución	33
Figura 2.6. Orden de apriete de una culata	33
Figura 2.7. Puntos de sincronización del motor	35
Figura 2.8. Cuerpo de aceleración independientes	36
Figura 2.9. Cuerpo de aceleración independiente montado en el cabezote.	36
Figura 2.10. Cuerpo de aceleración con manguera de vacío	37
Figura 2.11. Cuerpo de aceleración unidos al múltiple de admisión	38
Figura 2.12. Desmontaje harness original	39
Figura 2.13. Desarmado de conector	39
Figura 2.14. Extracción de la computadora	40
Figura 2.15 Cableado original	40
Figura 2.16. Ubicación de la ECU	41
Figura 2.19. Rango de operación del sensor de temperatura de aire	44
Figura 2.20. Rango de operación sensor de temperatura de refrigerante	44
Figura 2.21. Diagrama de conexión de sensor TPS	45
Figura 2.22. Adaptación de rueda fónica.....	46
Figura 2.23. Base para el sensor de posición de cigüeñal	47
Figura 2.24. Ubicación del sensor de giro de cigüeñal.....	47
Figura 2.25. Sensores de oxígeno	48
Figura 2.26. Inyectores en el banco de pruebas.....	49
Figura 2.27. Conexión eléctrica de inyectores.....	50
Figura 2.28. Instalación de bobinas	50
Figura 2.29. Inicio de Tuner Studio.....	52
Figura 2.30. Ventana de inicio de proyecto	52
Figura 2.31. Crear nuevo proyecto	53
Figura 2.32. Calibración del TPS	54
Figura 2.33. Calibración sensores IAT y ECT.....	54
Figura 2.34. Calibración sensor de oxígeno	55
Figura 2.35. Standar Injection	56
Figura 2.36. Tabla de combustible necesario	57
Figura 2.37. Características del inyector	57
Figura 2.38. Opciones de ignición.....	58
Figura 2.39. Calibración de rueda dentada	59

Figura 2.40. Curva de enriquecimiento en frío.....	60
Figura 2.41. Tabla de eficiencia volumétrica	60
Figura 2.42. Gráfico 3D de eficiencia volumétrica	61
Figura 2.43. Tabla de AFR	61
Figura 2.44. Tabla de avance de chispa.....	62
Figura 2.45. Tabla 3D de ignición.....	63
Figura 2.46. Limitador de revoluciones.....	63
Figura 2.47. Salidas auxiliares.....	64
Figura 2.48. Enriquecimiento por aceleración.....	65
Figura 2.49 Control de largada	65
Figura 2.50. Software de adquisición de datos.	66
Figura 2.51. Datos en Megalog viewer.....	67
Figura 3.1. Sujetando el vehículo por seguridad.	68
Figura 3.2 Gráfico de potencia antes de la modificación.	69
Figura 3.3 Gráfico de torque antes de la modificación.....	69
Figura 3.4. Gráfico de potencia después de la modificación.	70
Figura 3.5. Gráfico de torque después de la modificación	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Datos técnicos del motor.....	1
Tabla 2.1. Límite de torsión de la culata.....	30
Tabla 2.2. Medida entre guía y válvula.....	31
Tabla 2.3. Medidas de las levas	31
Tabla 2.4. Tolerancias de los muñones del eje de levas.	32
Tabla 2.5. Tolerancia de elevadores hidráulicos.....	32
Tabla 2.6. Pares de apriete en los pernos de la culata.....	34
Tabla 2.7 Pares de apriete en la culata	35
Tabla 2.8. Características del inyector	49
Tabla 3.1. Umbrales de medición de gases contaminantes.....	71
Tabla 3.2. Resultado de gases antes de la modificación	72
Tabla 3.3. Resultado de gases después de la modificación.....	72
Tabla 4.1. Tabla resumen de torque potencia y rpm	73

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. [1.1] Rendimiento volumétrico.....	14
Ec. [1.2] Potencia	15

RESUMEN

En el presente documento se detalla la adaptación e implementación de un cabezote de 16 válvulas en un vehículo de marca Chevrolet modelo Forsa 2 del año 2001 e inyección programable, el cual se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil.

Este proyecto consta de cinco capítulos en los cuales fueron elaborados con el fin de demostrar cómo afecta la adaptación e implementación de un cabezote con 16 válvulas en un motor diseñado para 8 válvulas.

Lo que corresponde a la parte de la adaptación, se toman en cuenta los principios teóricos para la parte mecánica como para la gestión electrónica de motor, en la cual se maneja una instalación desde cero gracias a la computadora programable, la cual nos ayudara con el aprendizaje y a conocer más de cerca como una computadora administra la potencia del motor.

Para medir los resultados se utilizó el dinamómetro y el analizador de gases de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil, se hizo dos muestras, una antes de la implementación y otra después de la adaptación para saber si en verdad ganó potencia y si el auto pudo mantener los valores de contaminación para la ciudad de Guayaquil.

Este proyecto se enfoca en la gestión electrónica a través de una computadora programable, para que los lectores que se animen a implementar un sistema de gestión electrónica de motor, tengan una guía en la cual puedan ayudarse para desarrollar sus proyectos.

Palabras claves: Contaminación, Gestión, Electrónica, Twincam, Potencia.

ABSTRACT

This document details the adaptation and implementation of a 16-valve cylinder head in a Chevrolet Forsa 2 vehicle from 2001 and programmable injection, which was carried out at the facilities of the International University of Ecuador, Guayaquil.

This project consists of five chapters in which they were elaborated with the purpose of demonstrating how it affects the adaptation and implementation of a head with 16 valves in an engine designed for 8 valves. With regard to electronic management,

What corresponds to the adaptation part, the theoretical principles are taken into account for the mechanical part as for the electronic management of the engine, in which an installation is handled from scratch thanks to the programmable computer, which will help us with learning and knowing more closely how a computer manages the power of the engine.

To measure the results, we used the dynamometer and the gas analyzer of the Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil, two samples were taken, one before the implementation and another after the adaptation to know if it really gained power and if the car could maintain pollution values for the city of Guayaquil.

This project focuses on electronic management through a programmable computer, so that students who are encouraged to implement an electronic engine management system, have a guide in which they can help themselves to develop their projects.

Key words: Pollution, Management, Electronics, Twincam, Power.

CAPÍTULO I

FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

1.1 Generalidades.

El vehículo en el que se va a trabajar es un vehículo de marca Chevrolet modelo Forsa 2, ensamblado en el país y comercializado en el año 2001. El motor que usa este auto se describe en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Datos técnicos del motor

Datos técnicos del motor	
Serie de motor	G13B
Disposición de motor	Transversal
Alimentación de combustible	Inyección Monopunto
Cilindrada	1298cc.
Válvulas	8 válvulas
Potencia	68 BHP @ 6000 rpm
Torque	73 lb. Ft @ 3500 rpm

(Santos & Simoes, s.f.)

El motor G13B es un motor de ciclo Otto, lo que significa que cumple con las siguientes características:

Es un motor que admite una mezcla homogénea de combustible (gasolina) y aire.

La mezcla se comprime y la combustión empieza tras el salto de la chispa, por lo que se llaman motores de encendido provocado o MEP.

La regulación de la carga es cuantitativa, es decir, la proporción de combustible y aire varía entre unos límites muy estrechos, pero a mayor demanda de potencia mayor cantidad de mezcla. (González Calleja, 2011).

Nuestra máquina al cumplir con las características de un motor de ciclo Otto, significa que necesitara una entrada de aire, una alimentación de combustible y un generador de chispa para que pueda generar potencia y pueda mover al vehículo.

Primero se estudiarán los elementos mecánicos, es decir los elementos móviles que están situados internamente en el motor de combustión interna o también llamado motor de encendido provocado.

1.2 Elementos constructivos.

1.2.1 Elementos fijos.

1.2.1.1 Bloque.

El bloque del motor (figura 1.1) es la parte central del mismo ya que es aquel elemento que le da soporte a partes fijas y móviles, además es el encargado de soportar los esfuerzos transmitidos por los elementos móviles del motor y la presión de gases del cilindro (González Calleja, 2011). El bloque al soportar a todos los elementos se convierte en la base del motor, es decir que, dependiendo de las dimensiones, el peso, los materiales de construcción y el diseño, se verá afectada la generación de torque y potencia del mismo.

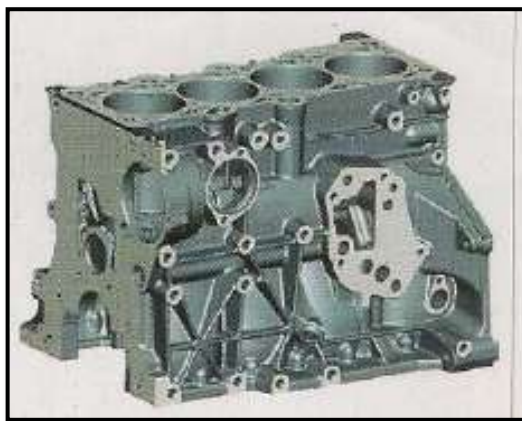


Figura 1.1 Bloque de motor
(Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013)

Dentro del bloque ocurre el cambio de energía química a energía mecánica, lo que ocasiona una generación de calor, si el calor dentro del motor en general es excesivo, puede llegar a gripar o soldar las partes móviles del motor, ya que, al generar calor, los materiales internos tienden a expandirse por lo que superarían el lugar donde están alojados presionándose contra las paredes y ocasionando una soldadura por fricción.

Para evitar el gripaje se debe reducir la temperatura, pero hasta cierto límite, por lo que el termino correcto sería regular la temperatura, la misma que puede ser regulada por agua o por aire. El agua circula por dentro del bloque ocasionando un intercambio de temperatura entre la superficie del metal y el agua circulante, por lo que el agua se lleva el calor del metal hasta un contenedor externo en donde intercambia el calor con el ambiente para refrigerar la misma agua.

Dentro del bloque existen unos elementos fijos llamados cilindros, dentro de estos cilindros el pistón, que es un elemento móvil, se va a desplazar desde el punto muerto inferior hasta el punto muerto superior. Los cilindros van a tener diferente disposición en dependencia del motor, lo cual se puede apreciar en la figura 1.2. El tipo de motor va a cambiar en dependencia del uso para el cual va a ser aplicado, si va a ser para un auto pequeño, una camioneta, o un tractor. En el caso del Forsa, como es un auto pequeño, liviano y compacto le conviene un motor de 4 cilindros en línea. Una disposición con más cilindros haría que se tenga que cambiar todo el balance de la carrocería para que pueda soportar esfuerzos más grandes y las vibraciones que el motor generaría.

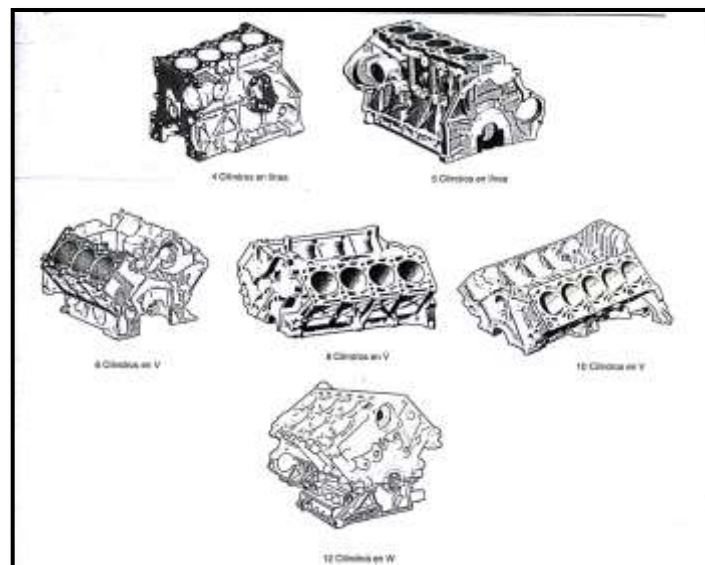


Figura 1.2 Disposición de cilindros.
(González Calleja, 2011)

Los cilindros dentro del bloque pueden clasificarse según la disposición de la camisa (figura 1.3), este elemento es por donde se desplaza el pistón para generar trabajo:

Cilindros con camisa seca: La camisa se inserta a presión con el cilindro, en caso de que el cilindro sufra desgaste o algún daño, se puede reemplazar la camisa sin problema.

Cilindros con camisa húmeda: Al igual que las camisas secas, se pueden sustituir en caso de daño o desgaste, la diferencia es que estas camisas están en contacto directo con el agua que circula dentro del motor.

Cilindros sin camisas: Son aquellos cilindros en donde el pistón se desliza directamente sobre el cilindro, al no necesitar camisa requiere un tratamiento especial en cuanto a materiales del cilindro se refiere, además en caso de daño, se tendría que aumentar el diámetro de los cilindros ya que no se pueden cambiar como en los casos anteriores.

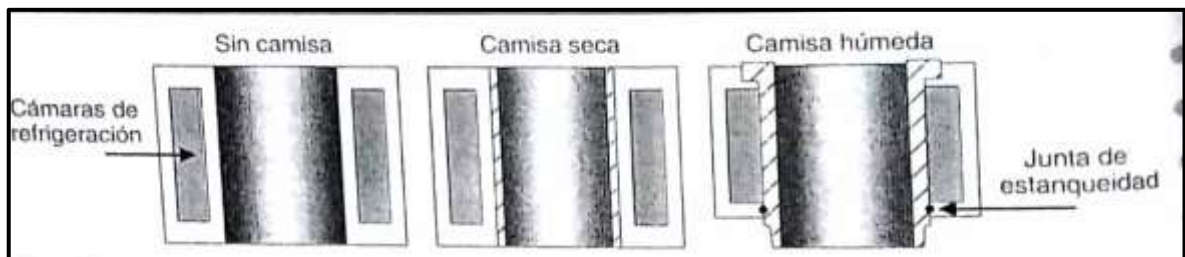


Figura 1.3 Tipo de cilindros.
(González Calleja, 2011)

Los materiales con los que está hecho el bloque del motor varían según el tipo de motor, pero por lo general están fabricados en “fundición gris, o aleación ligera de aluminio, siendo los últimos más ligeros, con mayor disipación térmica y menos resistentes” (Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013).

1.2.1.2 Culata

Es el elemento que se fija a la parte superior del bloque mediante unos pernos largos, entre las dos superficies se usa una junta o empaque de culata, para mantener separados los conductos de lubricación, refrigeración y que no haya fuga por los cilindros.

La culata (figura 1.4) contiene orificios por dentro, los cuales ayudan a la circulación de agua, la circulación de aceite, orificios para la entrada de la mezcla de aire combustible, para la salida de los gases contaminantes, también contiene espacio para alojar a los elementos móviles como el árbol de levas, las válvulas y otros elementos, por lo que la

cantidad de perforaciones y conductos internos, lo hace un elemento bastante sensible, el cual es necesario cuidar del sobrecalentamiento porque tiende a torcerse.



Figura 1.4 Culata del motor
(Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013)

Según (González Calleja, 2011) una culata debe reunir las siguientes cualidades:

- Ser resistente a la presión de los gases.
- Tener la capacidad para evacuar calor
- Resistir el ataque químico de los gases de combustión
- Permitir el intercambio de gases de combustión
- Mantener la estanqueidad de forma que no haya fuga entre los conductos de la culata.

1.2.1.3 Cáster

Es el elemento encargado de cerrar al motor por la parte de abajo, entre el bloque y el cárter se encuentra una junta llamada empaque para evitar las fugas de aceite entre la unión de los mismos. Dentro del cárter (figura 1.5) se aloja el aceite que no está en circulación, también funciona como un método de almacenamiento de aceite del motor, es decir que la bomba de aceite absorbe el fluido viscoso desde el cárter para repartirlo a diferentes partes del motor.

En el cárter se encuentra un orificio con rosca en donde va a ajustado el perno del cárter el cual tiene un imán en su punta para recoger alguna limalla que se haya desprendido del rozamiento de las piezas, ayudando así a identificar al técnico que hace el cambio de aceite una posible avería del motor.

En cuanto a los materiales en que se fabrica el cárter (González Calleja, 2011) nos menciona que “el cárter se fabrica en aluminio o en chapa”.



Figura 1.5 Cárter del motor
(FierrosClasicos.com, 2015)

1.2.2 Elementos móviles.

1.2.2.1 Pistón

“El pistón es el elemento que transmite la fuerza ejercida por la presión de los gases sobre su superficie tras la combustión al resto del mecanismo de biela manivela.” (González Calleja, 2011). Al ser el elemento que transmite la presión significa que el pistón es el primero que va a estar en contacto con la presión de la combustión. Esta presión se aplica sobre la cabeza del pistón. Así mismo es el encargado de generar el vacío suficiente para que en aire fresco entre al cilindro, también es el encargado de empujar los gases ya combustionados a la atmosfera.

El pistón al estar expuesto a distintas solicitaciones debe cumplir con las siguientes características:

- Tener resistencia mecánica y a elevadas temperaturas
- Debe ser capaz de evacuar el calor de la compresión
- Debe tener poco peso para tratar de aminorar las fuerzas de inercia.

1.2.2.2 Biela

Es el elemento encargado de recibir la presión del pistón y transmitir dicha presión al cigüeñal, al ser el elemento que sirve como medio de transmisión de la fuerza de la explosión, la biela debe de tener una elevada rigidez además de poco peso.

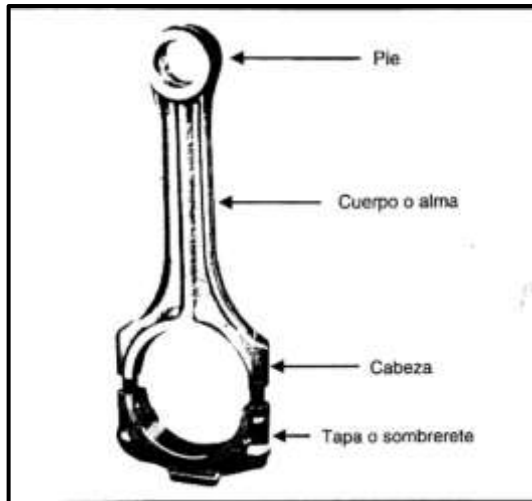


Figura 1.6 Partes de la biela.
(González Calleja, 2011)

Mediante la biela se hace efectivo el mecanismo biela – manivela, el cual consiste en transformar un movimiento lineal (el del pistón) en uno de rotación (el cigüeñal).

Para sujetarse al cigüeñal se debe hacer mediante unos elementos de baja fricción llamados cojinetes, los cuales son elementos que favorecen la lubricación de las partes en movimientos, se colocan entre la muñequilla del cigüeñal y la cabeza de la biela (Figura 1.6). Los cojinetes (Figura 1.7) según (González Calleja, 2011) deben tener las siguientes características:

- Tener elevada resistencia a la fatiga, a altas temperaturas y a la corrosión
- Ser deformables para adaptarse a la forma de muñequillas y apoyos
- Tener un coeficiente de fricción bajo
- Poseer una conductividad elevada

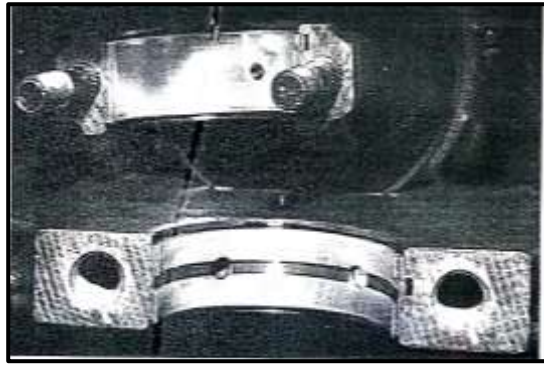


Figura 1.7. Cojinetes de biela ya colocados.
(González Calleja, 2011)

1.2.2.3 Cigüeñal

“El cigüeñal es un árbol motriz, donde se albergan tantos codos como cilindros tenga el motor, recibe la fuerza de combustión a través de las bielas y se convierte en un par que hace girar al cigüeñal”. (Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013)

El cigüeñal, así como recibe la fuerza del pistón, es el encargado de mover diversos accesorios del motor, así como la bomba de aceite, bomba de agua, alternador, distribuidor, bomba de dirección, compresor de aire acondicionado, etc.

Este elemento al convertir el movimiento lineal en rotativo, debe estar perfectamente balanceado, para ello incorpora ciertos contrapesos los cuales además de darle equilibrio al cigüeñal también absorben vibraciones que el movimiento genera, esto se traduce a que cuando el vehículo este en marcha, se tendrá un ralentí estable y sin vibraciones mecánicas. Las partes del cigüeñal se las aprecia en la figura 1.8.

