



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

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

**TEMA: “INVESTIGACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL USO DE  
SOFTWARE DEDICADO EN LA REPROGRAMACIÓN EN RED  
PARA EL MAPEO DE LA ECU PROGRAMABLE EN EL  
MOTOR PEUGEOT 407”**

**AUTORES: AMAYA SANDOVAL STEFANIA MATILDE**

**VILLARREAL PRADO ALEX SANTIAGO**

**DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO**

**LATACUNGA**

**2017**



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“INVESTIGACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL USO DE SOFTWARE DEDICADO EN LA REPROGRAMACIÓN EN RED PARA EL MAPEO DE LA ECU PROGRAMABLE EN EL MOTOR PEUGEOT 407”***, realizado por los señores ***STEFANIA MATILDE AMAYA SANDOVAL*** y ***ALEX SANTIAGO VILLARREAL PRADO***, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores ***STEFANIA MATILDE AMAYA SANDOVAL*** y ***ALEX SANTIAGO VILLARREAL PRADO*** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 03 de agosto del 2017

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la del director, sobre una línea horizontal que indica el lugar de la firma.

Ing. Washington Germán Erazo Laverde

**DIRECTOR**



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

## AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **STEFANIA MATILDE AMAYA SANDOVAL**, con cédula de identidad N° 050296187-3 y **ALEX SANTIAGO VILLARREAL PRADO**, con cédula de identidad N°040125102-0 declaráramos que este trabajo de titulación **“INVESTIGACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL USO DE SOFTWARE DEDICADO EN LA REPROGRAMACIÓN EN RED PARA EL MAPEO DE LA ECU PROGRAMABLE EN EL MOTOR PEUGEOT 407”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 03 de agosto del 2017

Una firma manuscrita en azul que parece decir 'Stefania'.

Stefania Matilde Amaya Sandoval

CI. 050296187-3

Una firma manuscrita en azul que parece decir 'Alex Santiago'.

Alex Santiago Villarreal Prado

CI.040125102-0



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

## AUTORIZACIÓN

Nosotros, **STEFANIA MATILDE AMAYA SANDOVAL** y **ALEX SANTIAGO VILLARREAL PRADO**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de la institución el presente trabajo de titulación **"INVESTIGACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL USO DE SOFTWARE DEDICADO EN LA REPROGRAMACIÓN EN RED PARA EL MAPEO DE LA ECU PROGRAMABLE EN EL MOTOR PEUGEOT 407"**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 03 de agosto del 2017

Stefania Matilde Amaya Sandoval  
CI. 050296187-3

Alex Santiago Villarreal Prado  
CI.040125102-0

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo de investigación en primer lugar quiero dedicar a DIOS creador de la vida, a mis PADRES que con su esfuerzo diario siempre han estado junto a mi persona, ya que con su sacrificio, con su guía he podido llegar a culminar mis estudios universitarios que será la base para mi futuro.*

*Como no dedicar este trabajo a cada uno de los miembros de mi familia, mis hermanos: Marco Vinicio y Blanca Lizeth, que siempre me han dado el ánimo cuando más lo necesitaba, y a la pronta llega de mi sobrina SAMBITA, que desde ya es una mi motivación, inspiración y felicidad., GRACIAS DIOS.*

*El ser humano es una persona grata, razón por la cual dedico también a mi tía Nelly, mi segunda Madre, que siempre está junto a mí.*

*En fin dedico mi trabajo y esfuerzo a todas las personas que de una o de otra manera han estado junto a mí para ver cristalizar este sueño hecho realidad, de ser una INGENIERA EN MECANICA AUTOMOTRIZ.*

*Stefy*

*“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. Thomas Chalmers*

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto está dedicado con mucho cariño a mi madre Gioconda que siempre estuvo a mi lado apoyándome con su sabiduría y palabras de aliento, soportando mis locuras y arrebatos, por eso y muchas cosas más voy a estar infinitamente agradecido contigo.*

*A mi padre José Luis quien con su ejemplo de esfuerzo y perseverancia, me enseñó que nada es imposible, a tener pensamientos autónomos que vayan por el camino del bien para cumplir todas mis metas y anhelos.*

*A Johan y Gabriel mis hermanos los cuales fueron cómplices de mis logros y fracasos, por sus palabras de ánimo, que fueron oportunas en circunstancias de adversidad, llevando siempre un ambiente de alegría con sus sonrisas y ocurrencias.*

*No puedo dejar de lado a mi Manuelita y Samuel mis sobrinos preciosos que con su carita inocente alumbraron mi camino.*

*Santiago (BUKA)*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecerle primeramente a Dios, por bendecirme en las situaciones que se me presentaron y por permitirme culminar un sueño anhelado.*

*A mis PADRES, por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por apoyarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.*

*A NENA y JUNIOR, por brindarme una voz de aliento cuando más lo necesite, por poner su confianza en mí, por soportar mi genio y que de una u otra forma han estado en mi vida, para reír, llorar y solidarizarnos e ir de la mano en busca de nuestras metas, gracias a ustedes queridos hermanos.*

*A mi director de tesis, Ing. German Erazo por su dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia y motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.*

*A mi compañero de tesis Buka, por su apoyo, respeto y ocurrencias, que hizo llevadero este tiempo para cristalizar una meta más de nuestras vidas.*

*A Napo, por tener el don de la paciencia y su vez brindarme tranquilidad y amor ante las diferentes adversidades.*

*Son muchas las personas que han formado parte de mi vida estudiantil a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mis padres, que fueron pilar fundamental para alcanzar cada una de las metas trazadas en mi vida.*

*A mis hermanos, que siempre estuvieron ahí apoyándome en todas circunstancias, compartiendo momentos de alegría y tristeza, ayudándome a salir adelante enfrentando los distintos retos y nunca dejarme vencer.*

*A mis abuelos, sobrinos, primos y cuñada los cuales confiaron en mí, brindándome su cariño y consejos.*

*A mis amigos, por todos los momentos vividos soportándome mis molestias y ocurrencias.*

*A mi compañera de tesis Stefania, por haberme tenido la paciencia necesaria y por motivarme a salir adelante, demostrando que somos capaces de lograr muchas cosas.*

*A Gaby, mi compañera, amiga y confidente, que siempre estuvo ahí, creyendo en mi capacidad y aunque hemos pasado momentos difíciles ha estado llenando mi vida de alegrías, amor y comprensión cuando más lo he necesitado.*

*Por último quiero agradecer al Ing. Germán Erazo director del presente proyecto, por el apoyo brindado a lo largo de la carrera alimentándonos de sus conocimientos y experiencias.*

*Santiago (BUKA)*



## ÍNDICE

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	ii
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	iii
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xvi
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	xvii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>1. MARCO METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL USO DE SOFTWARE DEDICADO EN LA REPROGRAMACIÓN EN RED PARA EL MAPEO DE LA ECU PROGRAMABLE EN EL MOTOR PEUGEOT 407"</b> .....	1
1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Descripción resumida de la investigación.....	3
1.4 Justificación e importancia.....	4
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 Objetivo General.....	5
1.5.2 Objetivos Específicos.....	5
1.6 Metas del proyecto.....	6
1.7 Hipótesis.....	6
1.8.1 Variable independiente.....	6
1.8.2 Variables dependientes.....	7
1.9 Metodología de desarrollo del proyecto.....	8
1.9.1 Método inductivo.....	8
1.9.2 Método deductivo.....	8
1.9.3 Método analítico.....	8
1.9.4 Método experimental.....	8
1.9.5 Métodos de medición.....	8
<b>CAPÍTULO II</b> .....	11
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	11
2.1 Datos de información del programa PIDs.....	11
2.3 Protocolos de última generación en comunicación automotriz.....	13
2.4 Sistema MOST-Bus.....	14
2.5 Sistema FlexRay.....	15

2.6	Bluetooth.....	17
2.7	Memorias de la unidad de control electrónica.....	18
2.7.1	Memoria volátil.....	18
2.7.2	Memoria ROM.....	18
2.7.3	Memoria RAM.....	19
2.7.4	Memoria de acceso secuencial (SAM).....	19
2.7.5	Memoria ROM programable (PROM).....	19
2.7.6	Memoria ROM programable y borrable (EPROM).....	19
2.7.7	Memoria ROM programable borrable (EEPROM).....	20
2.7.8	Memorias tipo DIL (Dual Input Line).....	21
2.7.9	Memorias tipo PLCC (Plastic leader chip Carrier).....	21
2.7.10	Memorias tipo SOP (Small outline package).....	22
2.8	Clasificación general de memorias.....	23
2.9	Interpretación de nomenclatura en las memorias.....	25
2.10	Métodos de reprogramación.....	26
2.10.1	Reprogramación flash.....	26
2.11	Tipos de ECU'S reprogramables.....	30
2.11.1	Haltech platinum sport 2000.....	30
2.11.2	Motec M84.....	32
2.11.3	Electromotive Tec3-R.....	33
2.11.4	MegaSquirt.....	35
2.12	El avance del encendido.....	36
2.13	El proceso de ajuste.....	38
2.14	Configuración general y parámetros del motor.....	39
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>46</b>
<b>3.</b>	<b>SELECCIÓN DE SOFTWARE Y HARDWARE DEDICADO E IMPLEMENTACIÓN DE ECU PROGRAMABLE.....</b>	<b>46</b>
3.1	Introducción.....	46
3.2	Características del motor.....	47
3.4	Multímetro automotriz.....	51
3.5	Scanner automotriz.....	54
3.7.1	Selección de ECU programable.....	57
3.7.2	Selección de software dedicado.....	62
3.4	Colores de mapas.....	65
3.5	Mapa tridimensional de inyección de combustible.....	66
3.6	Mapa tridimensional de avance de encendido.....	67

3.7	Conexión de ECU programable .....	68
	Adecuaciones adicionales .....	71
<b>CAPÍTULO IV</b> .....		76
<b>4.</b>	<b>PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS</b> .....	76
4.1	Carga de código para MegaSquirt (MS1).....	76
4.6	Características del inyector .....	85
4.7	Establecimiento de criterios de modulación de anchura de pulso .....	87
4.8	Control del inyector .....	88
4.11	Calibración de TPS.....	92
4.12	Modo de inundación claro .....	93
4.13	Configuración standard.....	94
4.14	Primera reprogramación .....	99
4.14.1	Mapa de avance de encendido .....	99
4.14.2	Mapa de inyección de combustible .....	100
4.15	Segunda reprogramación.....	101
4.15.1	Mapa de avance del encendido .....	101
4.15.2	Mapa de inyección de combustible .....	102
4.16	Cálculos generales.....	103
4.16.1	Cálculo de masa de aire .....	103
4.16.2	Coeficiente de llenado.....	104
4.16.3	Velocidad de flujo de entrada del aire .....	104
4.16.4	Cálculo de masa de combustible .....	105
4.16.5	Tiempo de Inyección .....	106
4.17	Ciclo de trabajo .....	110
4.18	Limitador de velocidad. ....	111
4.19	Encendido relacionado con IAT/CLT .....	112
4.20	Enriquecimiento en la aceleración. ....	113
4.21	Consumo de combustible.....	114
4.22	Corte de combustible, sobre ejecución. ....	114
<b>CAPÍTULO V</b> .....		121
<b>5.</b>	<b>MARCO ADMINISTRATIVO</b> .....	121
5.1	Recursos.....	121
5.1.1	Recursos humanos .....	121
5.1.2	Recursos tecnológicos.....	122
5.1.3	Recursos Materiales .....	122

5.2	Análisis de costos del proyecto de investigación. ....	123
5.2.1	Análisis costo – beneficio.....	124
5.2.2	Financiamiento.....	124
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	125
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	127
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	128
	<b>ANEXOS</b> .....	131

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Árbol de planteamiento del problema.....	2
<b>Figura 2</b> Conector DLC .....	11
<b>Figura 3</b> Arquitectura de red de comunicación electrónica .....	14
<b>Figura 4</b> Medios de información y entretenimiento.....	15
<b>Figura 5</b> FlexRay Communications System .....	15
<b>Figura 6</b> Sistema flexray dentro del sistema del control del automóvil.....	16
<b>Figura 7</b> Sistema Bluetooth aplicado al automóvil.....	17
<b>Figura 8</b> Memoria EPROM.....	20
<b>Figura 9</b> Memoria EEPROM.....	20
<b>Figura 10</b> Memoria DIL.....	21
<b>Figura 11</b> Memoria PLCC.....	22
<b>Figura 12</b> Memoria SOP.....	23
<b>Figura 13</b> Clasificación de memorias .....	23
<b>Figura 14</b> Nomenclatura de memorias por colores .....	25
<b>Figura 15</b> INTELI-POWER 9100 .....	30
<b>Figura 16</b> Haltec Platinum sport 2000 .....	31
<b>Figura 17</b> Pantalla de software Sport 2000 .....	31
<b>Figura 18</b> Motec M84 .....	32
<b>Figura 19</b> Pantalla de software Motec.....	33
<b>Figura 20</b> Electromotive Tec3-r .....	34
<b>Figura 21</b> Pantalla de software WinTEC .....	35
<b>Figura 22</b> MegaSquirt MS1EXTRA .....	35
<b>Figura 23</b> Pantalla de software Megatune.....	36
<b>Figura 24</b> Presión en el cilindro.....	37
<b>Figura 25</b> Velocidad de llama .....	38
<b>Figura 26</b> Tabla de eficiencia volumétrica .....	39
<b>Figura 27</b> Tabla AFR.....	43
<b>Figura 28</b> Sensor CKP .....	48
<b>Figura 29</b> Sensor MAP .....	48
<b>Figura 30</b> Circuito de sensor de temperatura y señal.....	49
<b>Figura 31</b> Sensor IAT .....	49
<b>Figura 32</b> Circuito del sensor APP y señales .....	50
<b>Figura 33</b> Inyectores .....	50
<b>Figura 34:</b> Bobinas COP .....	51
<b>Figura 35</b> Multímetro automotriz .....	51
<b>Figura 36</b> Scanner G-Scan2.....	54
<b>Figura 37</b> Osciloscopio de G-Scan2.....	55
<b>Figura 38</b> Multímetro de G-Scan2.....	55
<b>Figura 39</b> Cable R232 .....	56
<b>Figura 40</b> Distribución de pines.....	57
<b>Figura 41</b> Diagrama de flujo de selección de ECU.....	59
<b>Figura 42</b> MegaSquirt I.....	60
<b>Figura 43</b> Interfaz de TunerStudio.....	62

<b>Figura 44</b>	Ítems de Selección.....	63
<b>Figura 45</b>	Mapa tridimensional de inyección de combustible .....	64
<b>Figura 46</b>	Tabla de ajuste de combustible.....	64
<b>Figura 47</b>	Controles de modificación de tablas .....	65
<b>Figura 48</b>	Colores de mapa.....	66
<b>Figura 49</b>	Mapa tridimensional de inyección de combustible .....	66
<b>Figura 50</b>	Mapa y tabla de avance de encendido.....	68
<b>Figura 51</b>	Diagrama de conexión de MegaSquirt .....	69
<b>Figura 52</b>	Conexión terminal db37 ms1 extra.....	70
<b>Figura 53</b>	Circuito de acondicionador de señal .....	71
<b>Figura 54</b>	Implementación de Circuito.....	71
<b>Figura 55</b>	Acondicionador de Bobinas COP para V2.2 .....	72
<b>Figura 56</b>	Implementación de Circuito Driver .....	73
<b>Figura 57</b>	Conector DB9.....	73
<b>Figura 58</b>	Toma de ingreso del Sensor MAP a la ECU .....	73
<b>Figura 59</b>	Salida de Vacío del Motor .....	74
<b>Figura 60</b>	Diagrama de control de ECUs.....	75
<b>Figura 61</b>	Código MSEExtra .....	76
<b>Figura 62</b>	Interfaz del código del procesador .....	77
<b>Figura 63</b>	Verificación de Código .....	77
<b>Figura 64</b>	Interfaz de código.....	78
<b>Figura 65</b>	Carga del código.....	78
<b>Figura 66</b>	Configuración de Comunicación .....	79
<b>Figura 67</b>	Ajustes disponibles de sensores .....	80
<b>Figura 68</b>	TunerStudio.....	80
<b>Figura 69</b>	Creación de nuevo proyecto .....	81
<b>Figura 70</b>	Crear nuevo proyecto.....	81
<b>Figura 71</b>	Configuraciones .....	81
<b>Figura 72</b>	Selección de panel.....	82
<b>Figura 73</b>	Panel de instrumentos .....	82
<b>Figura 74</b>	Load tune .....	82
<b>Figura 75</b>	Archivos tipo .msq.....	83
<b>Figura 76</b>	Seteos básicos.....	83
<b>Figura 77</b>	Requerimiento de Combustible .....	83
<b>Figura 78</b>	Impedancia de Inyector.....	86
<b>Figura 79</b>	Características del Inyector.....	86
<b>Figura 80</b>	Control de Inyector.....	88
<b>Figura 81</b>	Número de disparos por cilindro .....	89
<b>Figura 82</b>	Configuraciones de pines de salida .....	90
<b>Figura 83</b>	Control de ventilador .....	91
<b>Figura 84</b>	Ubicación de CKP .....	91
<b>Figura 85</b>	Calibración de TPS .....	92
<b>Figura 86</b>	Valor mínimo de TPS .....	93
<b>Figura 87</b>	Valor máximo de TPS .....	93
<b>Figura 88</b>	Alerta de inundación claro.....	94
<b>Figura 89</b>	Interfaz de creación de proyecto .....	95
<b>Figura 90</b>	Configuración de Datos del Motor.....	95

<b>Figura 91</b>	Configuración de inyectores.....	96
<b>Figura 92</b>	Configuración de encendido .....	97
<b>Figura 93</b>	Mapa Tridimensional de Inyección.....	98
<b>Figura 94</b>	Tabla de inyección de combustible .....	98
<b>Figura 95</b>	Mapa tridimensional de avance de encendido .....	99
<b>Figura 96</b>	Mapa de avance de encendido, primera reprogramación .....	100
<b>Figura 97</b>	Tabla modificada VE .....	100
<b>Figura 98</b>	Mapa tridimensional de VE primera reprogramación .....	101
<b>Figura 99</b>	Modificación de mapa de avance de encendido .....	101
<b>Figura 100</b>	Tabla de inyección de combustible .....	102
<b>Figura 101</b>	Mapa de inyección segunda reprogramación.....	102
<b>Figura 102</b>	Longitud de inyección mapa base .....	107
<b>Figura 103</b>	Tiempo de inyección .....	107
<b>Figura 104</b>	Tiempo de inyección primera reprogramación .....	108
<b>Figura 105</b>	Tiempo de inyección segunda reprogramación.....	109
<b>Figura 106</b>	Longitud de tiempo de inyección.....	109
<b>Figura 107</b>	Limitador de revoluciones .....	111
<b>Figura 108</b>	Indicadores de RPM y avance de encendido.....	112
<b>Figura 109</b>	Encendido relacionado con IAT/CLT.....	112
<b>Figura 110</b>	Enriquecimiento de acelerador.....	113
<b>Figura 111</b>	Indicador de consumo de combustible .....	114
<b>Figura 112</b>	Corte de combustible .....	115
<b>Figura 113</b>	Ejecución de corte de combustible.....	115
<b>Figura 114</b>	Mapa de inyección primera reprogramación .....	118
<b>Figura 115</b>	Mapa de inyección segunda reprogramación.....	118
<b>Figura 116</b>	Primera reprogramación .....	119
<b>Figura 117</b>	Segunda reprogramación.....	119

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Software dedicado en el uso de unidades de control electrónico .....	6
<b>Tabla 2</b>	Reprogramación de ECU's) .....	7
<b>Tabla 3</b>	Metodología empleada en el proyecto .....	9
<b>Tabla 4</b>	Descripción de Pines de Conector DLC .....	11
<b>Tabla 5</b>	PID's Primarios.....	12
<b>Tabla 6</b>	PID's Secundarios.....	13
<b>Tabla 7</b>	Configuraciones sobre el funcionamiento y condiciones generales .....	40
<b>Tabla 8</b>	Resumen de síntomas y acción en ajustes .....	45
<b>Tabla 9</b>	Características del motor Peugeot 407 .....	47
<b>Tabla 10</b>	Comparación de Hardware Dedicado.....	58
<b>Tabla 11</b>	Terminales del conector MegaSquirt .....	70
<b>Tabla 12</b>	Valoración de inyectores .....	85
<b>Tabla 13</b>	Configuración de rueda fónica].....	92
<b>Tabla 14</b>	Prueba N°1 configuración base .....	116
<b>Tabla 15</b>	Prueba N°2 primera reprogramación .....	117
<b>Tabla 16</b>	Prueba N°3 segunda reprogramación .....	117
<b>Tabla 17</b>	Cuadro comparativo de inyección de combustible.....	118
<b>Tabla 18</b>	Cuadro comparativo de avance de encendido .....	119
<b>Tabla 19</b>	Recursos humanos del proyecto .....	121
<b>Tabla 20</b>	Recursos tecnológicos.....	122
<b>Tabla 21</b>	Recursos materiales .....	123
<b>Tabla 22</b>	Análisis de costos.....	123



**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>Ecuación 1</b> Flujo del inyector .....	84
<b>Ecuación 2</b> Cantidad de aire .....	103
<b>Ecuación 3</b> Coeficiente de llenado.....	104
<b>Ecuación 4</b> Velocidad de flujo de entrada de aire .....	105
<b>Ecuación 5</b> Tiempo de inyección .....	107
<b>Ecuación 6</b> Ciclo de trabajo .....	110

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación está direccionado a la comunicación en red de computadoras automotrices, además de la programación de los diferentes parámetros que posee un motor, esto se logró gracias a la ayuda de un software y hardware dedicados. La influencia del software en la reprogramación y mapeo es trascendental en el funcionamiento del motor debido a que con esto se puede realizar modificaciones primordiales entre las cuales están: el mapeo tridimensional de ignición el cual ayuda a controlar el avance al encendido del motor con el fin de evitar detonaciones y contra explosión en la combustión, al igual que el mapeo de inyección de combustible el mismo que controla el porcentaje de ingreso de gasolina hacia los cilindros en forma porcentual, además del enriquecimientos de la mezcla aire combustible antes y después del arranque para que el motor llegue a su temperatura adecuada rápidamente y obtener un ralentí suave. También permite un control sobre la inyección de combustible y comportamiento del motor como es un limitador de revoluciones que ayuda a evitar daños en el motor; y corte de combustible permitirá controlar las revoluciones por minuto con el fin de lograr un cambio de marcha más rápido. Por último se realizó pruebas de desempeño y a su vez monitoreo de PIDs con el fin de encontrar una programación adecuada para el funcionamiento del motor de combustión interna.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **MOTOR PEUGEOT 407**
- **AUTOMÓVILES - REPROGRAMACIÓN**
- **AUTOMÓVILES - MAPEO**
- **AUTOMÓVILES - MOTORES - PARÁMETROS DE DIAGNÓSTICO**

## **ABSTRACT**

The present research project is directed to the network communication of automotive computers, in addition to programming the different parameters of an engine, this was achieved thanks to the help of dedicated software and hardware. The influence of the software in the reprogramming and mapping is transcendental in the operation of the engine because this can make fundamental modifications among which are: the three-dimensional mapping of ignition which help us to control the advance to the ignition of the engine with the In order to avoid detonation and explosion in combustion, as well as the mapping of fuel injection which controls the percentage of gasoline inlet to the cylinders in percentage form, in addition to the enrichment of the fuel air mixture before and after the start So that the engine reaches its proper temperature quickly and obtain a smooth idle. It also allows us a control on the fuel injection and motor behavior as it is a speed limiter that helps us to avoid damages in the engine and fuel cut will allow to control the revolutions per minute in order to achieve a faster gear change. Finally, performance tests were carried out and, in turn, PID monitoring was carried out in order to find a suitable program for the operation of the internal combustion engine.

### **KEYWORDS:**

- **PEUGEOT 407 ENGINE**
- **AUTOMOBILES - REPROGRAMMING**
- **AUTOMOBILE - MAPEO**
- **AUTOMOBILES - ENGINES - DIAGNOSTIC PARAMETERS**

## **CAPÍTULO I**

### **1. MARCO METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE LA "INVESTIGACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL USO DE SOFTWARE DEDICADO EN LA REPROGRAMACIÓN EN RED PARA EL MAPEO DE LA ECU PROGRAMABLE EN EL MOTOR PEUGEOT 407"**

#### **1.1 Antecedentes investigativos**

Según (Haghighatkhah, 2017) menciona que: Con el avance tecnológico en la industria automotriz ha llamado la atención tanto de académicos como de profesionales. En el conocimiento sobre la ingeniería de software para automóviles se ha acumulado en varias publicaciones científicas. El estudio sistemático de mapeo tiene como objetivo clasificar y analizar la literatura relacionada con la ingeniería de software automotriz con el fin de proporcionar un cuerpo estructurado de conocimiento, identificar temas bien establecidos y las brechas potenciales de investigación...

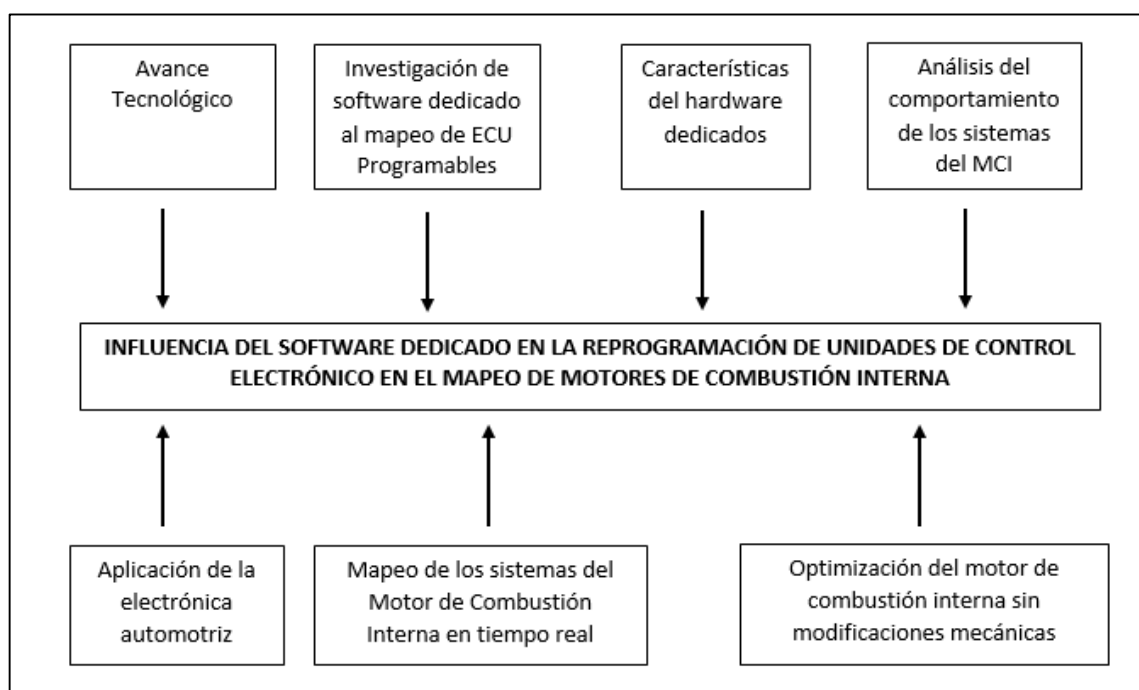
El avance de la tecnología automotriz ha ido teniendo cambios notables, como la implementación de elementos electrónicos al vehículo, los cuales poseen funciones primordiales en el mismo.

Es importante la aplicación de un software en la electrónica del vehículo con el fin que permite mejorar parámetros característicos del motor de combustión interna sin ninguna alteración mecánica.

En las unidades de control electrónico se realiza mapeos de distintos sistemas en tiempo real como el sistema de inyección, encendido entre otros. Donde se observa cambios que tengan influencia los parámetros característicos del motor de combustión interna y así facilitar al piloto obtener mayor potencia del vehículo según sean las condiciones de manejo.

Con la utilización del software dedicado en la reprogramación de computadoras se puede generar dichos cambios, y a la vez poseer un control en red de los distintos sistemas y consumos de combustible que genera el motor.

## 1.2 Planteamiento del problema.



**Figura 1** Árbol de planteamiento del problema

En la figura 1. Muestra las principales opciones y procesos que se realizó mediante el estudio: Influencia del uso del software dedicado en la reprogramación de ECU para el estudio de mapeo.

La investigación se originó por el uso de la reprogramación de computadoras automotrices en el campo deportivo, por lo que es una alternativa significativa para realizar modificaciones en el sistema electrónico del motor o realizar un análisis de la vida útil del mismo en tiempo real.

Al realizar la reprogramación, el mapeo en la red mediante el software y hardware dedicado estos permiten mejorar considerablemente los parámetros

característicos del motor de combustión interna sin realizar modificaciones en los componentes mecánicos del mismo.

Se realizó el análisis de influencia del uso de un software dedicado a la reprogramación de la ECU en red para el mapeo de un motor Peugeot 407, para obtener datos de relevancia del motor y de cada uno de sus sistemas como el de inyección y encendido.

Entonces el problema investigar es la “INFLUENCIA DEL SOFTWARE DEDICADO EN LA REPROGRAMACIÓN DE UNIDADES DE CONTROL ELECTRÓNICO EN EL MAPEO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA”

### **1.3 Descripción resumida de la investigación.**

Se buscó información en fuentes bibliográficas confiables como artículos científicos y publicaciones de sitios web, con lo cual se va a determinar las características generales, funcionamiento y la comunicación que existe entre los elementos y el equipo utilizado en dicha investigación.

Se investigó sobre el software y hardware de la ECU de uso automotriz en la reprogramación de la unidad de control con la ayuda de una conexión a red.

Mediante la ECU programable se procedió a leer y modificar los diferentes parámetros como son: el avance al encendido, inyección de combustible, corte de combustible, entre otros, en los cuales se observó las diferentes tablas y mapas tridimensionales, esto se lo hace a través de las señales que existen de los sensores hacia los actuadores de motor Peugeot 407; con lo cual se diferencia la adecuada reprogramación y mapeo de los parámetros del motor con el fin de obtener una mejora del MCI.

Se efectuó un análisis comparativo entre protocolos de prueba y protocolos de comunicación donde se visualizó las modificaciones de los parámetros.

Con lo cual se comprobó la efectividad del uso del software en áreas de experimentación y estudio relacionados a la reprogramación y mapeo de ECUs utilizados en los motores de combustión interna.

#### **1.4 Justificación e importancia.**

La electrónica automotriz se ha ido actualizando considerablemente con la finalidad de mejorar dicha tecnología, ya que día a día se va modernizando y se va implementando en distintos ámbitos, de acuerdo a la modificación de los parámetros característicos en la parte electrónica.

En el desarrollo de la investigación se analizó sobre los distintos tipos de software y hardware dedicados existentes en el mercado para la utilización en la reprogramación y mapeo de ECU's; con los que permite una optimización del motor de combustión interna sin modificaciones mecánicas en el mismo.

Esto se logró mediante los protocolos de comunicación por ejemplo entre la ECU estándar y la ECU programable. Con el fin de generar una comparación exitosa entre las distintas pruebas de medición que se realizará en el motor.

Por tanto al realizar esta investigación se podrá incursionar en el área de la electrónica automotriz, y conocer más a fondo el funcionamiento y conformación de la unidad de control electrónica del vehículo, ya que se desea determinar la influencia del uso de software dedicado a reprogramación y mapeo de ECU's del motor de combustión interna.

A su vez la presente investigación, podrá generar nuevos métodos de investigación y conocimientos pertinentes en el área de electrónica automotriz y especialmente dentro de la ECU en los vehículos, al disponer de estos nuevos procesos educativos.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General.**

- Investigar la influencia del uso de software dedicado en la reprogramación en red para el mapeo de la ECU programable en el motor Peugeot 407

### **1.5.2 Objetivos Específicos.**

- Obtener información y documentación confiable referente a la reprogramación y mapeo de ECU's.
- Investigar tipos de software y hardware compatibles con la ECU original del motor Peugeot 407
- Seleccionar el software y hardware dedicado para realizar la reprogramación y mapeo de la ECU programable.
- Implementar la ECU programable en red con la ECU base y así mantener la conexión de los sensores y actuadores del motor Peugeot 407.
- Realizar lecturas de la computadora estándar y obtener los mapas tridimensionales bases.
- Realizar modificaciones en el mapa tridimensional del avance al encendido e inyección de combustible.
- Determinar la reprogramación apropiada de la ECU para la optimización del motor de combustión interna.
- Realizar pruebas de desempeño y monitoreo de los PID's de la unidad de control electrónica.
- Analizar los valores obtenidos antes y después de la reprogramación del sistema electrónico.



## 1.6 Metas del proyecto.

- Implementar una red de comunicación de computadoras automotrices para realizar la reprogramación y mapeo de las mismas con el propósito de optimizar el desempeño del motor de combustión interna.
- Conseguir los mapas tridimensionales del sistema de inyección y avance de encendido para obtener una base de datos de desempeño del motor de combustión interna, con el fin de generar un documento de alta calidad académica que sirva como fuente de consulta a estudiantes y personas interesadas en la reprogramación en red de ECU's

## 1.7 Hipótesis.

¿La utilización de un software dedicado a la reprogramación de una ECU programable en red permitirá mejorar el desempeño del motor de combustión interna sin realizar modificaciones mecánicas?

## 1.8 Variables de la investigación.

### 1.8.1 Variable independiente.

**Tabla 1**  
**Software dedicado en el uso de unidades de control electrónico**

Concepto	Categorías	Indicadores	Items	Técnica	Instrumentos
Equipamiento lógico o soporte lógico de un computador digital, y comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica	Tecnológico	2 Protocolos de Comunicación	CAN	Experimental	MegaSquirt I TunerStudio
		Lectura de Memorias	BIT	Experimental Prueba de laboratorio	MegaSquirt I TunerStudio
		3 Tipos de Memorias	RAM ROM EEPROM	Experimental Prueba de laboratorio	MegaSquirt I TunerStudio
		Asignación de memoria	Binario Hexadecimal	Experimental Prueba de laboratorio	MegaSquirt I TunerStudio
		2 tipos de software	Dedicado Especializado	Experimental	MegaSquirt I TunerStudio

Continúa



		Prueba de laboratorio	
2 Hardware	Fija Programable	Experimental Prueba de laboratorio	MegaSquirt I TunerStudio

## 1.8.2 Variables dependientes.

**Tabla 2**  
**Reprogramación de ECU's**

Concepto	Categorías	Indicadores	Ítem	Técnica	Instrumentos
Es la optimización de los parámetros de la UEC, para obtener una mejora de los mismos por medio del uso de hardware y software específicos.	Parámetros de información	Temperatura del refrigerante	V °C	Medición	Scanner G-Scan Multímetro
		Temperatura del aire en la admisión	V °C	Medición	Scanner G-Scan Multímetro
		Velocidad	RPM	Medición	Scanner G-Scan
		Posición de la Mariposa de aceleración	V %	Medición	Scanner G-Scan
		Avance de Encendido	° %	Medición	Software TunerStudio
		Ajuste de combustible	%	Experiment al Medición	Software TunerStudio
		Flujo másico de aire	V g/seg	Experiment al Medición	Software TunerStudio
		Ancho de pulso de Encendido	ms	Medición	Osciloscopio OTC
		Mapeo de encendido	Numero	Experiment al	Software TunerStudio

Continúa



		Medición	
Mapeo de combustible	Número	Experiment al Medición	Software TunerStudio

## 1.9 Metodología de desarrollo del proyecto

### 1.9.1 Método inductivo

Este método permitió que mediante la reprogramación de la ECU, se obtenga mapas de inyección y avance del encendido por medio de la experimentación de acuerdo a la modificación de la misma con el objetivo de obtener conclusiones finales.

