



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: “POTENCIACIÓN ELECTRÓNICA DE LA ECU DEL VEHÍCULO
HYUNDAI ACCENT 1.6 TERCERA GENERACIÓN PARA OPTIMIZAR EL
RENDIMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON EL
MODULO K-TAG DE LECTURA BDM”**

AUTORES: ARIAS JIMÉNEZ, BYRON JOSÉ

SHINGÓN DE LA CRUZ, JOHNNY SANTIAGO

DIRECTOR: ING: ERAZO LAVERDE, WASHINGTON GERMÁN

LATACUNGA

2018



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“POTENCIACIÓN ELECTRÓNICA DE LA ECU DEL VEHÍCULO HYUNDAI ACCENT 1.6 TERCERA GENERACIÓN PARA OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON EL MÓDULO K-TAG DE LECTURA BDM”** fue realizado por los señores **Arias Jiménez, Byron José** y **Shingón De la Cruz, Johnny Santiago** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 05 de diciembre del 2018

Firma

Ing. Erazo Laverde Washington Germán

C. C. 050143263-7



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

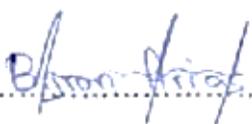
CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, *Arias Jiménez, Byron José y Shingón De la Cruz, Johnny Santiago*, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“Potenciación electrónica de la ECU del vehículo Hyundai Accent 1.6 tercera generación para optimizar el rendimiento del motor de combustión interna con el módulo K-TAG de lectura BDM”*** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz

Latacunga, 5 de diciembre del 2018


.....
Arias Jiménez Byron José

C. C. 1105389942


.....
Shingón De la Cruz Johnny Santiago

C. C. 0550009245



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, *Arias Jiménez, Byron José y Shingón De la Cruz, Johnny Santiago*, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: ***“Potenciación electrónica de la ECU del vehículo Hyundai Accent 1.6 tercera generación para optimizar el rendimiento del motor de combustión interna con el módulo K-TAG de lectura BDM”*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 5 de diciembre del 2018

Arias Jiménez Byron José

C. C. 1105389942

Shingón De la Cruz Johnny Santiago

C. C. 0550009245

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios por haberme permitido alcanzar otro más de mis suelos y haberme dado salud y valor a lo largo de este camino.

A mis padres, Luis y Patricia por ser los seres que me han dado su amor, apoyo incondicional, brindarme su ejemplo y ser los pilares principales en mi vida.

A mis hermanas Paula y Anabel por regalarme su confianza y llenarme de fuerza de valor para saber que nunca debo darme por vencido

A mis queridos abuelos, Juan y Mercedes que con sus concejos, motivación y amor han hecho de mí una persona de bien

A mi tío Alexander por ser la persona que me ha dado todo su apoyo, su confianza, su ejemplo y quien ha estado pendiente de mi en todo momento.

A todos mis demás familiares que en alguna ocasión me acogieron en sus hogares y me han dado ánimos para continuar superándome día a día.

A mis compañeros y amigos que nos apoyamos siempre en nuestra preparación profesional: Jonathan, Robín, Johnny, Roberth. Gracias por ser como mi segunda familia.

BYRON

DEDICATORIA

A Dios por brindarme salud, vida y por permitirme disfrutar día a día de la compañía de mis padres, familia y amigos.

A mis padres, Pablo y Laura por ser el pilar fundamental de mi vida y por ofrecerme desde mi niñez día y noche su apoyo, cuidado, sabiduría, comprensión y amor incondicional brindándome siempre todo lo necesario para mi formación tanto personal como profesional llegando más allá de sus límites, demostrando ante todo coraje y fuerza de voluntad para no dejarse vencer por más duras que sean las adversidades que la vida les imponga.

A mis hermanas y hermano, Cinthia, Lisbeth y Pablo por llenar mi vida de momentos de felicidad buscando siempre la forma de sacarme una sonrisa sin importar las circunstancias a las que estuviere enfrentando.

A mi familia, en especial a mis abuelitos por estar presente en todo momento brindando apoyo, fuerza, aliento y sabios consejos para siempre ponerme de pie después de una caída y no dejarme vencer ante las adversidades.

A todos mis amigos quienes supieron demostrar su amistad incondicional y transmitir su motivación, en especial a aquellos que estuvieron presentes en mi vida universitaria.

A todas aquellas personas que de un algún modo u otro se hicieron presentes en mí, especialmente en situaciones de mucha dificultad.

Johnny

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme día a día y darme fuerzas para culminar otro paso trascendental en mi vida.

A mis padres Luis y Patricia por apoyarme siempre durante mi carrera y no dejarme decaer en ningún momento.

A mi maestro Julio, y sus hijos Douglas y Andrés por brindarme su amistad y apoyo incondicional y compartir sus conocimientos para ayudarme a crecer como profesional.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz, especialmente al Ingeniero Germán Erazo por sus conocimientos, experiencias y sobre todo la amistad que me han brindado durante mi estancia en la universidad.

A todos mis compañeros de la universidad, por todo su apoyo, experiencias compartidas y hacer amena la vida estudiantil.

BYRON

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por guiarme, bendecirme día a día y por darme fuerza de voluntad para alcanzar un peldaño más en mi vida, el mismo que ha sido trascendental para mis padres, mi familia y mi persona.

A mis padres, Pablo y Laura por haber realizado todo lo posible para que no me faltara nada, tanto en mi educación inicial, primaria, secundaria y universitaria; como en mi formación personal y profesional.

A mis hermanas y hermano, Cinthia, Lisbeth y Pablo por ser tolerantes y serviciales en todo momento depositando todo lo mejor de ellos hacia mi persona.

A todos los docentes que supieron brindarme todos los conocimientos y experiencias durante mi formación académica y profesional en la Universidad, en especial al Ing. Germán Erazo quien supo demostrar ante todo su humildad, tolerancia y generosidad como persona, docente y director del proyecto de investigación.

A mis amigos, en especial a aquellos que estuvieron presentes en mi vida universitaria, quienes me supieron extender la mano cuando más lo necesitaba.

En fin, agradezco a todos ya que este logro obtenido es debido al trabajo en equipo ya que de una u otra forma aportaron con un granito de arena para conseguir una meta de las muchas que se lograrán en el futuro.

Johnny

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
RESUMEN.....	xxv
ABSTRACT.....	xxvi

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO “POTENCIACIÓN ELECTRÓNICA DE LA ECU DEL VEHÍCULO HYUNDAI ACCENT 1.6 TERCERA GENERACIÓN PARA OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON EL MÓDULO K-TAG DE LECTURA BDM”

1. Generalidades.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	4
1.3. Descripción resumida del proyecto	5
1.4. Justificación e importancia	6

	x
1.5. Objetivos.....	8
1.5.1. Objetivo general.....	8
1.5.2. Objetivos específicos.....	8
1.6. Metas.....	9
1.7. Hipótesis.....	10
1.8. Variables de investigación.....	10
1.8.1. Variable independiente.....	10
1.8.2. Variable dependiente.....	10
1.8.3. Operacionalización de las variables.....	10
1.9. Metodología.....	12
1.9.1. Método Inductivo.....	12
1.9.2. Método Deductivo.....	13
1.9.3. Método Analítico.....	13
1.9.4. Método Experimental.....	13
1.9.5. Método de Medición.....	13

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción.....	15
2.2. Unidad de control ECU.....	18
2.2.1. Control de inyección de combustible.....	19
2.2.2. Control de chispa (bobina de encendido).....	20
2.2.3. Control del régimen de ralentí.....	21

2.2.4. Control de la bomba de combustible.....	21
2.2.5. Control de la distribución de válvulas.....	21
2.3. Bloques de una ECU.....	21
2.3.1. Bloque de Entrada (S1):.....	22
2.3.2. Bloque de Control o Procesamiento (S2, S3):	23
2.3.3. Bloque de salida (S5):.....	24
2.3.4. Bloque de Alimentación o Soporte (S4):	24
2.4. Microcontrolador	25
2.5. Memorias de la ECU	26
2.6. Métodos de reprogramación	30
2.6.1. Reprogramación flash.....	30
2.6.2. Reprogramación ECU programable.....	31
2.6.3. Reprogramación ECU estándar	33
a) Lectura del archivo de la ECU	33
b) Modificación de mapas	36
c) Escritura del archivo modificado en la ECU	37
2.7. Parámetros mapeados.....	37
2.8. CheckSum	39
2.9. Sensores y actuadores que intervienen en el proceso de potenciación	41
2.9.1. Sensor MAP.....	41
2.9.2. Sensor de oxígeno	42
2.9.3. Sensor TPS.....	43
2.9.4. Sensor ECT.	44

2.9.5. Sensor IAT	45
2.9.6. Sensor CKP	46
2.9.7. Sensor de detonación	47
2.9.8. Inyector	48
2.9.9. Bobina de encendido	49

CAPÍTULO III

REPROGRAMACIÓN DE LA ECU M7.9.8 A TRAVÉS DE HARDWARE Y SOFTWARE ESPECIALIZADO

3.1. Módulo K-TAG	50
3.1.1. Procesadores del módulo K-TAG	51
3.2. K-SUITE	52
3.2.1. Lectura de la ECU	53
3.2.2. Configuración del K-SUITE y selección de la ECU	55
3.2.3. Reescritura del archivo modificado	58
3.3. ECM TITANIUM	60
3.3.1. Características principales del ECM TITANIUM	61
3.3.2. Proceso de modificación de los parámetros característicos	64
3.3.3. Métodos de modificación	67
3.3.4. Archivo modificado	69
3.4. Reprogramación de la ECU	72
3.4.1. Primera reprogramación	72
3.4.2. Segunda reprogramación	78

3.5. OBDWIZ.....	80
3.5.1. Características	80
3.5.2. Conexión.....	81
3.6. Analizador de gases.....	83
3.6.1. Procedimiento para el análisis de gases de escape	84

CAPITULO IV

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Introducción	88
4.2. Pruebas de Torque y Potencia.....	89
4.2.1. Calibración en el dinamómetro	89
4.3. Recopilación de datos.....	93
4.3.1. Prueba 1. “Mapa original”.....	93
4.3.2. Prueba 2. “Primera reprogramación”.....	96
4.3.3. Prueba 3. “Segunda reprogramación”.....	99
4.4. Análisis y resultados	102
4.4.1. Resultados obtenidos en porcentajes	105
4.5. Prueba de consumo de combustible.....	115
4.6. Prueba de análisis de gases.....	125
4.6.1. Comparación de datos obtenidos del análisis de gases	128

CAPÍTULO V**MARCO ADMINISTRATIVO**

5.1. Recursos.....	131
5.1.1. Recursos humanos.	131
5.1.2. Recursos materiales.	131
5.1.3. Recursos tecnológicos.	132
5.2. Presupuesto.....	132
CONCLUSIONES.....	134
RECOMENDACIONES	138
BIBLIOGRAFÍA.....	140
ANEXOS	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de la variable independiente	10
Tabla 2 Operacionalización de la variable dependiente.....	11
Tabla 3 Metodología	14
Tabla 4 Lista de ECU disponible en el software K-SUITE.....	52
Tabla 5 Proceso de lectura de la ECU.....	53
Tabla 6 Configuración del K-SUITE y selección de la ECU	55
Tabla 7 Proceso de reescritura del archivo modificado.....	58
Tabla 8 Proceso de modificación de parámetros característicos	65
Tabla 9 Proceso para guardar el archivo modificado	70
Tabla 10 Proceso para la prueba de consumo.....	81
Tabla 11 Proceso de análisis de los gases de escape.....	84
Tabla 12 Datos obtenidos del “Mapa original”	93
Tabla 13 Valores máximos de Potencia y Torque del “Mapa original”	96
Tabla 14 Datos obtenidos de la “Primera reprogramación”	96
Tabla 15 Valores máximos de Potencia y torque de la “Primera reprogramación”	99
Tabla 16 Datos obtenidos de la “Segunda reprogramación”	99
Tabla 17 Valores máximos de Potencia y Torque de “Segunda reprogramación”	102
Tabla 18 Comparación de datos obtenidos de potencia y torque	103
Tabla 19 Valores máximos de Potencia.....	104
Tabla 20 Valores máximos de Torque	104

Tabla 21 <i>Valores promedio de Potencia</i>	105
Tabla 22 <i>Valores promedios de Torque</i>	105
Tabla 23 <i>Ganancias individuales de cada reprogramación</i>	109
Tabla 24 <i>Resultados de la primera reprogramación (valores máximos)</i>	111
Tabla 25 <i>Resultados de la segunda reprogramación (valores máximos)</i>	111
Tabla 26 <i>Resultados de la primera reprogramación (valores promedios)</i>	111
Tabla 27 <i>Resultados de la segunda reprogramación (valores promedios)</i>	111
Tabla 28 <i>Datos de consumo de combustible del mapa original</i>	116
Tabla 29 <i>Datos de consumo de combustible de la primera reprogramación</i>	119
Tabla 30 <i>Datos de consumo de combustible de la segunda reprogramación</i>	122
Tabla 31 <i>Valores permitidos de emisiones de gases de escape</i>	126
Tabla 32 <i>Valores de emisiones del “Mapa original”</i>	126
Tabla 33 <i>Valores de emisiones de “Primera reprogramación”</i>	127
Tabla 34 <i>Valores de emisiones de “Segunda reprogramación”</i>	128
Tabla 35 <i>Comparación de la prueba de análisis de gases</i>	128
Tabla 36 <i>Recursos humanos utilizados en el proyecto de investigación</i>	131
Tabla 37 <i>Recursos materiales utilizados en el proyecto de investigación</i>	131
Tabla 38 <i>Recursos tecnológicos utilizados en el proyecto de investigación</i>	132
Tabla 39 <i>Presupuesto utilizado en el proyecto de investigación</i>	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de planteamiento de los problemas.....	4
Figura 2. Mapa de inyección de combustible.....	18
Figura 3. ECU KEFICO.....	19
Figura 4. Bloques de la ECU.	22
Figura 5. Circuitos receptores.....	23
Figura 6. Microprocesador ECU KEFICO M7.9.8	23
Figura 7. Drivers.	24
Figura 8. Circuito fuente.....	25
Figura 9. Microcontrolador ST10F275	25
Figura 10. Memoria ROM.	26
Figura 11. Memoria RAM.....	27
Figura 12. Memoria EPROM.....	28
Figura 13. Memoria EEPROM.	29
Figura 14. Memoria FLASH.	30
Figura 15. ECU Programable Haltech	31
Figura 16. Sócalo para la Memoria.....	34
Figura 17. KESS V2.....	35
Figura 18. Puerto BDM.	35
Figura 19. K-TAG conectado a la ECU.....	36
Figura 20. Mapa en ECM TITANIUM.....	37

Figura 21. Datos del mapa de carga de motor en Hexadecimal.....	40
Figura 22. Sensor MAP.....	42
Figura 23. Sensor de oxígeno.....	43
Figura 24. Sensor TPS.	44
Figura 25. Sensor ECT.....	45
Figura 26. Sensor IAT.....	46
Figura 27. Sensor CKP.....	47
Figura 28. Sensor de detonación.....	48
Figura 29. Inyector.....	49
Figura 30. Bobinas.....	49
Figura 31. K-TAG Master 6.070.....	51
Figura 32. K-SUITE 2.13.....	52
Figura 33. ECU Hyundai Accent.....	53
Figura 34. Desmontaje de la tapa.....	53
Figura 35. Carcasa de la ECU descubierta.....	54
Figura 36. Cable de alimentación.....	54
Figura 37. Internet desconectado.....	54
Figura 38. K-TAG conectado al computador.....	54
Figura 39. Ejecución del K-SUITE.....	55
Figura 40. Configuración de idioma y resolución.....	55
Figura 41. Selección de la ECU.....	55
Figura 42. Recomendaciones e instrucciones.....	56

Figura 43. Reconocimiento puntos de conexión	56
Figura 44. Conexión directa.....	56
Figura 45. Cable 14P600KT02	56
Figura 46. Conexión de cables a los pines.	57
Figura 47. K-TAG conectado a la centralita.....	57
Figura 48. Opciones de lectura y escritura	57
Figura 49. Proceso de lectura.....	57
Figura 50. Archivos extraídos	58
Figura 51. Ventana de Reading y Writing	58
Figura 52. Nueva lectura	59
Figura 53. Opción de grabado del MICRO.....	59
Figura 54. Selección de archivo a grabar	59
Figura 55. Reescritura	59
Figura 56. Opción “Salir”.....	59
Figura 57. Ventana principal ECM TITANIUM	60
Figura 58. Búsqueda de drivers en DataBase	61
Figura 59. Lista de mapas disponibles	62
Figura 60. Mapa en modo tabla.....	62
Figura 61. Mapa en 3D	63
Figura 62. Mapa en 2D	63
Figura 63. Base de datos.....	64
Figura 64. Búsqueda de archivo EPROM.....	65

Figura 65. Selección archivo EPROM	65
Figura 66. Driver no encontrado.	65
Figura 67. Búsqueda manual del driver	66
Figura 68. Aceptación driver	66
Figura 69. Respaldo del archivo original.....	66
Figura 70. Lista de mapas disponibles	66
Figura 71. Modificación porcentual	67
Figura 72. Modificación en valor absoluto.....	68
Figura 73. Modificación interpolación	68
Figura 74. Modificación por editar valor	69
Figura 75. Modificación en vista 3D.....	69
Figura 76. Ícono confirmar.....	70
Figura 77. Cerrar mapa.....	70
Figura 78. Guardar archivo modificado.....	70
Figura 79. Petición de Data base.....	70
Figura 80. Registro de archivo	71
Figura 81. Exportación del archivo modificado	71
Figura 82. Archivo en extensión .MOD	71
Figura 83. Mapa de carga del motor en vista Tabla.....	73
Figura 84. Mapa de carga del motor en vista 3D	73
Figura 85. Mapa de progreso de chispa en vista Tabla	74
Figura 86. Mapa de progreso de chispa en vista 3D	74

Figura 87. Mapa de progreso de chispa 1 en vista Tabla	75
Figura 88. Mapa de progreso de chispa 1 en vista 3D	75
Figura 89. Mapa de progreso de chispa 2 en vista Tabla	75
Figura 90. Mapa de progreso de chispa 2 en vista 3D	76
Figura 91. Mapa de corrección del progreso de chispa 1 en vista Tabla.....	76
Figura 92. Mapa de corrección del progreso de chispa 1 en vista 3D	77
Figura 93. Mapa de corrección del progreso de chispa 2 en vista Tabla.....	77
Figura 94. Mapa de corrección del progreso de chispa 2 en vista 3D	77
Figura 95. Mapa de inyección en vista Tabla.....	78
Figura 96. Mapa de inyección en vista 3D	78
Figura 97. Mapa de inyección modificado “Segunda reprogramación”	79
Figura 98. Mapa de inyección en vista 3D “Segunda reprogramación”	79
Figura 99. Pantalla principal de OBDwiz.	80
Figura 100. Conexión interfaz.....	81
Figura 101. Switch en ON.....	81
Figura 102. Conexión OBDwiz-ECU	82
Figura 103. Ingreso de datos del vehículo en OBDLink.....	82
Figura 104. Configuración de “Fuel”	82
Figura 105. Medidores para la prueba.....	82
Figura 106. ODO del automóvil	83
Figura 107. Inicio del recorrido	83
Figura 108. Analizador CARTEK	84

Figura 109. Botón de encendido.....	84
Figura 110. Puesta en marcha del motor.....	85
Figura 111. Software del analizador de gases.....	85
Figura 112. Selección de la opción Test.....	85
Figura 113. Conexión cables del medidor de rpm	85
Figura 114. Registro de datos del vehículo	86
Figura 115. Preinspección del vehículo	86
Figura 116. Sonda en el tubo de evacuación de gases	86
Figura 117. Prueba de ralentí	86
Figura 118. Prueba completada.....	87
Figura 119. Guardado de resultados	87
Figura 120. Resultado de la prueba.....	87
Figura 121. Dinamómetro de rodillos.....	89
Figura 122. Colocación del vehículo en el dinamómetro	90
Figura 123. Fijación del vehículo	90
Figura 124. Colocación del ventilador.....	91
Figura 125. Software SAENZ.....	91
Figura 126. Calibración del software	92
Figura 127. Generación de curvas de potencia y torque	93
Figura 128. Curvas de potencia y torque del mapa original.....	95
Figura 129. Curvas de potencia y torque de la primera reprogramación	98
Figura 130. Curvas de potencia y torque de la segunda reprogramación	101

Figura 131. Comparación en barras de la potencia máxima.....	112
Figura 132. Comparación en barras de la potencia promedio	112
Figura 133. Comparación de las curvas de potencia.....	113
Figura 134. Comparación en barras del torque máximo.....	114
Figura 135. Comparación en barras del torque promedio	114
Figura 136. Comparación de las curvas de torque	115
Figura 137. Consumo de combustible del mapa original en OBDwiz	116
Figura 138. Curva de consumo de combustible del mapa original.	118
Figura 139. Consumo de combustible de la primera reprogramación en OBDwiz.....	119
Figura 140. Curva de consumo de combustible de la primera reprogramación.....	121
Figura 141. Consumo de combustible de la segunda reprogramación en OBDwiz....	122
Figura 142. Curva de consumo de combustible de la segunda reprogramación	124
Figura 143. Comparación de curvas del consumo de combustible.....	125
Figura 144. Prueba de emisiones de gases de escape	126
Figura 145. Seguimiento de PIDS de la Mapa Original.	127
Figura 146. Seguimiento de PIDS de la “Primera reprogramación”	127
Figura 147. Seguimiento de PIDS de la “Segunda reprogramación”	128
Figura 148. Comparación de HC (hidrocarburos)	129
Figura 149. Comparación de CO (monóxido de carbono)	129
Figura 150. Comparación de CO ₂ (dióxido de carbono)	130
Figura 151. Comparación de O ₂ (oxígeno).....	130

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Variación de Potencia en porcentaje	106
Ecuación 2. Variación de Torque en porcentaje.....	106

RESUMEN

En la industria automotriz se ha visto avances tecnológicos, uno de los principales es el aspecto electrónico que ha mejorado los parámetros de optimización, rendimiento y combustión de los motores. Pero debido a las limitaciones de los motores establecidas por los fabricantes de vehículos, se han ido tanto diseñando como desarrollando software y hardware especializado para la modificación de parámetros electrónicos almacenados en la memoria de la ECU, por ello es importante determinar los equipos que permitan realizar la reprogramación y potenciación electrónica del motor de combustión interna sin necesidad de acudir a modificaciones mecánicas. Para llevar a cabo la potenciación se realizó la lectura de los archivos contenidos en la ECU con el módulo K-TAG, seguido de un análisis de los mapas potenciales se realizó la reprogramación en el ECM TITANIUM y, la reescritura de los archivos modificados. Seguidamente el vehículo fue sometido a las pruebas de consumo de combustible, análisis de gases y dinamométricas. Una vez recolectados todos los datos se analizó cada uno de ellos para determinar las ganancias de potencia y torque de las reprogramaciones con relación a la ECU original.

PALABRAS CLAVES:

- **HYUNDAI ACCENT**
- **AUTOMÓVILES - SOFTWARE**
- **AUTOMÓVILES - HARDWARE**
- **AUTOMÓVILES - REPROGRAMACIÓN**
- **AUTOMÓVILES - POTENCIACIÓN ELECTRÓNICA**

ABSTRACT

In the automotive industry has seen technological advances, one of the main is the electronic aspect that has improved the parameters of optimization, performance and combustion of engines. But due to the limitations of the engines established by vehicle manufacturers, both designing and developing software and specialized hardware for the modification of electronic parameters stored in the memory of the ECU, it is important to determine the equipment that allows to perform reprogramming and electronic potentiation of the internal combustion engine without having to resort to mechanical modifications. To carry out the potentiation, the files contained in the ECU were read with the K-TAG module, followed by an analysis of the potential maps, reprogramming was performed in the ECM TITANIUM, and the rewriting of the modified files. The vehicle was then subjected to fuel consumption, gas analysis and dynamometric tests. Once all the data was collected, each was analyzed to determine the power and torque gains of the reprogramming in relation to the original ECU.

KEYWORDS:

- **HYUNDAI ACCENT**
- **AUTOMOBILES - SOFTWARE**
- **AUTOMOBILES - HARDWARE**
- **AUTOMOBILES - REPROGRAMMING**
- **AUTOMOBILES - ELECTRONIC POTENTIATION**

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO “POTENCIACIÓN ELECTRÓNICA DE LA ECU DEL VEHÍCULO HYUNDAI ACCENT 1.6 TERCERA GENERACIÓN PARA OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON EL MÓDULO K-TAG DE LECTURA BDM”

1. Generalidades

1.1. Antecedentes

(Becker, Flaemig, & Kraemer, 2006) Mencionan que: el proceso de desarrollo del automóvil ha cambiado en las últimas décadas, especialmente en lo que se refiere a la importancia, complejidad y número de sistemas de control electrónico que se están utilizando. La tendencia a sustituir sistemas mecánicos antiguos por actuadores electromagnéticos, la adición de componentes (que necesitan ser actuados y observados por sistemas de control electrónico) y las crecientes exigencias relativas a la sostenibilidad ambiental, la eficiencia económica, la agilidad y el confort de conducción han llevado a un aumento exponencial de las estructuras de software en la ECU. Por lo tanto, con métodos asistidos por ordenador y los procedimientos de calibración en parte automatizados pueden ser una solución para este problema. (p.782)

(Grijalva, 2012) en su investigación indica que: durante las últimas décadas las industrias automotrices han ido evolucionando considerablemente, desarrollando nuevas tecnologías, aumentando el rendimiento y potencia de los motores. Sin embargo, las necesidades de los usuarios obligan a las empresas automotrices a cumplir las

prestaciones necesarias de manera que sean satisfactorias para cada uno de ellos. Pero no todos los vehículos fabricados en serie tienen las mismas características, estos son estandarizados ya que la distribución de estos por el mercado mundial hace que cada uno de ellos sea distinto, teniendo en cuenta la geografía de cada país, donde las normas de contaminación no son las mismas, así también como los combustibles, en ciertos países tiene mejor calidad que en otros y las condiciones de uso. Por esta razón los fabricantes voluntariamente limitan la potencia, pero esto no quiere decir que tengan bajo rendimiento, sino el necesario para su correcto funcionamiento. Los vehículos pueden ser personalizados gracias a la reprogramación que puede hacerse en motores aspirados, turbos o diésel, en vehículos que tengan un sistema de inyección, en donde este sistema es comandado por la “ECU”, o computadora, toda unidad de control que gestione la alimentación y encendido del motor, y disponga de una memoria Eprom puede ser reprogramada, en vehículos de alto rendimiento la repotenciación electrónica juega un rol muy importante, ya que gracias a esto se puede sacar el máximo rendimiento de los motores y mejorar su combustión. (p.1)

(Cuenca, 2013) menciona que: las modificaciones electrónicas que hoy en día son posibles en vehículos de competencia marcan apreciables diferencias en eventos deportivos, generando de tal manera la necesidad de conocer los procedimientos adecuados y las razones justificables por las cuales se debe realizar este tipo de innovaciones. El haber realizado el análisis de la forma de repotenciar electrónicamente un vehículo con las características antes mencionadas, tanto en la instalación de

componentes programables Haltech como en el uso de su software, denota mejora en el rendimiento final del motor de un vehículo y corrobora así que la intervención electrónica en motores de alto rendimiento es superior a la mecánica". (p.1)

(Semanate, 2016) indica que: en la unidad de control electrónico UEC específicamente, se pueden realizar variaciones en los parámetros característicos de un motor de combustión interna, exceptuando la parte mecánica del cual puede estar dotado, se considera que los vehículos que salen de fábrica circulan con un rendimiento del 70 a 80% aproximadamente, y los sistemas de control electrónico están sujetos a ser reprogramados y por tanto son factibles de modificación de acuerdo a su software para mejorar el rendimiento. (p.1)

1.2. Planteamiento del problema

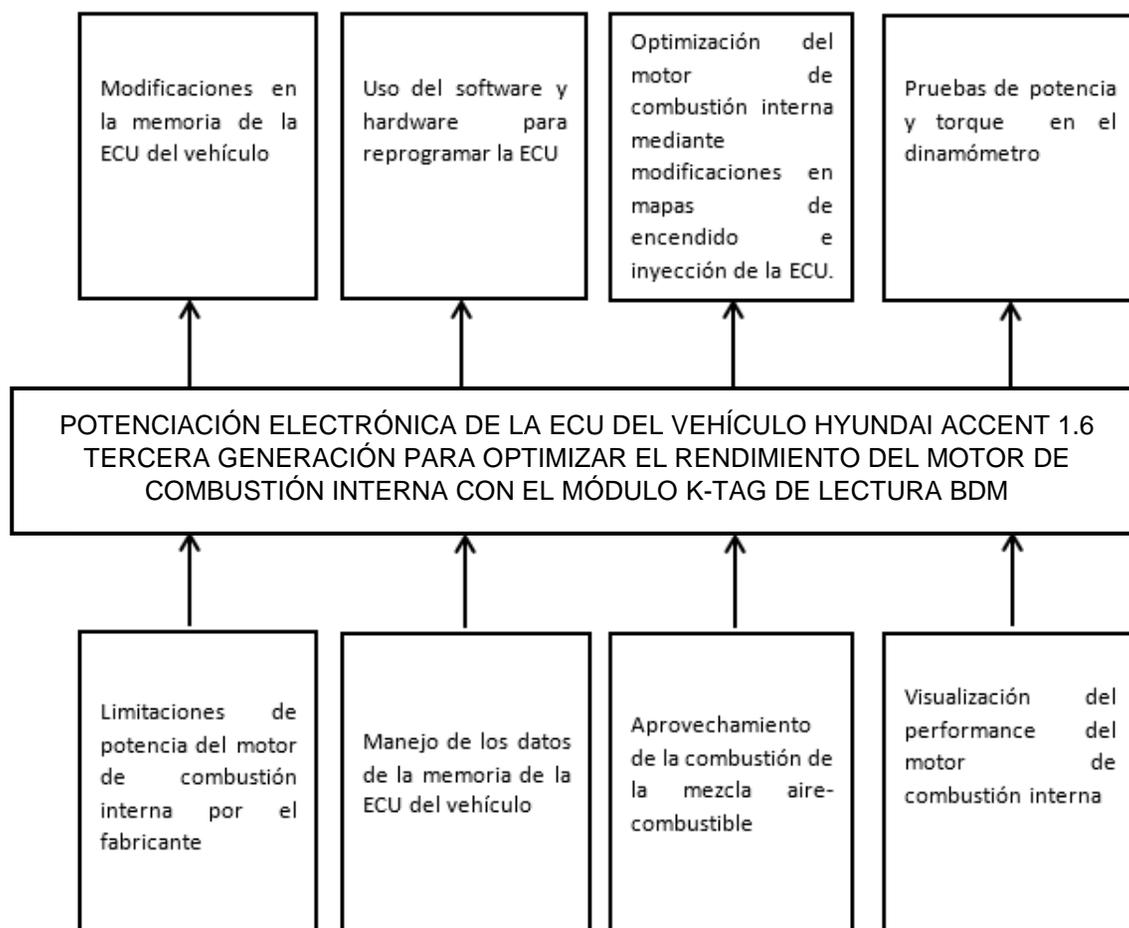


Figura 1. Árbol de planteamiento de los problemas.

En la figura 1. Muestra las problemáticas y soluciones que se desarrolló mediante este proyecto de investigación de: Potenciación electrónica de la ECU del vehículo Hyundai Accent 1.6 tercera generación para optimizar el rendimiento del motor de combustión interna con el módulo K-TAG de lectura BDM.