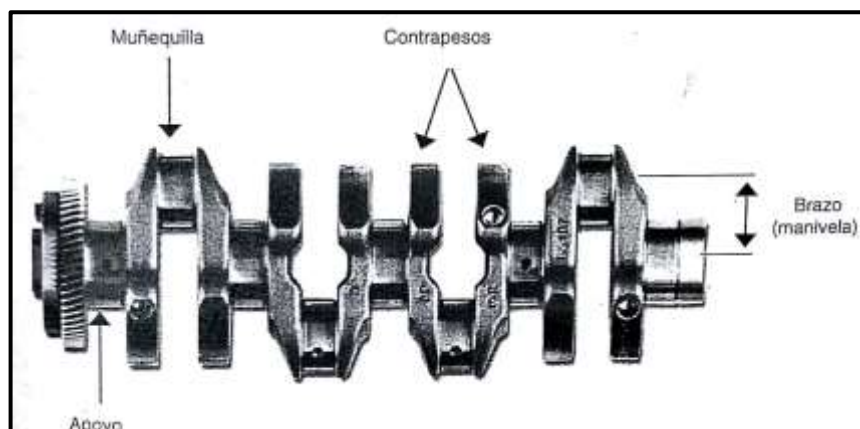


Figura 1.8 Partes del cigüeñal.
(González Calleja, 2011)

1.3 Sistemas auxiliares

1.3.1 La distribución

El sistema de distribución es aquel que se encarga de la apertura y el cierre de válvulas en el momento correcto, este momento tienen que ver con la correcta sincronización con el cigüeñal, si las válvulas abren o cierran antes o después de tiempo, podría ocasionar serios daños al motor.

Esta sincronización debe darse entre cigüeñal y árbol de levas, los cuales están conectados, así como se observa en la figura 1.9 (A) una correa dentada, (B) por una cadena o por un (C) conjunto de engranes. Todos estos sistemas son muy eficientes, aunque la correa dentada puede romperse en caso de deterioro o mal ajuste, mientras que las otras dos no. Pero la correa dentada es más silenciosa que la cadena y el grupo de engranes.

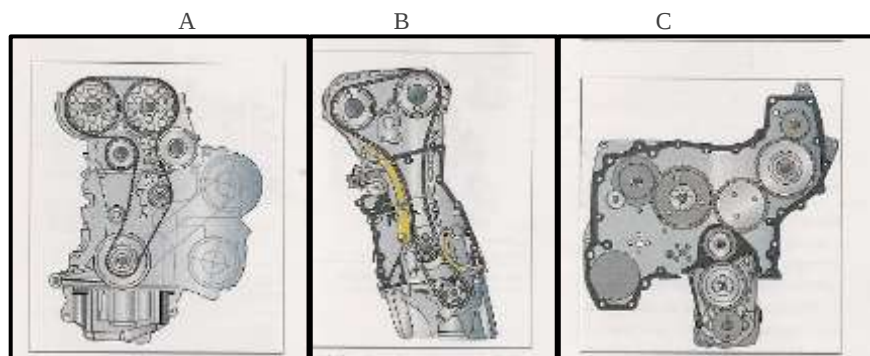


Figura 1.9 Tipos de accionamiento A. por correa. B. por cadena C. por engranes.
(Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013)

La distribución está clasificada de la siguiente manera:

Sistema OHV (Overhead valves): Como lo indican las siglas, las válvulas se encuentran en la cabeza del motor, sin embargo, el árbol de levas se encuentra situado en el bloque del motor, para que las levas puedan abrir o cerrar, el árbol de levas se comunica a través de unas varillas que empujan al balancín, el mismo que empuja a la leva para que abra. Figura 1.10.

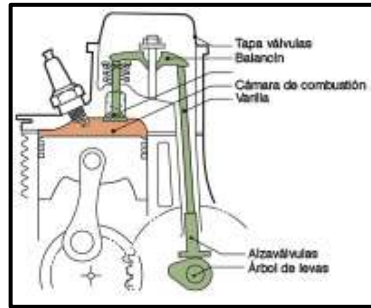


Figura 1.10 Sistema OHV.
(Honda Motors Europe Logistic NV, s.f.)

Sistema OHC (Overhead camshaft): En este sistema encontramos un solo árbol de levas en la culata del motor y las válvulas son accionadas de manera más directa como se aprecia en la figura 1.11.

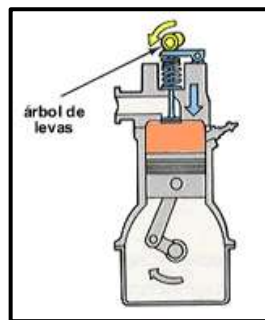


Figura 1.11 Sistema OHC.
(García Orozco, s.f.)

Sistema DOCH (Double Overhead Camshaft): Este tipo de distribución es similar a la anterior, el árbol de levas se encuentra en la parte superior del motor, pero este sistema es ideal para motores multiválvulas ya que tiene dos árboles de levas, uno para controlar las válvulas de admisión y otro para las válvulas de escape. Figura 1.12.



Figura 1.12 Cabezote de dos árboles de leva del Suzuki Swift GTI.
(Cavadía, 2018)

1.3.2 Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración es el encargado de reducir la temperatura del motor mediante la transferencia de calor, puede haber dos maneras, refrigeración por aire y refrigeración por agua, la refrigeración por aire es usada en las motocicletas y en ciertos vehículos, mientras que la más común actualmente es la refrigeración líquida.

La refrigeración líquida consta de un elemento propulsor o bomba de agua, un radiador, mangueras y los orificios internos del motor para que el líquido refrigerante pueda circular desde el bloque hasta el cabezote del motor, un ventilador y un termostato.

El líquido refrigerante es impulsado por la bomba a través de todo el motor, al pasar el agua y entrar en contacto con la superficie del motor, el líquido extrae el calor del metal y lo lleva hasta el radiador, donde el agua intercambia el calor con el aire del medio ambiente, el cual es impulsado por el ventilador, el aire se lleva el calor y el agua reduce su temperatura para volver a recircular por el motor. Esto se puede ver en la figura 1.13

Este sistema es crucial para el motor porque (Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013) nos cuenta que la combustión dentro de los cilindros puede alcanzar 2000°C de temperatura e instantes puntuales. Este sistema permite que el motor trabaje con temperaturas reguladas entre 90° y 100°C.

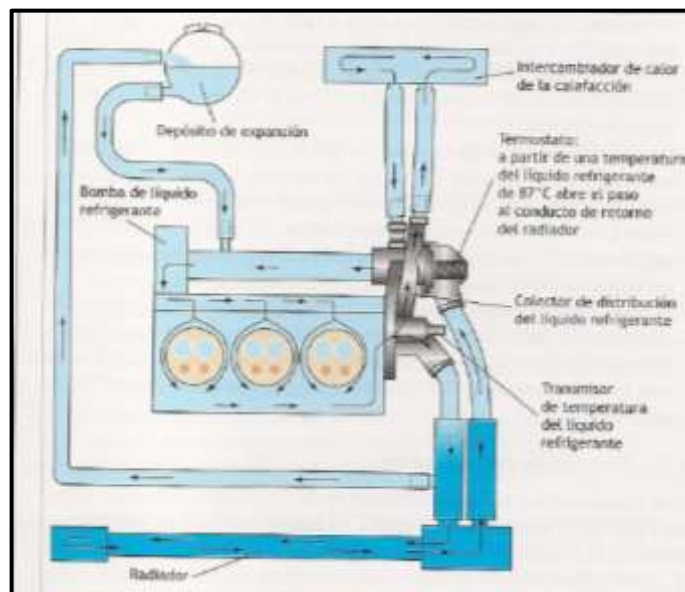


Figura 1.13 Circuito de refrigeración.
(Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013)

1.3.3 Sistema de lubricación

“Es el encargado de reducir los rozamientos dentro del motor, disminuyendo así los aumentos de temperatura”. (Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013).

El sistema de lubricación además de evitar el contacto entre metal y metal también ayuda a la refrigeración de las partes móviles, ya que el aceite genera una capa de protección que separa las partes metálicas.

Este sistema también cuenta con un circuito dentro del motor con conductos internos para que pueda llegar a todas las partes del motor, es impulsado por una bomba de aceite que, a su vez, es impulsada por el cigüeñal, el aceite es absorbido desde el cárter del motor.

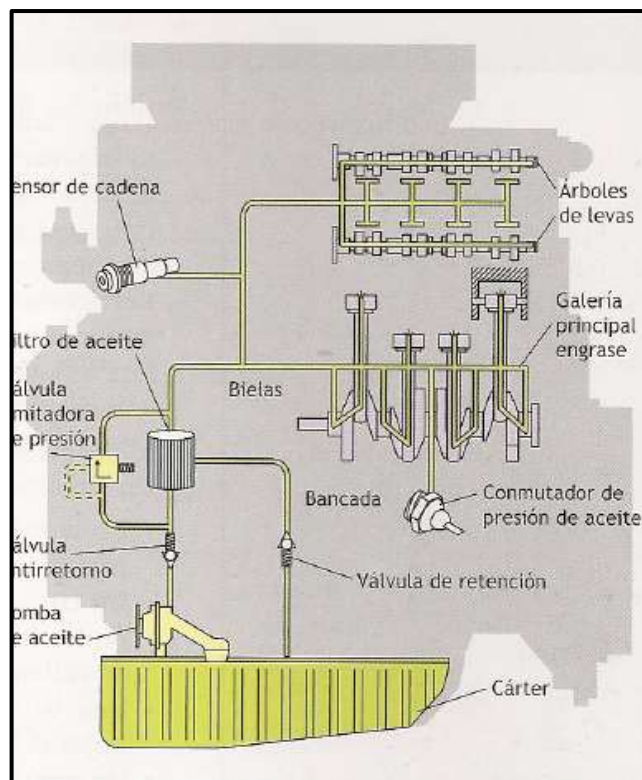


Figura 1.14 Circuito de lubricación.
(Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013)

1.3.4 Sistema de alimentación

El sistema de alimentación de combustible del vehículo que va a ser sujeto a estudio, es un sistema de inyección de gasolina monopunto, es decir cuenta con un inyector que varía su tiempo de apertura en según lo que le indique la computadora del motor. El combustible es

impulsado desde el depósito por medio de una bomba de gasolina eléctrica, la cual trabaja sumergida dentro del tanque para evitar sobrecalentamientos. La bomba envía la gasolina a través de unas cañerías hasta el cuerpo de aceleración, donde el regulador de presión mantiene presurizado el combustible que luego va hacia el inyector, lo que se puede apreciar en la figura 1.15.

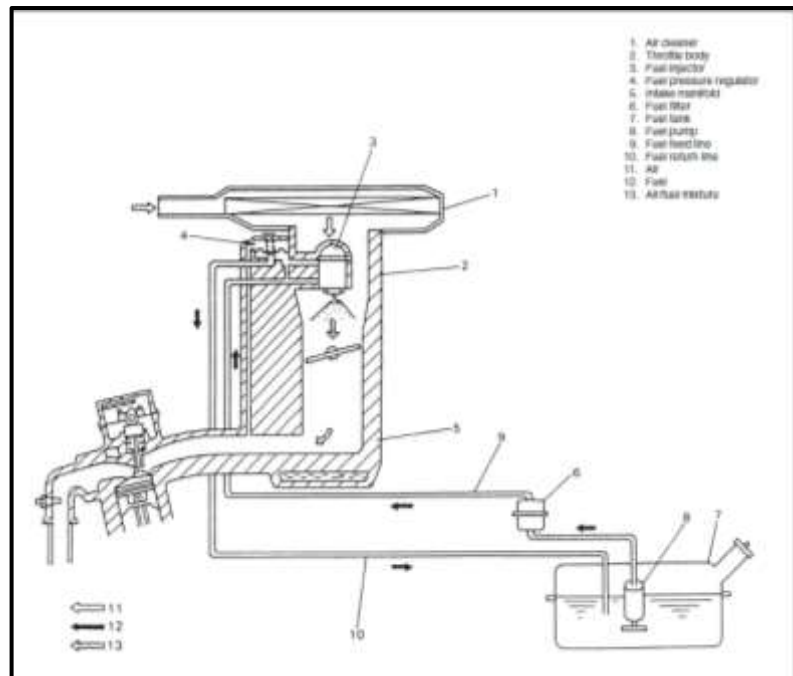


Figura 1.15 Sistema de alimentación de combustible.
(SUZUKI MOTOR CORPORATION, 2000)

1.4 Rendimiento volumétrico

“El rendimiento volumétrico representa la eficiencia del llenado de cilindro y se define como la relación entre la masa de mezcla o aire fresco que entra en el motor por ciclo y la que llenaría la cilindrada en unas condiciones de presión y temperatura de referencia, expresada en tanto por ciento”. (González Calleja, 2011).

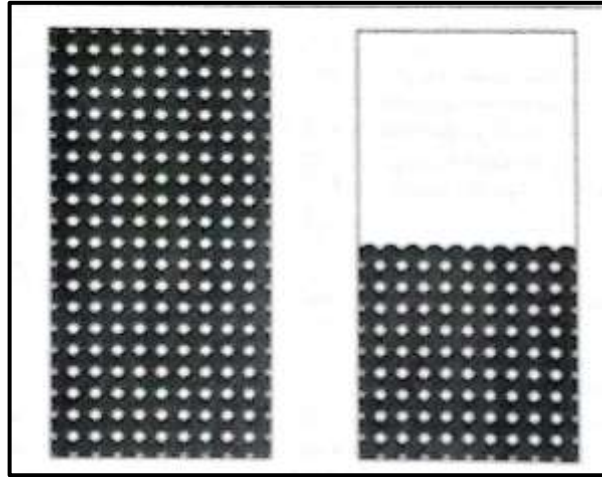


Figura 1.16. Rendimiento volumétrico, izquierda 100% y derecha 50%
(González Calleja, 2011)

El rendimiento volumétrico en un motor tiene mucho que ver con la potencia ya que, al referirse al llenado del cilindro, cuanto mejor rendimiento tenga, se tendrá mejor combustión dentro del cilindro. El rendimiento volumétrico se lo calcula con la Ecuación 1.1:

$$\eta_v = \frac{m_a}{V_t \cdot n \cdot i \cdot \rho_{ref}} \cdot 100 \quad \text{Ec. [1.1]}$$

En donde:

η_v = Rendimiento expresado en %

m_a = Masa de aire admitida por unidad de tiempo en Kg/s

V_t = Cilindrada del motor en m^3

n = Velocidad de giro del motor en m/s

i = Ciclos por Vuelta $\frac{1}{2}$ para dos tiempos y 1 para cuatro tiempos

ρ_{ref} = Densidad de mezcla o aire fresco en kg/m^3

Actualmente los diseñadores de motores según (Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013), se enfocan en los siguientes objetivos:

- Conseguir mayor potencia
- Reducir el consumo
- Disminuir la contaminación

- Aumentar la fiabilidad
- Confort de la marcha

Si queremos aumentar la potencia, se debe considerar el aumento del par y de las revoluciones del motor según la Ecuación 1.2 de potencia.

$$P = M \cdot n \quad \text{Ec. [1.2]}$$

“Se observa que aumentando el par o las revoluciones también aumenta la potencia del motor” (Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013).

En un motor los principales problemas que se tienen al momento de elevar las revoluciones son el momento de inercia, el rebote de válvulas y la pérdida de lubricación entre camisa y cilindro.

Para poder reducir los momentos de inercia de un motor, es necesario reducir el peso de los componentes móviles, como el volante de inercia, el cigüeñal y el peso de los pistones. Pero disminuir la masa inercial afecta al ralentí, las vibraciones y la estabilidad en bajas rpm al motor, podrá girar más rápido, pero en bajas rpm tendrá un comportamiento errático.

Para reducir el rebote de válvulas al altas rpm “se pueden colocar varios muelles del material apropiado para que su resonancia no coincida con la frecuencia de apertura de las válvulas” (Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013).

Como se puede ver el aumentar las revoluciones por minutos en un motor traen una consecuencia por cada cambio que se realice, se disminuye la fiabilidad, y se sacrifica el buen comportamiento en bajas rpm para poder rodar en altas revoluciones por minuto, además de que la contaminación aumenta por la falta de equilibrio en bajas revoluciones del motor.

Por otro lado, la fórmula también indica que para aumentar la potencia se puede aumentar el par del motor, esto se puede conseguir de la siguiente manera. Aumentando la cilindrada, Incrementando la relación de compresión, aumentando el rendimiento volumétrico. (Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013).

Al aumentar la cilindrada, se aumenta considerablemente el par, pero implica colocar pistones más anchos lo que se traduce en peso para el motor.

Para incrementar la relación de compresión, se puede, colocar pistones más altos, reducir el tamaño de la culata, esto implica un aumento en la temperatura del motor, ya que

como va a comprimir más, la explosión será más fuerte y generará más calor. Para esta modificación también es necesario tener en cuenta la detonación o cascabeleo que produce el motor, ya que, si la chispa fue establecida para un motor de baja compresión, al aumentar la relación de compresión y no reducir el adelanto de chispa, puede producir el cascabeleo ocasionando graves daños al motor.

La otra opción es aumentar el rendimiento volumétrico del motor, “al haber mayor cantidad de mezcla, esta empuja con mayor fuerza la cabeza del pistón, incrementando el par y por consiguiente la potencia” (Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013).

Por tanto, como nos dice el autor, al aumentar la cantidad de aire y combustible y llenar al cilindro con esta mezcla, podremos obtener una mejor combustión y mejor torque, el tipo de cámara también influirá en cómo se comporte la mezcla al hacer explosión, pero los diseñadores de motores actualmente, ya han exprimido al máximo esa posibilidad de mejorar la cámara.

Para mejorar el rendimiento volumétrico se pueden optar por sistemas multiválvulas, múltiples de geometría variable, distribuciones variables y la sobrealimentación.

1.4.1 Distribuciones multiválvulas

Con la distribución multiválvulas (figura 1.17) se busca que se genere turbulencia al entrar al cilindro con dos válvulas de admisión, además de que con el choque de la mezcla con las válvulas se distribuye de mejor forma el llenado del cilindro.

“Los motores multiválvulas convencionales tengan una poderosa respuesta a altos regímenes de giro, mientras que suelen mostrarse algo perezosos en bajas y medias revoluciones, viéndose afectada su elasticidad.” (González Calleja, 2011).

Con un mejor llenado en los cilindros vamos a tener más eficiencia en altas rpm, pero en bajas tendremos cierto comportamiento lento, lo que va a afectar en la reacción del motor cuando baje las revoluciones por minuto, lo cual sería solucionable con un sistema que varíe la apertura de las válvulas, metiéndose con grados como el cruce de válvulas para poder darle más reacción al motor en bajo régimen de giro.

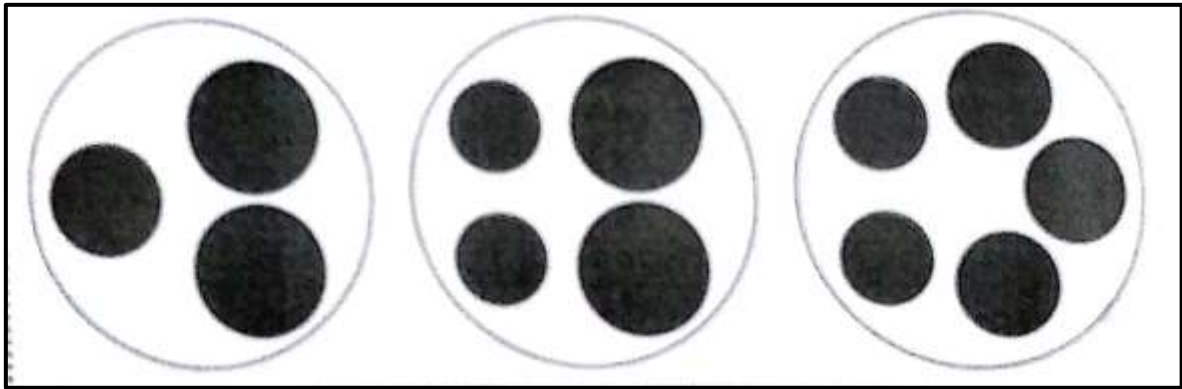


Figura 1.17 Sistema multiválvulas
(González Calleja, 2011)

“El aumento del rendimiento volumétrico es la mejor forma de mejorar la potencia sin elevar excesivamente el consumo y la contaminación y, además, sin comprometer la fiabilidad del motor.” (Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013).

Aquí nos dice como solo con aumentar las válvulas por cilindro del motor, va a aumentar la potencia del motor sin necesidad de que aumente la contaminación ni el consumo de combustible, la duración del motor se va a mantener, pero esto implica también mayores costos de fabricación, ya que al poner ms válvulas, se necesita diseñar una culata más grande con menos superficies sólidas, pero además también se reduce el peso por válvulas ya que una válvula grande, pesa más que dos válvulas pequeñas.

Lo más común es ver distribuciones multiválvulas con dos árboles de levas en el cabezote y con cuatro válvulas por cilindros, dos válvulas para permitir la entrada de la mezcla, es decir, de admisión y dos válvulas para la salida de gases. También existen en el mercado motores con distribuciones de cinco válvulas por cilindro en donde la mayoría será de admisión y la minoría para escape.

1.4.2 Múltiples de geometría variable

Otra manera de aumentar el rendimiento volumétrico es colocar múltiples de geometría variable, los cuales en dependencia del régimen del motor el aire ara un mayor o menor recorrido para así favorecer al llenado del cilindro basándose en un efecto llamado resonancia.

