



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

“REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL VEHÍCULO
CORSA EVOLUTION 1.4, PARA ELEVAR LOS PARÁMETROS
CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN
INTERNA”

MARÍA JOSÉ DÍAZ ROSERO
LUIS GUSTAVO SOPA BRAVO

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del
grado de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Año 2013

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo: María José Díaz Rosero, y

Yo: Luis Gustavo Sopa Bravo

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL VEHÍCULO CORSA EVOLUTION 1.4, PARA ELEVAR LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, Octubre del 2013

María José Díaz Rosero
CI: 1003203765

Luis Gustavo Sopa Bravo
CI: 1720452752

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. GERMAN ERAZO (DIRECTOR)

ING. FABIÁN SALAZAR (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “**REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL VEHÍCULO CORSA EVOLUTION 1.4, PARA ELEVAR LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA**”, realizado por Díaz Rosero María José y Sopa Bravo Luis Gustavo, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional de nuestros alumnos, si se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a **DÍAZ ROSERO MARÍA JOSÉ Y SOPA BRAVO LUIS GUSTAVO** que lo entregue al **ING. JUAN CASTRO**, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Octubre del 2013

Ing. Germán Erazo
DIRECTOR

Ing. Fabián Salazar
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo: María José Díaz Rosero, y

Yo: Luis Gustavo Sopa Bravo

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **“REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL VEHÍCULO CORSA EVOLUTION 1.4, PARA ELEVAR LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Octubre del 2013

María José Díaz Rosero
CI: 1003203765

Luis Gustavo Sopa Bravo
CI: 1720452752

DEDICATORIA

A Dios, por todas las oportunidades que me ha dado, por la vida y por mi familia, a mi Papi, que aunque no pude estar presente en este momento que él lo soñó siempre, sé que está en el cielo, enviándome sus bendiciones y su abrazo de felicitación,

y orgulloso porque a pesar que me falta su presencia lo logre por él y para él.

A mi madre que día a día me enseña a luchar en la vida por un ideal y hacer fuerte a pesar de las piedras que se encuentra en nuestro caminar.

A mis hermanos y sus familias, porque han contribuido en mi formación tanto personal como profesional.

A mi hermano Carlos Díaz por haber sembrado en mi la semilla de tan bella profesión y por haberme dado la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo.

A mi amigo y hermano Christian Caiza, un sueño de adolescentes, convertido en realidad.

A Luis Sopa por estar junto a mí y terminar una meta más en nuestras vidas.

MARÍA JOSÉ

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis padres, ya que gracias a su esfuerzo y sacrificio diario he salido adelante junto con mi hermana quien es uno de mis más grandes tesoros. A mis abuelitos ya que gracias a sus consejos y cariño he llegado a finalizar una meta más en mi vida. A mi incondicional familia que siempre me ha brindado su apoyo y ha compartido conmigo alegrías y tristezas.

Finalmente a María José quien ha estado conmigo desde el inicio de esta carrera y ha sido una de mis mayores fortalezas y con quien espero seguir compartiendo momentos llenos de felicidad.

LUIS GUSTAVO

AGRADECIMIENTO

A Dios por el don de la vida, y la sabiduría que me ha dado para saber aprovechar las oportunidades y fracasos en mi vida.

A mis padres, Alfonso y María del Carmen, por el apoyo y la confianza que me tienen y por eso su preocupación de darme una buena educación desde niña hasta el día de hoy

A mis queridos Maestros que fueron parte del proceso de enseñanza no solo profesional, si no también supieron formarme como persona.

Al Ingeniero Germán Erazo por ser más que un maestro, fue un amigo con el que compartimos alegrías y tristezas.

Mi sentido agradecimiento al Ingeniero Fabián Salazar por saber inculcar en los estudiantes el sentimiento rojo y negro.

A mis compañeros por los momentos gratos e inolvidables que los guardare en mi corazón.

MARÍA JOSÉ

AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme una familia tan unida y luchadora, a mis padres por todo el amor que me dan, a mi hermana por todos los momentos compartidos, a mis abuelitos por el ejemplo y el apoyo que me han brindado.

A todas las personas que han colaborado para que este proyecto se lleve a cabo, a mis queridos maestros por todas las enseñanzas profesionales y personales, a mis compañeros por todos los momentos compartidos a lo largo de esta carrera.

LUIS GUSTAVO

RESUMEN

El proyecto de investigación tiene como objetivo elevar los parámetros característicos del motor de combustión interna (potencia, torque), del vehículo Corsa Evolution 1.4, mediante la implementación de una ECU reprogramable.

La ECU reprogramable permite variar parámetros como inyección de combustible y tiempo de encendido, mediante la modificación de mapas de vacío vs rpm, es decir de acuerdo a cada condición de conducción.

Se utiliza un sensor de oxígeno de banda ancha (wideband), para obtener una mejor toma de datos acerca de la mezcla aire/combustible (AFR) en cada punto y así obtener una calibración más exacta. Los sistemas de inyección y encendido programable son muy utilizados en el mundo de la competición, obteniéndose grandes resultados pero siempre van acompañados de modificaciones mecánicas. Se implementa la ECU programable sin alterar la mecánica del motor, esta irá conectada en paralelo con la ECU original del vehículo para no perder sistemas como el inmovilizador, luz testigo de malfuncionamiento (MIL), etc. Mediante un switch se realiza el intercambio de control de una ECU a otra.

Se desarrollan pruebas en el dinamómetro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-EL, para comprobar la elevación de parámetros que se obtendrá.

En el país se está incursionando en el uso de ECU's reprogramables para elevar la performance de los vehículos de calle, en otros países como Argentina y Colombia desde ya hace varios años se viene aplicando esta tecnología obteniéndose grandes resultados. Así que los profesionales modernos deben estar capacitados en el uso de estos sistemas.

ABSTRACT

The research project aims raise the characteristic parameters of the internal combustion engine (power, torque), the vehicle Corsa Evolution 1.4, through the implementing a reprogrammable ECU.

Reprogrammable ECU will allow vary parameters such as fuel injection and ignition timing through modifying maps of vacuum vs rpm, according to each driving condition.

It uses an oxygen sensor broadband (wideband) to obtain better data collection about air / fuel ratio (AFR) at each point and get more accurate calibration. The injection and ignition systems are widely used programmable in the world of competition, getting great results but always accompanied by mechanical modifications. In the present project was implemented without altering the programmable ECU engine mechanics, this will go connected in parallel with the original vehicle ECU to keep the system as immobilizer, malfunction indicator light (MIL), etc.. Using a switch will take place control exchanging an ECU to another.

Tests are performed on the dynamometer at the University of the Armed Forces ESPE-EL, to check the elevation of parameters to will get.

Currently the country is moving into the use of reprogrammable ECU to raise the performance of road vehicles, in other countries such as Argentina and Colombia since several years now this technology has been applied to yield great results. For this reason the modern professionals should be trained in the use of these systems.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	I
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	II
CERTIFICADO.....	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X
ÍNDICE DE CONTENIDOS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
ÍNDICE DE TABLAS	XXI
PRESENTACIÓN.....	XXIII
CAPÍTULO 1	- 1 -
1. REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN A GASOLINA	- 1 -
1.1. ANTECEDENTES.....	- 1 -
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	- 1 -
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	- 2 -
1.4. OBJETIVO GENERAL	- 3 -
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO.....	- 3 -
1.6. METAS.....	- 4 -
CAPÍTULO 2.....	- 5 -
2. MARCO TEÓRICO.....	- 5 -
2.1. TORQUE O PAR MOTOR	- 5 -
2.2. POTENCIA.....	- 7 -
2.3. CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL MCI	- 8 -
2.3.1. CURVA DE TORQUE O PAR MOTOR.....	- 8 -
2.3.2. CURVA DE POTENCIA	- 8 -

2.4. MEMORIAS	- 9 -
2.4.1. MEMORIAS DIL.....	- 9 -
2.4.2. MEMORIAS TIPO PLCC.....	- 10 -
2.4.3. MEMORIAS TIPO SOP.....	- 11 -
2.4.4. CAPACIDADES DE LAS MEMORIAS	- 11 -
2.5. MÉTODOS DE REPROGRAMACIÓN	- 13 -
2.5.1. REPROGRAMACIÓN FLASH.....	- 14 -
2.5.2. REPROGRAMACIÓN ECU STANDAR.....	- 21 -
2.5.3. REPROGRAMACIÓN DE ECU PROGRAMABLE	- 27 -
2.6. TIPOS DE ECU'S REPROGRAMABLES	- 29 -
2.6.1. HALTECH PLATINUM SPORT 2000	- 30 -
2.6.2. MOTEC M84	- 32 -
2.6.3. ELECTROMOTIVE TEC3-R	- 34 -
2.6.4. MEGASQUIRT	- 36 -
2.7. SENSOR DE OXÍGENO DE BANDA ANCHA	- 37 -
2.7.1.FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE OXÍGENO (WIDE-BAND).....	- 39 -
2.7.2. ASIGNACIONES DE CABLES.....	- 39 -
2.8. TIPOS DE SENSOR DE OXÍGENO	- 40 -
2.8.1. INNOVATE MOTORSPORTS MTX-L.....	- 40 -
2.8.2. AEM	- 41 -
CAPÍTULO 3.....	- 43 -
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	- 43 -
3.1. HIPÓTESIS.....	- 43 -
3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	- 43 -
3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	- 43 -
3.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	- 43 -
3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	- 43 -
3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE	- 43 -
3.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	- 44 -
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	- 45 -

3.3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	- 45 -
3.4. POBLACIÓN	- 47 -
3.5. MUESTRA	- 47 -
3.6. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS .	- 47 -
3.7. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS.....	- 49 -
3.8. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	- 49 -
3.8.1. INFORME GERENCIAL.....	- 50 -
3.8.2. CONCLUSIONES	- 54 -
3.8.3. RECOMENDACIONES	- 55 -
CAPÍTULO 4.....	- 56 -
4. ESQUEMA DE LA PROPUESTA	- 56 -
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES	- 56 -
4.2. CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO	- 57 -
4.3. SELECCIÓN DE COMPONENTES	- 58 -
4.3.1. SELECCIÓN ECU PROGRAMABLE	- 58 -
4.3.2. SELECCIÓN SENSOR DE OXÍGENO BANDA ANCHA.....	- 60 -
4.4. MONTAJE DE MEGASQUIRT EN EL VEHÍCULO	- 61 -
4.4.1. ESQUEMA ELÉCTRICO.....	- 61 -
4.4.2. UBICACIÓN	- 62 -
4.4.3. CONEXIÓN DE LOS SENSORES	- 62 -
4.4.4. INTERRUPTOR DE CONTROL DE ECUS.....	- 68 -
4.4.5. ADECUACIONES ADICIONALES	- 73 -
4.5. INSTALACIÓN DEL SENSOR SE OXÍGENO (WIDE-BAND).....	- 75 -
4.5.1. INSTALACIÓN DEL INDICADOR	- 76 -
4.5.2. CALIBRACIÓN DE AIRE LIBRE	- 77 -
4.5.3. MONTAJE DEL SENSOR BOSCH LSU4.2	- 80 -
4.5.4. PROGRAMACIÓN DEL SENSOR DE OXÍGENO	- 81 -
CAPÍTULO 5.....	- 84 -

5. PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS	- 84 -
5.1. INTERFACE GRÁFICA.....	- 84 -
5.2. COMUNICACIÓN	- 85 -
5.3. AJUSTE DE CONSTANTES.....	- 86 -
5.3.1. COMBUSTIBLE REQUERIDO.....	- 86 -
5.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL INYECTOR.....	- 87 -
5.3.3. CONTROL DEL INYECTOR	- 88 -
5.3.4. CONFIGURACIÓN DE GASES DE ESCAPE	- 90 -
5.3.5. LIMITADOR DE REVOLUCIONES	- 92 -
5.4. CONFIGURACIÓN DE MAPAS	- 93 -
5.4.1. MAPA DE COMBUSTIBLE (VE Table)	- 94 -
5.4.2. MAPA DE ENCENDIDO (Spark Table).....	- 96 -
5.4.3. TABLA DE AFR	- 99 -
5.4.4. AUTOTUNE	- 99 -
5.4.5. ENRIQUECIMIENTO DE ARRANQUE EN FRÍO	- 100 -
5.5. PRUEBAS.....	- 103 -
5.5.1. CALIBRACIÓN DEL DINAMÓMETRO.....	- 103 -
5.5.2. PRUEBAS CON LA ECU ESTÁNDAR.....	- 106 -
5.5.3. PRUEBAS CON MEGASQUIRT	- 114 -
5.5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	- 127 -
CAPÍTULO 6.....	- 130 -
6. MARCO ADMINISTRATIVO.....	- 130 -
6.1. RECURSOS.....	- 130 -
6.1.1. RECURSOS HUMANOS	- 130 -
6.1.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS.....	- 131 -
6.1.3. RECURSOS MATERIALES	- 131 -
6.2. PRESUPUESTO	- 132 -
6.3. FINANCIAMIENTO	- 132 -
6.4. CRONOGRAMA	- 132 -
CONCLUSIONES	- 133 -