El avance tecnológico en el área de Ingeniería Automotriz ha ido desarrollando nuevas aplicaciones relacionado con la Ingeniería de software, con este contexto es

necesario reducir las limitaciones de los parámetros que influyen en el rendimiento del motor de combustión interna generados por el fabricante, a través del manejo de datos de la memoria de la ECU, para mejorar el aprovechamiento de la combustión de la mezcla aire – combustible por medio de modificaciones de los valores del programa de la unidad de control y, de esta manera visualizar un incremento en el performance del motor de combustión interna. Con este propósito se realizaron modificaciones del fabricante en base a pruebas, análisis porcentual, manejo de mapas tridimensionales, software y equipos especializados para optimizar el desempeño del motor, verificando a través de pruebas de potencia y torque en un dinamómetro.

En tal virtud, el problema a investigar es el desarrollo de la **POTENCIACIÓN ELECTRÓNICA DE LA ECU PARA OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.**

1.3. Descripción resumida del proyecto

Se realizó la búsqueda en bases digitales de investigaciones pertinentes, páginas web de empresas dedicadas a la reprogramación de centralitas y publicaciones de sitios web confiables, con lo cual se obtuvo la información base para desarrollar una correcta potenciación.

Se investigó tipos, marcas y versiones de ECUs para comprobar los protocolos de lectura disponibles en el hardware denominado K-TAG con la finalidad de determinar la factibilidad del proceso de reprogramación.

Se efectuaron lecturas de la computadora estándar mediante el módulo K-TAG y el software K-SUITE para extraer tanto la memoria del microprocesador como la EEprom de la ECU, obteniendo finalmente un programa con todos los parámetros de inyección, avance de inyección, limitadores, control de aire, par motor, etc.; este programa puede mostrar todos los parámetros mencionados a través de mapas los cuales pueden ser modificados

Se realizaron modificaciones en los mapas principales como son carga del motor, adelanto de chispa e inyección para mejorar de esta manera el rendimiento del motor.

Además, se ejecutaron pruebas en el dinamómetro para obtener las curvas de potencia y torque, con la finalidad de tener un punto de referencia para realizar las modificaciones de los valores del programa estándar de la ECU mediante el software especializado.

Se reprogramó la unidad de control del vehículo, posteriormente se realizó un análisis del rendimiento del motor específicamente torque y potencia, para efectuar comparaciones entre los valores producidos del motor potenciando electrónicamente con los valores estándar; con lo cual se demostró la eficiencia e importancia del software y hardware en la lectura, mapeo y reprogramación de centralitas.

1.4. Justificación e importancia

Con el pasar de los años la industria automotriz ha ido creciendo y por lo tanto innovando en todos sus aspectos, pero uno de los más importantes es el electrónico

mejorando significativamente los parámetros de rendimiento y combustión de los motores de modelos diferentes de vehículos.

Es factible modificar parámetros electrónicos que se encuentran almacenados en la memoria de la unidad de control; para realizar este proceso es importante conocer los distintos software y hardware existentes en el mercado que permitan realizar la reprogramación y potenciación del motor de combustión interna sin necesidad de acudir a modificaciones mecánicas.

Inicialmente se efectuó la lectura y extracción de los archivos contenidos en la ECU estándar con el módulo K-TAG de lectura BDM, seguido de un análisis de los mismos para la posterior selección del software que contenga el driver o mapas base que permita realizar las modificaciones. Con estos mapas base se procedió a modificar los valores originales de la ECU previo a algunas interpretaciones necesarias para determinar que valores y en qué porcentaje es posible su modificación.

Se efectuó una reprogramación de la ECU con los valores modificados utilizando el hardware con los respectivos protocolos de lectura para llevar a cabo un proceso eficaz.

Es posible analizar los parámetros de rendimiento, torque, potencia del motor con los archivos originales de la centralita, además con los archivos modificados para comprobar la mejora de los mismos y dar factibilidad a esta investigación con la finalidad de poder introducirse más a fondo en el mapeo de centralitas para generar avances tecnológicos.

Esta investigación tiene la capacidad de generar nuevos métodos, temas de investigación y conocimiento al contar tanto con las bases como de recursos necesarios para que más estudiantes se especialicen en el campo de la electrónica automotriz.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo general

- Realizar la potenciación electrónica de la ECU del vehículo Hyundai Accent 1.6 tercera generación para optimizar el rendimiento del motor de combustión interna con el módulo K-TAG de lectura BDM

1.5.2. Objetivos específicos

- Investigar en bases digitales fiable acerca de la potenciación electrónica de ECUs.
- Seleccionar el software y hardware que permitan la lectura, mapeo y reprogramación de la ECU del motor Hyundai Accent 1.6.
- Determinar las características y el funcionamiento del módulo K-TAG para extraer los datos de la ECU contenidos en las memorias micro, flash y EEPROM.
- Seleccionar el archivo que contiene los mapas potenciales para reprogramar por medio del software ECM TITANIUM para posteriormente ser escrito en la memoria de la ECU.

- Efectuar pruebas de consumo de combustible y análisis de gases del vehículo con la ECU potenciada electrónicamente y realizar un monitoreo de la misma mediante escáner.
- Realizar pruebas en el dinamómetro para obtener las curvas de torque y potencia con la ECU en sus valores estándar y modificados.
- Analizar los datos adquiridos para determinar las variaciones existentes entre las reprogramaciones y la ECU original del vehículo Hyundai Accent 1.6 de tercera generación.

1.6. Metas

- Ejecutar un proceso de potenciación mediante el uso de hardware y software que permita realizar la lectura, mapeo y reprogramación de la ECU con la finalidad de aumentar la potencia del motor entre un 5% a 15% y optimizar el proceso de combustión.
- Obtener los mapas con los valores estándar de la ECU correspondientes al sistema de inyección, avance de encendido y control de aire para realizar la modificación de los mismos; para posteriormente realizar un análisis de la eficacia del software y por ende del rendimiento del motor de combustión interna; todo esto con la finalidad de efectuar un proyecto de calidad que sirva como guía y fuente de consulta acerca de la potenciación electrónica de ECUs.

1.7. Hipótesis

¿El uso de un hardware y software para realizar la potenciación de una ECU con sus valores originales permitió optimizar e incrementar el rendimiento del motor de combustión interna en un 5% al 15% sin la necesidad de recurrir a modificaciones mecánicas?

1.8. Variables de investigación

1.8.1. Variable independiente

Potenciación electrónica de la ECU con el módulo K-TAG

1.8.2. Variable dependiente

Optimización del rendimiento del motor de combustión interna

1.8.3. Operacionalización de las variables

- **Variable independiente**

Tabla 1

Operacionalización de la variable independiente

Concepto	Categorías	Indicadores	Items	Técnica	Instrumentos
Es la optimización de la performance del motor de combustión interna mediante el uso del módulo K-TAG el cual se utilizó para leer y escribir la centralita en el banco	Tecnológico	Protocolos de comunicación	CAN Bus	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba
		Lectura de memorias	BDM	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba
		3 tipos de memorias	FLASH	Experimental	Protocolo de prueba

CONTINÚA 

de trabajo: con la posibilidad de acceder a cada uno de los componentes, microprocesador, EEPROM y memoria flash, por medio de la herramienta directamente al circuito de la unidad de control motor

	EPROM (MICRO) EEPROM	Prueba de laboratorio
Asignación de memoria	Hexadecimal	Experimental Prueba de laboratorio
		Protocolo de prueba

- **Variable dependiente**

Tabla 2

Operacionalización de la variable dependiente.

Concepto	Categorías	Indicadores	Ítem	Técnica	Instrumentos
Potenciar los datos específicos que se obtienen de la memoria de la ECU para conseguir una mejora en el desempeño del motor, que se hallan visualizados en el aumento de potencia, torque y reducción de consumo de combustible	Parámetros de información	Temperatura del refrigerante	V — $^{\circ}C$	Experimental Prueba laboratorio Medición	Protocolo de prueba
		Temperatura del aire en la admisión	V — $^{\circ}C$	Experimental Prueba laboratorio Medición	Protocolo de prueba
		Velocidad	RPM	Experimental Prueba laboratorio Medición	Protocolo de prueba
		Posición de la mariposa de aceleración	V — %	Experimental Prueba laboratorio Medición	Protocolo de prueba
		Avance de encendido	$^{\circ}$ — %	Experimental Prueba laboratorio Medición	Protocolo de prueba
		Ajuste de combustible	%	Experimental Prueba laboratorio Medición	Protocolo de prueba
			V	Experimental	

CONTINÚA 

Presión absoluta múltiple	del	<i>mmHg</i>	Prueba laboratorio Medición	de	Protocolo de prueba	de
Flujo de aire	másico	$\frac{V}{g/seg}$	Experimental Prueba laboratorio Medición	de	Protocolo de prueba	de
Ancho de pulso encendido	de de	ms	Experimental Prueba laboratorio Medición	de	Protocolo de prueba	de
Mapeo encendido	de	Número	Metamatización Experimental Prueba laboratorio Medición	de	Protocolo de prueba	de
Mapeo combustible	de	Número	Metamatización Experimental Prueba laboratorio Medición	de	Protocolo de prueba	de
Niveles emisiones	de	ppm HC	Medición		Analizador de gases	de
Potencia, torque, consumo		HP Nm km/l	Experimental Prueba laboratorio Medición	de	Dinamómetro	

1.9. Metodología

1.9.1. Método Inductivo

Este método permitió realizar la modificación de los distintos parámetros que influyen en la potenciación electrónica de la ECU y, por medio de esta se obtuvieron datos del desempeño del motor de combustión interna para llegar a conclusiones generales.

1.9.2. Método Deductivo

Por medio de este método se determinó el comportamiento del motor en base a las variaciones de los datos que se obtuvieron de las pruebas de análisis de gases y eficiencia del consumo de combustible de las reprogramaciones con relación al estándar.

1.9.3. Método Analítico

Por medio de este método se obtuvieron los datos de la memoria de la ECU y, mediante estos se realizó el estudio de cada uno de ellos para determinar la influencia en el rendimiento del motor de combustión interna.

1.9.4. Método Experimental.

Por medio de este método se recopiló y modificó los datos de la memoria de la ECU para realizar la comparación del performance del motor de combustión interna potenciado con relación al estándar.

1.9.5. Método de Medición

Este método permitió obtener los valores en tiempo real de los datos de potencia, torque, análisis de gases y consumo de combustible del motor de combustión interna potenciado electrónicamente.

Tabla 3
Metodología

Táctica/Método	Descripción	Instrumento/Equipo	Laboratorio
Método Inductivo	Este método permitió realizar la modificación de los distintos parámetros que influyen en la potenciación electrónica de la ECU y, por medio de esta se obtuvieron datos del desempeño del motor de combustión interna para llegar a conclusiones generales.	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Hyundai - Accent 2010 • ECU • Laptop • Modulo K-TAG 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica
Método Deductivo	Por medio de este método se determinó el comportamiento del motor en base a las variaciones de los datos que se obtuvieron de las pruebas de del análisis de gases y eficiencia del consumo de combustible de las reprogramaciones con relación al estándar.	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Hyundai - Accent 2010 • ECU • Laptop • Modulo K-TAG 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica
Método Analítico	Por medio de este método se obtuvieron los datos de la memoria de la ECU y, mediante estos se realizó el estudio de cada uno de ellos para determinar la influencia en el rendimiento del motor de combustión interna.	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Hyundai - Accent 2010 • ECU • Laptop • Modulo K-TAG 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica
Método experimental.	Por medio de este método se recopiló y modificó los datos de la memoria de la ECU para realizar la comparación del performance del motor de combustión interna potenciado con relación al estándar.	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Hyundai - Accent 2010 • ECU • Laptop • Modulo K-TAG • Equipos de medición • Dinamómetro SAENZ 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica • AXR Preparación
Método de Medición	Este método permitió obtener los valores en tiempo real de los datos de potencia, torque, análisis de gases y consumo de combustible del motor de combustión interna potenciado electrónicamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Hyundai - Accent 2010 • ECU • Equipos de medición • Dinamómetro SAENZ 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica • AXR Preparación

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción.

Según (Haghighatkah, Anijamali, Pakanen, Oivo, & Kuvaja, 2017) en su artículo de investigación menciona que:

La industria automotriz está pasando por un cambio fundamental al pasar de una industria intensiva mecánica a una industria intensiva de software en la que la mayoría de la innovación y la competencia se basan en la competencia de la ingeniería de software. Hace sólo cuatro décadas, la industria del automóvil presencié el despliegue de pequeños programas de software que se utilizaban para controlar los motores y el sistema de encendido en particular. Las primeras generaciones de funciones de software en la industria del automóvil eran estrictamente locales y estaban funcionalmente y técnicamente aisladas de otras funciones de software. Ahora, las funciones de software son diversas y generalizadas en los sistemas de vehículos, y van desde software de control de bajo nivel hasta sistemas avanzados de asistencia al conductor y sistemas de información y entretenimiento. Además, son altamente interactivos y distribuidos a través de varias unidades de control electrónico (ECU), que están conectadas a través de varias redes dentro del vehículo. Más del 80% de las innovaciones en la industria del automóvil se realizan ahora mediante software intensivo. (p.2)

El software y hardware en la industria automotriz se encuentra en constante evolución. (Haghighatkah, Anijamali, Pakanen, Oivo, & Kuvaja, 2017):

Esto se evidencia en los vehículos premium, que contienen funciones de usuario compuestas por hasta 2.500 funciones de software atómicas individuales y desplegadas en más de 70 plataformas incrustadas. Además, en las últimas cuatro décadas, la cantidad de software en vehículos ha evolucionado de cero a cientos de millones de líneas de código, y se espera que este crecimiento continúe en el futuro. Las razones de este rápido desarrollo son la disponibilidad de recursos de hardware barato y poderoso y la demanda de innovación y nuevas funciones. La introducción de software en la industria del automóvil no sólo ha apoyado la realización de funciones innovadoras, sino que también ha reducido el consumo de gas y mejorado el rendimiento, la comodidad y la seguridad mediante la electrificación de sistemas automotrices. Además, el software es económicamente relevante porque tiene un costo de replicación insignificante, permite que el hardware se reutilice en diferentes vehículos, y permite la diferenciación en masa y la personalización. (p.4)

Según (Wong, Gao, Wong, K, & Vong, 2017) en su artículo científico menciona que:

Los motores modernos son controlados por las unidades electrónicas de control (ECU), que funcionan todos los actuadores del motor basados en las señales de varios sensores en el motor. Los parámetros de control de los actuadores se

almacenan en forma de tablas de consulta en la ECU. Tradicionalmente, estos parámetros se obtienen a través de una gran cantidad de experimentos de ensayo y error. Sin embargo, usar el enfoque tradicional para calibrar estos parámetros se vuelve más desafiante con la creciente incorporación de nuevas tecnologías en motores avanzados. Con el fin de reducir el número de experimentos requeridos en el proceso de calibración de los motores actuales, se propone un enfoque de calibración del motor punto por punto basado en métodos de aprendizaje automático. (p.1)

La ECU es el dispositivo electrónico que se encarga de controlar el funcionamiento del motor de combustión interna proporcionando señales a actuadores que son emitidas previamente por sensores.

Contiene principalmente juegos de tablas de consulta que almacenan los parámetros de control para cada actuador en el rango de funcionamiento del motor. La figura 2 muestra un ejemplo de tabla de consulta en una ECU (un mapa de combustible), en el que cada célula representa un punto de funcionamiento del motor y su valor de esta celda representa la cantidad de combustible a inyectar al motor en este punto de operación. Prácticamente, analizando las señales adquiridas desde los sensores, los ingenieros son capaces de calibrar los parámetros del actuador almacenados en la ECU para optimizar el rendimiento del motor (por ejemplo, minimizar la cantidad de emisiones indeseables del motor y maximizar la potencia del motor. (Wong, Gao, Wong K, & Vong, 2017, p.2)

RPM\Load	9	18	27	36	45	55	64	73	82	91	100
700	90	86	90	96	99	106	117	118	120	127	131
800	90	101	106	112	118	122	126	129	131	132	132
900	95	104	118	124	129	135	140	141	142	143	143
1100	95	108	120	127	133	138	142	143	145	146	147
1200	109	126	132	138	144	147	149	152	153	155	160
1400	90	114	129	137	143	147	151	153	153	154	155
1700	90	114	127	133	140	146	148	150	151	154	155
1900	112	136	145	152	156	158	161	162	163	163	164
2200	123	145	154	160	163	165	169	172	173	174	175
2500	130	149	156	163	168	172	174	176	180	182	183
2900	134	155	163	168	174	179	182	182	183	184	185
3400	130	156	165	171	178	183	186	186	186	187	187
3900	118	146	157	163	170	175	179	180	182	183	183
4500	118	135	147	154	159	167	170	171	171	172	172
5200	123	134	146	153	158	166	169	170	170	170	170
6000	118	120	134	143	148	156	159	161	161	162	162

Figura 2. Mapa de inyección de combustible

2.2. Unidad de control ECU

La unidad de control ECU es el cerebro del motor puesto que administra todos los aspectos de combustión del mismo.

La principal función de las ECUs es recibir las diferentes señales de los sensores, procesa la información recibida y finalmente comanda a los actuadores, gracias a esto se puede tener un rendimiento óptimo. La ECU es un componente más del vehículo que se puede dañar, romper o desprogramar, produciéndose una falla total de vehículo, ya que si esta presenta problemas es imposible ponerse en marcha. (Grijalva, 2012, p.2)

La ECU consiste en un procesador de alto rendimiento, el microprocesador procesa los datos de un programa que está almacenado en la memoria EEprom. En los motores a gasolina la función principal es determinar la cantidad de gasolina inyectada, lógicamente esto depende de la cantidad de aire admitido, para tener una mezcla exacta para un buen rendimiento. (Grijalva, 2012, p.2)



Figura 3. ECU KEFICO.

“La unidad electrónica de control realiza el procesamiento de las señales de los sensores para el comando de los actuadores en referencia a una base de datos que tiene almacenado internamente” (Vera, 2014, p.3).

La ECU efectúa el control de:

- Control de inyección de combustible
- Control de la bobina de encendido
- Control del régimen de ralentí.
- Control de la bomba de combustible
- Control de otros actuadores (Vera, 2014,p.3)

2.2.1. Control de inyección de combustible.

En un motor con sistema de inyección de combustible, una ECU determina la cantidad de combustible que se inyecta basándose en un cierto número de parámetros receptados en una forma de señal eléctrica.

Si el acelerador se está presionado a fondo, la ECU abre ciertas entradas para que la entrada de aire al motor sea mayor. La ECU por ende inyecta más combustible según la cantidad de aire que esté pasando al motor. Si el motor no ha alcanzado la temperatura suficiente, la cantidad de combustible inyectado es mayor (haciendo que la mezcla sea más rica hasta que el motor esté caliente). (Cuenca, 2013, p.7)

2.2.2. Control de chispa (bobina de encendido)

La bobina es el actuador encargado de proporcionar la chispa para el encendido del motor.

Un motor de cuatro tiempos necesita para iniciar la combustión una chispa en la cámara de combustión. Una ECU puede ajustar el tiempo exacto de la chispa (llamado tiempo de ignición) para proveer una mejor potencia y un menor gasto de combustible. Si la ECU detecta golpeteo de bielas en el motor, y "analiza" que esto se debe a que el salto de la chispa se está adelantando al momento de la compresión, esta retarda el tiempo en el que se produce la chispa para prevenir dicha situación. Una segunda, y más común causa que debe detectar este sistema es cuando el motor gira a muy bajas revoluciones para el trabajo que se le está pidiendo al coche. Este caso se resuelve impidiendo a los pistones moverse hasta que no se haya producido la chispa, evitando así que el momento de la combustión se produzca cuando los pistones ya han comenzado a expandir la cavidad. (Cuenca, 2013, p.7)

2.2.3. Control del régimen de ralentí

“Aumenta el régimen de marcha en vacío cuando el voltaje de la batería es bajo, o cuando hay muchos interruptores de carga accionados” (Laica, 2012,p9).

2.2.4. Control de la bomba de combustible

(Laica, 2012) Afirma: “La ECU controla, el voltaje aplicado a la bomba de combustible, éste reduce el voltaje aplicado a la bomba de combustible para así reducir el ruido de la bomba de combustible y el consumo de energía eléctrica en ralentí” (p.9).

2.2.5. Control de la distribución de válvulas

Es un sistema que permite controlar y variar la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape. (Laica, 2012) Establece que:

Algunos motores poseen distribución de válvulas. En estos motores la ECU controla el tiempo en el ciclo del motor en el que las válvulas se deben abrir. Las válvulas se abren normalmente más tarde a mayores velocidades que a menores velocidades. Esto puede optimizar el flujo de aire que entra en el cilindro, incrementando la potencia y evitando la mala combustión de combustible. (p.9)

2.3. Bloques de una ECU

Las ECUs se dividen en los siguientes bloques:

- Bloque de alimentación S4
- Bloque de entrada S1

- Bloque de control o procesamiento S2, S3
- Bloque de potencia S5 (Grijalva, 2012,p.3)

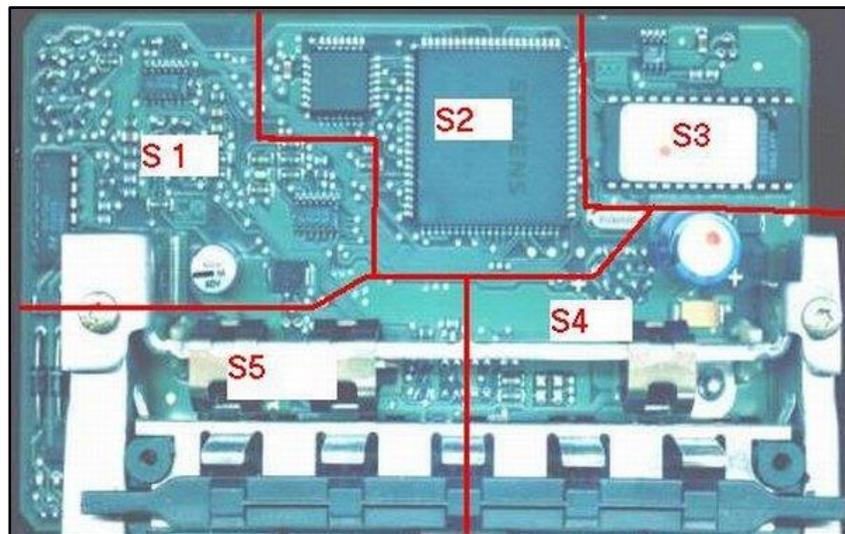


Figura 4. Bloques de la ECU.
Fuente: (Serravalle, 2011)

2.3.1. Bloque de Entrada (S1):

“Son los circuitos que actúan como receptores de las distintas señales de los sensores, como filtros, amplificadores, conversores análogos a digital, etc. Estas señales que van a ingresar al microprocesador son tratadas por estos circuitos antes que ingresen al mismo” (Grijalva, 2012, p.3).



Figura 5. Circuitos receptores.

2.3.2. Bloque de Control o Procesamiento (S2, S3):

“Es todo el circuito que desarrolla las funciones programadas y que están constituidos por el procesador, memorias y todo circuito que se vea involucrado en la ejecución del software” (Grijalva, 2012,p.3).



Figura 6. Microprocesador ECU KEFICO M7.9.8

2.3.3. Bloque de salida (S5):

De igual manera en que las señales eléctricas son tratadas antes de llegar al microprocesador, existen circuitos a la salida del mismo. (Grijalva, 2012) “Elementos como amplificadores, circuitos de potencia, drivers. Los que son controlados por el microprocesador actuaran sobre los diferentes actuadores o periféricos de potencia como bobinas, inyectores, relés, etc” (p.4).



Figura 7. Drivers.

2.3.4. Bloque de Alimentación o Soporte (S4):

“Estos componentes tienen como función alimentar a los circuitos internos mencionados anteriormente. Es la fuente de alimentación de la ECU. Conformada por, transistores, diodos, condensadores, reguladores de voltaje, etc” (Grijalva, 2012,p.4).

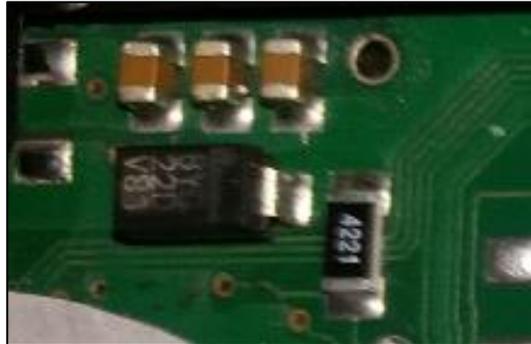


Figura 8. Circuito fuente.

2.4. Microcontrolador

El microcontrolador es el dispositivo que se encarga de recibir, interpretar y enviar señales para diferentes sensores y actuadores del sistema del motor.

Un microcontrolador es un elemento que puede ser programado mediante líneas de datos o comandos desde un lenguaje propio, este recibe señales y en base a esta programación toma decisiones para activar o no sus salidas para el control de los elementos de potencia. (Fernandez, 2015)



Figura 9. Microcontrolador ST10F275

(Fernandez, 2015): “El microcontrolador posee todos los módulos y memorias internamente”.

2.5. Memorias de la ECU

Existen diversas memorias que forman parte de la unidad de control del motor, encargadas del almacenamiento y procesamiento de los datos que se encargan del correcto funcionamiento del mismo.

Memoria ROM: (Tocci & Widmer, 2003) “Están diseñadas para retener datos que son permanentes o que no cambian con mucha frecuencia. No puede escribirse nuevos datos en una ROM pero si puede leerse información en ella” (p.632).

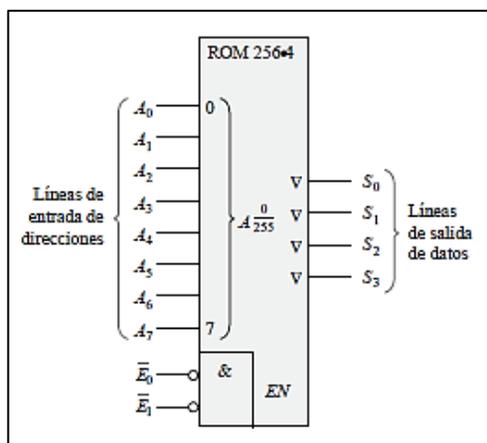


Figura 10. Memoria ROM.

Fuente: (Floyd, 2006)

Memoria RAM: “Son memorias de lectura-escritura en las que los datos se pueden escribir o leer en cualquier dirección seleccionada en cualquier secuencia. Cuando se

escriben los datos en una dirección, los datos almacenados son reemplazados por la nueva unidad de datos” (Floyd, 2006, p.607).

La memoria RAM cumple tres funciones dentro de la ECU. Estas funciones son las siguientes:

- Actúa como libreta de apuntes siempre que se necesita hacer un cálculo matemático.
- Almacenar información en el sistema multiplicador de aprendizaje a bloques (BLM), cuando el motor esta apagado o funciona en lazo abierto.
- Almacenar los códigos de diagnóstico cuando se ha detectado una falla en el sistema.

(Laica, 2012, p.7)

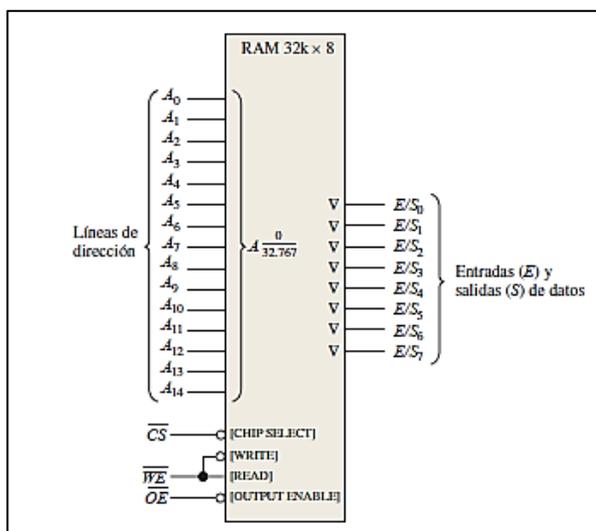


Figura 11. Memoria RAM.

Fuente: (Floyd, 2006)

Memoria PROM: Son dispositivos que solamente se programan una vez. “Una vez programada una PROM no puede borrarse. Si el programa en la PROM es erróneo, la misma debe ser cambiada” (Tocci & Widmer, 2003,p.641).

Memoria EPROM: Una EPROM es una PROM borrable. “Puede borrarse y reprogramarse tantas veces como se desee. Una vez programada es una memoria no volátil que contendrá sus datos almacenados indefinidamente” (Tocci & Widmer, 2003,p.642).

La EPROM funciona junto con la ROM para las funciones de ajuste del control de combustible, tiempo de encendido, carga del motor, limitadores etc.

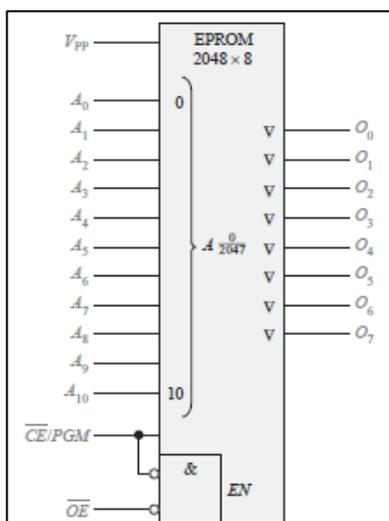


Figura 12. Memoria EPROM.

Fuente: (Floyd, 2006)

Memoria EEPROM: “Conserva la estructura de la EPROM, pero posee una región muy delgada encima del electrodo de drenaje de la celda de memoria MOSFET. Esta

modificación es la principal característica: su facilidad para el borrado eléctrico” (Tocci & Widmer, 2003, p.644).

“Las EEPROM se pueden programar y borrar rápidamente dentro del propio circuito final con fines de reprogramación” (Floyd, 2006,p.631).

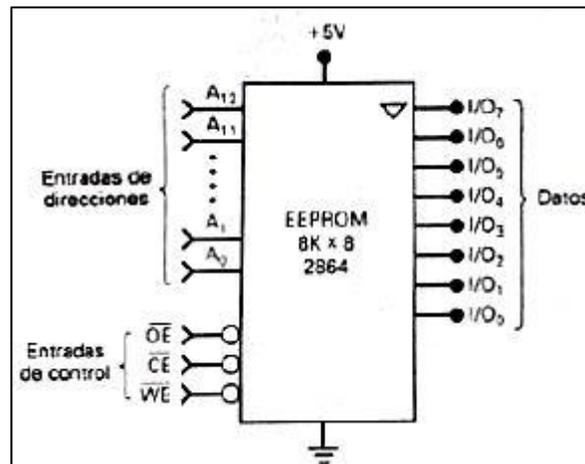


Figura 13. Memoria EEPROM.
Fuente: (Tocci & Widmer, 2003)

Memoria FLASH: “Son memorias de lectura y escritura de alta densidad (gran capacidad de almacenamiento de bits) no volátiles, lo que significa que pueden almacenarse los datos indefinidamente en ausencia de alimentación” (Floyd, 2006, pp.632-633).

“Las memorias Flash son memorias que pueden ser escritas, leídas y borradas en forma eléctrica” (Augeri, 2015)



Figura 14. Memoria FLASH.

Fuente: (Augeri, 2015)

2.6. Métodos de reprogramación

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

- Flash
- ECU programable
- ECU estándar (Díaz & Sopa, 2013,p.13)

2.6.1. Reprogramación flash

(Díaz & Sopa, 2013): “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” (p.14).