El efecto de resonancia se da cuando la válvula de admisión se cierra después de que la mezcla de aire combustible haya entrado empujada por la presión atmosférica, ya que, al

cerrarse la válvula, la mezcla que no entró queda con velocidad e inercia generando una onda de choque hacia atrás del múltiple de admisión a la velocidad del sonido. (Hartman, 2013).

Los múltiples de admisión variable deben de diseñar los largos de los tubos en base a este efecto de resonancia, si coincide la apertura de la válvula con el regreso de la onda de choque se podría aumentar la velocidad del aire que ingresa al motor. Cuando el largo del múltiple es fijo, este efecto es óptimo a un determinado número de rpm ya que a más régimen de giro los conductos dentro de la culata pueden influir negativamente en el efecto generando un vacío y perjudicando al llenado del cilindro. Para ello se incorpora los múltiples de geometría variable que cambian la longitud del múltiple en función de las revoluciones del motor, así como se ve en la figura 18.

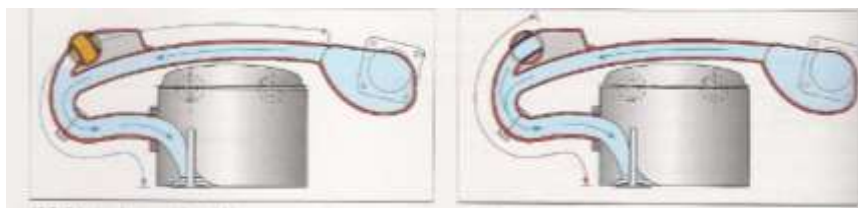


Figura 1.18. Colector de geometría variable, izquierda para par y derecha potencia. (Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013)

Esta es una de las maneras menos efectivas de aumentar el rendimiento volumétrico de un motor, pero se puede sumarle a un sistema de sobrealimentación o a un sistema de distribución variable.

1.4.3 Distribuciones variables

El objetivo de la distribución variable es poder compensar la baja respuesta que tienen los sistemas multiválvulas a bajas rpm, proporcionándole más elasticidad y un mejor desarrollo a baja carga del motor. Ya que cuando la distribución es fija, entrega toda la potencia en altas, pero pierde torque en bajas rpm, por eso los diseñadores no pueden extraer toda la potencia de un motor para no sacrificar elasticidad. Para variar la distribución se puede hacer de varias formas, como cambiando la alza de las válvulas (figura 1.19), modificando la fase de trabajo de la válvula (figura 1.20) o modificando el alzado y la fase de las válvulas al mismo tiempo (figura 1.21).

El tipo de distribución variable va a cambiar dependiendo de la marca, pero siempre con el mismo objetivo, proporcionar potencia en altas rpm sin perder elasticidad en bajo régimen.

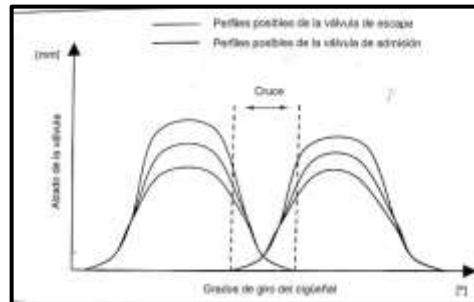


Figura 1.19 Variación de alzada en admisión y escape
(González Calleja, 2011)

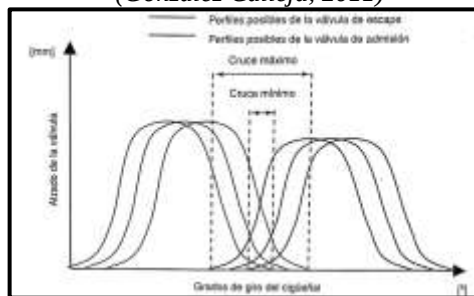


Figura 1.20 Diagrama modificación de fase del árbol de levas en admisión y escape.
(González Calleja, 2011)

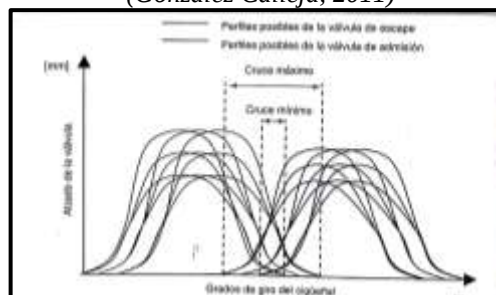


Figura 1.21 Variación de fase y alzada en admisión y escape.
(González Calleja, 2011)

1.5 Inyección electrónica

La inyección electrónica es la evolución de los sistemas de alimentación de combustible, el pasar de la gestión mecánica del suministro de combustible (carburador) por una alimentación controlada, más eficiente y menos contaminante para el medio ambiente.

“Para los fabricantes de automóviles, las desventajas en el costo de la inyección de combustible se compensaban con las posibles sanciones por incumplimiento de las normas de la Economía Media Corporativa de Combustible (CAFE por sus siglas en inglés) y las

emisiones, y con el aumento de ventas al ofrecer caballos de fuerza y manejabilidad superior” (Hartman, 2013)

Esta evolución, el paso de carburador a inyección se da con el fin de reducir las emisiones contaminantes de los vehículos, ya que una gestión controlada electrónicamente, sería más precisa al momento de suministrar gasolina al motor y también más fácil de controlar por la computadora. De ahí que la inyección al ser más eficiente que el carburador, se puede obtener la misma potencia, consumiendo menos combustible. Par la época de 1980 salían los primeros motores con sobrealimentación (turbo) pero manejada el combustible por carburador, al ver que los efectos negativos se dieron cuenta que la inyección electrónica era el camino más viable para la gestión de motor. (Hartman, 2013)

Estos sistemas de inyección están compuestos por una computadora que gestiona la inyección del motor llamada ECU (Unidad de control de motor por sus siglas en ingles). La computadora se alimenta de datos proporcionados por los sensores, los cuales le indicaran a la ECU bajo qué condiciones se encuentra el motor, y en dependencia de esos datos recolectados, la ECU mueve a los actuadores, que son los encargados de ejecutar las correcciones que implemente la computadora del motor. En la figura 1.22 se puede apreciar un sistema de control de motor de inyección directa de gasolina de Bosch DI-Motronic, a la izquierda de la imagen se ven los sensores que dan información a la ECU, en el medio se observa la unidad de control de motor, ella hace sus cálculos y toma sus decisiones accionando los actuadores a la derecha de la imagen.

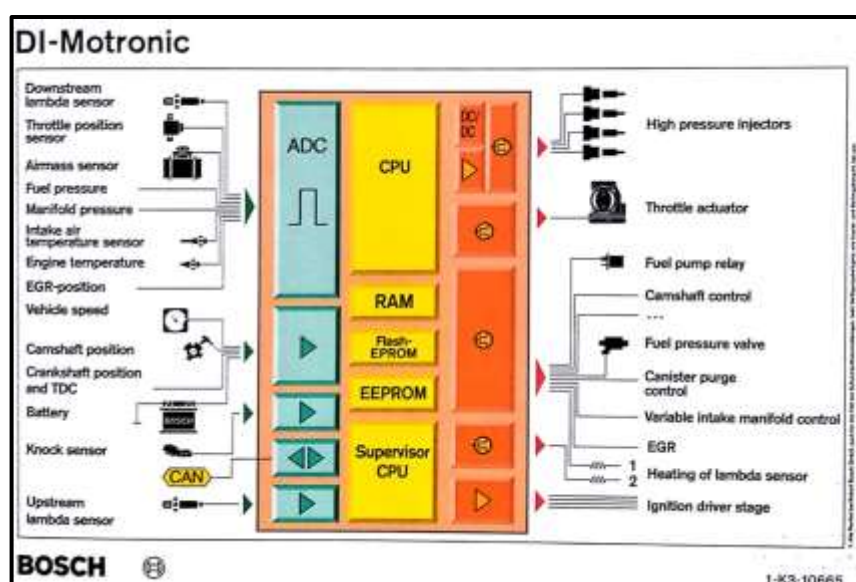


Figura 1.22. Sistema de control Bosch DI-Motronic
(Hartman, 2013)

1.5.1 Sensores

“Los sensores son los ojos y los oídos de un ECM de control de motor.” (Hartman, 2013)

Estos sensores se encargan de recolectar información para que la computadora tome las decisiones correctas, Los sensores que se encuentran en el motor varían dependiendo de la ECU que este instalada en el vehículo. Los sensores más vistos son:

1.5.1.1 Sensores de posición del cigüeñal

También llamado censor CKP (crankshaft position sensor) Indica a la unidad de gestión del motor la velocidad a la que está girando y la posición angular del cigüeñal para determinar cuál es el momento en que debe saltar la chispa.

Para poder saber la posición del cigüeñal, se pueden usar dos métodos, por sensor hall y por sensor inductivo. Por sensor inductivo, el sensor es un imán permanente el cual se acerca a una rueda dentada, al pasar un diente de la rueda por el sensor se genera un pico de señal, como son varios dientes genera una señal senoidal, (Figura 1.23 A) mientras que el efecto hall, se compone de un sensor que apunta hacia unas pantallas que están unidas a una ruda solidaria con el cigüeñal, cuando el sensor es tapado por las pantallas la onda es cero, pero cuando no está tapado genera señal, el intercambio entre genera una onda cuadrada (figura 1.23 B).

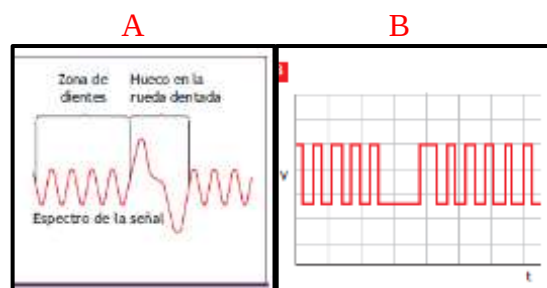


Figura 1.23. Señal de sensor CKP
(Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013)

La discontinuidad en la onda se debe a, en caso de sensor inductivo, dientes faltantes en la rueda dentada, lo que indica que el motor se aproxima al punto muerto superior en el cilindro uno y cuatro.

1.5.1.2 Sensor de posición de mariposa

Es un sensor de tipo potenciómetro el cual indica cuan abierta se encuentra la mariposa del cuerpo de aceleración a través de una pista que genera cierta resistencia al voltaje de entrada, según la abertura de la mariposa, el voltaje enviado a la computadora va a variar. Dependiendo de la cantidad de voltios que lleguen a la ECU ella sabrá en cuan abierta esta la mariposa o si está totalmente cerrada. Figura 1.24

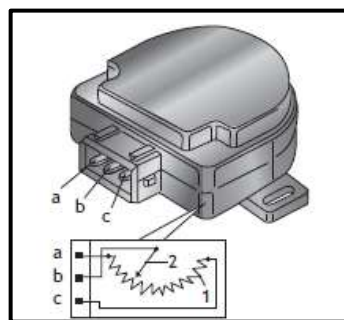


Figura 1.24. Sensor TPS
(Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013)

En vehículos modernos se reemplaza el cuerpo de aceleración mecánico por uno electrónico, el cual ya no es un sensor sino como actuador, ya que la ECU le enviara los datos necesarios para que este abra o cierre dependiendo de las circunstancias en las que se encuentre el motor.

1.5.1.3 Sensor de masa de aire

Para saber cuánto aire está ingresando al motor, actualmente se pueden usar un sensor de presión de aire o sensor de flujo de aire, ambos son eficientes y depende del diseñador.

Sensor de flujo de aire: También conocido como sensor MAF, mide el flujo de entrada de aire al motor después del filtro de partículas, el inconveniente con este sensor es que también detecta el efecto resonancia producido al cerrar la válvula al paso de aire. “La señal proporcionada por el sensor es usada para el control del caudal inyectado y el avance de encendido” (Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013).

El sensor de presión de aire: es un sensor que mide la presión después del múltiple de admisión, el mismo genera un voltaje el cual es interpretado por la ECU como la cantidad

de aire que se encuentra disponible para ser inyectada. En los motores naturalmente aspirados el máximo de presión en el múltiple será igual a una atmosfera, lo cual ocurrirá cuando la mariposa este totalmente abierta, mientras que cuando la mariposa está totalmente cerrada, dentro del múltiple habrá una presión menor a la atmosfera. Solo en los vehículos turbo, la presión en el múltiple supera la atmosfera. Estos sensores se los encuentra de varias formas, suelen ir dentro de la computadora y se comunican con el múltiple a través de mangueras, también puede estar fuera del múltiple y fuera de la ECU, conectándose con el múltiple a través de una manguera y también se los encuentra unidos al colector de admisión, algunos modelos suelen incluir un sensor de temperatura de aire combinado dentro de la misma carcasa del sensor.

1.5.1.4 Sensor de temperatura

Son sensores que varían su resistencia en función de la temperatura a la que son expuestos, en el vehículo se encuentran sensores de temperatura de aire y de refrigerante del motor comúnmente. De estos sensores hay dos tipos, los que aumentan su resistencia conforme aumenta la temperatura PTC o los que disminuyen la resistencia según aumenta la temperatura a la que son expuestos NTC, así como se observa en la figura 1.25.

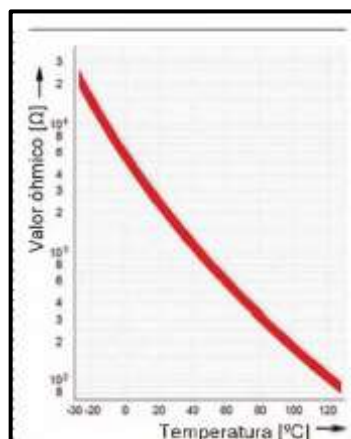


Figura 1.25. Curva del sensor de temperatura tipo NTC
(Pérez Belló, 2011)

1.5.1.5 Sensor de oxígeno

Este sensor va ubicado a la en la línea de escape, dependiendo del modelo puede haber varias configuraciones, pero por lo general se lo ubica después de la unión de los tubos de

escape, en el múltiple y también se suele encontrar a la salida del catalizador. Este sensor se encarga medir la diferencia de oxígeno entre el escape y el medio ambiente, si hay poco oxígeno en el escape quiere decir que hay más gasolina por ende una mezcla rica, si hay mucho oxígeno en el múltiple quiere decir que falta gasolina lo que significa una mezcla pobre.

Este sensor “es fundamental para los sistemas modernos de gestión de motor de fábrica, ya que sus datos permiten que la ECU edite o ajuste constantemente el motor en marcha en la retroalimentación u operación de ciclo cerrado” (Hartman, 2013).

Los tipos de sensor de oxígeno más usuales son los narrowband y los wideband,

El sensor de oxígeno EGO o narrowband, trabaja en ciclo cerrado junto con la computadora, es decir que la mezcla se enriquece y se empobrece según las condiciones de carga del motor (figura 1.26). Este sensor está hecho de circonio, el cual, al entrar en contacto con el oxígeno, genera una pequeña cantidad de voltaje, la cual, al ser comparada con el aire exterior, genera una señal entre 0.1 y 0.9 voltios en donde 0.9 voltios corresponde a un valor de mezcla rica y 0.1 voltios corresponde al valor de mezcla pobre.

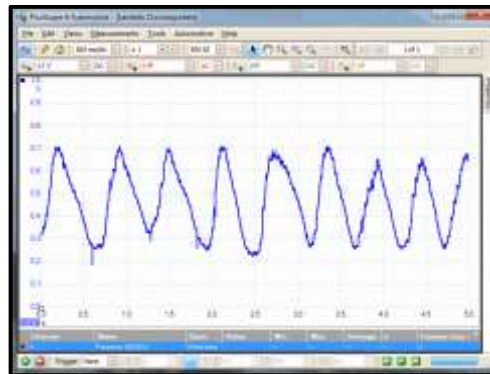


Figura 1.26. Gráfica de osciloscopio de un sensor de oxígeno en ciclo cerrado
(Pico Technology, s.f.)

Este sensor, está compuesto desde 1 a 4, en donde uno siempre envía la señal a la ECU mientras el resto puede funcionar para calentar al sensor hacer tierra.

Sensor de oxígeno de banda ancha o sensor UEGO, cambia en su rango de lectura hacia un rango mucho más allá de la relación estequiométrica, con este sensor se puede ver cuando una mezcla es excesivamente pobre y excesivamente rica. Este sensor se parece mucho al sensor antes visto, incluso en su construcción, pero la diferencia más notable es que incorpora de 5 a 6 cables, además este sensor normalmente trae un controlador antes

de ir a la ECU (figura 1.27), es decir la información del sensor va al controlador y luego a la ECU. Este sensor proporciona un voltaje de salida desde 0 hasta 5 voltios.

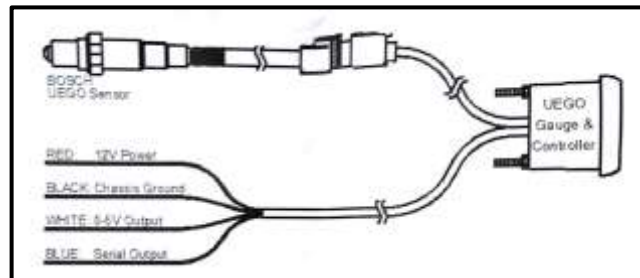


Figura 1.27. Cables del sensor UEGO.

1.5.2 Actuadores

Los actuadores son elementos controlados por la ECU, los cuales corrigen el comportamiento del motor cuando la ECU así lo decida, es decir, que si el sensor de oxígeno detecta que hay una mezcla rica en los gases de salida del motor, la ECU interpretara que se debe reducir el tiempo de apertura del inyector para disminuir el combustible en el escape, el actuador en este ejemplo es el inyector, el cual cambio su funcionamiento en dependencia de la señal que le proporcione la unidad de control de motor.

1.5.3.1 Los inyectores

Es una válvula electromagnética que permite el paso de combustible a presión hacia la cámara de combustión, el combustible debe salir pulverizado desde los inyectores, ya que la gasolina en liquido no favorece a la combustión sino el gas o el líquido pulverizado.

La apertura del inyector es controlada por la ECU, así que estos actuadores son los encargados de suministrar el correcto volumen de combustible en base al tiempo de apertura del inyector, si el inyector está sucio o el filtro interno que lleva está sucio, esto va a generar fallas en el funcionamiento del motor ya que no estaría ingresando la cantidad de combustible calculada por la computadora, sino que estaría ingresando menos combustible, ya que la suciedad tapona los inyectores, y si se los deja en este estado por un tiempo prolongado, los inyectores podrían llegar a dañarse.

Los inyectores hay de alta y baja impedancia, en donde los de baja impedancia son aquellos que entre sus dos pines de conexión tienen una resistencia entre 1 – 3 ohms, mientras que los de alta impedancia, tienen de 10 – 15 ohms (Murray, 2015)

1.5.3.2 Válvula de ralentí

También llamado válvula IAC (idle speed control), válvula de control de ralentí por sus siglas en inglés, es una válvula que suministra aire adicional cuando la mariposa está cerrada, esta válvula se activa para que el motor no caiga en su velocidad de ralentí al conectarle una carga como podría ser el aire acondicionado.

- La ECU debe accionar esta válvula en las siguientes situaciones:
- Ayudar al arranque en frío, dándole más aire al motor
- Mantener un ralentí estable dependiendo de la carga del motor

Existen válvulas de ralentí de cuatro o dos cables, el modelo de la válvula va a depender del modelo del vehículo, pero la función va a ser la misma.

En vehículos modernos, con cuerpo de aceleración electrónico, la función de regular el ralentí es ejecutado por el cuerpo de aceleración a través de señales que envía la ECU para que abra o cierre la mariposa en función de lo anteriormente descrito.

1.5.3.3 Admisión variable

En caso de tener un múltiple de admisión variable, la unidad de control de motor le enviara la señal al colector para que este abra o cierre, total o parcialmente para poder optimizar el rendimiento volumétrico del motor.

“El parámetro que tiene en cuenta la unidad de control para el control del colector de admisión variable es exclusivamente las revoluciones del motor” (Sanchez Fernandez, 2008).

1.5.3.4 Válvula EGR

La centralita controla la apertura de la válvula, en función del voltaje que sea suministrado, la válvula abrirá más o menos para permitir o restringir el paso de los gases de escape a la admisión del motor.

1.5.3.5 Recirculación de gases de combustible

También conocido como sistema EVAP, la ECU controla la apertura de la válvula para que los gases acumulados en el tanque de combustible sean absorbidos en el circuito de admisión como se muestra en la figura 1.28.

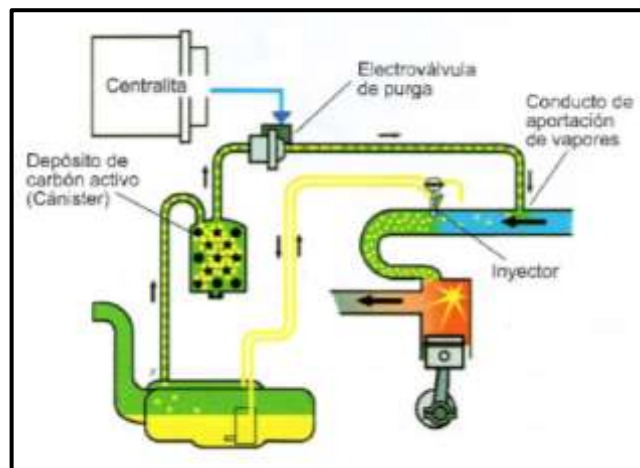


Figura 1.28. Esquema del sistema de EVAP.
(Sanchez Fernandez, 2008)

CAPÍTULO II

ADAPTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN

2.1 Adaptación de cabezote de dos árboles de levas.

Como se explicó en el apartado 1.4 sobre rendimiento volumétrico, una de las mejores formas para ganar potencia sin sacrificar la fiabilidad del motor es aumentar el rendimiento volumétrico del motor a través de la implementación de sistemas multiválvulas.