### 1.9.2 Método deductivo

En la investigación se empleó el método deductivo ya que dentro de la reprogramación se partió de los parámetros característicos que poseen la unidad de control y el vehículo, con el fin de obtener un desempeño óptimo del motor después de la variación de los mismos.

### 1.9.3 Método analítico

Por medio de este método se determinó las variaciones que en los parámetros característicos se produjeron por medio de la reprogramación, se analizó y revisó cada uno por separado, para obtener resultados finales.

### 1.9.4 Método experimental.

Con la obtención de los parámetros de información de diagnóstico se midió, manipuló y se controló a distintas condiciones de operación el motor, con la ayuda de instrumentos de diagnóstico como osciloscopio e interfaz de software para el análisis del mismo.

### 1.9.5 Métodos de medición

Se empleó para constatar las dimensiones de las variables de los parámetros de identificación de diagnóstico obtenidos de los sensores y actuadores del sistema de control electrónico.

**Tabla 3**  
**Metodología empleada en el proyecto**

<b>Táctica / Método</b>	<b>Descripción</b>	<b>Instrumento/ Equipo</b>	<b>Laboratorio</b>
Método inductivo	Este método permitió que mediante la reprogramación de la ECU, se obtenga mapas de inyección y avance del encendido por medio de la experimentación de acuerdo a la modificación de la misma con el objetivo de obtener conclusiones finales	• Guías y protocolo de prueba	• Laboratorio de Autotrónica
Método deductivo	En la investigación se empleó el método deductivo ya que dentro de la reprogramación se partió de los parámetros característicos que poseen la unidad de control y el vehículo, para obtener un desempeño óptimo del motor después de la variación de los mismos.	• Guías y protocolo de prueba	• Laboratorio de Autotrónica
Método analítico	Por medio de este método se determinó las variaciones que en los parámetros característicos se produjeron por medio de la reprogramación, se analizó y revisó cada uno por separado, para obtener resultados finales.	• Guías y protocolo de prueba	• Laboratorio de Autotrónica
Método experimental.	Con la obtención de los parámetros de información de diagnóstico se midió, manipuló y se controló a distintas condiciones de	• Guías y protocolo de prueba	• Laboratorio de Autotrónica

Continúa



operación del motor, mediante instrumentos de diagnóstico como osciloscopio e interfaz de software para el análisis del mismo.

---

Método de medición	Será de medición en las dimensiones de las variables de los parámetros de identificación de diagnóstico obtenidos de los sensores y actuadores del sistema de control electrónico	•Guías y protocolo de prueba	• Laboratorio de Autotrónica
--------------------	---	------------------------------	------------------------------

---

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Datos de información del programa PIDs.

Según (Reinoso, 2011) manifiesta que: El PID (Parámetro de información del programa) es el nombre técnico que utiliza para la información requerida por el técnico, que va desde el PCM hacia el scanner. Cuando se diagnostica un problema relacionado con el desempeño del motor, el PID Data puede ser un modo rápido y confiable para adquirir información. Se accede a ella a través del Data Link Conector (DLC) ubicado bajo el panel del instrumental

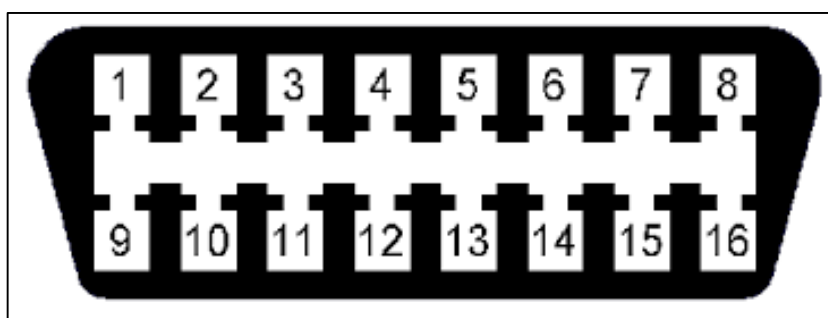


Figura 2 Conector DLC

Tabla 4

Descripción de pines de Conector DLC

DESCRIPCIÓN DE LOS PINES	
1	Entrada
2	Comunicación SA VPW / PWM, SAE J1850
4	Masa de vehículo
5	Masa señal
6	CAN, línea alta, SAE J2284
7	Comunicación ISO 9141-2(línea K)
10	Comunicación PWM, SAE J1850

Continúa



14	CAN, línea baja, SAE J2284
15	Comunicación ISO 9141-2 (línea L)
16	Positivo de la batería

Manifiesta (Reinoso, 2011) que: Los síntomas sin códigos de fallas son los más difíciles de diagnosticar. Es aquí cuando un análisis de la información de los PID's puede ayudar para efectuar una rápida y precisa reparación.

Existen más de cien PIDs posibles, disponibles para ayudar al técnico en el proceso de diagnóstico. En muchos casos, se necesitan tan solo 25 PID's para resolver un problema de desempeño del motor. Si se analiza un problema del motor se pueden clasificar dos tipos, unos primarios y otros secundarios los cuales se listan a continuación.

**Tabla 5.**

**PID's primarios**

<b>PID'S PRIMARIOS</b>	
<b>PID</b>	<b>UNIDAD</b>
MAF	(Volts)
RPM	RPM
O211	(V)
O221	(V)
SFT1	%
SFT2	%
FPW1	Ms
FPW2	Ms
TP	(V)

**Tabla 6****PID's secundarios**

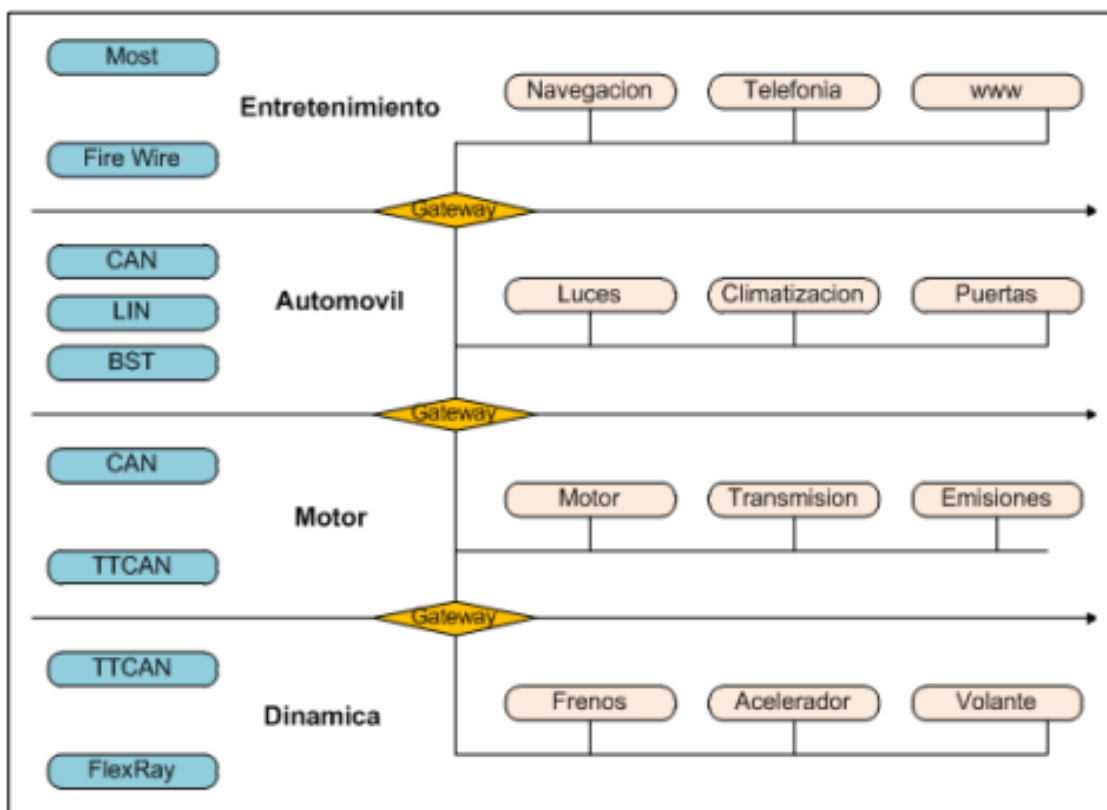
<b>PID'S SECUNDARIOS</b>	
<b>PID</b>	<b>UNIDAD</b>
ECT	(v)
LFT1	%
LFT2	%
TS	Posición
SAP	Grados (APMS)
IAC	(%)
EGRR	(%)
DPFE	(v)
FSYS	Closed - Open
O212	(v)
O222	(v)
FLVL	(%)
FTPT	(v)
EVM	%

**2.3 Protocolos de última generación en comunicación automotriz**

Según (Carpio, 2013) indica que: Las innovaciones tecnológicas en el campo de automóviles que se están desarrollando en los laboratorios, modificarán muchos aspectos de nuestra vida, tanto en ámbitos sociales, económicos, políticas de preservación del medio ambiente, desarrollos tecnológicos, Políticas relacionadas y de infraestructura vial, todo ello para optimizar en todo sentido la transportación de las personas.

Actualmente se puede ver como la industria automotriz aplica avanzadas redes de comunicación, a continuación se muestra una red de comunicación electrónica, estructurándose cuatro niveles con las compuertas de enlace. La conexión en estas redes dependerá de la velocidad de comunicación y distancia a cubrir, por lo que se puede usar desde un cable trenzado, apantallado hasta fibra óptica.





**Figura 3** Arquitectura de red de comunicación electrónica

**Fuente:** (Carpio, 2013)

## 2.4 Sistema MOST-Bus

Indica (Carpio, 2013) que: El sistema MOST (Media Oriented Systems Transport) es el estándar para la creación de redes de información y entretenimiento multimedia para la industria automotriz. La tecnología fue diseñada desde cero para proporcionar un tejido eficiente y rentable de transmitir audio, video, datos e información de control entre los dispositivos conectados, incluso a las duras condiciones de un automóvil. Su naturaleza síncrona permite que los dispositivos simples para ser capaz de proporcionar el contenido y otros para hacer que el contenido con el mínimo de hardware. Al mismo tiempo que proporciona una calidad única de servicio para la transmisión de servicios de audio y video. Aunque sus raíces están en la industria del automóvil, la mayoría puede ser utilizada para aplicaciones en otras áreas tales como aplicaciones de transporte, una red de A/V, aplicaciones de seguridad e industriales.



**Figura 4** Medios de información y entretenimiento

**Fuente:** (Carpio, 2013)

## 2.5 Sistema FlexRay

Según (Carpio, 2013) manifiesta que: “El sistema FlexRay es un nuevo protocolo de comunicaciones para buses de datos aplicados a la industria automotriz. Es un protocolo más desarrollado que el protocolo CAN y el sistema MOST, con mayores prestaciones y por ende con mayor costo.”

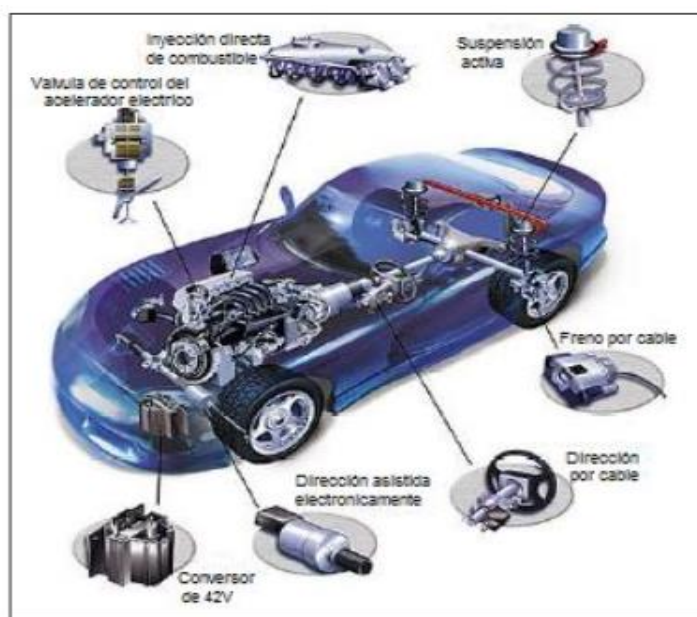


**Figura 5** FlexRay Communications System

**Fuente:** (Carpio, 2013)

(Carpio, 2013) FlexRay es un sistema de bus de serie en progreso que tiene como función la transferencia con mayor velocidad de datos entre los

componentes del automóvil. Este sistema es empleado para interconectar distintos sistemas con seguridad y precisión, como son los nuevos y rápidos sistemas de asistencia al conductor y de control del bastidor se traducen en una mejora de la seguridad y comodidad en vías. El aumento de eficaces sistemas electrónicos para asistir el manejo exige una respuesta veloz y por ello la rápida transferencia de datos a las unidades de control. Una de las grandes empresas automotrices como es BMW, colabora con estas empresas con el objeto de perfeccionar un nuevo sistema de bus que innovara las exigencias más requeridas en el mercado, como son la seguridad y rapidez de comunicación. Esta tecnología ya es empleada en modelos de la marca BMW X5 desde el año 2007 y se emplea para controlar los estabilizadores de control del bastidor y válvulas electromagnéticas en los amortiguadores, con buenos resultados en el control del automóvil. Cada vez el sistema FlexRay se introduce al campo automotriz por ello varias marcas (BMW, Audi, Volkswagen) están aplicando esta tecnología.



**Figura 6** Sistema flexray dentro del sistema del control del automóvil

**Fuente:** (Carpio, 2013)

Según (Carpio, 2013) dice que: Flexray tiene como principal ventaja una elevada tasa de transferencia de datos, que llega a velocidades de hasta 10

Mbyte por segundo, siendo esta veinte veces más veloz comparado al protocolo CAN. Para garantizar la comunicación, FlexRay usa un segundo canal, redundando la transferencia de datos, lo que brinda una seguridad muy alta. En conclusión, el sistema consigue aumentar en gran medida la comodidad y la seguridad en carretera, pues los sistemas del automóvil se pueden comunicar con mayor rapidez y fiabilidad.

## 2.6 Bluetooth

Según (Carpio, 2013) indica que: La tecnología Bluetooth es desarrollada por la empresa sueca Ericsson, con el fin de crear un sistema normalizado para la transmisión de datos por medio de radiofrecuencia de corta distancia. La revolución de este sistema de comunicación, ha generado que muchas empresas participen en el desarrollo de esta tecnología, por ello se el sistema Bluetooth se ha introducido de gran manera a las nuevas tecnologías, como son las telecomunicaciones, proceso de datos, productores de equipos y aparatos electrónicos, y no puede quedar de lado los automóviles.



**Figura 7** Sistema Bluetooth aplicado al automóvil

**Fuente:** (Carpio, 2013)

(Carpio, 2013) Indicó que: La tecnología con bluetooth desempeña un rol muy importante en el campo automotriz, pues cada vez se incorpora sistemas

de comunicación por radiofrecuencia, automóviles de alta performance incorporan unidades de navegación, de audio y telecomunicaciones. Pues es más frecuente ver equipos para automóviles que dan facilidad de comunicarse por teléfonos celulares con el sistema manos libres. Otra innovación que presenta Bluetooth, es el sistema de navegación GPS, con esto complementa a la seguridad y ubicación al momento de la conducción. También se aplica esta tecnología para la interconexión entre automóviles y centros de atención al cliente.

## **2.7 Memorias de la unidad de control electrónica.**

Existen diversas unidades de control electrónico que poseen diferentes tipos de memorias de almacenamiento y procesamiento de datos los cuales permiten el correcto desarrollo y funcionamiento de la misma, en relación al motor de combustión interna entre ellas se podrá mencionar las siguientes:

### **2.7.1 Memoria volátil**

Según (Tocci & Widmer, 2003) indica que: "Se considera memoria volátil a cualquier tipo de memoria que requiera la aplicación de potencia eléctrica para almacenar información. Si se interrumpe la energía eléctrica se perderá toda la información almacenada en la memoria".

### **2.7.2 Memoria ROM**

Según (Tocci & Widmer, 2003) manifiesta que: La memoria ROM es aquella que realiza un trabajo que se supone cumplirá ciclos repetitivos.

En una memoria ROM se puede escribir "programar" sólo una vez y esta operación por lo general se lleva a cabo en la fábrica del dispositivo.

Posteriormente la información de la memoria solo podrá ser de lectura.

Existen otros tipos de memorias ROM que en realidad son memorias principalmente de lectura, en las cuales se puede escribir más de una vez,

pero la operación de escritura es más complicada que la de lectura y que no se realiza muy a menudo. Toda la Memoria ROM no es volátil y almacenará datos en ausencia de energía eléctrica.

### **2.7.3 Memoria RAM**

(Tokeheim, 2002) Manifiesta que: Las memorias RAM son consideradas como memorias de escritura, ya que retiene un tiempo determinado la información y esta puede ser "llamada o recordada" en cualquier momento. Se dice entonces que se puede escribir información representada en números binarios (ceros y unos) que se encuentra en la memoria.

### **2.7.4 Memoria de acceso secuencial (SAM)**

Según (Tocci & Widmer, 2003) indica que: Se caracteriza por ser un tipo de memoria en el cual el tiempo de acceso no es constante, sino que irá dependiendo de la ubicación de la dirección. Cuando la información requerida la cual está almacenada es encontrada por sucesión a través de todas las ubicaciones de direcciones hasta que se encuentre la dirección deseada.

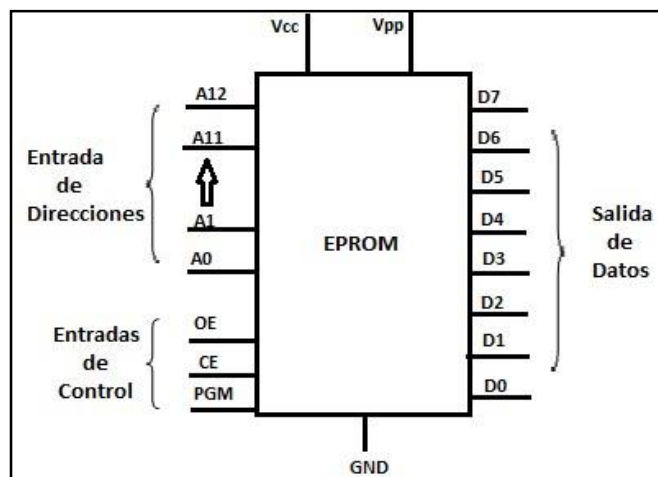
### **2.7.5 Memoria ROM programable (PROM)**

Según (Tocci & Widmer, 2003) indica que: Estas memorias se caracterizan por ser denominados dispositivos "programables una sola vez", es decir no son programadas durante el proceso de manufactura, sin embargo una vez que se programa una PROM no se podrá borrar ni reprogramar. Es decir si el programa de la memoria es defectuoso o hay que cambiarlo, se debe desechar la PROM".

### **2.7.6 Memoria ROM programable y borrable (EPROM)**

Según (Tocci & Widmer, 2003) indica que: Memoria que puede ser programada por el usuario, puede ser borrada y reprogramada las veces

deseadas. Una vez programada la memoria EPROM es una memoria no volátil que se caracterizará por mantener sus datos almacenados indefinidamente. Una vez que la memoria EPROM haya sido reprogramadas estas pueden ser borradas exponiéndolas a luz ultravioleta (UV) aplicada a través de una ventana en el paquete del chip.

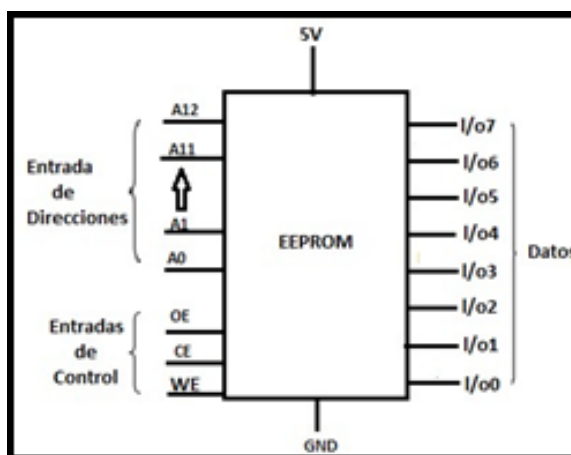


**Figura 8** Memoria EPROM

Fuente (Tocci & Widmer, 2003)

### 2.7.7 Memoria ROM programable borrable (EEPROM)

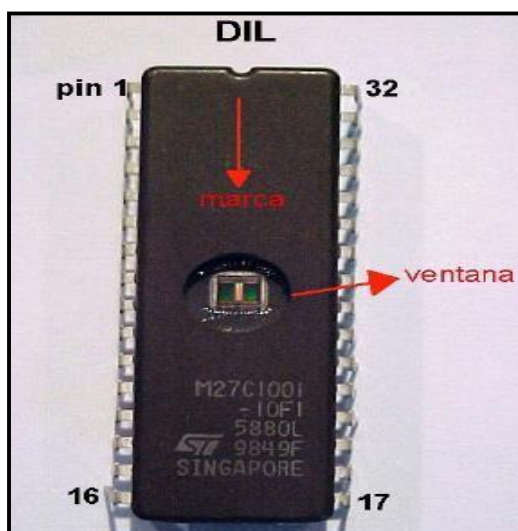
Según (Semanate, 2016) que: La memoria EEPROM posee la misma estructura de las memorias EPROM, pero con la inclusión de una región de óxido muy delgada arriba del drenador de la celda de la memoria MOSFET. Esta modificación constituye la principal característica de la memoria y su capacidad de borrado eléctrico.



**Figura 9** Memoria EEPROM

### 2.7.8 Memorias tipo DIL (Dual Input Line)

Según (Semanate, 2016) que: Este dispositivo fue uno de los primeros usados en vehículos equipados con inyección electrónica. Posee 2 líneas con pines de acceso, estas pueden ser de 28 o 32 pines. Una muesca se puede observar en su encapsulado, el mismo muestra la orientación de su numeración y la ubicación del pin número 1, se puede observar en la parte media del componente una ventana la cual se puede suprimir datos existentes por medio de luz ultravioleta.



**Figura 10** Memoria DIL

**Fuente** (Semanate, 2016)

### 2.7.9 Memorias tipo PLCC (Plastic leader chip Carrier)

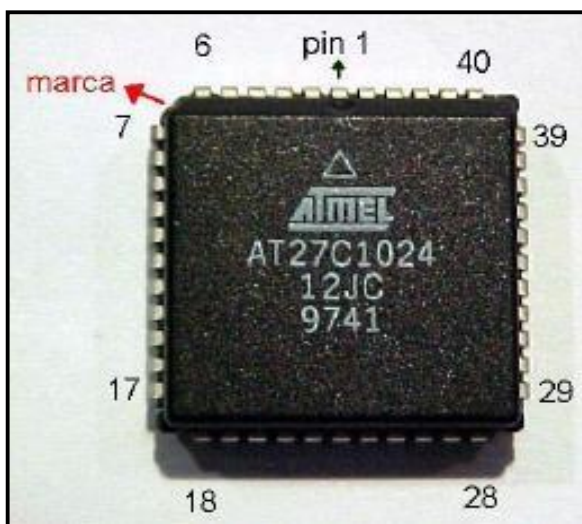
Según (Semanate, 2016) que: Este tipo de memorias fue el segundo usado por las empresas automotrices, cuenta con un tamaño reducido y la configuración de sus pines envuelve los 4 lados a diferencia de la memoria tipo DIL la cantidad de pines puede ser de 32, 44 y 48.

Lo específico de esta configuración es que los pines se encuentran hacia adentro y su montaje es superficial a la placa principal. Esto simplifica el tamaño que ocupa en la placa principal y también aporta mayor capacidad



en su interior. Memoria la cual permite ser borrada eléctricamente para luego poder ser reutilizada, mediante una programación.

En la parte lateral del dispositivo se encuentra una marca que indica la posición del pin 1. Puede ser encontrado y montado directamente sobre la placa como también sobre un zócalo, esto facilita su extracción y manejo.

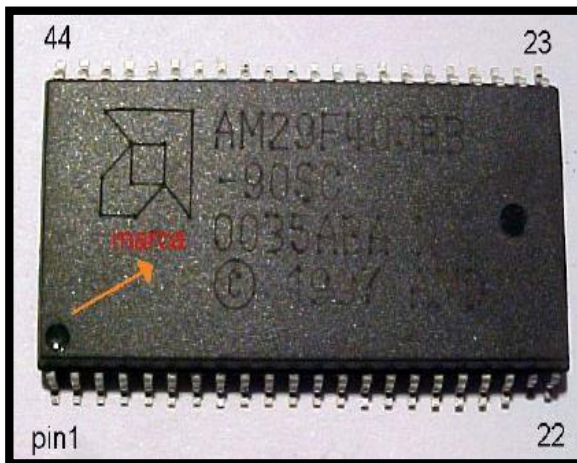


**Figura 11** Memoria PLCC

**Fuente** (Semanate, 2016)

#### **2.7.10 Memorias tipo SOP (Small outline package)**

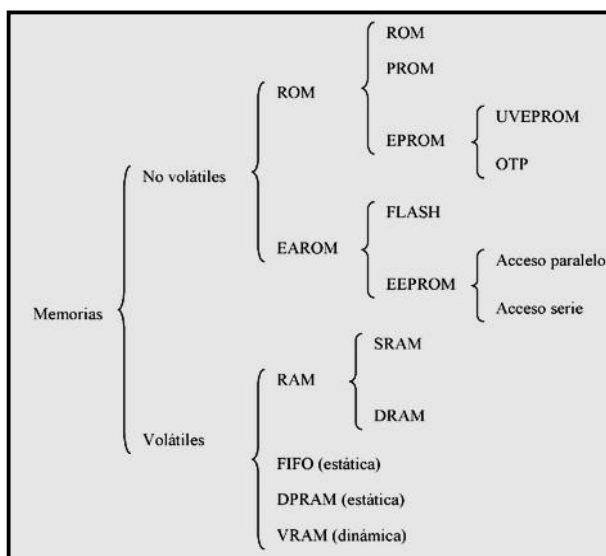
Según (Semanate, 2016) que: Este tipo de memorias es una de las más usadas hasta la actualidad en las empresas automotrices, posee una capacidad de 2 hasta 32 Mb. La cantidad de pines utilizados es de 44 o 48 terminales, también posee una marca la cual muestra la posición del pin 1.



**Figura 12** Memoria SOP

**Fuente** (Semante, 2016)

### 2.8 Clasificación general de memorias



**Figura 13** Clasificación de memorias

**Fuente** (Izaguirre & Cuéllar, 2008)

(Izaguirre & Cuéllar, 2008) Manifiesta que: Las memorias se clasifican en volátiles y no volátiles: Las memorias no volátiles se caracterizan ya que su información permanece inalterada aun cuando la memoria se quede se alimentación. Las memorias volátiles son aquellas cuya información puede alterarse ante una falta de alimentación.

Las memorias no volátiles se dividen en ROM y EAROM. Las memorias ROM son aquellas cuyo contenido es escrito en ellas a través de un sistema destinado para dicha finalidad, y las memorias EAROM son aquellas cuyo contenido puede ser alterado en el mismo circuito en el que se opera.

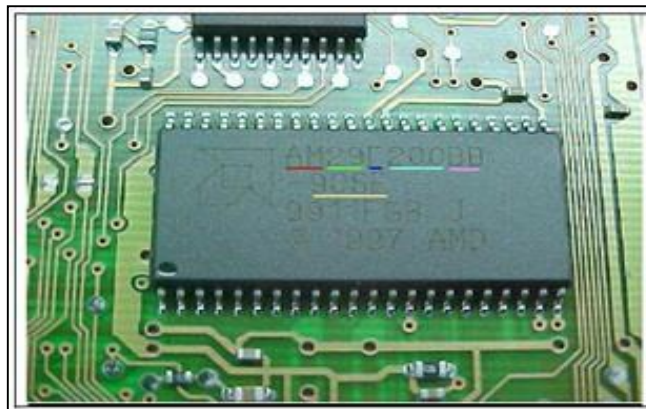
Las memorias ROM se clasifican a su vez en memoria ROM propiamente dichas, en memorias PROM y memorias EPROM. Las memorias ROM son aquellas cuya información es grabada internamente por el fabricante de la memoria. Las memorias PROM pueden ser grabadas por el usuario por el usuario, pero que no pueden ser borradas ni vueltas a grabar. Las memorias EPROM son aquellas que pueden ser grabadas y borradas por el usuario. Entre las memorias EPROM se encontrarán dos versiones, las UVEPROM o EPROM propiamente dicha, que pueden ser borradas por la exposición de la luz ultravioleta.

(Izaguirre & Cuéllar, 2008) Afirma que: Las memorias EAROM son de dos variedades: las FLASH y las EEPROM; las memorias FLASH son aquellas cuya información puede ser alterada por el mismo circuito en que están siendo usadas, pero para ello tiene que ser parcialmente borrada en ciertas áreas o bloques. Las EEPROM, a diferencia de las memorias FLASH pueden ser borradas y grabadas dirección por dirección. Ambos tipos de memoria si bien son rápidas cuando se llena, suelen ser muy lentas en el momento de la escritura.

(Izaguirre & Cuéllar, 2008) . Las memorias volátiles vienen en varios tipos cuya utilidad depende de la aplicación. Así se tiene: las memorias RAM, las FIFO, las DPRAM y las VRAM. De estas las que más pertenecen al sistema automotriz son las memorias RAM. En las memorias RAM el contenido de la memoria puede ser alterado por el procesador en un proceso de escritura y puede ser leído en proceso de escritura, y todo ello a alta velocidad, por ello se utilizan para almacenar todos los datos variables en un sistema basado en procesador. Existen básicamente dos tipos de memorias RAM, las estáticas SRAM y las dinámicas DRAM. Las memorias SRAM mantienen su contenido sin alteración mientras la alimentación se halle conectada, por el contrario, en las DRAM el contenido debe ser actualizado cada cierto tiempo para que el contenido no se altere.

## 2.9 Interpretación de nomenclatura en las memorias.

(Augeri, 2015) Indica que: En cada una de las memorias programables que poseen los diferentes tipos de unidad de control electrónica en el campo automotriz, se pueden describir sus características por medio de los colores que representan sus prestaciones:



**Figura 14** Nomenclatura de memorias por colores

**Fuente** (Augeri, 2015)

**Verde (29)** Para memorias colocadas en vehículos en su mayoría se encuentran en 2 tipos de familias No. 27 y No. 29, cada familia estructuralmente cumple condiciones; como la velocidad de acceso, condiciones de circuitos internos; como compuertas, estructuras, etc.

**Azul (F)** Seguido del tipo de familia se puede observar la letra "C = 5V", esto se refiere a su alimentación la cual dispone como indicador cuando una memoria posee siempre dicha característica, o la letra "F= flash" se refiere a que su borrado puede realizarse eléctricamente, se realiza mediante un programador de memorias EPROM, su ventaja es desarrollar las tensiones de las memorias y beneficios del flash y borrado en memorias DIL.

**Celeste (200)** Los números posteriores a su alimentación son la capacidad que posee la memoria, lo que puede almacenar internamente y pueden atribuir a las memorias DIL, PLCC Y SOP.

**Amarillo (-90)** El tiempo de acceso es el que se necesita para localizar y leer una información almacenada, el tiempo de acceso es una característica importante para determinar la velocidad de resolución de un sistema,

conociendo el tiempo de acceso se puede predecir el tiempo necesario para procesar un trabajo.

## **2.10 Métodos de reprogramación**

Según la necesidad y utilidad que ofrece reprogramar una ECU, existen tres métodos de reprogramación:

- Flash
- ECU estándar
- ECU programable

### **2.10.1 Reprogramación flash**

Según (Skala, 2008) indica que: Los vehículos nuevos incluyen módulos tales como el ECM módulo del control del Motor, TCM Módulo del control de Transmisión, ABS Anti-lock Brake System en fin numerosos módulos de control para gestionar todos los sistemas de control electrónicos.

Cada módulo es programado en fábrica con software que le permiten realizar ciertas funciones. Como por ejemplo dentro de la ECM hay un software que contienen cientos o incluso miles de parámetros para controlar el salto de chispa, la cantidad de combustible, velocidad de cruce, control de las emisiones, facilidad de conducción y el rendimiento.

La práctica de la actualización de software en estos módulos es comúnmente conocida como flash reprogramación. En los concesionarios de automóviles nuevos el flash reprogramación es relativamente sencillo, porque los técnicos de servicio están conectados online a la fábrica de automóviles y poseen las herramientas especializadas de servicio del distribuidor dedicado a la reprogramación.

Según (Skala, 2008) indica que: No todos los módulos requieren la descarga de un software para su correcto funcionamiento. A través de una simple inicialización o selección de opciones se logra que un módulo nuevo se adapte sin problemas al vehículo.

Ford sostiene que cada vehículo en la línea de reparación debe ser controlado para verificar la existencia de actualizaciones en sus módulos, este o no relacionado con el motivo de su permanencia en servicio.

Se entiende que el vehículo funcionara mejor luego de actualizarle su software con el último existente. Lo bueno de este método es que los módulos de aquellos vehículos siempre estarán trabajando con la última calibración y en teoría nunca exhibirán un problema relacionado con la reprogramación.

La visión opuesta a esta es que cada módulo debería ser actualizado únicamente cuando el vehículo presenta ciertos problemas donde la solución sea reprogramar los módulos.

En ocasiones se puede encontrar que existen calibraciones específicas designadas para vehículos con ciertas opciones de equipamiento, y algunas veces de acuerdo a las condiciones climáticas por donde circula el vehículo.

En los manuales de diagnóstico, se indicara que en cada seguimiento de un código de diagnóstico se debe averiguar si existe una calibración para dicho vehículo, esto puede hacer prevenir un futuro trabajo.

- **Norma SAE J2534**

Según (Skala, 2008) indica que: En el 2000, la Agencia de Protección Ambiental EPA elaboró una investigación y decidió actuar. La EPA solicitó una norma que se desarrolló en el SAE J2534 que dio lugar a una especificación para que los fabricantes de automóviles que venden vehículos en los Estados Unidos deban cumplir. La especificación J2534 original fue actualizada posteriormente a J2534-1 con el fin de apoyar a todos los fabricantes de automóviles.