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 crucero, control de las emisiones, facilidad de conducción y el rendimiento. (Díaz & Sopa, 2013,p.14)

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. (Semanate, 2016,p.53)

2.6.2. Reprogramación ECU programable

(Díaz & Sopa, 2013) “La ECU programable es una categoría especial de las Unidades de Control, ya que su comportamiento no está prefijado, es decir, sus parámetros deben ser configurados por el usuario” (p.27).



Figura 15. ECU Programable Haltech

Fuente: (Haltech, 2012)

Las ECUS programables son utilizadas cuando se realizan modificaciones que varían los parámetros de fábrica del vehículo.

Estas modificaciones pueden ser la instalación o cambio del turbocompresor, interpolar, cambio de tipo de combustible, etc. Como consecuencia la ECU de fábrica no realiza un control adecuado con la nueva configuración. Es en estos casos en los que la ECU programable es la solución, estas son mapeadas o programadas desde un computador vía conector USB, mientras el motor está en marcha. (Díaz & Sopa, 2013, p.27)

(Díaz & Sopa, 2013) Indican que: “La ECU programable debe controlar la cantidad de combustible a inyectar en cada cilindro. Esta cantidad varía dependiendo en las RPM del motor y en la posición del pedal de aceleración (o la presión del colector de aire)” (p.27)

El controlador del motor puede ajustar esto mediante una hoja de cálculo dada por el portátil en la que se representan todas las intersecciones entre valores específicos de las RPM y de las distintas posiciones del pedal de aceleración. Con esta hoja de cálculo se puede determinar la cantidad de combustible que es necesario inyectar. (Díaz & Sopa, 2013, p.27)

Modificando estos valores mientras se monitoriza el escape utilizando un sensor de oxígeno se observa si el motor funciona de una forma más eficiente o no, de esta forma encuentra la cantidad óptima de combustible a inyectar en el motor para

cada combinación de RPM y posición del acelerador. Este proceso es frecuentemente llevado a cabo por un dinamómetro, dándole al manejador del combustible un entorno controlado en el que trabajar. (Díaz & Sopa, 2013, p.27)

2.6.3. Reprogramación ECU estándar

Esta reprogramación se la efectúa en la ECU original del automóvil, cuando se desea mejorar los parámetros con que el vehículo ha salido de fábrica. Los mapas y valores a modificar son los originales.

El proceso de reprogramación consta de los siguientes pasos:

- Lectura del archivo de la ECU.
- Modificación de mapas.
- Escritura del archivo modificado en la ECU.

a) Lectura del archivo de la ECU

Los parámetros de funcionamiento del motor están contenidos en la memoria de la ECU. Información que se obtiene tras realizar la lectura obteniendo un archivo el cual se puede modificar con el software adecuado.

No todas las memorias pueden ser leídas de la misma manera, este proceso depende del año, modelo del vehículo, y marca de ECU; según estas condiciones se presentan los siguientes casos.

- **Desoldar la memoria**

Este proceso es necesario en algunos vehículos antiguos, en los cuales la única forma de obtener la información de la memoria es desoldarla y colocarla en un lector de memorias para leerla.

- **Desmontar la memoria:**

“Existe otro tipo de vehículos en los que no es necesario desoldar la memoria ya que esta viene incrustada en un sócalo en cual permite su desmontaje sin riesgo de que ocurran daños en la misma” (Díaz & Sopa, 2013, p.22).

El archivo que contiene las cartografías es obtenido mediante un programador de memorias.



Figura 16. Sócalo para la Memoria.

Fuente: (GM-ECU, 2009)

- **Lectura por el conector de diagnóstico**

En el mercado existen varios modelos de equipos para realizar la lectura de los datos de la memoria de la ECU a través del puerto OBD. Un ejemplo de esta interface es el Kess V2. Este equipo sirve para leer como para grabar la información de la ECU.



Figura 17. KES V2.
Fuente: (I.T.A.A, 2015)

- **Lectura mediante el puerto BDM**

Para programar la memoria FLASH interna del dispositivo se ha implementado una técnica de programación llamada BDM que traduce "Background Debug Mode "y consiste en acceder a la memoria FLASH para leerla y escribirla, pero con la particularidad de poder hacerlo sin ocupar la CPU para dicho proceso, de esta manera es como tener un espía dentro del dispositivo que no solo graba información en memoria FLASH, sino que también puede monitorear el funcionamiento de la CPU y sus registros internos. (Fernandez, 2015)



Figura 18. Puerto BDM.

Para realizar la lectura de las memorias que tienen estos microcontroladores por lo general se necesita de equipos como K-TAG o Kess, los cuales permiten conectarse al equipo como interfaz con un ordenador o laptop en donde se puede guardar los archivos leídos previa conexión del puerto BDM.



Figura 19. K-TAG conectado a la ECU.

(Fernandez, 2015): “Estos equipos basados en los protocolos seriales de comunicación tipos SPI acceden a las memorias internas de los microcontroladores que poseen la información de mapas cartográficos y datos del inmovilizador”.

b) Modificación de mapas

“Existen varios tipos de software para realizar la modificación de los mapas, la diferencia que existe entre ellos son la cantidad de opciones que presentan, claro que esto también depende del vehículo que se esté modificando” (Díaz & Sopa, 2013, p.26)

Los softwares más utilizados son: ECM2001, WINOLS, TUNERPRO, ECM TITANIUM, RACE EVO los cuales ofrecen diferentes características al usuario y algunos poseen versiones gratuitas.

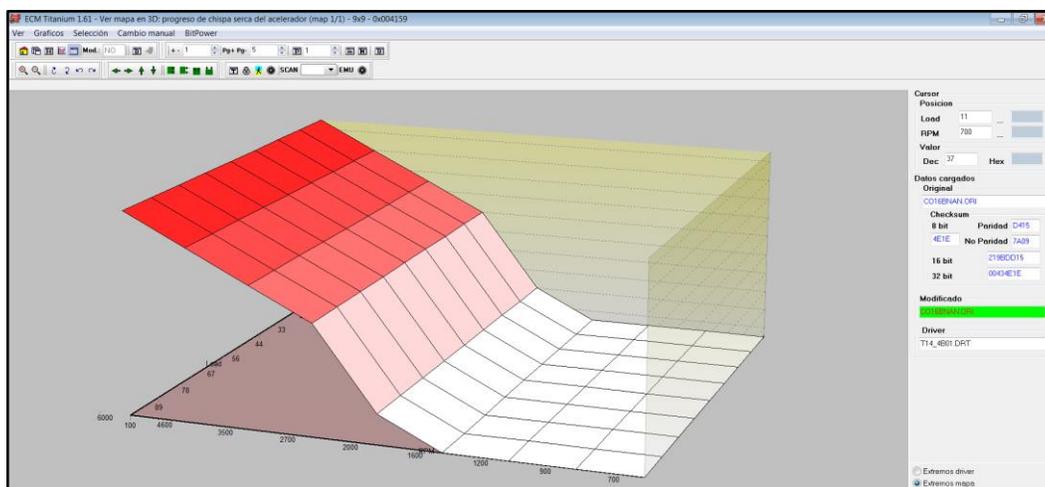


Figura 20. Mapa en ECM TITANIUM.

c) Escritura del archivo modificado en la ECU

Una vez realizadas las modificaciones deseadas se procede a reescribir el archivo nuevamente en la memoria de la ECU, para esto se procede de acuerdo como se realizó la lectura, es decir, si se obtuvo la información directamente de la memoria, se lo realiza mediante conector de diagnóstico o mediante lectura BDM.

2.7. Parámetros mapeados

- Ignición: Define cuando la bujía debe disparar la chispa en el cilindro.
- Límite de revoluciones: Define el máximo número de revoluciones por minuto que el motor puede alcanzar. Más allá de este límite se corta la entrada de combustible.

- Correcta temperatura del agua: Permite la adicción de combustible extra cuando el motor está frío (estrangulador).
- Alimentación de combustible temporal: Le dice a la ECU que es necesario un mayor aporte de combustible cuando el acelerador es presionado.
- Modificador de baja presión en el combustible: Le dice a la ECU que aumente el tiempo en el que actúa la bujía para compensar una pérdida en la presión del combustible.
- Sensor de oxígeno (sensor lambda): Permite que la ECU posea datos permanentes del escape y así modifique la entrada de combustible para conseguir una combustión ideal.
- Algunas de las unidades de carreras más avanzadas incluyen funcionalidades como control de salida, limitación de la potencia del motor en la primera marcha para evitar la rotura de éste, etc.
- Inyección Banked: Configura el comportamiento del doble de inyectores por cilindro, usado para conseguir una inyección de combustible más precisa y para atomizar en un alto rango de RPM.
- Tiempo variable de levas: Le dice a la ECU como controlar las variables temporales en las levas de entrada y escape. (Cuenca, 2013, pp.8-9)

2.8. CheckSum

Es la suma de verificación matemática de todos los valores almacenados en una memoria para proteger la integridad de los mismos, verificando que no existan errores al hacer una comprobación inicial y otra final.

El sistema más simple de detección de errores es el llamado algoritmo de CheckSum, o suma de comprobación. Se basa simplemente en añadir al final del bloque de datos la suma de todos ellos. El receptor debe comprobar que este dato corresponde efectivamente con la suma de los datos recibidos. Cuando no se realiza este proceso se dice que ha ocurrido un error en la programación, en este caso se debe solicitar al transmisor que repita el bloque de datos. (Semante, 2016, p.69)

“Inicialmente cuando se coloca la ignición el procesador lee todos los valores almacenados en cada dirección de la memoria y los suma matemáticamente” (Augeri, 2015).

Dirección	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
094AC0	CD	CC	66	E6	BE	FF	00	00	77	01	6D	02	63	03	43	05
094AD0	12	07	EA	08	AE	0A	5F	0C	06	0E	AB	0F	4D	11	00	00
094AE0	6C	01	58	02	44	03	19	05	E3	06	B1	08	79	0A	34	0C
094AF0	E3	0D	91	0F	3B	11	00	00	61	01	46	02	2A	03	F4	04
094B00	B8	06	7D	08	43	0A	07	0C	BF	0D	76	0F	28	11	00	00
094B10	56	01	33	02	10	03	D0	04	8C	06	47	08	09	0A	CF	0B
094B20	94	0D	56	0F	11	11	00	00	4B	01	21	02	F8	02	A9	04
094B30	5E	06	13	08	D0	09	97	0E	64	0D	30	0F	F5	10	00	00
094B40	43	01	16	02	E8	02	90	04	40	06	F2	07	AC	09	71	0B
094B50	40	0D	11	0F	DD	10	00	00	3A	01	0D	02	DF	02	83	04
094B60	2E	06	DF	07	97	09	57	0E	24	0D	F7	0E	C5	10	00	00
094B70	2A	01	FE	01	D5	02	7D	04	22	06	CE	07	7E	09	36	0B
094B80	FB	0C	C8	0E	A6	10	00	00	20	01	F2	01	C2	02	67	04
094B90	14	06	C2	07	6F	09	23	0E	E5	0C	A5	0E	A5	10	00	00
094BA0	13	01	E7	01	BC	02	67	04	13	06	C0	07	6C	09	1B	0B
094BB0	DB	0C	8E	0E	A3	10	00	00	04	01	DE	01	B6	02	69	04
094BC0	17	06	BF	07	6B	09	18	0E	D8	0C	84	0E	A2	10	00	00
094BD0	F3	00	CF	01	AD	02	65	04	14	06	BC	07	68	09	18	0B
094BE0	D8	0C	83	0E	A1	10	00	00	E4	00	BB	01	9B	02	50	04
094BF0	FE	05	AB	07	5D	09	13	0E	DA	0C	86	0E	A2	10	00	00
094C00	F4	00	A0	01	7D	02	33	04	E3	05	93	07	48	09	06	0B
094C10	D5	0C	89	0E	A2	10	00	00	E8	00	83	01	5A	02	0A	04
094C20	BC	05	6F	07	29	09	EE	0A	C4	0C	85	0E	A2	10	00	00
094C30	D7	00	6A	01	3C	02	E8	03	9A	05	4F	07	0D	09	D8	0A
094C40	B3	0C	7F	0E	A2	10	05	00	05	0A	12	1A	00	00	2B	00
094C50	38	00	43	00	52	00	05	00	00	00	33	03	66	06	9A	09
094C60	CD	0C	00	00	2B	00	35	00	40	00	4B	00	80	00	80	00
094C70	80	00	80	00	80	00	03	F3	F9	00	00	00	00	00	00	08
094C80	80	05	80	00	80	02	80	02	00	08	00	08	00	08	00	08
094C90	80	05	80	00	80	02	80	02	00	08	00	08	00	08	00	08
094CA0	80	05	00	FF	00	00	00	00	80	03	00	04	00	04	00	05
094CB0	80	02	00	FE	00	FF	00	FF	00	01	00	02	00	02	00	05
094CC0	80	02	80	FD	80	FE	80	FE	00	FF	80	01	80	01	00	05

Dirección	094AC0															
Datos EPROM cargados	Checksum Paridad No Paridad 16 bit LH DWord															
Original	BACKUP_HYUNDAI_ACCEN	0625	DFA7	267E	3DB45DA7	08C70625										
Modificado	BACKUP_HYUNDAI_ACCEN	0625	DFA7	267E	3DB45DA7	08C70625										

Figura 21. Datos del mapa de carga de motor en Hexadecimal

La memoria tiene lugares donde guardar esos valores o datos calculados, esta capacidad de guardar en mayor o menor medida depende de la misma capacidad en Mb de la memoria.

En muchas unidades de control un error de CheckSum no deja que el procesador ni siquiera accione el relé de la bomba de combustible ni se realicen las funciones mínimas y por supuesto el motor no arranca. La condición de no arranque se realiza porque no se efectúa ninguna operación ante el error de CheckSum. (Augeri, 2015)

Una vez obtenido el CheckSum este debe coincidir con un número que puede estar alojado en forma externa a la memoria o puede estar escrito dentro de la misma memoria que se leyó, en una ubicación conocida por el controlador.

Es por esto que la modificación de datos dentro de la memoria, por ejemplo, cuando se realizan correcciones cartográficas en trabajos de potenciación, altera el CheckSum. Entonces este debe ser compensado o reescrito nuevamente en las direcciones correctas a los efectos que siga coincidiendo el valor calculado con el escrito, y de esta forma no generar error. (Augeri, 2015)

2.9. Sensores y actuadores que intervienen en el proceso de potenciación

En el sistema de inyección del vehículo lo componen diferentes sensores y actuadores, pero algunos representan mayor importancia puesto que intervienen directamente en la potenciación electrónica y en los análisis de gases y consumo correspondientes.

2.9.1. Sensor MAP.

Envía la información a la ECU para determinar la carga del motor mediante el cálculo del caudal másico de aire que determina la cantidad de combustible necesario y de esta manera optimizar la combustión.

Obtienen información sobre los cambios en la presión, en el vacío del motor y en el múltiple de admisión, enviando una señal a la ECU para que pueda controlar el

tiempo de ignición y ajustar la mezcla de aire combustible en las diferentes condiciones de carga del motor y altitud sobre el nivel del mar. (Laica, 2012,p.13)

(Chávez, 2014): “Al calcular la masa del aire que entra en el motor, temperatura del aire, y las rotaciones por minuto del motor, la ECU del motor puede determinar la densidad del aire que fluye en la mezcla de combustible” (p.19).

Cuando es colocado el contacto, el sensor MAP mide la presión atmosférica (altitud), para utilizarla como parámetro de altitud en todos los estados de marcha. Este valor de altitud es corregido por el microprocesador cada vez que el motor se encuentra en plena carga, pues en estas condiciones el vacío del múltiple es nulo (se equipara la presión absoluta del múltiple con la atmosférica). (Chávez, 2014, p.20)



Figura 22. Sensor MAP.
Fuente: (BOSCH, 2010)

2.9.2. Sensor de oxígeno

Este sensor se encarga de monitorear la cantidad de oxígeno existente en los gases después de la combustión

“El sensor de oxígeno determina la composición de los gases de escape, enviando una señal a la computadora para que realice los ajustes necesarios y se obtenga la relación óptima de aire-combustible” (Chávez, 2014, p.22).

(Chávez, 2014): “Si existe demasiado oxígeno en los gases de escape, significa una mezcla pobre (de 0.65 a 0.9V). Si existe poco oxígeno en la salida de los gases de escape, significa una mezcla rica (de 0.1 a 0.45V)” (p.22).



Figura 23. Sensor de oxígeno

2.9.3. Sensor TPS.

El sensor de posición del pedal del acelerador es de tipo potenciómetro y se encarga de informar a la ECU la posición de la mariposa en el cuerpo de aceleración.

El sensor de posición de la mariposa o TPS, está montado sobre el cuerpo de la válvula de aceleración, y convierte el ángulo de la válvula en una señal eléctrica mediante un potenciómetro de precisión. A medida que la válvula de aceleración se abre, la tensión de la señal eléctrica aumenta. El módulo de control utiliza esta señal para determinar si el motor se encuentra en ralentí, con la mariposa en

posición media o con la mariposa totalmente abierta; para la corrección de la mezcla aire/combustible, para la corrección del incremento de potencia y para el corte de combustible. (Laica, 2012,p.18)

Si no se ejerce ninguna acción sobre la mariposa entonces la señal esta en cero voltios, con una acción total sobre ésta, la señal es el máximo de la tensión, por ejemplo 4.6 voltios. Con una aceleración media la tensión es proporcional con respecto a la máxima, es decir 2.3 voltios. (Chávez, 2014, p.17)



Figura 24. Sensor TPS.
Fuente: (BOSCH, 2010)

2.9.4. Sensor ECT.

Sensor de temperatura del refrigerante del motor. Es el encargado de comunicar a la ECU la temperatura del refrigerante para que esta se encargue de la dosificación de combustible.

Es el encargado de enviar la señal que informa al computador la temperatura del refrigerante del motor, con el objetivo de que este pueda enriquecer

automáticamente la mezcla aire/combustible cuando el motor está frío y la empobrezca paulatinamente en el incremento de la temperatura, hasta llegar a la temperatura normal de funcionamiento, donde se dosifica una mezcla aire/combustible ideal. (Laica, 2012,p.20)



Figura 25. Sensor ECT.
Fuente: (BOSCH, 2010)

2.9.5. Sensor IAT

Sensor de temperatura del aire de admisión. Informa a la unidad de control la temperatura del aire de admisión.

Esta información junto con el flujo de masa de aire de ingreso le da al módulo de control una idea exacta de la masa y densidad del aire que ingresa al motor para poder inyectar un caudal preciso de combustible, para que la relación aire/combustible sea óptima. (Laica, 2012,p.23)

El sensor de temperatura del aire de admisión permite a la computadora corregir el tiempo de inyección con base en la densidad del aire que entra a las cámaras de combustión. Dependiendo de la temperatura del aire varía la cantidad de

oxígeno que entra y la computadora tiene que regular la cantidad de gasolina para corregir el punto estequiométrico. (Chávez, 2014, p.12)



Figura 26. Sensor IAT.
Fuente: (ECUMASTER, 2017)

2.9.6. Sensor CKP.

Sensor de posición del cigüeñal. Se encarga de informar a la ECU de la posición del cigüeñal para que esta determine el tiempo de encendido y de inyección. Pueden ser de tipo inductivos y de efecto hall.

Los sensores CKP generadores de frecuencia tienen en cuenta los dientes de la rueda dentada, ellos producen un ciclo por diente, es decir, el número de ciclos depende del número de dientes. Cuando el frente del sensor se localiza en el punto métrico, en la terminal de imán permanente el voltaje se eleva y en el terminal de conector eléctrico el voltaje baja, pero cuando el frente del sensor se localiza en un diente sucede todo lo contrario, en el terminal de imán permanente el voltaje baja y en el terminal de conector eléctrico el voltaje se eleva. (Chávez, 2014, p.14)



Figura 27. Sensor CKP.
Fuente: (BOSCH, 2010)

2.9.7. Sensor de detonación.

Tiene como función proporcionar un mejor desempeño de los motores, permiten que el punto de encendido trabaje lo más próximo al punto ideal.

El picado (detonación) puede producir daños permanentes en el motor. Los sensores de detonación se sitúan directamente en el bloque del motor donde se registra el origen del golpeo, y transfiere los datos al sistema de gestión del motor. Sirven para adelantar o retrasar el momento del encendido (punto de encendido), buscando siempre el mejor momento para la chispa. Estos valores se usan después para contrarrestar el problema y asegurar una combustión suave. Esto permite una mayor eficiencia y una vida útil más larga. (BOSCH, 2010)



Figura 28. Sensor de detonación.
Fuente: (BOSCH, 2010)

2.9.8. Inyector.

Es el encargado de inyectar la cantidad necesaria de combustible dentro del cilindro para realizar la combustión.

Este componente del sistema de inyección es el encargado de inyectar el combustible al interior del cilindro. Los inyectores pulverizan la gasolina dentro del múltiple de admisión en sincronización con la apertura de las válvulas las cuales permiten el ingreso del combustible a los cilindros de acuerdo a los requerimientos del vehículo. Los inyectores electrónicos se abren por medio de un solenoide eléctrico, y se cierran con un resorte; los inyectores continuos se abren, por la presión del combustible. (Laica, 2012, p.33)

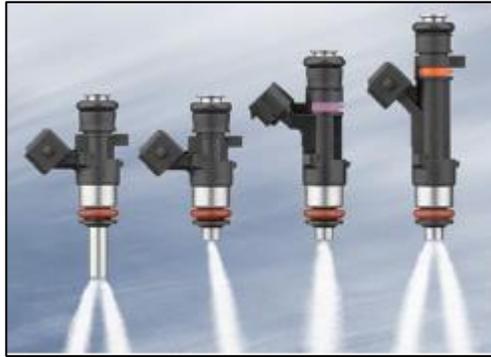


Figura 29. Inyector.
Fuente: (BOSCH, 2010)

2.9.9. Bobina de encendido

“Su función es proporcionar una tensión de alto voltaje a cada una de las bujías, por medio de cables de alta tensión, para que a la vez éstas generen la chispa necesaria para la inflamación del combustible” (Chávez, 2014, p.31).

La bobina es un transformador el cual tiene un devanado primario y un devanado secundario, el primario es en el cual se encuentra el positivo de contacto y la activación del PCM, y en el secundario se tiene los cables de alta tensión hasta las bujías. (Chávez, 2014, p.32)



Figura 30. Bobinas.
Fuente: (BOSCH, 2010)

CAPÍTULO III

REPROGRAMACIÓN DE LA ECU M7.9.8 A TRAVÉS DE HARDWARE Y SOFTWARE ESPECIALIZADO

En este capítulo se presenta la descripción, características y funcionamiento del software y hardware especializado para el desarrollo de la lectura, escritura y reprogramación de la ECU M7.9.8 del vehículo Hyundai Accent 1.6 litros.

3.1. Módulo K-TAG

K-TAG es una herramienta enfocada a la electrónica automotriz que se utiliza para leer y escribir la ECU del automóvil; pudiendo acceder a cada uno de los componentes como microprocesador, memoria flash y EEPROM conectando el módulo directamente al circuito impreso de la centralita.

La empresa Alientech provee este módulo en dos versiones:

- Master: que incluye todos los protocolos y procedimientos para trabajar en diversas centralitas y además realiza la función de autocorrección del CheckSum, proceso muy importante dentro de la modificación de los archivos de la ECU.
- Slave: enfocada a usuarios que inician en el mundo del chiptuning, cuenta con opciones limitadas y con la necesidad de adquirir los protocolos de lectura y además se requiere enviar los archivos leídos a técnicos especialistas de la empresa proveedora para la respectiva autocorrección del CheckSum.



Figura 31. K-TAG Master 6.070

3.1.1. Procesadores del módulo K-TAG

- BDM Motorola MPC5xx
- JTAG Nexus MPC5xxx
- JTAG Renesas SH705x
- Bootloader Mitsubishi MH72xx / MH8xxx
- Bootloader Infineon Tricore
- Bootloader ST10Fxxx
- BDM Motorola 68000HC
- BDM Motorola HC12
- Renesas M32

3.2. K-SUITE

K-SUITE, es el software que opera el K-TAG. Contiene toda la información sobre el procedimiento de conexión entre la ECU y el módulo, además cuenta con los procesos de la lectura y programación de la centralita.



Figura 32. K-SUITE 2.13

Presenta una gran cantidad de unidades de control de automóviles a diésel y gasolina, maquinaria agrícola y transporte marítimo. Para verificar si la ECU del Hyundai Accent se encuentra en el programa es necesario revisar el documento K-SUITE list.

Tabla 4

Lista de ECU disponible en el software K-SUITE

ECUs disponibles en K-SUITE							
KW	PS	HP	Tipo de ECU	Marca de ECU	Versión de ECU	Grupo K-TAG	Protocolo K-TAG
78	106	105	ECM	Bosch	M7.9.7	Boot(ST)	597
77	105	103	ECM	Bosch	M7.9.7	Boot(ST)	597
77	105	103	ECM	Bosch	M7.9.8	Boot(ST)	167
77	105	103	ECM	Bosch	M7.9.7	Boot(ST)	597
81	110	109	ECM	Bosch	EDC16C39	Bdm(MPC5xx)	72

CONTINÚA 

71	97	95	ECM	Bosch	M7.9.8	Boot(ST)	167
71	97	95	ECM	Bosch	M7.9.8	Boot(ST)	167
82	112	110	ECM	Bosch	M7.9.7	Boot(ST)	597
82	112	110	ECM	Bosch	M7.9.7	Boot(ST)	597

3.2.1. Lectura de la ECU.

La lectura con K-TAG requiere de una conexión a los pines de la ECU y fundamentalmente al circuito interno de la ECU, por lo tanto, se debe realizar lo siguiente.

Tabla 5

Proceso de lectura de la ECU

Proceso de lectura de la ECU

1. Posicionar la ECU en una superficie libre de polvo, líquidos y sustancias que puedan causar daños en su estructura.



Figura 33. ECU Hyundai Accent

2. Retirar los tornillos de la tapa de la centralita y abrirla cuidadosamente.



Figura 34. Desmontaje de la tapa

CONTINÚA 

3. Colocar el circuito impreso en la mesa de trabajo y manipular el mismo con guantes especiales para evitar problemas de estática.



Figura 35. Carcasa de la ECU descubierta.

4. Conectar el módulo a la fuente de alimentación que debe contener un regulador de voltaje para evitar errores en la lectura en caso de una pérdida de energía eléctrica.



Figura 36. Cable de alimentación

5. Desconectar el internet de la computadora, para evitar la verificación de licencia y una posterior desconfiguración del programador



Figura 37. Internet desconectado

6. Enlazar el K-TAG con la computadora mediante el cable USB



Figura 38. K-TAG conectado al computador

CONTINÚA 

7. Ejecutar el programa K-SUITE y verificar que los dos leds (rojo y verde) enciendan, indicando la correcta conexión



Figura 39. Ejecución del K-SUITE

3.2.2. Configuración del K-SUITE y selección de la ECU

Cabe recalcar que las indicaciones de conexión solo están habilitadas en idioma inglés y alemán por lo cual se debe tener en consideración los siguientes pasos a seguir:

Tabla 6

Configuración del K-SUITE y selección de la ECU

Configuración del K-SUITE y selección de la ECU

1. Al abrir el K-SUITE se debe configurar el idioma y la resolución en la que se desea trabajar. Por recomendación del fabricante se debe utilizar el idioma inglés por encontrarse detallados los procesos de conexión.

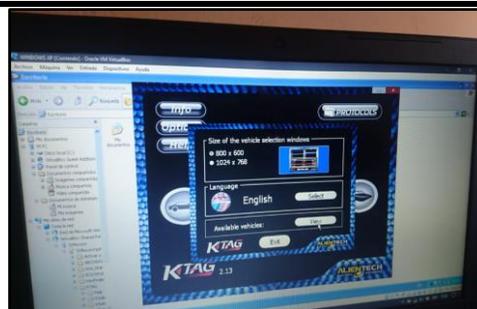


Figura 40. Configuración de idioma y resolución

2. La ECU que se va a trabajar es una KEFICO-Bosch M7.9.8 que en el módulo se la encuentra en el vehículo KIA RIO II. Es la misma centralita que se usa en el HYUNDAI ACCENT III por ser marcas hermanas.



Figura 41. Selección de la ECU

CONTINÚA



3. Luego de seleccionar la ECU aparecen unas recomendaciones y la descripción del procedimiento que se debe realizar para conectar el K-TAG a la placa de la centralita. En la parte de instrucciones se elige "Here" en la opción de "connect to the ECU".



Figura 42. Recomendaciones e instrucciones

4. Se despliegan imágenes de la placa interna de la centralita haciendo un reconocimiento de los puntos de conexión.



Figura 43. Reconocimiento puntos de conexión

5. Se realiza una conexión directa a la ECU, donde es necesario soldar cables a los puntos indicados.



Figura 44. Conexión directa

6. En la figura 46 se indica la necesidad de utilizar el cable 14P600KT02, el cual cuenta con todos los cables y el socket para conectarse en el puerto del módulo.



Figura 45. Cable 14P600KT02

7. Seguidamente el programa muestra las indicaciones para conectar el cable a los pines y puntos de la placa de la centralita.



Figura 46. Conexión de cables a los pines.

8. Una vez que el módulo K-TAG esté conectado a la placa de la centralita y se puede continuar con la lectura y respaldo de los archivos de la misma.



Figura 47. K-TAG conectado a la centralita

9. Al final de las indicaciones presiona en OK y el programa se traslada a las opciones de lectura y escritura de los archivos de la ECU, e inmediatamente reconoce el tipo de ECU y las memorias con las que esta dispone. En la figura 48 se observa que la centralita posee un microcontrolador ST10F275 donde se localizan los mapas, y una EEprom ST95160 y además no posee memoria flash.



Figura 48. Opciones de lectura y escritura

10. El siguiente punto es realizar una lectura para extraer los archivos; eligiendo la opción Read el módulo identifica el número el software y hardware con los que cuenta la ECU M7.9.8 e inicia la extracción. La figura 49 muestra como la centralita cuenta con el hardware 9030930952 y el software GMC_7G6CES1_5000 los cuales coinciden con los datos de la etiqueta de la ECU.

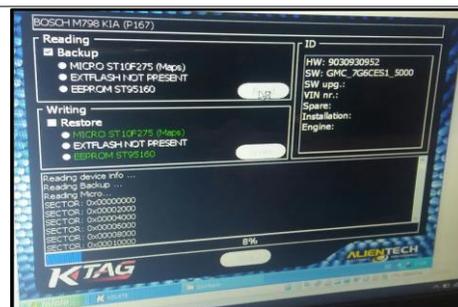


Figura 49. Proceso de lectura

CONTINÚA



11. Al culminar la lectura se abre el explorador de Windows para determinar la dirección en la cual se va a guardar los archivos extraídos. En total se obtiene 3 archivos: microcontrolador, EEPROM y el archivo unificado.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo
backup_hyundai_accen..._1	14/5/2018 13:14	Archivo EPR
backup_hyundai_accen..._1	14/5/2018 13:14	VLC media file (m...
ecu_hyundai_accen..._1,6	14/5/2018 13:06	Archivo 6

Figura 50. Archivos extraídos

Para realizar las modificaciones el archivo necesario es el extraído desde el micro el cual cuenta con extensión “MPC”, por contar con los mapas de inyección, salto de chispa, limitadores de rpm entre otros.

3.2.3. Reescritura del archivo modificado

Para reescribir el archivo modificado donde se encuentran los mapas o a su vez el archivo original por completo en caso de algún error es necesario realizar el siguiente proceso.