El Chevrolet Forsa 2 de 1300cc trae una culata con dos válvulas por cilindro y en busca de mejorar el rendimiento volumétrico del motor, se podrá una culata de 16 válvulas la cual, fue diseñada por Suzuki para el motor G13B, es decir la misma serie que el motor que está usando este vehículo, por lo que no se tendrá problemas en las dimensiones de la culata con respecto al bloque, tampoco se tendrá inconveniente en los pernos que sujetan a la culata con el bloque ya que al estar diseñada para la misma serie de motor, coinciden los orificios de los pernos, los conductos de refrigeración y los conductos de aceite tampoco tendrían problema por lo expuesto acerca de la serie del motor.

Como se observa en la figura 2.1 se puede identificar los cuatro cilindros y la tapa característica de un motor G13B con distribución SOCH.



Figura 2.1. Forsa 2 SOCH.
(Cavadía, 2018)

2.1.1 Cabezote doble árbol de levas

El cabezote con dos árboles de levas adquirido, hay que prepararlo antes de montarlo, pues fue usado en otro vehículo, por ende, se necesita desarmarlo y lavar todas sus partes internas para asegurarnos de que dentro no van a quedar grumos o superficies que de pronto nos perjudiquen al momento de que esté en funcionamiento. Al limpiar la superficie de la culata no raspar con objetos que vayan a rayar la culata, quitar los restos de suciedad con un líquido desengrasante y raspar suavemente con una espátula.



*Figura 2.2. Desarmado y limpieza de cabezote
(Cavadía, 2018)*

Además de la limpieza se debe asegurar que las cámaras de compresión queden totalmente herméticas al cerrar la válvula por lo que un asentamiento de válvulas es necesario (anexo 1). Quizá de pronto no necesite el asentamiento de válvulas, pero si se tiene todo el cabezote desarmado, es correcto aprovechar la oportunidad.

Al desmontar los elementos móviles de la culata, es necesario marcar en orden las piezas que vamos retirando, más que todo para evitar pérdidas y poder llevar un trabajo más ordenado.

Cuando se tenga todo desarmado, ordenado y correctamente identificado, se debe verificar los elementos de la distribución.

Inspeccionar visualmente la correa de distribución, aunque esta se va a reemplazar, será útil para identificar potenciales pérdidas de aceite del motor.

Una vez limpia la culata se debe comprobar la deformación de los planos de junta, tanto del lado del bloque como de los colectores, en diferentes direcciones, tanto longitudinales, transversales y diagonales. (González Calleja, 2011).

La comprobación de la planitud se debe hacer con una regla de planitud debidamente calibrada y libre de suciedad, se coloca la regla como indica la figura 2.3 y con un calibrador de láminas se comprueba la luz existente entre la superficie de la culata y la regla de planitud. Esta luz no debe superar lo especificado por el fabricante, así como se aprecia en la tabla 2.1.

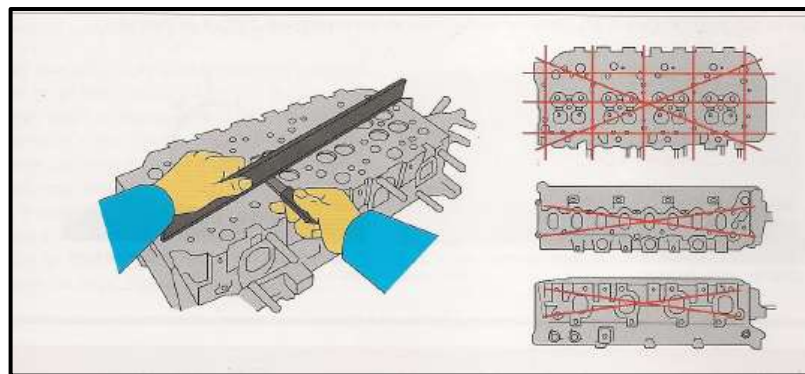


Figura 2.3. Medición de planitud en la culata
(Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013)

Tabla 2.1. Límite de torsión de la culata

Límite de torsión de la culata	0.05 mm (0.002in)
(SUZUKI, 1990)	

Para inspeccionar las válvulas, tenemos que también medir la guía de válvula, ya que ambas sufren desgaste. Antes de medir asegurarse que ambas piezas estén completamente limpias y libres de carbonilla. Usando un micrómetro de interiores y un micrómetro de exteriores medimos el vástago de la válvula y el interior de la guía. Para saber si hay desgaste, hay que basarse en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Medida entre guía y válvula

Ítem		Estándar	Límites
Diámetro del vástago de la válvula	IN	5,465 – 5,480 mm (0,2152 – 0,2157 in.)	
	EX	5,450 – 5,465 mm (0,2146 – 0,2151 in.)	
Diámetro de guía de válvula	IN y EX	5,500 - 5,512 mm (0, 2165 – 0,2170 in.)	
Holgura entre vástago y guía	IN	0,020 – 0,047 mm (0,0008 – 0,0018 in.)	0,07 mm (0,0027 in.)
	EX	0,035 – 0,062 mm (0,0014 – 0,0024 in.)	0,09 mm (0,0035 in.)

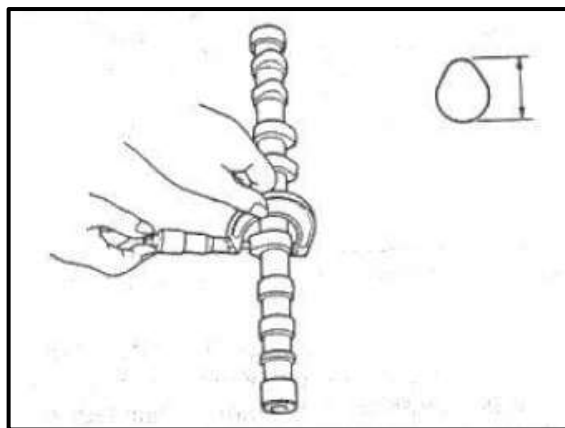
(SUZUKI, 1990)

Para comprobar el árbol de levas se usa un micrómetro, se mide el desgaste en las levas y en los muñones. Para saber si las levas están desgastadas, se mide la altura de la leva figura 2.4 y se usa de guía la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Medidas de las levas

Altura de leva	Estándar	Límite
Leva de admisión	40,436 – 40,596 mm	40,336 mm
	(1,5920 – 1,59893 in.)	(1,5880 in)
Leva de escape	40,429 – 40,589 mm	40,329 mm
	(1,5917 – 1,5983 in)	(1,5877 in.)

(SUZUKI, 1990)

**Figura 2.4.** Medición de la altura de las levas
(SUZUKI, 1990)

Los muñones del árbol de levas también necesitan ser comprobados por lo que se usa plastigage, se arman los arboles de leva como si se fuese pasar a la parte final y se ajusta al torque de armado. Hay que asegurarse de cumplir con los valores de la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Tolerancias de los muñones del eje de levas.

	Estándar	Límite
Tolerancia del muñón	0,020 – 0,062 mm (0,0008 – 0,0024 in)	0,12 mm (0,0047in)

(SUZUKI, 1990)

Los elevadores hidráulicos también pueden ser comprobados, tanto como su alojamiento dentro de la culata, con un micrómetro de interiores se mide el interior de la culata y con uno de exteriores se mide el diámetro del elevador hidráulico. Para saber las medidas de las tolerancias ayudarse en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Tolerancia de elevadores hidráulicos.

Ítem	Estándar	Límite
Diámetro exterior del elevador hidráulico de tolerancia de la válvula	30,959 – 30,975 mm (1,2188 – 1,2194 in.)	-
Diámetro interior en la culata	31,000 – 31,025 mm (1,2205 – 1,2214 in.)	-
Tolerancia de la culata al elevador	0,025 – 0,066 mm (0,0010 – 0,0025 in.)	0,15 mm (0,0059in.)

(SUZUKI, 1990)

Una vez que estamos seguros que los elementos internos del cabezote están en buen estado, se ha reemplazado los elementos dañados y la culata se encuentra limpia, armar el cabezote usando el aceite que se va a colocar para el funcionamiento del motor, el par de apriete que se va a usar para los muñones del eje de levas se los encuentra en la tabla 2.7.

Extraer la culata que se encuentra montada en el auto, para esto es necesario:

- Drenar el aceite del motor.
- Drenar el líquido refrigerante.
- Desconectar las mangueras de agua que están sujetas al múltiple de admisión.

- Desconectar la manguera del hidrovac
- Liberar la presión de la línea de combustible.
- Desconectar la batería, quitarla y dejarla en un lugar seguro.
- Desconectar los terminales de los actuadores y sensores.
- Quitar el múltiple de escape.
- Quitar la banda de accesorios.
- Poner en punto de sincronización el motor y quitar la banda de distribución figura 2.5



Figura 2.5. Sustitución banda de distribución
(Cavadía, 2018)

- Quitar la tapa de válvulas.
- Con el dado apropiado y una extensión aflojar el cabezote según el orden de la figura 2.6 A.
- Limpiar la superficie del bloque con cuidado de no rayar y comprobar la planitud de la misma.

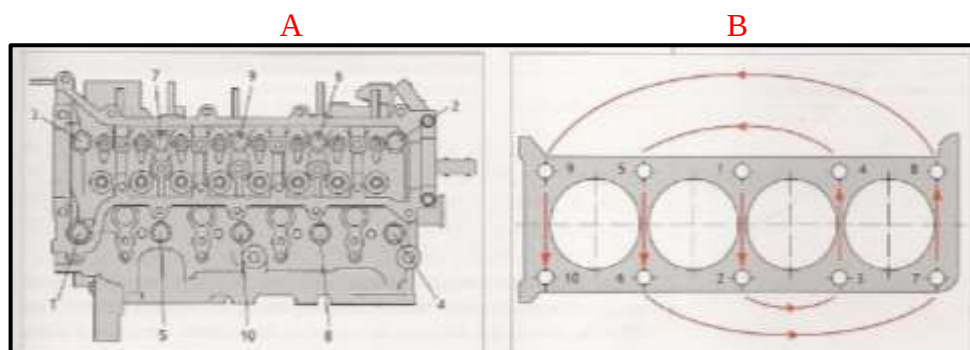


Figura 2.6. Orden de apriete de una culata
(Escudero, González, Ruivas, & Suárez, 2013)

Una vez que se la nueva culata esta lista para el montaje, es decir con sus pares de apriete correctos y la superficie del bloque de cilindros está preparada, se continua con el montaje del cabezote de 16 válvulas.

Presentar la culata con el empaque debidamente colocado, en este caso se usó un empaque de sobremedida, ya que a simple vista las válvulas del nuevo cabezote salen más que las del cabezote original, y para rodar en lo seguro se optó por un empaque más ancho.

Ajustar el cabezote según lo indicado en la figura 2.6 B al torque especificado por el fabricante, lo que se puede encontrar en la tabla 2.6.

Tabla 2.6. Pares de apriete en los pernos de la culata

Par de apriete para los pernos de la culata		
N.m	Kg.m	Lb.ft
65 - 70	6.5 – 7.0	47.5 – 50.5

(SUZUKI, 1990)

Colocar la tapa de válvulas y la banda de distribución siguiendo los puntos de sincronización del motor de la figura 2.7. En la misma figura se puede observar varios ángulos, los cuales corresponden al rango de giro permisible por los distintos ejes, el árbol de levas no podrá girar más de 20° mientras que el cigüeñal no podrá girar más de 90°. Esta recomendación la da el fabricante para que no resulte dañada ningún componente interno del motor.

Con la culata ya con su respectivo ajuste, se coloca la nueva banda de distribución la cual tiene las siguientes medidas: 119X25, donde 119 son los dientes que tiene la banda de distribución y 25 el ancho de la banda.

Al no tener el múltiple de admisión original, ni la computadora ni inyectores, se optó por hacer funcionar el motor con unos cuerpos de aceleración independientes y la ECU original del automóvil.

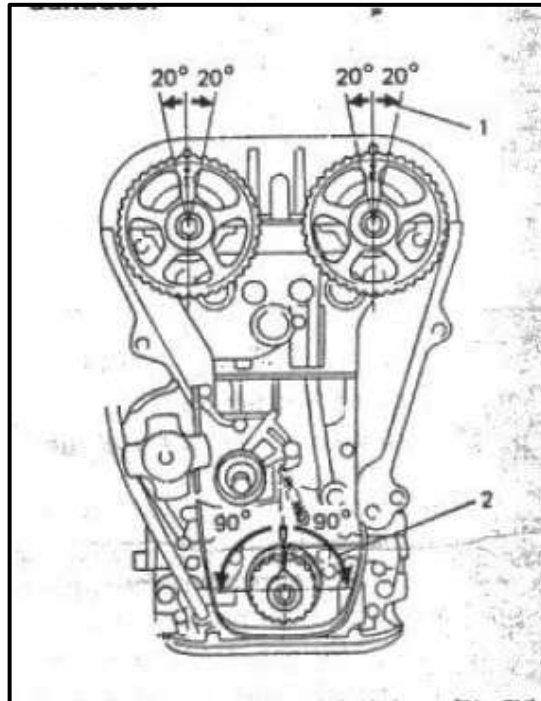


Figura 2.7. Puntos de sincronización del motor
(SUZUKI, 1990)

Tabla 2.7 Pares de apriete en la culata

Pares de apriete en la culata	
Par de apriete tapas de muñón de barra de levas	9 – 12 N.m 7,0 – 8,5 Lb. ft
Par de apriete de los pernos de la tapa válvulas	5 – 7 N.m 4 – 5 Lb. ft
Par de apriete el perno tensor	24 – 30 N.m 17,5 – 21,5 Lb. ft

(SUZUKI, 1990)

2.2 Adaptación de cuerpos de aceleración independiente

Un cuerpo de aceleración independiente es aquel cuerpo de aceleración que cuenta con tantas mariposas como cilindros allá en el motor figura 2.8, por lo general es usado en vehículos de carrera, en motocicletas de alto cilindraje y en vehículos deportivos, el objetivo de este cuerpo de aceleración es proporcionar una entrada directa de aire hacia los cilindros y así poder tener una aceleración en vacío más agresiva. Así mismo al entrar mas aire, se colocó un múltiple de escape para que evacue los gases más rápido (anexo 2).



Figura 2.8. Cuerpo de aceleración independientes
(Cavadía, 2018)

Este cuerpo de aceleración no cuenta con un regulador de presión en el riel, por lo que se le instaló un regulador de presión de combustible externo, este regulador de presión tiene la ventaja de que podemos variar la presión de gasolina que se le suministra al motor sin necesidad de cambiar los datos de la computadora del vehículo.

La computadora que está instalada en el vehículo es la original de Forsa 1300, esta computadora controla un cuerpo de aceleración con un inyector, algo que seguramente no iba a funcionar con el sistema que se quiere adaptar ya que este trae 4 inyectores, uno para cada cilindro, sin embargo se decidió unir los cables de los inyectores y tratar de emular una inyección simultánea, es decir que cuando la ECU mande la señal de apertura al inyector, los cuatro inyectores abran al mismo tiempo. En la figura 2.9 se puede observar las uniones de los terminales de los inyectores.



Figura 2.9. Cuerpo de aceleración independiente montado en el cabezote.
(Cavadía, 2018)

La computadora para saber cuánto aire está ingresando al motor, usa un sensor MAP el cual iba conectado mediante una manguera al cuerpo de aceleración, en este caso al ser independiente se deben unir los vacíos generados en cada cilindro y conectarse con el sensor MAP para que la ECU pueda recibir la señal correcta. En la figura 2.10 se observa la manguera y las T usadas, también se observa donde se conecta la manguera en el cuerpo de aceleración para que proporcione la señal de vacío al sensor.



Figura 2.10. Cuerpo de aceleración con manguera de vacío (Cavadía, 2018)

Como se vio en la sección de sensores, la ECU necesita saber la posición de la mariposa para proporcionar las correcciones necesarias, dependiendo de la carga y régimen del motor. Este cuerpo de aceleración incluye un sensor de posición de la mariposa de aceleración TPS, pero para poder conectar se necesitaba del diagrama en donde va montado este sensor, así podemos conectarlo de manera correcta y funcionara de manera correcta. El cuerpo de aceleración de marca Keihin de 38 milímetros, viene montado en una Honda CBR 600 RR, por lo que se buscó el manual de la computadora de dicha motocicleta y así ya se pudo saber cómo conectar el sensor, pero se tuvo que instalar un nuevo conector que vaya de acuerdo a las dimensiones y a los pines internos del sensor, además de que se tuvo que cambiar de posición los cables para que coincidan con el diagrama proporcionado por el manual.

Este TPS proporciona voltajes diferentes a los que proporcionaba el TPS original para este vehículo por lo que, al prender el motor, este dio arranque, pero se manifestó una inestabilidad en ralentí bastante agresiva, la cual se trató de compensar con variar la

posición del sensor sin obtener resultados favorables, además se trató de elevar las revoluciones por medio del tornillo de ralenti que trae el cuerpo de aceleración, las revoluciones subieron, pero la inestabilidad seguía presente.

Como se ve en la figura 2.9 al cuerpo de aceleración se lo aseguro con soportes de goma y abrazaderas (figura 2.11), pero el vacío del motor hacía que estos soportes se contraigan, mientras que la gasolina que salía de los inyectores golpeaba directamente contra los soportes, por lo que a la larga eso podría resultar en una rotura.



Figura 2.11. Cuerpo de aceleración unidos al múltiple de admisión
(Cavadía, 2018)

Para evitar usar los soportes de goma, se recortó el múltiple de admisión y se le soldaron uniones de metal, al cuerpo de aceleración se le dio la vuelta, porque las líneas de combustible quedaban topando con el capo del vehículo.

Sin embargo, la gestión de gasolina no era la más eficiente por lo que para regular el combustible y la chispa, se decide instalar una computadora del mercado de accesorios.

2.3 Instalación de la computadora

2.3.1 Extracción de la antigua ECU

Para colocar la nueva computadora se tienen dos opciones, usar el harness original del carro, o colocar un harness nuevo. El cableado original del vehículo estaba muy viejo y en ciertas partes tostado por lo que se optó por instalar un harness nuevo, pero para esto hay que quitar el viejo, ya que no va a servir de nada e incluso haría estorbo.

Para quitar el harness viejo primero se debe saber que elementos van a seguir siendo usados y que están conectados al harness principal, en este caso, dichas partes serían el

alternador, el motor de arranque y el limpiaparabrisas, por lo que a medida que se vaya retirando el resto de cables, tratar de no abrir la línea de estos elementos.

Se desconectan los demás sensores y se va retirando el harness principal. En la figura 2.12 se muestra como se ha ido retirando el cableado, hacer esta operación con mucho cuidado de no estropear los cables, lo que lo mantiene sujeto es la parte del cableado que va desde el compartimiento del motor hasta la computadora.



Figura 2.12. Desmontaje harness original
(Cavadía, 2018)

Siguiendo la línea de los cables del motor de arranque, del trompo de retro y del alternador, se puede observar que se unen al cableado principal y a una ficha que va dentro del habitáculo, en este caso se cortó la comunicación entre el elemento y el cableado de la ECU, quedándonos así solo con la ficha que contenía los cables antes mencionados, dicho conector se lo puede observar en la figura 2.13. Además, contenía líneas de cables que no se iban a usar por lo que se las separo, y en vez de cortar los cables, se retiró el pin que va dentro del conector, en la misma figura se aprecia que el pin del cable morado está más arriba que el resto, esto con el fin de demostrar que se puede quitar sin necesidad de cortar el cable.



Figura 2.13. Desarmado de conector
(Cavadía, 2018)

Es muy importante que al seguir la línea de los cables se use un multímetro para comprobar la continuidad de los cables, aunque, cada cable tiene su color diferente al resto, pero el paso del tiempo, el calor y otros factores pueden hacer perder la tonalidad de color a los cables y para estar seguros lo mejor es usar un multímetro en el modo de continuidad.

Para desconectar la computadora es necesario ir al interior del vehículo, quitar el volante y el tablero para tener más comodidad y un mejor acceso. A la computadora se la extrae por la parte de abajo del tablero, se debe de quitar la caja de fusibles y tres pernos que sujetan a la misma, la ubicación exacta se encuentra en la figura 2.16. Una vez retirada se la puede bajar y se desconecta como más facilidad los conectores del cableado. Como se observa en la figura 2.14, solo la unidad de control de motor baja, el resto de componentes se quedan en su sitio, aunque se hayan movido.