RECOMENDACIONES.....	- 134 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 135 -
ANEXOS.....	- 137 -
FORMATO DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO.....	- 144 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Fuerza sobre el eje de salida del motor (cigüeñal)	- 5 -
Figura 2.2. Curva característica del Par Motor.....	- 8 -
Figura 2.3. Curva característica de la Potencia	- 9 -
Figura 2.4. Memoria tipo Dil.....	- 10 -
Figura 2.5. Memoria tipo PLCC.....	- 10 -
Figura 2.6. Memoria tipo PLCC.....	- 11 -
Figura 2.7. Memoria tipo PLCC.....	- 13 -
Figura 2.8. Fabricantes de memorias	- 13 -
Figura 2.9. Esquema de funcionamiento de reprogramación Flash.....	- 17 -
Figura 2.10. INTELI-POWER 9100.....	- 19 -
Figura 2.11. Fuente de alimentación variable	- 20 -
Figura 2.12. Memoria Corsa desmontable	- 22 -
Figura 2.13. Interface Galleto 1260.....	- 22 -
Figura 2.14. Selección de idioma.....	- 23 -
Figura 2.15. Selección marca vehículo	- 23 -
Figura 2.16. Selección driver	- 24 -
Figura 2.17. Selección auto	- 24 -
Figura 2.18. Ventana de guardar	- 25 -
Figura 2.19. Barra de descarga	- 25 -
Figura 2.20. Cuadro de diálogo error	- 26 -
Figura 2.21. Haltec Platinum sport 2000.....	- 30 -
Figura 2.22. Pantalla de software Sport 2000.....	- 30 -
Figura 2.23. Motec M84.....	- 32 -
Figura 2.24. Pantalla de software Motec.....	- 32 -
Figura 2.25. Electromotive Tec3-r.....	- 34 -
Figura 2.26. Pantalla de software WinTEC	- 35 -
Figura 2.27. Megasquirt MS1EXTRA.....	- 36 -
Figura 2.28. Pantalla de software Megatune	- 36 -
Figura 2.29. Sensor de oxígeno de banda ancha	- 38 -

Figura 2.30. Presentación de un sensor de banda ancha.....	- 38 -
Figura 2.31. Sección por elemento plano de un sensor de oxígeno	- 39 -
Figura 2.32. Asignación de cables de sensores NTK	- 40 -
Figura 2.33. Sensor de oxígeno de banda ancha Innovate	- 40 -
Figura 2.34. Sensor de oxígeno de banda ancha AEM	- 42 -
Figura 3.1. Paul Zea (Piloto categoría N).....	- 47 -
Figura 3.2. Pregunta N° 1	- 50 -
Figura 3.3. Pregunta N° 2	- 51 -
Figura 3.4. Pregunta N° 3	- 51 -
Figura 3.5. Pregunta N° 4	- 52 -
Figura 3.6. Pregunta N° 5	- 52 -
Figura 3.7. Pregunta N° 6	- 53 -
Figura 3.8. Pregunta N° 7	- 53 -
Figura 3.9. Pregunta N° 8	- 54 -
Figura 4.1. Corsa Evolution 1.4L.....	- 57 -
Figura 4.2. Conexión Megasquirt	- 61 -
Figura 4.3. Ubicación ECU estándar.....	- 62 -
Figura 4.4. Ubicación Megasquirt	- 62 -
Figura 4.5. Conexión de los sensores.....	- 63 -
Figura 4.6. Esquema del Conector J1.....	- 64 -
Figura 4.7. Desmontaje del conector J1 de la Unidad de Control	- 65 -
Figura 4.8. Conexión terminal db37 ms1 extra	- 65 -
Figura 4.9. Arnés y conector de Megasquirt	- 66 -
Figura 4.10. Ubicación del arnés de Megasquirt.....	- 67 -
Figura 4.11. Empalme en “t” o derivación simple.....	- 67 -
Figura 4.12. Conexión del arnés de megasquirt	- 68 -
Figura 4.13. Conexión del interruptor de control de ECU	- 69 -
Figura 4.14. Ubicación del cableado.....	- 70 -
Figura 4.15. Empalme del cableado del circuito	- 70 -
Figura 4.16. Empalme en prolongación	- 70 -
Figura 4.17. Ubicación de relés y fusibles	- 71 -

Figura 4.18. Ubicación del interruptor de Control de ECU's	- 71 -
Figura 4.19. Interruptor de Control de ECU's abierto.....	- 72 -
Figura 4.20. Interruptor de Control de ECU's cerrado.....	- 72 -
Figura 4.21. Catalizador de Corsa Evolution	- 73 -
Figura 4.22. Toma de vacío de Megasquirt	- 74 -
Figura 4.23. Vista posterior del múltiple de admisión.....	- 74 -
Figura 4.24. Toma de vacío del múltiple de admisión.....	- 75 -
Figura 4.25. Manguera de vacío acoplada a Megasquirt	- 75 -
Figura 4.26. Kit Innovate MTX-L	- 75 -
Figura 4.27. Reloj indicador de AFR	- 76 -
Figura 4.28. Instalación del Reloj indicador de AFR	- 77 -
Figura 4.29. Sensor de oxígeno en aire libre	- 77 -
Figura 4.30. Calibración de aire libre	- 78 -
Figura 4.31. Especificaciones técnicas del sensor Bosch lsu4.2	- 80 -
Figura 4.32.Orificio del sensor de oxígeno en el múltiple de escape ...	- 80 -
Figura 4.33. Sensor de oxígeno de banda ancha instalado.....	- 81 -
Figura 4.34. Ventana de información inicial	- 82 -
Figura 4.35. Ventana de selección de rangos de visualización	- 82 -
Figura 4.36. Ventana de configuración salida analógica 1.....	- 83 -
Figura 5.1. Pantalla principal de Megatune.....	- 84 -
Figura 5.2. Configuración de Comunicación	- 85 -
Figura 5.3. Ajuste de constantes.....	- 86 -
Figura 5.4. Cálculo de Combustible Requerido.....	- 87 -
Figura 5.5. Características del Inyector	- 87 -
Figura 5.6. Características del Inyector	- 89 -
Figura 5.7. Combinaciones de número de chorros por ciclo del motor	- 89 -
Figura 5.8. EGO Control	- 90 -
Figura 5.9. Configuración de Encendido.....	- 92 -
Figura 5.10. Disposición de parámetros en las tablas de valores	- 93 -
Figura 5.11. Tabla VE	- 94 -
Figura 5.12. Visualización 3D mapa de combustible	- 96 -

Figura 5.13. Tabla de encendido	- 97 -
Figura 5.14. Visualización 3D mapa de encendido	- 97 -
Figura 5.15. Tabla de AFR.....	- 99 -
Figura 5.16 Opción Autotune	- 100 -
Figura 5.17. Ajustes de arranque.....	- 101 -
Figura 5.18. Ajustes luego del arranque	- 102 -
Figura 5.19. Asistente de calentamiento	- 103 -
Figura 5.20. Dinamómetro de rodillos	- 104 -
Figura 5.21. Parámetros de calibración del dinamómetro.....	- 104 -
Figura 5.22. Parámetros de calibración del dinamómetro.....	- 105 -
Figura 5.23. Desarrollo de la Prueba en el dinamómetro.....	- 105 -
Figura 5.24. Toma de datos en el dinamómetro	- 106 -
Figura 5.25. Cuadro de Valores Prueba 1	- 107 -
Figura 5.26. Curva de Torque y Potencia Prueba 1	- 107 -
Figura 5.27. Cuadro de Valores Prueba 2	- 108 -
Figura 5.28. Curva de Torque y Potencia Prueba 2.....	- 109 -
Figura 5.29. Cuadro de Valores Prueba 3	- 110 -
Figura 5.30. Curva de Torque y Potencia Prueba 3.....	- 110 -
Figura 5.31. Cuadro de Valores Prueba 4	- 111 -
Figura 5.32. Curva de Torque y Potencia Prueba 4.....	- 112 -
Figura 5.33. Análisis de pruebas ECU estándar	- 114 -
Figura 5.34. Cuadro de Valores Prueba 1 Megasquirt.....	- 115 -
Figura 5.35. Curva de Torque y Potencia Prueba 1 Megasquirt	- 115 -
Figura 5.36. Cuadro de Valores Prueba 2 Megasquirt.....	- 116 -
Figura 5.37. Curva de Torque y Potencia Prueba 2 Megasquirt	- 117 -
Figura 5.38. Cuadro de Valores Prueba 3 Megasquirt.....	- 118 -
Figura 5.39. Curva de Torque y Potencia Prueba 3 Megasquirt	- 118 -
Figura 5.40. Cuadro de Valores Prueba 4 Megasquirt.....	- 119 -
Figura 5.41. Curva de Torque y Potencia Prueba 4 Megasquirt	- 120 -
Figura 5.42. Cuadro de Valores Prueba 5 Megasquirt.....	- 121 -
Figura 5.43. Curva de Torque y Potencia Prueba 5 Megasquirt	- 121 -

Figura 5.44. Cuadro de Valores Prueba 6 Megasquirt.....	- 122 -
Figura 5.45. Curva de Torque y Potencia Prueba 6 Megasquirt	- 123 -
Figura 5.46. Cuadro de Valores Prueba 7 Megasquirt.....	- 124 -
Figura 5.47. Curva de Torque y Potencia Prueba 7 Megasquirt	- 124 -
Figura 5.48. Análisis de pruebas con Megasquirt	- 126 -
Figura 5.49. Comparación de pruebas de torque entre Ecu's.....	- 128 -
Figura 5.50. Comparación de pruebas de potencia entre Ecu's	- 128 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Medidas de Potencia (conversión).....	- 7 -
Tabla 2.2. Equivalencia de Kb a Mb	- 12 -
Tabla 2.3. Páginas web de servicio y honorarios de fabricantes	- 16 -
Tabla 2.4. Características de los tipos de conexión.....	- 18 -
Tabla 2.5. Especificaciones Haltec	- 31 -
Tabla 2.6. Especificaciones de Motec.....	- 33 -
Tabla 2.7. Especificaciones de Electromotive.....	- 35 -
Tabla 2.8. Especificaciones de Megasquirt.....	- 37 -
Tabla 3.1. Operacionalización de variable independiente.....	- 44 -
Tabla 3.2. Operacionalización de variable dependiente	- 44 -
Tabla 3.3. Tabulación pregunta 1	- 48 -
Tabla 3.4. Tabulación pregunta 2	- 48 -
Tabla 3.5. Tabulación pregunta 3	- 48 -
Tabla 3.6. Tabulación pregunta 4	- 48 -
Tabla 3.7. Tabulación pregunta 5	- 48 -
Tabla 3.8. Tabulación pregunta 6	- 49 -
Tabla 3.9. Tabulación pregunta 7	- 49 -
Tabla 3.10. Tabulación pregunta 8	- 49 -
Tabla 4.1. Especificaciones del Corsa Evolution 1.4 L	- 57 -
Tabla 4.2. Selección de ECU programable.....	- 58 -
Tabla 4.3. Selección de sensor de Oxígeno de banda ancha.....	- 60 -
Tabla 4.4. Terminales Conector J1	- 64 -
Tabla 4.5. Terminales del conector de Megasquirt	- 66 -
Tabla 4.6. Componentes utilizados.....	- 69 -
Tabla 5.1. Datos para el cálculo de combustible requerido	- 87 -
Tabla 5.2. Valores Máximos Prueba 1	- 108 -
Tabla 5.3. Valores Máximos Prueba 2	- 109 -
Tabla 5.4. Valores Máximos Prueba 3	- 111 -
Tabla 5.5. Valores Máximos Prueba 4	- 112 -

Tabla 5.6. Valor promedio de Torque y Potencia.....	- 113 -
Tabla 5.7. Valores Máximos Prueba 1 Megasquirt	- 116 -
Tabla 5.8. Valores Máximos Prueba 2 Megasquirt	- 117 -
Tabla 5.9. Valores Máximos Prueba 3 Megasquirt	- 119 -
Tabla 5.10. Valores Máximos Prueba 4 Megasquirt	- 120 -
Tabla 5.11. Valores Máximos Prueba 5 Megasquirt	- 122 -
Tabla 5.12. Valores Máximos Prueba 6 Megasquirt	- 123 -
Tabla 5.13. Valores Máximos Prueba 7 Megasquirt	- 125 -
Tabla 5.14. Valor promedio de Torque y Potencia Megasquirt	- 125 -
Tabla 5.15. Resultados finales.....	- 127 -
Tabla 5.16. Resumen de las pruebas	- 129 -
Tabla 6.1. Recursos Humanos.....	- 130 -
Tabla 6.2. Recursos Tecnológicos.....	- 131 -
Tabla 6.3. Recursos Materiales	- 131 -
Tabla 6.4. Presupuesto.....	- 132 -

PRESENTACIÓN

La reprogramación electrónica de ECU's, combina investigación tanto teórica como técnica para su desarrollo se han aplicado temas estudiados durante nuestra carrera.