Tabla 7

Proceso de reescritura del archivo modificado

Reescritura del archivo modificado

1. Conectar el módulo K-TAG como se realizó en un inicio, ejecutar el Ksuite y dirigirse a la ventana de Reading y Writing



Figura 51. Ventana de Reading y Writing

CONTINÚA 

2. Realizar una nueva lectura para comprobar que la conexión entre la ECU y el módulo sea correcta



Figura 52. Nueva lectura

3. Luego en las opciones de Writing seleccionar la opción del MICRO ST10F75 que es el archivo modificado que se desea grabar



Figura 53. Opción de grabado del MICRO

4. Elegir write y aparece una ventana, se procede a buscar el archivo para ser grabado.



Figura 54. Selección de archivo a grabar

5. Abrir el archivo y se inicia con la reescritura. Este proceso dura varios minutos más que la lectura de los archivos realizada al inicio.



Figura 55. Reescritura

6. Una vez terminado de reescritura se elige la opción "Exit". Desconectar los cables del módulo. Colocar la tapa de la ECU para probar en el automóvil.

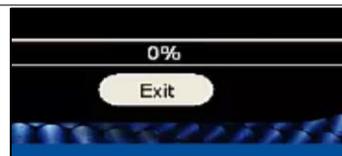


Figura 56. Opción "Salir"

3.3. ECM TITANIUM

El ECM TITANIUM es el software insignia de la marca Alientech el cual permite la visualización y modificación directa de los mapas que contienen los parámetros característicos del motor del automóvil.

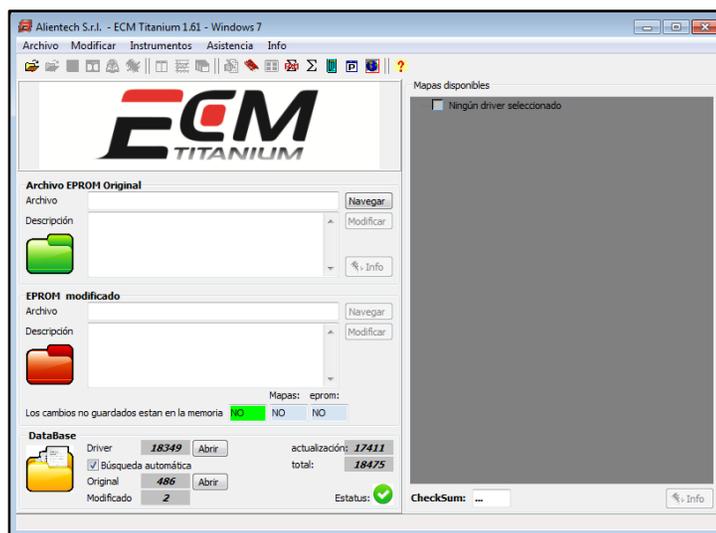


Figura 57. Ventana principal ECM TITANIUM

Además, este software es compatible con todos los archivos originales de motocicletas, camiones, tractores y embarcaciones sin necesidad de recurrir a archivos externos ni información adicional, ya que todos están contenidos en el mismo.

A cada archivo original de la ECU le corresponde un driver que decodifica y muestra los parámetros de funcionamiento del motor, por ejemplo: avance de chispa, inyección, carga del motor etc.

3.3.1. Características principales del ECM TITANIUM

- Búsqueda de drivers. La búsqueda de drivers es la función que permite encontrar automáticamente toda la información necesaria para modificar el archivo original cargado al ECM. Esta información está contenida en un archivo decodificador que muestra todos los mapas de la centralita.

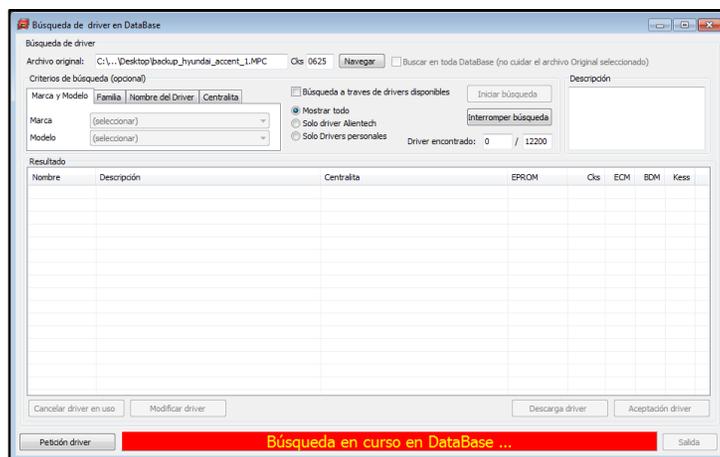


Figura 58. Búsqueda de drivers en DataBase

- Lista de mapas. Es una sección específica donde se encuentra toda la información necesaria para modificar de mejor manera cualquier tipo de ECU. Estos mapas se dividen en secciones como: par del motor, control de aire, avance, turbo, limitadores y desactivaciones.

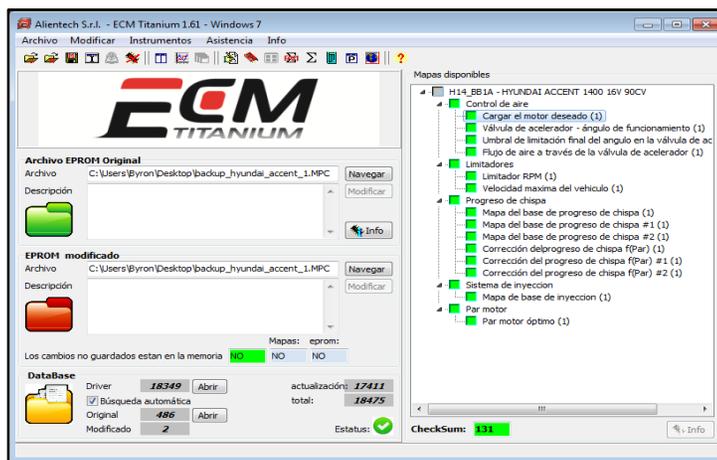


Figura 59. Lista de mapas disponibles

- Mapa tabla. Visualiza de manera exacta en valores reales la gestión del motor. Se puede modificar de la manera con que el programador se familiarice puede ser por interpolación, en porcentajes, o cambiando el valor de cada celda individualmente.

RPM\% Thr	0,00	10,00	15,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	99,90
600	0,000	8,789	14,555	20,320	31,570	42,422	53,494	64,078	74,226	84,140	94,007	103,894
800	0,000	8,531	14,062	19,594	30,586	41,320	52,148	62,835	73,218	83,320	93,398	103,382
1000	0,000	8,273	13,641	18,984	29,719	40,312	50,929	61,570	72,163	82,476	92,765	102,937
1240	0,000	8,016	13,195	18,375	28,875	39,281	49,664	60,210	70,851	81,468	92,015	102,398
1520	0,000	7,758	12,773	17,812	27,961	38,203	48,445	58,875	69,539	80,343	91,124	101,741
1760	0,000	7,570	12,516	17,437	27,375	37,500	47,672	58,031	68,648	79,499	90,398	101,179
2000	0,000	7,359	12,305	17,226	27,070	37,078	47,226	57,539	68,039	78,843	89,788	100,616
2520	0,000	6,984	11,953	16,992	26,929	36,797	46,828	56,953	67,265	77,882	88,687	99,690
3000	0,000	6,750	11,672	16,547	26,414	36,468	46,547	56,601	66,820	77,267	87,867	98,866
3520	0,000	6,445	11,414	16,406	26,414	36,445	46,500	56,531	66,632	77,132	87,327	98,820
4000	0,000	6,094	11,203	16,265	26,461	36,539	46,476	56,507	66,562	77,062	87,093	97,796
4520	0,000	5,695	10,851	16,055	26,367	36,468	46,406	56,437	66,562	77,062	87,070	97,773
5000	0,000	5,344	10,383	15,633	25,875	35,953	46,007	56,179	66,445	77,109	87,140	97,796
5520	0,000	5,719	9,750	14,930	25,195	35,320	45,445	55,687	66,140	76,992	87,210	97,796
6000	0,000	5,437	9,070	14,109	24,234	34,406	44,601	54,961	65,578	76,593	87,117	97,796
6400	0,000	5,039	8,484	13,406	23,437	33,609	43,851	54,304	65,062	76,195	86,976	97,796

Figura 60. Mapa en modo tabla

- Mapa en 3D. Esta función permite observar la forma y tendencia de un mapa; en base a ello se puede modificar punto por punto y hacer que el funcionamiento del motor sea más homogéneo. También es posible aumentar o disminuir áreas específicas para aumentar el rendimiento del vehículo.

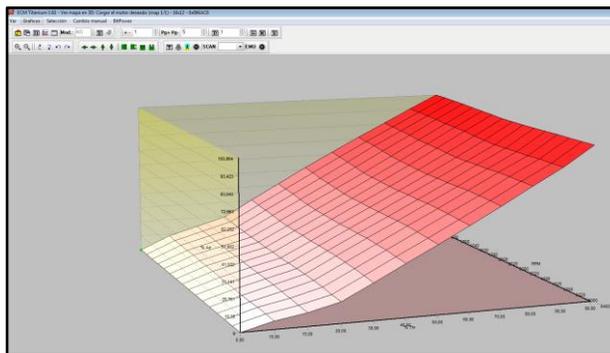


Figura 61. Mapa en 3D

- Mapa en 2D. Mediante esta visualización se puede navegar a través del archivo original y buscar los mapas que sean de interés del programador para posteriormente cambiar los valores de cualquier mapa que sea elegido.

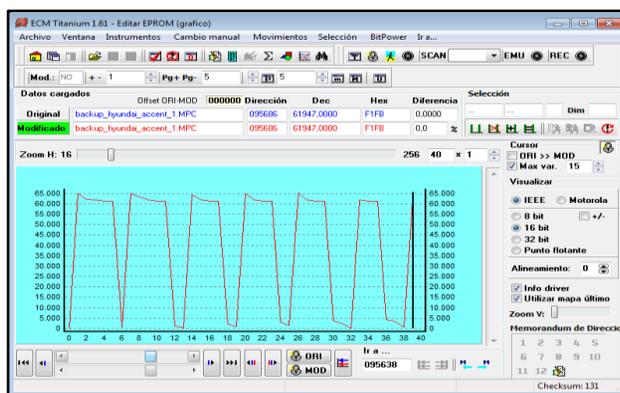


Figura 62. Mapa en 2D

- Base de datos. Permite guardar todos los archivos en ECM TITANIUM. Al guardar y seleccionar el archivo original se encuentra con todos los archivos modificados y asociados al mismo.

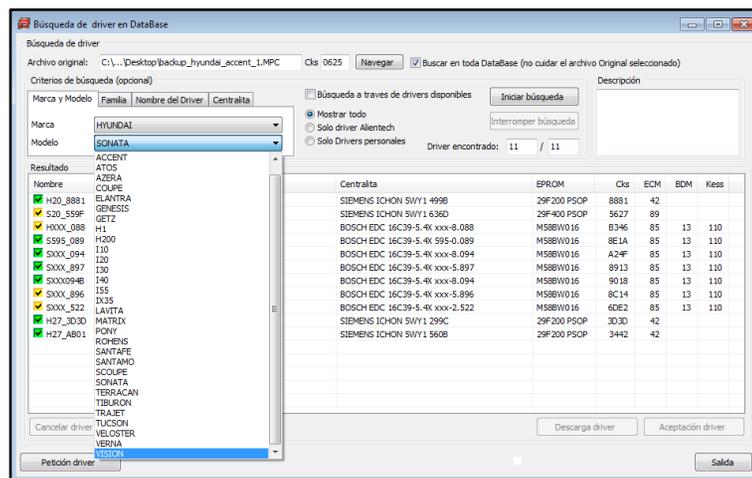


Figura 63. Base de datos

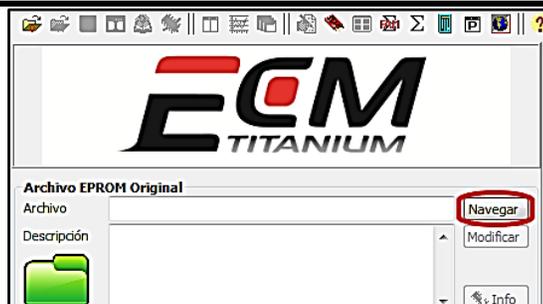
3.3.2. Proceso de modificación de los parámetros característicos

Para realizar la modificación de los mapas es necesario concretar los resultados que se desea alcanzar en este caso se necesita incrementar potencia aproximadamente entre un 5% y 15%.

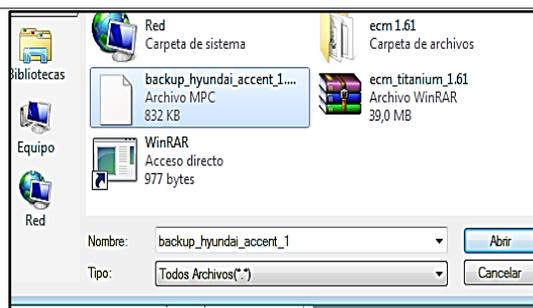
El propósito de mejorar el rendimiento del motor de combustión interna se centraliza en los 3 aspectos fundamentales de funcionamiento del mismo como son: aire, chispa y combustible por lo tanto al ser un motor a inyección se debe trabajar concretamente en carga del motor, adelanto de chispa y cantidad de combustible inyectada. Para ello se procede de la siguiente manera:

Tabla 8**Proceso de modificación de parámetros característicos****Proceso de modificación de parámetros característicos**

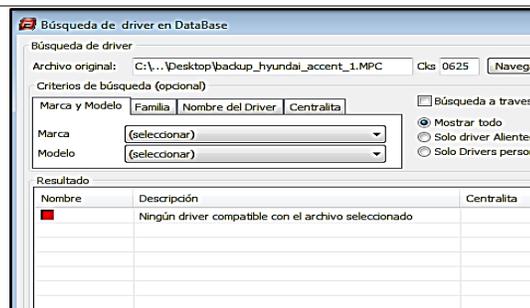
1. Ejecutar el software ECM TITANIUM y dirigirse a la sección de “Archivo EPROM original” y seleccionar “navegar”

**Figura 64.** Búsqueda de archivo EPROM

2. A continuación, se abre el explorador de Windows y se elige el archivo con extensión MPC que es donde se encuentran los mapas del motor.

**Figura 65.** Selección archivo EPROM

3. El programa busca automáticamente el driver compatible con el archivo original, en este caso no lo encuentra directamente por ser un vehículo de 1.6 litros por lo que se debe buscar manualmente.

**Figura 66.** Driver no encontrado.

CONTINÚA



4. La elección manual del driver consiste en seleccionar la marca y modelo del vehículo (Hyundai Accent) e iniciar la búsqueda, luego de lo cual se despliega todos los drivers disponibles para Hyundai Accent en diferentes modelos de centralitas.

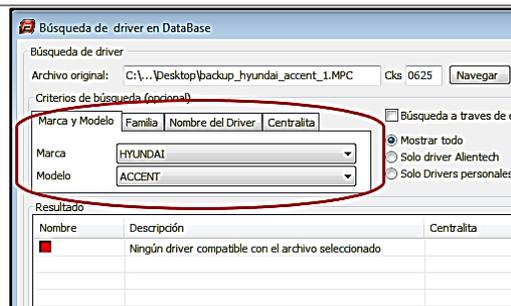


Figura 67. Búsqueda manual del driver

5. Seleccionar el driver que sea compatible con el mismo modelo de ECU, en este caso se elige el driver H14_BB1A de la ECU M7.9.8 del Hyundai Accent 1.4 litros.

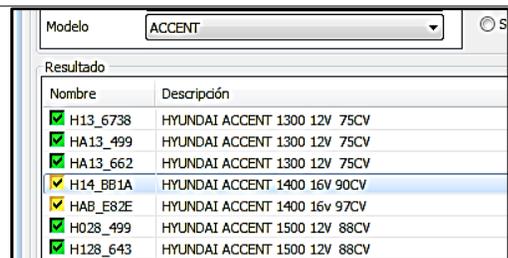


Figura 68. Aceptación driver

6. Seguidamente aparece la ventana que indica si se desea guardar una copia del archivo original, se elige "si" en esta opción para una mayor seguridad.

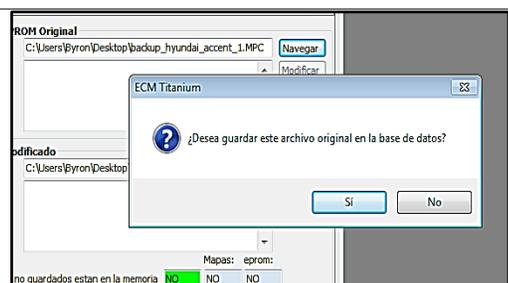


Figura 69. Respaldo del archivo original

7. Ahora aparecen todos los mapas disponibles en la ECU y que se pueden modificar. Para corroborar que el driver seleccionado es el adecuado se verifica que el cuadro inferior donde se indica el número de CheckSum se encuentre de color verde.

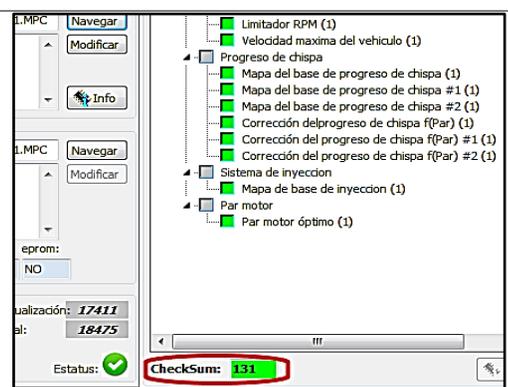


Figura 70. Lista de mapas disponibles

3.3.3. Métodos de modificación

Los métodos de modificación son varios y se debe utilizar los que sean más didácticos y amigables para el programador. A continuación, se detallan los mismos.

- **Modificación Porcentual:** consiste en cambiar los valores de la selección en un porcentaje en base al valor del archivo original. En la parte superior se encuentra el ícono “P” donde se activa el mismo e ingresa el valor del porcentaje que se desea utilizar y con ayuda de las teclas “avpág” y “repág” se aumentan o disminuyen los valores según sea el caso. Esta función está disponible en las vistas tablas, gráfica 3D, gráfica 2D y hexadecimal.

RPM % Thr	0,00	10,00	15,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	99,90
600	0,000	8,789	14,555	20,320	31,570	42,422	53,484	64,078	74,226	84,140	94,007	103,88
800	0,000	8,531	14,062	19,594	30,586	41,320	52,148	62,835	73,218	83,320	93,398	103,38
1000	0,000	8,273	13,641	18,984	29,719	40,312	50,929	61,570	72,163	82,476	92,765	102,93
1240	0,000	8,016	13,195	18,375	28,875	39,281	49,664	60,210	70,851	81,468	92,015	102,38
1520	0,000	7,758	12,773	17,812	27,961	38,203	48,445	58,875	69,539	80,343	91,124	101,74
1760	0,000	7,781	12,867	17,930	28,172	37,500	47,672	58,031	68,648	79,499	90,398	101,17
2000	0,000	7,570	12,656	17,719	27,890	37,078	47,226	57,539	68,039	78,843	89,788	100,63
2520	0,000	7,172	12,305	17,461	27,073	36,797	46,828	56,953	67,205	77,882	88,687	99,88
3000	0,000	6,961	12,023	17,039	27,211	36,498	46,547	56,601	66,820	77,307	87,867	98,88
3520	0,000	6,809	11,742	16,876	27,311	36,445	46,500	56,531	66,632	77,132	87,327	98,63
4000	0,000	6,281	11,531	16,734	27,234	36,539	46,476	56,507	66,562	77,062	87,093	97,78
4520	0,000	5,695	10,851	16,055	26,367	36,468	46,406	56,437	66,562	77,062	87,070	97,78
5000	0,000	5,344	10,383	15,633	25,875	35,953	46,007	56,179	66,445	77,109	87,140	97,78
5520	0,000	5,719	9,750	14,930	25,195	35,320	45,445	55,687	66,140	76,992	87,210	97,78
6000	0,000	5,437	9,070	14,109	24,234	34,406	44,601	54,961	65,578	76,593	87,117	97,78
6400	0,000	5,039	8,494	13,406	23,437	33,609	43,851	54,304	65,062	76,195	86,976	97,78

Figura 71. Modificación porcentual

- **Modificación en valor absoluto:** esta opción permite aumentar la cantidad deseada a los valores seleccionados, indicando el incremento deseado en la parte superior donde se encuentra el ícono “Pg+Pg-”. La función está disponible en las vistas Tablas, Gráfica 2D, Gráfica 3D, Hexadecimal.

RPM% Thr	0,00	10,00	15,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	99,90
600	0,000	8,789	14,555	20,320	31,570	42,422	53,484	64,078	74,226	84,140	94,007	103,800
800	0,000	8,531	14,062	19,594	30,586	41,320	52,148	62,835	73,218	83,320	93,398	103,380
1000	0,000	8,273	13,641	18,984	29,719	40,312	50,929	61,570	72,163	82,476	92,765	102,930
1200	0,000	8,016	13,195	18,375	28,875	39,281	49,664	60,210	70,851	81,468	92,015	102,390
1500	0,000	7,758	12,773	17,812	27,961	38,203	48,445	58,875	69,539	80,343	91,124	101,740
1700	0,000	7,781	12,867	17,930	28,172	37,290	47,462	57,821	68,648	79,499	90,398	101,170
2000	0,000	7,570	12,656	17,719	27,890	36,868	47,016	57,529	68,039	78,843	89,788	100,610
2500	0,000	7,172	12,308	17,461	27,705	36,587	46,618	56,743	67,265	77,882	88,687	99,880
3000	0,000	6,961	12,022	17,039	27,211	36,288	46,327	56,391	66,820	77,367	87,867	99,880
3500	0,000	6,609	11,742	16,875	27,211	36,445	46,590	56,531	66,632	77,132	87,327	99,820
4000	0,000	6,281	11,531	16,734	27,234	36,539	46,476	56,507	66,562	77,062	87,093	99,790
4500	0,000	5,695	10,851	16,055	26,367	36,468	46,406	56,437	66,562	77,062	87,070	99,770
5000	0,000	5,344	10,383	15,633	25,875	35,953	46,007	56,179	66,445	77,109	87,140	99,790
5500	0,000	5,719	9,750	14,930	25,195	35,320	45,445	55,687	66,140	76,992	87,210	99,790
6000	0,000	5,437	9,070	14,109	24,234	34,406	44,601	54,961	65,578	76,593	87,117	99,790
6400	0,000	5,038	8,484	13,406	23,437	33,609	43,851	54,304	65,062	76,195	86,876	98,730

Figura 72. Modificación en valor absoluto

- Modificación con interpolación: en el instante de seleccionar más de una celda, esta función permite variar los valores elegidos en modo gradual, entre los valores insertados en el recuadro de incrementos de la ventana de “Interpolación”. Este instrumento permite trabajar con incrementos porcentuales como absolutos. La función se puede utilizar únicamente en la visualización Tablas.

RPM% Air	116,507	113,835	111,890	110,835	107,554	137,952	133,476	129,444	125,624	123,093	118,030	113,835
7259	-21,33	-22,67	-22,67	-22,67	-22,67	-22,67	-22,67	-14,67	-16,00	-17,33	-18,67	-20,00
542	-21,33	-22,67	-22,67	-22,67	-22,67	-22,67	-22,67	-14,67	-16,00	-17,33	-18,67	-20,00
514	-21,33	-22,67	-24,00	-24,00	-24,00	-24,00	-24,00	-13,33	-14,67	-16,00	-17,33	-18,67
514	-20,00	-22,67	-24,00	-25,33	-26,67	-26,67	-26,67	-8,00	-10,67	-12,00	-14,67	-17,33
642	-18,67	-21,33	-24,00	-25,33	-26,67	-26,67	-26,67	1,33	0,00	-2,67	-9,33	-14,67
771	-17,33	-20,00	-22,67	-24,00	-26,67	-26,67	-26,67	5,33	4,00	2,67	-2,67	-10,67
899	-16,00	-18,67	-21,33	-22,67	-26,67	-26,67	-26,67	6,67	5,33	4,00	0,00	-6,67
1028	-14,67	-17,33	-20,00	-22,67	-26,67	-26,67	-26,67	6,67	5,33	4,00	0,00	-4,00
1028	-10,67	-14,67	-18,67	-21,33	-25,33	-26,67	-26,67	5,33	4,00	2,67	0,00	-4,00
1028	-9,33	-13,33	-17,33	-20,00	-25,33	-26,67	-26,67	5,33	4,00	2,67	0,00	-5,33
1028	-9,33	-13,33	-16,00	-20,00	-24,00	-26,67	-26,67	5,33	4,00	2,67	0,00	-5,33
8393	-8,00	-12,00	-16,00	-20,00	-22,67	-26,67	-26,67	5,33	4,00	2,67	0,00	-5,33
4992	-8,00	-12,00	-14,67	-17,33	-21,33	-26,67	-26,67	5,33	4,00	2,67	0,00	-4,00
158	-6,67	-10,67	-13,33	-16,00	-20,00	-26,67	-26,67	5,33	4,00	2,67	0,00	-30,67
6408	30,67	30,67	32,00	33,33	36,00	-26,67	-26,67	5,33	4,00	2,67	0,00	93,33
450	53,33	48,00	34,67	29,33	26,67	-26,67	-26,67	5,33	4,00	2,67	0,00	-10,67

Interpolación

Parámetros

Lineal (superficie plana)

alto-izquierda / bajo-derecha

alto-derecha / bajo-izquierda

Superficie curvada

por filas

por columnas

Cálculo incremento

Absoluto

Porcentaje

Incrementos

RPM	% Air	113,835	110,835
514		0	0
642		0	0

OK Cancelar

Figura 73. Modificación interpolación

- Modificación editar valor: permite insertar directamente en la selección el valor deseado. Función disponible en la visualización Tablas y Hexadecimal.

RPM % Air	9,75	15,00	20,25	24,75	30,00	35,25	39,75	45,00	50,25
0	0,969	0,969	0,977	1,000	1,000	0,711	0,711	0,711	0,719
240	0,969	0,969	0,977	1,000	1,000	0,711	0,711	0,711	0,719
800	0,969	0,969	0,977	1,000	1,000	0,711	0,711	0,711	0,719
1520	0,969	0,969	0,977	1,000	1,000	0,734	0,734	0,734	0,805
2000	0,977	0,977	1,000	1,000	1,000	0,734	0,734	0,734	0,867
3000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,734	0,734	0,734	0,883
5000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
7000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
4600	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
4600	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
4600	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
4440	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Figura 74. Modificación por editar valor.

Para modificar los mapas de un archivo original, la vista Tablas y 3D es la más simple. Además, en cada vista siempre se puede comparar el archivo original y el modificado con la tecla “Esc” del computador.

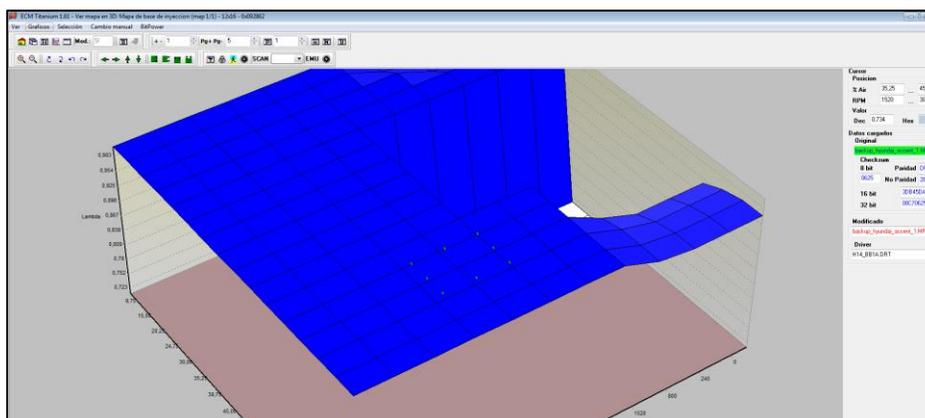


Figura 75. Modificación en vista 3D.

3.3.4. Archivo modificado

El archivo modificado debe ser guardado en la extensión .MOD. En la siguiente tabla se detalla el proceso.

Tabla 9*Proceso para guardar el archivo modificado***Guardado del archivo modificado**

1. Luego de terminar las modificaciones se aceptan las mismas mediante el ícono “confirmar”



Figura 76. Ícono confirmar.

2. Aparece una pequeña ventana con las indicaciones de cerrar mapa. Se elige “Guardar y salir”

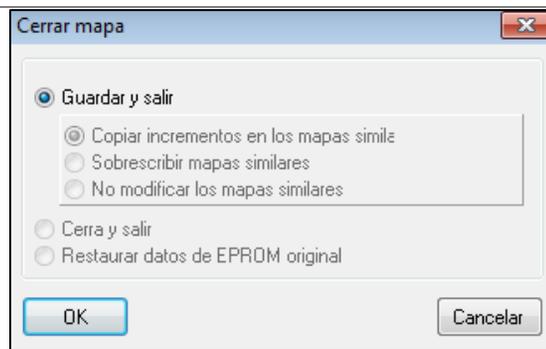


Figura 77. Cerrar mapa.

3. En la pestaña superior izquierda seleccionar “archivo”. Y luego guardar “EPROM modificado”

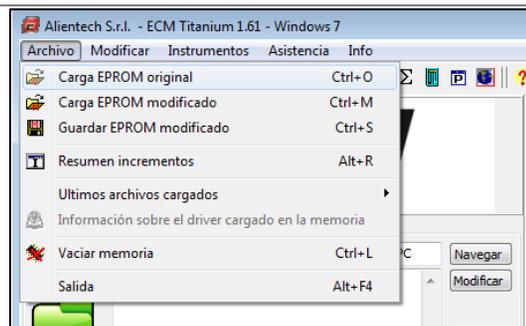


Figura 78. Guardar archivo modificado

4. Guardar el archivo modificado en la Data base para que pueda ser abierto posteriormente

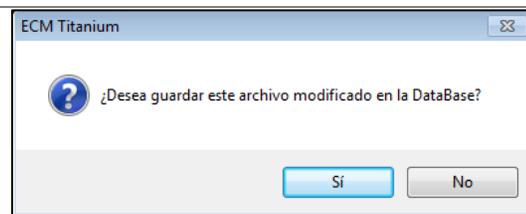


Figura 79. Petición de Data base

CONTINÚA



5. Escribir una breve descripción del archivo modificado.

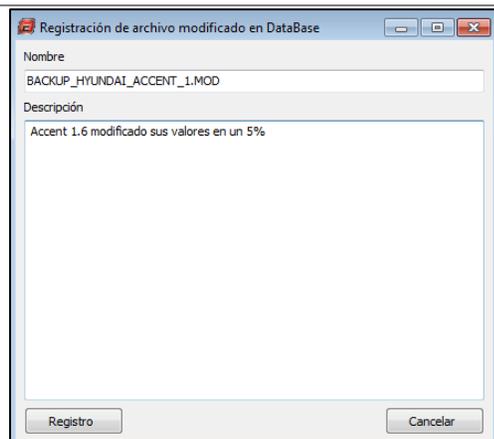


Figura 80. Registro de archivo

6. Exportar el archivo para que pueda ser grabado mediante el programador

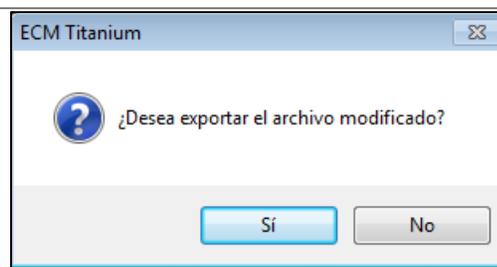


Figura 81. Exportación del archivo modificado

7. El archivo exportado se guarda en una carpeta predeterminada con la extensión .MOD

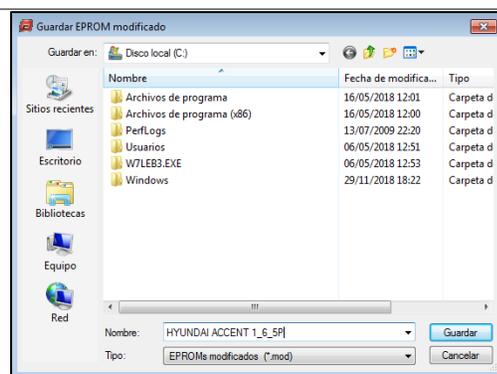


Figura 82. Archivo en extensión .MOD

3.4. Reprogramación de la ECU

En las reprogramaciones realizadas se optó por los mapas que están relacionados con los parámetros de aire, avance de chispa y combustible, ya que estos influyen en la potenciación electrónica.