(Skala, 2008). El flasher J2534 utiliza los archivos de calibración suministrados por el fabricante, disponible en sus respectivas páginas web, para realizar esta función directamente en su tienda.

De paso a través de la tecnología también se libera la herramienta de análisis de diagnóstico de vehículos rentables.

J2534 es un sistema ideado por dos partes independientes: la suscripción de software y una interfaz Pass Thru para vehículo J2534 compatible. El software de suscripción viene directamente del fabricante de automóviles y se ejecuta en una PC o portátil, y puede ser ejecutable en la web o en CD.

### **Precauciones sobre el uso del J2534**

(Skala, 2008) Indica que: Cada fabricante tiene un software diferente, usted debe sentirse cómodo con el servicio de un fabricante de automóviles antes de empezar la reprogramación.

- Siga los pasos en el sitio web del fabricante de automóviles.
- Si tiene preguntas, llame al número de atención al cliente o el distribuidor de su herramienta de Pass Thru.
- La duración de una operación de reprogramación puede variar entre fabricantes y modelos.
- Cuando se hace una actualización recuerde que no se podrá recuperar la anterior ya que se el sistema hace que se adapte a la nueva versión disponible.
- El tiempo más corto puede ser menos de un minuto, con algunas de las operaciones, pero hay reprogramación superiores a una hora. La media es de poco menos de 15 minutos para realizar todo un proceso.
- Antes de empezar, recuerde que debe tener seguro una buena batería en el vehículo o un cargador externo.
- Si un evento de reprogramación falla, de inmediato a cancelar la operación sin desconectar la herramienta J2534.
- Si no se pudo obtener una reprogramación exitosa después de varios intentos, llame al número del fabricante de autos de apoyo para saber si hay alguna otra manera de recuperar el módulo.
- La reprogramación es un servicio que no se puede revertir.

### **2.10.2 Programación del vehículo onboard vs. offboard**

(Skala, 2008) Indica que: La programación abordo es aquella que se realiza cuando el módulo está instalado en el vehículo. La programación Offboard significa que se ha retirado el módulo del vehículo y se va a reprogramar desde una mesa de trabajo con un cable especial y fuente de alimentación. Hay algunos cables Offboard pre-hechos para determinados vehículos, pero literalmente hay docenas de diferentes tipos de módulos a bordo, conectores, y diagramas de pines

Muchas de las aplicaciones J2534-1 puede intentar volver a programar más de un módulo cuando se selecciona una operación de reprogramación, y la única manera de garantizar que todos los módulos sean reprogramados, es la reprogramación de la computadora mientras está instalada en el coche.

Esta es la forma en que los fabricantes de automóviles usan este software y la razón para que la reprogramación a bordo sea la preferida”.

#### **a) Energía Constante**

(Augeri, 2015) afirma que: Al momento de realizar una reprogramación onboard u offboard el voltaje que se suministra al módulo no debe caer de 11.5 V. Para ello se recomienda utilizar un cargador de batería lo mejor que se tiene en estos módulos es el INTELI-POWER 9100 en donde transforma 120 VAC a 12 VDC, lo bueno de este equipo es que posee un conector especial que amplifica la señal de voltaje a 13.5 V que es lo que necesitan los módulos de GM para programarse.





**Figura 15** INTELI-POWER 9100

**Fuente:** (Augeri, 2015)

(Augeri, 2015) Todas las operaciones de reprogramación se los hace con el switch de ignición cerrado de tal manera que algunos elementos funcionan como el ventilador de refrigeración, bombas de combustible, y otros componentes que harán que la batería se descargue rápidamente por ello la utilización de estos dispositivos de recarga.

(Augeri, 2015) Manifiesta que: Si durante la reprogramación el voltaje de la batería disminuye se tiene el riesgo de que el módulo quede inservible y causa un problema mucho más complicado que el que tenía. Para cuando se elabore una reprogramación offboard fuera del vehículo lo que se necesita es tener una buena alimentación con una fuente preferible de voltaje variable.

## **2.11 Tipos de ECU'S reprogramables**

Las ECUs reprogramables se utilizan principalmente en vehículos que se preparan para competición, ya sea para rally, trepada de montaña, ¼ de milla, etc. Las más utilizadas en el mercado nacional son las siguientes:

### **2.11.1 Haltech platinum sport 2000**

Según (Díaz & Sopa, 2013) Indica que. HALTECH PLATINUM SPORT 2000 es una ECU reprogramable en tiempo real diseñada para los

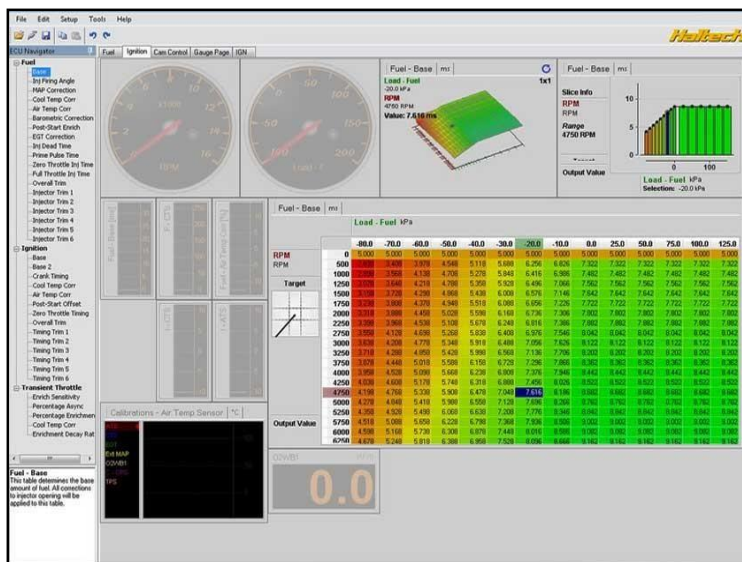
que buscan el rendimiento óptimo de su vehículo. Adecuada para controlar motores de 1, 2, 3, 4 ,5 ,6 ,8 ,10 y 12 cilindros, motores rotativos de 2 y 3 rotores, atmosféricos y turbo aspirados.



**Figura 16** Haltech Platinum sport 2000

**Fuente** (Díaz & Sopa, 2013)

(Díaz & Sopa, 2013) indica que: “El Sistema Sport 2000 tiene mapas de gasolina ajustables cada uno con barras de carga y 32 rangos de RPM. El Sport 2000 se ejecutará hasta 16.000 RPM, manteniendo una excelente precisión y resolución”.



**Figura 17** Pantalla de software Sport 2000

**Fuente** (Díaz & Sopa, 2013)

El paquete de SPORT 2000 incluye un software para realizar la programación de la misma. El software utiliza el entorno gráfico de Windows, que proporciona una interface fácil de usar para el programa SPORT 2000.

(Díaz & Sopa, 2013). Además, el software es capaz de mostrar datos en tiempo real en forma de gráficos de indicadores para facilitar la visualización mientras está conectado a la ECU.

### 2.11.2 Motec M84

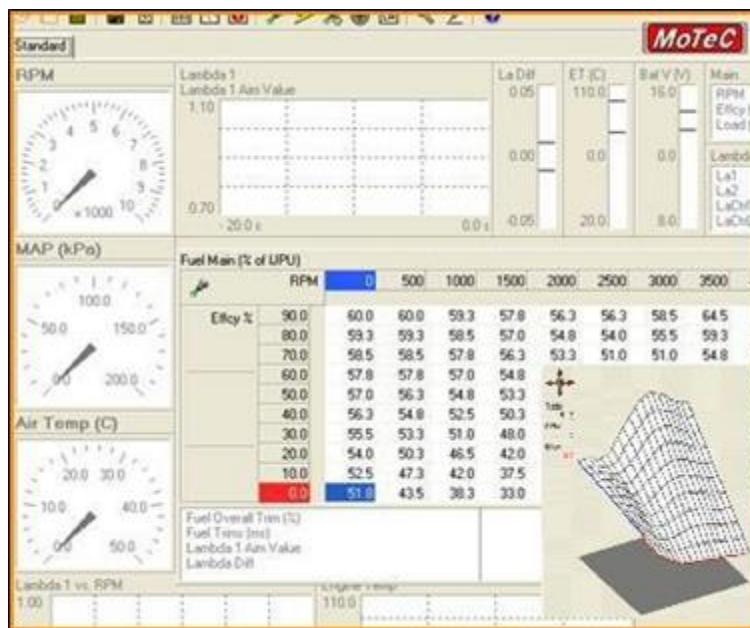
Indica (Díaz & Sopa, 2013) que. “El M84 es una ECU versátil diseñada para competencia, adecuada para una amplia gama de aplicaciones de alto rendimiento, incluyendo motores con un máximo de 8 cilindros. También para motores rotativos, con rotores dobles, triples o cuádruples”.



**Figura 18** Motec M84

**Fuente** (Díaz & Sopa, 2013)

Este nuevo nivel de ECU se basa en la tecnología avanzada del modelo M800 de MOTEC, con un conjunto de características para adaptarse a los requisitos de sistema más moderados.



**Figura 19** Pantalla de software Motec

**Fuente** (Díaz & Sopa, 2013)

(Díaz & Sopa, 2013) manifiesta que: Incluye medidor de banda ancha a bordo y más de 512 KB de registro de datos en memoria de serie. Puede ser instalada como ECU independiente o como parte de una completa gestión del motor y una solución en la adquisición de datos.

El Software completamente actualizable de MOTEC está diseñado para optimizar rápidamente la configuración de su vehículo. Es fácil de usar, con una estructura de menú intuitiva y amplias pantallas de ayuda.

Este software basado en Windows está diseñado para la instalación, puesta a punto y el diagnóstico del sistema de gestión del motor. El ajuste se puede realizar en línea (conectado con la ECU) o fuera de línea.

### 2.11.3 Electromotive Tec3-R

Según (Díaz & Sopa, 2013) indica que: “El TEC3r (Control total del motor) representa los últimos avances en tecnología de control de combustible e inyección, integrados con el sistema de encendido de chispa directa más potente y preciso jamás puesto en un paquete de alto rendimiento”.



**Figura 20** Electromotive Tec3-r

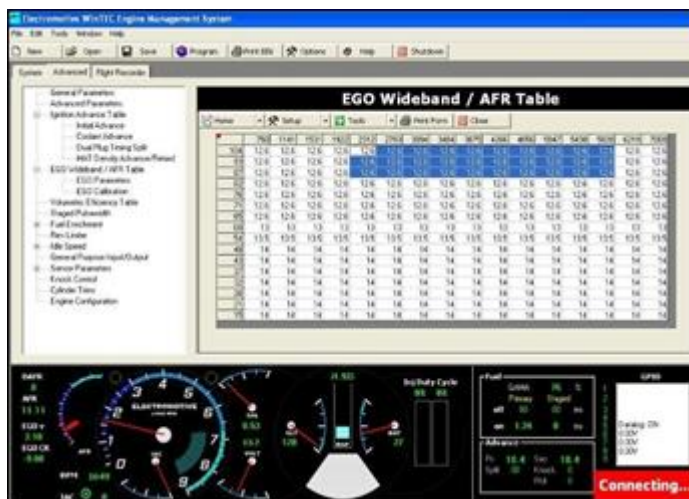
**Fuente:** (Díaz & Sopa, 2013)

(Díaz & Sopa, 2013) indica que: El Tec3-R se puede configurar para controlar virtualmente cualquier motor de 1, 2, 3, 4, 6, 8, o 12 cilindros, así como motores rotativos de 1, 2, o 3 rotores.

El corazón de la serie TEC de los sistemas de gestión del motor ha sido siempre un encendido de alta resolución, que ofrece la increíble precisión en la sincronización del encendido, incluso a las más altas velocidades de aceleración.

Entusiastas de la calle podrán disfrutar de los beneficios de un sistema de encendido "sin distribuidor" que no sólo es ajustable, preciso y potente, sino que también da una mayor amplitud y libertad en realizar las modificaciones.

Para competición y motores de alto rendimiento, la sofisticación y el poder del TEC3r simplemente supera a otros sistemas de producción y del mercado de accesorio.



**Figura 21** Pantalla de software WinTEC

**Fuente** (Díaz & Sopa, 2013)

#### 2.11.4 Megasquirt

Según (Díaz & Sopa, 2013) indica que: La EFI MegaSquirt es un controlador experimental de inyección de combustible y encendido para motores de combustión interna.

La EFI MegaSquirt es un proyecto abierto. Los esquemas se encuentran disponibles para todos, de la misma forma que el código del microprocesador. Esto hace que crezca día a día gracias a la gente que desarrolla nuevas cosas y comparte las mejoras.



**Figura 22** MegaSquirt MS1EXTRA

La inyección MegaSquirt-ITM usa un procesador de Motorola (68HC908) de 8MHz y un sensor MAP también de la misma marca (MPX4250AP).

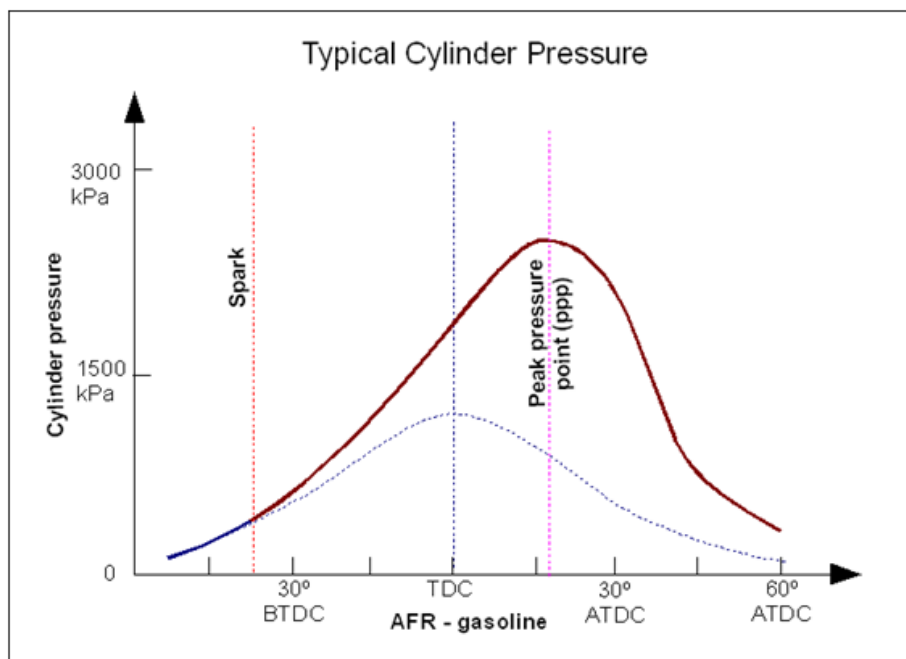


**Figura 23** Pantalla de software Megatune  
**Fuente** (Díaz & Sopa, 2013)

## 2.12 El avance del encendido

[Ilich corp., 2015] Afirma que: La posición del cigüeñal justo donde el contacto inicia una chispa en la bujía. Siempre se hace referencia a la posición del cigüeñal en grados. Dado que hay  $360^\circ$  en una revolución del cigüeñal, media revolución son  $180^\circ$ , el avance se especifica como "antes del punto muerto superior" (APMS). Esto significa el número de grados del cigüeñal donde salta chispa. El avance de encendido es necesario porque el combustible y el aire gastan unas milésimas de segundo para quemar.

Los valores típicos oscilan entre  $5^\circ$  APMS en vacío a unos  $35^\circ$  con el acelerador totalmente abierto (WOT) y, posiblemente, aún más en condiciones de crucero. Hay un punto óptimo en el movimiento del pistón cuando los gases de combustión alcancen su pico de presión (generalmente alrededor de  $17^\circ$  APMS), por lo que se necesita iniciar la ignición adelantada para obtener el máximo presión donde desee (en este caso  $36^\circ - 17^\circ = 19^\circ$  APMS)".



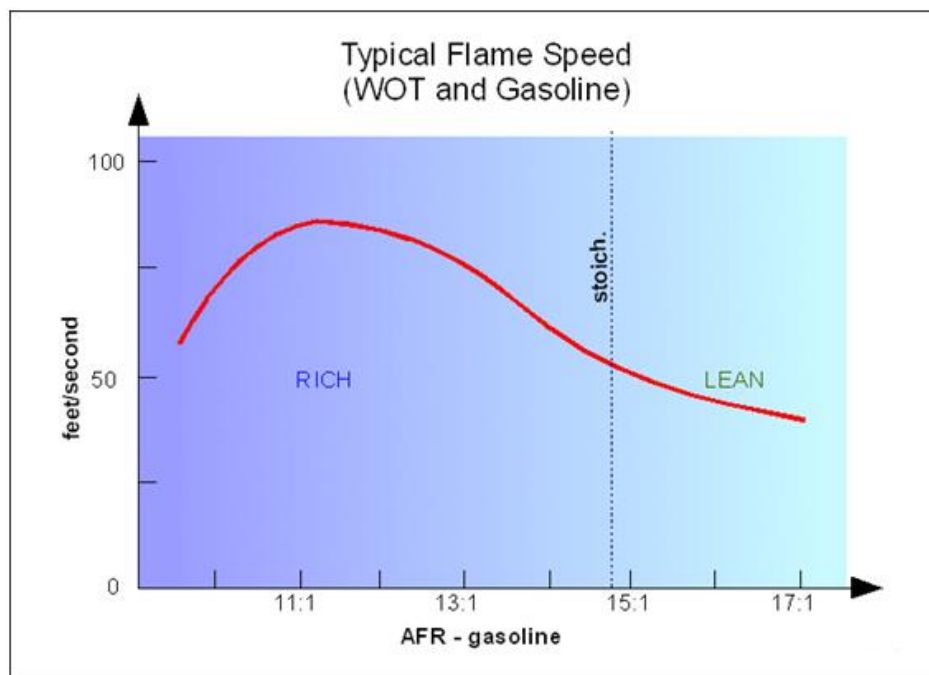
**Figura 24** Presión en el cilindro

**Fuente** [Ilich corp., 2015]

[Ilich corp., 2015]. El tiempo de avance es bajo a bajo régimen, porque el pistón se mueve lentamente, y el combustible tiene tiempo para quemar cerca de PMS. A velocidades más altas, debe ser adelantado. En algún momento (por lo general cerca de 3000 RPM) la turbulencia asegura una combustión rápida y no se necesita más avance. Los detalles de cómo optimizar el avance del encendido se ve afectado por diversos factores, podría llenar un gran volumen, e incluyen temas relevantes como el tamaño del válvula y la forma de cámara, lo agitado de la mezcla, y una miríada de otras cosas. Si el pico de presión llega demasiado pronto, el resultado puede ser que la explosión se inflama espontáneamente de la presión y el calor radiante en la cámara (esto se llama "detonación" y puede ser muy destructivo), además la chispa y el combustible interactúan en sintonía.

Es decir, la cantidad de combustible afecta el momento óptimo de chispa, y viceversa”.





**Figura 25** Velocidad de llama

**Fuente** [Ilich corp., 2015]

Además de ser programada correctamente, la chispa se debe ser de suficiente voltaje para saltar la distancia entre electrodos, y tener la energía suficiente para mantener la chispa suficiente como para iniciar la combustión.

### 2.13 El proceso de ajuste

Indica [Ilich corp., 2015] que: El proceso de ajuste se inicia con el establecimiento de los parámetros generales para poner el motor en marcha, y continúa hasta que el motor funciona de manera óptima en todas las condiciones (a juzgar por el que hace el ajuste). Para optimizar el rendimiento del motor (incluida la potencia, la eficiencia, el rendimiento de arranque en frío, etc.) se inicia con la configuración base, y se modifica uno a uno los parámetros para obtener el mejor rendimiento.

Por ejemplo, si usted fija su enriquecimiento de aceleración de manera óptima, y a continuación, establece los valores de su tabla VE (*Volumetric Efficiency*) para que sea óptima, después de esto, los enriquecimientos de aceleración ya no pueden estar correctos. Ejemplo:

- Si la tabla VE estaba originalmente rica, los enriquecimientos aceleración no necesitan ser tan grandes, así también tabla VE como se ha expuesto ahora hace que los enriquecimientos de aceleración sean muy pequeños - por lo que necesita afinarlos.
- Por el contrario, si la tabla VE era muy pobre, y usted la ajusto subiendo el enriquecimiento de manera apropiada, los enriquecimientos de aceleración puede ser demasiado grande y puede ser necesario reducirlos.

	500	1000	1500	2000	2800	3600	4400	5200	5500	6000	6200	6500
150	75	77	79	73	82	82	82	85	87	89	99	100
130	75	77	79	73	82	82	82	85	87	89	99	100
120	70	74	74	75	75	77	77	78	82	86	95	95
110	70	74	74	75	75	77	77	78	82	86	95	95
100	65	72	72	74	74	75	75	77	79	83	89	90
90	61	63	65	65	68	70	72	75	77	80	84	85
75	58	60	60	65	66	70	70	70	72	74	77	80
60	52	55	55	57	60	61	61	65	67	70	72	75
50	52	55	55	57	60	61	61	65	67	70	72	75
40	47	47	51	51	50	50	50	50	51	55	56	60
30	47	47	51	51	50	50	50	50	51	55	56	60
20	39	40	41	44	44	44	45	45	45	46	47	50

**Figura 26** Tabla de eficiencia volumétrica

## 2.14 Configuración general y parámetros del motor

Según [Ilich corp., 2015] posee tres tipos generales de parámetros para establecer:

“Combustible: Mediante el ajuste del combustible, está controlando la proporción de aire/combustible (Air Fuel Ratio) que llena los cilindros. Por una serie de circunstancias del motor, hay un AFR óptimo. Su tarea en la afinación es averiguar este AFR, y como configurar el sistema de alimentación para

llegar allí. Con el combustible, hay algunas cosas fundamentales para recordar:

Para la máxima potencia se necesita una proporción de gasolina más alta que la estequiométrica correcta, porque al estar seguros de consumir todo el oxígeno (aunque quede un poco de combustible sin quemar). Un AFR típico de plena potencia es 12:01-13:01 de gasolina. Esto se debe a que es el flujo de aire el que limita la potencia (no el flujo de combustible).

Para obtener máxima eficiencia de combustible, al hacer la mezcla un poco más fina (AFR más alto, alrededor de 15:1 a 16:1) para asegurarse de quemar todo el combustible.

Para obtener un mínimo de emisiones, es deseable (14.7:1) tanto como sea posible.

- Aire: Idle, idle stop, etc.
- Avance de encendido: Se refiere al momento exacto donde salta la chispa cerca del final de la carrera de compresión. Debe ser configurado correctamente para todas las condiciones, si no el motor puede detonar, sobrecalentarse, o simplemente funcionar mal”.

**Tabla 7**  
**Configuraciones sobre el funcionamiento y condiciones generales**

Factor de Ajuste →	Parámetros de control EFI					Notas
	AFR Objetivo	Avance de encendido	Combustible (equivalencia con carburador)	Chispa (distribuidor o equivalente.)	Aire (equivalencia con carburador)	
Condición de operación ↓						
En frío	Muy rica	Poco avance (minimiza picada biela)	Longitud de pulso de arranque (estarte)	Avance o retraso de chispa	IAC posición de arranque	Longitud de pulso de arranque, conseguir arrancar y mantener ralentí, afirmar

Continúa



						tabla de chispa
Calentamiento	Rica	avance suave	Enriquecimiento warm-up (WUE) Enriquecimiento o después enciende (ASE) (estarter	Tabla de avance en frio,	IAC posición de arranque (Finalizar ralenti rápido)	Afirmar arranque en frio y Warm - Up (calentamiento)
Ralenti (Idle)	Puede ser rica o pobre depende de algún factor	Depende de los requisitos en emisión. En general De 5° a 15° después de PMS	VE tabla (Bajas RPM)	Tabla de avance (distributor rotativo)	Sin aceleración	Afirmar control de ralenti, Afirmar tabla de chispa
Cruce	Pobre (14.8:1 to 16+:1)	Gran avance	Tabla VE (pocos KPa)	tabla de avance chispa (avance por depresión)		Afirmar economía, Afirmar tabla de chispa
Emisiones Mínimas	Estequiometrica	Avance moderado (Ligeramente retrasado)	Tabla VE	Tabla de avance chispa (avance por depresión retarda canistel)	Determinado empíricamente	Afirmar emisión afirmar tabla de chispa
Aceleración	Rica	El avance se incrementa de 2500 a 3500 RPM	Enriquecimiento o en aceleración: TPS, MAP, X-Tau	Tabla de avance chispa (avance mecánico)		Ajustar enriquecimiento de aceleración enriquecimiento X-Tau
Wot (acelerador a fondo)	Rica (12:1 a 13:1)	Avance depende del combustible y propiedades de la combustión	Tabla VE	Tabla de avance chispa (avance mecánico)		Afirmar tabla VE, Afirmar tabla AFR Afirmar tabla de chispa

Continúa



---

Deceleración	Pobre	Avance se incrementa	Tabla VE	Tabla de avance chispa (avance por depresión)	(dashpot)	Afirmar tabla VE, Afirmar tabla AFR, Afirmar tabla de chispa
--------------	-------	----------------------	----------	---	-----------	--

---

## 2.15 Asistente para la optimización de combustible

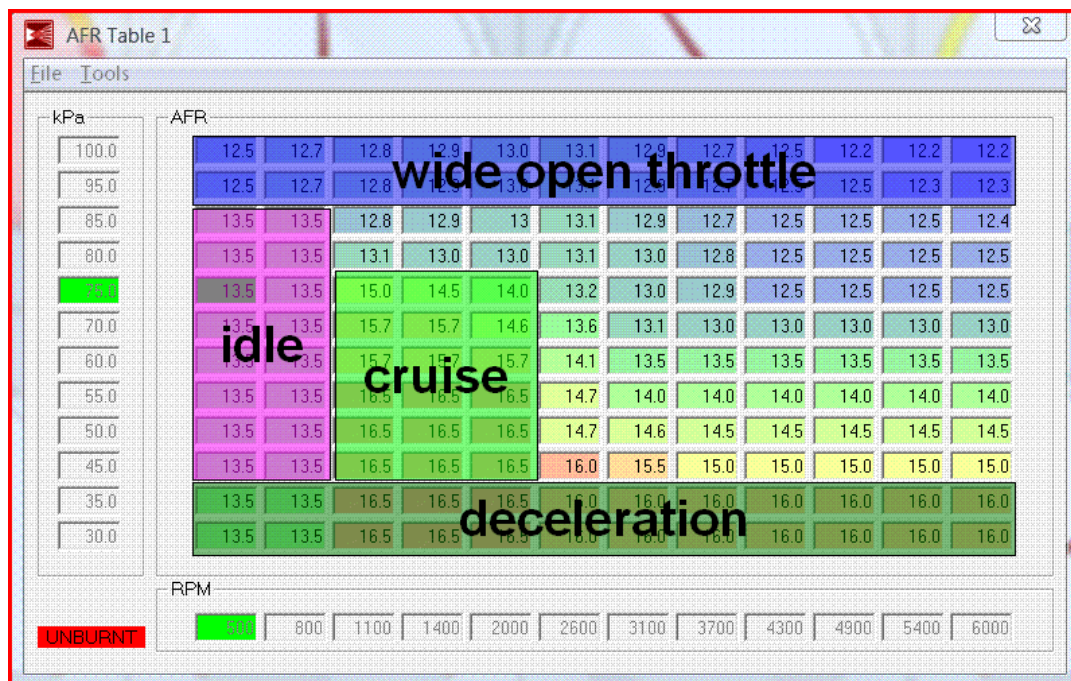
Según [Ilich corp., 2015] manifiesta que: Para ajustar la cantidad de combustible y corregir una condición pobre, se incrementa el valor del parámetro (ya sea en % o milisegundos). El parámetro que se quiere aumentar pueden estar en la tabla enriquecimiento de aceleración VE, el enriquecimiento de calentamiento, o el ancho de pulso de arranque (entre otros).

El parámetro que se modifica dependiendo de las condiciones bajo las que se encuentra el motor. Por el contrario, si el motor es rico, se disminuye el parámetro correspondiente.

Para obtener la máxima potencia, se desea una mezcla más rica que estequiométrica. Esto se debe a que la salida del motor esta principalmente limitado por la cantidad de aire que entra en los cilindros.

Eso, a su vez, limita la cantidad de combustible que puede quemar. Sin embargo, para asegurarse de que todo el oxígeno se consume, se debe proporcionar una mezcla más rica que la estequiométrica.

Para un motor de aspiración natural, aquí se tiene un ejemplo de tabla AFR:



**Figura 27** Tabla AFR

**Fuente:** [Ilich corp., 2015]

[Ilich corp., 2015]. Típicamente, los motores de aspiración natural quieren la mezcla ligeramente más rica en el par máximo que en la potencia pico. Así que en acelerador a fondo "WOT" a 100 kPa es ligeramente más fino a bajas RPM.

El área alrededor de 1100 a 2000 RPM y 45 a 75 KPa es "cruce" (las bajas RPM es el resultado de una velocidad de transmisión larga). Mezclas más finas aquí ayudan a la economía de combustible, y evita la carbonilla y residuos en escape.

La zona comprendida entre 500 y 800 RPM está por debajo de 85 KPa y por encima de 45 KPa está inactivo. 13.5:1 da el menor MAP KPa, y por lo tanto el más eficiente de inactividad en este motor (aunque este AFR no sería adecuado para un motor con control de emisiones).

## 2.16 Optimización de avance del encendido

[Ilich corp., 2015]. "El valor de avance de chispa que aparece en el cuadro chispa TunerStudio es el avance del encendido que debe comprobar en el

cigüeñal con una lámpara estroboscópica. El avance de encendido se puede establecer en décimas de grado. Para crear y ajustar la tabla de adelantado por chispa, usted debe tratar de entender lo que su motor necesita en las siguientes áreas:

- Avance total WOT: El combustible con bajo octanaje también requiere menos adelantado (se quema más rápidamente), por lo que si se están usando 87 octanos, se anticipa algunos grados menos que si se están usando 94 o 95 octanos.
- Avance de ralentí (idle advance): El avance inicial más grande genera un poco más de eficiencia de combustible al ralentí, pero puede hacerle inestable y resultado del ralentí es el aumento de las emisiones (por eso la mayoría de los motores no utilizan el avance de vacío en ralentí). El exceso de avance inicial también puede hacer el motor difícil de arrancar. En general, mantener el avance inicial de  $6^\circ$  a  $10^\circ$ .
- Avance basado en RPM: En general para un motor, se desea que el avance aumente cerca de 3.000 RPM. Así que para un determinado MAP, el avance de chispa debe aumentar el valor de reposo hasta el máximo de cerca de 3000 RPM.
- Avance por vacío (MAP): Este es el avance como se lee en una sola columna de la tabla de avances (a RPM constantes). Como la carga del motor es reducida, el combustible se quema más lentamente y se requiere más avance. Esto significa que usted debe tener el aumento de avance para un determinado RPM con un valor MAP decreciente en kPa.

Por lo general, quiere que entre todo el avance alrededor de 2800 RPM a 3200 RPM para un motor de calle. Entonces el avance adicional por encima de este punto de RPM no es necesario porque en la cámara de combustión se producen turbulencias más rápido y mejora la combustión.

La excepción a maximizar el avance total es el avance inicial, el motor lo utiliza cuando arranca. Mayor anticipo inicial va a generar mejor respuesta, pero puede causar problemas de arranque, hasta el punto de romper físicamente el motor de arranque. Algunas fuentes recomiendan un máximo

de 14 ° a 20 ° de anticipo inicial en motores de altas prestaciones. Sin embargo, si usted tiene instalado MegaSquirt en un motor de alta compresión, gran cilindrada que ya pone una presión adicional sobre el motor de arranque, limite su avance inicial de 4 ° a 12 °.

**Tabla 8**

**Resumen de síntomas y acción en ajustes**

<b>Remedio</b>	<b>Combustible</b>	<b>Chispa</b>
<b>Necesidad de reducir</b>	<u>Muy rico:</u>  Humo negro en escape Lenta respuesta del acelerador Potencia reducida  “Tiznado” negro electrodos de bujía Bajo consumo de combustible Combustible en el aceite Desgaste del motor	<u>Muy avanzada:</u>  Detonaciones Tarda en arrancar Aumento de las emisiones
<b>En su punto</b>	Buena respuesta del acelerador Potencia máxima Electrodos de la bujía de color crema	Potencia máxima,  Sin detonación, Buena economía de combustible
<b>Necesidad de aumentar</b>	<u>Muy pobre:</u>  “Tos” explosiones en la admisión Poca potencia Electrodos de bujía blancos  Posible detonación Pistón quemado (carga alta)	<u>Demasiado retraso:</u>  Sobrecalentamiento  Poca potencia El escape se enciende al rojo vivo



## **CAPÍTULO III**

### **3. SELECCIÓN DE SOFTWARE Y HARDWARE DEDICADO E IMPLEMENTACIÓN DE ECU PROGRAMABLE**

#### **3.1 Introducción**

El desarrollo del proyecto de investigación permitió realizar cambios en el sistema de inyección de combustible como el avance de encendido en el motor Peugeot 407, mediante la implementación de una ECU programable.

La ECU MegaSquirt UNO, es conectada mediante los sensores bases y actuadores como son: TPS, IAT, ECT, Bobinas e Inyectores. Con el fin de mantener los sistemas que posee el motor como: inmovilizador.

En la variación de los parámetros de inyección de combustible y tiempo de encendido, como otras prestaciones que posee la ECU programable por ejemplo: corte de combustible, accionamiento de ventilador, limitador de revoluciones entre otras; se podrán ser modificadas mediante un software dedicado gracias a un cable USB/Serial. El software dedicado a utilizar será TUNERSTUDIO.

Una vez que se realice las diferentes reprogramaciones en los mapas cartográficos de inyección e ignición y demás, se consideró principalmente el límite de carga de combustible, adelanto de encendido, carga de motor y ciclos de trabajo; que el mismo puede soportar cuando se realiza estas modificaciones en el aumento de estos parámetros.

### 3.2 Características del motor

**Tabla 9**

#### **Características del motor Peugeot 407**

<b>Característica</b>	<b>Detalles</b>
Nº de Cilindros	4 en línea
Cilindrada	1997 CC
Potencia	136 CV
Diámetro * Carrera(mm)	85*88
Par Máximo	320 Nm
Velocidad Máxima	208 km/h
Aceleración 0-100 km/h	9.8 seg
Consumo urbano/carretera/medio	7.7/4.9/5.9 L/100 Km
Relación de Compresión	10.8 a 1

El motor Peugeot 407 posee un sistema de inyección múltiple MPFI el cual consta de un inyector por cilindro cuyo valor de volumen de caudal es de 203 cc según la potencia nominal del motor.

Posee un sistema de encendido electrónico tipo COP, de cuatro bobinas localizadas por cada cilindro.