Surge la investigación por la reprogramación de ECU's el cual es un tema innovador en lo que se refiere a información y puesta a punto de estas, al mismo tiempo se indagará en la experimentación, ya que lo teórico se plasmará en un ejemplo práctico que permita al estudiante interactuar con el material físico.

El capítulo 1 se refiere al análisis metodológico del problema a resolver, se plantean objetivos y se trazan metas a las cuales se espera llegar, una vez finalizado el proyecto.

El capítulo 2 presenta los conceptos necesarios para el desarrollo de la investigación, entre ellos se puede citar los métodos de reprogramación electrónica así como los tipos de ECU's programables más utilizadas en el país.

El capítulo 3 trata sobre la metodología de la investigación, se presenta la hipótesis y la operacionalización de las variables dependiente e independiente, adicional se encuentra la tabulación de la encuesta aplicada a los pilotos de rally nacional.

En el capítulo 4 se desarrolla el esquema de la propuesta, es decir la instalación de la ECU reprogramable en el vehículo, y las adecuaciones que se realizan en el mismo. El capítulo 5 describe el proceso de programación desarrollado en la ECU programable y el análisis de las pruebas realizadas con el vehículo en el dinamómetro.

El capítulo 6 se refiere al marco administrativo, donde se encuentran detallados los recursos, empleados en la investigación.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos donde se presenta un resumen de la encuesta realizada en el Rally de Cotopaxi.

CAPÍTULO 1

1. REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN A GASOLINA

1.1. ANTECEDENTES

La electrónica en nuestro medio ha ido ganando terreno, mediante la implementación de elementos electrónicos al vehículo, los cuales han ido evolucionando con el pasar del tiempo, convirtiéndose así en un aliado estratégico para la rama automotriz.

En la actualidad todo vehículo dispone de elementos electrónicos, haciéndole más eficaz ya que la electrónica permite el control de muchos parámetros de funcionamiento.

Las computadoras automotrices también llamadas ECU han sido un aporte electrónico a los autos, ya que con este elemento podemos controlar la parte mecánica y ajustar parámetros deseados, dichos parámetros se los mejora en gran parte para vehículos de competición.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el campo automotriz es fundamental tener como aliada a la electrónica ya que muchos fabricantes han escogido nuevos sistemas electrónicos para mejorar el rendimiento de nuestro vehículo.

Actualmente tanto por economía, como por desconocimiento, se sigue manteniendo una mecánica empírica, esto da como resultado el poco aprovechamiento de la electrónica como un recurso indispensable para el desarrollo de nuevas tecnologías en la rama automotriz.

He allí la utilidad del estudio de la reprogramación de computadoras, lo cual se aplica principalmente en autos de competencia, pero aplicado en

vehículos de serie se puede obtener una gran mejora en potencia y consumo sin la necesidad de realizar cambios en partes mecánicas.

La ECU de un vehículo estándar recibe información en forma analógica o digital de varios sensores, y principalmente ejerce control sobre la inyección de combustible, el tiempo de ignición, límite de revoluciones, etc. Mediante interfaces se puede modificar estos parámetros, pero su aplicación es muy limitada ya sea por el modelo o año del vehículo, además generalmente solo se puede manipular la cantidad de combustible y se corre el riesgo de arruinar la ECU del vehículo.

Muchas personas no quedan satisfechas con el rendimiento que tiene su auto de fábrica, así que buscan maneras de mejorar el rendimiento del vehículo, es así como se desarrollan los sistemas de inyección y encendido programable, dando total libertad a los usuarios para poder manipular estos y otros parámetros, Estos sistemas se pueden utilizar reemplazando totalmente a la ECU original del vehículo, o pueden ser conectadas en paralelo para formar un sistema completo y eficaz de gestión del motor.

En el presente trabajo de investigación analizaremos los tipos de programación que podemos tener y aplicar en los vehículos con motor de combustión interna, las ventajas y desventajas que presentan y los resultados que se obtendrán aplicándolo en un vehículo de serie.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En el campo automotriz, el futuro ingeniero debe actualizar los conocimientos, ya que el mercado avanza con nueva tecnología de vanguardia. Un ingeniero automotriz debe tener una mente abierta a temas electrónicos, para que combinando con los conocimientos de mecánica ejecute proyectos en mejora de nuevos sistemas que ayuden al vehículo en su rendimiento.

El desarrollo del presente proyecto conjuga conocimiento mecánico y electrónico, ya que se debe tener muy presente el funcionamiento interno del motor para no afectarlo al momento de modificar sus parámetros, además de poder interpretar las distintas señales analógicas o digitales provenientes de los sensores, para así lograr la mejor afinación del motor.

Con el estudio de este proyecto se tendrá una visión más clara acerca de la reprogramación de ECU's, una práctica que cada vez es más utilizada no solo en autos de competencia sino también en autos de calle para mejorar su performance.

En el mundo de la competición, será un punto importante a tomar en cuenta para optimizar a su mayor potencia al motor considerando que en el deporte tuerca no limita el factor económico, pudiendo así implementar en el auto métodos electrónicos y mecánicos al mismo tiempo ya que el objetivo es ganar. En el reglamento de Rally nacional existe la categoría T2, en la cual participan vehículos desde 1251 a 1450 cc, por lo que en un futuro el vehículo podría participar en la misma realizando las modificaciones de seguridad normadas por la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo Deportivo (FEDAK).

1.4. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la reprogramación electrónica del vehículo Corsa Evolution 1.4, para elevar los parámetros característicos de motor de combustión interna, sin realizar modificaciones mecánicas.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

- Implementar una ECU programable y un sensor de oxígeno de banda ancha en el vehículo Corsa Evolution 1.4 para elevar su potencia.
- Seleccionar el sistema de inyección y encendido programable más adecuado para el vehículo

- Instalar la ECU programable en paralelo con la ECU original para no perder sistemas importantes como Inmovilizador, luz MIL, entre otros.
- Desarrollar un sistema electrónico para el cambio de autoridad de la ECU original a la ECU reprogramable.
- Comprobar la eficacia de la reprogramación mediante pruebas en el dinamómetro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-EL.

1.6. METAS

- Obtener el mapeo adecuado para elevar la potencia del motor al menos en un 10% sin modificar elementos mecánicos del mismo, generando un documento de alta calidad académica que sirva como fuente de consulta a estudiantes y personas interesadas en la repotenciación de vehículos.
- Mantener los parámetros de contaminación en niveles bajos para no afectar el medioambiente.
- Demostrar la utilidad de la electrónica en el automotor elevando parámetros característicos.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

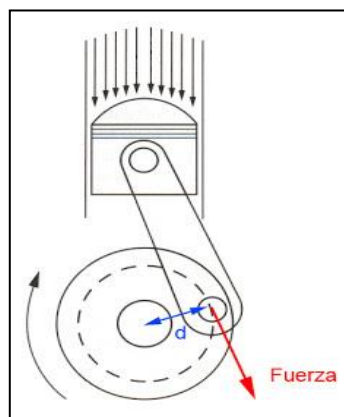
2.1. TORQUE O PAR MOTOR

(Martínez, 2011). “El concepto de par, se puede entender como una fuerza de rotación aplicada al final de un eje giratorio. Por ejemplo, la fuerza que se hace para girar un destornillador a la hora de enroscar un tornillo es un par. Cuanto más par se desarrolle, más se podrá apretar el tornillo”.

Hay que distinguir dos tipos de par fundamentales:

El Par Motor: Es el par desarrollado por el motor, y medido en el primario del embrague (eje de entrada), es la fuerza de giro que proporciona el motor a la salida del eje del cigüeñal, antes del embrague.

El Par en Rueda: Es el par que se aplica en la rueda, y es el que realmente moverá el vehículo. No coincide con el par motor, puesto que la caja de cambios se encarga de multiplicarlo (dividiendo la velocidad de giro se multiplica el par).



Fuente: Investigación-reconstrucción-tráfico.blogspot
Figura 2.1. Fuerza sobre el eje de salida del motor (cigüeñal)

El Par Motor Máximo, que es el dato habitualmente proporcionado por los fabricantes, es la máxima fuerza de giro que puede proporcionar el motor en el eje de salida, antes del embrague, y se da en unas condiciones determinadas:

- Plena carga: Acelerador al 100%
- Régimen de revoluciones de motor coincidente con el par motor máximo.

A cargas parciales, es decir, sin el acelerador al final de su recorrido, no se obtiene el par máximo que puede proporcionar un motor.

El torque se calcula simplemente multiplicando la fuerza por la distancia, lo cual también aplica para un automóvil, ya que el efecto es el mismo. Existe una fuerza aplicada a una distancia determinada que produce el conocido “torque de los autos”.

(Martínez, 2011). “Mientras mayor sea el torque máximo de un motor, más fuerte es. Esto es interesante al momento de comparar motores ya que sin importar el tamaño, el tipo, el sistema de encendido o el de inyección, un motor tendrá más fuerza que otro cuando su torque máximo sea mayor. La tendencia mundial es lograr motores con el torque más alto posible en todas las revoluciones y principalmente al arrancar”.

(Zuñiga, 2012). “Torque (par motor o momento de fuerza como también se conoce), es una capacidad de desarrollar fuerza por parte del sistema motriz. En este caso, más que una capacidad propia del motor, es una capacidad del conjunto motriz, ya que podemos aumentar el torque disponible, con recursos externos al motor”.

En resumen, el torque es un dato que nos ayudará a entender la facilidad con la que el motor puede mover el vehículo, con o sin carga dentro del mismo. Un mayor torque se puede traducir en un porcentaje de economía

de combustible, ya que el motor se debe esforzar menos para lograr las prestaciones que uno necesita, además de tener mejor capacidad para recuperar velocidad y mover carga a bajas revoluciones.

2.2. POTENCIA

(Martínez, 2011). “La potencia es la cantidad de trabajo que puede desarrollar un motor en un tiempo determinado. Cuanta más potencia tenga un motor, más trabajo podrá realizar en el mismo tiempo”.

La potencia es la rapidez con que se efectúa un trabajo, es decir, el trabajo por unidad de tiempo ($Potencia = Trabajo / tiempo$). Tomando los conceptos básicos de física sabemos que Trabajo = fuerza x distancia, que son precisamente las unidades del torque. Además sabemos que la velocidad rotacional de un motor se mide en rpm (cuyas unidades son 1/min). Entonces si multiplicamos el torque por las rpm del motor tenemos $F \times D / tiempo$ que es precisamente la potencia.

Tabla 2.1. Medidas de Potencia (conversión)

1HP	0,745 kw
1 HP	1,014 CV
1 CV	0,736 kw
1 CV	0,9862 HP
1 kw	1,340 HP
1 kwh	860 Kcal
1 kwh	1,36 CVh

Fuente: Grupo de investigación

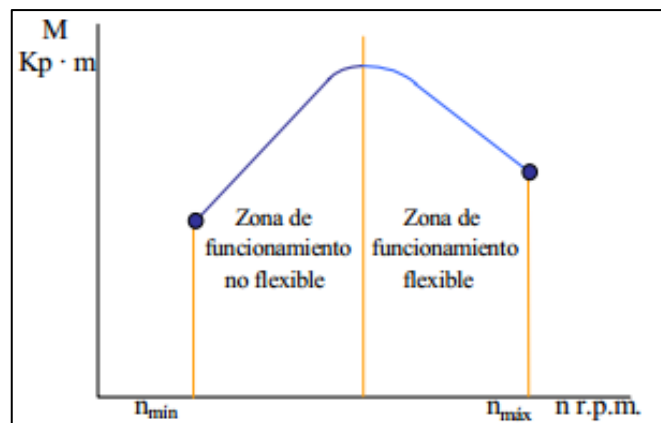
La potencia máxima suele darse a altos regímenes (revoluciones) del motor y el par máximo a regímenes medios o bajos. La potencia máxima del motor da lugar a la mayor potencia en rueda, lo que condiciona la máxima pendiente que podrá superar el vehículo o la máxima velocidad que podrá alcanzar en una pendiente.

2.3. CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL MCI

Las curvas características son representaciones gráficas de los parámetros de funcionamiento del motor, estas curvas indican las capacidades de cada vehículo.

2.3.1. CURVA DE TORQUE O PAR MOTOR

El par motor se expresa en Newton por metro (Nm) y se relaciona al igual que la potencia con las revoluciones a las que se alcanza su valor máximo.



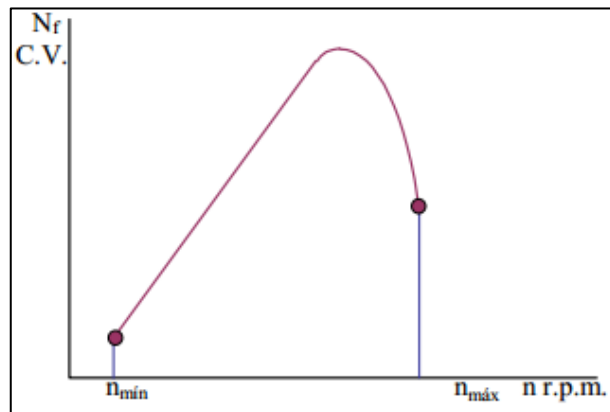
Fuente: (Porras, 2003)

Figura 2.2. Curva característica del Par Motor

(Porras, 2003). “La curva de par motor puede considerarse dividida en dos partes, la zona de funcionamiento no flexible y la zona de funcionamiento flexible. Ambas están limitadas por un valor de régimen de giro del motor que corresponde al que el motor ofrece la máxima capacidad de trabajo o máximo par”.