Figura 2.14. Extracción de la computadora
(Cavadía, 2018)

Al desenchufar los conectores de la ECU ya se puede desconectar la parte inferior de la caja de relé que tiene el auto, estos relés solo funcionaban para la gestión de motor de la computadora. En la figura 2.15 se observa que el cableado original ha salido por completo, en el mismo se encuentran los conectores de los distintos sensores y actuadores que vienen en el vehículo, también se observa mucho deterioro por fugas de aceite y partes de cables tostados por estar expuestos a altas temperaturas.



Figura 2.15 Cableado original
(Cavadía, 2018)

En esta parte del proceso es necesario comprobar que el resto de componentes eléctricos siguen funcionando, pues en caso de haber cortado un cable mal se tendría un grave problema para diagnosticar el daño, Se debe conectar la batería ir probando que funcionen elementos que no tienen nada que ver con la gestión del motor, como la radio, pito, luces direccionales, luces de parqueo, luz de retro. En este caso por el extremo cuidado que se tuvo al quitar el cableado de la computadora, todos los elementos funcionaron al primer intento, incluso el motor de arranque giro sin ninguna complicación, cabe recalcar que este proceso se lo realizo sin tener un diagrama de cables.

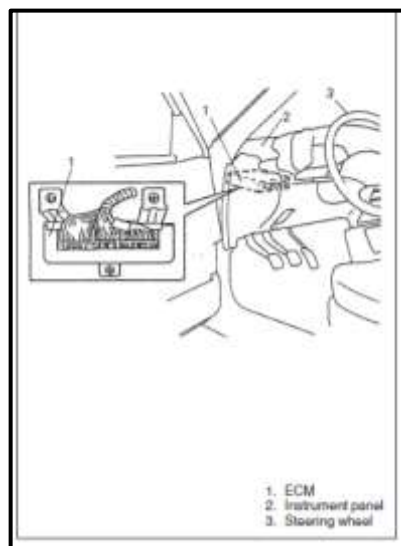


Figura 2.16. Ubicación de la ECU
(SUZUKI MOTOR CORPORATION, 2000)

2.3.2 Opciones de computadoras

En el mercado de accesorios existen varios modelos de computadoras que se pueden comprar y adaptar al vehículo, en este caso se decidió por optar por una computadora programable, más que todo por el aprendizaje que se puede obtener al programar desde cero la gestión para un motor, lo cual no es algo simple. Se debe de tener muy en claro la teoría sobre el funcionamiento del motor y la gestión electrónica que hace la computadora para poder hacer funcionar un motor, esto, porque algunas de las computadoras programables son universales, es decir, se las puede instalar en cualquier motor de cualquier vehículo, incluso motocicletas, siempre y cuando la computadora de la opción y que el programador tenga bien en claro el funcionamiento del motor. Por ellos de todo el mercado de accesorios se barajaron dos opciones para poder instalar en el vehículo.

RACETEC R1000 y Megasquirt 2 Pro (Anexo 3 y 4).

Ambas son muy buenas al momento de gestionar el control del motor, cada una tiene sus principales características, pero para este proyecto se busca facilidad en la programación, soporte por parte del vendedor y que haya información suficiente en el internet para poder programar la ECU.

El vendedor de las computadoras, ofrecía soporte con las dos, los programas para descargar y poder programar la computadora desde una laptop en ambos casos son gratis y se los encuentra online.

La Racetec ofrecía ventajas sobre la Megasquirt en cuanto a seguridad, ya que tiene un modo para poder poner una contraseña antes de arrancar el vehículo, también trae un display en donde se puede apreciar varios parámetros del motor, además ofrece control secuencial de chispa e inyección para los cuatro cilindros, además el sensor MAP que incorpora es de 7 Kg absolutos y se pueden colocar hasta 6 mapas diferentes.

Por su parte la Megasquirt viene con la placa 4.0 modificada en Argentina (anexo 5), ofrece dos mapas de encendido, el sensor MAP de 3 kg, hasta 3 salidas para el control de la ignición, salida de combustible semi secuencial, manejo de inyectores de alta y baja impedancia, los programas se los encuentran gratis en la web, existe más información en foros de soporte y los creadores en Estados Unidos.

El precio y la información en foros que hay sobre proyectos en que hay internet sobre la Megasquirt (anexo 6), fueron los factores determinantes por lo que se adquirió esta computadora, la cantidad de información tanto en español como en inglés, es muy superior a la que hay sobre Racetec en internet.

2.3.3 Instalación del nuevo cableado

La computadora al adquirirla vino con el cableado incluido, por lo que se tuvo que seguir cada línea de cable para poder identificarla, aunque este el cableado, asegurarse con el multímetro que no haya cortes en los cables que hagan que se conecte con otras líneas ocasionando un corto circuito, chequear también que no falta ningún cable y además de que ningún cable este abierto, colocando una punta del multímetro en un extremo del cable y la otra en el conector.

Una vez identificados los cables, hay que soldar los conectores que se van a usar para conectar con los sensores y los actuadores, para ello se necesita saber que sensores se van a

usar, por lo que se revisa el diagrama que el fabricante da para la instalación de los sensores y que pin le corresponde en el conector de la ECU. (Anexo 9).

Analizando el diagrama se conoce que, para el correcto funcionamiento de esta computadora debe recibir señal de los siguientes sensores:

- Sensor de temperatura de aire
- Sensor de temperatura de refrigerante
- Sensor de posición de mariposa
- Un sensor de rueda fónica o distribuidor
- Un sensor de oxígeno

Los actuadores que se deben usar:

- Inyectores
- Bobina de alta tensión.
- Bomba de combustible

En caso de que se requiera usar una válvula de control de ralentí, el diagrama nos da la opción de colocar una válvula de 4 cables o de 2 cables.

2.3.3.1 Sensores

Si bien el diagrama dice que sensores usar, pero no afirma si necesita una marca en específico, pues esta opción es configurable dentro del programa Tuner Studio, es decir que, si se compra un sensor de una marca reconocida, solo se debe saber su rango de funcionamiento para indicarle a la ECU, por medio de la programación, que se está usando un sensor con dichas características.

Sensor de temperatura de aire: se usó el mismo sensor que trae el sistema de inyección anterior, para conectarlo se usa el mismo conector, pero se cambió los pines dentro del conector porque estaba deteriorados. Para indicarle a la ECU que estábamos usando ese sensor, se debe conocer el rango de funcionamiento del mismo, es decir, que resistencia le corresponde a determinada temperatura, lo cual lo dice en la figura 2.17, la misma que se puede encontrar en el manual del vehículo.

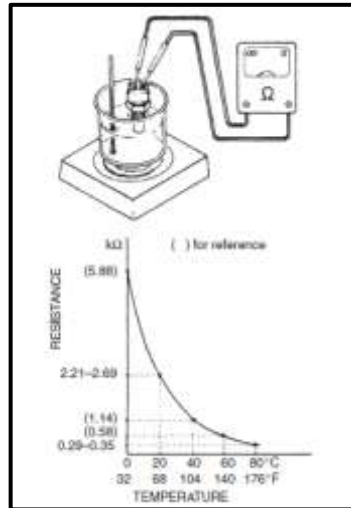


Figura 2.17. Rango de operación del sensor de temperatura de aire
(SUZUKI MOTOR CORPORATION, 2000)

Sensor de temperatura de agua: en este caso al igual que con el sensor de temperatura de agua se usó el mismo sensor que estaba en el vehículo anteriormente, así mismo se usó el conector que le corresponde al sensor, pero este al tener 3 cables, se usó los extremos del terminal para conectar los cables de alimentación, ya que así mide la resistencia en la figura 2.18.

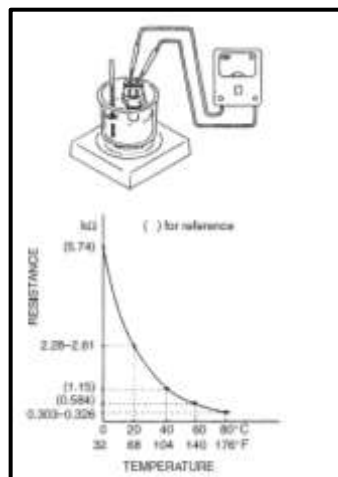


Figura 2.18. Rango de operación sensor de temperatura de refrigerante
(SUZUKI MOTOR CORPORATION, 2000)

Sensor de posición de mariposa: el sensor de posición de mariposa ya viene incluido en el cuerpo de aceleración, para conectar los cables que le corresponden, hay que mirar en el diagrama de conexión del sensor (figura 2.19).

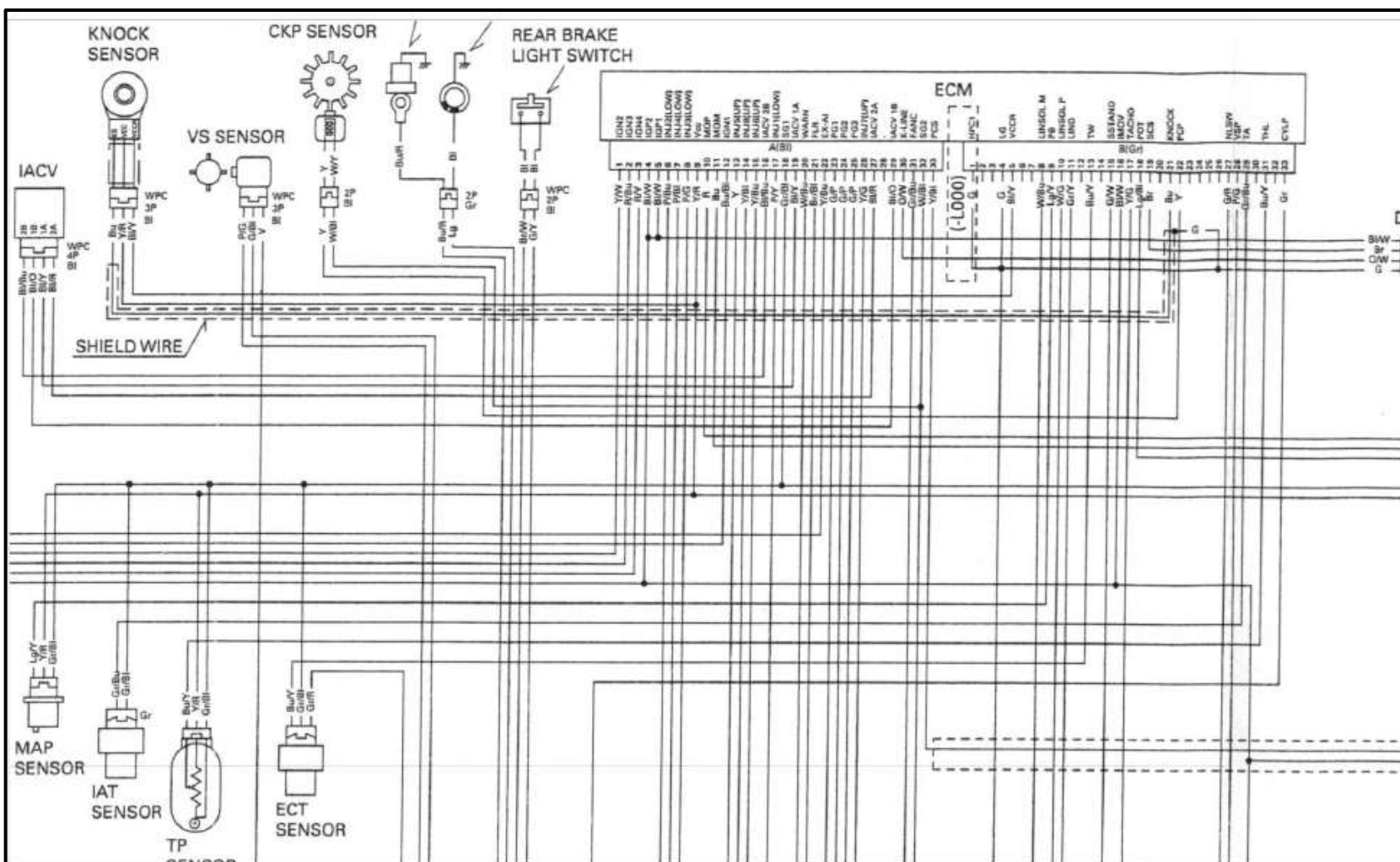


Figura 2.19. Diagrama de conexión de sensor TPS
(Honda Motor, 2007)

Con el diagrama interpretar que señal lleva cada línea que termina en el conector del sensor de posición de la mariposa, para que funcione se necesita una señal positiva y una negativa que suelen ser compartida con otros sensores, la línea de señal va directo a la ECU.

Rueda fónica o distribuidor: el software de la computadora nos da la opción de escoger cualquiera de las dos para poder dar señal de giro a la ECU, como el auto viene con distribuidor, se consideró dejarlo y trabajar con él, pero como se estaba renovando todo el sistema, además de que el distribuidor tiene contactos que están en movimiento, lo que ocasiona desgaste en alguna de sus partes. Para evitar estos desgastes y posibles pérdidas por girar a altas rpm, se adapta una rueda fónica para que pueda el sistema de ignición trabajar en modo de chispa perdida. El vehículo no cuenta con un espacio designado para instalar una rueda fónica por lo que se debe adaptar una, en este caso se modifica la polea de accesorios del cigüeñal.



Figura 2.20. Adaptación de rueda fónica
(Cavadía, 2018)

En la figura 2.20 se puede observar que la polea de accesorios fue modificada para colocarle una rueda fónica de 60-2 dientes, la misma que es originalmente para un Chevrolet corsa. La rueda fónica así mismo se corta con amoladora y se une la parte dentada a la polea recortada del Forsa dando como resultado la figura 2.20 del lado derecho.



Figura 2.21. Base para el sensor de posición de cigüeñal
(Cavadía, 2018)

Para hacer esta adaptación hay que tener ciertas consideraciones, como la posición del sensor a la que va a ser ubicado, el sensor, con el motor en PMS (punto muerto superior) debe ser instalado en el diente número 20 en sentido contrario al giro del cigüeñal con una luz de 1 mm (Colombo & Piuggros). Con esta consideración hay que tener presente como y donde va a ir ubicada la base del sensor (figura 2.21), ya que, al no haber una locación en específico, se tendría que construir una base o aprovechar algún sistema que no esté en funcionamiento, en este caso el del aire acondicionado. Al modificar la polea para instalar la rueda dentada, se corta la parte que le corresponde a la del aire acondicionado, por lo que ya no va a haber accionamiento para este sistema, se quita el compresor y se aprovecha el espacio que deja para colocar la base del sensor, en donde iba el tensor de la banda del aire acondicionado (figura 2.22).



Figura 2.22. Ubicación del sensor de giro de cigüeñal.
(Cavadía, 2018)

El sensor a usar, es un sensor inductivo de dos pines, ya que el ramal de la ECU nos proporciona dos cables, el orden para conectar el terminal que va al sensor, es indiferente.

Sensor de oxígeno: el auto ya viene con este sensor, es un sensor de oxígeno EGO de cuatro terminales que trabaja en ciclo cerrado. Se lo montó sobre el múltiple de escape, pero la información que recibía la computadora muchas veces era errónea, ya que marcaba mezcla rica cuando en verdad le faltaba gasolina. Por lo que tal vez el sensor ya estaba dañado por el uso que este tuvo a través del tiempo.

Se adquiere un sensor de oxígeno de banda ancha UEGO. Con este sensor se tiene un mejor control sobre la mezcla de aire combustible y se sabe con más exactitud en qué situación de mezcla está el motor más allá de la estequiométrica. En la figura 2.23 se puede observar a la parte inferior de la imagen al sensor de banda ancha y en la parte superior al sensor que estaba en el vehículo. Para el montaje no hay ninguna dificultad, ya que el diámetro de la rosca y el paso son los mismos en ambos sensores.



Figura 2.23. Sensores de oxígeno
(Cavadía, 2018)

2.3.3.2 Actuadores

Al igual que los con sensores, la computadora no nos dice que actuadores utilizar, pero se podrán introducir los datos del actuador dentro de la programación para que funcione correctamente.

Inyectores: los inyectores usados son los que vienen instalados en el cuerpo de aceleración, los cuales presentan las características que se muestran en la tabla 2.8.

Tabla 2.8. Características del inyector

Ítem	Valor
Resistencia interna	12,6 Ohms
Impedancia	Alta
Flujo de inyección	121cc/min

En caso de tener un inyector y no saber sus características, se las puede hallar, la resistencia con un multímetro, la impedancia depende de la resistencia (Capítulo 1, sección 1.5.2.1) y el flujo de inyección lo da el banco de pruebas (figura 2.24).

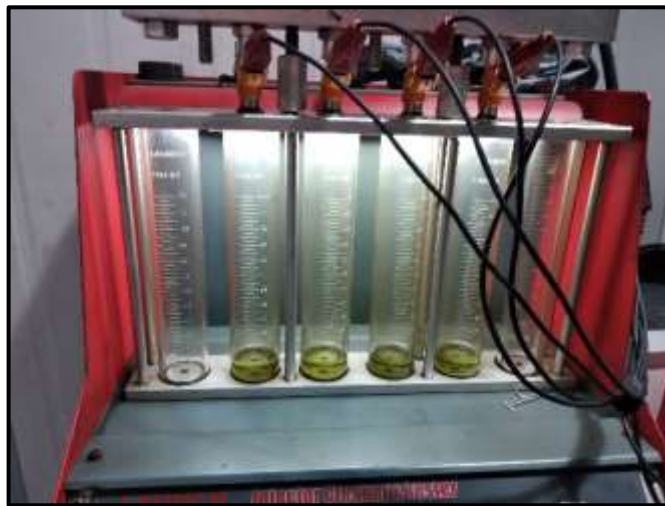


Figura 2.24. Inyectores en el banco de pruebas (Cavadía, 2018)

Para la conexión eléctrica de los inyectores, la ECU el cableado nos da una señal fija de 12V y otras dos negativas que salen de la ECU para controlar la actividad de los inyectores (figura 2.25). En el diagrama del anexo 9 los cables para los inyectores se refieren como canal A y canal B, esto es de suma importancia que se mantenga el orden al momento de colocar los cables, ya que en caso de invertir los cables el motor podría tener un mal funcionamiento e incluso podría no llegar a encender. Esto ocurre debido a que en el cable del canal A se controlan los cilindros 1 y 4, mientras que en el canal B van los inyectores 2 y 3, el invertir estos cables, significa que el inyector no va a abrir en el momento correcto, ocasionando que el motor falle.



Figura 2.25. Conexión eléctrica de inyectores
(Cavadía, 2018)

Bobinas: Para colocar la bobina es necesario tener en claro que tipo de encendido permite la ECU, en este caso nos permite usar un sistema de encendido de chispa perdida, o encendido DIS, pero este sistema se lo puede gestionar de dos formas, se pone una bobina con cables, o se pone una bobina por cada cilindro, aquí depende del criterio del que realice la modificación y del presupuesto del dueño. En este caso se optó por encendido DIS con bobina con cables, ya que la bobina adquirida es de las más comunes en el mercado de repuestos.

Para la colocación del terminal hay que tener en cuenta los pines dentro de la bobina, es decir que esta bobina viene con tres pines, uno de 12V y otros dos que los activa la ECU, por lo que es necesario medir en un vehículo que ocupe esta bobina, a que pin le corresponden los 12 V para que los otros dos tengan la señal de la ECU.

Para adaptar la bobina tener en cuenta el largo de los cables, tanto los cables de bujía, como los cables del conector. Hay que tener en cuenta también que, al colocar los cables, no topen con el cofre del motor. Se quita el distribuidor y se coloca la bobina en esa ubicación, se corta una lámina de metal y sobre esa lamina se instala la bobina (figura 2.26). Tapar el hueco del distribuidor para que no salga aceite por allí, se puede construir un tapón del caucho de llanta y se lo asegura con silicón para que quede hermético.



Figura 2.26. Instalación de bobinas
(Cavadía, 2018)

Bomba de combustible: la activación de la bomba de gasolina se realiza a través de un pulso negativo que manda la ECU. El cableado proporciona un relé con el que se debe invertir la corriente para que salga un pulso positivo.

Identificar el cable positivo quitando el asiento de la parte posterior, en el terminal, identificar el cable y ver de qué color es para con esta información, conectar la línea que sale del relé. Debajo de la alfombra por el lado del conductor pasa un grupo de cables, entre ellos que previamente se identificó como positivo de la bomba de combustible, se abre la línea por donde más se crea conveniente y se une el lado que va hacia la bomba con el cable que sale del relé.

Si se sigue el diagrama que proporciona el fabricante de la computadora, y se aseguran todas las conexiones de manera segura, al poner contacto se verá como prende un foco en la computadora y se escucha el funcionamiento de la bomba por unos segundos. De esta manera se sabrá que esta correctamente conectada.

2.4 Programación de la computadora

2.4.1 Instalación

Para poder programar la ECU, es necesario comunicarla con una laptop, para ello se utiliza un cable serial – USB o también llamado cable RS32 o cable DB9. Asegurarse de que la calidad del cable es la mejor ya que si se usa cables de mala calidad, habrá errores en la comunicación.

Este cable requiere que la laptop cuente con un driver, el cual vendrá en un cd de instalación junto con el cable.