3.4.1. Primera reprogramación

La primera reprogramación se enfocó en incrementar los valores en forma progresiva desde un porcentaje del 5% hasta llegar a un aproximado del 25% en todos los mapas potenciales, en un rango desde las 1200 RPM y del 10% de carga del acelerador para posteriormente tonificar los mapas en 3D con la finalidad de reducir irregularidades como picos, depresiones, etc., en todo el mapa tridimensional. Cabe recalcar que para poder acceder a los mapas en el ECM TITANIUM se eligió el driver H14_BB1A de la ECU M7.9.8 del Hyundai Accent 1.4 litros ya que el software no disponía del modelo 1.6 litros, por ende, este driver trata de recopilar los datos para tabularlos y poder generar los mapas tridimensionales que la ECU posee, en su mayoría tiene formas coherentes. Con relación a los ejes de las tablas de datos una gran parte de estos están dados por las RPM y porcentaje de apertura de la mariposa del acelerador, por esta razón se toma los ejes del mapa de carga del motor como referencia para los demás mapas ya que estos últimos presentan irregularidades en sus ejes.

- Mapa de carga del motor: Se realizó un aumento progresivo para evitar cambios bruscos en el mapa desde 5% a 20% en modo porcentual, a partir de las 1240 RPM

a 6400 RPM y desde el 10% a un 100% de accionamiento del acelerador. Posteriormente se tonifica el mapa tridimensional.

RPM % Thr	0,00	10,00	15,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	99,90
600	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
800	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1240	0,0	2,6	8,2	18,2	5,0	5,0	5,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
1520	0,0	2,4	8,1	26,7	12,5	12,5	12,5	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
1760	0,0	2,5	19,5	26,7	18,0	18,0	18,0	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8
2000	0,0	2,5	25,0	25,0	25,3	20,4	22,8	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
2520	0,0	2,3	25,1	25,0	25,2	22,8	23,8	23,8	23,8	23,7	23,8	23,8
3000	0,0	2,4	25,1	25,1	25,3	24,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
3520	0,0	2,5	25,1	25,0	25,3	24,1	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
4000	0,0	2,7	25,1	24,9	25,2	24,1	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
4520	0,0	2,5	25,1	25,0	25,3	24,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
5000	0,0	2,6	25,1	25,0	25,3	24,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
5520	0,0	2,5	25,0	25,0	25,3	24,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
6000	0,0	2,6	25,1	25,1	25,2	24,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
6400	0,0	2,3	25,1	25,0	25,3	24,0	25,0	24,9	24,9	24,9	25,0	24,9

Figura 83. Mapa de carga del motor en vista Tabla

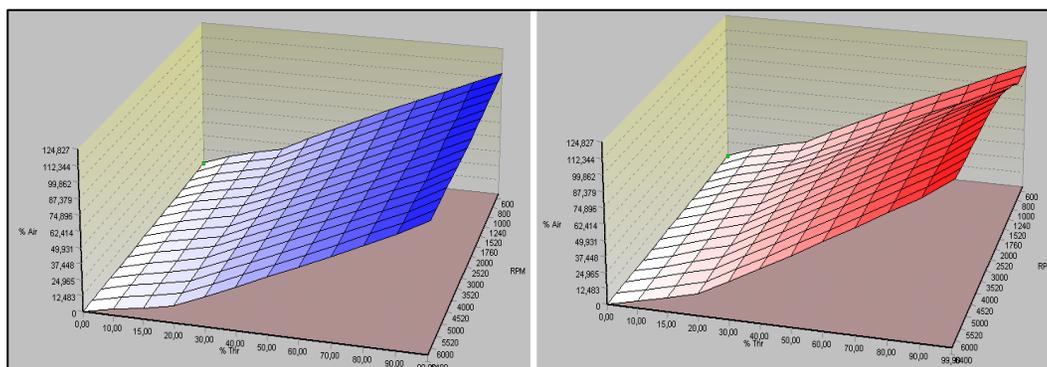


Figura 84. Mapa de carga del motor en vista 3D

En la figura de color azul representa el mapa tridimensional original de la ECU y el color rojo el mapa modificado, esto se toma en cuenta para las siguientes figuras.

- Mapas de progreso de chispa: Se realizó un aumento progresivo para evitar cambios bruscos en el mapa desde 5% a 20% en modo porcentual, a partir de las 514 RPM a 450 RPM y desde el 500.855 % a un 272.435 % de carga de aire en porcentaje. Se

tomó como referencia los valores de los ejes del mapa de carga de aire, el valor de 514 RPM es el equivalente a las 1240 RPM y las 450 RPM a 6400 RPM; de la misma forma para 500.855% al 10% y 272.435% al 100%. Posteriormente se tonifica el mapa tridimensional.

RPM % Air	346,755	500,855	652,307	802,517	950,172	1094,570	1235,592	1376,685	1518,035	194,694	272,435
7259	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
542	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
514	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
514	2,4	2,6	0,0	11,1	13,0	4,5	4,8	5,0	5,3	5,9	7,1
642	2,3	2,5	5,6	9,7	6,9	7,4	8,0	4,0	4,3	5,0	5,9
771	2,2	2,4	5,3	12,1	9,4	10,0	10,7	7,1	7,7	4,3	15,8
899	2,1	4,7	7,5	14,3	15,2	16,1	16,7	13,3	14,8	16,0	18,2
1028	2,0	2,2	7,1	16,2	17,1	17,6	18,2	19,4	20,7	17,9	18,5
1028	1,9	4,2	6,7	15,4	22,2	22,9	20,0	29,0	22,6	19,4	16,1
1028	0,0	3,9	6,4	14,6	24,3	25,0	22,2	30,3	27,3	20,6	17,6
1028	0,0	0,0	6,1	16,3	26,3	29,7	27,0	31,4	32,4	25,7	16,7
8393	0,0	3,7	8,0	20,9	24,4	30,8	28,2	36,1	29,7	24,3	18,9
4992	0,0	3,6	7,7	14,9	22,7	23,3	23,8	30,8	31,6	23,7	18,9
158	0,0	3,6	5,7	10,0	17,0	22,2	20,0	22,7	26,8	28,9	25,0
6408	0,0	3,7	7,7	14,3	19,1	21,7	22,2	25,0	26,8	28,9	25,0
450	0,0	3,8	7,8	14,6	19,1	21,7	22,2	25,0	26,8	28,9	25,7

Figura 85. Mapa de progreso de chispa en vista Tabla

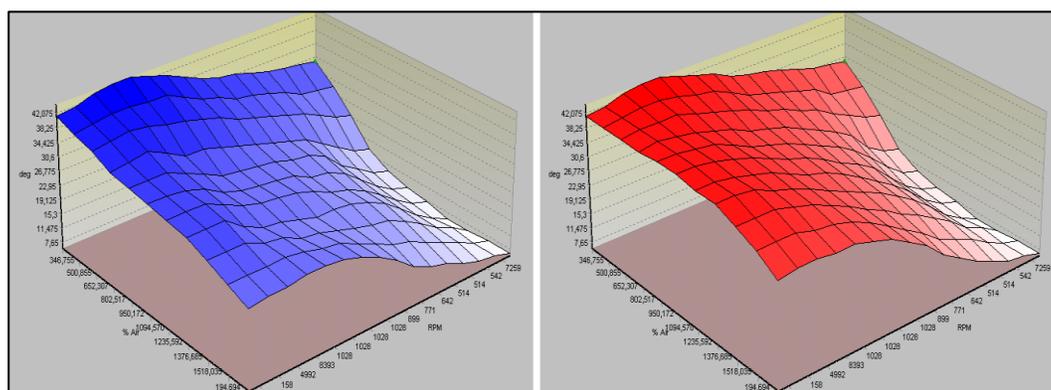


Figura 86. Mapa de progreso de chispa en vista 3D

RPM % Air	346,755	500,855	652,307	802,517	950,172	1094,570	1235,592	1376,685	1518,035	194,694	272,435
7259	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
542	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
514	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
514	2,2	4,7	2,5	2,7	2,9	3,3	-3,6	13,6	9,5	9,5	9,1
642	2,0	4,3	4,7	7,7	5,6	9,4	10,3	16,0	12,5	12,5	12,5
771	5,9	2,0	4,3	9,8	11,1	15,6	17,2	23,1	15,4	11,5	20,0
899	5,7	0,0	0,0	6,8	10,3	17,6	15,6	29,6	21,4	22,2	26,9
1028	5,6	-1,8	-5,5	0,0	7,0	16,2	24,2	25,8	18,8	20,0	32,1
1028	5,6	7,8	8,2	15,9	25,6	38,2	40,6	34,4	32,3	33,3	30,0
1028	9,6	12,2	20,0	26,8	31,6	36,1	30,6	27,8	29,4	34,4	32,3
1028	11,8	16,7	19,6	22,7	26,2	30,0	27,5	23,1	24,3	32,4	27,3
8393	11,5	11,8	14,0	14,3	12,2	17,4	18,2	22,0	23,1	27,0	26,5
4992	7,3	9,3	11,3	18,0	18,8	21,7	25,0	20,9	19,0	26,3	25,7
158	5,2	7,0	8,9	13,2	18,4	21,3	24,4	25,6	24,4	25,6	25,0
6408	5,0	6,9	7,0	15,4	18,4	21,3	24,4	25,6	26,8	28,2	24,3
450	4,8	6,8	10,7	20,0	18,8	17,0	20,0	18,2	21,4	22,5	24,3

Figura 87. Mapa de progreso de chispa 1 en vista Tabla

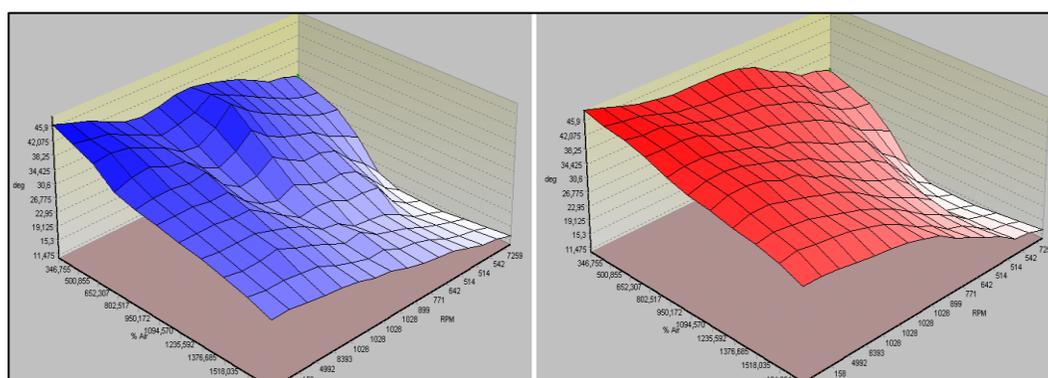


Figura 88. Mapa de progreso de chispa 1 en vista 3D

RPM % Air	346,755	500,855	652,307	802,517	950,172	1094,570	1235,592	1376,685	1518,035	194,694	272,435
7259	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
542	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
514	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
514	4,5	5,1	6,1	15,4	12,5	4,2	9,1	-4,3	5,3	6,7	7,7
642	6,7	7,5	5,6	13,3	10,3	7,1	12,0	0,0	8,7	5,0	18,8
771	6,5	7,1	7,9	15,2	9,4	13,3	17,9	14,3	15,4	17,4	26,3
899	10,6	9,3	7,5	17,1	18,2	22,6	23,3	20,0	25,9	24,0	31,8
1028	10,2	6,5	9,5	18,9	20,0	20,6	21,2	22,6	27,6	25,0	29,6
1028	7,7	10,4	6,7	17,9	22,2	25,7	22,9	32,3	29,0	22,6	22,6
1028	7,3	7,8	8,5	17,1	24,3	27,8	25,0	33,3	30,3	20,6	20,6
1028	5,3	3,7	8,2	18,6	31,6	29,7	29,7	31,4	32,4	25,7	22,2
8393	5,1	5,6	10,0	23,3	26,8	30,8	28,2	33,3	29,7	24,3	24,3
4992	5,1	5,5	7,7	17,0	22,7	23,3	23,8	28,2	28,9	26,3	27,0
158	5,2	5,5	7,5	12,0	17,0	20,0	17,8	15,9	22,0	28,9	30,6
6408	5,4	5,6	7,7	14,3	19,1	19,6	20,0	18,2	22,0	28,9	30,6
450	5,5	5,7	7,8	14,6	17,0	17,4	17,8	18,2	22,0	28,9	31,4

Figura 89. Mapa de progreso de chispa 2 en vista Tabla

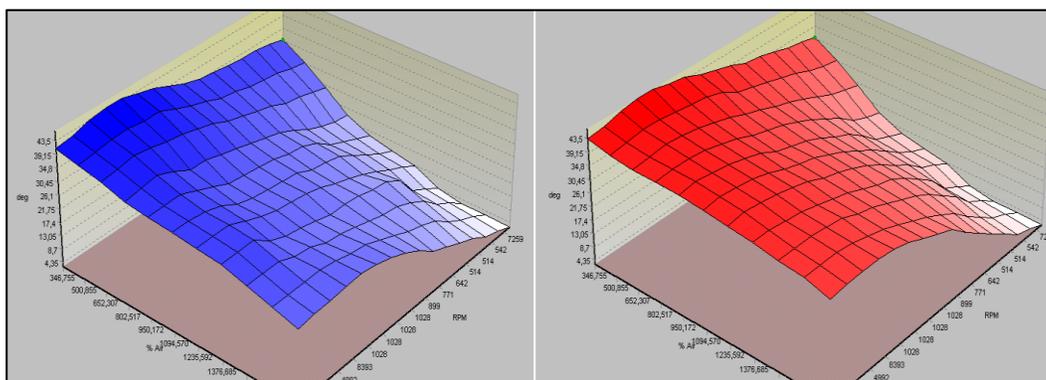


Figura 90. Mapa de progreso de chispa 2 en vista 3D

- Mapas de corrección del progreso de chispa: al igual que antes se realizó un aumento progresivo para evitar cambios bruscos en el mapa desde 5% a 20% en modo porcentual, a partir de las 514 RPM a 450 RPM y desde el 113.835 % de carga de aire en porcentaje en adelante. Se tomó como referencia los valores de los ejes del mapa de carga de aire, el valor de 514 RPM es el equivalente a las 1240 RPM y las 450 RPM a 6400 RPM; de la misma forma para 113.835 % al 10%. Posteriormente se tonifica el mapa tridimensional.

RPM % Air	116,507	113,835	111,890	110,835	107,554	137,952	133,476	129,444	125,624	123,093	118,030	113,835
7259	-6,1	-7,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
542	-14,5	-12,2	-2,8	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
514	-17,5	-15,4	5,6	9,4	3,3	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
514	6,8	2,3	0,0	2,6	2,9	3,3	4,0	4,5	6,2	9,1	0,0	0,0
642	6,7	2,3	0,0	2,5	2,8	3,0	11,1	7,7	4,5	6,2	8,3	11,1
771	6,5	2,2	4,7	7,3	7,9	5,7	9,1	10,3	12,0	10,0	12,5	15,4
899	0,0	0,0	4,4	11,6	12,5	13,9	14,7	16,7	29,2	17,4	15,8	21,4
1028	-1,9	0,0	6,5	13,6	14,6	18,4	17,1	19,4	20,7	20,8	20,0	17,6
1028	-1,9	2,0	6,3	13,3	16,7	20,5	22,9	29,0	26,7	26,9	27,3	26,3
1028	0,0	1,9	8,2	13,0	16,3	20,5	25,7	21,2	18,8	17,2	20,8	23,8
1028	0,0	1,9	8,0	12,8	18,2	20,0	31,4	27,3	30,0	40,0	28,0	23,8
8393	0,0	1,9	7,8	12,2	17,8	19,5	27,0	25,7	17,6	20,0	10,3	8,0
4992	0,0	1,8	7,7	12,0	17,4	21,4	29,7	37,5	44,4	38,5	34,8	36,8
158	0,0	1,8	7,5	11,8	17,0	20,9	28,9	33,3	33,3	38,5	34,8	28,6
6408	0,0	1,8	7,4	11,5	16,7	20,9	22,5	25,7	17,6	20,0	23,1	21,7
450	0,0	0,0	6,5	10,7	16,7	20,0	0,0	25,0	16,7	12,5	20,0	18,2

Figura 91. Mapa de corrección del progreso de chispa 1 en vista Tabla

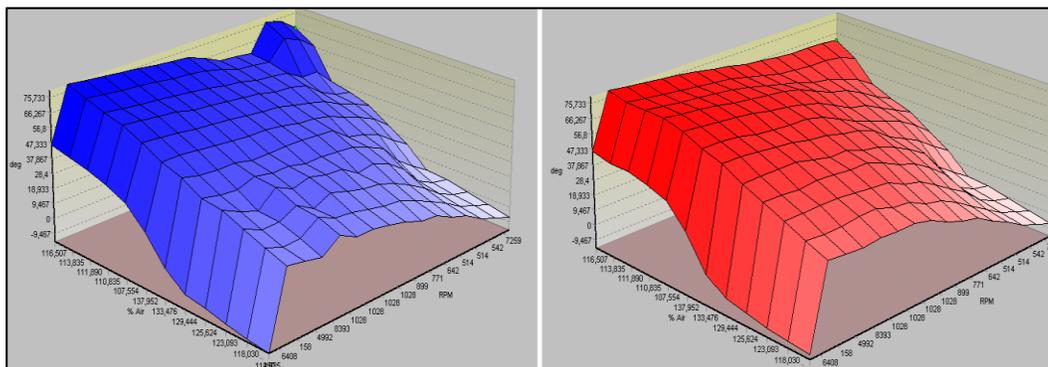


Figura 92. Mapa de corrección del progreso de chispa 1 en vista 3D

RPM % Air	116,507	113,835	111,890	110,835	107,554	137,952	133,476	129,444	125,624	123,093	118,030	113,835
7259	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
542	0,0	0,0	2,7	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
514	0,0	0,0	2,4	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
514	2,2	0,0	0,0	-3,8	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
642	2,1	0,0	-8,6	-1,8	0,0	5,1	7,7	0,0	16,7	28,6	16,7	25,0
771	4,0	-3,6	-9,7	-10,9	3,8	4,5	2,9	4,3	5,9	6,7	7,7	0,0
899	1,9	-3,4	-9,4	-9,4	3,6	4,2	10,5	10,0	8,7	11,1	12,5	14,3
1028	1,9	3,7	11,8	16,0	32,6	30,0	21,6	16,1	15,4	21,1	17,6	26,7
1028	1,9	7,7	20,8	31,8	37,2	31,7	23,7	21,2	21,4	11,5	13,0	14,3
1028	1,8	5,5	9,4	20,0	22,4	19,1	19,0	16,7	23,3	24,0	21,7	22,7
1028	1,8	0,0	0,0	9,1	17,0	26,1	24,4	22,2	30,0	43,5	38,1	36,8
8393	1,8	0,0	0,0	5,2	8,8	20,8	30,0	25,0	29,0	25,0	24,0	26,1
4992	1,8	0,0	0,0	5,2	12,7	26,1	26,2	30,6	29,0	34,6	39,1	42,9
158	1,7	0,0	0,0	5,3	13,5	19,1	19,0	24,3	32,3	34,6	40,9	45,0
6408	0,0	0,0	0,0	5,7	14,6	16,3	17,1	18,4	21,2	21,4	25,0	27,3
450	0,0	0,0	0,0	4,5	17,6	16,7	12,5	33,3	16,7	12,5	20,0	16,7

Figura 93. Mapa de corrección del progreso de chispa 2 en vista Tabla

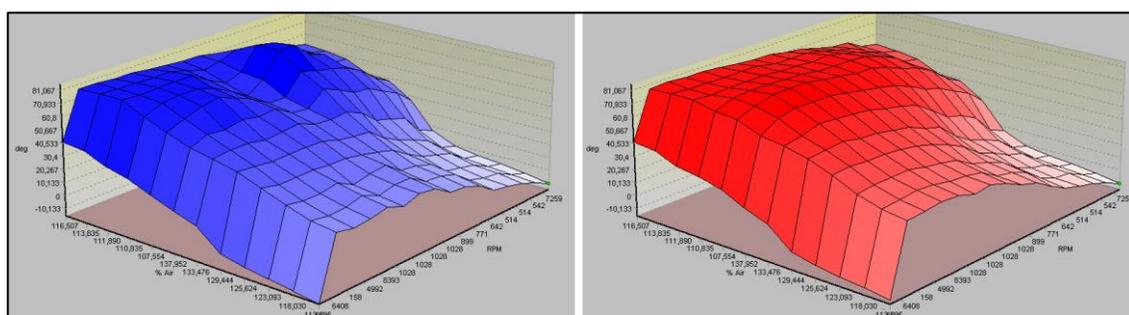


Figura 94. Mapa de corrección del progreso de chispa 2 en vista 3D

- Mapa de inyección: se realizó un aumento progresivo para evitar cambios bruscos en el mapa desde 5% a 20% en modo porcentual, a partir de las 1520 RPM en adelante y, desde el 15 % de carga de aire en porcentaje en adelante. Posteriormente se tonifica el mapa tridimensional.

RPM\% Air	9,75	15,00	20,25	24,75	30,00	35,25	39,75	45,00	50,25	54,75	60,00	65,25	69,75	75,00	80,25	84,75
0	3,2	3,2	1,6	-3,1	-6,3	18,7	15,4	15,4	15,2	14,1	0,0	-0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
240	3,2	3,2	1,6	-3,1	-6,3	19,8	15,4	15,4	15,2	16,3	2,9	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0
800	3,2	3,2	1,6	-3,1	-6,3	22,0	16,5	16,5	16,3	7,9	7,6	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0
1520	3,2	3,2	1,6	-3,1	-6,3	19,1	18,1	17,0	8,7	7,6	9,4	4,4	-1,6	0,0	0,0	0,0
2000	3,2	3,2	0,0	-2,3	-6,3	22,3	20,2	20,2	3,6	2,6	-6,3	-4,7	-3,1	-2,3	-0,8	0,0
3000	0,0	0,0	0,0	-1,6	-3,9	27,7	24,5	24,5	5,3	4,3	-4,7	-3,1	-2,3	-1,6	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0	-0,8	-1,6	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-2,3	-1,6	-0,8	0,0	0,0
7000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4600	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4600	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4600	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4440	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Figura 95. Mapa de inyección en vista Tabla

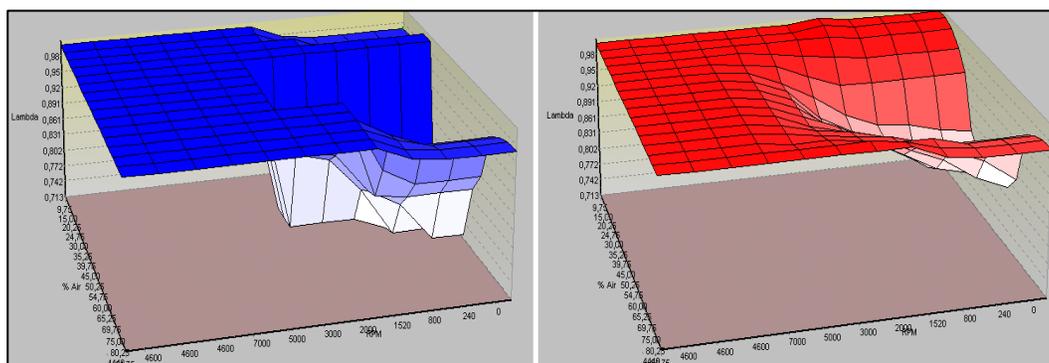


Figura 96. Mapa de inyección en vista 3D

3.4.2. Segunda reprogramación

En la segunda reprogramación se enfocó en el mapa de inyección incrementando un 5% todos los vales. Se optó únicamente por este mapa ya que previamente se realizó modificaciones adicionales en donde se incrementó el 5% todos los valores del mapa de inyección y avance de encendido en archivos modificados por separado, seguidamente

se realizó pruebas adicionales en el dinamómetro, para comprobar con que modificación se obtiene mayor rendimiento con lo cual se pudo determinar que el mapa de inyección con un incremento del 5% en sus valores se obtuvo una ganancia significativa en potencia y torque con respecto al mapa original. Obviamente hay que tener consideraciones ya que al incrementar demasiado la cantidad de combustible inyectada puede producir el efecto contrario.

RPM/% Air	9,75	15,00	20,25	24,75	30,00	35,25	39,75	45,00	50,25	54,75	60,00	65,25	69,75	75,00	80,25	84,75
0	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	5,5	5,5	5,5	5,4	5,4	4,8	5,5	5,0	4,9	4,8	4,8
240	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	5,5	5,5	5,5	5,4	5,4	4,8	5,5	5,0	4,9	4,8	4,8
800	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	5,5	5,5	5,5	5,4	5,0	4,8	5,5	5,0	4,9	4,8	4,8
1520	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	5,3	5,3	5,3	4,9	4,8	4,7	5,3	4,8	4,8	4,8	4,8
2000	4,8	4,8	4,7	4,7	4,7	5,3	5,3	5,3	5,4	5,3	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
3000	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	5,3	5,3	5,3	5,3	5,2	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
5000	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
7000	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
4600	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
4600	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
4600	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
4440	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7

Figura 97. Mapa de inyección modificado “Segunda reprogramación”.

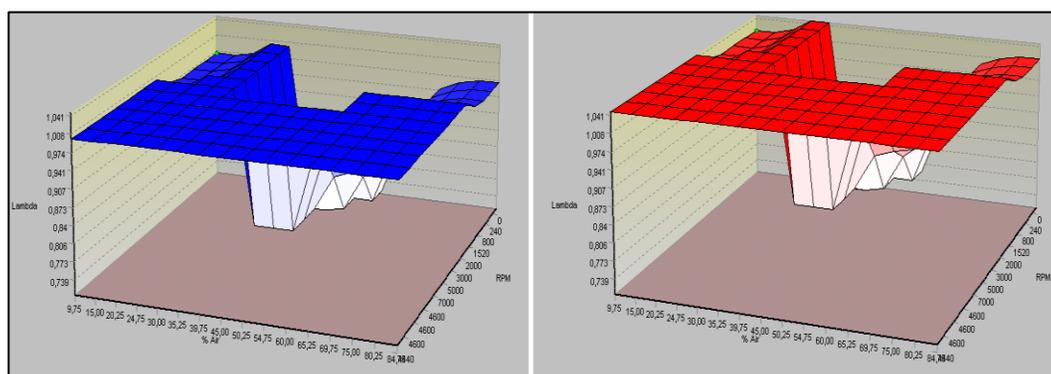


Figura 98. Mapa de inyección en vista 3D “Segunda reprogramación”

3.5. OBDWIZ

OBDwiz es un software de diagnóstico automotriz que se utiliza con cada herramienta de escaneo de PC ScanTool. Permite verificar el estado del motor, borrar los códigos de falla, observar el consumo de combustible y otros datos del automotor, además se puede utilizar fácilmente como un tablero digital.

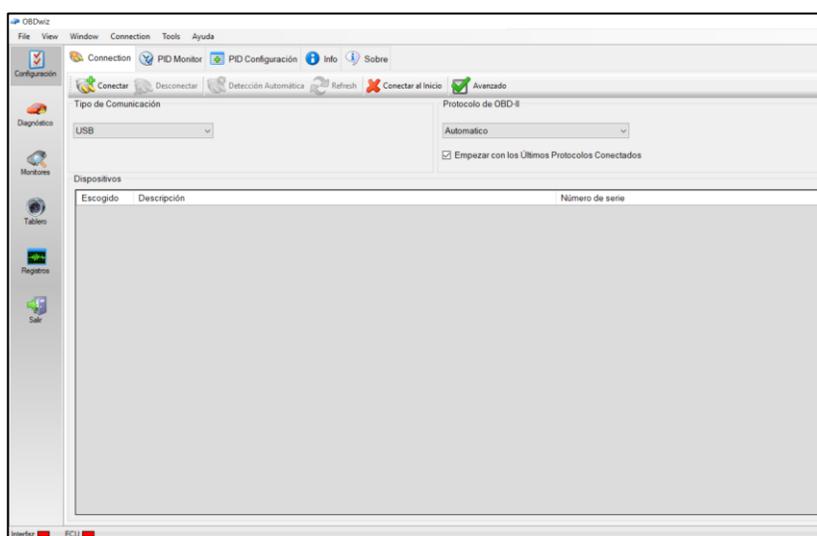


Figura 99. Pantalla principal de OBDwiz.

3.5.1. Características

- Compatible con todos los vehículos OBD II, EOBD y JOBD
- Tableros totalmente personalizables
- Cálculo del consumo de combustible en MPG o Km/lt
- Pantalla del tablero de mandos en tiempo real que incluye medidores de viaje múltiples.
- Grabación y reproducción de datos monitorizados.

- Registro de datos en formato csv.
- Leer y borrar códigos de diagnóstico de problemas.
- Mostrar voltaje de la batería.
- Leer datos de fotogramas congelados.
- Cálculos estadísticos que incluyen valores máximos, mínimos y medios.

3.5.2. Conexión

Tabla 10

Proceso para la prueba de consumo

Proceso para la prueba de consumo	
1. Conectar la interfaz OBD Link al puerto OBD del vehículo y al computador personal.	
2. Abrir el software y colocar el switch del automotor en posición ON.	

Figura 100. Conexión interfaz

Figura 101. Switch en ON

CONTINÚA 

3. Dirigirse a la sección configuración y seleccionar la opción conectar. La interfaz se conecta directamente a la ECU del vehículo.



Figura 102. Conexión OBDwiz-ECU

4. Se pliega una ventana donde hay que introducir los datos del vehículo.

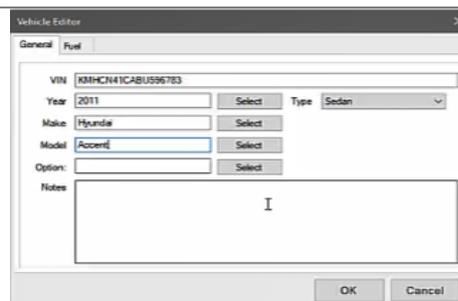


Figura 103. Ingreso de datos del vehículo en OBDLink

5. Después, se configura los parámetros de la pestaña "Fuel" para realizar la prueba de consumo



Figura 104. Configuración de "Fuel"

6. Seguidamente elegir la opción tablero donde se encuentran los tacómetros y medidores para la prueba de consumo.

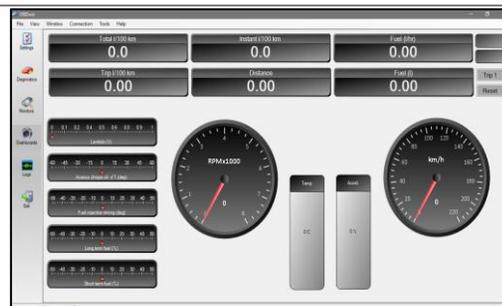


Figura 105. Medidores para la prueba

CONTINÚA

7. Reajustar los valores y poner en cero el ODO del vehículo.



Figura 106. ODO del automóvil

8. Finalmente seleccionar Iniciar y procede a realizar el recorrido



Figura 107. Inicio del recorrido

3.6. Analizador de gases

Es un equipo de la marca CARTEK cuya función es realizar mediciones de las emisiones de gases de escape que produzca el motor del vehículo. Los gases que este equipo analiza son: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂).