2.3.2. CURVA DE POTENCIA

La potencia se expresa en habitualmente en Kilowatios (Kw) en el Sistema Internacional de Unidades y se refiere siempre a su valor máximo a las revoluciones por minuto (rpm) que se alcanza dicho valor máximo.



Fuente: (Porras, 2003)

Figura 2.3. Curva característica de la Potencia

(Porras, 2003). “El análisis de esta curva indica que en los motores alternativos, a medida que aumenta el régimen de giro incrementa la potencia al freno de forma prácticamente lineal, lo que ocurre hasta llegar a un valor de velocidad angular del cigüeñal en el que por seguridad para el motor, actúa el regulador disminuyendo de forma automática la entrada de combustible”.

2.4. MEMORIAS

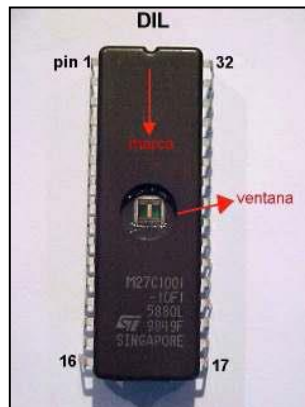
En el vehículo existen diferentes tipos de memorias, las cuales se detallan a continuación:

2.4.1. MEMORIAS DIL

(Angulo, 2003). “Este encapsulado fue uno de los primeros usados para los autos equipados con inyección electrónica desde el año 1990. Este posee 2 líneas con patas o pines de acceso, estas pueden ser de 28 o 32 pines. Una marca o muesca se puede observar en su encapsulado, el mismo muestra la orientación de su propia numeración, y la ubicación del pin 1”.

También se encontrará una ventana en el medio del componente el cual indica que podemos borrar los datos de la misma con rayos ultravioletas.

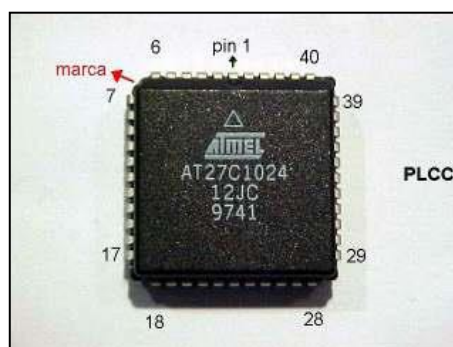
Este proceso requiere de un Borrador de eprom y el tiempo de ejecución es de aproximadamente 25 minutos. Su montaje sobre la placa puede realizarse de 2 maneras distintas, directamente soldado sobre la placa o puede aparecer también montada sobre un zócalo, esto facilita su extracción y posterior trabajo.



Fuente: Cisetraining
Figura 2.4. Memoria tipo Dil

2.4.2. MEMORIAS TIPO PLCC

(Augeri, 2007). “Este encapsulado fue el segundo utilizado por las terminales automotrices el mismo cuenta con un tamaño reducido y la configuración de sus patas envuelve los 4 lados a diferencia de su antecesor (DIL) la cantidad de patas puede ser de 32, 44, 48 patas.



Fuente: Cisetraining
Figura 2.5. Memoria tipo PLCC

Lo particular de esta configuración es que las patas o pines se encuentran hacia adentro y su montaje es superficial a la placa madre. Esto simplifica

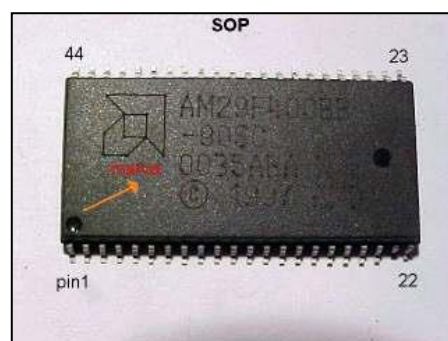
el tamaño que ocupa en la placa madre y también aporta mayor capacidad en su interior.

Este tipo de memorias se borran eléctricamente para luego poder reutilizarla, este proceso se realiza con un programador de memorias”.

Sobre un lateral posee una marca que indica la posición pin 1. Puede ser encontrado montado directamente sobre la placa como también sobre un zócalo, esto facilita su extracción y manejo.

2.4.3. MEMORIAS TIPO SOP

(Augeri, 2007).”Este encapsulado es uno de los más utilizados en la actualidad, posee una capacidad de 2 hasta 32 megas en el uso automotriz, este encapsulado logro en su costo, capacidad y espacio un compromiso adoptado por los fabricantes de electrónica automotriz. La cantidad de pines utilizados es de 44 o 48 terminales, también posee una marca el cual nos indica la posición del pin 1”.



Fuente: Cisettraining
Figura 2.6. Memoria tipo PLCC

2.4.4. CAPACIDADES DE LAS MEMORIAS

a. Interpretación de su nomenclatura

Verde (29): Para las memorias montadas en los automóviles se encuentran en su mayoría 2 tipos de familias la Nro. 27 y la Nro. 29, cada

familia estructuralmente cumple con ciertas condiciones como velocidad de acceso, condiciones de circuitos internos como compuertas, estructuras, arquitectura, etc. Estas características se aplican al uso al cual son sometidas.

Azul (F): Seguido del tipo de familia se observa la letra “C=5v” esto está referido a su alimentación o letra “F=flash” esto está referido a que su borrado puede realizarse eléctricamente. Esto se realiza mediante un programador de eproms, su ventaja desarrollar las tensiones de las memorias y beneficios del flash, borrado de los DIL y flash.

Celeste (200): Los números posteriores a su alimentación es la capacidad que posee la memoria, lo que puede almacenar internamente y pueden ser para las memorias Dil, Plcc, Sop, aplicadas a los automóviles: 28k, 256k, 512k, 1024k, 2048k, 4096k, 8192k.

Tabla 2.2. Equivalencia de Kb a Mb

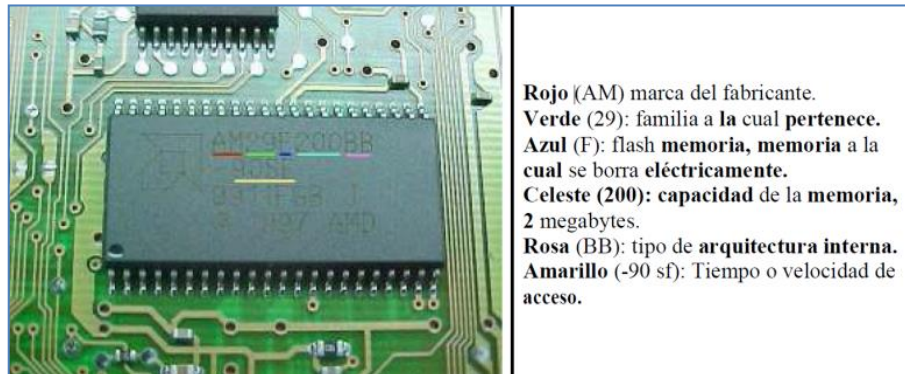
1024 Kb	1 Mb
2048 Kb	2 Mb
4096 Kb	4 Mb
8192 Kb	8 Mb

Fuente: Grupo de investigación

b. Tiempo de acceso

Amarillo (-90): El tiempo de acceso es el tiempo que se necesita para localizar y leer una información almacenada.

Es una característica importante para determinar la velocidad de resolución de un sistema, conociendo el tiempo de acceso se puede predecir el tiempo necesario para procesar un trabajo, si algunas localidades de la memoria se alcanzan más rápidamente que otras se suele tomar el valor promedio de todas ellas, se habla entonces del tiempo de acceso promedio.



Fuente: Cisetraining
Figura 2.7. Memoria tipo PLCC

c. Logo del fabricante

Usualmente cada proveedor de memorias identifica a su producto colocando un logo. Hay en el mercado innumerables marcas de fabricantes de memorias: ST, AMD, ATMEL, INTEL, FUJITSU, NEC, etc.



Fuente: Cisetraining
Figura 2.8. Fabricantes de memorias

Cabe destacar que debido a los distintos fabricantes de componentes, existen diferentes formas de colocar la información. Pero en su mayoría uno puede ver a qué tipo de familia pertenece, su capacidad y su velocidad de acceso. Algunos datos pertenecen a datos internos de cada fabricante, número de fabricación, lote, etc.

2.5. MÉTODOS DE REPROGRAMACIÓN

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

- Flash
- ECU estándar
- ECU programable

2.5.1. REPROGRAMACIÓN FLASH

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

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

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

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

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

Se entiende que el vehículo funcionara mejor luego de actualizarle su software con el último existente. Lo bueno de este método es que los módulos de aquellos vehículos siempre estarán trabajando con la última

calibración y en teoría nunca exhibirán un problema relacionado con la reprogramación.

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

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

Si prestamos atención a los manuales de diagnóstico, veremos que en cada seguimiento de un código de diagnóstico debemos averiguar si existe una calibración para dicho vehículo, esto nos puede hacer prevenir un futuro trabajo.

a. Protocolo SAE J2534

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

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

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

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

Las cuotas de suscripción se cobran de forma diferente para cada fabricante de automóviles. Algunos fabricantes como GM carga una cuota anual para tener acceso completo, mientras que otros tienen opciones para pagar: por los vehículos, diariamente, semanal, mensual o anual.

Tabla 2. 3. Páginas web de servicio y honorarios de fabricantes

	J2534 COSTO DE REPROGRAMACIÓN				WEBSITE
	UNA VEZ	1-3 DÍAS	MENSUAL	ANUAL	
BMW		30	250	2500	http://www.bmwtechinfo.com/
Mini					http://www.minitechinfo.com/
Porsche	100				http://www.techinfo.porsche.com/
Chrysler, Jeep, Dodge		20	200	1500	http://www.techauthority.com/
Ford, Lincoln, Mercury		24.95	59.95	599.95	http://www.motorcraft.com/
Land Rover					http://www.landrovertechinfo.com/
Volvo		84			http://www.volvotechinfo.com/
General Motors Brands			275	995	http://www.gmtechinfo.com/
Acura, Honda				300	http://www.serviceexpress.hond.com/
Isuzu				1968	http://www.isuzutechinfo.com/
Kia / Hyndai					http://www.kiatechinfo.com/
Mazda		24.95	59.95	599.95	http://www.mazdatechinfo.com/
Mercedes				925	http://www.startekinfo.com/
Mitsubishi		19.95	249.95	1449.95	http://www.mitsubishitechinfo.com/
Nissan	19.95				http://www.nissan-techinfo.com/
Toyota, Lexus, Scion				55	http://www.techinfo.toyota.com/
Volkswagen		50	200	1000	http://www.ebahn.com/vw
Audi		50	200	1000	http://www.ebahn.com/audi

Fuente: Grupo de investigación

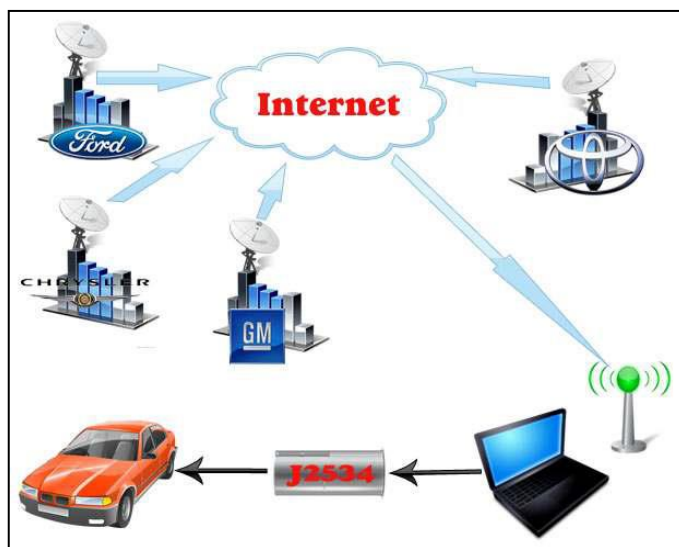
Muchos de estos servicios también incluyen características adicionales más allá de una reprogramación flash. FMP de Ford permite reprogramar el transponder de llaves, y algunos tienen la funcionalidad de diagnóstico.

b. Hardware

La segunda parte del sistema es una interfaz Pass Thru compatible. Este interfaz que usa un cable actúa como una puerta de enlace entre los módulos a bordo del vehículo y el ordenador personal o PC portátil.