La unidad electrónica permite el control de los sensores de un acelerador electrónica y posición de pedal, lo que permite una regulación automática de ralentí.

### 3.3 Sensores y actuadores del motor

#### 3.3.1 Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

El sensor de posición del cigüeñal es de tipo inductivo, se encuentra ubicado en la parte superior de la rueda fónica del volante de inercia.



**Figura 28** Sensor CKP

### **3.3.2 Sensor de presión de aire (MAP)**

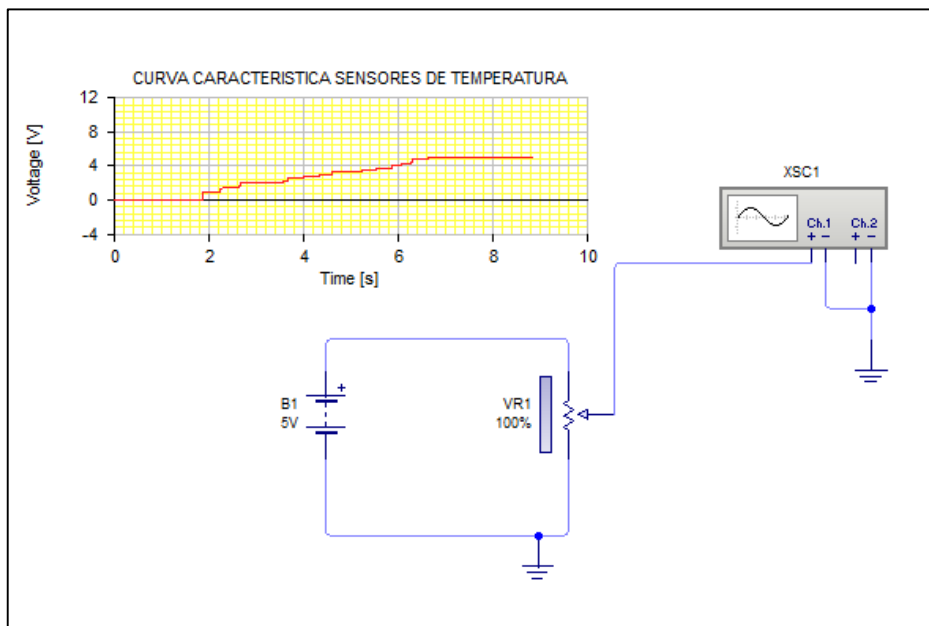
Es un sensor piezoeléctrico que se encuentra en la parte inferior del cuerpo de aceleración. Posee 3 cables cuyos valores de voltaje de referencia es 5.01V, voltaje de masa de 6.8mv y un voltaje de señal de (0.5 - 4.66) V.



**Figura 29** Sensor MAP

### **3.3.3 Sensor de temperatura de refrigerante (ECT)**

El sensor ECT responde a los cambios en la temperatura del refrigerante del motor. El sensor ECT suele estar situado en un paso el refrigerante antes del termostato.



**Figura 30** Circuito de sensor de temperatura y señal

### 3.3.4 Sensor de temperatura de aire (IAT)

Este sensor permite detectar la temperatura que ingresa al motor, se encuentra ubicado en la parte superior de cuerpo de aceleración.

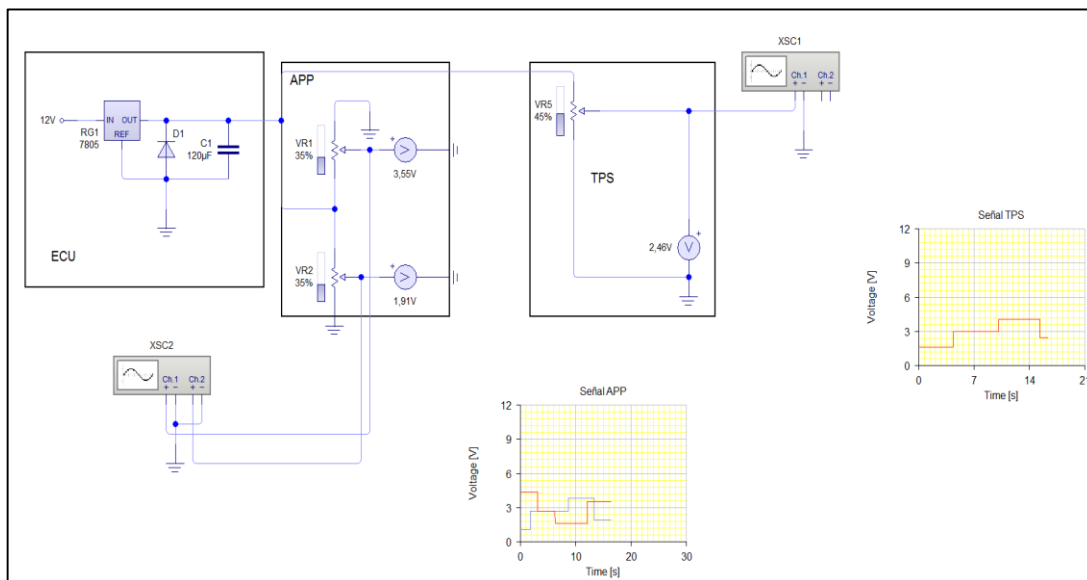
Posee 2 cables cuyos valores de voltaje de referencia es 4.90V, voltaje de masa de 9.1mV y voltaje de señal varía según la temperatura del aire que entra al motor.



**Figura 31** Sensor IAT

### 3.3.5 Sensor de pedal y acelerador electrónico

El sensor de acelerador electrónico es capaz de generar infinitas posiciones de la mariposa de aceleración, existe una relación entre el recorrido del pedal y el recorrido de la mariposa que determinan el comportamiento del motor.



**Figura 32** Circuito del sensor APP y señales

### 3.3.6 Inyectores

Los inyectores se encuentran en la parte superior del múltiple de admisión posee dos cables 2 cables: alimentación 12V y un valor pico cerca de 60V.



**Figura 33** Inyectores

### 3.3.7 Bobinas COP

El sistema de bobinas COP tiene como particularidad de no poseer cables de alta tensión, ya que se encuentran ubicadas en la parte superior de la bujía.



**Figura 34:** Bobinas COP

### 3.4 Multímetro automotriz



**Figura 35** Multímetro automotriz

[Mécánica Fácil.info, 2017]. Menciona que: El multímetro, conocido también como tester, es un instrumento imprescindible en cualquier taller mecánico.

Su nombre "multímetro" lo hereda debido a que permite realizar mediciones en diferentes escalas. Dependiendo del modelo éste permite medir tensión de alimentación en volts voltaica, resistencias de componentes en ohm, revoluciones del motor, elementos iodos electrónicos, frecuencias, temperatura, etc., pudiendo traer algunos incluso hasta un osciloscopio.

[Mécánica Fácil.info, 2017]. Las zonas más reconocibles de un multímetro son la llave de selección y el display (en el caso de multímetros digitales). Se observa además que tiene sobre el selector la impresión de las diferentes mediciones y rangos que se puede realizar con el multímetro.

Mediante la llave de selección permite seleccionar mediante su giro la escala a usar, por ejemplo al medir la resistencia de un sensor en la escala de 200 ohms marcando con la llave la escala correspondiente.

El display informa el cambio las mediciones tomadas.

### **3.4.1 Medición de voltaje.**

[Mécánica Fácil.info, 2017]. La medición de voltajes se puede realizar prácticamente con cualquier tipo de multímetro, existen dos tipos de voltajes: alterno y continuo.

La selección de voltaje alterno del multímetro permite medir tensiones que oscilan en su amplitud o cambian la polaridad, caso por ejemplo de sensores de encendido, posición, etc. (es decir, los reluctancia variable).

El voltaje continuo sirve para medir la tensión de sensores y/o actuadores que tienen conexión a batería u otra fuente de tensión. Para mediciones de valores bajos se usan los mili- voltios.

### **3.4.2 Medición de resistencias.**

[Mécánica Fácil.info, 2017]. Básicamente una resistencia es la dificultad que ofrece un componente a el paso de la corriente eléctrica, siendo su unidad de medida los llamados ohms, pudiendo apreciar en el dial de selección del tester las diferentes escalas (de 0 a 200, 200 a 2000, etc.), salvo que se trate de un multímetro con auto rango, los cuales permiten la selección automática del rango según la resistencia medida.

Esta resistencia puede ser de tipo fija o variable según determinadas condiciones, siendo esta última la información resultante que envían algunos sensores hacia la unidad de control.

La resistencia suele variar según el factor por factores como la temperatura, presión, posición entre otros, encontrando como ejemplo de

éstos los sensores de temperatura (PTC o NTC), sensores MAP (presión), TPS, etc.

### **3.4.3 Medición de frecuencia.**

[Mecánica Fácil.info, 2017]. Se realiza en hercios (Hz) que representan la cantidad de ciclos por segundo, así una señal que tiene una oscilación de 5 veces por segundos corresponde a una frecuencia de 5 Herzios.

Esta medición es utilizada para diagnósticos de sensores Hall, sensores inductivos, etc., que tiene una oscilación de 5 veces por segundos corresponde a una frecuencia de 5 Herzios.

Esta medición es utilizada para diagnósticos de sensores Hall, sensores inductivos, etc.

Un ejemplo utilizando el multímetro para explorar el comportamiento de un hipotético sensor de temperatura de aire que opera en el rango de los 2000 a 2500 ohm, por ejemplo el sensor de temperatura del aire que se encuentra en el cuerpo del inyector.

Primero se lleva el selector a ohm, y ajustar el rango en la escala de 20k (es decir 20000 ohm), para cubrir así el rango de operación del sensor. Esto obviamente si nuestro multímetro no es auto rango, ya que en ese caso se ajustaría a el rango del sensor automáticamente.

Cuando aún no se conecta las pinzas del multímetro la resistencia será 1, es decir, resistencia infinita (en los diagnósticos de sensores cuando se mide resistencias y si da 1 significa que el sensor está en corto y por lo tanto posee una resistencia infinita, aunque hay que tener cuidado ya que podría marcarnos también se ha seleccionado una escala incorrecta).

Conectar entonces una pinza al 1 conector del sensor y la otra al otro conector de él sin importar polaridad.

Si se trata de un sensor del tipo NTC (sensor de coeficiente negativo) se observa que al aumentar la temperatura disminuirá la resistencia del sensor medida por el multímetro, y al bajar la temperatura la resistencia aumentará (se probarán estos efectos con un fuente de luz cercana para subir la temperatura del aire y con un paño húmedo tocando levemente el sensor para bajarla).



### 3.5 Scanner automotriz

El scanner automotriz, es una herramienta que permite realizar un diagnóstico a bordo del vehículo mediante un conector OBD, que permite la comunicación con la centralita del vehículo.

#### 3.5.1 G-Scan2

El scanner automotriz G-Scan2, es una herramienta que posee multímetro y osciloscopio incluido.

Posee una interfaz interactiva que permite realizar capturas de pantalla de sus ventanas de trabajo.

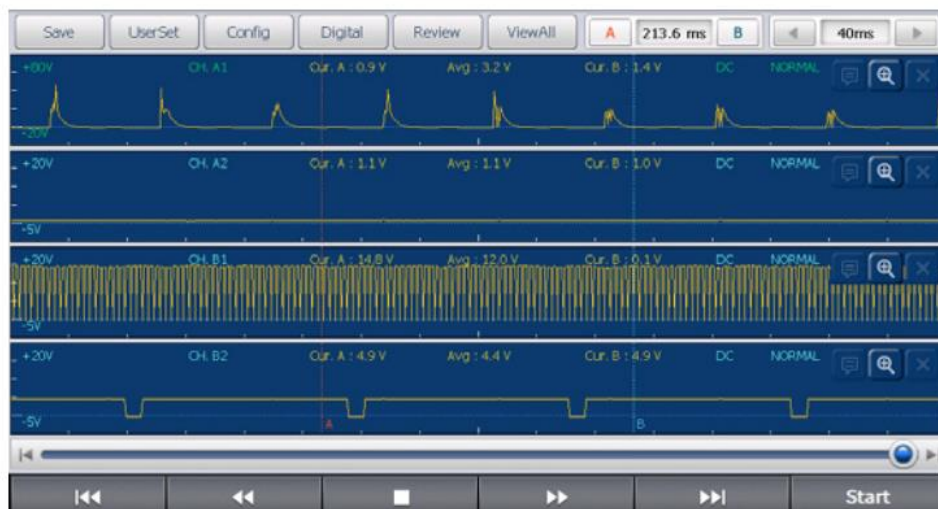


Figura 36 Scanner G-Scan2

#### 3.5.2 Funciones especiales

##### Osciloscopio de 2 y 4 canales.

[RIFC, 2017] Mide con exactitud todas las variaciones eléctricas del vehículo. Gracias a su avanzado sistema de osciloscopio de 2 y 4 canales en patrón simple o con entrada auxiliar. Además, puedes ingresar ajustes mediante la pantalla táctil o con la ayuda de los botones físicos.



**Figura 37** Osciloscopio de G-Scan2

### Multímetro digital.

[RIFIC, 2017] Analiza las frecuencias, pulsaciones y resistencias de circuitos eléctricos identificando rangos máximos y mínimos gracias a la función de multímetro digital con muestra de gráficos. También realiza test de continuidad y pruebas de ciclos de trabajo y medición de frecuencia.



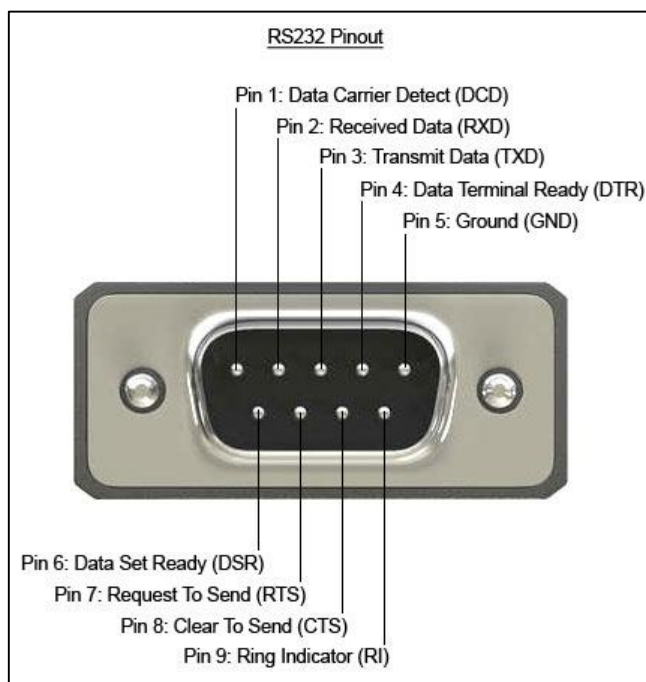
**Figura 38** Multímetro de G-Scan2

### 3.6 Cable R232



**Figura 39** Cable R232

[Punto Flotante S.A., 2017]. Afirma que: La norma fue diseñada para comunicación punto a punto, en donde se tiene una computadora (en la norma RS232 se le denomina DTE, Data Terminal Equipment) que se encuentra transmitiendo hacia un equipo esclavo (en la norma conocido como DCE, Data Communications Equipment) ubicado a distancias no mayores a 15 metros (aunque en la práctica alcanza distancias de hasta 50 metros) y a una velocidad máxima de 19,200 bps. Este tipo de transmisión se le conoce como "single ended" porque usa en el cable un solo retorno (GND). Es un modo de transmisión muy simple, pero también vulnerable al ruido aditivo en la línea y por esa razón es empleada para comunicación a distancias cortas. En general, en la transmisión RS232, las cadenas de datos son caracteres ASCII, los cuales incluyen los códigos de letras, números y signos de puntuación, además de caracteres especiales. Se trata de un estándar orientado a la transmisión de texto. Actualmente, el estándar se ha simplificado a las señales de transmisión TX, recepción RX y tierra GND, dejando sin utilizarse el resto de las señales. En seguida se muestra una foto del conector DB9 y la asignación de señales.



**Figura 40** Distribución de pines

**Fuente:** [Punto Flotante S.A., 2017]

### 3.7 Selección de componentes

A realizar la selección de la ECU reprogramable como el software a utilizar, se realiza mediante un análisis de las ECU's más empleadas en el mercado que se tomará características como versatilidad, fiabilidad, costos, instalación, entre otros.

#### 3.7.1 Selección de ECU programable

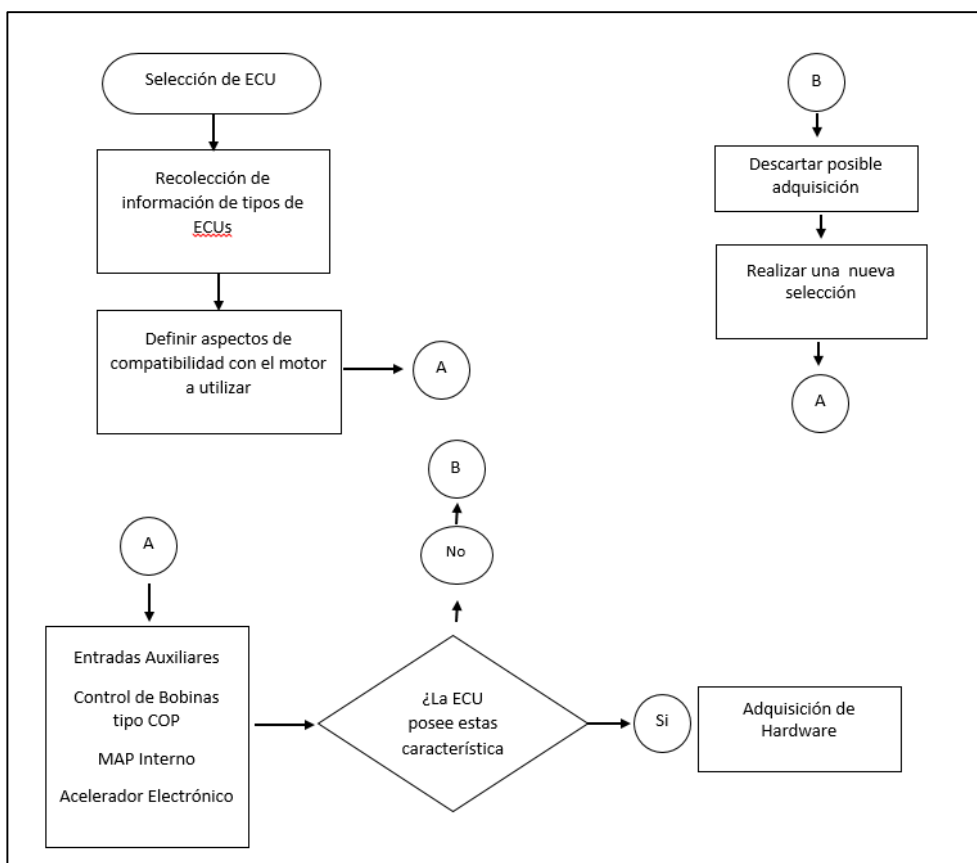
De acuerdo a lo investigado en el Capítulo 2, para mejorar los parámetros del motor estándar se utilizará una ECU reprogramable MegaSquirt a continuación se detalla las comparaciones entre los diferentes tipos de ECU's programables:

**Tabla 10**  
**Comparación de hardware dedicado**

<b>Modelo</b>	<b>Fiabilidad</b>	<b>Instalación en Paralelo</b>	<b>Costo</b>	<b>Características</b>
<b>Haltech</b>	Muy Buena	Si	1500	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Para motores de 1 a 8 cilindros.</li> <li>-Sistema de encendido por distribuidor y bobina.</li> <li>-Detección de carga por presión de múltiple.</li> <li>-Software compatible con Windows 2000, XP y vista.</li> </ul>
<b>Motec</b>	Muy Buena	Si	2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Para motores de 1 a 8 cilindros.</li> <li>-Inyección secuencial</li> <li>-No posee controlador de acelerador electrónico</li> <li>-Sin entradas adicionales.</li> </ul>
<b>MegaSquirt</b>	Muy Buena	Si	600	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Controlar inyección de 1 a 12 cilindros.</li> <li>-Inyección simultánea o por lotes.</li> <li>-2 Salidas de Inyección</li> <li>-Maneja gran gama de motores.</li> <li>-Salidas auxiliares.</li> <li>-Incluye sensor MAP</li> </ul>

Para la selección de hardware a implementar en el proyecto se tomó distintos aspectos como:

- Salidas Auxiliares
- Compatibilidad con el motor
- Instalación sencilla.
- Sistema de encendido por COP.
- Versatilidad de componentes.



**Figura 41** Diagrama de flujo de selección de ECU

MegaSquirt intenta ser un proyecto educativo pensado para los que deseen aprender sobre inyección electrónica de combustible. Se trata de un controlador de inyección de combustible programable (ECU), ésta puede controlar la forma en que los inyectores de un motor distribuyen el combustible para poder mejorar el rendimiento del mismo, usualmente para que el motor pueda entregar más potencia, especialmente luego de haberle hecho modificaciones o mejoras. El resultado es que MegaSquirt puede proporcionar cálculos en tiempo real del combustible hasta 16.000 RPM. MegaSquirt es

completamente programable, la misma provee una conexión serial para interconectarse con una computadora regular, o por ejemplo, con una "notebook" y toda la información está disponible en tiempo real.



**Figura 42** MegaSquirt I

[Ilich corp., 2015] indica que: La filosofía de la MegaSquirt EFI es simple: proporcionar un controlador de inyectores de combustible que se puede adaptar a cualquier aplicación, sin tener que escribir código embebido o entender los detalles de los controles del motor. Además, el plan ha sido la publicación de los esquemas, software, algoritmos, etc. a todo el mundo para mejorar la ECU MegaSquirt EFI como un proyecto potencial educativo.

Una primera versión de la MegaSquirt-I <sup>TM</sup> EFI controlador fue descrito en la revista Circuit cellar en un artículo titulado "La construcción de una inyección de combustible" de Bruce y Al en enero de 2002.

[Ilich corp., 2015]. La MegaSquirt-I EFI utiliza un microprocesador Motorola basado en flash (MC68HC908GP32) para el cálculo del ancho del pulso y de control del inyector. Además, el software de servidor (Windows) ha sido desarrollado para permitir el ajuste de parámetros de control.

## Lo necesario para el montaje de MegaSquirt EFI

[Ilich corp., 2015]. El controlador EFI MegaSquirt es un controlador universal de combustible de inyección electrónica que se puede hacer trabajar en cualquier motor de combustión interna de encendido por chispa. Sin embargo, el éxito de su instalación depende de usted. Con el fin de hacer la MegaSquirt funcione en el coche, barco, motosierra, o lo que sea, necesitará:

- Herramientas y la capacidad de ensamblar y probar un sistema electrónico de la tarjeta de circuitos impresos (*si se quiere construir la placa base uno mismo*)
- Piezas adicionales para adaptarse a su instalación, incluyendo:
  - Sensores de Refrigerante y temperatura del aire,
  - Sonda Lambda (ya sea de banda estrecha o banda ancha),
  - Cables y conectores de los distintos sensores, inyectores, etc.
  - Inyectores y tapones / colector
  - Cuerpo admisión (mariposa de admisión)
  - Bomba de alta presión de combustible y líneas de retorno
  - Regulador de presión de combustible,
- Conocimientos y habilidades para instalar todos los sensores necesarios y cableados.
- El conocimiento y la experiencia para poder instalar o adaptar un sistema de alta presión de combustible completo en su vehículo.
- Ordenador portátil con un puerto serie para configurar y ajustar su MegaSquirt.
- Aptitud mecánica suficiente para saber qué hacer para funcionar el motor.



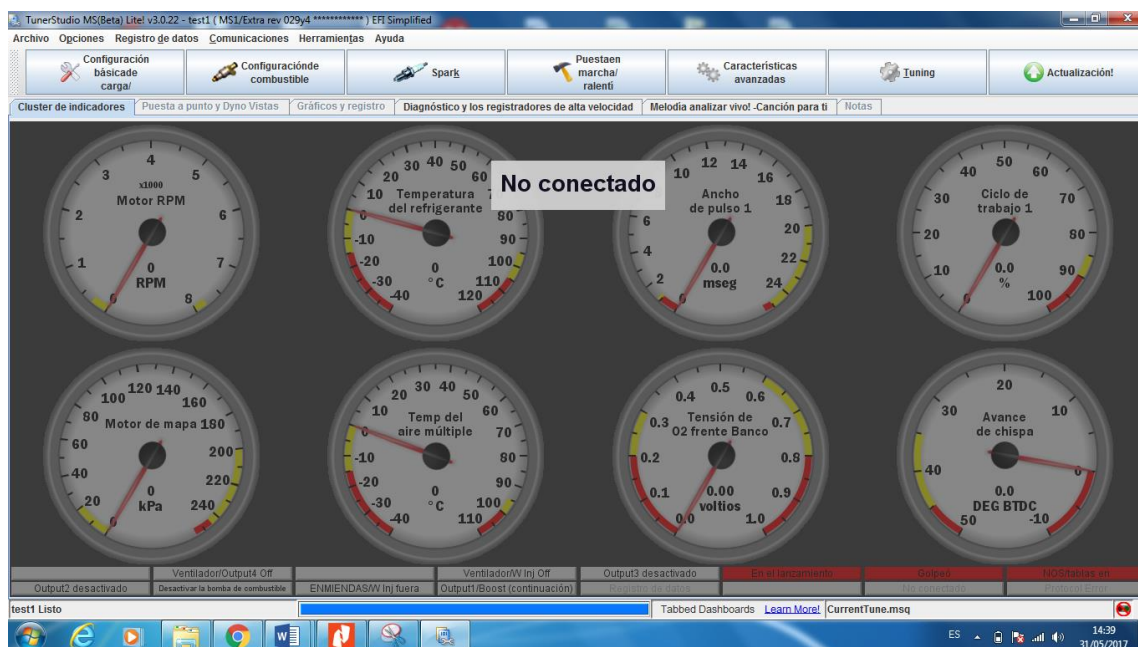
### 3.7.2 Selección de software dedicado

Otro factor a tomar en cuenta en la selección del sistema reprogramable, es el software que se utiliza para su programación. Este debe tener una interface de gráfica sencilla a utilizar, con indicadores de señal de los sensores para saber en qué estado se encuentra el motor.

El software que se empleara se denomina TunerStudio, el cual ha sido diseñado para que pueda ser utilizado por cualquier persona, así esta no tenga mucho conocimiento sobre el tema, su interface sencilla y amigable brinda la mejor ayuda para que la programación sea un éxito.

TunerStudio presta un servicio de software libre, el cual permite acceder fácilmente al mismo y es compatible con las ECU's programables.

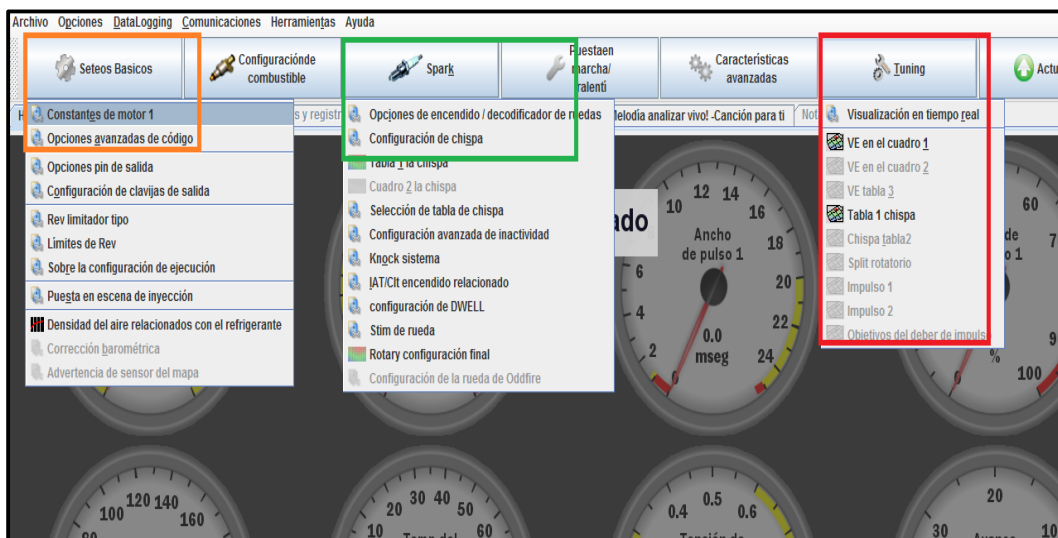
TunerStudio permite modificar todos los parámetros y tiene un editor de tabla VE en tiempo real, que permite a un pasajero del vehículo ajustar el motor mientras conduce.



**Figura 43** Interfaz de TunerStudio

El software compatible con la unidad de control electrónica para realizar la reprogramación, está catalogado como un software dedicado, este a su vez

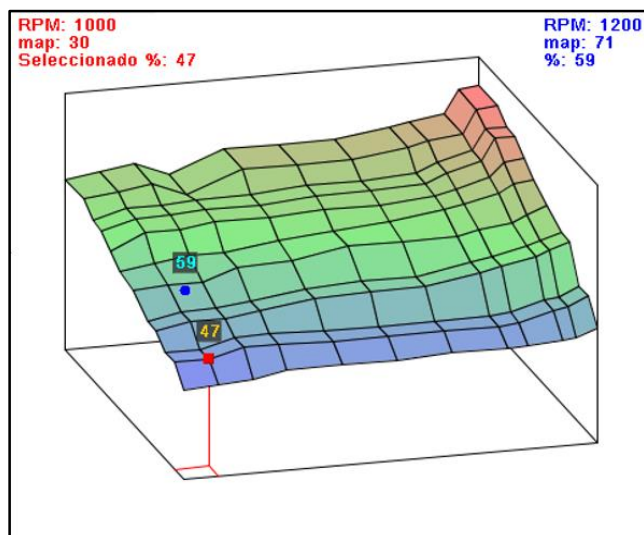
permite leer y reprogramar la información de la ECU programable como primera instancia el mapa base que la ECU posee, con este procesar la información y modificar los diferentes mapas tridimensionales y demás opciones que el software TUNERSUDIO ofrece, se indica algunos de los parámetros que se usaran durante la reprogramación:



**Figura 44** Ítems de Selección

En la figura 44 existen ítems primordiales a utilizar en el momento de la reprogramación en el color naranja son los seteos básicos como las constantes del motor (desplazamiento del motor, Número de cilindros, flujo del inyector y relación aire combustible.); en verde opciones de encendido donde se realiza la configuración del decodificador de rueda fónica (señal de CKP) y en el rojo los mapas de inyección y de encendido.

En el parámetro **“Tuning”** muestra directamente los mapas tridimensionales de inyección y avance de encendido, los cuales pueden ser modificados de acuerdo a la necesidad del usuario. Estos están basados en la representación de valores de RPM, carga del motor y porcentaje de inyección de combustible.



**Figura 45** Mapa tridimensional de inyección de combustible

A continuación se presenta la tabla de inyección de combustible, la cual está basada por la conformación de cuadrículas de valores que están representados por la carga del motor Vs. RPM máximas que se puede alcanzar.

VE en el cuadro 1												
Ver Herramientas												
	500	1000	1500	2000	2800	3600	4400	5200	5500	6000	6200	6500
150	75	77	79	73	82	82	82	85	87	89	99	100
130	75	77	79	73	82	82	82	85	87	89	99	100
120	70	74	74	75	75	77	77	78	82	86	95	95
110	70	74	74	75	75	77	77	78	82	86	95	95
100	65	72	72	74	74	75	75	77	79	83	89	90
90	61	63	65	65	68	70	72	75	77	80	84	85
75	58	60	60	65	66	70	70	72	74	77	80	80
60	52	55	55	57	60	61	61	65	67	70	72	75
50	52	55	55	57	60	61	61	65	67	70	72	75
40	47	47	51	51	50	50	50	50	51	55	56	60
30	47	47	51	51	50	50	50	50	51	55	56	60
20	39	40	41	44	44	44	45	45	45	46	47	50
	500	1000	1500	2000	2800	3600	4400	5200	5500	6000	6200	6500
RPM												
						Quemar			Cerrar			

**Figura 46** Tabla de ajuste de combustible

En la tabla de inyección de combustible y avance de encendido posee distintos controles que permiten realizar modificaciones al mapa.



**Figura 47** Controles de modificación de tablas

1. Permite exportar los datos de la tabla en un archivo
2. Permite importar los datos de la tabla en un archivo
3. Da un valor igual a toda la selección de celdas.
4. Incrementa un grado en el valor seleccionado
5. Disminuir un grado en el valor seleccionado
6. Disminuir una cantidad asignada por el usuario, en las celdas seleccionadas.
7. Incrementar una cantidad asignada por el usuario, en las celdas seleccionadas.
8. Realiza una multiplicación de la celda seleccionada por un valor dado por el usuario.

### **3.4 Colores de mapas**

La variedad de colores interpreta valores positivo o negativo, para la puesta a punto del motor para ello se tiene:

- En el color azul es interpretado como una inyección mínima de combustible.
- El color verde indica un equilibrio de inyección de combustible, donde el motor tiene un buen desempeño sin desgaste del mismo.
- El color naranja rojizo es interpretado como un ingreso máximo de combustible o un alto grado de avance de encendido.

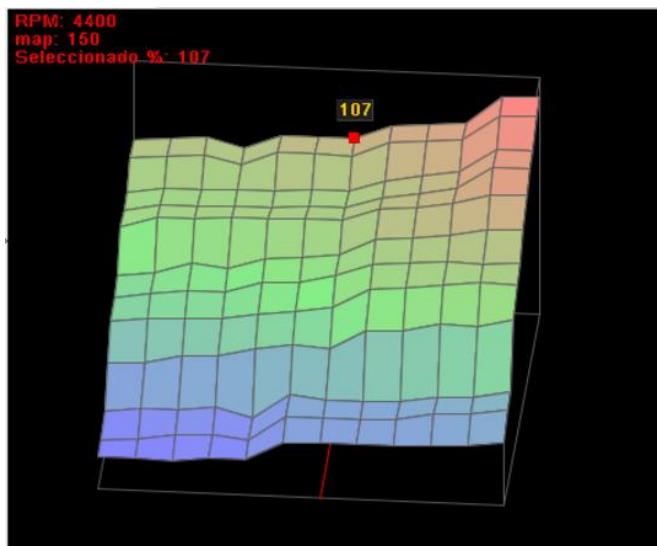


Figura 48 Colores de mapa

### 3.5 Mapa tridimensional de inyección de combustible.

Al momento de realizar la reprogramación en la ECU se encontró con una base de datos conocido como archivo inicial, con el cual se podrá realizar las comparaciones de las próximas reprogramaciones, con el fin de determinar variantes de optimización.