También se necesita un programa el cual se lo puede encontrar gratis desde la página de Tuner Studio en la sección descargas, se busca el link que se llama Tuner Studio MS, una vez terminada la descarga se instala el programa.

2.4.2 Configuración inicial

Instalado el programa se creará un nuevo icono en el escritorio lo abrimos y saldrá una pantalla como la de la figura 2.27.



Figura 2.27. Inicio de Tuner Studio
(Cavadía, 2018)

Se da clic en abrir nuevo proyecto, y se abrirá una ventana como la figura 2.28 en la cual se ingresa el nombre que se tiene planeado para el proyecto.

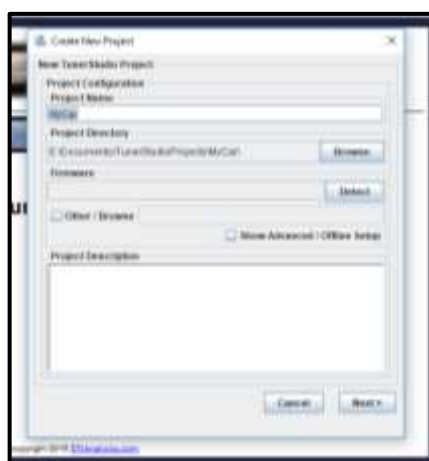


Figura 2.28. Ventana de inicio de proyecto
(Cavadía, 2018)

En la parte de directorio es donde queremos que se guarde nuestro proyecto, se recomienda dejar la ubicación por defecto ya que aquí se va a organizar toda la información. En la parte de firmware conectar el USB a la laptop y dar clic en detectar, aquí comienza a cargar una barra y esperar a que la laptop detecte la versión de la ECU, cuando termine se le da clic en aceptar.

Se abrirá otra ventana como la de la figura 2.29 en donde aparecerán los primeros parámetros configurables para dar forma al proyecto en donde saldrán las siguientes opciones.



Figura 2.29. Crear nuevo proyecto
(Cavadiá, 2018)

Oxygen sensor / display. Se coloca que tipo de sensor de oxígeno se va a usar, en caso de un sensor EGO narrowband, para un sensor UEGO wideband. En este caso wideband.

Temperature display. En que unidad queremos que se mida la temperatura, puede ser Fahrenheit o Celsius. Para este proyecto Celsius.

Dar clic en *next* porque los otros parámetros ya vienen desactivados por default, y aparecerá una pantalla en donde se ve en qué puerto USB de la laptop está conectada la Megasquirt. Dar clic en *next* nuevamente y se abrirá la ventana del display que se quiere que aparezca en la pantalla al abrir el proyecto, se recomienda dejar el que viene por defecto, si se quiere cambiar depende del usuario. Se da clic en *finish* y ya se pueden programar la computadora.

2.4.3 Calibración de sensores

Antes de mover cualquier valor se debe hacer saber a la ECU con que sensores se está trabajando.

2.4.3.1 Sensor de posición de mariposa TPS.

Ir a *Tools > calibrate TPS* y se abrirá una ventana como la figura 2.30 en donde sin pisar el pedal del acelerador es decir con la mariposa cerrada dar clic en el cuadro *get current* superior, luego con el pedal del acelerador totalmente pisado o WOT (wide open throttle), dar clic en la casilla inferior que dice *get current*. Se da clic en aceptar y ya está el TPS.

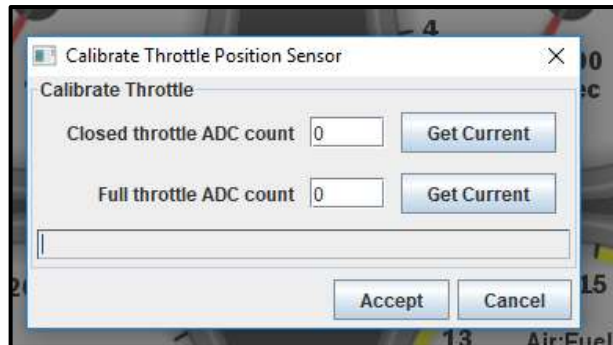


Figura 2.30. Calibración del TPS
(Cavadía, 2018)

2.4.3.2 Sensores de temperatura de aire y refrigerante IAT y ECT

Para calibrar los sensores de temperatura ir a *Tools > calibrate thermistor tables*. Se abrirá una ventana como la figura 2.31 en donde, en *sensor table* se escoge el tipo de sensor si es de refrigerante o de aire. En *Table input solution* se deja por default. En caso de usar un sensor común, buscarlo en la lista que se despliega en *Common sensor value*.



Figura 2.31. Calibración sensores IAT y ECT
(Cavadía, 2018)

Si no se encuentra el sensor es necesario saber el rango de operación, para los sensores que se escogió para este vehículo (figura 2.19 y 2.20) introducir los valores en los cuadros en blanco del lado izquierdo la temperatura y del lado derecho la resistencia en esa

temperatura. En *Bias resistor value* es un factor de multiplicación que usa la computadora para calcular la curva de la temperatura vs resistencia. En este caso es 2490.0.

Se repiten los pasos para el sensor de temperatura de aire y luego dar clic en *write to controller*.

2.4.3.3 Calibrar sensor MAP

En el apartado de *Tools > sensor calibration* podemos calibrar el tipo de sensor MAP que se esté usando, en este caso dentro de la ECU viene instalado un MPXH6400.

2.4.3.4 Calibrar sensor de oxígeno

Para decirle a la ECU el tipo de sensor que se está usando, ir al *Tools > Calibrate AFR table* en donde de una lista se escoge la marca y serie del sensor que se tiene, así como indica en la figura 2.32. Luego se da clic en *Write to controller* y queda listo.

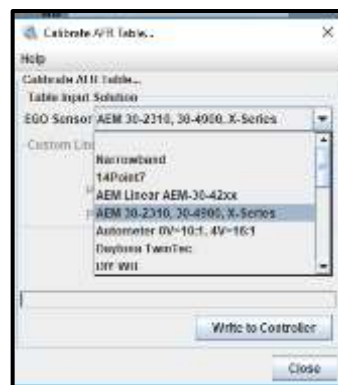


Figura 2.32. Calibración sensor de oxígeno
(Cavadía, 2018)

2.4.4 Calibración de actuadores

2.4.4.1 Admisión de combustible

Para darle las características del motor y del sistema de alimentación de combustible entrar en *Basic setup > engine constants*. Se abre un cuadro como en la figura 2.33 en donde se encuentra.

Control algorithm: Aquí se escoge que va a determinar la cantidad de aire que entra al motor, speed density para un sensor MAP y Alpha – N para TPS.

Squirts per engine cycle: Número de disparos que va a dar el inyector en un ciclo, esto beneficia a la homogeneidad de la mezcla.

Engine stroke. Los tiempos del motor en este caso es un motor de cuatro tiempos.

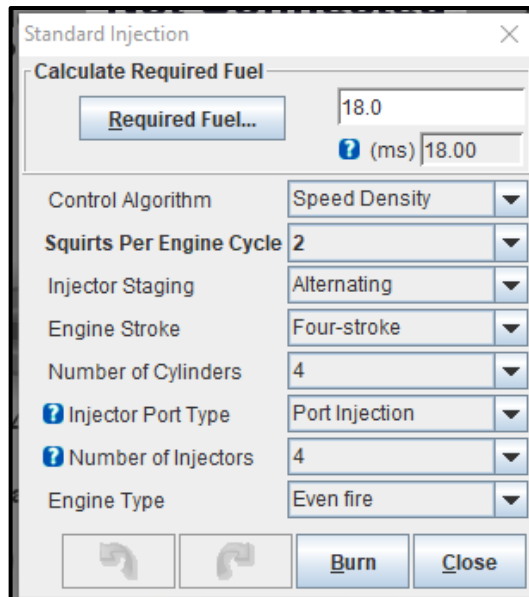


Figura 2.33 Standar Injection
(Cavadía, 2018)

Number of cylinders: Los números de cilindros que tenemos disponibles en nuestro motor.

Injector port type: En donde está ubicado el inyector, si está colocado antes de la mariposa se coloca throttle body, si el inyector esta después de la mariposa se coloca port injection.

Number of injectors: el número de inyectores primarios, en caso de tener dos rampas de inyección, aquí colocar los primarios.

Ahora *Required Fuel* se coloca el combustible necesario, pero el programa tiene una calculadora donde se abre una ventana como la figura 2.34.

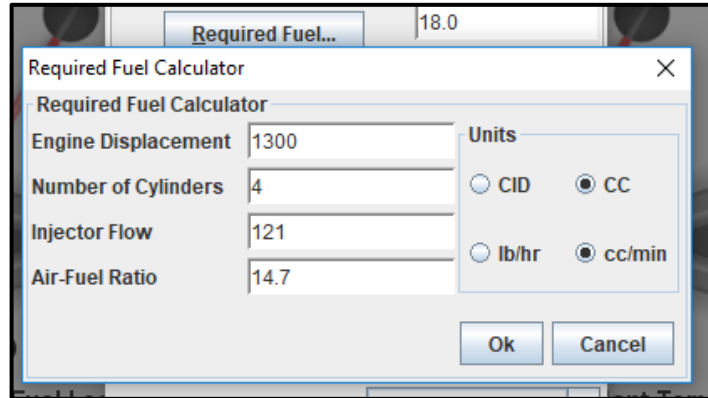


Figura 2.34. Tabla de combustible necesario
(Cavadía, 2018)

Engine displacement: Cilindrada total del motor.

Number of cylinders: Número de cilindros.

Injector flow: El flujo de inyección que anteriormente se sacó en el banco de pruebas.

Air fuel ratio: La relación de aire combustible que se quiere para el motor.

Para colocar los datos del inyector se ingresa en *Basic setup > Injector characteristics*. En donde nos encontramos una ventana como la figura 2.35.

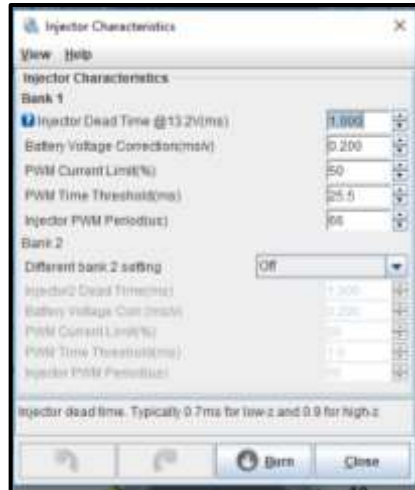


Figura 2.35. Características del inyector
(Cavadía, 2018)

Injector Dead time: Para inyectores de baja impedancia 0.7 y para alta impedancia 0.9 son los casos más recurrentes.

PWM current Limit: Es un limitador de corriente para proteger los inyectores, para baja impedancia máximo 75, para alta impedancia 100.

PWM Time threshold: Tiempo en el que dura para energizarse un inyector, para inyectores de alta impedancia 25.5ms para inyectores de baja impedancia alrededor de 1ms.

2.4.4.2 Configuración de la chispa

Para configurar la chispa en la ECU ir al apartado de en *Basic setup > Tach input / Ignition settings*. En donde se abre una ventana como la figura 2.36.

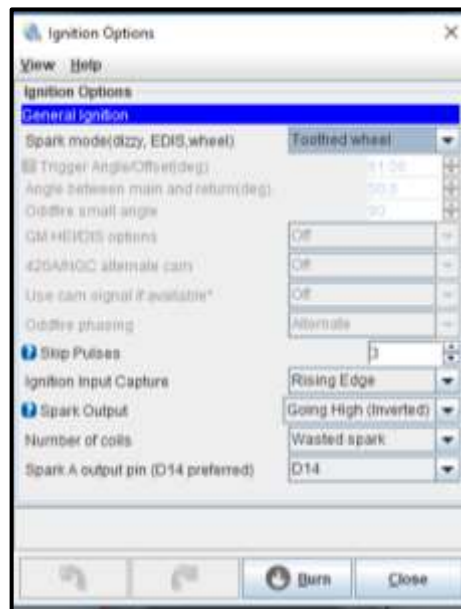


Figura 2.36. Opciones de ignición
(Cavadía, 2018)

Spark mode: Se coloca que tipo de encendido se instaló en el vehículo en este caso rueda con diente faltante o toothed Wheel.

Number of coils: Se coloca que tipo de bobinas se ha colocado en el vehículo, en este caso wasted spark para el encendido DIS.

Luego ir al apartado de *Basic Setup > Trigger Wheel Settings* para configurar la rueda fónica que instalamos en el auto. Para este caso se tiene una single *Wheel with missing tooth*. En la figura 2.37 podemos ver los demás parámetros de configuración.

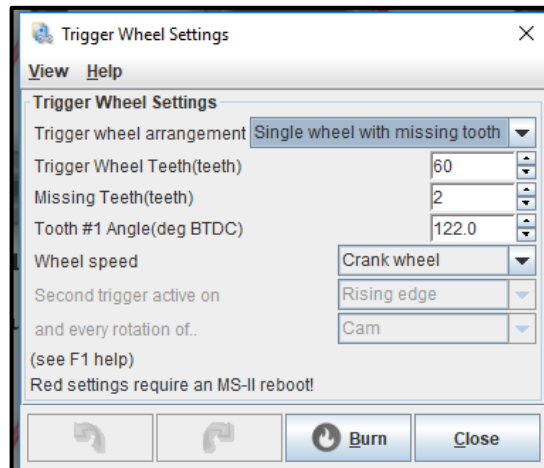


Figura 2.37. Calibración de rueda dentada
(Cavadía, 2018)

Trigger Wheel teeth: Aquí se coloca la cantidad de dientes que tiene la rueda dentada, se cuentan incluso los faltantes, en este caso se tiene una rueda entada de corsa con 60 dientes.

Missing teeth: Colocamos la cantidad de dientes faltantes

Tooth #1 angle: Aquí se coloca el ángulo en el que fue colocado el sensor de posición del cigüeñal. Para este caso 122°.

Wheel speed: Donde está instalada la rueda, en este caso en el cigüeñal por lo que se escoge crank Wheel.

2.4.5 Configuración de arranque en frío

Para configurar la mezcla de aire combustible mientras el motor se está calentando, se entra a *Start up / idle > warmup enrichment curve* se tiene que ir variando esta curva (figura 2.40) con ayuda de la información que proporcione la wideband, es normal poner al motor un poco rico en el arranque en frío por lo que es necesaria esta curva. Modificar esta curva solo en los arranques en frío por las mañanas o cuando el auto haya pasado más de 8 horas apagado.

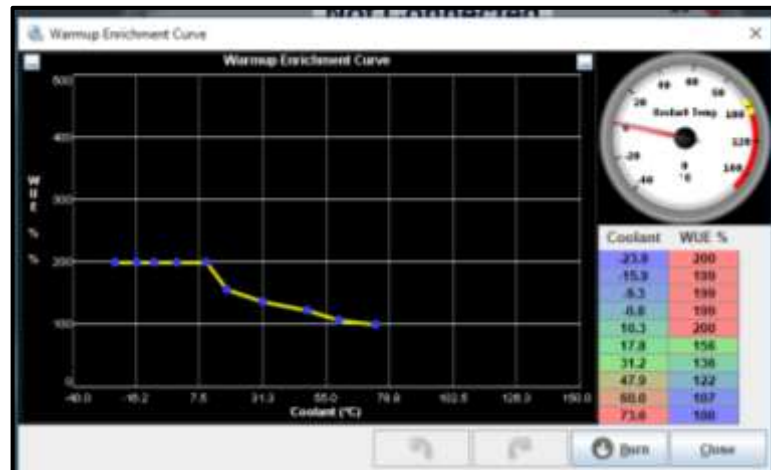


Figura 2.38. Curva de enriquecimiento en frío
(Cavadía, 2018)

2.4.6 Tabla de eficiencia volumétrica

Para configurar esta tabla se debe encender el vehículo y con ayuda de los datos de la wideband se va aumentando o disminuyendo los valores de la tabla según como más convenga tanto como para el motor, como para el medio ambiente, en esta tabla mientras más alto es el valor, más combustible va a inyectar la ECU. (figura 2.41).

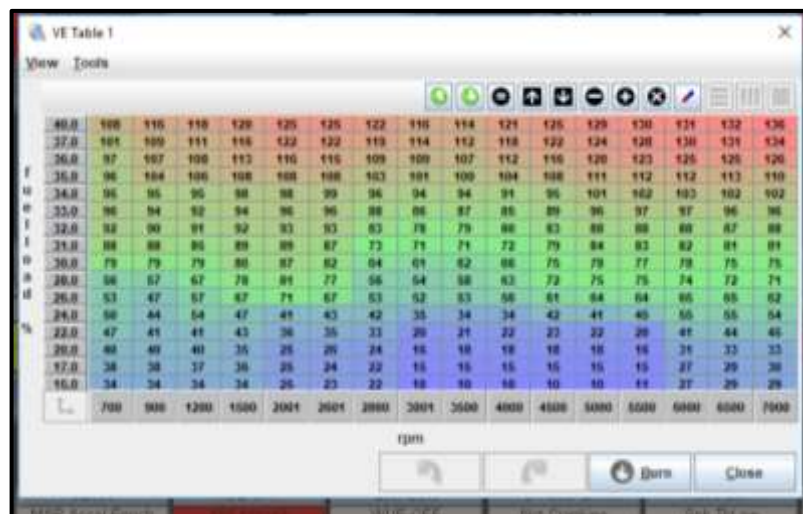


Figura 2.39. Tabla de eficiencia volumétrica
(Cavadía, 2018)

En esta tabla se calibra la mezcla del ralentí mientras el vehículo está parqueado, pues para poder darle los valores correctos al resto de la tabla es necesario que alguien maneje el

vehículo, pero esto debe hacerse en una carretera lo más solitaria posible. O en el mejor de los casos se lo hace sobre los rodillos del dinamómetro, así se ven los números de torque y potencia que arroja el dinamómetro mientras se va variando el mapa. La tabla de eficiencia volumétrica debe de ser lo más suave posible, es decir que no debe tener cambios bruscos, para saber esto, ver el gráfico 3D para saber cómo cambia el mapa como la figura 2.40.

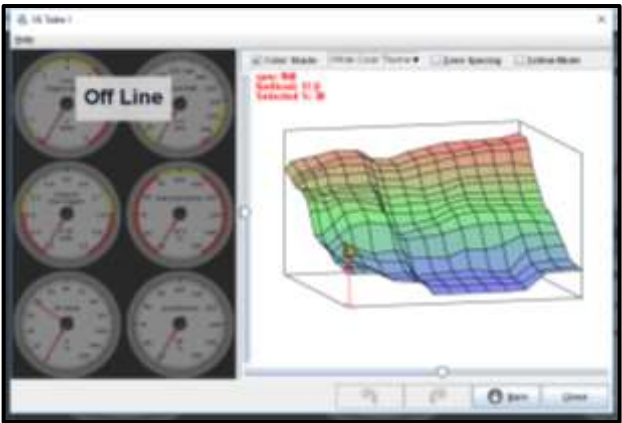


Figura 2.40. Gráfico 3D de eficiencia volumétrica (Cavadía, 2018)

2.4.7 Tabla de AFR

Esta tabla debe calibrarse por sectores, no es necesario tener el vehículo encendido, pero si es necesario saber en qué sectores se requiere andar pobre, o en qué sectores se requiere andar con mezcla rica. (Figura 2.41).

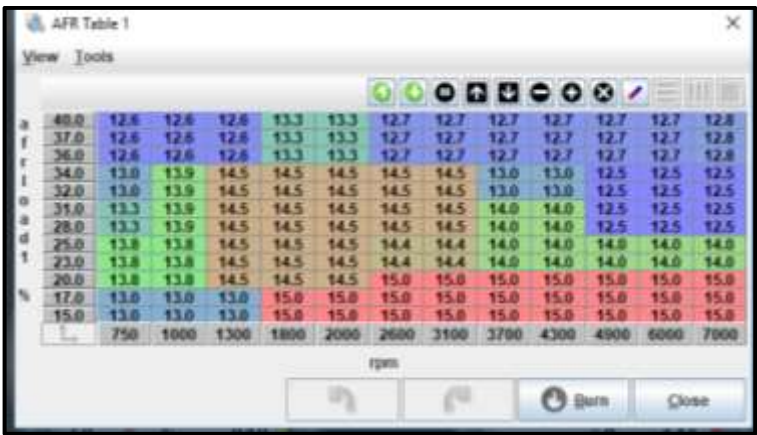


Figura 2.41. Tabla de AFR (Cavadía, 2018)

Los sectores corresponden a las diferentes etapas del vehículo mientras se conduce, como ralentí, velocidad crucero, plena aceleración y deceleración (anexo 7).

La relación de aire combustible que se use en los diferentes sectores, varía según el vehículo y el criterio de la persona que esta configurando el mapa.

2.4.8 Tabla de avance de chispa

Probablemente una de las tablas más complicadas de ajustar ya que una mala calibración de esta tabla puede significar la rotura del motor, con esta tabla es bueno ir de menos a más (figura 2.42), iniciar con poco avance e irlo subiendo poco a poco, cuando se note que el motor bajo un poco su rendimiento, regresar el número anterior y guardar, ya que si se sigue dando más avance hay riesgo de que el motor haga el efecto de pistoneo o cascabeleo.