(Augeri, 2007). “La función de este interfaz es que traduce los mensajes de la PC en los protocolos utilizados por el automóvil, y viceversa. Para nuestro estudio utilizamos el J2534 Flasher de Bosch cuya funcionalidad la analizaremos más adelante.

El dispositivo de comunicación pass thru permite comunicar al vehículo con la Pc portátil usando los puertos de comunicación serial, USB, ETHERNET y Wireless”.



Fuente: Cisettraining

Figura 2.9. Esquema de funcionamiento de reprogramación Flash

El más fácil de configurar es, probablemente el USB pero Internet tiene el mayor alcance y mayor rendimiento. Wireless también ha llegado a ser popular con las dos opciones una de Bluetooth y la otra por 802.11 ofrecidos por los proveedores de PCs.

La tecnología 802.11 ofrece un mayor ancho de banda y rango de distancia, pero por lo general cuesta más que una opción de Bluetooth.

Tabla 2.4. Características de los tipos de conexión

characteristic	USB	Serial	Ethernet	Bluetooth	802.11
Plug and Play	Yes	No	No	No	No
Protected from ground loops, static, and surges	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Distance Limitation	15 feet	45 feet	300 feet	32 Feet*	300 feet*
Max Speed	11Mbps	0.125Mbps*	100Mbps	1Mbps	54Mbps
Available on most new laptops	Yes	No	Yes	No	Yes

Fuente: Cisettraining

Hay una serie de herramientas Pass Thru a la venta en el mercado, todo a precios distintos con diferentes características, rendimiento y soporte al cliente.

Para realizar una reprogramación J2534 requiere conocimientos y experiencia, además tener los equipos necesarios como son una Pc portátil o de escritorio el dispositivo pass thru, el software de programación y una conexión de alta velocidad a internet.

c. Programación del vehículo Onboard VS Offboard

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

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

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

d. Energía Constante

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



Fuente: Cisettraining
Figura 2.10. INTELI-POWER 9100

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

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



Fuente: Cisetraining
Figura 2.11. Fuente de alimentación variable

e. Precauciones sobre el uso del J2534

Debido a que cada fabricante tiene un software diferente, usted debe sentirse cómodo con el servicio de un fabricante de automóviles antes de empezar la reprogramación.

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

- Si no se pudo obtener una reprogramación exitosa después de varios intentos, llame al número del fabricante de autos de apoyo para saber si hay alguna otra manera de recuperar el módulo.
- La reprogramación es un servicio que no se puede revertir.

2.5.2. REPROGRAMACIÓN ECU STANDAR

(Hinojosa, 2009). “Este tipo de reprogramación se realiza cuando se quiere mejorar los parámetros con los que el vehículo sale de fábrica, se la realiza a la ECU original del vehículo, es decir se trabaja sobre los mapas con los que el vehículo sale de fábrica”.

El proceso de reprogramación consta de los siguientes pasos:

- Leer la información de la ECU
- Modificar los mapas
- Grabar la información modificada en la ECU

A continuación se detallará cada paso.

a. Lectura del archivo de la ECU

La información del vehículo está contenida en la memoria de la ECU, al realizar la lectura de esta se obtendrá un archivo el cual se modifica más adelante. La lectura de la memoria de la ECU depende del modelo y año del vehículo, según estos parámetros podemos encontrar los siguientes casos:

- **Desoldar la memoria:** En algunos modelos antiguos la única manera de obtener la información de la memoria de la ECU es desoldándola y leerla mediante un lector de memorias, este proceso es complicado y se requiere gran experiencia para realizarlo, caso contrario se pueden producir danos en la memoria.

- **Desmontar la memoria:** Existe otro tipo de vehículos en los que no es necesario desoldar la memoria ya que esta viene incrustada en un socalo en cual permite su desmontaje sin riesgo de que ocurran daños en la misma. Y de igual manera con un programados de memorias se puede leer el archivo que contiene la información o cartografía.



Fuente: gmecu

Figura 2.12. Memoria Corsa desmontable

- **Lectura por el conector de diagnosis:** En el mercado existen varios modelos de interface para realizar la lectura de la cartografía de la memoria de la ECU, en más utilizado el Galleto 1260. Esta interface será útil tanto para leer como para grabar la información de la ECU.



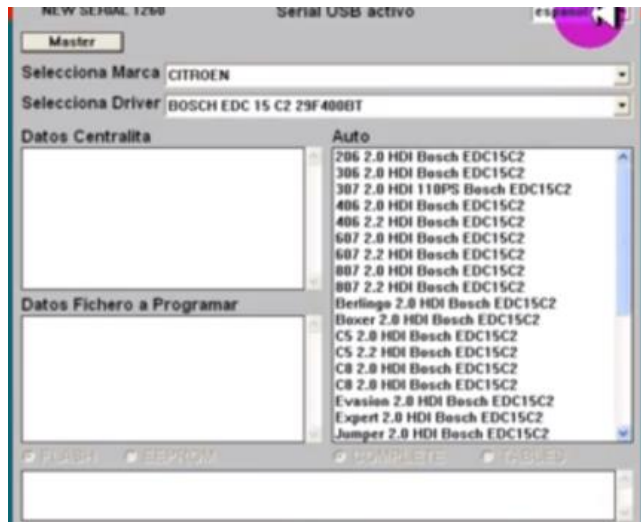
Fuente: (Hinojosa, 2009)

Figura 2.13. Interface Galleto 1260

Este método es válido solamente para vehículos posteriores al año 2000.

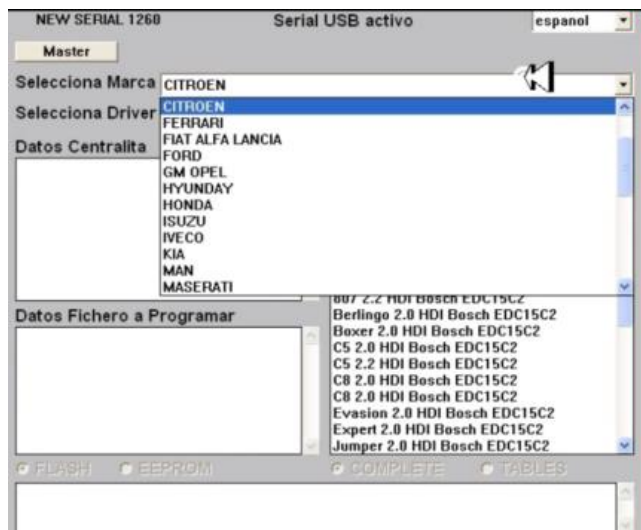
A continuación se detalla cómo leer un archivo con el Galleto 1260:

- Seleccionamos el idioma con el cual deseamos trabajar, este se encuentra en la parte superior derecha.



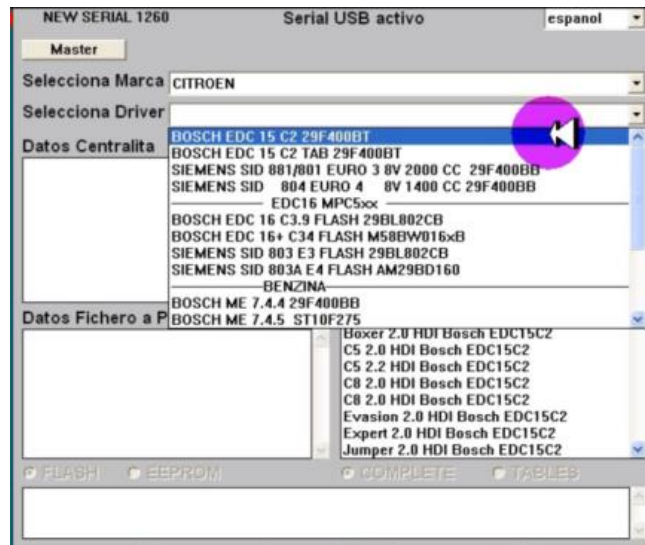
Fuente: Galleto 1260
Figura 2.14. Selección de idioma

- En la misma ventana seleccionamos la marca del vehículo.



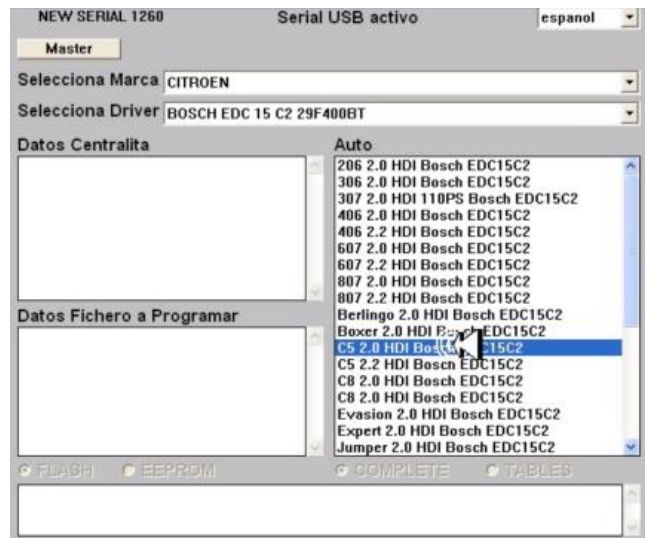
Fuente: Galleto 1260
Figura 2.15. Selección marca vehículo

- Escoger el driver de la ECU, este dato se encuentra en la misma ECU y depende de la marca.



Fuente: Galleto 1260
Figura 2.16. Selección driver

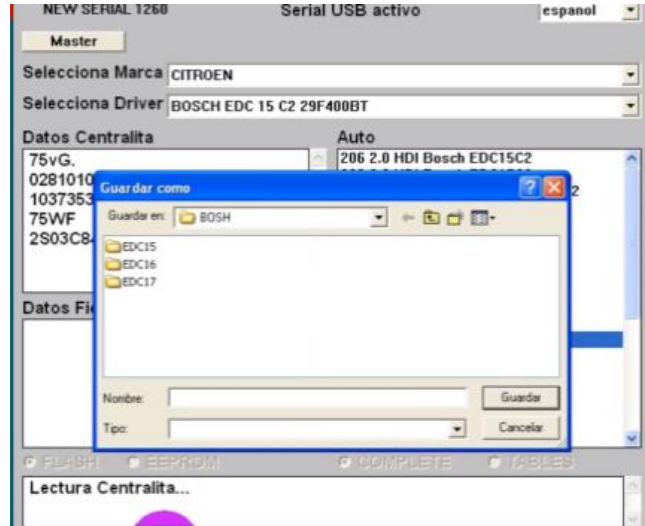
- En la misma ventana seleccionamos el auto, según las especificaciones del fabricante.



Fuente: Galleto 1260
Figura 2.17. Selección auto

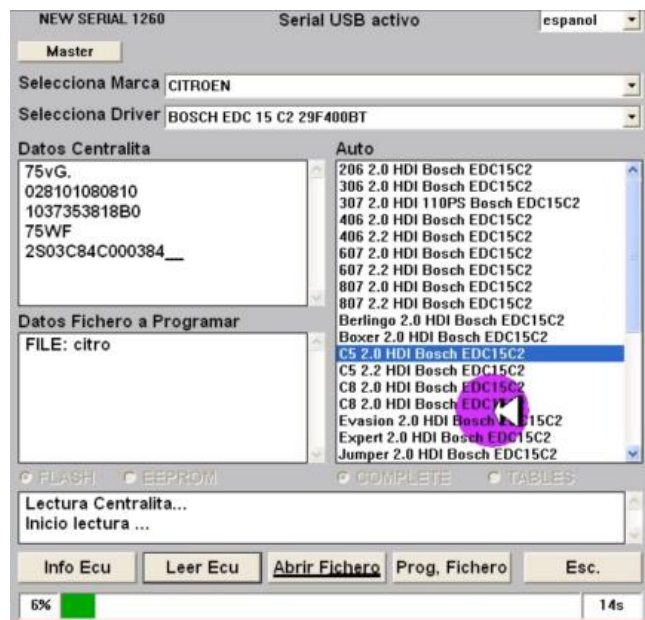
- A continuación aparecerá en el cuadro superior izquierdo los datos de la centralita que contiene el vehículo.
- Una vez que se analice los datos de la centralita se debe dar clic en lectura ecu y aparecerá la siguiente pantalla, donde se pedirá un

nombre del archivo con el que se desee guardar la lectura de la ECU que se la va a realizar y clic en guardar.



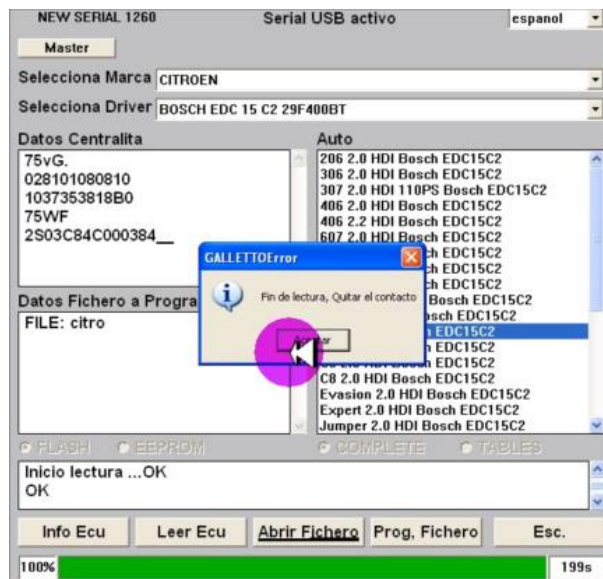
Fuente: Galleto 1260
Figura 2.18. Ventana de guardar

- A continuación el software empezará a dar lectura a la ecu



Fuente: Galleto 1260
Figura 2.19. Barra de descarga

- Una vez que se haya leído todos los datos de la ECU aparecerá la siguiente imagen, no hay que preocuparse ya que es normal el cuadro de GALLETTO ERROR.