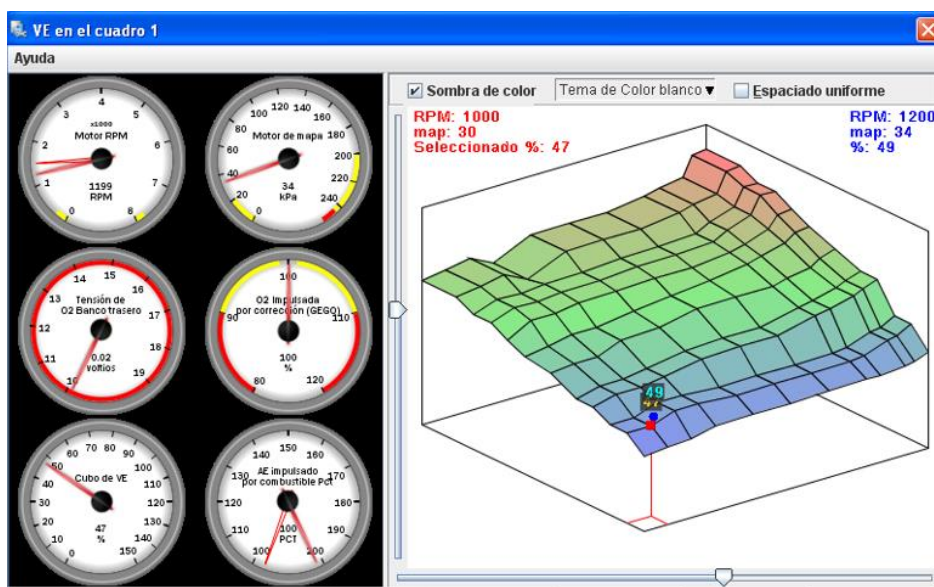


Figura 49 Mapa tridimensional de inyección de combustible

Los valores representados en las cuadrículas son representados en forma porcentual; es decir indica la cantidad de combustible inyectado y es variado según sea la necesidad.

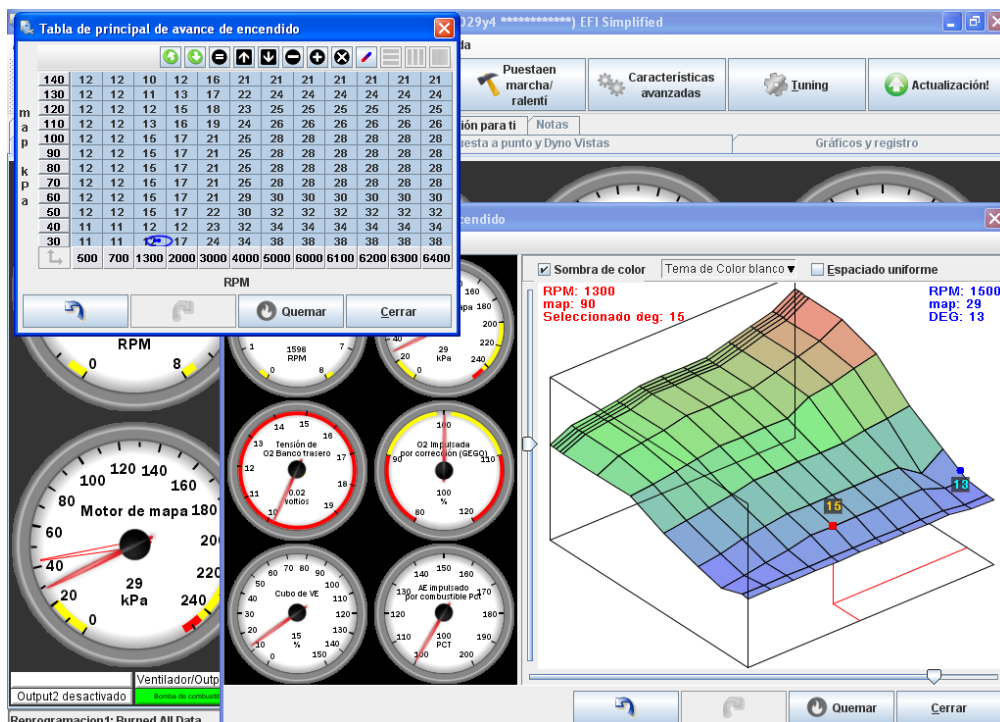
Se determinó en el mapa base la inyección de combustible en la posición ralentí es de 49 % de inyección de combustible; con respecto a dicho valor se podrá realizar una variación de 30%, con el fin de no producir daños en el motor.

El mapa de inyección se encuentra determinado por el número de revoluciones del motor (RPM), depresión del sensor MAP (KPa) y carga de combustible (%).

### **3.6 Mapa tridimensional de avance de encendido**

Con respecto al mapa de encendido de igual manera que el mapa de inyección, los datos bases son los que permiten realizar comparaciones de desempeño.

En el mapa de avance de encendido se encuentra un ángulo menos en revoluciones bajas debido a que el pistón se mueve lentamente y el combustible puede asegurar su quemado en el PMS, por ende entre mayor incremento de RPM será mayor el ángulo de encendido; tomando en cuenta que un avance de encendido puede tomar valores desde 5° en ralentí hasta 35° con el acelerador netamente abierto.



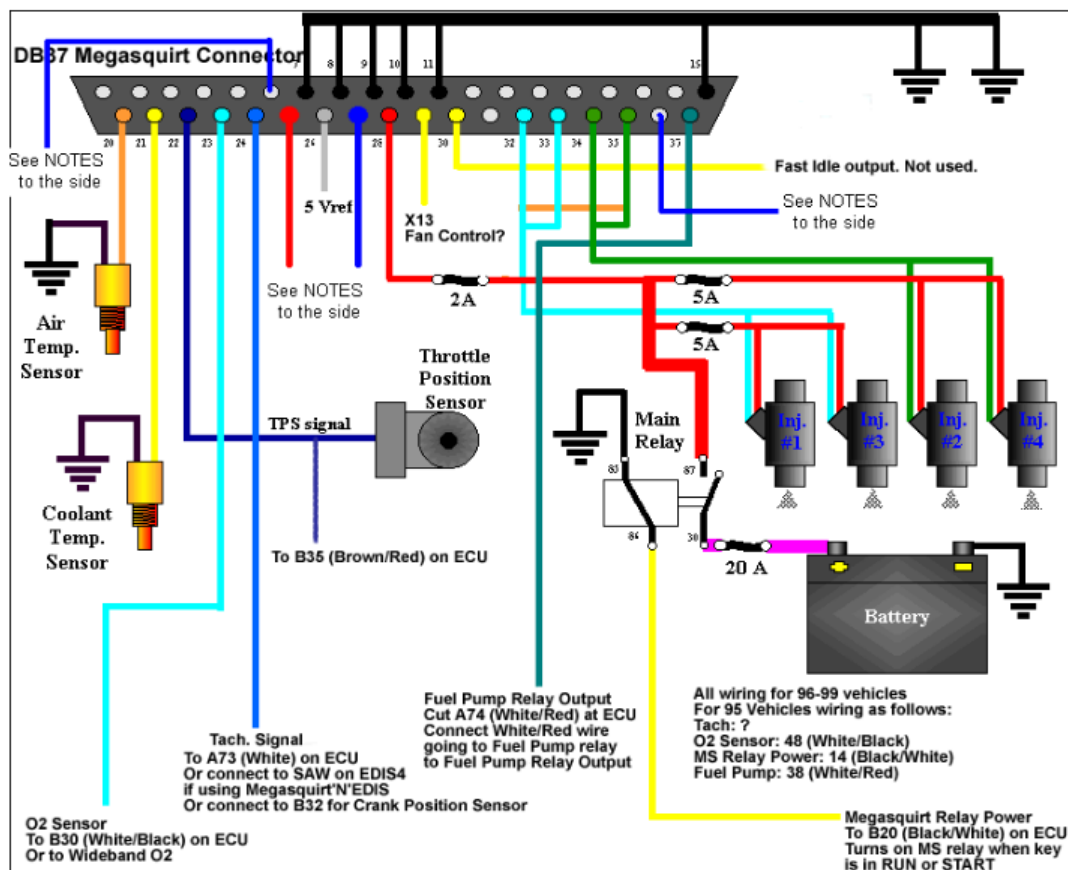
**Figura 50** Mapa y tabla de avance de encendido

El mapa de encendido está determinado por el número de revoluciones (RPM), el grado de encendido ( $^{\circ}$ ) y la depresión que genera en el sensor MAP, se observó que entre mayor se encuentre la depresión del sensor MAP se necesitara menor ángulo de encendido.

### 3.7 Conexión de ECU programable

En el proyecto de tesis se decidió instalar la MegaSquirt en paralelo a la ECU original del vehículo y ECU 206, debido a las siguientes ventajas que presenta este tipo de instalación:

- No suspender la luz MIL y otros indicadores.
- Permite mantener el control del acelerador electrónico mediante la conexión de la ECU Original (ECU 407)
- El vehículo puede funcionar con las dos ECU's de acuerdo a lo que se necesite, por ejemplo trabajaría ECU original con MegaSquirt ó ECU original con ECU 206.



**Figura 51** Diagrama de conexión de MegaSquirt

### 3.4.1 Ubicación de arnés de MegaSquirt

Se representa la conexión del terminal DB37 de la MegaSquirt MS1, que es instalada en paralelo con los sensores (IAT, ECT, TPS, CKP) de la ECU 407.

Esta esquema indicará la ubicación de los cables de manera correcta a continuación se indica la distribución del conector.



Tabla11

## Terminales del conector MegaSquirt

Número de Terminal	Función
7,8,9,10,11	Masa
20	Sensor de temperatura del aire IAT
21	Sensor de temperatura del refrigerante ECT
22	Posición de la mariposa de aceleración TPS
24	Sensor de la posición del cigüeñal
28	Alimentación MegaSquirt (12 V)
32,33	Señal de Inyección (1-3)
34,35	Señal de Inyección (2-4)

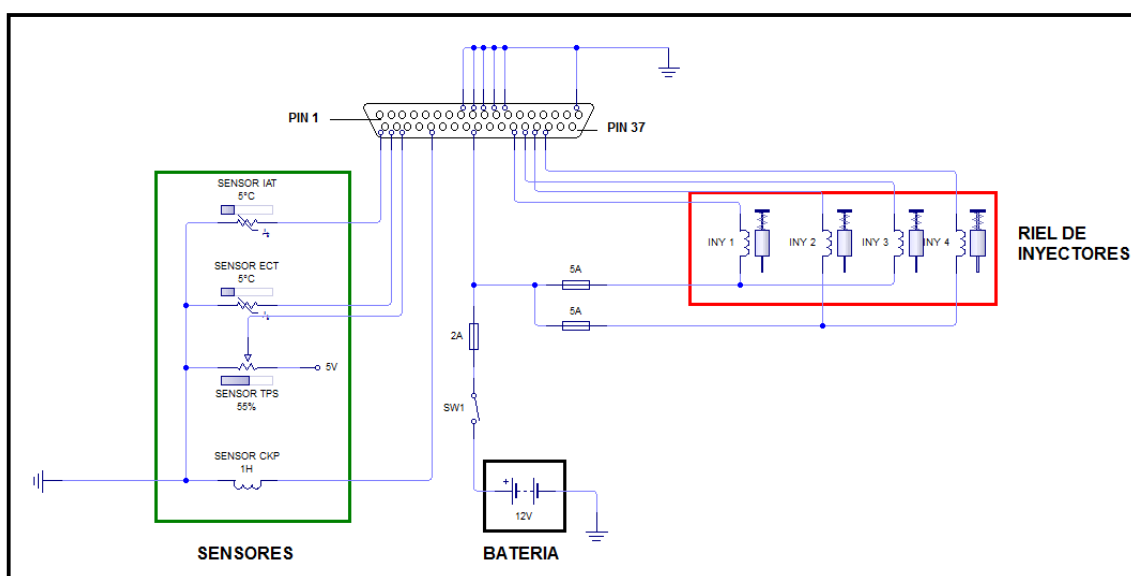


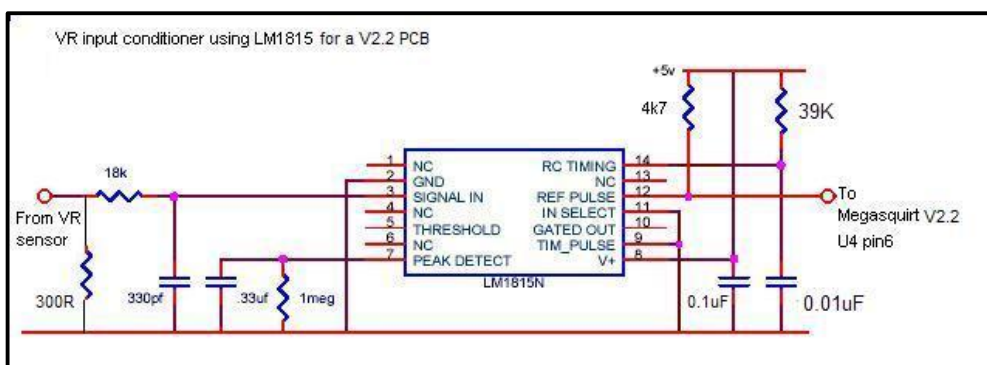
Figura 52 Conexión terminal db37 ms1 extra

## Adecuaciones adicionales

### a. Acondicionamiento del sensor de CKP

El sensor CKP está ubicado para que detecte los dientes en una rueda de fónica. Cuando el borde de un diente (pedazo de metal ferroso) los pasa a alta velocidad y en una proximidad muy cercana (de 0.75 mm a 1.0mm) generan una pequeña señal.

En el caso del CKP del motor Peugeot 407 generó una señal débil, la cual no logró reconocer la ECU programable; por lo que se procede a la implementación del acondicionador.



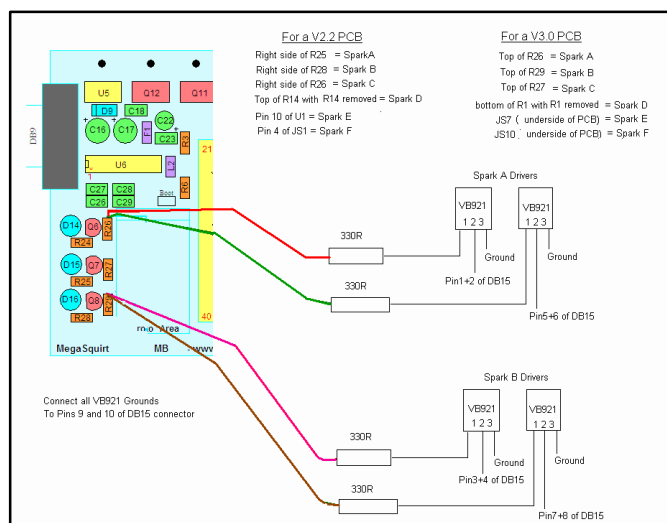
**Figura 53** Circuito de acondicionador de señal  
Fuente (Ringwood, Murray, & Culver, 2014)



**Figura 54** Implementación de circuito

## b. Bobinas de encendido

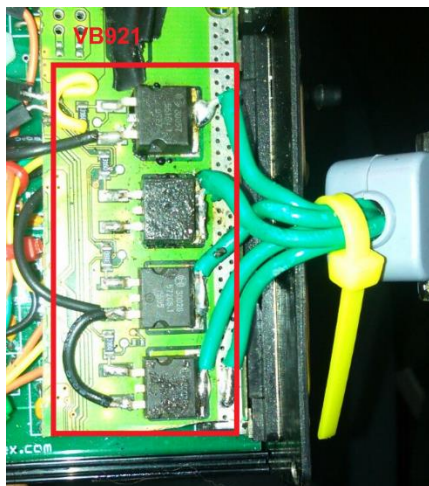
(Ringwood, Murray, & Culver, 2014). Este acondicionador es realizado con el fin de impulsar 2 bobinas de la misma salida de la chispa, por ejemplo, cuando tiene 2 o 3 pines de COP (chispa perdida) y quiere ejecutar chispa desperdiciada, entonces el cableado es muy similar al cableado múltiple, excepto que las resistencias deben ser 660 Ohm en lugar de 330 Ohm. Que van a la Puerta de la VB921, y ahora hay 2 x VB921 por salida de chispa.



**Figura 55** Acondicionador de bobinas COP para V2.2

**Fuente** (Ringwood, Murray, & Culver, 2014)

En el caso de la ECU programable a utilizar, que posee una placa V2.2 donde se implementó un db9 para el ingreso de las bobinas además se utiliza unos transistores VB921 para la distribución de la chispa; en los cuáles solo debe ir conectado una sola bobina.



**Figura 56** Implementación de circuito driver



**Figura 57** Conector DB9

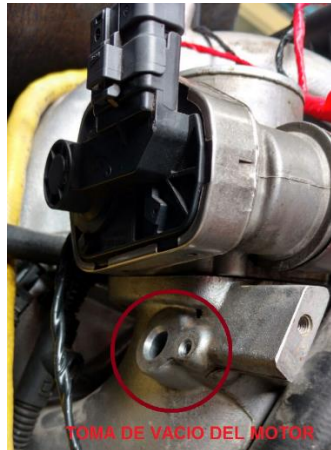
### c. Toma de vacío

MegaSquirt cuenta con un Sensor de Presión Absoluta (MAP) interno de 250 kPa, ya que la programación se realiza en función de la carga del motor y las revoluciones del mismo



**Figura 58** Toma de ingreso del sensor MAP a la ECU

Por esta razón se debe realizar una toma de vacío desde el múltiple de admisión. Es importante que la toma se realice luego de la mariposa de aceleración para que la medición de vacío sea correcta.



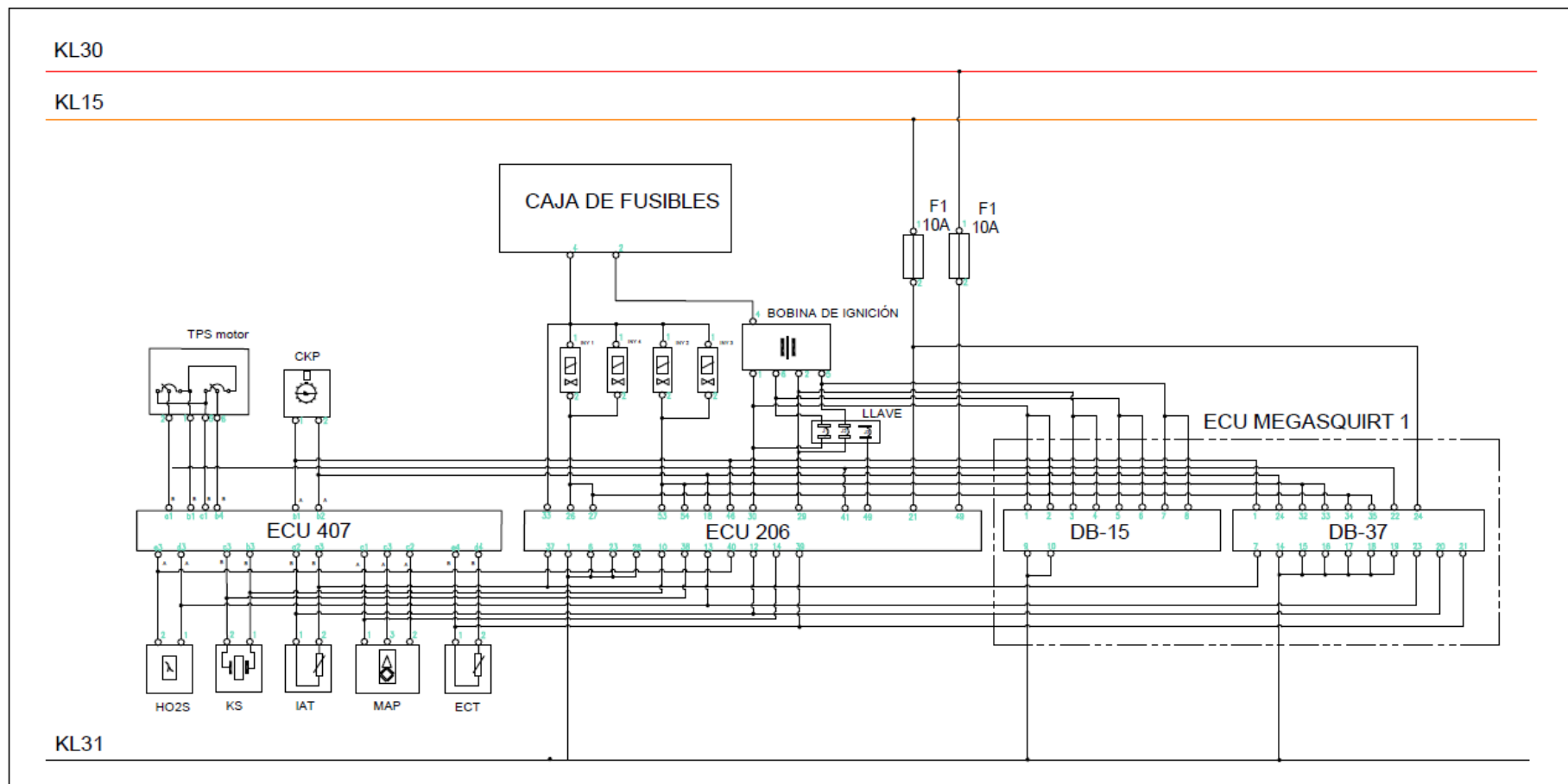
**Figura 59** Salida de vacío del motor

### **3.5 Conexión de control de ECU's**

En el control de funcionamiento de ECU's se ha implementado dos llaves que permiten realizar un corte de corriente.

En la primera se realiza un corte de alimentación a la ECU 206 y permite la desconexión del sensor de temperatura de refrigerante debido a la resistencia provocada, con lo que se obtenía datos erróneos.

Para el manejo de bobinas mediante la ECU 206 se implementó de igual manera una llaves que permita energizarlas cuando se vaya emplear dicha ECU, y la cual corta la señal de las bobinas hacia la ECU programable cuando se encuentra conectada.



**Figura 60** Diagrama de control de ECU's

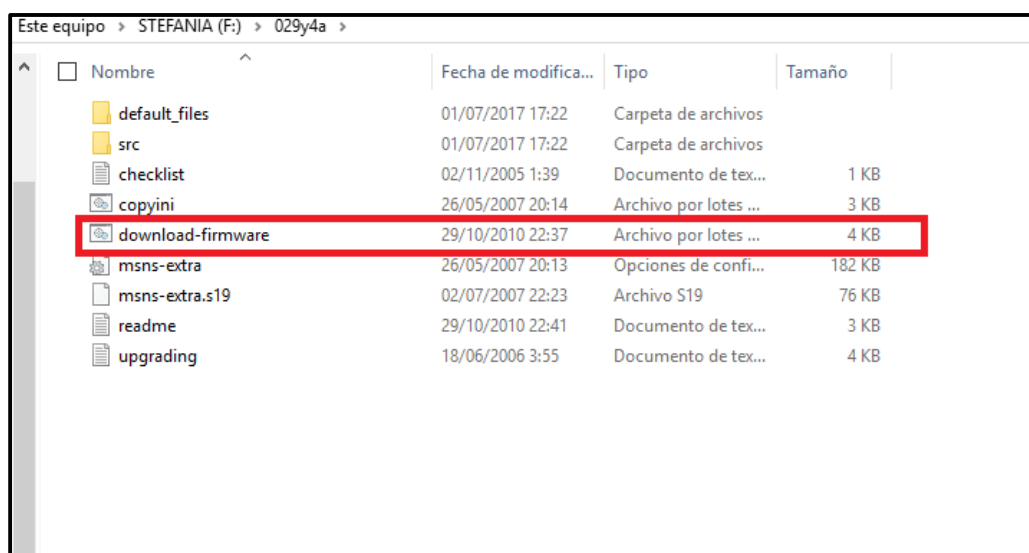
## CAPÍTULO IV

### 4. PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS

#### 4.1 Carga de código para MegaSquirt (MS1)

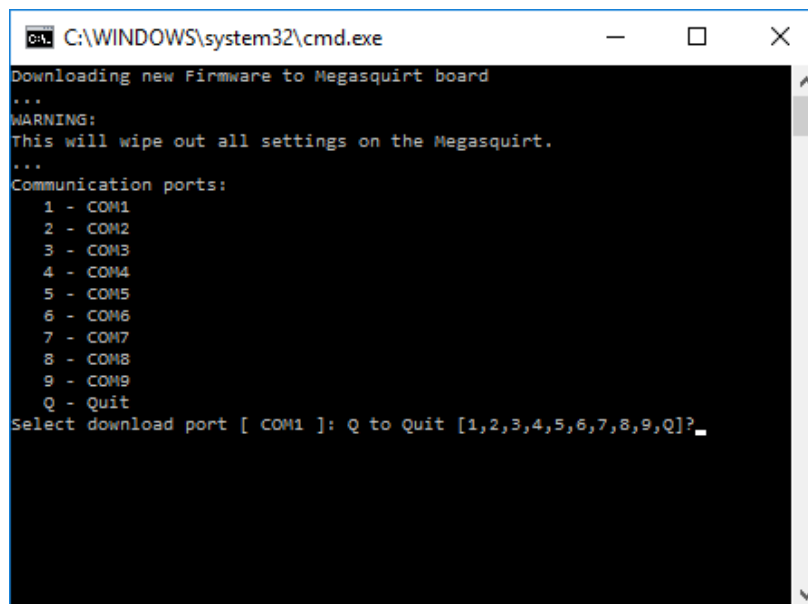
Los procesadores MegaSquirt MS1 vienen con un código ya instalado, este código es el original de B&G, si se quiere utilizar un código MS Extra en un procesador MegaSquirt 1 (MS1), hay que cargarlo en el procesador.

El código MS Extra es posible descargarlo desde la página oficial de MegaSquirt.



**Figura 61** Código MSEXtra

Al momento de seleccionar el archivo de la figura 61, se despliega la pantalla del programa para instalar el código en el procesador, es importante que TunerStudio no se encuentre abierto.



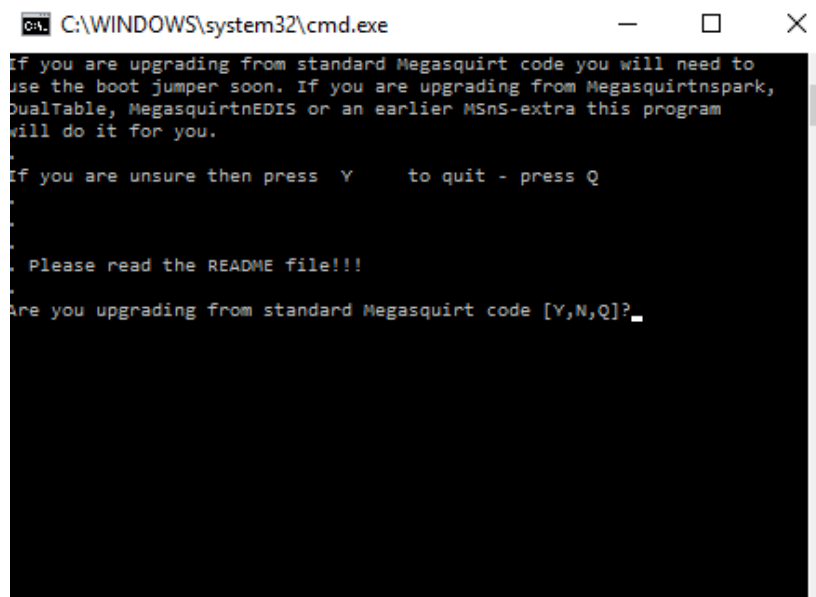
```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Downloading new Firmware to Megasquirt board
...
WARNING:
This will wipe out all settings on the Megasquirt.
...
Communication ports:
 1 - COM1
 2 - COM2
 3 - COM3
 4 - COM4
 5 - COM5
 6 - COM6
 7 - COM7
 8 - COM8
 9 - COM9
 Q - Quit
Select download port [ COM1 ]: Q to Quit [1,2,3,4,5,6,7,8,9,Q]?_

```

**Figura 62** Interfaz del código del procesador

Se ingresa el número de puerto a utilizar por MS en el PC, donde se pregunta si la MS se encuentra con código original B&G, o si ya ha tenido previo ingreso de código.



```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
If you are upgrading from standard Megasquirt code you will need to
use the boot jumper soon. If you are upgrading from Megasquirtspark,
DualTable, MegasquirtEDIS or an earlier MSnS-extra this program
will do it for you.

If you are unsure then press Y to quit - press Q

Please read the README file!!!

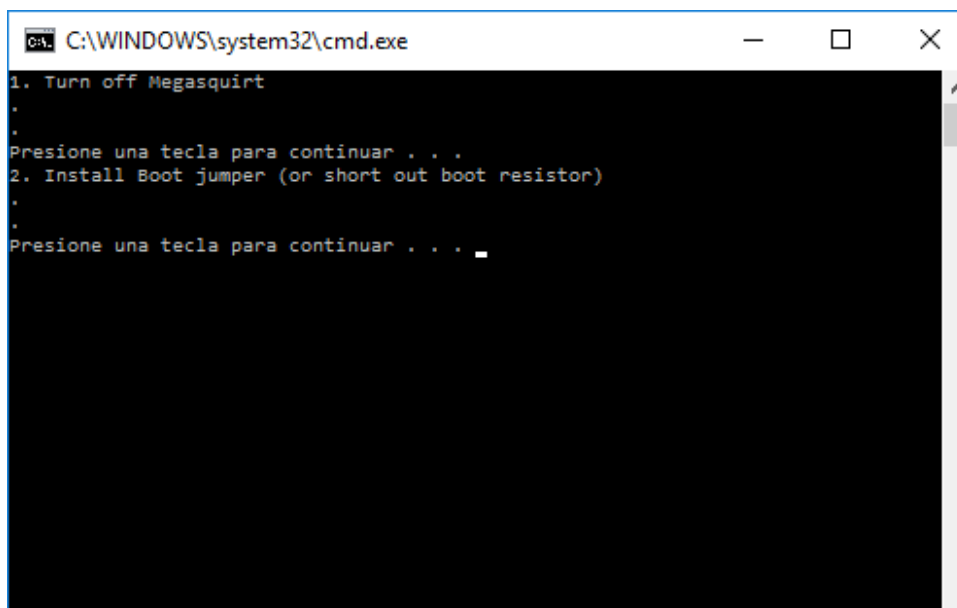
Are you upgrading from standard Megasquirt code [Y,N,Q]?_

```

**Figura 63** Verificación de código

Se selecciona YES o NO, se procede apagar el MS e indica que se debe colocar un puente resistor.





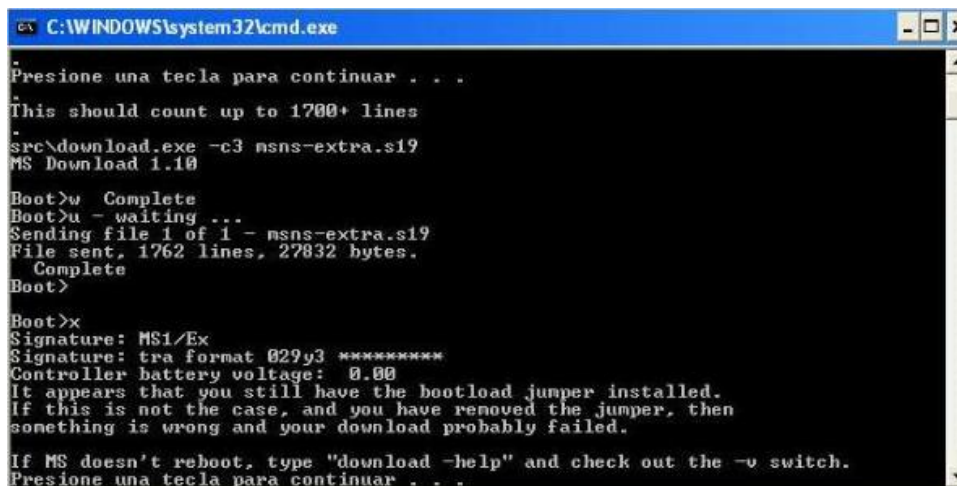
```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
1. Turn off Megasquirt
.
.
Presione una tecla para continuar . . .
2. Install Boot jumper (or short out boot resistor)
.
.
Presione una tecla para continuar . . .

```

**Figura 64** Interfaz de código

Se enciende la MS para poder cargar el nuevo código en el procesador MegaSquirt, grabará más de 1700 líneas, cuando se termine de cargar se mostrara la pantalla siguiente.



```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
.
Presione una tecla para continuar . . .
.
This should count up to 1700+ lines
src\download.exe -c3 msns-extra.s19
MS Download 1.10

Boot>v Complete
Boot>u - waiting . . .
Sending file 1 of 1 - msns-extra.s19
File sent, 1762 lines, 27832 bytes.
. Complete
Boot>

Boot>x
Signature: MS1/Ex
Signature: tra format 029y3 *****
Controller battery voltage: 0.00
It appears that you still have the bootloader jumper installed.
If this is not the case, and you have removed the jumper, then
something is wrong and your download probably failed.

If MS doesn't reboot, type "download -help" and check out the -v switch.
Presione una tecla para continuar . . .

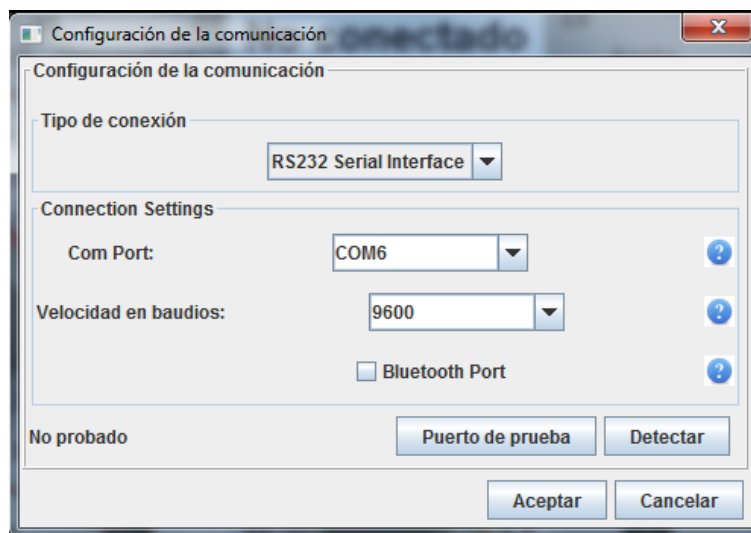
```

**Figura 65** Carga del código

Se carga y ahora se cierra el programa, se apaga MegaSquirt, se quita el puente y queda configurar TunerStudio para el código que se ha cargado.

## 4.2 Comunicación

Para iniciar la programación se debe conectar el cable USB/Serial entre la MS1 y el computador a trabajar, en donde se encuentre instalado TunerStudio.



**Figura 66** Configuración de comunicación

Para lograr la conexión se emplea un cable RS232 el cual estará conectado a un puerto USB que es asignado COM con una velocidad de 9600.

## 4.3 Ajustes disponibles

Los ajustes disponibles en esta lista variarán según el firmware. Compruebe que lo que están configurados coincide con su configuración.