Figura 2.42. Tabla de avance de chispa
(Cavadía, 2018)

La grafica en 3D de esta tabla también debe tener un avance lo más progresivo posible, así como se observa en la figura 2.43, esto se hace con el fin que no haya tirones al momento de la aceleración.

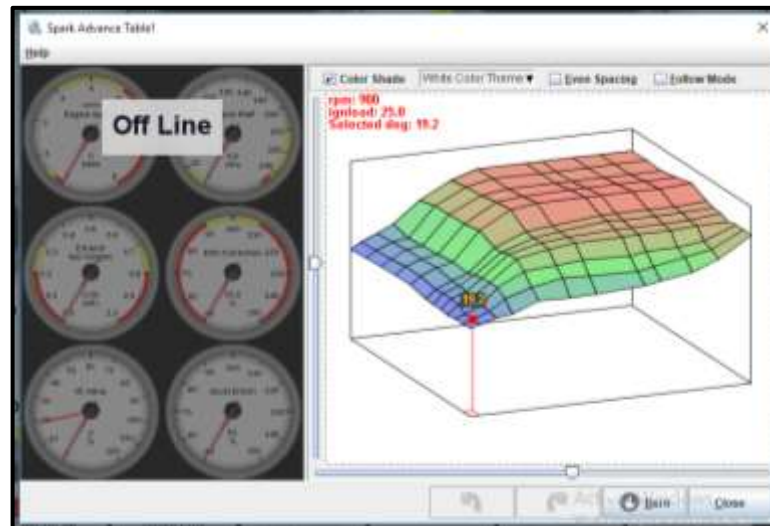


Figura 2.43. Tabla 3D de ignición
(Cavadía, 2018)

2.4.9 Limitador de revoluciones

Para evitar que el motor se embale es necesario configurar el limitador de revoluciones, así se queda seguro de que el motor no va a sufrir una avería grave por pasarse de revoluciones. Para configurar esto entrar en *Basic setup > rev limiter* se abre una ventana como la figura 2.44. El limitador se puede configurar dependiendo de lo que desee el programador, se puede limitar por corte de combustible, por retraso de chispa o por corte de chispa, todos son efectivos pero el sonido va a variar de uno a otro.

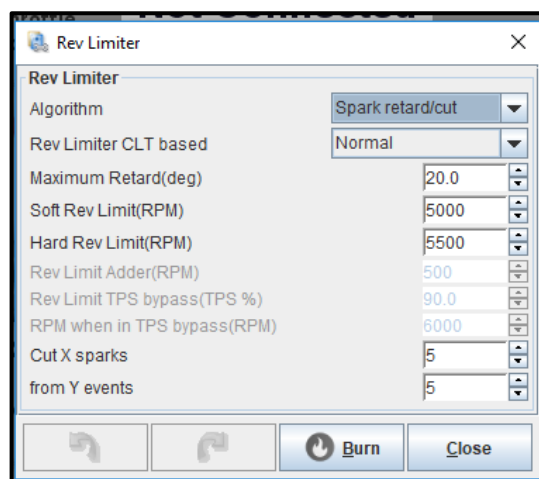


Figura 2.44. Limitador de revoluciones
(Cavadía, 2018)

2.4.10 Salida para el electro ventilador

La ECU tiene una opción de que el ventilador sea activado por la computadora, esta opción se la puede activar en *Extended > output port settings* en donde se abrirá una ventana como la figura 2.45.

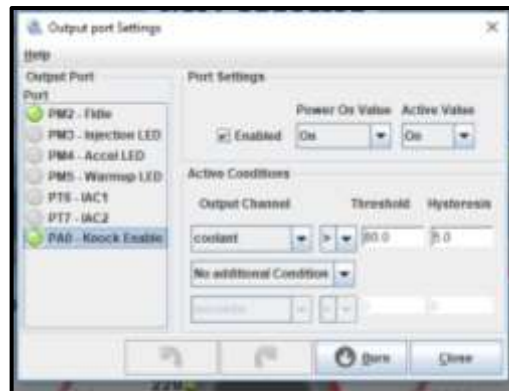


Figura 2.45. Salidas auxiliares
(Cavadía, 2018)

En esta ventana se pueden gestionar los pines que sirven como salidas auxiliares, en este caso la salida para el electro ventilador es la PA0-Knock Enable. Allí podemos configurar a que temperatura se quiere que encienda el electro ventilador.

2.4.11 Enriquecimiento por aceleración

En ciertas ocasiones que se pisa el acelerador repentinamente, entra aire bruscamente pero no hay suficiente combustible por lo que el motor tiende a quedarse, en motores a carburador para solucionar esto se instaló una bomba de pique, la cual inyecta más gasolina cuando se pisaba el acelerador bruscamente.

En busca del mismo objetivo de la bomba de pique, está el enriquecimiento por aceleración, el cual mide los cambios bruscos de la mariposa, pero aquí no hay bomba adicional, sino que el inyector abre por más tiempo. Para acceder a esta tabla se va a *Accel Enrich > Accel enrichment wizard* en donde se encontrará la ventana de la figura 2.46.

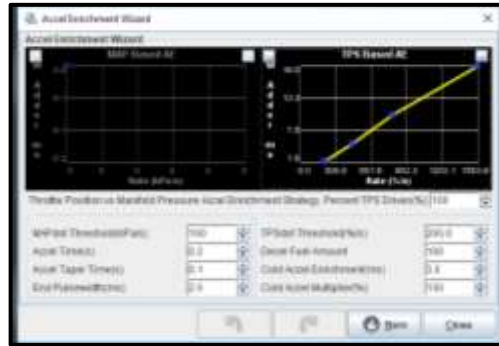


Figura 2.46 Enriquecimiento por aceleración
(Cavadía, 2018)

El valor más complicado de configurar es el TPSdot threshold ya que este valor debe ser lo tan bajo para que capte las aceleraciones repentinas, pero no demasiado porque después se activa, aunque no se haya pisado el acelerador, y lo más alto posible para que no ocurra este efecto de aceleración por ruido en la señal.

2.4.12 Control de largada

Esta función conocida como *launch control* es usada para limitar el giro del motor antes de querer hacer una largada rápida, así poder arrancar sin derrapar las llantas. Para acceder a este menú se entra en *Extended > Launch Control* se abre una ventana como la figura 2.47 en donde podemos limitar a las revoluciones deseadas, el límite de revoluciones depende del motor, es prueba y error hasta que el motor derrape lo menos posible en la salida. En *Limiter method* podemos escoger como se va limitar, puede ser por corte de chispa, corte de combustible o ambas, en este caso se escogió el corte de chispa por el sonido.

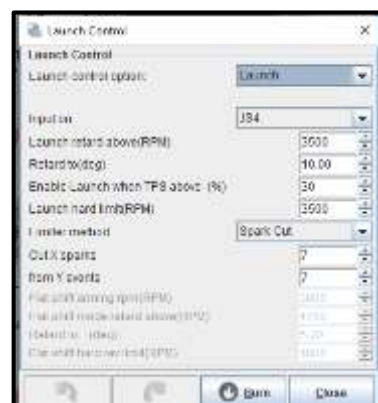


Figura 2.47 Control de largada
(Cavadía, 2018)

2.4.13 Adquisición de datos

Existe un software de adquisición de datos que informa del comportamiento del motor a través del tiempo y se representa en gráficas, este software también ayuda a poder calibrar la tabla de eficiencia volumétrica, ya que tiene un modo que cambia la tabla según la tabla de AFR que se le haya puesto.

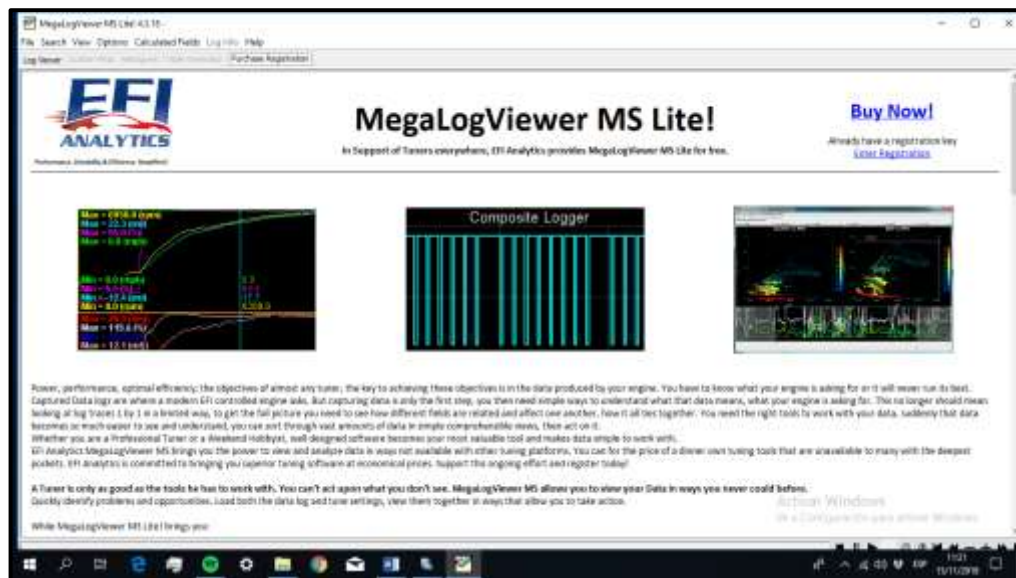


Figura 2.48 Software de adquisición de datos.
(Cavadía, 2018)

Para que la laptop registre los datos de la ECU ir a *Data logging > start logging* así la laptop comenzará a registrar los datos mientras se conduce, es la manera más segura de modificar las tablas ya que manejar y estar pendiente de la computadora es una distracción más al volante. Este programa que se puede descargar desde la misma página de donde se descargó el Tuner Studio, se llama Megalog viewer (figura 2.48).

Una vez dentro del programa se carga el proyecto que se está realizando y como se observa en la figura 2.49, se pueden ver las gráficas en función del tiempo, los factores de enriquecimiento que están activados en ese momento.

En la parte derecha de la figura 2.49 se observan las tablas de eficiencia volumétrica y de avance de chispa que se tiene en el proyecto, si se desea hacer algún cambio, se lo puede realizar directamente aquí y se guardará automáticamente en el proyecto.

CAPÍTULO III

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

3.1 Dinamómetro

Antes de realizar la adaptación del cabezote, de los cuerpos de aceleración y de la computadora programable, se hizo una pasada por el dinamómetro con el fin de saber cuál es la potencia del vehículo antes de realizar modificación alguna, por lo que gracias al dinamómetro de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil, se pudo realizar esta prueba sin ningún contratiempo, de forma segura, y se tuvo la ventaja de poder interactuar con el vehículo cuando se realizó la prueba, los docente facilitaron el trabajo realizado.



Figura 3.1. Sujetando el vehículo por seguridad.
(Cavadía, 2018)

Antes de hacer la prueba se debe sujetar el carro al chasis del dinamómetro, esto se lo hace por seguridad, para que el vehículo se encuentre lo más estático posible con el fin de evitar un accidente con el vehículo mientras se realiza la prueba, en la figura 3.1 se observa que al vehículo se lo asegura en la parte de abajo.

Una vez asegurado el vehículo se coloca un láser en la con una cinta reflectiva en la polea del cigüeñal, para que el dinamómetro tenga la señal de giro del motor, se puede colocar en cualquier polea, pero habría que hacer la respectiva multiplicación por diferencias en el diámetro de poleas.

En esta pasada se obtuvo los siguientes resultados.

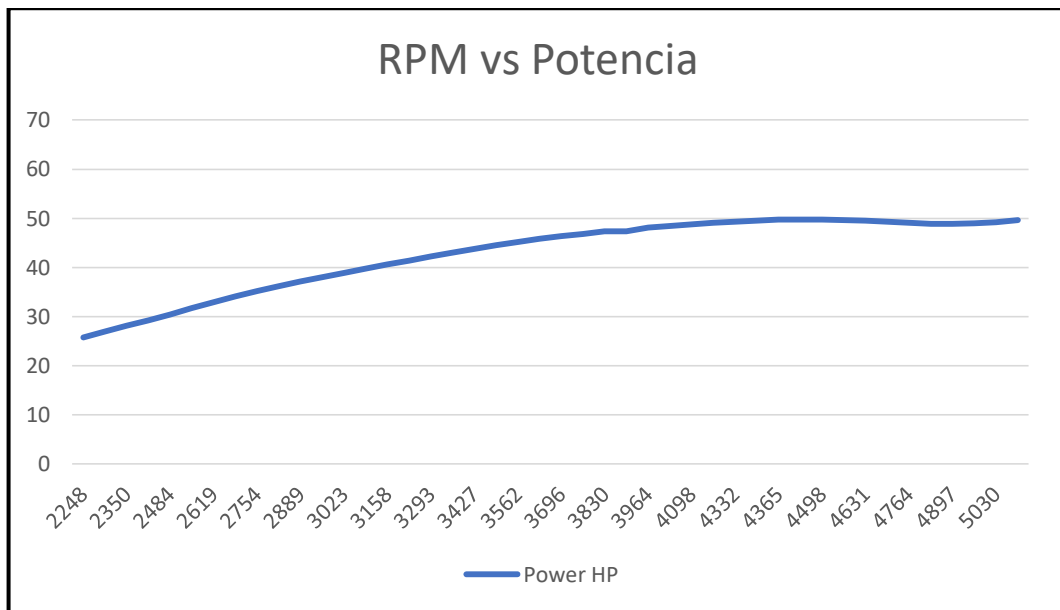


Figura 3.2 Gráfico de potencia antes de la modificación.

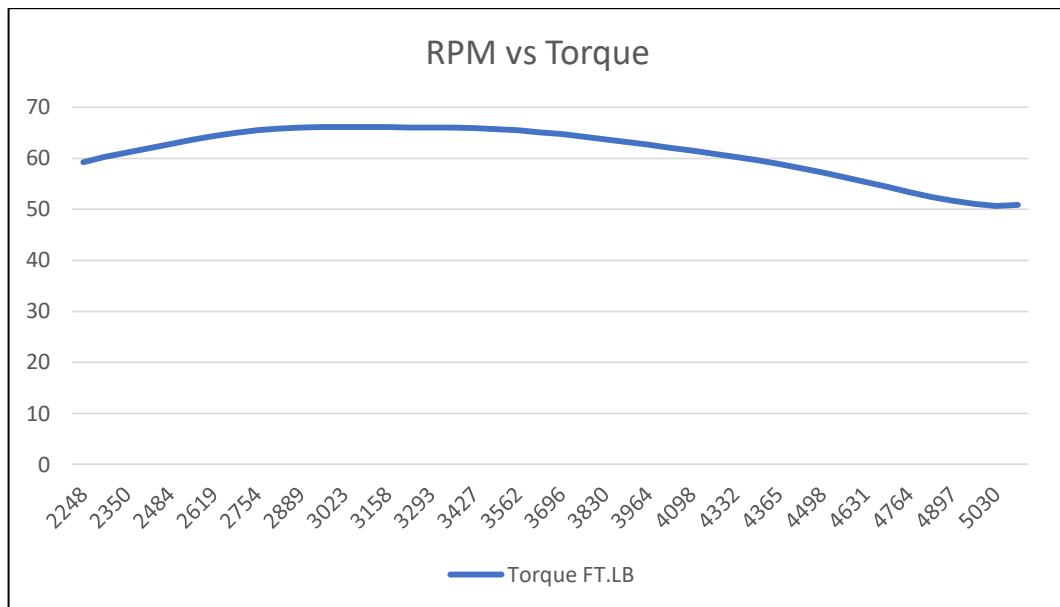


Figura 3.3 Gráfico de torque antes de la modificación.

En figura 3.2, la potencia máxima registrada fue 49.8 HP @ 5124 rpm.

Mientras que en la figura 3.3 en el gráfico de torque se registró un máximo de 66.1 Ft.Lb @ 3360 rpm, también se observa que una vez que alcanza el torque máximo la curva comienza a decaer a media que sigue subiendo las revoluciones.

Luego de realizar las modificaciones se volvió a subir al dinamómetro tomando las medidas de seguridad antes expuestas, además se lubrico los rodillos del dinamómetro como mantenimiento del mismo y se obtuvo los siguientes resultados.

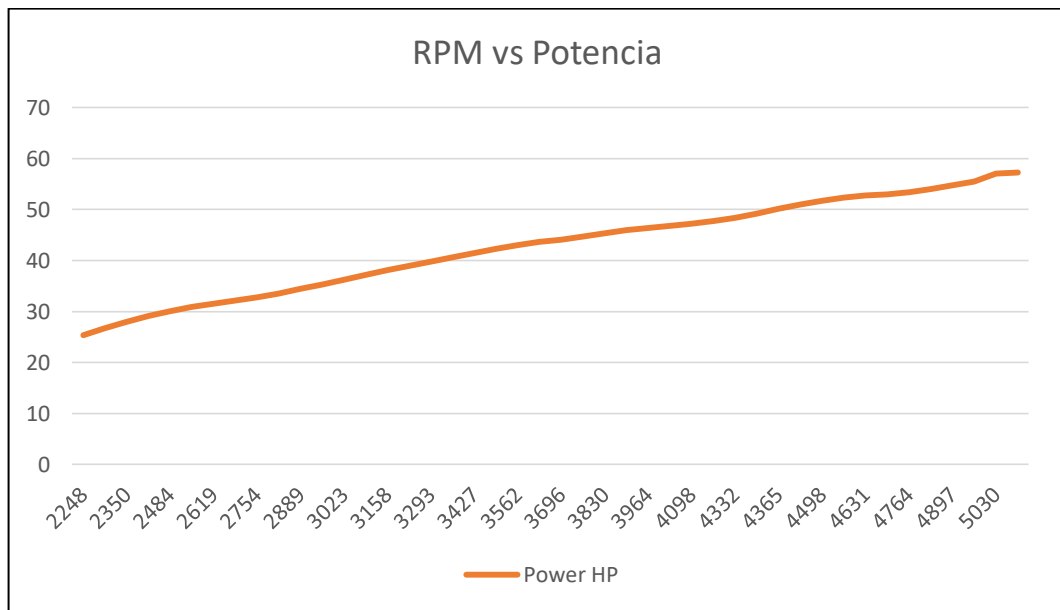


Figura 3.4. Gráfico de potencia después de la modificación.

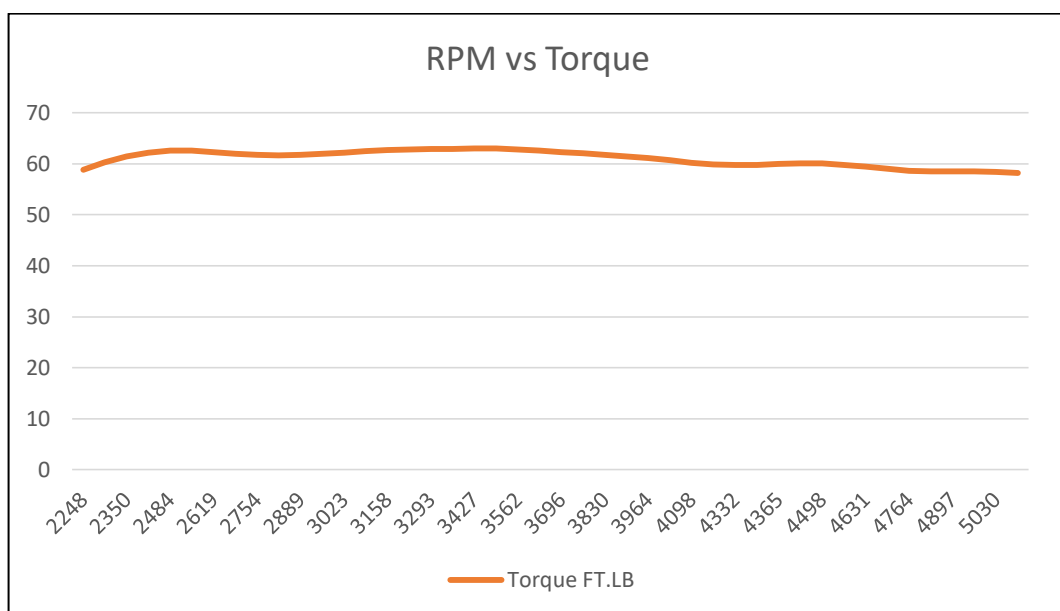


Figura 3.5. Gráfico de torque después de la modificación

En la figura 3.4 se observa la curva de potencia después de la prueba en donde se obtuvo 57.2 HP @ 5247 RPM. Mientras que en la figura 3.5 que corresponde al gráfico de torque se obtuvo 63 ft lb @ 3457 RPM.

Al igual que la curva de torque anterior, esta curva una vez que alcanza su pico decae, pero, no tanto como decae la curva anterior, al final de la pasada termina en 58 ft lb @5125 RPM.