Fuente: Galletto 1260
Figura 2.20. Cuadro de diálogo error

- Buscamos el archivo en la ubicación que se haya elegido para guardarlo, se debe tener en cuenta que el archivo debe pesar 512 KB ya es una archivo perfecto para reprogramar.

b. Modificación de mapas

(Hinojosa, 2009). “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 dependerá del vehículo que se esté modificando”.

Los software más utilizados son: ECM2001, WINOLS, TUNERPRO, los cuales ofrecen diferentes características al usuario y en su mayoría tienen versiones gratuitas.

c. Grabar la información modificada en la ECU

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

2.5.3. REPROGRAMACIÓN DE ECU PROGRAMABLE

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.

(Funes, 2010). “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”.

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). 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.

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.

Otros parámetros que son usualmente mapeados son:

- 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.

(Funes, 2010). “Una ECU de carreras frecuentemente se equipa con un dispositivo de almacenamiento que graba los valores de todos los sensores para un posterior análisis usando un software especial en un

ordenador. Esto puede ser muy útil para la puesta a punto del vehículo y se consigue con la observación de los datos buscando anomalías en los datos o comportamientos de las ECU's. El almacenamiento de estos dispositivos que graban los datos suele rondar entre los 0.5 y 16 megabytes".

A pesar del asombroso avance en las técnicas de modificación de valores sobre la mayoría de las ECU's de fábrica (también existen aquellas que no son reprogramables), todavía las mismas presentan sus límites. La evolución de los elementos de preparación de motores (cuerpos individuales de mariposa, sistemas turbo, etc.) sumada a la accesible disposición de los mismos por parte de usuarios no profesionales, vio rápidamente excedidas las capacidades de las ECU's originales.

La opción lógica es meterle mano a una ECU programable, la cual no solo permitirá un ajuste más fino de los parámetros tradicionales del motor (avance del tiempo de encendido, pulso de inyección de combustible, etc.) sino también que muchas de ellas ofrecen opciones extras, como ser controles de largada, de tracción, etc. Los kits suelen incluir la ECU, el cableado, sensores, software de programación y cable de interface con una PC.

Si bien los programas utilizados por las ECU's programables son cada vez más fáciles de usar, aún se debe poseer un conocimiento mínimo de la forma en que funcionan los motores y como varían sus parámetros, más una alta dosis de paciencia para logra su óptimo desempeño.

2.6. TIPOS DE ECU'S REPROGRAMABLES

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

2.6.1. HALTECH PLATINUM SPORT 2000

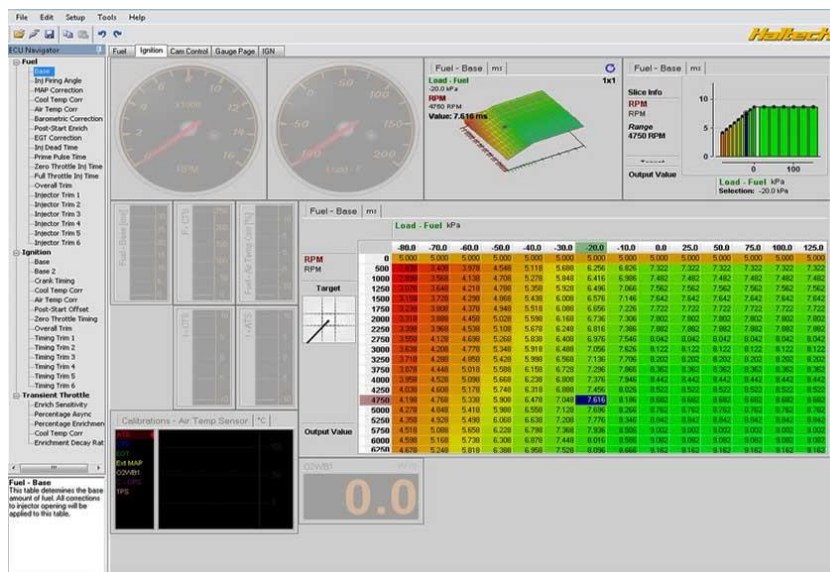
(Haltech, 2012). “HALTECH PLATINUM SPORT 2000 es una ECU reprogramable en tiempo real diseñada para los que buscan el rendimiento óptimo de su vehículo. Adecuada para controlar motores de 1, 2, 3, 4 ,5 ,6 ,8 ,10 y 12 cilindros, motores rotativos de 2 y 3 rotores, atmosféricos y turbo aspirados”.



Fuente: Haltech

Figura 2.21. Haltec Platinum sport 2000

El Sistema Sport 2000 tiene mapas de gasolina ajustables cada uno con 32 barras de carga y 32 rangos de RPM. El Sport 2000 se ejecutará hasta 16.000 rpm, manteniendo una excelente precisión y resolución.



Fuente: Haltech

Figura 2.22. Pantalla de software Sport 2000

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

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

a. Especificaciones básicas

Tabla 2.5. Especificaciones Haltec

Entradas	Salidas	Físico
Sensor de posición del cigüeñal	Salidas de inyectores: 12	Largo: 160 mm
Temperatura del Aire	Salidas de ignición: 6	Ancho: 104 mm
Presión barométrica	Control del relé de la Bomba de combustible	Profundidad: 39.75 mm
Switched Digital Input (x1)	Salidas de impulsos digitales (x4)	PESO: 400 g (0,88 lb)
Sensor de oxígeno	El control del ralentí (IAC)	
Entradas de tensión analógicas (x7)		
Sensor de posición de la leva		
Posición del acelerador (tipo potenciómetro)		
Temperatura del refrigerante		
Sensor MAP (1,2,3,4,5 Bar)		
Entrada de pulsos digitales (x3)		

Fuente: Grupo de Investigación

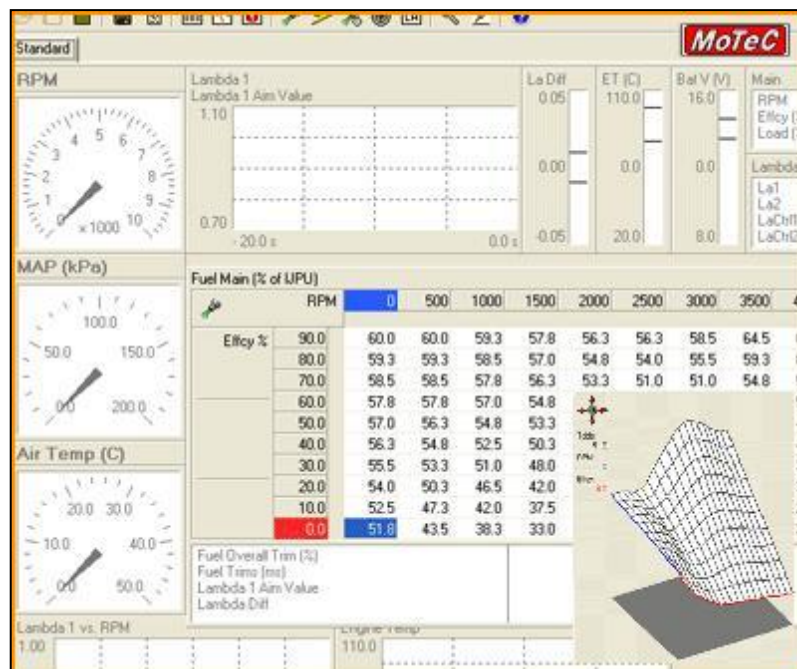
2.6.2. MOTEC M84

(Motec, 2010). “El M84 es una ECU versátil diseñada para competencia, adecuada para una amplia gama de aplicaciones de alto rendimiento, incluyendo motores con un máximo de 8 cilindros. También para motores rotativos, con rotores dobles, triples o cuádruples”.



Fuente: Motec
Figura 2.23. Motec M84

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



Fuente: Motec
Figura 2.24. Pantalla de software Motec

Incluye medidor de banda ancha a bordo y más de 512 KB de registro de datos en memoria de serie. Puede ser instalada como ECU independiente o como parte de una completa gestión del motor y una solución en la adquisición de datos.

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

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

a. Especificaciones básicas

Tabla 2.6. Especificaciones de Motec

Entradas	Salidas	Físico
Posición del acelerador (TPS)	8 salidas de inyectores (alta o baja impedancia)	Tamaño de la caja 147 x 105 x 40 mm
Presión del múltiple (MAP)	6 salidas de encendido	Peso 500 gramos
Flujo de Masa de Aire (MAF)	8 salidas auxiliares	Conectores de (1 x 34 pines y 1 x 26 pines)
Presión de combustible		
Presión de aceite		
Temperatura de escape		
Posición de marcha		
Temperatura del Aire (IAT)		
Temperatura del refrigerante (ECT)		
Tres termistores analógicos		

Fuente: Grupo de Investigación

2.6.3. ELECTROMOTIVE TEC3-R

(Electromotive, 2008). "El TEC3r (Control total del motor) representa los últimos avances en tecnología de control de combustible e inyección, integrados con el sistema de encendido de chispa directa más potente y preciso jamás puesto en un paquete de alto rendimiento".



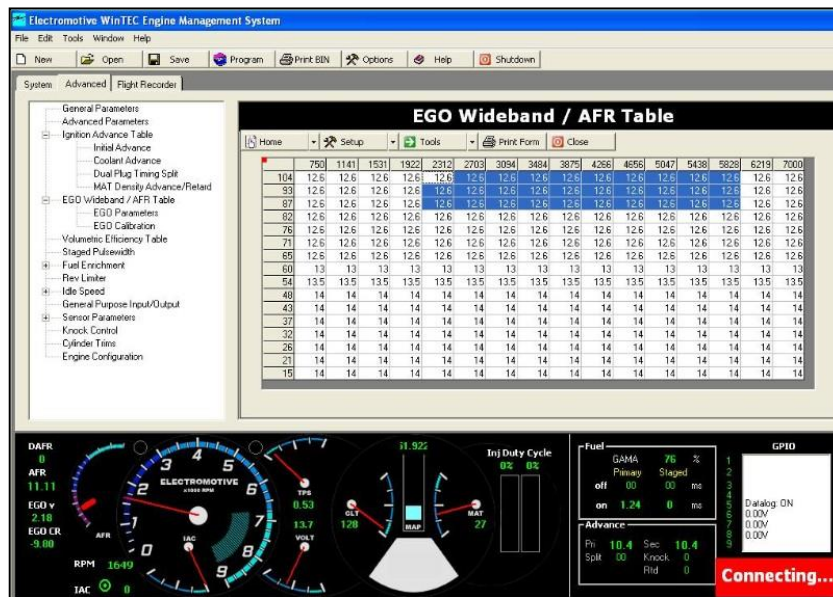
Fuente: Electromotive-inc
Figura 2.25. Electromotive Tec3-r

El Tec3-R se puede configurar para controlar virtualmente cualquier motor de 1, 2, 3, 4, 6, 8, o 12 cilindros, así como motores rotativos de 1, 2, o 3 rotores.

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

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

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



Fuente: Electromotive-inc

Figura 2.26. Pantalla de software WinTEC

a. Especificaciones básicas

Tabla 2. 7. Especificaciones de Electromotive

ENTRADAS	SALIDAS	FÍSICO
Canales 1-4 son entradas analógicas 0-5 voltios	Drivers de inyectores de combustible	Largo 140 mm
Canales 3 y 4 señales de velocidad	Salidas de bobina	Ancho 162 mm
Sensor de posición del cigüeñal	Control de marcha en ralentí (IAC)	Espesor 42 mm
Sensor de posición del árbol de levas	Salidas de propósito general (GPO)	
Sensor de presión del colector (MAP)	Control de la bomba de combustible	
Sensor de posición del acelerador (TPS)	Salida del tacómetro	
Sensor de temperatura del refrigerante (CLT)	Salida luz check engine	
Sensor de temperatura del aire del colector o (MAT)	LED de diagnóstico de la ECU	
Sensor de detonaciones o (KNK)	Ventilador ECU	

Fuente: Grupo de investigación

2.6.4. MEGASQUIRT

(Megasquirt, 2012). “La EFI MegaSquirt es un controlador experimental de inyección de combustible y encendido para motores de combustión interna.