Figura 108. Analizador CARTEK

3.6.1. Procedimiento para el análisis de gases de escape

Tabla 11

Proceso de análisis de los gases de escape

Proceso de análisis de los gases de escape

1. Conectar el equipo a la fuente de alimentación de 110 V, y luego encender el mismo presionando el botón verde que se encuentra en la parte frontal.



Figura 109. Botón de encendido

CONTINÚA 

2. Poner en marcha el automotor hasta alcanzar la temperatura normal de funcionamiento.



Figura 110. Puesta en marcha del motor

3. Abrir el software CARTEK GAS ANALIZADOR que se encuentra en el escritorio del computador. Para utilizar el software es necesario ingresar un usuario y contraseña proporcionado por el jefe de laboratorio.



Figura 111. Software del analizador de gases

5. Seleccionar la opción Test que se encuentra en la parte superior derecha del software.

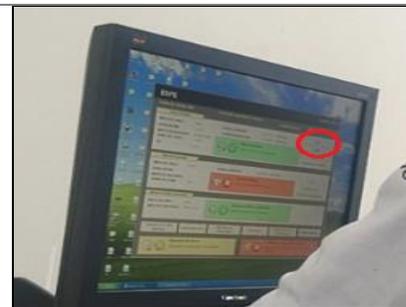


Figura 112. Selección de la opción Test

6. Conectar los cables del medidor de revoluciones a los bornes positivo y negativo de la batería.



Figura 113. Conexión cables del medidor de rpm

CONTINÚA 

7. Aparece una ventana donde se ingresan los datos del vehículo y su propietario.

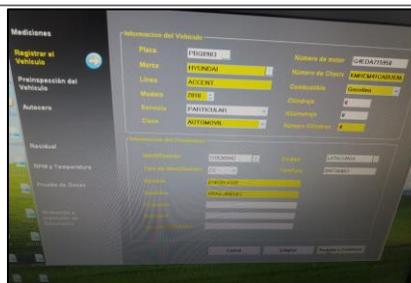


Figura 114. Registro de datos del vehículo

8. Realizar la preinspección del vehículo, seleccionar la casilla de verificado para luego guardar y continuar.

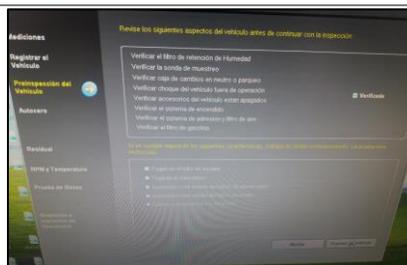


Figura 115. Preinspección del vehículo

9. Esperar a que la máquina realice la prueba de auto-cero para proceder a introducir la sonda en el tubo de escape.



Figura 116. Sonda en el tubo de evacuación de gases

10. Ejecutar las pruebas en ralentí y crucero, siguiendo los valores de RPM que indica el software del analizador.



Figura 117. Prueba de ralentí

CONTINÚA 

11. Retirar la sonda del escape y los cables del medidor de RPM para finalizar la prueba.

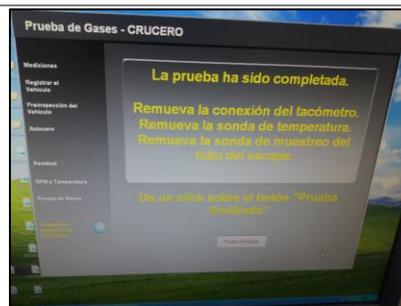


Figura 118. Prueba completada

12. Guardar los resultados de las pruebas en una carpeta del ordenador.

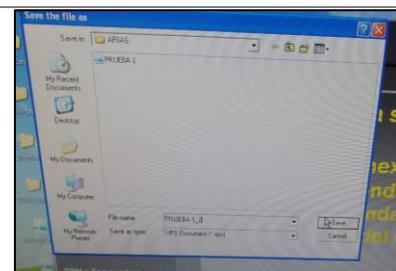


Figura 119. Guardado de resultados

13. Abrir el documento generado para observar los resultados

ESPE LATACLINGA Tel: 0000000		Email
DATOS DEL CLIENTE		DATOS DEL VEHICULO
NOMBRE: BYRON JOSE	PLACA: PBQ8903	MODELO: 2010
APELLIDO: ARIAS JIMENEZ	MARCA: HYUNDAI	LINEA: ACCENT
IDENTIFICACION: 1100509942	MOTOR: COMBUSTIBLE: GASOLINA	VIN: KMHC041CABU50783
DISPOSITIVO: CDD001		
DATOS DE LA PRUEBA		CRUCERO
RALENTI		RESULTADOS
RESULTADOS	HC LIMITE 200.00 ppm	HC 42.00
HC 33.00	CO LIMITE 1.00 %	CO 0.10
CO 0.02	CO2 MAXIMO 7.00 %	CO2 14.04
CO2 14.07	O2 MAXIMO 5.00 %	O2 0.16
O2 0.31	RPM MIN 500 rpm	RPM 2.056
RPM 717	TEMP MIN 0.00 *	TEMP 0
TEMP 0		RESULTADO: RECHAZADA
RESULTADO: APROBADA		MOTIVO:
FECHA DE LA PRUEBA: 10/10/2018 13:07:48	RESULTADO GENERAL: RECHAZADA	
OPERARIO RESPONSABLE:		LEONIDAS GUIROZ

Figura 120. Resultado de la prueba

CAPITULO IV

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Introducción

En este capítulo se presenta las diferentes pruebas que el vehículo fue sometido, una de ellas la prueba en el dinamómetro de rodillos del fabricante “SAENZ Dynos” en AXR PREPARACIÓN, donde se tuvo en cuenta las normas de seguridad pertinentes al realizar cada una de las pruebas. En total se realizó tres pruebas en el dinámetro, la primera con el mapa original escrito en la ECU del vehículo, posteriormente con los mapas de la primera y segunda reprogramación para finalmente obtener las tablas de datos, curvas de potencia y torque de cada una de las pruebas.

Seguidamente se realizaron las pruebas de consumo de combustible mediante la ayuda de la interface OBDLink, la misma que se conecta la laptop al puerto OBDII del vehículo y por medio del Software OBDwiz previamente instalado, en donde se configura y selecciona varios parámetros en la pantalla de Dashboard en la cual incluye un indicador del consumo de combustible, la distancia recorrida, entre otros. Estas pruebas se realizaron con el mapa original y las dos reprogramaciones. Además, se realizaron pruebas de emisiones de gases con el analizador CARTEK para determinar la cantidad de CO₂, CO, O₂ Y HC.

Seguidamente, se realizó la observación y estudio de los datos recopilados para finalmente realizar el análisis porcentual que determinó las variaciones que existe entre

los datos recolectados de las pruebas efectuadas con el mapa original y las dos reprogramaciones.

4.2. Pruebas de Torque y Potencia

Por medio del dinamómetro de rodillos el vehículo fue sometido a tres pruebas y, una vez obtenidos las curvas de potencia y torque de las dos reprogramaciones se procede a realizar una comparación con las curvas obtenidas con el mapa original de la ECU del vehículo con el objetivo de analizar las variaciones entre ellas.

4.2.1. Calibración en el dinamómetro

Previamente para la calibración del dinamómetro de rodillos se realizó una inspección del área de trabajo verificando el estado en que se encuentran los rodillos, así como también que no exista objetos que puedan introducirse dentro de los alojamientos de los rodillos. De la misma manera, se verificó que no exista algún tipo de deformación y agrietamiento en las bases de los puntos de anclaje.



Figura 121. Dinamómetro de rodillos

Se procedió a ubicar al vehículo sobre dinamómetro, específicamente las ruedas motrices que en este caso el vehículo es de tracción delantera se colocaron las ruedas delanteras las mismas que fueron alineadas con los rodillos y por medio de correas se fija el vehículo en los puntos de anclaje con la finalidad de evitar incidentes durante las pruebas.



Figura 122. Colocación del vehículo en el dinamómetro

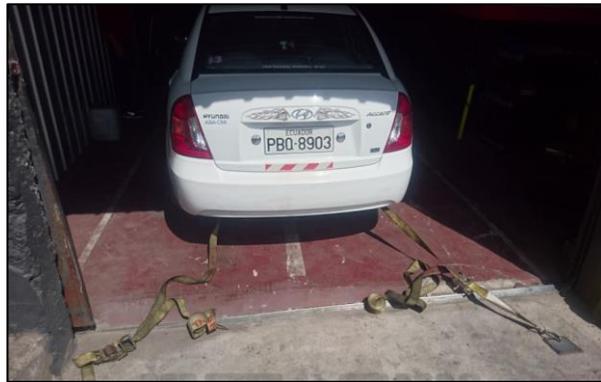


Figura 123. Fijación del vehículo

Los aspectos más importantes que hay que tomar en cuenta al realizar las pruebas en el dinamómetro es la seguridad del vehículo, despejar el área de trabajo y la

proporción del ventilador ubicado en frente del vehículo con la finalidad de evitar un sobrecalentamiento por estar sometido a aceleraciones que llegan al corte de inyección.



Figura 124. Colocación del ventilador

Para dar inicio a las pruebas se realizó calibraciones en el software del dinámetro, en donde se introdujo datos del vehículo: marca, modelo, cilindraje del motor, entre otros parámetros.

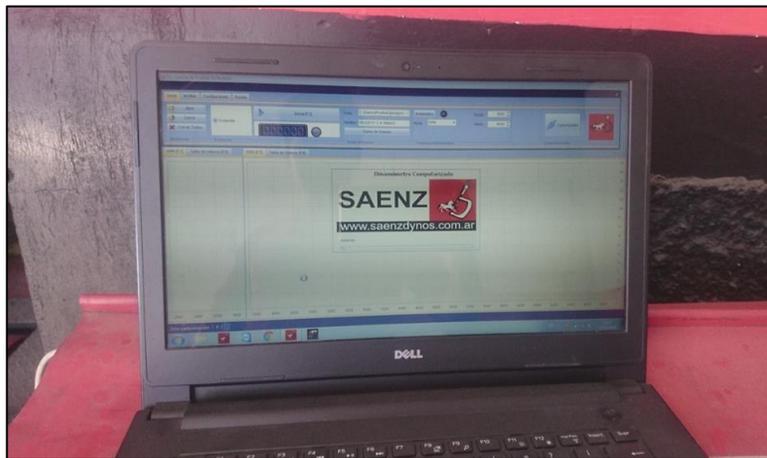


Figura 125. Software SAENZ

Posteriormente se enciende el motor del vehículo para verificar que los valores de los indicadores del software coincidan con los indicadores del vehículo uno de ellos específicamente es el tacómetro.



Figura 126. Calibración del software

Las pruebas de potencia y torque se pueden realizar en cualquier marcha, para este caso se realizaron en la tercera marcha y al software se lo calibró previamente para que registre los datos obtenidos desde las 3000 RPM hasta 7000 RPM.

Una vez puesto en marcha el motor del vehículo se procedió a poner en movimiento las ruedas motrices hasta llegar a tercera marcha, una vez en este punto se mantiene por un instante el motor a 2500 RPM y, de forma súbita se acelera a fondo hasta llegar aproximadamente a 7000 RPM. En el mismo instante, durante la aceleración el software inicia a registrar los datos y a generar las curvas de potencia, torque, entre otras.

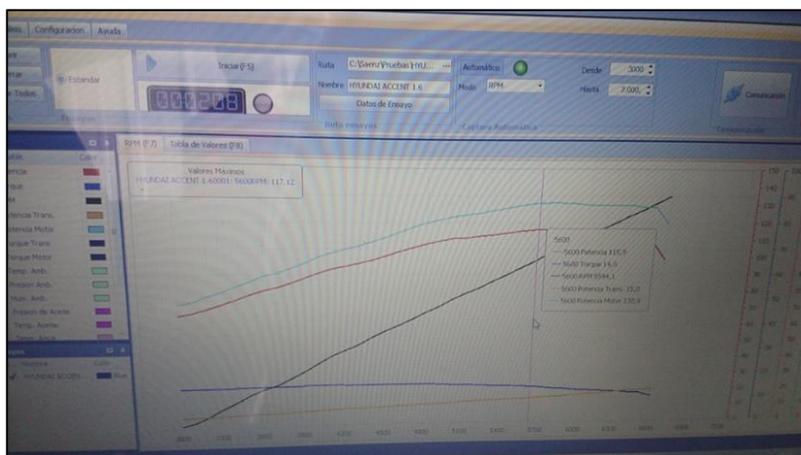


Figura 127. Generación de curvas de potencia y torque

4.3. Recopilación de datos

A continuación, luego de las pruebas realizadas en el dinamómetro se procedió a tabular los datos obtenidos de cada una de las pruebas realizadas con el Mapa original escrito en la ECU del vehículo y luego con las dos reprogramaciones realizadas.

4.3.1. Prueba 1. “Mapa original”

En la primera prueba en el dinamómetro se obtuvo los valores con el Mapa original de la ECU. Estos valores representan el comportamiento del motor con los mapas antes de ser reprogramado.

Tabla 12
Datos obtenidos del “Mapa original”

RPM	POTENCIA (CV)	POTENCIA MOTOR (CV)	POTENCIA TRANS. (CV)	TORQUE (Kg.m)
3000	67,00	73,4	6,4	15,81

CONTINÚA 

3100	68,40	75,0	6,6	15,81
3200	70,20	77,1	6,8	15,79
3300	72,70	79,8	7,1	15,78
3400	76,40	83,8	7,4	16,04
3500	76,90	84,6	7,7	15,65
3600	85,10	93,0	7,9	16,92
3700	81,20	89,4	8,2	15,82
3800	84,50	93,0	8,5	16,02
3900	88,10	96,9	8,8	16,28
4000	92,30	101,5	9,1	16,53
4100	94,20	103,6	9,4	16,37
4200	95,20	105,0	9,8	16,19
4300	96,30	106,4	10,1	16,05
4400	97,80	108,2	10,4	15,88
4500	101,60	112,4	10,8	16,13
4600	103,90	115,0	11,1	16,19
4700	105,20	116,6	11,5	16,04
4800	108,50	120,3	11,8	16,20
4900	110,00	122,2	12,2	16,10
5000	112,00	124,5	12,5	16,03
5100	110,30	123,3	13,0	15,50
5200	112,60	126,0	13,3	15,55
5300	113,30	127,0	13,7	15,35
5400	113,70	127,9	14,2	15,12
5500	115,90	130,4	14,6	15,12
5600	117,12	132,1	15,0	14,99
5700	115,00	130,6	15,5	14,45
5800	116,20	132,2	16,0	14,33
5900	115,00	131,4	16,5	13,94
6000	112,70	129,7	17,0	13,46
6100	112,10	129,6	17,5	13,16
6200	110,10	128,2	18,1	12,72
6300	113,40	132,2	18,8	12,90
6400	111,00	130,4	19,4	12,43
6500	108,60	128,6	20,0	11,97
6600	99,00	119,4	20,4	10,74
6700	65,20	85,9	20,7	6,96
6800	24,80	24,8	0,0	

CONTINÚA



PROMEDIO	96,8	109,0	12,3	14,59
----------	------	-------	------	-------

Los valores obtenidos en el dinamómetro fueron tabulados y a partir de estos se crean las curvas características de potencia y torque el motor que se muestra a continuación:

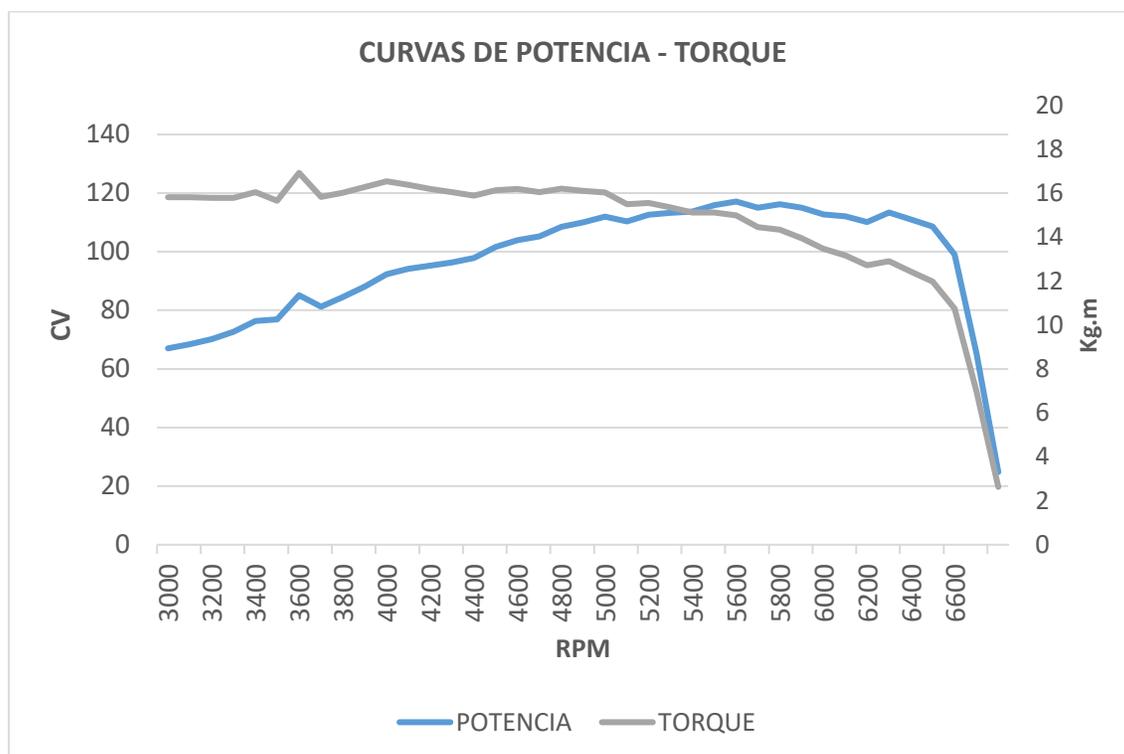


Figura 128. Curvas de potencia y torque del mapa original

La presente figura detalla la obtención de la curva de potencia y torque que el fabricante proporciona al motor del vehículo.

La curva de potencia que se obtuvo del mapa original indica un incremento uniforme hasta llegar a su valor máximo de 117,12 CV a 5600 RPM y, a partir de este

punto comienza a descender paulatinamente hasta las 6700 RPM aproximadamente donde la potencia desciende bruscamente por el corte de inyección.

Con respecto a la curva del torque, esta permanece estable entre las 3000 y 5000 RPM aproximadamente y, a partir de estas últimas comienza a descender. El valor máximo alcanzado del torque es de 16,92 Kg.m que se obtiene a las 3600 RPM. Cabe mencionar que tanto la curva de potencia como la curva de torque existe la presencia de valles y picos conforme incrementa las revoluciones del motor. A continuación, se detalla los valores máximos.

Tabla 13

Valores máximos de Potencia y Torque del “Mapa original”

	Valores	RPM
Potencia (CV)	117,12	5600
Torque (Kg.m)	16,92	3600

4.3.2. Prueba 2. “Primera reprogramación”

En la segunda prueba en el dinamómetro se realizó la recolección de datos de la primera reprogramación de la ECU del vehículo para posteriormente determinar las variaciones con respecto a los datos del Mapa original.

Tabla 14

Datos obtenidos de la “Primera reprogramación”

RPM	POTENCIA	POTENCIA MOTOR	POTENCIA TRANS.	TORQUE
3000	69,3	75,5	6,2	16,27
3100	70,7	77,0	6,3	16,27
3200	72,5	79,0	6,6	16,23
3300	73,8	80,7	6,8	15,96

CONTINÚA 

3400	76,3	83,4	7,1	16,07
3500	77,8	85,1	7,3	16,00
3600	81,9	89,5	7,6	16,33
3700	83,3	91,2	7,9	16,14
3800	85,2	93,3	8,1	16,06
3900	86,4	94,8	8,4	15,91
4000	89,7	98,4	8,7	16,12
4100	92,4	101,3	8,9	16,21
4200	95,4	104,7	9,2	16,30
4300	96,7	106,2	9,5	16,08
4400	99,1	108,9	9,8	16,14
4500	101,2	111,3	10,1	16,12
4600	105,0	115,4	10,4	16,33
4700	106,7	117,4	10,7	16,23
4800	109,1	120,1	11,0	16,25
4900	112,1	123,4	11,3	16,37
5000	113,9	125,5	11,5	16,32
5100	115,0	126,9	11,9	16,17
5200	116,4	128,6	12,2	16,01
5300	117,3	130,3	12,9	15,82
5400	119,0	132,3	13,3	15,74
5500	119,7	133,4	13,7	15,55
5600	119,3	133,4	14,1	15,23
5700	115,7	130,2	14,5	14,53
5800	114,0	128,9	14,9	14,06
5900	114,5	129,9	15,4	13,89
6000	114,7	130,6	15,9	13,70
6100	112,1	128,5	16,4	13,16
6200	111,6	128,6	16,9	12,90
6300	109,2	126,6	17,3	12,42
6400	106,5	124,4	17,9	11,92
6500	102,0	120,4	18,4	11,24
6600	99,4	118,2	18,8	10,80
6700	45,4	64,4	19,0	4,85
6800	35,0	35,0	0,0	3,70
PROM.	97,1	108,5	11,5	14,65

A partir de los valores obtenidos de la primera reprogramación se generan las curvas características de potencia y torque el motor que se muestra a continuación:

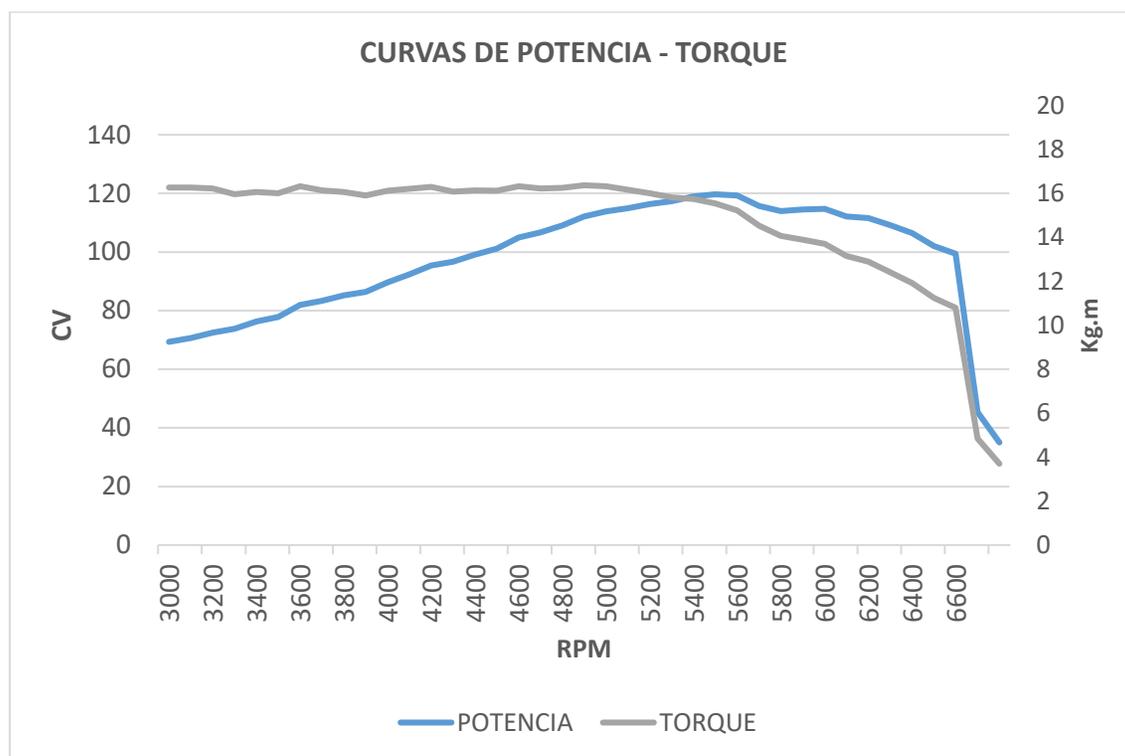


Figura 129. Curvas de potencia y torque de la primera reprogramación

La figura indica las curvas de potencia y torque obtenidas a partir de la primera reprogramación en la cual se realizó la modificación de los mapas de inyección, avance de encendido y carga del motor.

La curva de potencia que se obtuvo de la primera reprogramación indica un incremento uniforme más estable hasta llegar a su valor máximo de 119,7 CV a 5500 RPM y, a partir de este punto comienza a descender paulatinamente hasta las 6700 RPM aproximadamente donde la potencia desciende bruscamente por el corte de inyección.

Cabe recalcar que durante la modificación se enfocó en las formas irregulares de los mapas en tercera dimensión con la finalidad que sean más uniformes, lo cual se evidencia en la curva de potencia que presenta una disminución de picos y valles durante el ascenso hasta alcanzar su valor máximo en comparación con la curva del mapa original.

Con respecto a la curva del torque, esta permanece estable entre las 3000 y 5100 RPM aproximadamente y, a partir de estas últimas comienza a descender. El valor máximo alcanzado del torque es de 16,37 Kg.m que se obtiene a las 4900 RPM. En esta curva también se puede apreciar un cambio en su forma ya se más estable en comparación con la curva obtenida del mapa original. A continuación, se detalla los valores máximos de la primera reprogramación con relación al mapa original.

Tabla 15

Valores máximos de Potencia y torque de la “Primera reprogramación”

	Valores	RPM
Potencia (CV)	119.7	5600
Torque (Kg.m)	16,37	4900

4.3.3. Prueba 3. “Segunda reprogramación”

Para la tercera prueba en el dinamómetro se realizó la recolección de datos de la segunda reprogramación de la ECU del vehículo, para posteriormente determinar las variaciones con respecto a los datos obtenidos del Mapa original.

Tabla 16

Datos obtenidos de la “Segunda reprogramación”

RPM	POTENCIA	POTENCIA MOTOR	POTENCIA TRANS.	TORQUE
3100	71,4	78,2	6,9	16,37
3200	74,7	81,8	7,1	16,63

CONTINÚA 

3300	71,0	78,4	7,4	
3400	78,7	86,4	7,7	16,63
3500	80,0	88,0	8,0	16,36
3600	83,1	91,3	8,3	16,48
3700	85,6	94,1	8,6	16,50
3800	88,7	97,6	8,8	16,62
3900	92,2	101,4	9,2	16,85
4000	94,4	103,9	9,5	16,83
4100	96,0	105,8	9,8	16,71
4200	97,3	107,5	10,2	16,57
4300	99,1	109,6	10,5	16,50
4400	101,2	112,0	10,8	16,52
4500	104,3	115,5	11,2	16,60
4600	107,1	118,6	11,5	16,63
4700	109,2	121,1	11,9	16,68
4800	112,3	124,6	12,3	16,78
4900	114,1	126,7	12,6	16,68
5000	115,9	129,0	13,0	16,63
5100	116,3	129,8	13,5	16,31
5200	116,2	130,1	13,9	16,01
5300	118,7	133,0	14,3	16,07
5400	118,3	133,0	14,7	15,70
5500	119,7	134,8	15,2	15,60
5600	122,2	137,6	15,4	15,66
5700	124,0	139,7	15,7	15,61
5800	120,8	137,5	16,6	14,93
5900	120,6	137,8	17,2	14,64
6000	119,6	137,3	17,7	14,28
6100	120,7	139,0	18,3	14,16
6200	117,6	136,5	18,9	13,55
6300	114,8	134,4	19,5	13,03
6400	111,1	131,2	20,2	12,42
6500	105,9	126,7	20,8	11,67
6600	100,4	121,9	21,5	10,89
6700	44,3	66,8	22,6	4,73
6800	20,0	20,0	0,0	2,11
PROM.	100,2	113,1	12,9	14,96

A partir de los valores obtenidos de la segunda reprogramación se generan las curvas características de potencia y torque el motor que se muestra a continuación:

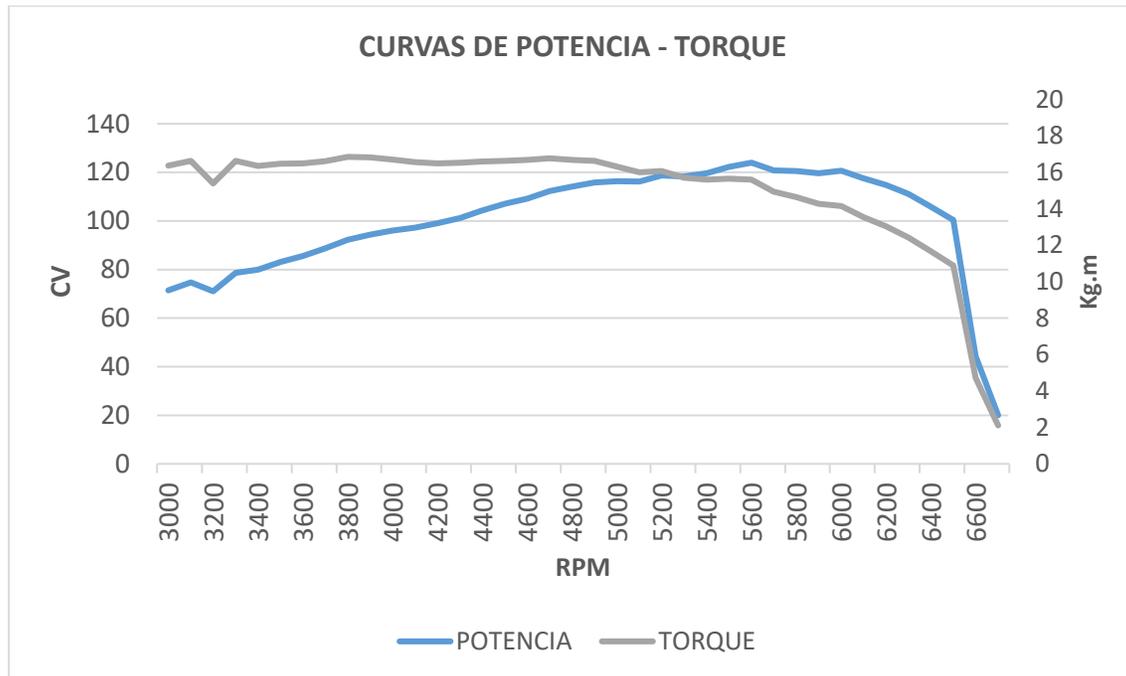


Figura 130. Curvas de potencia y torque de la segunda reprogramación

La figura indica las curvas de potencia y torque obtenidas a partir de la segunda reprogramación en la cual se realizó la modificación solo del mapa de inyección.

La curva de potencia que se obtuvo de la segunda reprogramación indica un incremento uniforme hasta llegar a su valor máximo de 124,00 CV a 5500 RPM y, a partir de este punto comienza a descender paulatinamente hasta las 6600 RPM aproximadamente donde la potencia desciende bruscamente por el corte de inyección.

Debido a que se obtuvo un poco ganancia de potencia con la primera de reprogramación, se enfocó en la modificación de los valores del mapa de inyección ya

que este parámetro influye notablemente para obtener la potencia y torque máximo, lo cual se evidencia en la curva que presenta una ganancia notable en comparación con la curva del mapa original.