En la comparación de ambas pruebas se observa un aumento de la potencia progresivo por ambas gráficas, sin embargo, antes de la modificación tenía más potencia en bajas rpm, pero a partir de las 4432 revoluciones por minuto la curva que corresponde a después de la modificación comienza a subir y superar hasta finalizar la pasada.

3.2 Análisis de gases

Para la prueba de análisis de gases se hizo el mismo proceso que en la medición de potencia, se midió lo gases que emana el tubo de escape antes de realizar las modificaciones y después de hacer las modificaciones, dando los siguientes resultados. Pero para esto se necesita saber cuáles son los valores permitidos en la ciudad de Guayaquil. Para ello se toman los rangos de medición que proporciona la empresa SGS al momento de que realizan la prueba de gases cuando revisan el vehículo para ver si pasa la revisión. Estos umbrales de contaminación ambiental se los encuentra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Umbrales de medición de gases contaminantes

Contaminación ambiental	Rango
Incorrecta emisión de CO corregido en ralentí	$0.0 \leq X \leq 1.199$
Incorrecta emisión de O2 en ralentí	$0.0 \leq X \leq 3.990$
Incorrecta emisión de HC en ralentí	$0.0 \leq X \leq 250$
Incorrecta emisión de CO corregido en Altas rpm	$0.0 \leq X \leq 1.199$
Incorrecta emisión de HC en Altas rpm	$0.0 \leq X \leq 250$

En la tabla 3.2 se observan los datos de la primera prueba realizada al vehículo antes de realizar las modificaciones.

Tabla 3.2. Resultado de gases antes de la modificación

	Ralentí	Altas rpm
RPM	1260	3170
CO	0.59	0.6
CO2	13.6	13.8
HC	234	95
O2	1.13	0.85
Nox	1.017	1.019

Tabla 3.3. Resultado de gases después de la modificación

	Ralentí	Altas rpm
RPM	1070	3030
CO	0.55	0.57
CO2	13.6	13.6
HC	182	144
O2	1.08	1.01
Nox	1.029	1.026

En la tabla 3.2 se observa que las emisiones del vehículo cumplen con lo estipulado por la revisión técnica en Guayaquil.

Comparando las tablas 3.2 y 3.3 existen pequeñas diferencias entre sus ítems, como se observa la disminución de los HC en ralentí, sin embargo, este factor se aumenta al aumentar las revoluciones. Otra diferencia que se observa es el aumento de los gases de Nox tanto en ralentí como en altas revoluciones por minuto.

CAPÍTULO IV

Análisis de resultados

4.1 Resultados del dinamómetro

Se observa un ligero aumento en la potencia después de haber hecho las modificaciones, lo cual concuerda con la teoría vista en el capítulo 1, en donde se describía que la potencia de un motor aumenta con la mejora de la eficiencia volumétrica del mismo, también coincide con la parte de que un motor con distribución multiválvulas tiene un comportamiento en bajas pobre, sin embargo en altas RPM mejoraba su llenado y por ende aumentaba la potencia, y que los fabricantes para corregir este defecto en bajas, usan sistemas que modifican la fase o la alzada del árbol de levas.

El ligero aumento en la potencia que tuvo el auto después de la modificación, se debe netamente a temas de programación de la ECU, no significa que este mal programada, sino que al motor aún se le puede extraer más potencia, ya que al momento de la prueba se fue con mapas ya modificados, los cuales funcionaron, pero sacaron pocos caballos y a medida que se fueron cambiando los parámetros, la potencia iba aumentando de a poco.

Otro de los cambios que concuerdan con la teoría tienen que ver con la entrega de torque del motor, el cual, una vez llegado a su pico máximo, aunque comenzaron a descender los valores, no fue una caída drástica, sino más bien progresiva incluso al final de la pasada, termino con más torque, que el auto sin modificar.

Tabla 4.1. Tabla resumen de torque potencia y rpm

RPM	Antes		Después	
	Power HP	Torque FT.LB	Power HP	Torque FT.LB
2619	32.92	63.57	30.9	62.6
3158	39.76	66.12	37.2	62.5
3562	44.56	65.71	42,3	63
4432	49.71	58.91	50.1	60
5125	49.67	50.87	57.2	58.2

En la tabla 4.1 se puede ver de manera resumida a que revoluciones por minuto el motor entrego su torque máximo, además que a 4432 RPM el motor modificado comenzó a superar en potencia al motor antes de modificar.

Otra de las cosas que se aprecian en los datos es que el motor después de la modificación, entrega más caballos de fuerza con la misma cantidad de torque, ya que el motor sin modificar entregó 32.92 HP 63.57 Ft.Lb @ 2619 RPM, mientras que el motor modificado entregó 42.3 HP 63 Ft.Lb@ 3562 RPM. Si se requiere ver la tabla completa en el anexo 10 se encuentra.

4.2 Resultados del análisis de gases

En el análisis de gases se observan los parámetros dentro del rango de la normalidad para la revisión dentro de la ciudad de Guayaquil, esto se consigue gracias al empobrecimiento de la mezcla, se reducen los CO y los HC pero se aumentan los Nox, algo que se ven en las tablas 3.2 y 3.3. Al programar la Megasquirt con la ECU se va empobreciendo la mezcla hasta tratar de tener un rango de 15 a 16.5 de relación de aire y combustible en reloj de la wideband, las revoluciones a las que se hace la prueba, coinciden con los valores de cruce que se estableció al momento de manejar el vehículo, por lo que empobrecer esta área del mapa ayudara al ahorro de combustible.

Como la prueba de gases es una prueba estática es mucho más fácil programar a la ECU para alcanzar el objetivo de la relación de combustible que permite ahorrar y poder pasar la prueba.

CAPÍTULO V

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se logró aumentar la potencia del motor G13B gracias a la mejora del rendimiento volumétrico de los cilindros al lograr adaptar e implementar con éxito un cabezote con 16 válvulas y dos árboles de levas. Se pasó de 49 HP @ 5000rpm a 57 HP @ 5000rpm con un mapa para respetar emisiones contaminantes. El cabezote está diseñado para esta numeración de motor, no se necesita inventar ni desarrollar nada, al menos de que el objetivo sea diferente a aumentar la potencia manteniendo el nivel de gases contaminantes para la ciudad de Guayaquil a la fecha de elaboración de este proyecto.
- Se obtuvo una mejor gestión de motor por medio de la computadora programable instalada en el vehículo, la misma que cuenta con un cableado nuevo, para la gestión de sensores y actuadores. Con la programación desde cero se logró una mejor compresión y aprendizaje sobre cómo influye las decisiones de la computadora sobre el comportamiento del vehículo y como afecta a la contaminación que emanan.
- Esta instalación se realizó con el fin de demostrar que se puede ganar potencia manteniendo los valores contaminantes en la ciudad de Guayaquil, sin necesidad de enredarse con cálculos complicados, sino de manera práctica y tratando de que sea lo menos tediosa posible (anexo 8).

5.2 Recomendaciones

Tener en cuenta todas las consideraciones mecánicas y más importante aún, de seguridad al momento de armar un cabezote y al trabajar sobre un vehículo.

Al hacer el mapa de la ECU tener en cuenta el valor de los ejes, es decir las revoluciones por minuto vs el porcentaje del MAP, esto porque dependiendo del motor (turbo o

naturalmente aspirado) va a cambiar el mínimo y máximo del MAP y el rango de revoluciones por minuto.

Tener control de la presión de gasolina instalando un regulador de presión manual, ya que en caso de que al mapa le falte gasolina, se podrá compensar con la presión, si esto funciona, el programador sabrá que le falta gasolina al mapa.

Al programar la ECU colocar una wideband para tener una lectura más precisa de la relación de aire y combustible, si es verdad que una narrowband funciona igual, con la wideband se tiene una lectura mejor que la narrowband y podrá saber cómo se encuentra su motor.

Se recomienda soldar los cables al momento de hacer una unión, evitar al máximo las uniones que implican cables trenzados. Usar los materiales de la mejor calidad para el cableado recordar que por aquí pasara la información a la computadora.

Alejar al cableado de fuentes de energía de alto voltaje como bobinas.

En caso de tener alguna traba con la programación de la ECU, Megasquirt tiene mucha información en línea y en foros de ayuda que de seguro ayudarán en el proyecto que se está realizando.

Usar un dinamómetro para tener la máxima eficiencia al momento de programar la ECU, así se logrará ver en términos de torque y potencia cuanta potencia se le puede sacar a un auto con una computadora programable.

Referencia bibliográfica

- García Orozco, G. M. (s.f.). *pruebaderuta.com*. Obtenido de <https://www.pruebaderuta.com/que-es-un-motor-sv-ohv-sohv-y-dohc.php>
- Acosta, J. (2017). *Estudio e implementacion de un cabezote TWINCAM 16 válvulas y un sistema sobrealimentado*. Quito.
- Bartune, J. (5 de Octubre de 2015). *Roadsterzoku*. Obtenido de <https://roadsterzoku.wordpress.com/2015/10/05/megasquirt-ecu-part-2-ve-table/>
- Colombo, A., & Piuggros, G. (s.f.). *Manual del Usuario Inyeccion programable megasquirt (MS)*.
- Escudero, S., González, J., Ruivas, J. L., & Suárez, A. (2013). *Motores*. Madrid: MACMILLAN PROFESIONAL.
- FierrosClasicos.com*. (9 de Abril de 2015). Obtenido de <https://fierrosclasicos.com/el-carter-del-motor-que-es-que-pasa-si-se-rompe/>
- Giroldi, S. (14 de Septiembre de 2006). *Suzuki Swift GTI*. Obtenido de <http://caaarlo.50megs.com/>
- González Calleja, D. (2011). *Motores*. Madrid, Madrid, España: Paraninfo.
- Hartman, J. (2013). *Cómo afinar y modificar sistemas de control de motores automotrices*. Minneapolis : Motorbooks .
- Honda Motor. (2007). *Honda CBR 600RR Service manual*.
- Honda Motors Europe Logistic NV. (s.f.). *Honda*. Obtenido de <http://www.honda-engines-eu.com/web/10912/20>
- Lich, V. (15 de Abril de 2015). *Megachorro*. Obtenido de <https://megachorro.blogspot.com/2015/04/principios-optimizacion-de-mapas-de.html>
- Megasquirt and Microsquirt . (16 de 11 de 2018). *Megamanual*. Obtenido de <http://www.megamanual.com/v22manual/minj.htm>
- Murray, J. (2015). *Megasquirt - 2 Setting up*.
- Pérez Belló, M. Á. (2011). *Sistemas auxiliares del motor* . Madrid : Paraninfo .
- Pico Technology. (s.f.). *pico technology*. Obtenido de <https://www.picoauto.com/es/library/automotive-guided-tests/sensor-lambda-de->

circonio/<https://www.picoauto.com/es/library/automotive-guided-tests/sensor-lambda-de-circonio/>

Sanchez Fernandez, E. (2008). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: MACMILLAN.

Santos, J., & Simoes, J. (s.f.). *UltimateSPECS*. Obtenido de

<https://www.ultimatespecs.com/es/car-specs/Suzuki/5880/Suzuki-Swift-II-13.html>

SUZUKI. (1990). *Manual de servicio SF413 GTI*.

SUZUKI MOTOR CORPORATION. (2000). *Chevrolet swift manual de servicio sf310 sf413*.

Anexos

Anexo 1

Asentamiento de válvulas



Anexo 2

Múltiple de escape



Anexo 3

ECU Racetec R1000

EFI MANAGEMENT

INYECCION Y ENCENDIDO SECUENCIAL



R1000

CONTROL DE COMBUSTIBLE

- INYECCION SECUENCIAL HASTA 4 CILINDROS
- CONTROL HASTA 8 INYECTORES ALTA IMPEDANCIA
- CONTROL DE HASTA 2 RAMPAS INDEPENDIENTES
- CONTROL DE ANGULO DE INYECCION
- CORRECCION INDIVIDUAL POR CILINDRO
- CORRECCIONES DE CALENTAMIENTO Y POST ARRANQUE

CONTROL DE ENCENDIDO

- ENCENDIDO SECUENCIAL HASTA 6 CILINDROS
- CONTROL SECUENCIAL CHISPA PERDIDA Y DISTRIBUIDOR
- CONTROL DE IGNICION HASTA 6 CILINDROS
- CONTROL DE TIEMPO PARA CARGA DE BOBINA
- CORRECCION INDIVIDUAL POR CILINDRO

FUNCIONES ESPECIALES Y 14 DE MILLA

- CONTROL DE TRACCION
- CONTROL DE NITRO 2 ETAPAS
- CONTROL DE LARGADA CORRECCION MENU PRINCIPAL
- BOOSTCONTROL PARA VALVULAS TIPO W75
- CORRECCION DE INYECCION Y ENCENDIDO POR MARCHELO TIEMPO
- CONTROL DE VALENTI POR VALVULAS IAC Y ENCENDIDO
- LIMITADOR DE RPM
- CORTE POR SOBREPRESION DE TURBO
- ANTILAG
- MODO CALENTAR NEUMATICOS
- POWER SHIFT
- FUNCIONES PROGRAMABLES
- CORTE POR DESACELERACION

DATOS TECNICOS

- PROCESADOR DOBLE NUCLEO
- SENSOR MAP INTERNO 760mm ABSOLUTOS
- LECTURA DE PRESION DE ACEITE Y COMBUSTIBLE
- 9 ENTRADAS ANALOGICAS Y DIGITALES
- 4 SALIDAS AUXILIARES
- USB INTEGRADO
- DATA LOGGING 35 CANALES HASTA 450Hz MULTISESION

CARACTERISTICAS GENERALES

- HASTA 6 MAPAS DIFERENTES
- ALARMA VISUAL Y SONORA CON PROTECCION POR ENCENDIDO
- RESTRICCIONES POR PASSWORD
- AUTO CORRECCION POR SONDAS LAMBDA
- AUTO CONFIGURACION INICIAL POR PC
- SOFTWARE EN ESPANOL 100% EN TIEMPO REAL
- GARANTIA LOCAL DE 1 AÑO
- SOPORTE TECNICO LOCAL
- MANUAL IMPRESO



Anexo 4

ECU megasquirt 2 Pro



Anexo 5

ECU Megasquirt por dentro



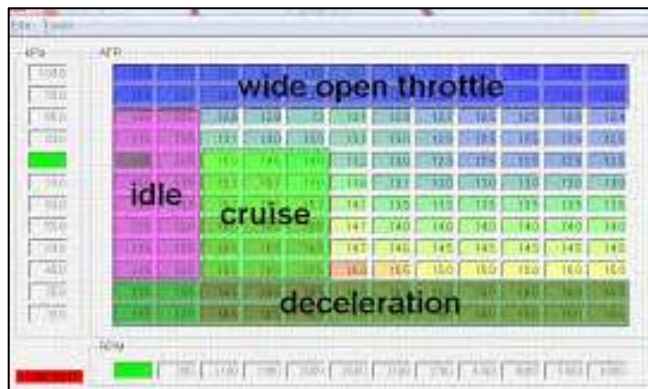
Anexo 6

ECU Megasquirt 2 Pro



Anexo 7

Etapas de la tabla de AFR



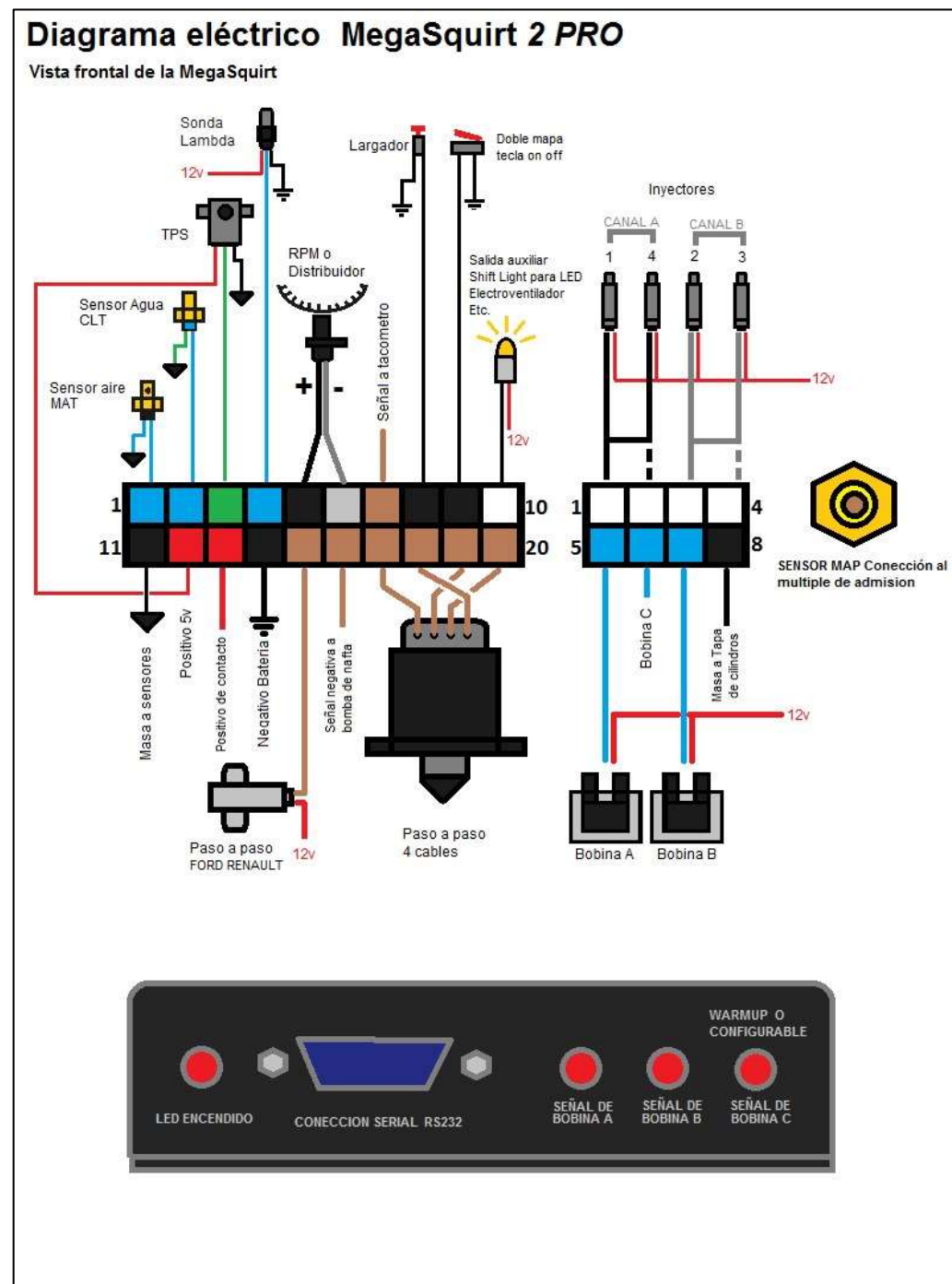
Anexo 8

Final del montaje



Anexo 9

Diagrama eléctrico de la ECU



Anexo 10

Tabla de torque y potencia antes y después de la modificación.

RPM	Antes		Después	
	Potencia HP	Torque Ft.Lb	Potencia HP	Torque Ft.Lb
2248	24,66	57,62	23,70	56,90
2285	25,76	59,19	25,30	58,80
2350	26,97	60,27	26,70	60,30
2417	28,13	61,14	28,00	61,40
2484	29,23	61,94	29,10	62,20
2551	30,48	62,75	30,10	62,60
2619	31,69	63,57	30,90	62,60
2686	32,92	64,36	31,50	62,30
2754	34,09	65,01	32,10	61,90
2821	35,18	65,48	32,80	61,70
2889	36,19	65,80	33,50	61,60
2956	37,14	65,99	34,40	61,70
3023	38,04	66,08	35,30	61,90
3091	38,90	66,11	36,20	62,20
3158	39,76	66,12	37,20	62,50
3225	40,59	66,09	38,10	62,70
3293	41,42	66,07	38,90	62,80
3360	42,25	66,04	39,80	62,90
3427	43,05	65,97	40,60	62,90
3495	43,83	65,87	41,50	63,00
3562	44,56	65,71	42,30	63,00
3629	45,23	65,47	43,00	62,80
3696	45,84	65,13	43,60	62,60
3763	46,38	64,74	44,10	62,30
3830	46,87	64,27	44,70	62,00
3897	47,31	63,76	45,30	61,70
3964	47,31	63,22	45,90	61,40
4031	48,09	62,66	46,40	61,10
4098	48,44	62,08	46,80	60,70
4165	48,76	61,49	47,20	60,20
4332	49,07	60,91	47,70	59,90
4298	49,34	60,29	48,40	59,70
4365	49,56	59,64	49,20	59,80
4432	49,71	58,91	50,10	60,00
4498	49,77	58,11	51,00	60,10
4564	49,76	57,25	51,70	60,10
4631	49,68	56,35	52,30	59,80
4697	49,54	55,39	52,70	59,40
4764	49,34	54,40	53,00	59,00
4830	49,08	53,36	53,40	58,60
4897	48,87	52,42	54,00	58,50
4963	48,83	51,67	54,70	58,50
5030	48,94	51,10	55,50	58,50
5096	49,18	50,69	57,00	58,40
5125	49,64	50,87	57,20	58,20