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



Fuente: Msextra

Figura 2.27. Megasquirt MS1EXTRA

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



Fuente: Grupo de investigación

Figura 2.28. Pantalla de software Megatune

El software utilizado es MEGATUNE, el cual es muy fácil y amigable de manipular para la persona que realiza la programación, el cual dispone de tablas de combustible y encendido de 12x12 y de AFR de 8x8. Para ver el registro de datos y realizar correcciones en los mapas de combustible, se dispone un software adicional llamado MegaLow Viewer.

a. Especificaciones básicas

Tabla 2.8. Especificaciones de Megasquirt

Entradas	Salidas
Sensor de posición del cigüeñal	Salidas de inyectores: 4
Sensor MAP	Salidas de ignición: 2
Posición del acelerador (tipo potenciómetro)	Control del relé de la Bomba de combustible
Temperatura del refrigerante	El control del ralentí (IAC)
Temperatura del Aire	Control de la presión del turbo.
Sensor de oxígeno	

Fuente: Grupo de investigación

2.7. SENSOR DE OXÍGENO DE BANDA ANCHA

(NGK, 2009). “A partir de la aprobación de la legislación correspondiente para la reducción de las emisiones y el consumo, surge la necesidad de que los motores funcionen de forma regulada al margen de la mezcla estequiometria. Para conseguir esto se han desarrollado las llamadas sondas Lambda”.

Estos sensores de oxígeno lineales pueden emitir una señal proporcional a la cantidad de oxígeno residual contenida en el gas de escape.

Esta señal está disponible en una amplia relación de aire y combustible. La señal de salida se corresponde con el flujo bombeado necesario para

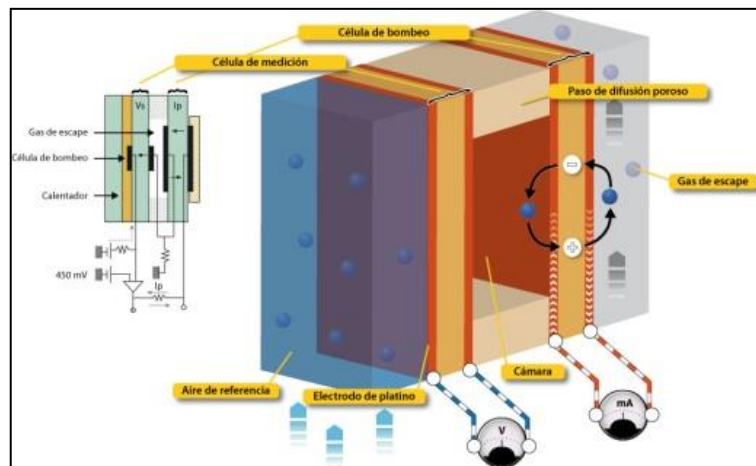
fijar un nivel de oxígeno constante en una cámara de medición (Lambda = 1 se corresponde con 450 mV).



Fuente: NGK

Figura 2.29. Sensor de oxígeno de banda ancha

Cuanto más se aleje de este valor el gas de escape que se introduce, mayor será el flujo bombeado y en consecuencia, la señal de salida de la sonda.



Fuente: NGK

Figura 2.30. Presentación del elemento de un sensor de banda ancha

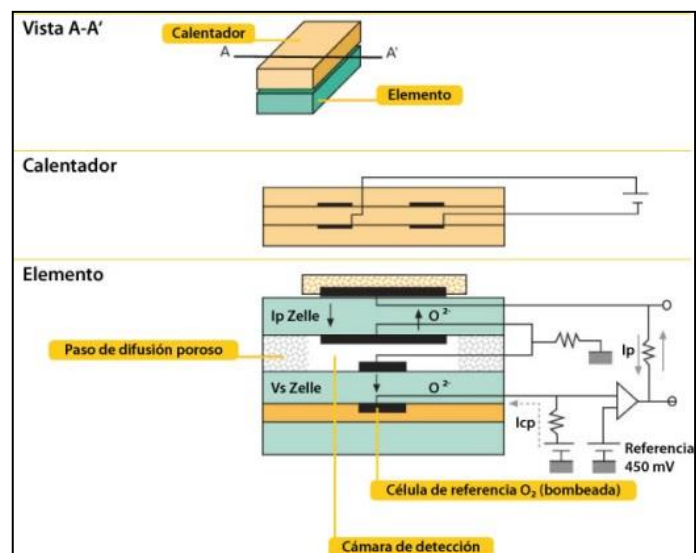
El sensor de oxígeno de banda ancha tiene las siguientes ventajas:

- Rápida puesta en funcionamiento
- Elemento monolítico con calefactor integrado
- Estructura hermética para generar una referencia del oxígeno
- Resistencia térmica
- Alto grado de fiabilidad

2.7.1. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE OXÍGENO (WIDE-BAND)

(Bosch, 2010). “Estas sondas tienen dos células: una célula de medición y una célula de bombeo. Con la célula de medición se mide la cantidad de oxígeno contenida en el gas de escape que se encuentra en la cámara de detección y se compara con un valor nominal de 450 mV”.

Si los valores difieren, se conecta una corriente de bombeo a la célula de bombeo para que entren en la cámara o salgan de ella (según corresponda) los iones de oxígeno que sea necesario para que la tensión de la célula de medición sea nuevamente de 450 mV.



Fuente: NGK

Figura 2.31. Sección por elemento plano de un sensor de oxígeno

Este flujo de bombeo es la magnitud que describe el valor lambda exacto de la mezcla de forma casi lineal. En las mezclas estequiométricas es igual a cero porque la presión parcial del oxígeno de la cámara de detección se corresponde con el valor nominal arriba indicado.

2.7.2. ASIGNACIONES DE CABLES

Las sondas Lambda de banda ancha NTK disponen de cinco conexiones de cables. El elemento calefactor se alimenta de corriente a través del

amarillo y azul. La señal del flujo de bombeo (I_p+) fluye por el cable blanco, la de la célula de medición (V_s+) por el cable gris. El cable negro representa la conexión de masa para la célula de bombeo y de medición. (NGK, 2013)



Fuente: NGK

Figura 2.32. Asignación de cables de sensores NTK

2.8. TIPOS DE SENSOR DE OXÍGENO

2.8.1. INNOVATE MOTORSPORTS MTX-L

El nuevo sensor de oxígeno Innovate Motorsports de la serie MTX-L es el único medidor que utiliza la tecnología 100% digital de banda ancha, la tecnología más moderna disponible hoy en día en el mercado.



Fuente: Innovatemotorsports

Figura 2.33. Sensor de oxígeno de banda ancha Innovate

El nuevo sensor de oxígeno Innovate Motorsports de la serie MTX-L es el único medidor que utiliza la tecnología 100% digital de banda ancha, la tecnología más moderna disponible hoy en día en el mercado.

La galardonada tecnología patentada DirectDigital que usa, es más rápida y precisa que la "UEGO" además de ser más asequible.

El medidor cuenta con una carcasa resistente al agua, placas frontales intercambiables y 2 salidas analógicas lineales totalmente programable para el uso con los sistemas de gestión del motor de circuito cerrado y registradores de datos externos.

a. Características principales

- El único sensor de oxígeno banda ancha con tecnología 100% digital.
- Construido en DirectDigital™ reduce el cableado del controlador de banda ancha y simplifica la instalación.
- Incluye un sensor Bosch LSU 4.2 de exactitud y fiabilidad óptima.
- El sensor de O2 de banda ancha es compatible con todos los tipos de combustible (con plomo, sin plomo, diesel, metanol, E85, etc.).
- Posibilidad de calibrar el sensor de O2 para una mayor precisión.
- Dos salidas analógicas lineales (0-5V) totalmente programables, para el uso con sistemas de gestión del motor de ciclo cerrado y registradores de datos externos.
- Registro de datos utilizando LogWorks en su PC.
- Puerto Serial IN/OUT para facilitar el enlace.

2.8.2. AEM

El sensor de oxígeno de banda ancha AEM posee insuperable precisión, velocidad y control con una interface digital fácil de leer. Este controlador cuenta con una pantalla LED digital y barrido LED "aguja" que cambia de color de acuerdo a los cambios en la mezcla A/F de rica a pobre.

El sensor de oxígeno de banda ancha AEM une insuperable precisión, velocidad y control con una interface digital fácil de leer. Este controlador

cuenta con una pantalla LED digital y barrido LED “aguja” que cambia de color de acuerdo a los cambios en la mezcla A/F de rica a pobre.



Fuente: Aemelectronics

Figura 2.34. Sensor de oxígeno de banda ancha AEM

Todos los medidores digitales AEM disponen de una salida analógica (0-5V) para su uso con registradores de datos y prácticamente cualquier sistema de gestión del motor, tales como AEM, EMS o FIC.

a. Características principales

- No requiere calibración de aire libre.
- Precisión de 0.1 AFR
- Salida analógica (0-5V) para su uso con registradores de datos y prácticamente cualquier sistema de gestión de motor.
- Incluye un sensor Bosch LSU 4.2 de exactitud y fiabilidad óptima.
- Salida analógica (0-5V) para valores de gasolina de 10 a 20:1 AFR
- Biseles intercambiables negro y plata.
- Placas frontales intercambiables negra y blanca.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. HIPÓTESIS

3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL

¿La implementación de una computadora reprogramable en un vehículo de serie ayudará a la mejora de los parámetros característicos del MCI sin la necesidad de modificar componentes mecánicos?

3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los programadores de ECU's deben tener un gran nivel de conocimientos acerca del funcionamiento mecánico y electrónico del motor, para lograr la mejor calibración del vehículo.
- Contar con el esquema eléctrico de conexión de la ECU del vehículo facilita la instalación de la ECU programable.
- El uso adecuado del software de programación permite obtener los mejores resultados al realizar el proceso de potenciación electrónica.
- El número de señales procesadas por la ECU (entrada y salida), dependen del modelo de vehículo en el cual va a ser instalada.

3.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Reprogramación electrónica del vehículo Corsa Evolution 1.4L.

3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Parámetros Característicos del motor de combustión interna.

3.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

a. Variable independiente

Reprogramación electrónica del vehículo Corsa Evolution 1.4L.

Tabla 3.1. Operacionalización de variable independiente

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Proceso de modificación de variables del vehículo a través de un software para elevar los parámetros del MCI	Tecnológica	Número de señales de entrada que procesa la ECU reprogramable = 5	¿Cuál es el número de sensores requeridos para el funcionamiento de la ECU reprogramable?
		Número de actuadores que controla la ECU reprogramable = 2	¿Cuál es el número de actuadores que controlara la ECU reprogramable?
		Número de interruptores para el cambio de control de una ECU a otra = 1	¿Cuál es el número de interruptores necesarios para realizar el cambio de una ECU a otra?
		Número de variables para el mejor desempeño del vehículo ≥ 3	¿Qué variables de deben modificar para tener mejor desempeño del vehículo?
		Número de mapas a modificar para llevar la potencia = 3	¿Qué mapas se pueden modificar para elevar la potencia?
Software utilizado para programar la ECU = 2	¿Cuántos software se utilizan para programar la ECU?		

Fuente: Grupo de investigación

b. Variable dependiente

Parámetros Característicos del motor de combustión interna.

Tabla 3.2. Operacionalización de variable dependiente

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Parámetros que indican el estado y las características del MCI.	Tecnológica	Número de pruebas realizadas para la puesta a punto del vehículo ≥ 5	¿Cómo se va a llevar a cabo la puesta a punto del vehículo?
		Elevación de potencia y torque obtenidos $\geq 10 \%$	¿Qué porcentaje de ganancia se obtendrá en la potencia y torque del vehículo?

Fuente: Grupo de investigación

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se basa en un diseño de investigación experimental el cual constituye un aspecto fundamental y necesario para todo proceso científico.

El diseño de investigación desglosa las estrategias básicas que el investigador adopta para generar información exacta e interpretable. El diseño de investigación supone, así, especificar la naturaleza de las comparaciones que habrían de efectuarse, constituyendo además el plan general del investigador para obtener respuestas a interrogantes o comprobar las hipótesis de investigación.

3.3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección de datos son procedimientos o actividades realizadas con el propósito de recabar la información necesaria para el logro de los objetivos de la investigación.

Las principales técnicas de recolección de datos son: observación, entrevistas y encuestas

Para la presente investigación se procedió a la aplicación de encuestas para obtener la información requerida.

Una encuesta es un conjunto de preguntas normalizadas dirigidas a una muestra representativa de la población, con el fin de conocer opiniones o hechos específicos. Son del tipo de investigación primaria ya que se obtiene la información directamente de la fuente.

Mediante la aplicación de la encuesta se espera obtener información relevante para el desarrollo del presente proyecto.

A continuación se detalla el formato de encuesta que será aplicada:

ENCUESTA

1. ¿Conoce Ud. acerca de la reprogramación de ECU'S?

Sí ____ No ____

2. ¿Qué elemento de potenciación electrónica utiliza en su vehículo?

Chip Potenciado ____ Ecu Programable ____ Otro ____

3. ¿Qué marca de ECU reprogramable usa Ud.?

4. ¿Quién realiza la puesta a punto de su vehículo?