Cuando no está seguro, el valor predeterminado es probable que esté bien.

En el sensor MAP como se indicó previamente en la ECU MegaSquirt viene incluido en nuestro caso es de 450 Kpa, por ende en dicha configuración viene dado datos por default; pero es importante verificar dicha información para que el momento de poner a punto el motor, tenga un desempeño óptimo.

En el caso de tener que realizar un cambio en los ajustes, se debe teclear CTRL+P, donde dirige a la página de configuración.

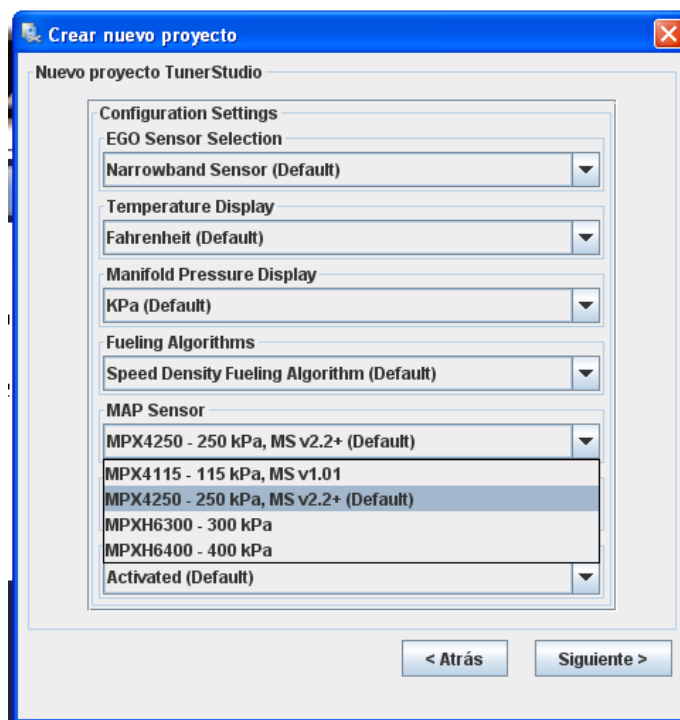


Figura 67 Ajustes disponibles de sensores

#### 4.4 Protocolo de creación del proyecto

##### Tabla Protocolo de creación del proyecto

###### Protocolo de creación del proyecto

###### 1. Abrir el programa, TunerStudio



Figura 68 TunerStudio

Continúa



2. Se selecciona archivo, nuevo proyecto. (Ctrl+N)



Figura 69 Creación de nuevo proyecto

3. Se abre un interfaz, donde se asigna el nombre del archivo, se realiza la comunicación con el ECU y se puede describir el proyecto a realizar

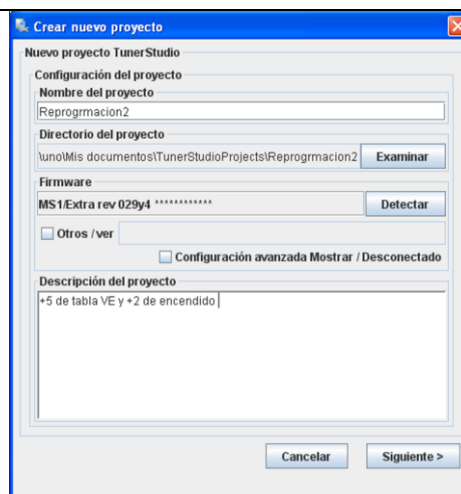


Figura 70 Crear nuevo proyecto

4. Se realiza la configuración de sensores y selección de unidades de medida.

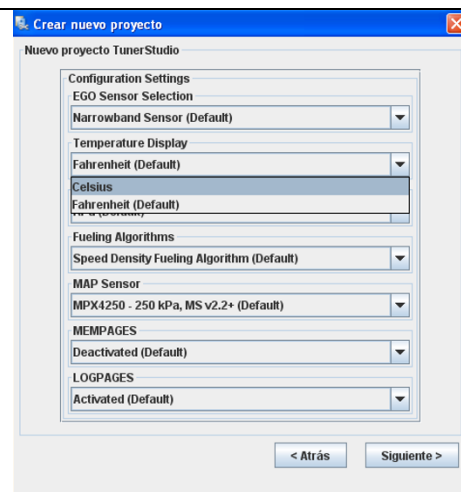


Figura 71 Configuraciones

Continúa



### 5. Selección de panel.

Los cuadros de mandos empacados con TunerStudio aparecerán en el menú desplegable. Seleccione cualquiera que desee probar. Si está usando la versión registrada, esto se puede cambiar más adelante o usted puede agregar tabulaciones adicionales

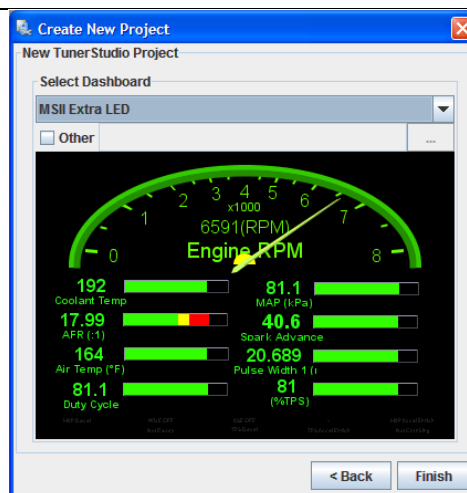


Figura 72 Selección de panel

### 6. Se abre el panel de instrumentos.

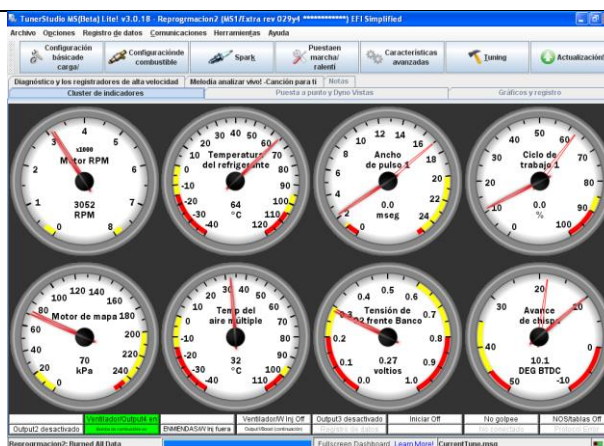


Figura 73 Panel de instrumentos

### 7. Para cargar datos estándar del motor o proyectos antiguos.

-archivo

-load tune (.msq)

En load tune, existe archivos tipo .msq lo cuales fueron creados en MegaSquirt.

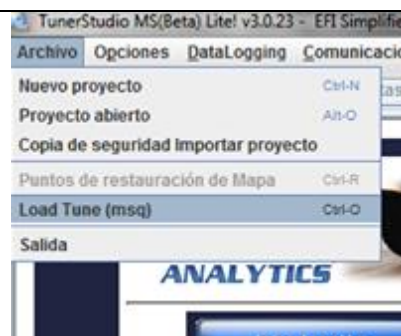


Figura 74 Load tune

Continúa



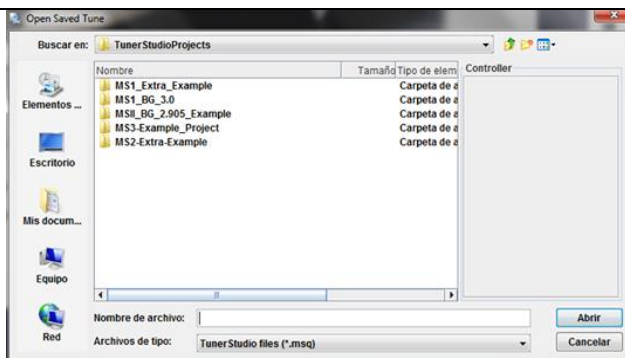


Figura 75 Archivos tipo .msq

8. Se realiza los seteos básicos para encender el motor.

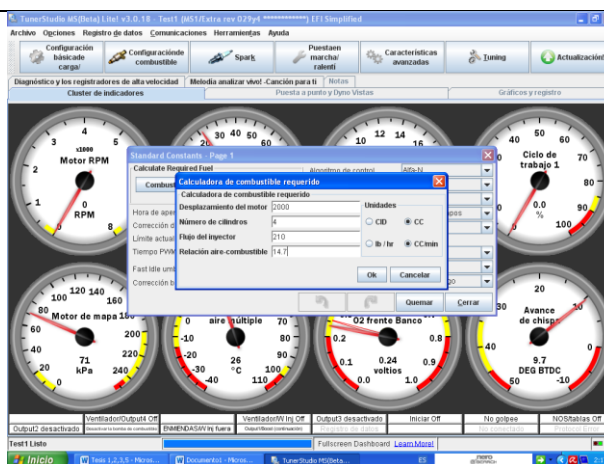


Figura 76 Seteos básicos

#### 4.5 Combustible requerido.

Previo al arranque inicial del motor con la ECU Programable se debe realizar el ajuste de las distintas constantes básicas como son: requerimiento de combustible.

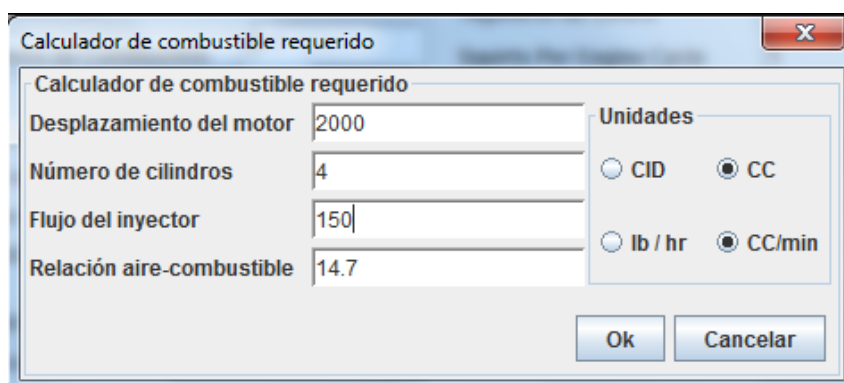


Figura 77 Requerimiento de combustible

Para el requerimiento de combustible es necesario tener información sobre el flujo que posee el inyector de nuestro motor.

Para ello manifiesta [Ilich corp., 2015] que: los inyectores con una capacidad de flujo demasiado grande serán más difíciles de ajustar con el motor al ralentí y en marcha de crucero y los inyectores con pequeña capacidad de flujo pueden matar de hambre el motor a plena potencia y dañar gravemente el motor. Para determinar el tamaño de su inyector debe multiplicar potencia estimada (HP) de su motor por el consumo de freno específico de combustible (BSFC)\* y se dividen por el número de inyectores y el ciclo de trabajo que desee y obtendrá una estimación aproximada de tamaño de inyector.

$$\text{Flujo de inyector} = \frac{HP * BSFC}{n^{\circ} \text{ de inyectores} * \text{duty cycle}}$$

#### **Ecuación 1** Flujo del inyector

Donde:

HP= potencia estimada del motor

[Ilich corp., 2015]. “BSFC= es la cantidad de combustible que el motor utiliza para hacer un caballo de fuerza durante una hora. Por lo general, entre 0,42 y 0,58 con el acelerador totalmente abierto”.

Duty cycle= ciclo de trabajo.

$$\text{Flujo de inyector} = \frac{136 \text{ HP} * 0,45 \frac{\text{lb}}{\text{hrHp}}}{4 * .80}$$

$$\text{Flujo de inyector} = 19,125 \frac{\text{lb}}{\text{h}}$$

En este caso se utiliza inyectores con flujo nominal de 22 lb/h.

Para la selección de caudal de inyectores mediante la potencia nominal del motor, se utiliza la tabla 12:

**Tabla 12**  
**Valoración de inyectores**

Valoración de inyectores en libras/hr y (cc/min)						
Caballo de fuerza	Número de inyectores					
	1	2	4	5	6	8
<b>100</b>	<b>59(620)</b>	<b>29(305)</b>	<b>15(158)</b>	<b>12(126)</b>	<b>10(105)</b>	-
<b>150</b>	<b>88(924)</b>	<b>44(462)</b>	<b>22(231)</b>	<b>18(189)</b>	<b>15(158)</b>	<b>11(116)</b>
<b>200</b>	-	<b>59(620)</b>	<b>29(305)</b>	<b>24(252)</b>	<b>20(210)</b>	<b>15(158)</b>
<b>250</b>	-	<b>74(777)</b>	<b>37(389)</b>	<b>29(305)</b>	<b>25(263)</b>	<b>18(189)</b>
<b>300</b>	-	<b>88(924)</b>	<b>44(462)</b>	<b>35(368)</b>	<b>29(305)</b>	<b>22(231)</b>
<b>350</b>	-	-	<b>51(534)</b>	<b>41(431)</b>	<b>34(357)</b>	<b>26(273)</b>
<b>400</b>	-	-	<b>59(620)</b>	<b>47(494)</b>	<b>39(410)</b>	<b>29(305)</b>
<b>450</b>	-	-	<b>66(693)</b>	<b>53(557)</b>	<b>44(462)</b>	<b>33(347)</b>
<b>500</b>	-	-	<b>74(777)</b>	<b>59(620)</b>	<b>49(515)</b>	<b>37(389)</b>
<b>550</b>	-	-	<b>81(851)</b>	<b>65(683)</b>	<b>54(567)</b>	<b>40(420)</b>
<b>600</b>	-	-	<b>88(924)</b>	<b>71(746)</b>	<b>59(620)</b>	<b>44(462)</b>

sobre la base de 0,50 BSFC y el 85% ciclo de trabajo  
Turbo/ motores sobrealimentados que añadir un 10% el tamaño de lista mínima de inyección  
-no posee valores de caudal de inyectores.

#### 4.6 Características del inyector

(Cerde, 2013). Los inyectores operan a través de una fuente de alimentación de +12V, alimentando un solenoide: la bobina del inyector. Ésta abre una válvula en el extremo del inyector. En la mayoría de las ECU (y de todas las MegaSquirt) la apertura y cierre del inyector se produce conmutando la masa del inyector. Es decir, la fuente de +12V está siempre conectada al inyector, mientras que el motor esté encendido, y la ECU controla la apertura del inyector proporcionando un camino de masa para los +12V fijos en el mismo a través del solenoide.



Las características del inyector que emplea el motor dependen de la impedancia del mismo, como se puede observar en la figura inferior indica que el motor Peugeot 407 posee inyectores de alta impedancia es decir de 16,4 Ohms.



**Figura 78** Impedancia de inyector

Hora de apertura del inyector(MS)	1.0	▲▼
Corrección de voltaje de batería(MSN)	0.20	▲▼
Límite actual de PWM(%)	75	▲▼
Tiempo PWM(MS)	25.5	▲▼
Fast Idle umbral (°C)(C)	89.9	▲▼
Corrección barométrica	Apagado	▼

**Figura 79** Características del inyector

**a. Hora de apertura del inyector**

(Filice D., 2013). “Configura el tiempo mínimo que tarda en actuar el inyector, todos los inyectores tienen un tiempo mínimo en el cual al estar energizados comienzan a abrir. Generalmente está en el orden de 1 ms”.

**b. Corrección de voltaje de batería**

Indica (Filice, 2013) que: “Se utiliza una corrección en la apertura del inyector según la tensión de la batería. Se recomienda no cambiar el valor fuera de los 0.2 salvo casos particulares”.

#### **c. Límite de actual de PWM**

(Filice, 2013) . Permite configurar inyectores de baja impedancia (de 1 a 5 Ohms) o de alta impedancia (de 10 a 15 Ohms). En este caso está configurado un valor de 100% lo cual es únicamente para alta impedancia. En el caso de utilizar inyectores de baja impedancia, se debe configurar este valor en 75 e ir disminuyéndolo, comprobando el correcto funcionamiento del motor.

### **4.7 Establecimiento de criterios de modulación de anchura de pulso**

Según (Ringwood, Murray, & Culver, 2014) que: Para ajustar los valores de PWM [modulación de anchura de pulso] para su motor, necesita saber qué tipo de inyectores tiene: baja impedancia o alta impedancia.

- Si está ejecutando inyectores de alta impedancia (mayores de 10 Ohmios), ajuste la:
  - PWM a 25,4 ms.
  - Límite de corriente PWM (%) a 100%.

En esencia, está desactivando el modo PWM. Esto permite un voltaje total a los inyectores a lo largo de los anchos de pulso.

- Para inyectores de baja impedancia (menos de 3 ohmios), es necesario limitar la corriente para evitar sobrecalentar los inyectores. Para hacer esto, hay un período de tiempo que se aplica plena tensión de la batería [pico] de corriente, a continuación, cambiar a una baja actual de promediado [mantener] la corriente, es decir, pico y mantener. Alternativamente, puede agregar resistencias en serie con los inyectores.

## 4.8 Control del inyector

Algoritmo de control	Alfa-N	▼
<b>Squirts Per Engine Cycle</b>	4	▼
Puesta en escena del inyector	Alternando	▼
Traza de motor	Cuatro tiempos	▼
Número de cilindros	4	▼
Número de inyectores	4	▼
Tipo de mapa	250 kPa	▼
Tipo de motor	Incluso fuego	▼

**Figura 80** Control de inyector

### 4.8.1 Algoritmo de control

Existen dos modos de funcionamiento de inyección como son Alfa-N y Densidad de Velocidad.

Al hablar de Alfa- N es un modo de funcionamiento que depende del sensor TPS. Es recomendable utilizar este modo cuando el motor no presente un vacío estable.

En el caso de Densidad de Velocidad se rige mediante el funcionamiento del sensor MAP, este es empleado cuando el motor no posee un cruce de levas alto; es importante también la utilización del mismo cuando el motor posee turbo.

### 4.8.2 Disparo de inyección por ciclos

Especifica la cantidad de disparos del inyector en un ciclo. Cuanto mayor sea la cantidad de disparos, beneficia la homogeneidad del combustible en la admisión. Pudiendo de este modo reducir el consumo de combustible.

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

**Figura 81** Número de disparos por cilindro

**Fuente** (Ringwood, Murray, & Culver, 2014)

#### 4.8.3 Tipo de mapa

Debe establecerse en el tipo de 250KPa incluso si tiene un sensor de 300KPa o 400KPa, a menos que tenga una PCB V1 más antigua que podría tener un sensor de 110KPa.

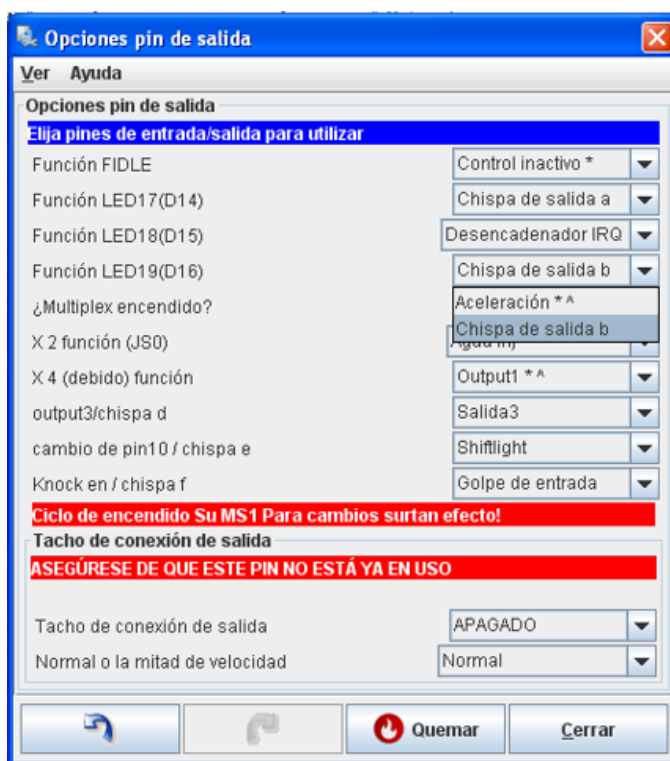
En el caso de la MS1 a emplear en el desarrollo del proyecto se emplea un sensor de 250 KPa.

#### 4.8.4 Tipo de motor

(Ringwood, Murray, & Culver, 2014). En tipo de motor existe dos modos que son: fuego impar o incluso fuego. El fuego impar o incluso el fuego no se refiere al orden de disparo, sino más bien al intervalo entre disparos sucesivos.

Así que si usted tiene un cilindro de 4, y una chispa cada 180 grados, usted tiene un fuego uniforme. Casi todos los motores de 4 cilindros son incluso fuego. Sin embargo, algunos V6s de 90 grados, algunos V4 y la mayoría de los V-Twins (generalmente motores de motocicletas), así como algunos otros, tienen arreglos de "extraño fuego".

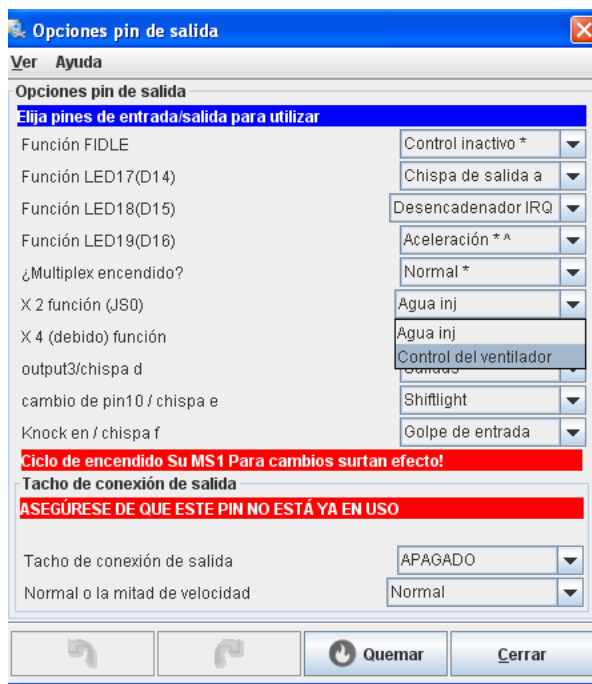
## 4.9 Configuraciones de pines de salida



**Figura 82** Configuraciones de pines de salida

La configuración de pines de salida permite asignar distintos controles, entre ellos el control de bobinas mediante los leds que posee la MegaSquirt.

También permite asignar una la salida para el control del ventilador, con el cual el usuario realizará las programaciones de activación y desactivación del mismo.

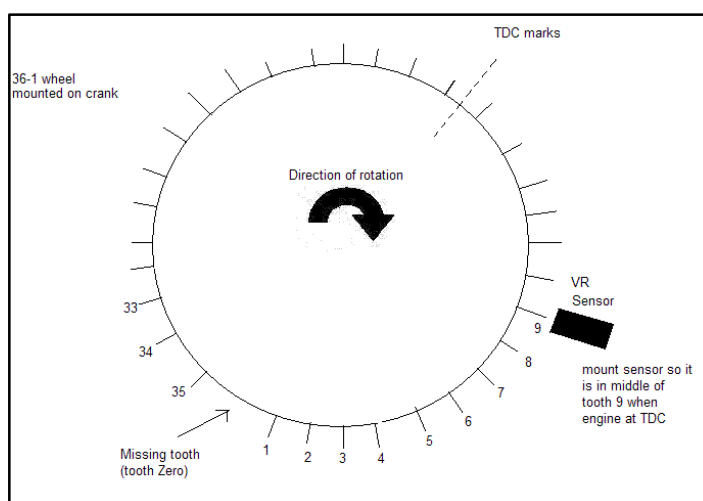


**Figura 83** Control de ventilador

#### 4.10 Opción de encendido

Previo a dicha configuración se debe conocer cuántos dientes posee la rueda fónica del cigüeñal incluido los perdidos, en el caso de Peugeot 407 posee una rueda con un total de 60 diente y 2 dientes perdidos.

Mediante la utilización de una hoja Excel **ANEXO B** se calcula la posición de disparo, para lo cual también se debe conocer el número de dientes alineado con el sensor CKP en el PMS.



**Figura 84** Ubicación de CKP

Con dichos datos se procede a realizar la configuración de la rueda fónica.

**Tabla 13**  
**Configuración de rueda fónica**

Descripción	Valor
Número de dientes por manivela	60
Número de dientes perdidos	2
Número de cilindros	4
Número del diente alineado con el sensor en el PMS	20
Ángulo de manivela cuando hace falta el diente en el sensor	120
Trig Pos A	10
Trig Pos Retorno A	18
Trig Pos B	40
Trig Pos Retorno B	48

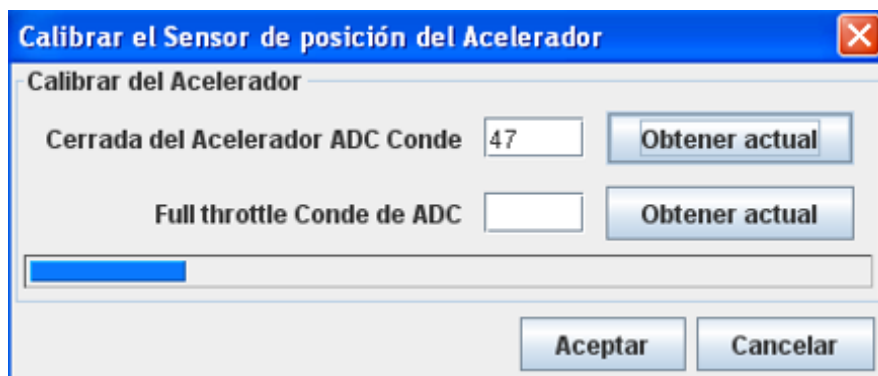
#### 4.11 Calibración de TPS

Mediante la calibración de TPS, se realizó modificaciones en el motor como el corte de combustible, debido a que se necesita la posición del acelerador para realizar dicha operación, entre un uso importante es un modo de inundación claro, es el que permite detener la inyección de combustible en el arranque siempre y cuando el TPS se encuentre en su posición máxima.



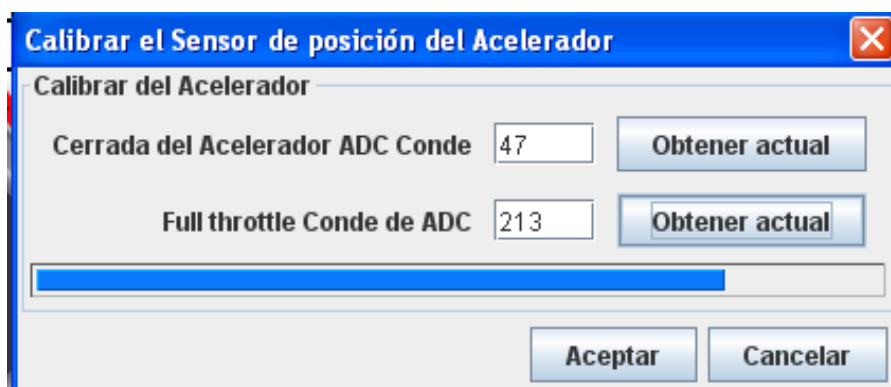
**Figura 85** Calibración de TPS

Se obtiene la posición mínima del TPS, siempre un cuando el pedal no se encuentre accionado, el programa interpreta como motor fuera de funcionamiento.



**Figura 86** Valor mínimo de TPS

Cuando el acelerador es accionado hasta su límite, es el valor máximo que tomara de la posición del TPS



**Figura 87** Valor máximo de TPS

#### 4.12 Modo de inundación claro

(Ringwood, Murray, & Culver, 2014): En este modo se puede establecer en "Más cosas de arranque" a veces es posible que desee detener temporalmente a los inyectores de inyectar combustible durante el arranque para limpiar un motor inundado. Esto se logra manteniendo presionado el pedal del acelerador durante el arranque. El MegaSquirt necesita saber en qué punto de la deflexión del pedal de aceleración debe apagar los inyectores y un buen punto de partida sería justo antes de pavimentado.



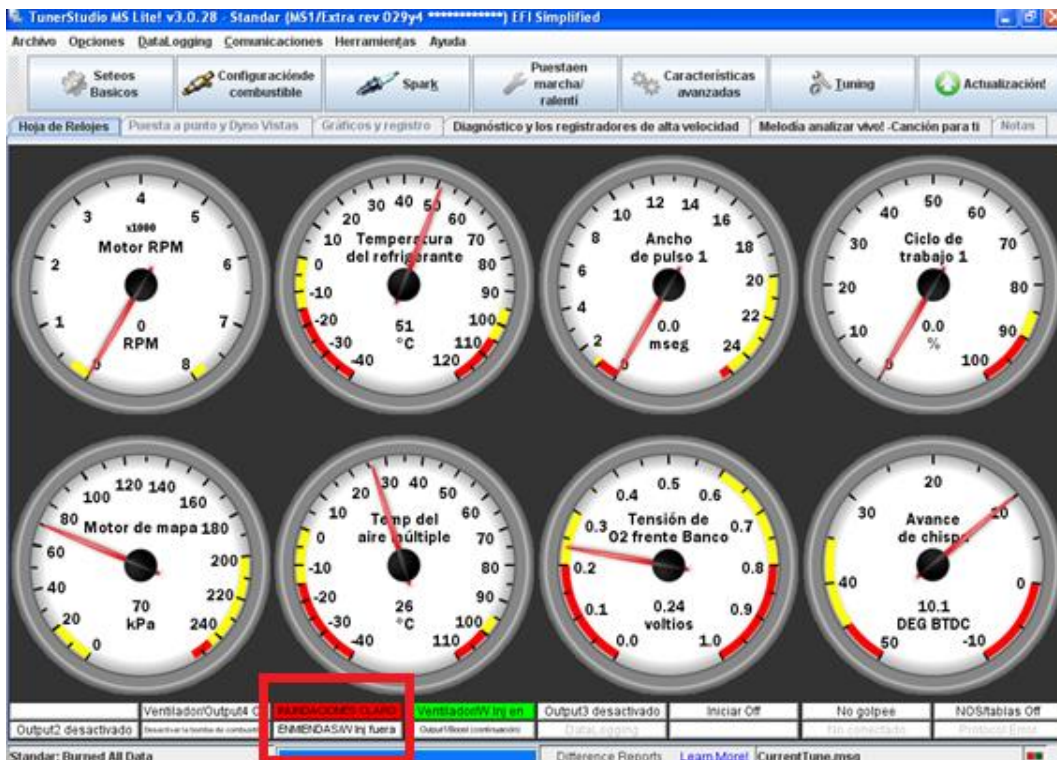
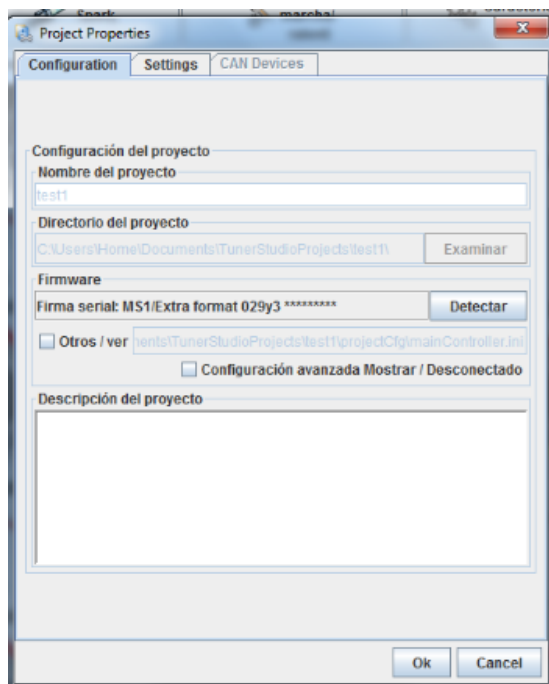


Figura 88 Alerta de inundación claro

### 4.13 Configuración standard

Para la realizar la configuración estándar es necesario la ficha técnica del motor y conocer los puntos de disparo de la señal del sensor CKP.

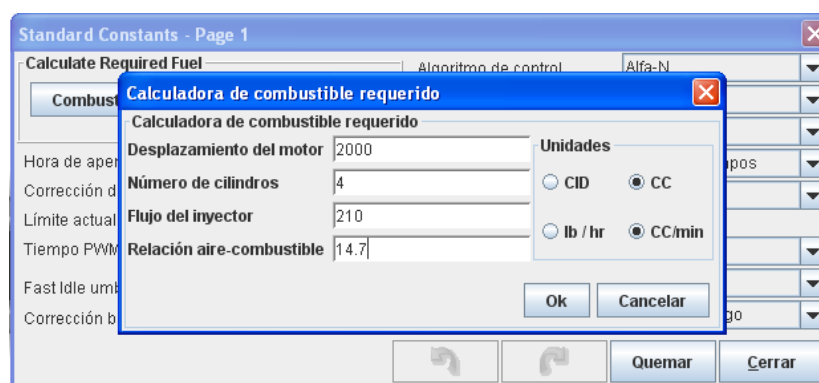
Para crear un perfil nuevo en TunerStudio, es necesario que la ECU programable se encuentre con datos bases.



**Figura 89** Interfaz de creación de proyecto

Al momento de crear el nuevo perfil por primera vez en la ECU MS1 los datos que se genera son datos bases desde donde es el punto de inicio para las diferentes programaciones.

Previo al primer arranque del motor se debe setear las constantes bases del mismo.

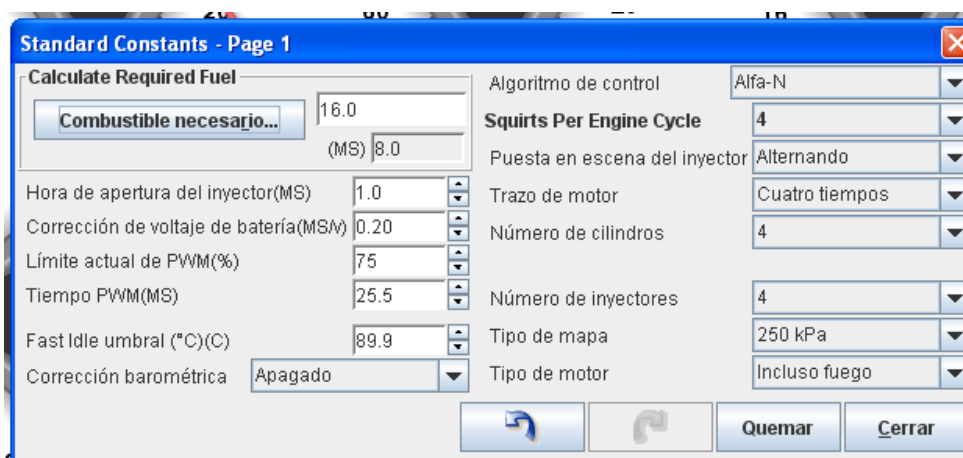


**Figura 90** Configuración de datos del motor

El motor Peugeot 407 tiene cilindrada de 2000 CC. La relación estequiometría es de 14,7.