Con respecto a la curva del torque, esta permanece estable entre las 3000 y 4900 RPM aproximadamente y, a partir de estas últimas comienza a descender. El valor máximo alcanzado del torque es de 16,85 Kg.m que se obtiene a las 3900 RPM. Además, se pudo visualizar que existe un declive tanto en la curva de potencia y torque cerca de las 3300 RPM esto pudo deberse al exceso de combustible inyectado en dicho punto. A continuación, se detalla los valores máximos de la segunda reprogramación.

Tabla 17

Valores máximos de Potencia y Torque de “Segunda reprogramación”

	VALORES	RPM
POTENCIA (CV)	124,0	5700
TORQUE (Kg.m)	16,85	3900

4.4. Análisis y resultados

Cabe mencionar que cada una de las tablas de datos obtenidos de cada una de las pruebas presenta diferentes valores de potencia, las mismas que describen potencia de rueda, potencia de motor y potencia de transmisión. Para este caso se toma los valores de la potencia de rueda y el torque que están dados en CV y Kg.m respectivamente y, estos a su vez, indican los valores netos que llegan a las ruedas motrices.

Por medio la siguiente tabla se compara los datos obtenidos en las pruebas realizadas en el dinamómetro, tanto del mapa original como de las dos reprogramaciones y, a partir de estos se realiza el análisis porcentual para determinar la variación que existe entre los datos y curvas obtenidas.

Tabla 18

Comparación de datos obtenidos de potencia y torque

RPM	MAPA ORIGINAL		1ERA REPRO.		2DA REPRO.	
	Potencia (CV)	Torque (Kg.m)	Potencia (CV)	Torque (Kg.m)	Potencia (CV)	Torque (Kg.m)
3000	67,00	15,81	69,30	16,27	-	-
3100	68,40	15,81	70,70	16,27	71,40	16,37
3200	70,20	15,79	72,50	16,23	74,70	16,63
3300	72,70	15,78	73,80	15,96	71,00	15,40
3400	76,40	16,04	76,30	16,07	78,70	16,63
3500	76,90	15,65	77,80	16,00	80,00	16,36
3600	85,10	16,92	81,90	16,33	83,10	16,48
3700	81,20	15,82	83,30	16,14	85,60	16,50
3800	84,50	16,02	85,20	16,06	88,70	16,62
3900	88,10	16,28	86,40	15,91	92,20	16,85
4000	92,30	16,53	89,70	16,12	94,40	16,83
4100	94,20	16,37	92,40	16,21	96,00	16,71
4200	95,20	16,19	95,40	16,30	97,30	16,57
4300	96,30	16,05	96,70	16,08	99,10	16,50
4400	97,80	15,88	99,10	16,14	101,20	16,52
4500	101,60	16,13	101,20	16,12	104,30	16,60
4600	103,90	16,19	105,00	16,33	107,10	16,63
4700	105,20	16,04	106,70	16,23	109,20	16,68
4800	108,50	16,20	109,10	16,25	112,30	16,78
4900	110,00	16,10	112,10	16,37	114,10	16,68
5000	112,00	16,03	113,90	16,32	115,90	16,63
5100	110,30	15,50	115,00	16,17	116,30	16,31
5200	112,60	15,55	116,40	16,01	116,20	16,01
5300	113,30	15,35	117,30	15,82	118,70	16,07
5400	113,70	15,12	119,00	15,74	118,30	15,70

CONTINÚA



5500	115,90	15,12	119,74	15,55	119,70	15,60
5600	117,12	14,99	119,30	15,23	122,20	15,66
5700	115,00	14,45	115,70	14,53	124,00	15,61
5800	116,20	14,33	114,00	14,06	120,80	14,93
5900	115,00	13,94	114,50	13,89	120,60	14,64
6000	112,70	13,46	114,70	13,70	119,60	14,28
6100	112,10	13,16	112,10	13,16	120,70	14,16
6200	110,10	12,72	111,60	12,90	117,60	13,55
6300	113,40	12,90	109,20	12,42	114,80	13,03
6400	111,00	12,43	106,50	11,92	111,10	12,42
6500	108,60	11,97	102,00	11,24	105,90	11,67
6600	99,00	10,74	99,40	10,80	100,40	10,89
6700	65,20	6,96	45,40	4,85	44,30	4,73
6800	24,80	2,63	35,00	3,70	20,00	2,11
PROM.	96,8	14,59	97,1	14,65	100,20	14,96

Los datos obtenidos de potencia y torque realizadas en el dinamómetro se encuentran marcados y representan a los valores máximos y a las RPM que se dan cada una de estos. Como se puede observar los valores de torque máximo se dan a unas revoluciones por debajo de las que se obtiene los valores de potencia máxima.

Tabla 19
Valores máximos de Potencia

	Potencia (CV)	RPM
Mapa original	117,12	5600
Primera reprogramación	119,74	5500
Segunda reprogramación	124,00	5700

Tabla 20
Valores máximos de Torque

	Torque (Kg.m)	RPM
Mapa original	16,92	3600
Primera reprogramación	16,37	4900

CONTINÚA 

Segunda reprogramación	16,85	3900
-------------------------------	-------	------

Tabla 21

Valores promedio de Potencia

Potencia (CV)	
Mapa original	96,76
Primera reprogramación	97,06
Segunda reprogramación	100,20

Tabla 22

Valores promedios de Torque

Torque (Kg.m)	
Mapa original	14,59
Primera reprogramación	14,65
Segunda reprogramación	14,96

4.4.1. Resultados obtenidos en porcentajes

Por medio de análisis porcentual se determinaron las variaciones existentes entre las curvas de potencia y torque del motor, así como, las ganancias obtenidas tanto con los valores máximos como los valores promedios de cada una de las reprogramaciones con respecto al mapa original de la ECU.

- **Potencia máxima de la primera reprogramación**

Datos obtenidos

Mapa original: 117,12 CV

Primera reprogramación: 119,74 CV

$$\Delta\% = \left(\frac{\text{Potencia final}}{\text{Potencia inicial}} - 1 \right) * 100$$

Ecuación 1. Variación de Potencia en porcentaje

$$\Delta\% = \left(\frac{119,74 \text{ CV}}{117,12 \text{ CV}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = 2.24 \%$$

- **Torque máximo de la primera reprogramación**

Datos obtenidos

Mapa original: 16,92 Kg.m

Primera reprogramación: 16,37 Kg.m

$$\Delta\% = \left(\frac{\text{Torque final}}{\text{Torque inicial}} - 1 \right) * 100$$

Ecuación 2. Variación de Torque en porcentaje

$$\Delta\% = \left(\frac{16.37 \text{ Kg.m}}{16.92 \text{ Kg.m}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = -3.25 \%$$

- **Potencia máxima de la segunda reprogramación**

Datos obtenidos

Mapa original: 117,12 CV

Primera reprogramación: 124,00 CV

$$\Delta\% = \left(\frac{\text{Potencia final}}{\text{Potencia inicial}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = \left(\frac{124,00 \text{ CV}}{117,12 \text{ CV}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = 5.87\%$$

- **Torque máximo de la segunda reprogramación**

Datos obtenidos

Mapa original: 16,92 Kg.m

Primera reprogramación: 16,85 Kg.m

$$\Delta\% = \left(\frac{\text{Torque final}}{\text{Torque inicial}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = \left(\frac{16.85 \text{ Kg.m}}{16.92 \text{ Kg.m}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = -0.41 \%$$

- **Potencia promedio de la primera reprogramación**

Datos obtenidos

Mapa original: 96.76 CV

Primera reprogramación: 97.06 CV

$$\Delta\% = \left(\frac{\text{Potencia final}}{\text{Potencia inicial}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = \left(\frac{97.06 \text{ CV}}{96.76 \text{ CV}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = 0.31 \%$$

- **Torque promedio de la primera reprogramación**

Datos obtenidos

Mapa original: 14.59 Kg.m

Primera reprogramación: 14.65 Kg.m

$$\Delta\% = \left(\frac{\text{Torque final}}{\text{Torque inicial}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = \left(\frac{14.65 \text{ Kg.m}}{14.59 \text{ Kg.m}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = \mathbf{0.43 \%}$$

- **Potencia promedio de la segunda reprogramación**

Datos obtenidos

Mapa original: 96.76 CV

Primera reprogramación: 100.20 CV

$$\Delta\% = \left(\frac{\text{Potencia final}}{\text{Potencia inicial}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = \left(\frac{100.20 \text{ CV}}{96.76 \text{ CV}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = \mathbf{3.56 \%}$$

- **Torque promedio de la segunda reprogramación**

Datos obtenidos

Mapa original: 14.59 Kg.m

Primera reprogramación: 14.96 Kg.m

$$\Delta\% = \left(\frac{\text{Torque final}}{\text{Torque inicial}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = \left(\frac{14.96 \text{ Kg.m}}{14.59 \text{ Kg.m}} - 1 \right) * 100$$

$$\Delta\% = 2.52\%$$

Los valores obtenidos permitieron determinar la variación en porcentaje y la existencia de ganancia de potencia y torque de las dos reprogramaciones realizadas con respecto al mapa original. Cabe mencionar que este análisis se realizó con los valores máximos y promedios, pero si se realiza el análisis en forma secuencial de cada uno de los datos obtenidos se llega a visualizar que existe una ganancia notable y superior a la obtenida con los valores máximos. A continuación, se presenta la tabla de ganancias individuales de cada reprogramación que se obtuvo a partir de la utilización de la ecuación 2.

Tabla 23
Ganancias individuales de cada reprogramación

RPM	Ganancia de la primera reprogramación		Ganancia de la segunda reprogramación	
	Potencia (%)	Torque (%)	Potencia (%)	Torque (%)
3100	3,36	2,91	4,39	3,54
3200	3,28	2,79	6,41	5,32
3300	1,51	1,14	-2,34	-2,41
3400	-0,13	0,19	3,01	3,68
3500	1,17	2,24	4,03	4,54
3600	-3,76	-3,49	-2,35	-2,60
3700	2,59	2,02	5,42	4,30
3800	0,83	0,25	4,97	3,75

CONTINÚA 

3900	-1,93	-2,27	4,65	3,50
4000	-2,82	-2,48	2,28	1,81
4100	-1,91	-0,98	1,91	2,08
4200	0,21	0,68	2,21	2,35
4300	0,42	0,19	2,91	2,80
4400	1,33	1,64	3,48	4,03
4500	-0,39	-0,06	2,66	2,91
4600	1,06	0,86	3,08	2,72
4700	1,43	1,18	3,80	3,99
4800	0,55	0,31	3,50	3,58
4900	1,91	1,68	3,73	3,60
5000	1,70	1,81	3,48	3,74
5100	4,26	4,32	5,44	5,23
5200	3,37	2,96	3,20	2,96
5300	3,53	3,06	4,77	4,69
5400	4,66	4,10	4,05	3,84
5500	3,31	2,84	3,28	3,17
5600	1,86	1,60	4,34	4,47
5700	0,61	0,55	7,83	8,03
5800	-1,89	-1,88	3,96	4,19
5900	-0,43	-0,36	4,87	5,02
6000	1,77	1,78	6,12	6,09
6100	0,00	0,00	7,67	7,60
6200	1,36	1,42	6,81	6,53
6300	-3,70	-3,72	1,23	1,01
6400	-4,05	-4,10	0,09	-0,08
6500	-6,08	-6,10	-2,49	-2,51
6600	0,40	0,56	1,41	1,40
MÁXIMO	4,66	4,32	7,83	8,03

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del análisis porcentual realizado con los valores máximos y promedios de las reprogramaciones.

Tabla 24*Resultados de la primera reprogramación (valores máximos)*

	Potencia (CV)	Torque (Kg.m)
Mapa original	117,12	16,92
Primera reprogramación	119,74	16,37
Ganancia neta	2,62	-0,55
Variación en porcentaje	2,24%	-3,25%

Tabla 25*Resultados de la segunda reprogramación (valores máximos)*

	Potencia (CV)	Torque (Kg.m)
Mapa original	117,12	16,92
Segunda reprogramación	124,00	16,85
Ganancia neta	6,88	-0,07
Variación en porcentaje	5,87 %	-0,41%

Tabla 26*Resultados de la primera reprogramación (valores promedios)*

	Potencia (CV)	Torque (Kg.m)
Mapa original	96,76	14,59
Primera reprogramación	97,06	14,65
Ganancia neta	0,30	0,06
Variación en porcentaje	0,31 %	0,43 %

Tabla 27*Resultados de la segunda reprogramación (valores promedios)*

	Potencia (CV)	Torque (Kg.m)
Mapa original	96,76	14,59
Segunda reprogramación	100,20	14,96
Ganancia neta	3,44	0,37
Variación en porcentaje	3,56 %	2,52%

Las tablas de los resultados presentan en forma resumida los datos obtenidos y las ganancias que se han llegado a obtener tanto con los valores máximos como los promedios de la potencia y torque alcanzados con cada una de las reprogramaciones realizadas.

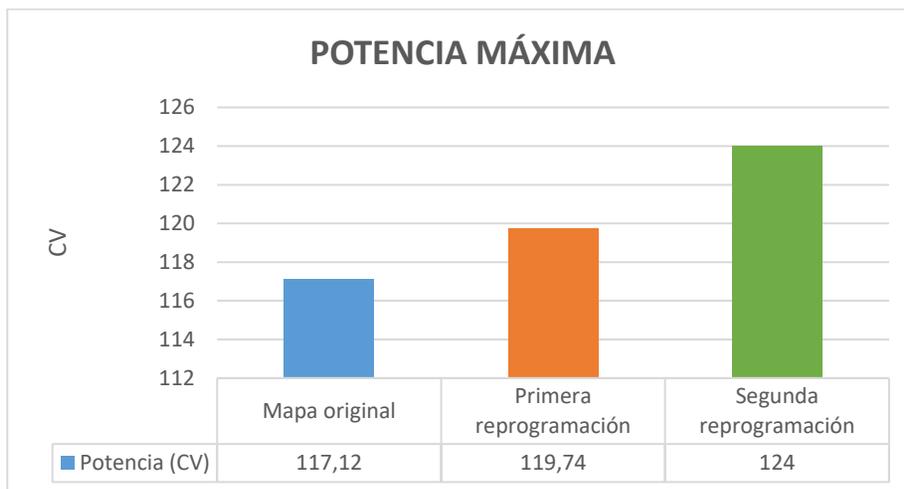


Figura 131. Comparación en barras de la potencia máxima

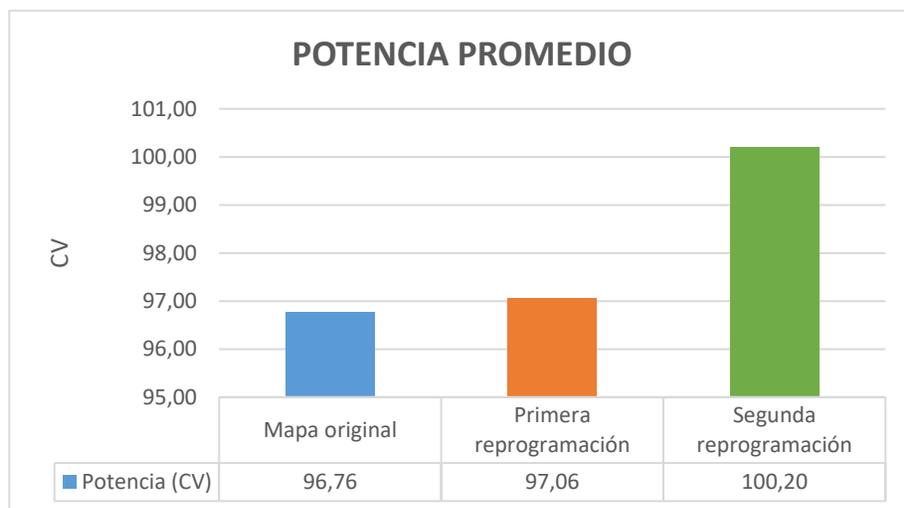


Figura 132. Comparación en barras de la potencia promedio

En la figura de potencia máxima se puede visualizar el incremento notable que se alcanzó con las reprogramaciones, estos valores máximos se obtuvieron en un rango de entre 5500 a 5700 RPM.

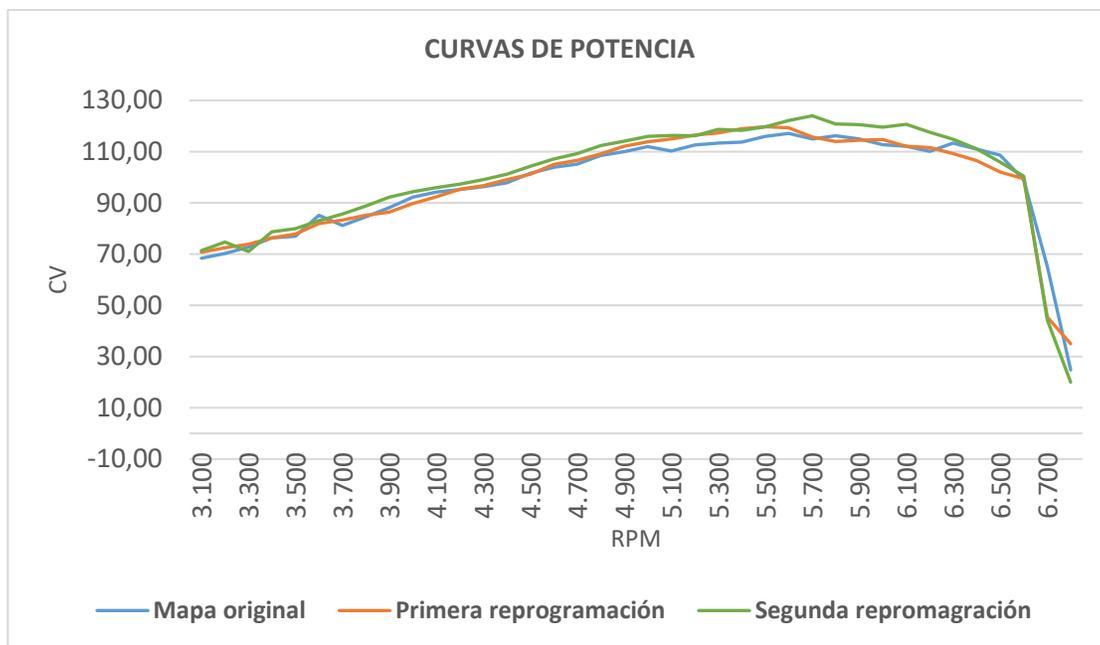


Figura 133. Comparación de las curvas de potencia

En la figura anterior se puede visualizar de forma detallada la ganancia que se obtiene en toda la curva de la segunda reprogramación con respecto a la del mapa original.

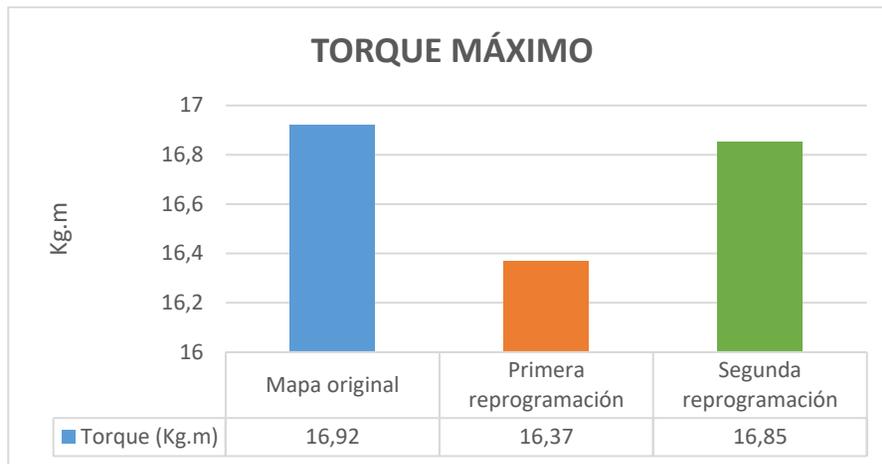


Figura 134. Comparación en barras del torque máximo

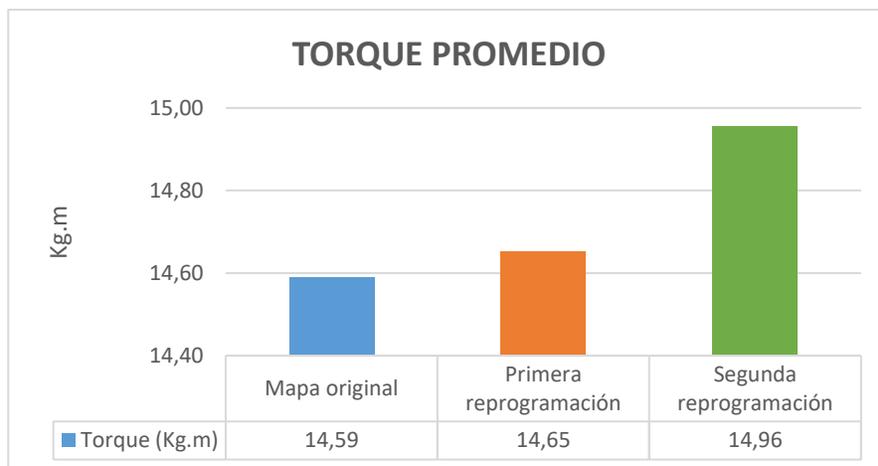


Figura 135. Comparación en barras del torque promedio

En la figura del torque máximo se puede visualizar la disminución en su valor que se obtuvo con las reprogramaciones con respecto al valor del mapa original, estos valores se dieron en un rango de entre 3900 a 4900 RPM. Cabe recalcar que la figura del torque máximo hace referencia solo a un valor puntual de su curva característica, pero si se enfoca en los valores promedios y se realiza el seguimiento a las curvas de las

reprogramaciones se puede determinar que existe un incremento con respecto a la curva del mapa original. En la siguiente figura se detalla de mejor manera la ganancia que se obtiene en toda la curva.

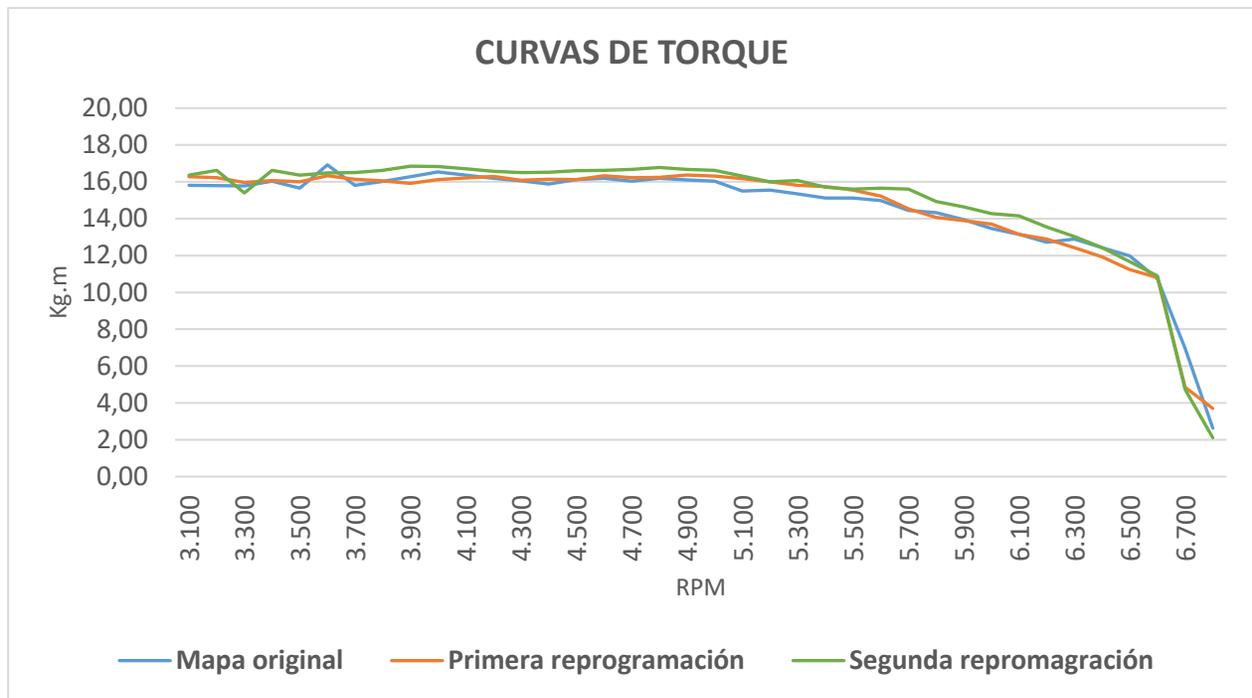


Figura 136. Comparación de las curvas de torque

4.5. Prueba de consumo de combustible

Para las pruebas de consumo de combustible se realizaron por medio de la interface OBDLink y el uso del software OBDwiz instalada previamente en la laptop. Para dar inicio a la prueba se establece la comunicación con la ECU a través del OBDLink, seguidamente en la pestaña Dashboards del software se selecciona los indicadores necesarios para visualizar el comportamiento del consumo de combustible para ello se

selecciona el display de eficiencia de combustible. Para el desarrollo de las pruebas con el Mapa original y las dos reprogramaciones se estableció un recorrido de 45 km.

En la primera prueba de consumo de combustible se obtiene datos con el Mapa original de la ECU. Al final se obtuvo un consumo de 2,21 L con un recorrido total de 45 km y una relación de 4,92 L/100km.



Figura 137. Consumo de combustible del mapa original en OBDwiz

Tabla 28

Datos de consumo de combustible del mapa original

KM	FUEL (L)	FUEL(L/HR)	L/100KM
0	0,00	0,00	0,00
1	0,08	3,01	8,11
2	0,14	5,43	6,99
3	0,20	1,24	6,59
4	0,27	4,83	6,74
5	0,33	1,41	6,53
6	0,39	3,36	6,49
7	0,46	1,99	6,54

CONTINÚA



8	0,51	5,07	6,32
9	0,55	0,81	6,08
10	0,60	4,15	5,95
11	0,64	0,97	5,81
12	0,69	3,32	5,77
13	0,74	4,91	5,73
14	0,79	4,18	5,64
15	0,83	2,77	5,51
16	0,88	0,61	5,51
17	0,96	6,35	5,67
18	1,02	0,85	5,68
19	1,08	5,39	5,68
20	1,14	2,91	5,72
21	1,19	3,62	5,67
22	1,23	2,16	5,57
23	1,25	1,90	5,45
24	1,31	0,80	5,44
25	1,35	2,03	5,39
26	1,40	2,55	5,37
27	1,43	3,17	5,28
28	1,45	0,90	5,18
29	1,49	1,06	5,13
30	1,53	2,25	5,11
31	1,59	3,04	5,13
32	1,66	4,25	5,19
33	1,70	4,34	5,15
34	1,72	2,87	5,07
35	1,75	4,52	5,01
36	1,79	5,19	4,98
37	1,86	1,78	5,02
38	1,91	5,62	5,04
39	1,96	4,22	5,01
40	2,01	5,90	5,01
41	2,03	2,74	4,95
42	2,08	3,21	4,94
43	2,11	2,60	4,91
44	2,16	6,67	4,91
45	2,21	5,60	4,92

En la siguiente figura se puede apreciar que la curva de consumo de combustible con relación a la distancia recorrida se comporta de forma lineal.

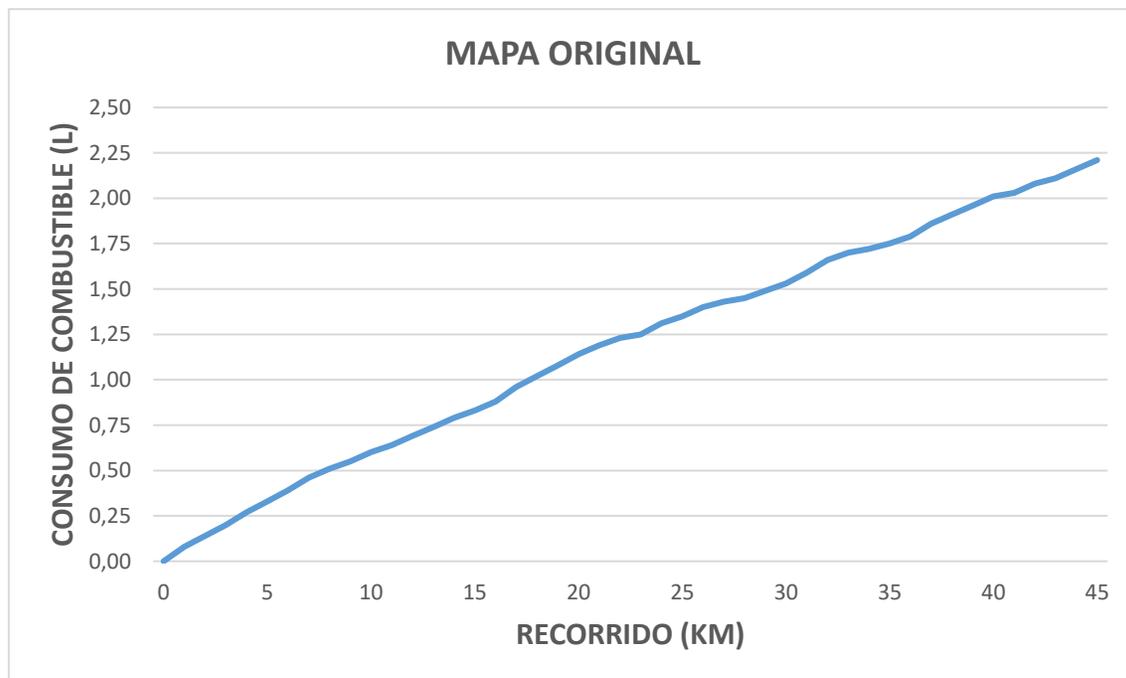


Figura 138. Curva de consumo de combustible del mapa original.

En la segunda prueba de consumo de combustible se obtiene datos de la primera reprogramación de la ECU. Al final se obtuvo un consumo de 2,20 L con un recorrido total de 45 km y una relación de 4,89 L/100km. Por simple observación se evidencia un consumo similar con la ECU original.



Figura 139. Consumo de combustible de la primera reprogramación en OBDwiz

Tabla 29

Datos de consumo de combustible de la primera reprogramación

KM	FUEL (L)	FUEL(L/HR)	L/100KM
0	0,00	0,00	0,00
1	0,08	1,68	7,56
2	0,13	4,12	6,54
3	0,19	0,85	6,38
4	0,25	4,31	6,35
5	0,30	0,69	6,08
6	0,37	4,85	6,20
7	0,42	4,38	6,06
8	0,47	5,29	5,86
9	0,52	3,00	5,80
10	0,57	2,18	5,68
11	0,61	0,72	5,59
12	0,69	3,79	5,74
13	0,74	4,20	5,71
14	0,80	5,28	5,71
15	0,85	2,46	5,69
16	0,90	0,82	5,61
17	0,96	2,97	5,66

CONTINÚA



18	1,02	1,02	5,64
19	1,07	3,83	5,63
20	1,13	5,10	5,65
21	1,19	4,51	5,66
22	1,23	0,87	5,60
23	1,26	4,18	5,50
24	1,32	2,93	5,52
25	1,37	3,52	5,46
26	1,41	2,67	5,42
27	1,44	2,90	5,32
28	1,46	0,90	5,22
29	1,50	0,66	5,16
30	1,54	2,99	5,14
31	1,60	1,38	5,16
32	1,67	3,97	5,22
33	1,71	3,13	5,17
34	1,73	3,18	5,10
35	1,76	3,24	5,02
36	1,80	4,81	5,00
37	1,86	4,94	5,03
38	1,92	5,27	5,04
39	1,96	5,02	5,02
40	2,01	5,61	5,02
41	2,04	0,71	4,97
42	2,08	1,42	4,94
43	2,11	4,14	4,90
44	2,16	5,83	4,90
45	2,20	1,00	4,89

En la siguiente figura se puede apreciar que la curva de consumo de combustible de la primera reprogramación con relación a la distancia recorrida se comporta de forma lineal.