En la configuración de inyectores se tomará en cuenta que se emplea inyectores de alta impedancia por ende se configura con los siguientes parámetros:

- Tiempo de Apertura: 1ms
- Corrección de Voltaje: 0.20 ms/v
- Límite actual: se va incrementando desde 75% a 100 % por la utilización de inyectores de alta impedancia.
- Tiempo de PWM: 25.5 ms



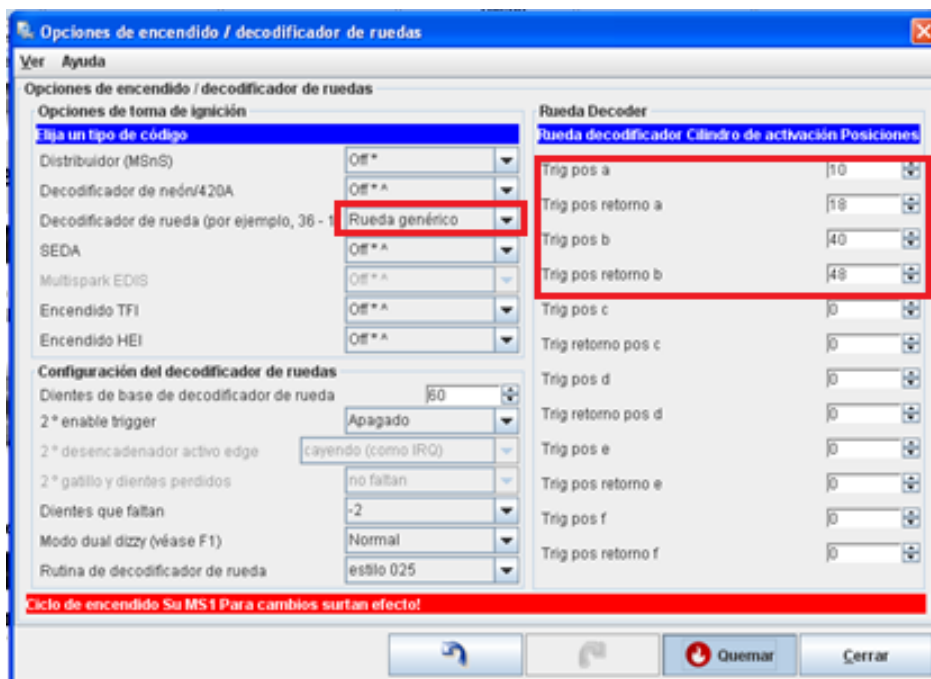
**Figura 91** Configuración de inyectores

El método de algoritmo de control a emplear es de Alfa- N debido a que el motor no posee un vacío estable.

En el caso de número de inyección por ciclo se emplea de 4 a 2 según la Figura 91; el funcionamiento del motor en forma alternada o simultanea según desee el usuario.

En tipo de mapa se emplea una presión de 450 KPa debido a que el sensor MAP que posee nuestra MS1 es limitado por dicho valor.

En las configuraciones de encendido, se asigna rueda fónica, debido a que el motor emplea un sensor de efecto hall.



**Figura 92** Configuración de encendido

El cálculo de la posición de disparo es calculado con el ANEXO B.

### Configuración de disparo

- Número de dientes de la rueda: 60
- Dientes perdidos: 2
- Posición de disparo en A: 10
- Posición de disparo de retorno en A: 18
- Posición de disparo en B: 40
- Posición de disparo de retorno en B: 48

Concluidas las configuraciones bases se procede encender el motor.

El mapa base de inyección de combustible y avance al encendido es el punto de partida de las siguientes reprogramaciones.

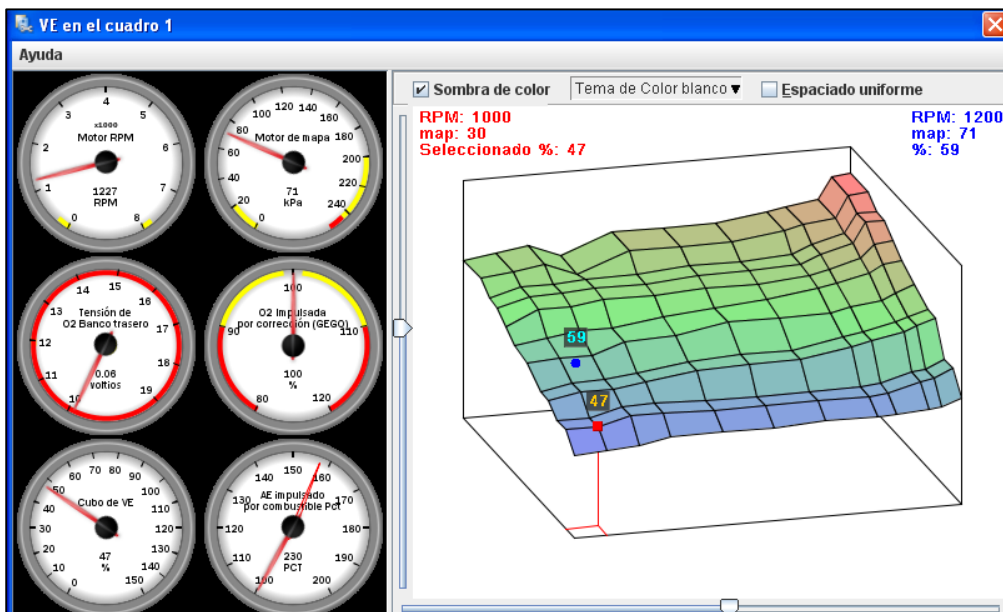


Figura 93 Mapa tridimensional de inyección

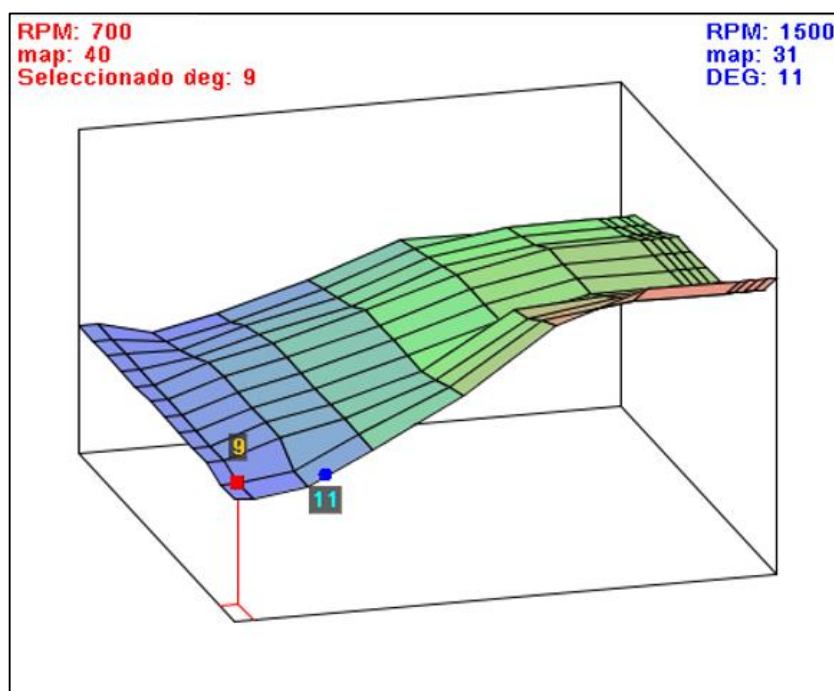
El mapa tridimensional de inyección estándar permite verificar el funcionamiento del motor, en el cual se observa una ligereza en el aumento de inyección de combustible; donde se analiza que no existen altibajos en las diferentes celdas del mapa.

Con la ayuda de la tabla de inyección, donde se puede realizar distintas operaciones ya sea de incremento o disminución del porcentaje de combustible; dichas operaciones pueden ser afectadas a una celda en específico o celdas en conjunto. Los mapas se rigen a tres parámetros que son: RPM, señal del sensor MAP y la carga de combustible (porcentaje).

	500	1000	1500	2000	2800	3600	4400	5200	5500	6000	6200	6500
150	75	77	79	73	82	82	82	85	87	89	99	100
130	75	77	79	73	82	82	82	85	87	89	99	100
120	70	74	74	75	75	77	77	78	82	86	95	95
110	70	74	74	75	75	77	77	78	82	86	95	95
100	65	72	72	74	74	75	75	77	79	83	89	90
90	61	63	65	65	68	70	72	75	77	80	84	85
75	58	60	60	65	66	70	70	70	72	74	77	80
60	52	55	55	57	60	61	61	65	67	70	72	75
50	52	55	55	57	60	61	61	65	67	70	72	75
40	47	47	51	51	50	50	50	50	51	55	56	60
30	47	47	51	51	50	50	50	50	51	55	56	60
20	39	40	41	44	44	44	45	45	45	46	47	50

Figura 94 Tabla de inyección de combustible

El mapa tridimensional de avance de encendido, se puede visualizar que en la zona de ralentí se necesita un ángulo menor para que el motor se encuentre estable, mientras que al momento de incrementar las revoluciones por minuto del motor necesita un ángulo de avance de encendido mayor para lograr una combustión completa.



**Figura 95** Mapa tridimensional de avance de encendido

#### 4.14 Primera reprogramación

##### 4.14.1 Mapa de avance de encendido

Se decidió aumentar un grado de avance, debido a que las bujías se encuentran quemadas; con el fin de evitar la aparición de detonación.

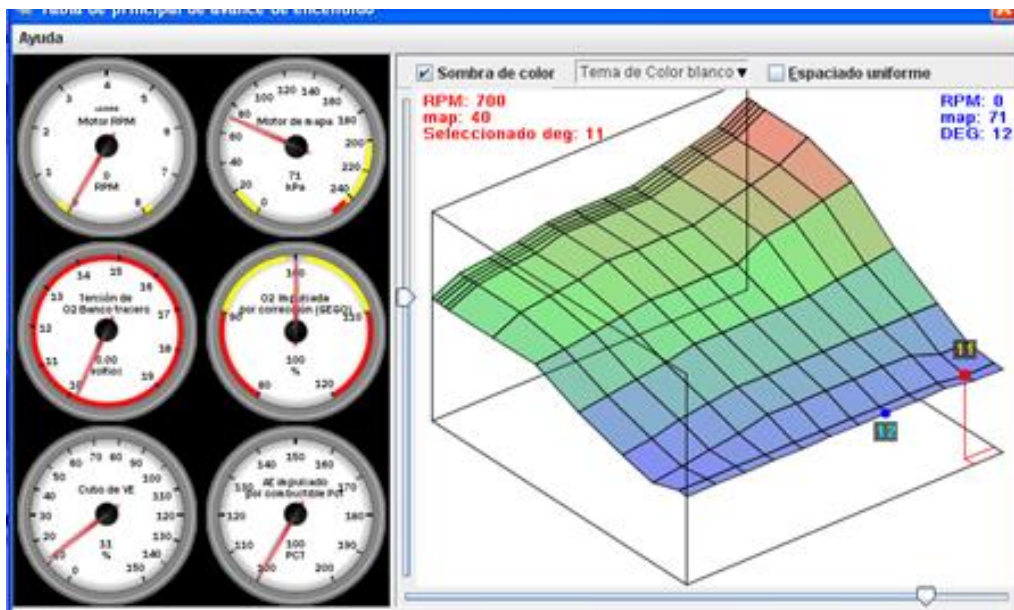


Figura 96 Mapa de avance de encendido, primera reprogramación

#### 4.14.2 Mapa de inyección de combustible

En la tabla de valores de mapa de inyección se realiza una disminución de 15% del valor de inyección de combustible, debido a la generación de humo negro en el escape y gran consumo de combustible.

VE en el cuadro 1

Ver Herramientas

	150	75	77	79	73	82	82	82	85	87	89	99	100		
	130	75	77	79	73	82	82	82	85	87	89	99	100		
m	120	70	74	74	75	75	77	77	78	82	86	95	95		
a	110	70	74	74	75	75	77	77	78	82	86	95	95		
p	100	65	72	72	74	74	75	75	77	79	83	89	90		
k	90	61	63	65	65	68	70	72	75	77	80	84	85		
p	75	59	60	60	65	66	70	70	70	72	74	77	80		
a	60	52	55	55	57	60	61	61	65	67	70	72	75		
	50	52	55	55	57	60	61	61	65	67	70	72	75		
	40	47	47	51	51	50	50	50	50	51	55	56	60		
	30	47	47	51	51	50	50	50	50	51	55	56	60		
	20	39	40	41	44	44	44	45	45	45	46	47	50		
		500	1000	1500	2000	2800	3600	4400	5200	5500	6000	6200	6500		
		RPM													
														Quemar	Cerrar

Figura 97 Tabla modificada VE

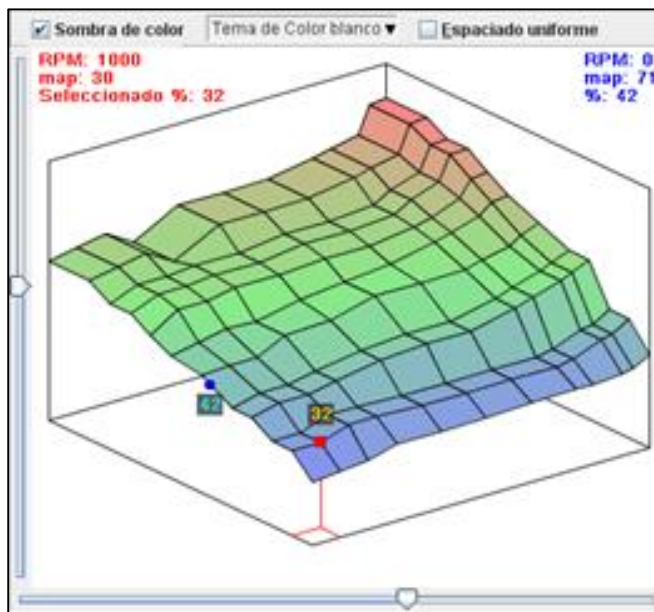


Figura 98 Mapa tridimensional de VE primera reprogramación

#### 4.15 Segunda reprogramación

##### 4.15.1 Mapa de avance del encendido

En esta reprogramación se tomaron valores de acuerdo al mapa base, por lo que se incrementó 2 grados de adelanto al encendido, para obtener una combustión completa, y con el fin de evitar contra explosiones.

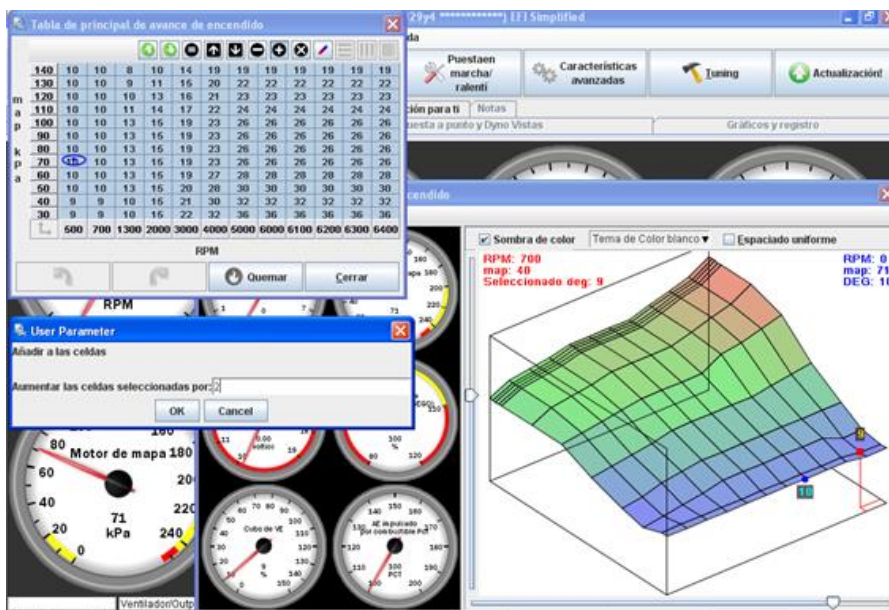


Figura 99 Modificación de mapa de avance de encendido



### 4.15.2 Mapa de inyección de combustible

En la modificación del mapa de inyección se varió directamente los parámetros, tomando como referencia el mapa anterior, en el cual se modificó con una disminución total del 25% de inyección de combustible.

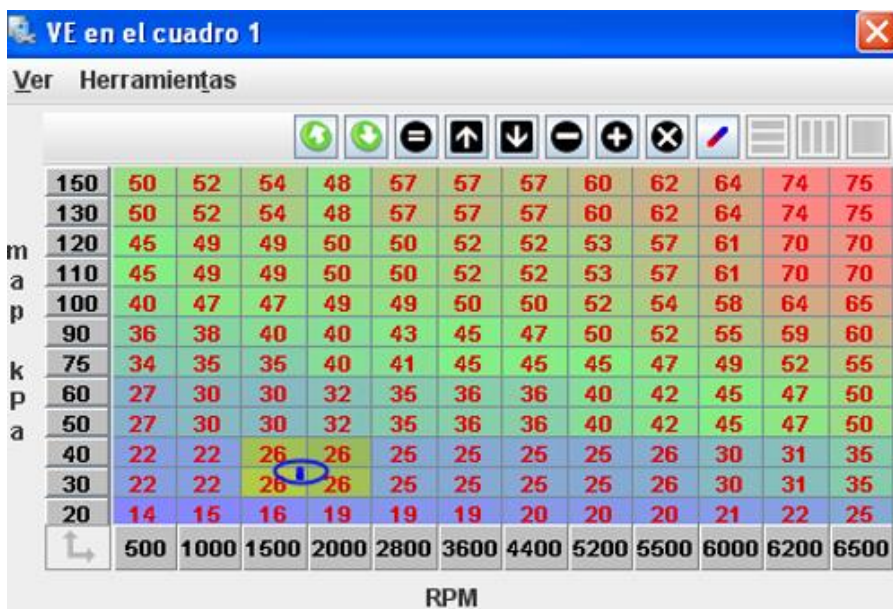


Figura 100 Tabla de inyección de combustible

El motor requiere de mayor combustible para un perfecto desarrollo del mismo, por cual se deja en claro que al momento de realizar cambios en los diferentes parámetros se debe tomar un valor de tolerancia que puede soportar el motor.

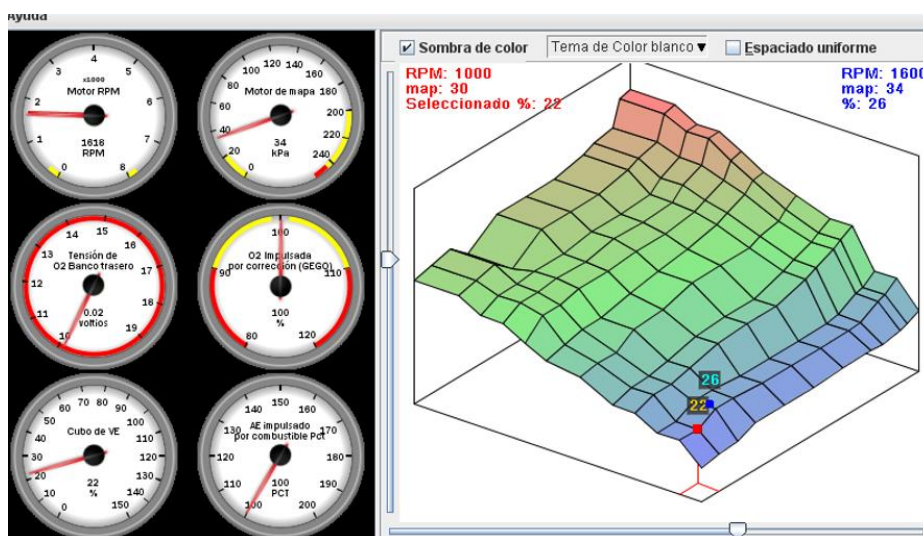


Figura 101 Mapa de inyección segunda reprogramación

## 4.16 Cálculos generales

### 4.16.1 Cálculo de masa de aire

Para obtener el flujo másico, se determinó la cantidad de aire que ingresa al motor cuando se encuentra en funcionamiento, a través de la siguiente ecuación:

$$G_o = V_{cil} * \rho_{aire}$$

#### **Ecuación 2** Cantidad de aire

En condiciones ideales la densidad del aire se encuentra a 25 °C y 0 msnm será: 1.2254 Kg/m<sup>3</sup>. En la ciudad de Latacunga 17°C y 2750 msnm la densidad del aire es de: 0.93481 Kg/m<sup>3</sup>.

$$G_o = V_{cil} * \rho_{aire}$$

Dónde:

$G_o =$  Cantidad de masa de aire

$V_{cil} =$  Vólumen de cilindro

$\rho_{aire} =$  densidad de aire

Condiciones Ideales

$$G_o = V_{cil} * \rho_{aire}$$

$$G_o = 0.49935 * 10^{-3} m^3 * 1.2254 \frac{Kg}{m^3}$$

$$G_o = 0.6119 * 10^{-3} Kg$$

Condiciones Reales

$$G_o = V_{cil} * \rho_{aire}$$

$$G_o = 0.49935 * 10^{-3} m^3 * 0.93481 \frac{Kg}{m^3}$$

$$G_o = 0.46679 * 10^{-3} \text{ Kg}$$

El valor en condiciones reales será menor al de ideales, ya que se considera pérdidas residuales en los gases de escape, y la densidad del aire es afectada por la temperatura de ingreso al motor.

#### 4.16.2 Coeficiente de llenado

Es el porcentaje dado por la relación directa de la cantidad de flujo másico en condiciones ideales y reales que se encuentra en funcionamiento el motor.

$$n_v = \frac{G_1}{G_o} * 100$$

#### *Ecuación 3 Coeficiente de llenado*

Es decir, entre mayor cantidad de aire que ingrese al cilindro del motor se requiere mayor cantidad de combustible a quemar.

$$n_v = \frac{0.46679}{0.6119} * 100\%$$

$$n_v = 76.28 \%$$

Se determinó que no existe un llenado pleno del cilindro, debido que se considera la carga del motor debido al régimen de giro.

#### 4.16.3 Velocidad de flujo de entrada del aire

Para determinar la velocidad del flujo de aire se tomó en consideración las condiciones reales en las cuales el motor estuvo expuesto de acuerdo al uso del mapa estándar.

$$V_f = \frac{(V_{cil} * \rho_{aire} * RPM)}{2}$$

#### Ecuación 4 Velocidad de flujo de entrada de aire

Mediante las condiciones de operación del mapa base en la que se realizó las pruebas de desempeño con un régimen de giro de 1450 RPM.

$$V_f = \frac{\left(0.46679 * 10^{-3} \text{ Kg} * 1450 \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right)}{2}$$

$$V_f = 0.3384 \frac{\text{Kg}}{\text{min}}$$

Para la primera reprogramación el régimen de giro es de 1670 RPM.

$$V_f = \frac{\left(0.46679 * 10^{-3} \text{ Kg} * 1670 \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right)}{2}$$

$$V_f = 0.3897 \frac{\text{Kg}}{\text{min}}$$

Para la segunda reprogramación el régimen de giro es de 2020 RPM.

$$V_f = \frac{\left(0.46679 * 10^{-3} \text{ Kg} * 2020 \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right)}{2}$$

$$V_f = 0.4715 \frac{\text{Kg}}{\text{min}}$$

#### 4.16.4 Cálculo de masa de combustible

Es indispensable el cálculo de masa de combustible que ingresa al motor, a partir de determinar la cantidad de flujo másico que ingresa, con la finalidad de ajustar la relación de mezcla (aire - combustible) en el cilindro.

$$B = \frac{V_f}{AFR * RPM}$$

Donde:

$V_f$ = Velocidad de flujo de entrada de aire

AFR= Relación (aire-combustible)

RPM= Revoluciones por minuto

Considerando en el mapa base a 1450 RPM como velocidad ralenti y una mezcla AFR de 14.7.

$$B = \frac{V_f}{AFR * RPM}$$

$$B = \frac{0,3384 \text{ Kg/min}}{14,7 * 1450 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}$$

$$B = 1,587 * 10^{-5} \text{ Kg}$$

Primera reprogramación

$$B_1 = \frac{0,3897 \text{ Kg/min}}{14,7 * 1670 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}$$

$$B = 1,587 * 10^{-5} \text{ Kg}$$

Segunda reprogramación

$$B_2 = \frac{0,4715 \text{ Kg/min}}{14,7 * 2020 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}$$

$$B = 1,587 * 10^{-5} \text{ Kg}$$

#### 4.16.5 Tiempo de Inyección

El tiempo de inyección es el tiempo que el inyector está abierto y con el cual se determina el caudal de combustible introducido en el cilindro. La cantidad de gasolina inyectada ha de hallarse perfectamente controlada para que al mezclarse con el aire aspirado por el motor se constituya en una la mezcla inflamable (es lo que se conoce como relación estequiométrica).

Para el cálculo se tomó como referencia los valores de pulsos de inyección en cada uno de los mapas.

$$N = \frac{60000}{2T}$$

### Ecuación 5 Tiempo de inyección

Donde:

N= número de revoluciones del motor

T= periodo

### Mapa base



Figura 102 Longitud de inyección mapa base



Figura 103 Tiempo de inyección

Datos:

T= 6 ms

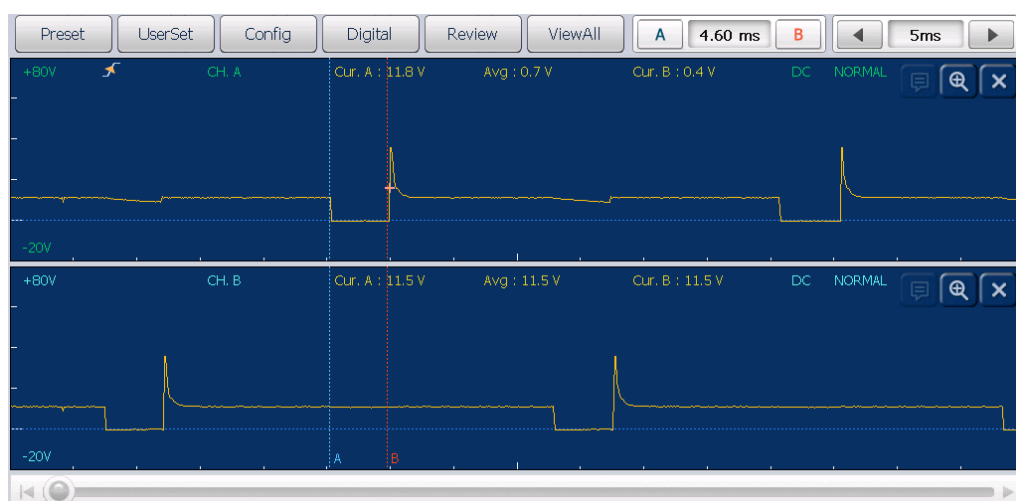
RPM= 1450 (ralentí)

$$T_c = \frac{60000}{2N}$$

$$T_c = \frac{60000}{2 * 1450}$$

$T_c = 20,7 \text{ ms}$  (longitud del tiempo del inyector)

### Primera reprogramación



**Figura 104** Tiempo de inyección primera reprogramación

Datos:

T= 4.60 ms

RPM= 1670 (ralentí)

$$T_c = \frac{60000}{2N}$$

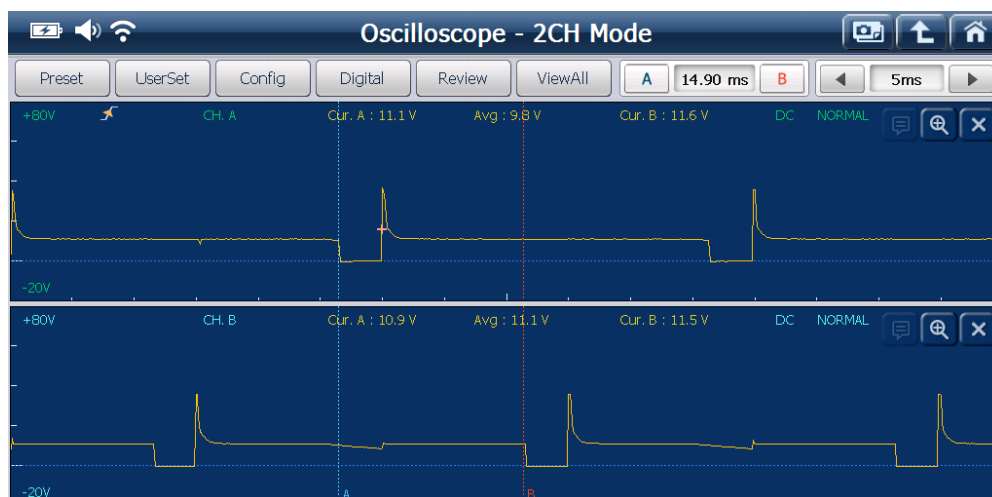
$$T_c = \frac{60000}{2 * 1670}$$

$T_c = 18 \text{ ms}$  (longitud del tiempo del inyector)

## Segunda reprogramación



**Figura 105** Tiempo de inyección segunda reprogramación



**Figura 106** Longitud de tiempo de inyección

Datos:

$T = 3.40 \text{ ms}$

RPM= 2020 (ralentí)

$$T_c = \frac{60000}{2N}$$

$$T_c = \frac{60000}{2 * 2020}$$

$$T_c = 14,85 \text{ ms (longitud del tiempo del inyector)}$$



#### 4.17 Ciclo de trabajo

El "Ciclo de trabajo" (Duty Cycle) se define como el tiempo requerido por el inyector dividido por el tiempo disponible en tanto por ciento. La duración máxima de un pulso no puede ser mayor al "ciclo de trabajo".

$$C_T = \frac{t_o}{t_c + t_i} * 100$$

#### Ecuación 6 Ciclo de trabajo

Donde:

T<sub>o</sub>= tiempo de inyección

T<sub>i</sub>= longitud de inyección

#### Mapa base

$$C_T = \frac{6 \text{ ms}}{6 \text{ ms} + 20.7 \text{ ms}} * 100$$

$$C_T = 22.47 \%$$

#### Primera reprogramación

$$C_T = \frac{4.6 \text{ ms}}{4.6 \text{ ms} + 18 \text{ ms}} * 100$$

$$C_T = 20.35 \%$$

#### Segunda reprogramación

$$C_T = \frac{3.40 \text{ ms}}{3.4 \text{ ms} + 14.85 \text{ ms}} * 100$$

$$C_T = 18.63 \%$$

#### 4.18 Limitador de velocidad.

Este parámetro define a que número de revoluciones se va a realizar el corte de las mismas, con el fin de reducir la potencial del motor y la velocidad del mismo.

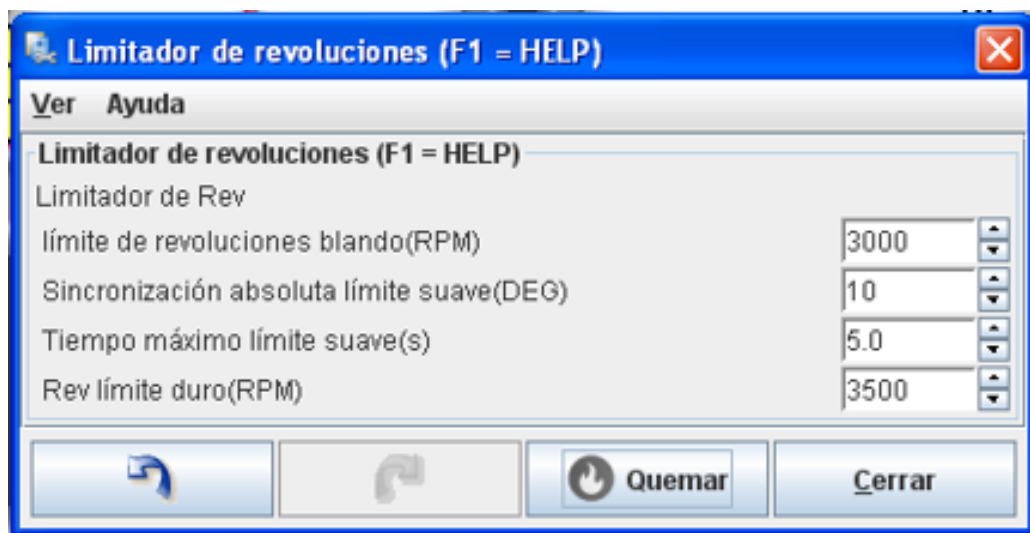


Figura 107 Limitador de revoluciones

**Soft rev limit:** El limitador de revoluciones suave es el que actúa en la configuración de encendido, es decir retrasa el tiempo de encendido por un periodo mínimo hasta que llegue al máximo limitador.

**Hard rev limit:** Es el valor máximo de revoluciones que puede alcanzar el motor hasta el corte de combustible.

Mediante los indicadores del interfaz se puede verificar el funcionamiento del limitador de revoluciones.

EL indicador de avance de chispa se verifica que a las 3000 RPM tenía un 28° de avance al encendido, después del tiempo establecido el avance es reducido a 10°.

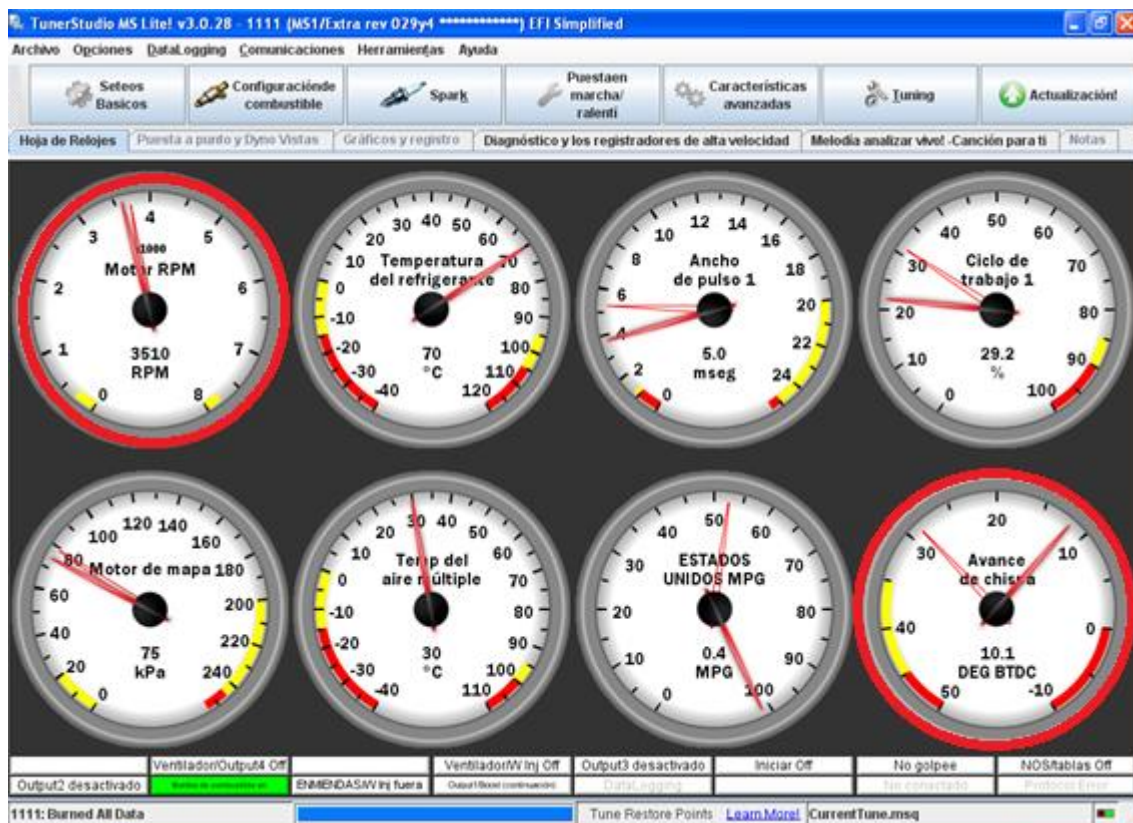


Figura 108 Indicadores de RPM y avance de encendido

#### 4.19 Encendido relacionado con IAT/CLT

Cuando el motor se encuentra en frío, avanzar el tiempo es de gran ayuda logrando un ralentí suave y rápido. Mediante este parámetro se incrementará la temperatura del motor.