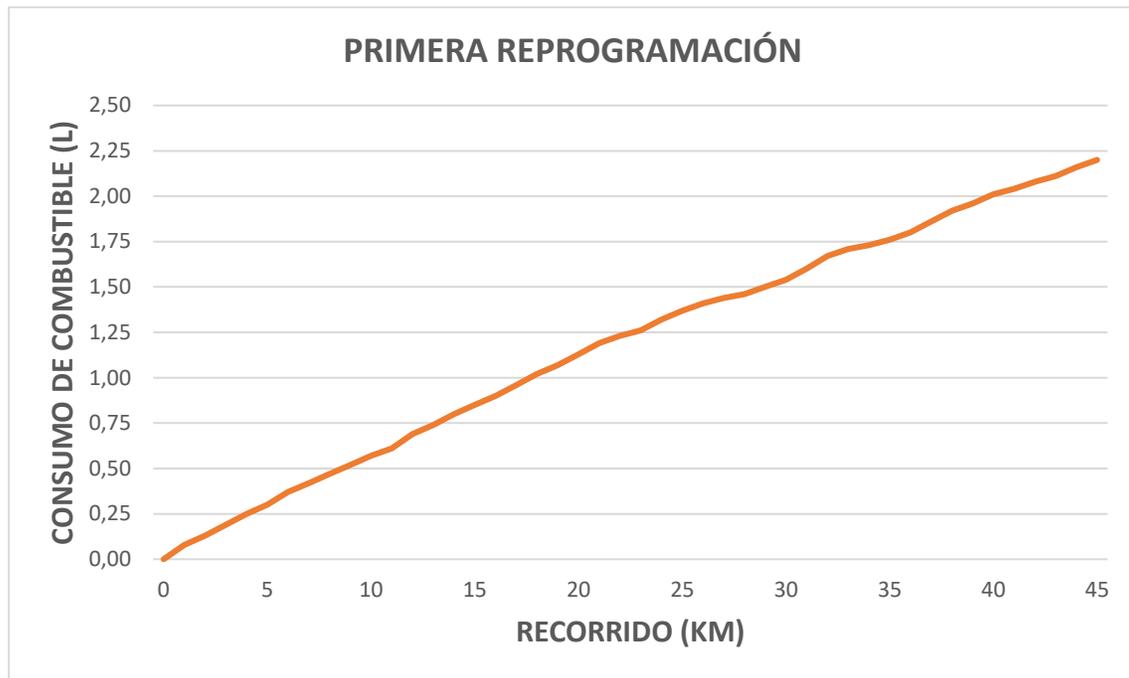


Figura 140. Curva de consumo de combustible de la primera reprogramación.

En la tercera prueba de consumo de combustible se obtiene datos de la segunda reprogramación de la ECU. Al final se obtuvo un consumo de 2,07 L con un recorrido total de 45 km y una relación de 4,59 L/100km. Con esta última programación se logró un consumo inferior a la prueba realizada con el mapa original. Uno de los factores que influye en el consumo es la forma de conducción.

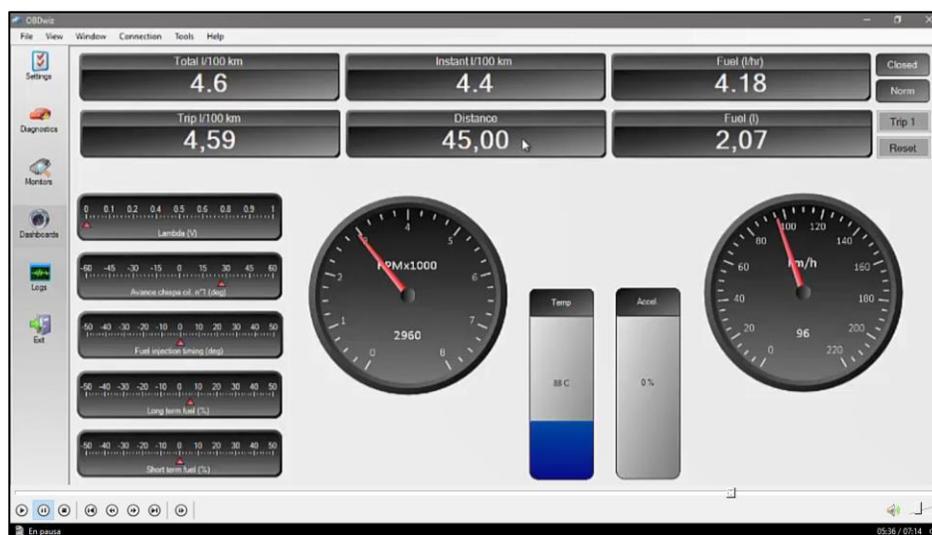


Figura 141. Consumo de combustible de la segunda reprogramación en OBDwiz

Tabla 30

Datos de consumo de combustible de la segunda reprogramación

KM	FUEL (L)	FUEL(L/HR)	L/100KM
0	0,00	0,00	0,00
1	0,08	4,74	8,13
2	0,13	2,49	6,54
3	0,17	1,99	5,77
4	0,24	2,28	6,10
5	0,29	0,64	5,88
6	0,36	2,10	5,95
7	0,39	4,26	5,63
8	0,44	0,69	5,47
9	0,49	4,26	5,41
10	0,53	3,87	5,32
11	0,58	0,66	5,23
12	0,64	3,35	5,37
13	0,70	4,06	5,36
14	0,74	3,82	5,31
15	0,78	1,91	5,21
16	0,84	2,42	5,27
17	0,90	2,60	5,32

CONTINÚA 

18	0,95	0,76	5,29
19	1,01	0,84	5,31
20	1,07	3,39	5,33
21	1,12	2,95	5,32
22	1,15	0,73	5,21
23	1,18	6,72	5,14
24	1,24	1,72	5,17
25	1,28	1,14	5,12
26	1,31	0,70	5,03
27	1,35	1,00	4,99
28	1,37	1,35	4,90
29	1,40	0,52	4,84
30	1,46	3,74	4,87
31	1,51	1,30	4,88
32	1,58	2,70	4,94
33	1,62	2,88	4,89
34	1,64	3,18	4,81
35	1,66	1,37	4,74
36	1,69	5,79	4,71
37	1,76	4,20	4,75
38	1,80	3,84	4,75
39	1,84	4,68	4,72
40	1,89	4,36	4,71
41	1,91	1,92	4,65
42	1,95	2,58	4,64
43	1,99	4,02	4,62
44	2,03	3,99	4,61
45	2,07	4,17	4,59

En la siguiente figura se puede apreciar que la curva de consumo de combustible de la primera reprogramación con relación a la distancia recorrida se comporta de forma lineal.



Figura 142. Curva de consumo de combustible de la segunda reprogramación

A continuación, se muestra una comparación de las curvas de consumo donde se puede determinar que se obtiene un consumo de combustible eficiente con la segunda reprogramación.

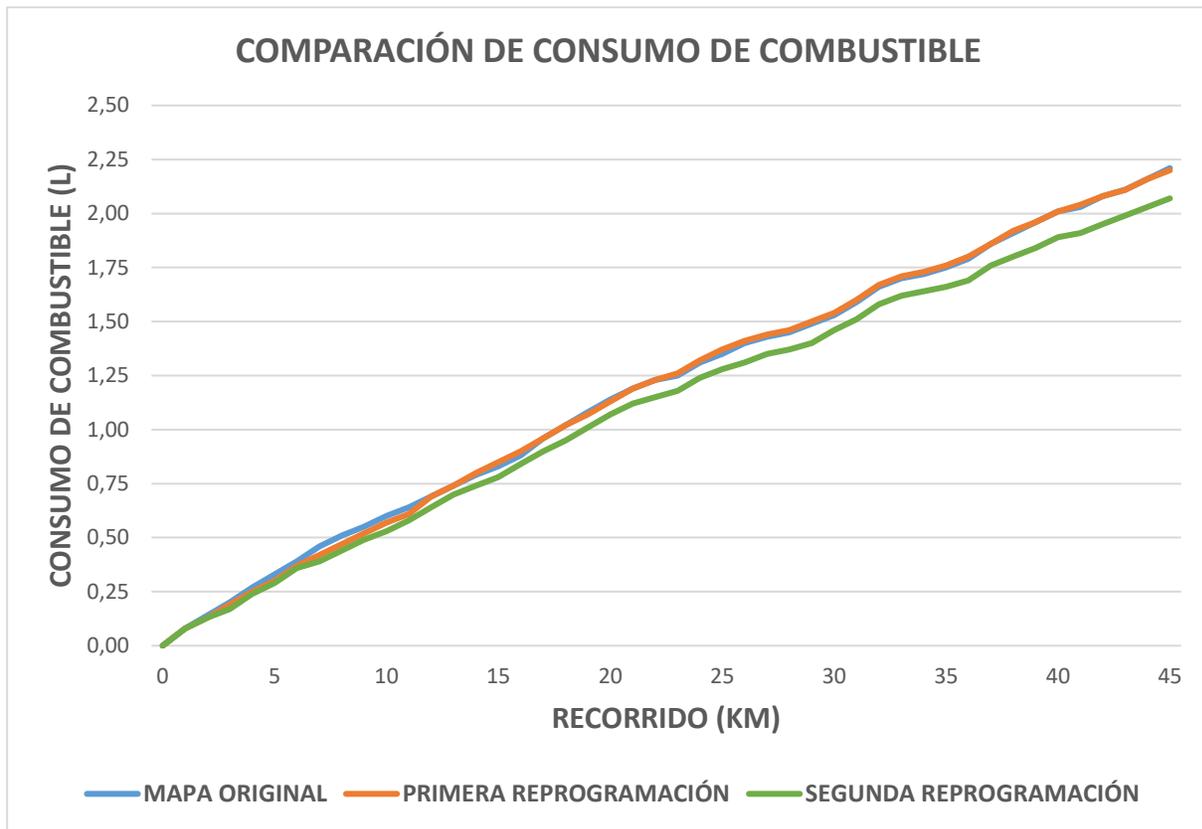


Figura 143. Comparación de curvas del consumo de combustible

4.6. Prueba de análisis de gases

El vehículo fue sometido a pruebas de análisis de gases con la finalidad de determinar la cantidad de CO₂, CO, O₂ y HC que el motor produce en funcionamiento y, de acuerdo a valores normados se determina el estado del motor y, si este se encuentra dentro o fuera del rango permitido de emisiones.

Tabla 31*Valores permitidos de emisiones de gases de escape*

Parámetros	Valores
CO ₂	Mínimo 7%
CO	Máximo 1%
O ₂	Máximo 5%
HC	Máximo 200ppm

**Figura 144.** Prueba de emisiones de gases de escape

En base a los valores normados se determina las variaciones que existen entre los datos obtenidos de la ECU original y las dos reprogramaciones. Además, para complementar las pruebas de cada reprogramación se realiza una verificación de los PIDS con ayuda del escáner

Tabla 32*Valores de emisiones del "Mapa original"*

Parámetros	Valores
CO ₂	14,07 %
CO	0,02 %
O ₂	0,31 %
HC	33,00 ppm

080 RPM	
● Tiempo de inyección de cilindro 1	2.2 mS
● Tiempo de inyección de cilindro 2	2.2 mS
● Tiempo de inyección de cilindro 3	2.1 mS
● Tiempo de inyección de cilindro 4	2.1 mS
○ Tensión positiva de la batería	V
○ Carga de batería	%
○ Sensor de temperatura del refrigerante del motor	'C
○ Sensor de temperatura del aire de admisión	'C
○ Válvula de purga del sistema de evaporación	%
Tips	Fix Full Graph Stop Func

Figura 145. Seguimiento de PIDS de la Mapa Original.

Tabla 33

Valores de emisiones de “Primera reprogramación”

Parámetros	Valores
CO2	14,03 %
CO	0,15 %
O2	0,23%
HC	98,00 ppm

● Tiempo de inyección de cilindro 1	3.0 mS
● Tiempo de inyección de cilindro 2	3.3 mS
● Tiempo de inyección de cilindro 3	3.7 mS
● Tiempo de inyección de cilindro 4	2.1 mS
○ Carga de batería	%
○ Sensor de temperatura del refrigerante del motor	'C
○ Sensor de temperatura del aire de admisión	'C
○ Válvula de purga del sistema de evaporación	%
Par real	%
Tips	Fix Full Graph Stop Fi

Figura 146. Seguimiento de PIDS de la “Primera reprogramación”

Tabla 34

Valores de emisiones de “Segunda reprogramación”

Parámetros	Valores
CO2	13,96 %
CO	0,17 %
O2	0,28 %
HC	69,00 ppm

Tiempo de inyección de cilindro 1	2.7 mS
Tiempo de inyección de cilindro 2	2.7 mS
Tiempo de inyección de cilindro 3	2.7 mS
Tiempo de inyección de cilindro 4	2.7 mS
Válvula de purga del sistema de evaporación	%
Par real	%
Solicitud del par por la TCU	%
Sensor de oxígeno-Bloque 1/Sensor 1	V
Sensor de oxígeno-Bloque 1/Sensor 2	V

Figura 147. Seguimiento de PIDS de la “Segunda reprogramación”

4.6.1. Comparación de datos obtenidos del análisis de gases

En la siguiente tabla se puede visualizar las variaciones que existe en la prueba de análisis de gases entre las reprogramaciones y el mapa original.

Tabla 35

Comparación de la prueba de análisis de gases

	HC (max. 200 ppm)	CO (max. 1%)	CO2 (min. 7%)	O2 (max. 5%)
Mapa original	33,00	0,02	14,07	0,31
Primera reprogramación	98,00	0,15	14,03	0,23
Segunda reprogramación	69,00	0,17	13,96	0,28

A continuación, se muestran en gráficos de columnas las variaciones de las emisiones del vehículo. Cabe recalcar que los valores obtenidos están dentro del rango permitido.

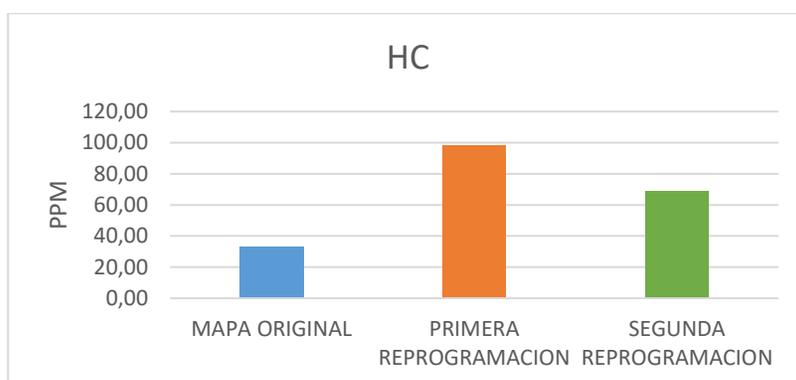


Figura 148. Comparación de HC (hidrocarburos)

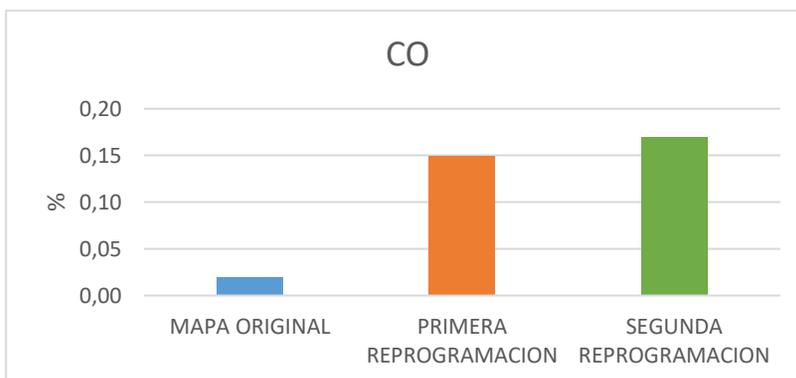


Figura 149. Comparación de CO (monóxido de carbono)

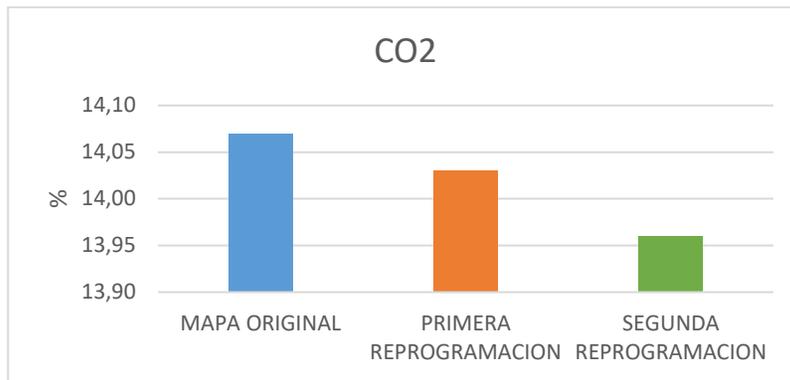


Figura 150. Comparación de CO2 (dióxido de carbono)

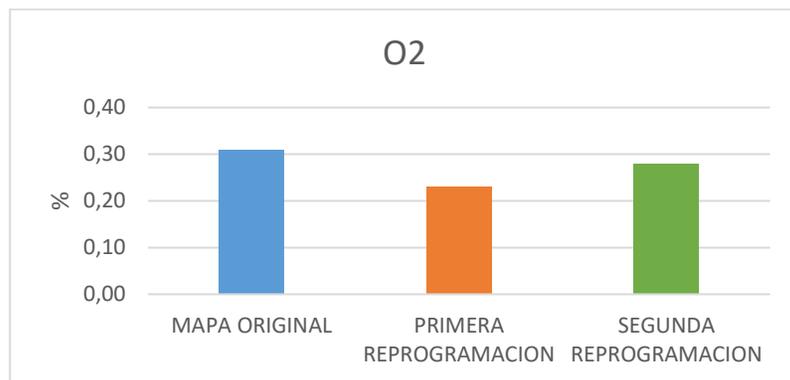


Figura 151. Comparación de O2 (oxígeno)

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. Recursos

5.1.1. Recursos humanos.

El recurso humano que intervendrá en la ejecución del proyecto de investigación es el siguiente:

Tabla 36

Recursos humanos utilizados en el proyecto de investigación

Ord.	Descripción	Cantidad	Función
1.	Arias Jiménez Byron José	1	Investigador
2.	Shingon De la Cruz Johnny Santiago	1	Investigador
3.	Ing. Erazo Laverde Washington Germán	1	Colaborador científico
4.	Ing. Leonidas Antonio Quiroz Erazo	1	Colaborador científico

5.1.2. Recursos materiales.

Para el desarrollo de la investigación es necesario elementos y componentes que se presentan a continuación:

Tabla 37

Recursos materiales utilizados en el proyecto de investigación

Ord.	Cantidad	Detalle	Costos unitarios	Costo Total USD
1.	1	Afinación del motor del vehículo	\$100.00	\$100.00
2.	1	Módulo de lectura K-TAG y Software K-SUITE	\$ 480.00	\$ 480.00
3.	1	ECU Hyundai Accent 1.6 L	\$450.00	\$450.00

CONTINÚA 

4.	1	Componentes eléctricos y electrónicos	\$50.00	\$50.00
5.	1	Recursos humanos	\$200.00	\$200.00
6.	1	Documentación	\$100.00	\$100.00
7.	1	Imprevistos	\$100.00	\$100.00
TOTAL				\$1480.00

5.1.3. Recursos tecnológicos.

Para la realización correcta de la investigación es necesaria contar con equipos tecnológicos que se mencionan a continuación:

Tabla 38

Recursos tecnológicos utilizados en el proyecto de investigación

Ord.	Detalle	Cantidad	Costo
1.	Computador	1	\$100.00
2.	Multímetro	1	\$ 30.00
3.	Cámara de video	1	\$ 50.00
4.	Alquiler de dinamómetro	1	\$ 150.00
5.	Analizador de gases CARTEK	1	\$ 00.00
6.	Escáner automotriz G-Scan 2	1	\$ 00.00
7.	Interface OBDLink y Software OBDwiz	1	\$ 00.00
8.	Software ECM TITANIUM	1	\$ 00.00
TOTAL			\$330.00

5.2. Presupuesto.

El presupuesto del proyecto titulado como “POTENCIACIÓN ELECTRÓNICA DE LA ECU DEL VEHÍCULO HYUNDAI ACCENT 1.6 TERCERA GENERACIÓN PARA OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON EL MODULO K-TAG DE LECTURA BDM”, resulta de la suma total de los recursos a utilizar y la movilidad.

Tabla 39
Presupuesto utilizado en el proyecto de investigación

Descripción	Costo Total USD
Recursos materiales	\$ 1480.00
Recursos tecnológicos	\$ 330.00
Movilidad	\$ 300.00
TOTAL	\$ 2110.00

CONCLUSIONES

- Se consultó información en bases digitales, las mismas que sirvieron de apoyo para el desarrollo del proyecto de investigación. Además, se investigó los diferentes tipos de software y hardware enfocados en el mapeo y reprogramación de centralitas.
- Se seleccionó el software del tipo gráfico ECM TITANIUM en base a sus características, accesibilidad y fácil manejo para la reprogramación de los mapas de la ECU del vehículo.
- Se determinó las características, funcionalidad y conexión del módulo K-TAG así, como la estructura y funcionamiento del software K-SUITE para efectuar la lectura o escritura de archivos modificados y originales.
- Dentro de las reprogramaciones realizadas se enfocó en incrementar los valores en un 25% y tonificar en modo tridimensional los mapas de inyección, avance de chispa y carga del motor con relación a la primera reprogramación y, en la segunda reprogramación se aumentó un 5% todos los valores del mapa de inyección, con esta última modificación se obtuvo mejores notables en potencia y torque.
- A partir de las pruebas en el dinamómetro se obtuvieron los valores máximos de potencia y torque: en relación del mapa original que tenía 117.12 CV a 5600 RPM y 16.92 Kg.m a 3600 RPM; en la primera reprogramación se obtuvo 119.74 CV a 5500 RPM y 16.37 Kg.m a 4900RPM; y en la segunda reprogramación se obtuvo 124.00 CV a 5700RPM y 16.85 Kg.m a 3900 RPM.

- De acuerdo a los datos obtenidos en el dinamómetro se visualizó una disminución del torque máximo en las reprogramaciones con respecto al valor de la ECU original, pero al realizar el seguimiento a la curva característica se determinó que existe ganancia notable en la segunda reprogramación. Debido a que el valor máximo de torque se produce de forma instantánea, se analizó los valores promedios donde se obtuvo los siguientes resultados: 96.76 CV y 14.59 Kg.m con respecto a la ECU original; 97.06 CV y 16.65 Kg.m referente a la primera reprogramación; 100.20 CV y 14.96 Kg.m con relación a la segunda reprogramación. De esta forma se constata que existe ganancia evidente tanto en potencia como en torque.
- Mediante el análisis estadístico se obtuvo la variación de los valores porcentuales de potencia y torque máximo tomando como referencia al mapa original: en la primera programación se incrementó un 2.24% en la potencia y se disminuyó un 0.968 % en el torque; en la segunda reprogramación se incrementó un 5.87% en la potencia y se disminuyó un 0.41% en el torque. Con relación a potencia y torque promedio se obtuvo los siguientes resultados: en la primera reprogramación se incrementó un 0.31% en potencia y un 0.43% en torque; en la segunda reprogramación se incrementó un 3.56% en potencia y un 2.52% en torque, con esto se corrobora que existe una ganancia tanto en torque como en potencia en la última reprogramación.
- Se determinó el consumo de combustible realizada por medio de la interface OBDLink obteniendo el valor de 2.21 L con el mapa original, 2.20 L y 2.07 L con la primera y segunda reprogramación respectivamente, lo cual refleja un consumo similar del mapa

original con la primera reprogramación y, un consumo menor en la segunda reprogramación con respecto al mapa original. Uno de los factores de cual depende el consumo de combustible es la conducción, debido la conducción de forma agresiva provoca un mayor consumo a diferencia de una conducción efectiva.

- Dentro de las pruebas de emisiones de gases de escape se obtuvo los siguientes valores: con el mapa original se obtuvo 33 ppm de HC, 0.02% de CO, 14.07% de CO₂ y 0.31% de O₂; con la primera reprogramación se obtuvo 98 ppm de HC, 0.15% de CO, 14.03% de CO₂ y 0.23% de O₂ y; con la segunda reprogramación se obtuvo 69 ppm de HC, 0.17% de CO, 13.96 de CO₂ y 0.28% de O₂ los mismos que están dentro de los valores permitidos de emisiones.
- Por medio de los resultados obtenidos se determinó que con la segunda reprogramación se tuvo un mayor rendimiento del motor con respecto a la ECU original, donde se logró incrementar un 5.87% de potencia con un aumento de neto de 6.88 CV, con respecto al consumo de combustible se disminuye de 2.21 litros a 2.07 litros obteniendo un ahorro de 0.14 litros con respecto al consumo de la ECU original y las emisiones de gases están dentro del rango permitido.
- Durante las reprogramaciones no es necesario incrementar los valores de cada uno de los mapas existentes, ya que el objetivo de la reprogramación es obtener ganancia en toda la curva de potencia y torque, por esta razón es necesario identificar el mapa que aporta mayores prestaciones para incrementar el rendimiento del motor y, a partir

de este variar en bajos porcentajes los valores de los demás mapas potenciales y visualizar el comportamiento del vehículo durante las pruebas en el dinamómetro.

RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta las respectivas medidas de seguridad al momento de realizar el desmontaje de la carcasa de la ECU ya que existe componentes que pueden dañarse debido a la electroestática.
- Cuando se requiera realizar una conexión directa en la placa de la ECU se recomienda de forma temporal soldar cables y dejarlos visibles por fuera de la carcasa con la finalidad de evitar constantemente el desarmado y la soldadura de cables para la comunicación con el módulo K-TAG.
- Durante la lectura del mapa original de la ECU es de vital importancia evitar realizar otra actividad en la laptop, ya que esto puede ocasionar interrupción del funcionamiento del software K-SUITE provocando una detención súbita durante la lectura o escrita de la ECU y por ende daños internos en la memoria de la misma ECU.
- Al realizar las conexiones del Cable 14P600KT02 con los pines de la ECU se debe asegurar que estén bien fijos, ya que de no estarlo puede provocar que durante la lectura o escritura de la ECU se produzca un error.
- Para realizar las reprogramaciones previamente se debe obtener el archivo original de la ECU y guardarlo y, en base a dicho archivo realizar las modificaciones pertinentes y, también en el caso que se produjere algún error en la escritura de un archivo modificado se pueda restaurar la ECU reescribiendo el archivo original.

- Antes de realizar una escritura se debe realizar una lectura de la ECU con la finalidad de comprobar que las conexiones están bien realizadas y evitar errores durante la escritura.
- Durante la conexión de la ECU modificada con el socket, se debe asegurar que los pines hayan encajado a la perfección porque puede darse el caso que al conectar el socket uno o varios pines de la ECU no hayan encajado y por ende provocasen roturas o deformaciones de dichos pines.
- Comprobar el estado y funcionamiento del motor para evitar contratiempos, ya que el motor debe estar en óptimas condiciones para ser sometido a pruebas de consumo de combustible, análisis de gases de escape y pruebas en el dinamómetro.
- Durante las pruebas en el dinamómetro tomar las medidas de seguridad pertinentes, para evitar incidentes cuando se esté desarrollando cada una de las mediciones.

BIBLIOGRAFÍA

Augeri, F. (01 de Enero de 2015). *CISE*. Recuperado el 23 de Mayo de 2018, de <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/740-lectura-de-memorias-checksum.html?tmpl=component&print=1>

Becker, M., Flaemig, & Kraemer. (2006). TOOL BASED AUTOMATED ECU CONTROLLER OPTIMIZATION. *Institut fuer Motorenbau*, 782-787.

BOSCH. (2010). *Sistemas de Inyección Electrónica*. Recuperado el 02 de 07 de 2018, de www.catalogbosch.com

Chávez, Á. (2014). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL AUTOMÓVIL POR MEDIO DE UN OSCILOSCOPIO. (Tesis)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.

Correa, A. (11 de Febrero de 2016). *Memoria ROM*. Recuperado el 30 de Mayo de 2018, de <http://memoriaromtercerobtpinf.blogspot.com/>

Cuenca, E. (2013). *ESTUDIO DE LA REPOTENCIACIÓN DE UN MOTOR DE ALTO RENDIMIENTO UTILIZANDO SISTEMAS PROGRAMABLES HALTECH. (Tesis)*. Universidad del Azuay, Cuenca.

Díaz, M., & Sopa, L. (2013). *REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL VEHÍCULO CORSA EVOLUTION 1.4, PARA ELEVAR LOS PARÁMETROS*

CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA. (Tesis).

Universidad de las Fuerzas Armadas, Latacunga.

ECUMASTER. (2017). Recuperado el 12 de Mayo de 2018, de <https://www.ecumasterlac.com/product/air-temperature-sensor/>

Fernandez, E. (25 de Agosto de 2015). *C/SE*. Recuperado el 28 de Mayo de 2018, de <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/778-el-puerto-bdm.html>

Floyd, T. (2006). *Fundamentos de Sistemas Digitales*. Madrid: Pearson Educación.

GM-ECU. (28 de Diciembre de 2009). Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de <http://gmecu.blogspot.com/>

Grijalva, P. (2012). *REPROGRAMACIÓN DE LA MEMORIA EPROM DEL VEHÍCULO CHEVROLET CORSA (Tesis)*. Universidad del Azuay, Cuenca.

Haghighatkah, Anijamali, Pakanen, Oivo, & Kuvaja. (2017). Automotive Software Engineering: A Systematic Mapping Study. *The Journal of Systems and Software*, 1-99.

Haltech. (2012). *Haltech Engine Management Systems*. Recuperado el 03 de Junio de 2018, de <http://www.haltech.com/>

I.T.A.A. (2015). Recuperado el 10 de Mayo de 2018, de Instituto de Tecnología Automotriz Avanzada: <http://www.electronica-automotriz.net/equipos.htm>

Laica, W. (2012). *IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO DE VEHÍCULOS CON SISTEMAS*

- DEINYECCIÓN ELECTRÓNICA PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ. (Tesis).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Semanate, D. (2016). *REPROGRAMACIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA DEL VEHÍCULO HONDA CIVIC SI, PARA MEJORAR LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA SERIE D16A9. (Tesis).* Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga.
- Serravalle, J. (11 de Febrero de 2011). *CISE*. Recuperado el 05 de Junio de 2018, de <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/327-bloques-de-trabajo-en-una-ecu-automotriz.html>
- Tocci, R., & Widmer. (2003). *Sistemas Digitales, principios y aplicaciones*. México D.F: PEARSON EDUCACIÓN.
- Vera, R. (2014). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE ECUS PARA LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN A GASOLINA. (Tesis).* Universidad del Azuay, Cuenca.
- Wong, P., Gao, X., Wong, K., & Vong, C. (2017). Efficient Point-by-point Engine Calibration using Machine Learning and Sequential Design of Experiment Strategies. *Journal of the Franklin Institute*, 1-32.

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores **ARIAS JIMÉNEZ BYRON JOSÉ Y SHINGÓN DE LA CRUZ JOHNNY SANTIAGO**.

En la ciudad de Latacunga a los 05 del mes de diciembre de 2018.

.....
Ing. Germán Erazo
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:



.....
Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DE LA CARRERA



.....
Ab. Darwin Albán
SECRETARIO ACADÉMICO