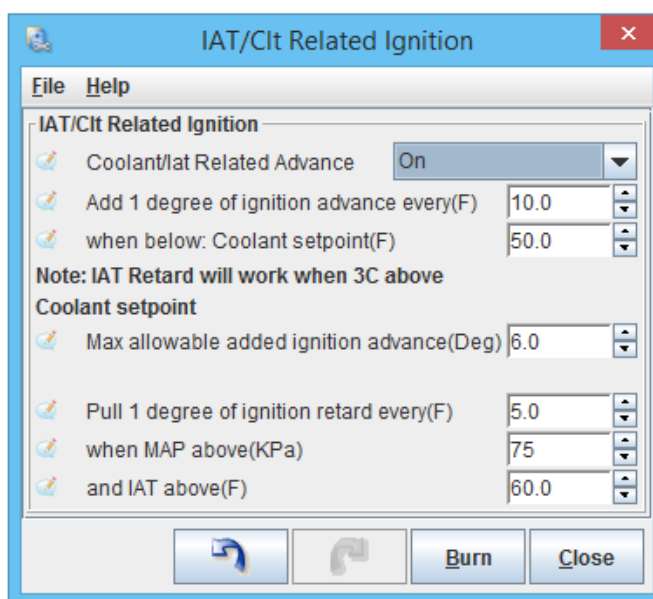


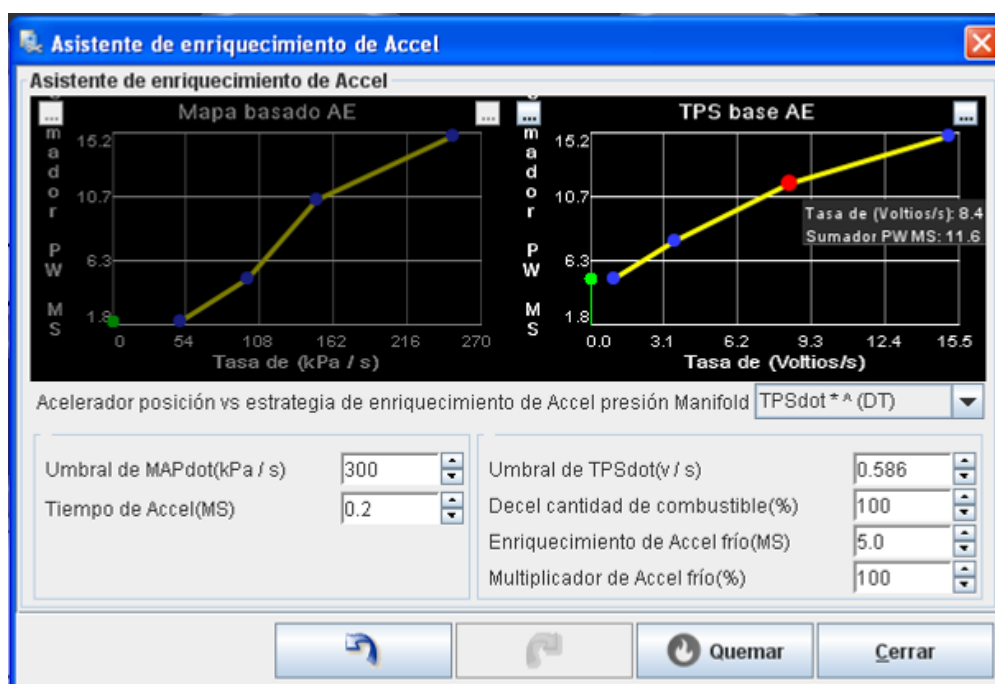
Figura 109 Encendido relacionado con IAT/CLT

El avance máximo permitido se puede limitar, para evitar un avance excesivo en temperaturas extremas. El valor es de 4° a 6° alrededor.

Es importante indicar que la modificación del avance de encendido, mediante el IAT no se ve afectado al mapa de encendido, debido que con este control es para obtener un ralentí suave con el motor en frío.

#### 4.20 Enriquecimiento en la aceleración.

El enriquecimiento de aceleración es asignada cuando el motor se encuentra en marcha y se obtiene una recaída repentina total de potencia después de la aplicación de acelerador.



**Figura 110** Enriquecimiento de acelerador.

Al realizar incrementos excesivos el motor no tendrá un óptimo desempeño, se obtiene una reacción lenta del acelerador y llegara a producir daños en el motor.

## 4.21 Consumo de combustible

(Semanate, 2016). Se conoce como la cantidad total de combustible que realiza el motor durante su funcionamiento, así como su empleo para el control de las emisiones, otra característica importante del control electrónico de los motores su capacidad para mejorar el ahorro de combustible.

Para el control del consumo de combustible es realizado mediante el tablero de indicadores, donde permite encontrar medidores de consumo de combustible en unidades de millas por galón.

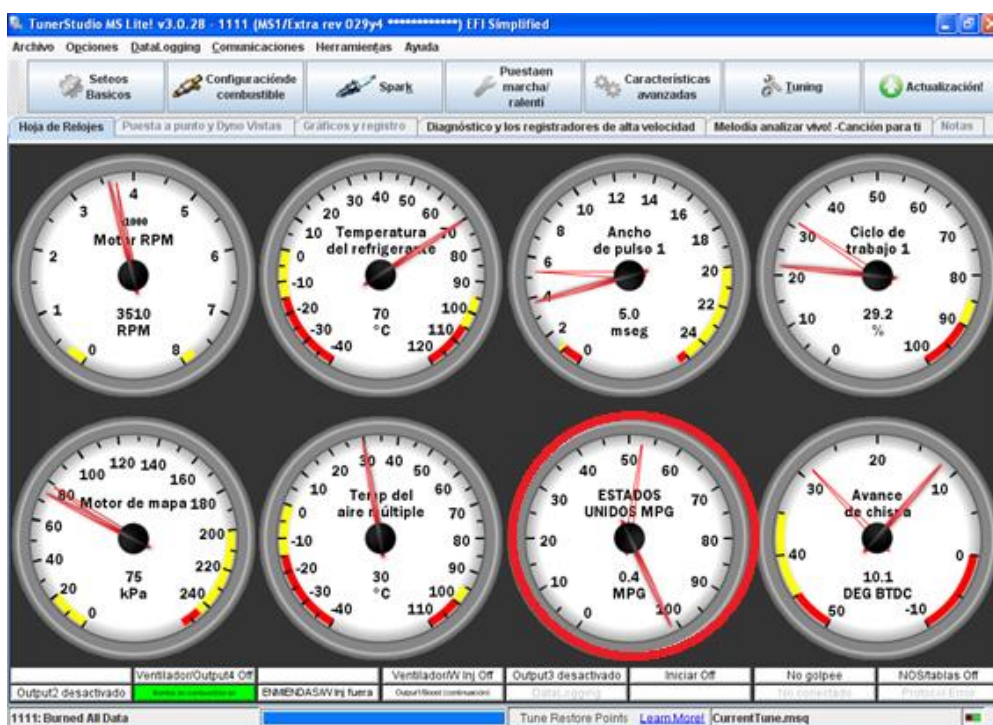


Figura 111 Indicador de consumo de combustible

## 4.22 Corte de combustible, sobre ejecución.

Según [Taller virtual corp., 2013] que: El corte de inyección es un mecanismo de seguridad para no dañar el motor a altas revoluciones, pero además tiene más funciones. También existe corte de inyección cuando el motor posee con la suficiente inercia y se libera el pedal del acelerador.

El corte de combustible es utilizado durante la desaceleración para ayudar a frenar el motor y reducir el uso de combustible.

Para el corte de combustible se requiere un valor límite de revoluciones de igual manera es necesario un punto de ajuste de la presión del mapa, para lo cual se debe ajustar al punto más alto durante la aceleración.

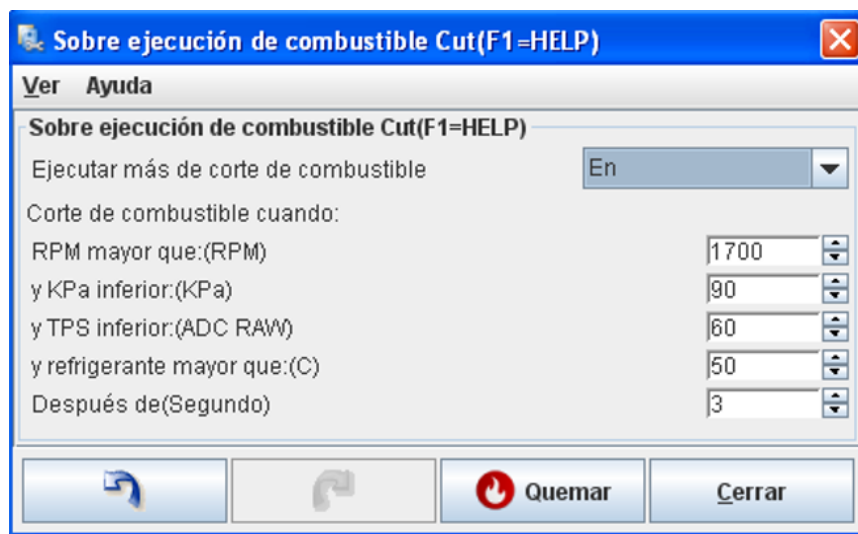


Figura 112 Corte de combustible

En la figura 112, indica que se realiza el corte de combustible a 1700 RPM cuando la presión se encuentre inferior a 90 KPa, con una temperatura mayor de 50°C tomará una acción después de 3 segundo el inyector corta la inyección de combustible.

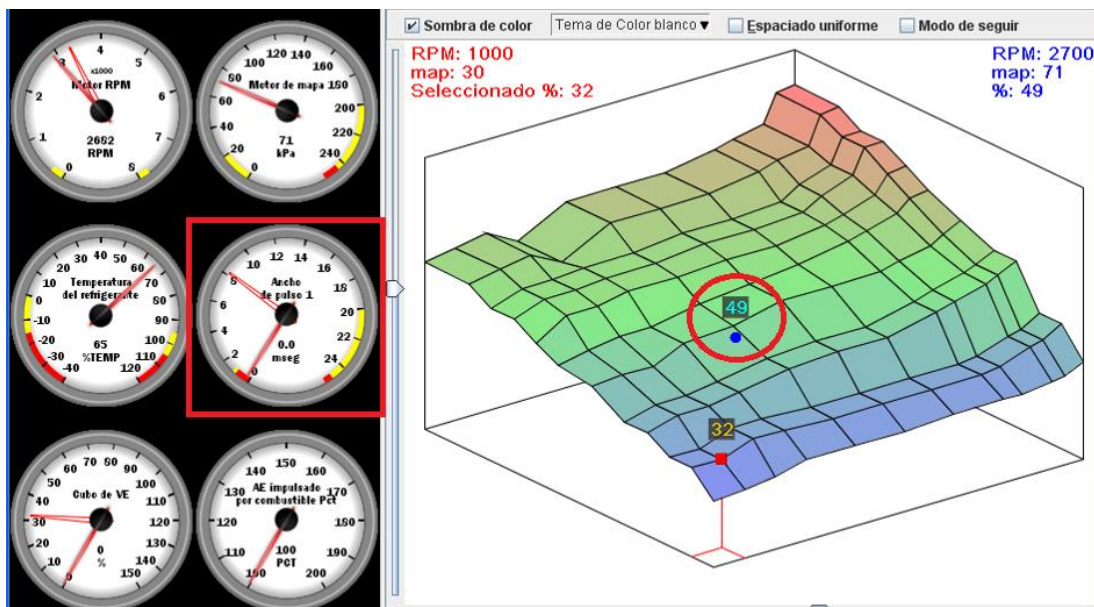


Figura 113 Ejecución de corte de combustible

El corte de combustible se puede verificar en el mapa de inyección de combustible, el punto donde se encuentra trabajando el motor existe una disminución de inyección, lo cual duró el tiempo asignado por el usuario; también se verifica por el indicador de ancho de pulso.

#### 4.23 Análisis comparativo

De las distintas reprogramaciones realizadas en el motor Peugeot 407, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 14**  
**Prueba N°1 configuración base**

Configuración base						
RPM	Ancho de pulso (ms)	de Ciclo de trabajo (%)	de Presión del mapa (KPa)	Avance de encendido (°)	de Consumo de combustible (MPG)/(km/lt)	
1450	7,3	17	39	12,9	0,7/0,29	
2880	15,7	73,3	71	15,7	0,2/0,08	
4080	9,2	61,3	68	18,9	0,2/0,08	

En la tabla 14, presenta los datos de medición de PIDs efectuado en la configuración base del motor Peugeot 407, se observa que como valor mínimo de ancho de pulso es de 7,3 ms a 1450 RPM indicando que existe menor cantidad de inyección de combustible por ende el consumo del mismo es mayor en ese régimen. Como se indica en los mapas de inyección de combustible dichos valores se rigen a la presión en el múltiple de admisión, apertura del TPS mediante las RPM y porcentaje de inyección de combustible, entre mayor sea la presión de admisión mayor cantidad de combustible a inyectar, dichos datos se ven reflejados cuando el motor está trabajando a 2880 RPM con una presión de 71 KPa existe un aumento de ancho de pulso.

**Tabla 15**  
**Prueba N°2 primera reprogramación**

Primera reprogramación -15% de inyección de combustible y +1° avance						
RPM	Ancho de pulso (ms)	de Ciclo de trabajo (%)	de Presión del mapa (KPa)	Avance de encendido (°)	de Consumo de combustible (MPG)/(km/lt)	
1670	11	29,3	46	14,6	0,4/0,17	
2890	7,3	34,1	70	13,9	0,4/0,17	
3847	8,9	56,4	63	18,9	0,3/0,12	

En la tabla 15, presenta los datos de medición de PIDs efectuado la primera reprogramación con una disminución de 15 % en la inyección de combustible y un incremento de 1° de avance del motor Peugeot 407, se observa que existe un menor consumo a altas RPM. El ciclo de trabajo indica que el inyector está trabajando en un 56% es decir que está inyectando y 44% el inyector se encontró inactivo.

**Tabla 16**  
**Prueba N°3 segunda reprogramación**

Segunda reprogramación -25% de inyección de combustible y +2° avance						
RPM	Ancho de pulso (ms)	de Ciclo de trabajo (%)	de Presión del mapa (Kpa)	Avance de encendido (°)	de Consumo de combustible (MPG)/(km/lt)	
1687	7,7	20,5	35	14,3	0,6/0,25	
2793	13,7	61,7	66	14,6	0,4/0,17	
4098	6,1	40,7	73	21	0,5/0,21	

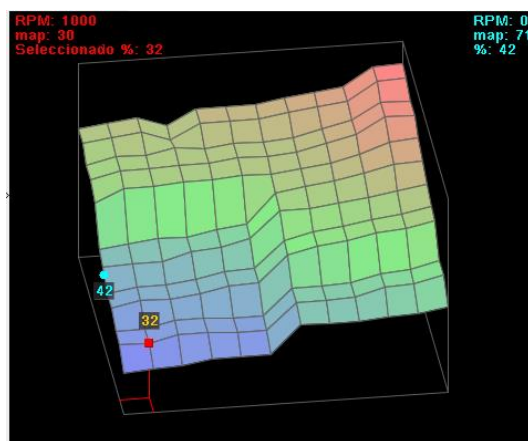
En la tabla 16, presenta los datos de medición de PIDs efectuado la primera reprogramación con una disminución de 25 % en la inyección de combustible y un incremento de 2° de avance del motor Peugeot 407. Con respecto a la segunda reprogramación existe mayor consumo de combustible con un valor promedio de 0,5 MPG. El ciclo de trabajo es de 61% donde el inyector se encuentra funcionando con un ancho de pulso de 13,7 ms, el motor



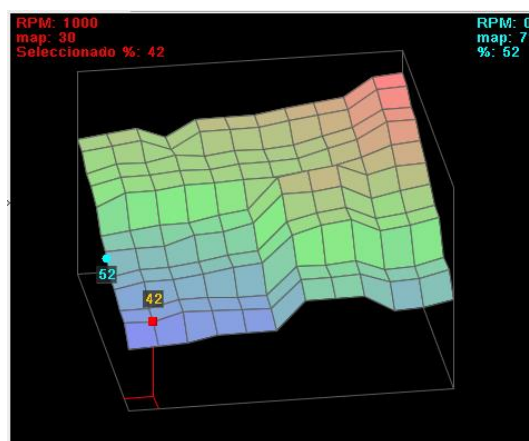
se encuentra trabajando con avance de encendido idóneo donde no se ve afectado por la programación, decidió el aumento de 2° de avance en los intervalos que mantiene la velocidad de ralentí.

**Tabla 17**  
**Cuadro comparativo de inyección de combustible**

### Comparación de mapas tridimensionales de inyección



**Figura 114** Mapa de inyección primera reprogramación



**Figura 115** Mapa de inyección segunda reprogramación

Partiendo del mapa base, donde se visualizó que el motor posee una inyección de combustible alta, debido a la generación de humo negro y exceso de consumo de combustible, por lo cual es recomendable disminuir, con el fin de cada parámetro del motor indique buen desempeño, en el consumo de combustible se verificó el cambio mediante el panel de control donde existe una reducción de 0,1 MPG (0,042 km/litros).

Observando la distribución de colores en el mapa de inyección se visualiza una diferencia entre las zonas de baja velocidad y alta velocidad, en el primer caso se disminuyó 15% de inyección de combustible generando un área mayor de valores mínimos de inyección con respecto a la segunda reprogramación.

Al realizar la disminución de inyección de combustible, de igual forma el motor no tiende a llegar a altas revoluciones por minutos, en el caso de la

primera reprogramación existe menor desarrollo del motor donde las RPM de mayor alcance es de 3800 RPM, las mismas que no permiten un desempeño óptimo del motor debido a que con el mapa base la velocidad máxima es de 5000 RPM.

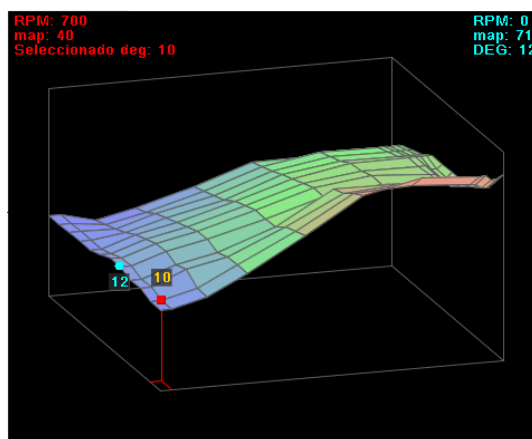
Al momento de realizar los cambios se identifica que el motor tiende a poseer una desaceleración; por lo cual es recomendable verificar el avance al encendido, para que exista una combustión completa.

**Tabla 18**  
**Cuadro comparativo de avance de encendido**

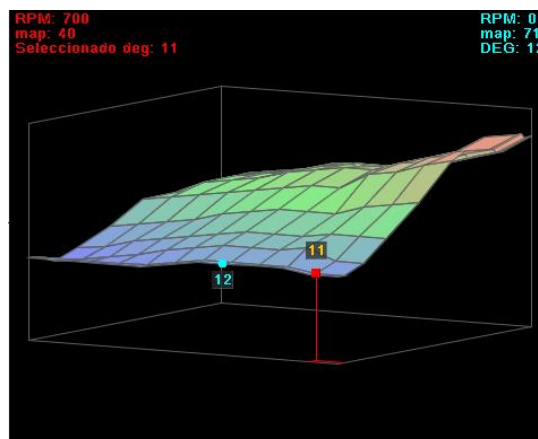
---

**Comparación de mapas tridimensionales de ignición**

---



**Figura 116** Primera reprogramación



**Figura 117** Segunda reprogramación

---

En la tabla 18, se visualiza un leve incremento del avance al encendido debido a que el motor no posee carga por lo tanto no es importante que el motor tienda a acelerar, sino que obtenga un ralentí suave de forma estable, este cambio de parámetro también es idóneo cuando se requiere realizar cambios de marcha por lo que es factible realizar una disminución del avance.

Entre las primeras celdas existe el aumento en el caso de 1° en la primera reprogramación y 2° en la segunda, se realizó dicho aumento en la sección donde el motor trabaja en ralentí para evitar que se apague, y en velocidades mayores se mantiene el valor inicial debido a que no posee carga el motor.

Las modificaciones realizadas indican un cambio uniforme y suave del mapa permitiendo que el motor tenga un buen desempeño, y no exista detonación en la combustión.

En la primera reprogramación en las celdas seleccionadas viene hacer ocupada por una inyección mínima de combustible se realizó un adelanto en el mapa de ignición para compensar la mezcla y que el motor no produzca ineficiencia.

En la segunda reprogramación se visualiza el área de mejor desempeño del motor se ha incrementado para compensar el cambio es necesario el incremento del avance de encendido para que exista una combustión completa de la mezcla.

Mediante las reprogramaciones, se puede concluir que la más óptima del motor es la segunda debido a que genera un ahorro de combustible, el motor posee una óptima respuesta del acelerador la combustión no genera detonación.

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO ADMINISTRATIVO

#### 5.1 Recursos

En el proyecto de investigación se utilizaron recursos humanos, tecnológicos y materiales los cuales obviamente son de uso primordial al momento de realizar la investigación, porque los mismos serán de una inmensa ayuda para alcanzar los objetivos planteados.

##### 5.1.1 Recursos humanos

Los aspectos más relevantes que se consideraron en la investigación fueron: la compilación de información de fuentes bibliográficas confiables así como el planteamiento de metodologías investigativas como el protocolo J2534 y la capacidad de trabajo grupal conformado por: la señorita Stefania Matilde Amaya Sandoval y el señor Alex Santiago Villarreal Prado los cuales adquirieron el rol de investigadores, ejecutores del proyecto y analistas de resultados, contando con el asesoramiento de forma exhaustiva del Ing. German Erazo en calidad de director del proyecto de investigación y ejecución del mismo.

#### Recursos humano del proyecto:

**Tabla 19**  
**Recursos humanos del proyecto**

N°	Nombre	Detalle
1	Stefania Matilde Amaya Sandoval	Investigadora
2	Alex Santiago Villarreal Prado	Investigador
3	Ing. German Erazo	Director del Proyecto
4	Ing. José Quiroz	Jefe de laboratorio de Autotrónica (Uso Instrumentos)

### 5.1.2 Recursos tecnológicos

Para el desarrollo del proyecto de investigación y el obtención de los procesos planteados fue de uso notable elementos tecnológicos como: ECU reprogramable MegaSquirt 1 y el software libre TunerStudio, los cuales permitieron la observación de la información del "Mapa base" que se adquirió de la memoria del microprocesador de dicha ECU, así como distintos elementos habituales como: internet, bibliotecas virtuales, multímetro, cámara fotográfica y computador portátil elementos que fueron de gran apoyo dentro del desarrollo del mismo.

**Tabla 20**  
**Recursos tecnológicos**

<b>N°</b>	<b>Recurso tecnológico</b>
1	ECU MegaSquirt 1
2	Software TunerStudio
3	Transistores Bosch
4	Adaptador serial
5	Multímetro
6	Cámara Fotográfica
7	Computador portátil
8	Internet

### 5.1.3 Recursos Materiales

Entre de los recursos materiales se encuentran elementos tangibles que fueron utilizados con el fin de realizar el proyecto de investigación, los cuales permitieron la conexión de la ECU reprogramable, así como herramientas y demás elementos a usar: Maqueta del motor Peugeot 407, ECU MegaSquirt 1, etc.

**Tabla 21**  
**Recursos materiales**

<b>N°</b>	<b>Recurso material</b>
1	Maqueta del motor Peugeot 407
2	ECU MegaSquirt 1
3	Cable USB serial R232
4	Cautín
5	Estaño
6	Type
7	Manguera Corrugada

### **5.2 Análisis de costos del proyecto de investigación.**

Dentro del análisis económico que se utilizó en el presente proyecto de investigación se señala a acerca de la inversión en la obtención de elementos tecnológicos y materiales que intervinieron en el presente proyecto, con la excepción de elementos de propiedad de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE se obviaron dentro de la inversión como es el caso de la maqueta del motor Peugeot 407 en el cual se realizó el proyecto de investigación.

**Tabla 22**  
**Análisis de costos**

<b>N°</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO</b>
1	Software Dedicado	250
2	Hardware Dedicado	1000
3	Cableado	250
4	Componentes del Sistema Electrónico	200
5	Panel de Instrumentos	400
6	Movilización	150
7	Gastos de imprenta	50
8	Imprevistos	200
	<b>TOTAL</b>	<b>2500</b>

### **5.2.1 Análisis costo – beneficio**

Es importante realizar el análisis costo - beneficio del proyecto “Investigación de la influencia del uso de software dedicado en la reprogramación en red para el mapeo de la ECU programable en el motor Peugeot 407”, ya que por ser un tema relevante dentro de la electrónica automotriz este enseñará nuevos conocimientos en esta área y dentro del ámbito profesional de igual manera, los conocimientos y la mano de obra con respecto a la electrónica automotriz resulta ser costosa, además dentro de esta se estableció diversas formas de lograr la reprogramación, por consiguiente se empleó la ECU MegaSquirt por su versatilidad y economía con respecto a otros módulos de reprogramación.

### **5.2.2 Financiamiento**

El costo y financiamiento en el proceso del proyecto de investigación tanto en recursos tecnológicos al igual que en materiales en su totalidad estuvo a cargo del grupo de trabajo conformado por: la señorita Stefania Amaya y el señor Santiago Villarreal.

## CONCLUSIONES

Al terminar el proyecto de investigación se llegó a las siguientes conclusiones.

- Se utilizó el software dedicado para ajustar las diferentes características del motor con el fin de obtener un desempeño óptimo.
- Se obtuvo información y documentación confiable referente a la reprogramación y mapeo de ECU's.
- Se investigó los diferentes tipos de software y hardware dedicados que son compatibles con la computadora del motor Peugeot 407.
- Se seleccionó un software dedicado TunerStudio y una ECU programable MegaSquirt 1 (MS), para realizar la reprogramación y mapeo de la ECU programable.
- Se implementó la ECU programable MegaSquirt en paralelo con la ECU del motor Peugeot 407 manteniendo los sensores y actuadores originales del motor.
- Se realizó la reprogramación de los diferentes parámetros del motor, ajustando tablas de valores, mapas tridimensionales de inyección y encendido entre otros aspectos complementarios.
- Se obtuvo la programación estándar y los mapas tridimensionales del motor.
- Se realizó modificaciones en el mapa tridimensional del avance al encendido e inyección de combustible entre otros parámetros.
- Se determinó la reprogramación apropiada de la ECU MegaSquirt para la optimización del funcionamiento del motor de combustión interna.
- Se realizó varias pruebas de desempeño y a su vez se efectuó el monitoreo de PID's de la unidad de control electrónica.
- Se observó que en la ECU programable permite realizar una limitación de RPM lo cual se basa en los grados de avance al encendido durante un cierto tiempo de funcionamiento.
- En el corte de combustible, es necesario la determinación de la calibración del TPS, la presión del MAP y temperatura de refrigerante ECT.



- Cuando se redujo el porcentaje de inyección de combustible al 15% y al 25% en la tabla de la eficiencia volumétrica, se visualizó que el motor alcanzaba las 4000 RPM mientras que con la programación estándar el motor sobrepasa las 5000 RPM.
- Al realizar el mapeo de la segunda programación se redujo el porcentaje de combustible en un 25%, el consumo de combustible del motor se disminuyó en 0,1 MPG (millas por galón) con respecto a la programación estándar.
- Se analizó los valores de avance al encendido, tiempo de inyección y consumo de combustible antes y después de la reprogramación del sistema electrónico.

## RECOMENDACIONES

- Utilizar equipos de protección personal adecuados como: mascarilla, guantes, mandil, etc., para evitar accidentes y daños materiales.
- Verificar que los niveles de fluidos del motor se encuentren en su rango adecuado.
- Al momento de conectar la ECU programable observar que la ECU 206 esté desconectada totalmente.
- Utilizar software que tengan una relación con ECU programable MegaSquirt para un mejor desempeño y funcionamiento de la misma.
- Al momento de realizar la conexión en red entre la ECU programable con la PC poseer un puerto RS232, además de Windows XP para una mejor lectura y funcionamiento de la ECU programable.
- Conocer las características y rangos a los cuales funciona el motor ya que esto es importante para la creación del primer mapa base del cual se va a partir hacer las diferentes pruebas.
- Es recomendable que al realizar alteraciones en los mapas de inyección y avance al encendido se debe tener conocimientos y criterios técnicos para evitar daños en el funcionamiento del motor.
- Tener muy en cuenta las unidades en las cuales se está trabajando en el software ya que esto puede perjudicar al motor y causar daños del mismo.
- Realizar una base de datos de los archivos de la ECU programable, y mantener el archivo de referencia, así se puede obtener datos bases por si es necesario.
- Cuando se realice las modificaciones en la ECU programable cambiar un parámetro a la vez con lo cual se va a dar cuenta si las prestaciones del motor mejoraron o por lo contrario empeoraron.
- Se debe realizar un corte de alimentación al momento de conectar las ECU's ya sea la 407-206 o 407-MegaSquirt.

## BIBLIOGRAFÍA

- Haghighatkah, A. B. (2017). Automotive software engineering: A systematic mapping study. *Journal of Systems and Software*, 25-55.
- Izaguirre, A., & Cuéllar, A. (2008). Clasificación de las Memorias. En A. Z. Izaguirre, & A. A. Cuéllar, *Sistemas de procesamiento digital* (págs. 76-79). Madrid: Delta Publicaciones.
- Kruse, T., Kurz, S., & Lang. (2010). Modern statistical modeling and evolutionary optimization methods for the broad use in ecu calibration. *IFAC*, 739-743.
- Tocci, R. &. (2003). ROMs Programables. En &. N. R. Tocci, *SISTEMAS DIGITALES* (págs. 680-685). México D.F: PEARSON EDUCACIÓN.
- Tocci, R. J. (2003). *SISTEMAS DIGITALES*. En Memorias. México DF: PEARSON EDUCACIÓN.
- Tokeheim, R. (2002). *ELECTRÓNICA DIGITAL*. En R. Tokheim, memoria RAM (págs. 115-116). Barcelona: EDITORIAL REVERTÉ, S.A.

## NETGRAFÍA

- Augeri, F. (2015). *CISE Electronics*. Recuperado el 13 de julio del 2017. Obtenido de CISE Electronics: <http://www.cise.com>
- Automotriz, M. d. (19 de julio de 2011). *Macetronica automotriz*. Obtenido de <http://mecatronicaautomotriz20092010.blogspot.com/>
- Brotos, M. M. (14 de JUNIO de 2010). *UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNYA*. Obtenido de UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNYA: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11337/PFC1.pdf?sequence=1>
- Carpio, G. (2013). *Repositorio institucional*. Obtenido de Repositorio institucional: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2210>
- Cerda, B. (21 de Abril de 2013). *Scribd*. Recuperado el 19 de Julio de 2017, obtenido de <https://es.scribd.com/document/137232040/Que-es-MegaSquirt-superduperbuen-documento>



[http://www.msextra.com/doc/ms1extra/MS\\_Extra\\_Ignition\\_Hardware\\_Manual.htm#2coils](http://www.msextra.com/doc/ms1extra/MS_Extra_Ignition_Hardware_Manual.htm#2coils)

- Punto Flotante S.A. (2017). Obtenido de <http://www.puntofotante.net/default.htm>
- Reinoso, E. (Abril de 2011). *Repositorio Digital ESPE*. Obtenido de Repositorio Digital ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4465>
- RIFC. (07 de julio de 2017). *Mercado Libre*. (M. Libre, Productor) Recuperado el 01 de agosto de 2017, de [articulo.mercadolibre.com.pe%2FMPE-425498331-scanner-profesional-gscan-2-con-osciloscopio-vmi2--\\_JM&h=ATP7oXeOzFYNLMSasdNbvye27t1eanXvJGa9hUvlgjBeg02vTgKjnnah-uiaA8sdkMt7OniSo2\\_FduguXUhZh7V9n7LdyKPEbOhJpDPW5Xmo](http://articulo.mercadolibre.com.pe%2FMPE-425498331-scanner-profesional-gscan-2-con-osciloscopio-vmi2--_JM&h=ATP7oXeOzFYNLMSasdNbvye27t1eanXvJGa9hUvlgjBeg02vTgKjnnah-uiaA8sdkMt7OniSo2_FduguXUhZh7V9n7LdyKPEbOhJpDPW5Xmo)
- Ringwood, P., Murray, J., & Culver, K. (23 de Julio de 2014). *MS1-Extra Tuning manual*. Recuperado el 20 de julio de 2017, Obtenido de MS1-Extra Tuning manual: [http://www.msextra.com/doc/ms1extra/MS\\_Extra\\_Tuning\\_Manual.htm#rpmae](http://www.msextra.com/doc/ms1extra/MS_Extra_Tuning_Manual.htm#rpmae)
- Romero, M. (2017). *Mecánica Automotriz*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/0B4uwxwKUzRinNHNpODbtSUNrZmM/edit>
- Semanate, A. D. (04 de Marzo de 2016). *Repositorio ESPE*. Obtenido de Repositorio ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12408>
- Taller virtual corp. (18 de Febrero de 2013). *Actualidad Motor*. Recuperado el 21 de julio de 2017. Obtenido Actualidad Motor de <https://www.actualidadmotor.com/corte-de-inyeccion-ante-un-accidente/>

# ANEXOS



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGIA Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

### CERTIFICACION

Se certifica que el siguiente trabajo fue desarrollado por los siguientes señores: **STEFANIA MATILDE AMAYA SANDOVAL** y **ALEX SANTIAGO VILLARREAL PRADO**.

En la ciudad de Latacunga, a los 03 días de agosto de 2017.

Aprobado por:

Ing. Germán Erazo  
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Danilo Zambrano  
DIRECTOR DE LA CARRERA

Dr. Freddy Jaramillo  
SECRETARIO ACADEMICO