Usted ____ Especialista ____ Proveedor de la ECU ____

5. ¿Cómo realiza la puesta a punto de su vehículo?

Dinamómetro ____ Taller ____ En la pista ____

6. ¿Qué buscaría en un sistema de inyección programable?

Fiabilidad ____ Fácil programación ____ Fácil instalación ____

7. ¿Qué porcentaje de potencia ayuda a mejorar una ECU reprogramable?

5% ____ 10% ____ 15% ____ 20% ____

8. ¿Recomendaría utilizar una Ecu programable en un vehículo de calle para elevar sus parámetros? ¿Por qué?

3.4. POBLACIÓN

La población seleccionada son 36 pilotos participantes en la 4TA VALIDA DE RALLY NACIONAL Y 3RA VALIDA DE RALLY REGIONAL, que se llevó a cabo en la ciudad de LATACUNGA. Debido a que no todas las categorías usan ECU de competición se tomó en cuenta solamente a los pilotos de las categorías T2, T3, T4 y N4. Además se aplicó la encuesta a dos reconocidos preparadores de vehículos como son el Sr. César Galarza y el Ing. Christian Hidalgo.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 3.1. Paul Zea (Piloto categoría N)

En el **ANEXO B** constan las fotografías y la lista de los pilotos que triunfaron en cada categoría del RALLY NACIONAL y REGIONAL.

3.5. MUESTRA

Cuando la población es finita y menor a 200 sujetos, la encuesta se realiza a toda la población. En este caso la encuesta se aplica a los 36 pilotos que participan en el Rally de Latacunga.

3.6. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS

A continuación se presenta la tabulación de los datos obtenidos con el fin de determinar las cuestiones más relevantes de nuestra investigación.

Tabla 3.3. Tabulación pregunta 1

1. ¿Conoce Ud. acerca de la reprogramación de ECU's?	
SI	NO
83 %	17%

Fuente: Grupo de investigación

Tabla 3.4. Tabulación pregunta 2

2. ¿Qué elemento de potenciación electrónica utiliza en su vehículo?		
Chip potenciado	Ecu reprogramable	Otro
0%	100%	0%

Fuente: Grupo de investigación

Tabla 3.5. Tabulación pregunta 3

3. ¿Qué marca de Ecu reprogramable utiliza Ud.?			
Haltec	Motec	Megasquirt	Electromotive
53%	28%	11%	8%

Fuente: Grupo de investigación

Tabla 3.6. Tabulación pregunta 4

4. ¿Quién realiza la puesta a punto de su vehículo?		
Usted	Especialista	Proveedor de la ECU
12%	84%	4%

Fuente: Grupo de investigación

Tabla 3.7. Tabulación pregunta 5

5. ¿Cómo realiza la puesta a punto de su vehículo?		
Banco de Pruebas	Taller	Pista
19%	34%	47%

Fuente: Grupo de investigación

Tabla 3.8. Tabulación pregunta 6

6. ¿Que busca en un sistema de inyección y encendido programable?		
Fiabilidad	Fácil Programación	Fácil Instalación
60%	40%	0%

Fuente: Grupo de investigación

Tabla 3.9. Tabulación pregunta 7

7. ¿Qué porcentaje de potencia ayuda a mejorar la ECU reprogramable?			
5%	10%	15%	20%
0%	8%	36%	56%

Fuente: Grupo de investigación

Tabla 3.10. Tabulación pregunta 8

8. ¿Recomendaría usar una ECU reprogramable en un vehículo de calle para elevar sus parámetros? ¿Por qué?	
SI	NO
60%	40%

Fuente: Grupo de investigación

3.7. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

Las 36 encuestas se enfocan directamente a los vehículos de competición ya que es el campo con más aplicabilidad para este proyecto. La confiabilidad es del 100% ya que la encuesta se aplicó a todos los pilotos participantes.

3.8. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Una vez aplicadas las encuestas se procede con la tabulación de datos, con el fin de determinar aspectos que contribuyan con el desarrollo de este proyecto.

La tabulación se realizó ingresando los datos de forma manual a una hoja electrónica de EXCEL, en donde el cálculo se realizó automáticamente.

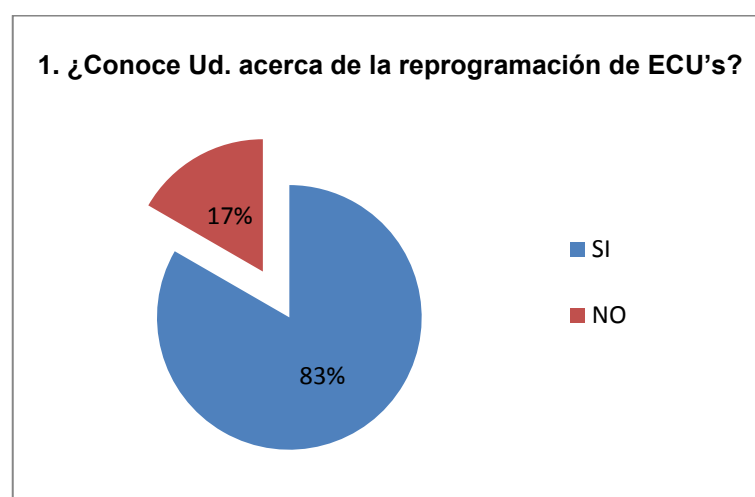
3.8.1. INFORME GERENCIAL

Con los datos obtenidos mediante la aplicación de las encuestas, se encontraron los siguientes hallazgos con los que se genera el presente informe gerencial.

La encuesta es una fuente importante en esta investigación ya que la opinión de profesionales es valiosa y equivale a dar un toque de experiencia en el aprendizaje. A demás son los pilotos los que están al día en la busca de mejoras para ganar más potencia en los vehículos ya que en gran parte son ellos los preparadores de sus mismos vehículos.

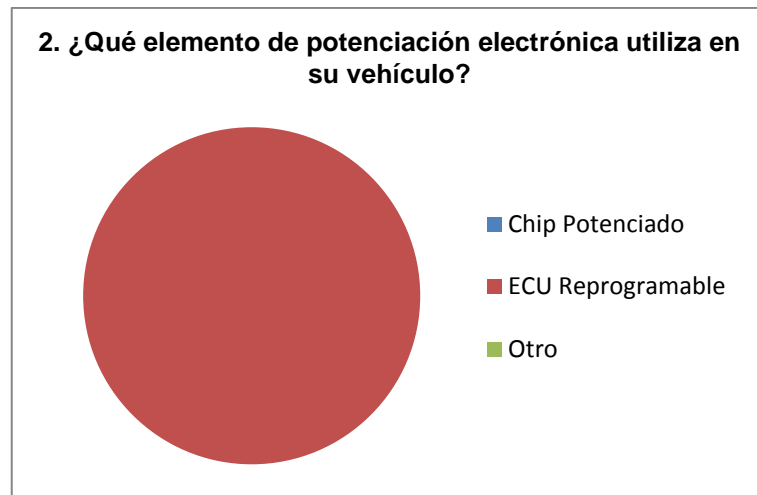
A continuación se detalla los resultados de la encuesta, así como también las conclusiones y recomendaciones a las cuales se ha llegado con el presente estudio.

El 83% de los encuestados conocen acerca de la reprogramación de ECU's, mientras que el 17% desconoce este tema.



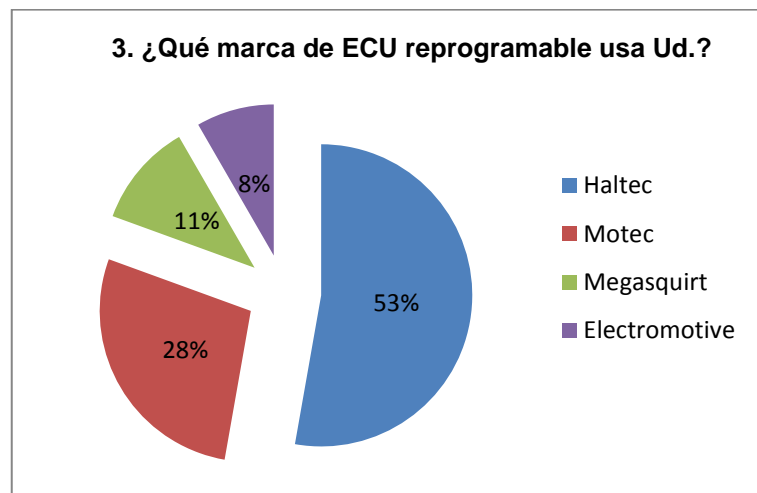
Fuente: Grupo de investigación
Figura 3.2. Pregunta N° 1

El 100% de los encuestados utiliza una ECU programable en su vehículo, como elemento indispensable en la repotenciación.



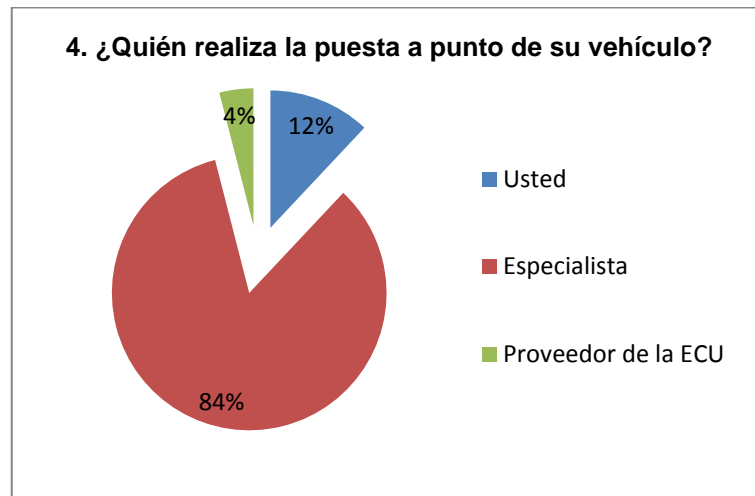
Fuente: Grupo de investigación
Figura 3.3. Pregunta N° 2

El 53% utiliza en su vehículo una ECU marca Haltec, el 28% prefiere utilizar una ECU marca MOTEC, el 11% utiliza la marca MEGASQUIRT, y un 8% utiliza una ECU marca Electromotive.



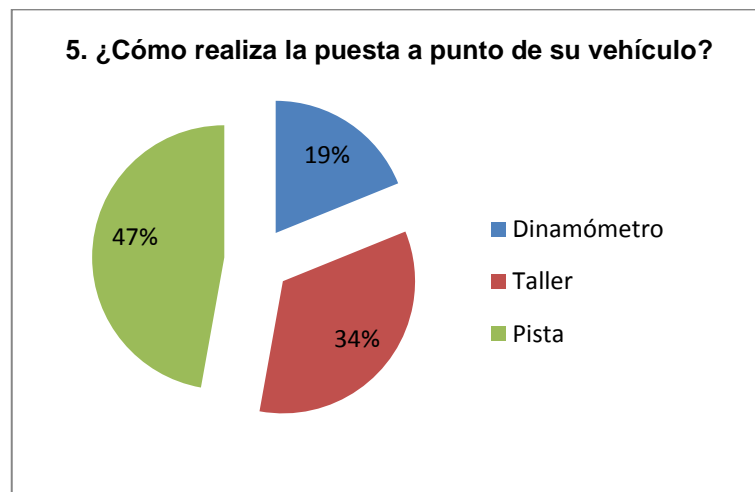
Fuente: Grupo de investigación
Figura 3.4. Pregunta N° 3

EL 84% de los encuestados pone a punto a su vehículo con ayuda de un especialista, el 12% lo realiza personalmente y el 4% lo realiza el mismo proveedor de la ECU.



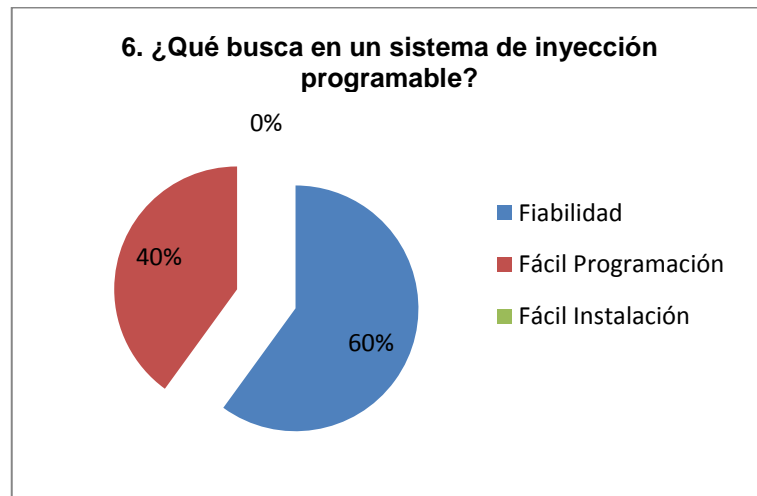
Fuente: Grupo de investigación
Figura 3.5. Pregunta N° 4

El 47% de los encuestados realizan la puesta a punto de su vehículo en la pista en que se va a llevar a cabo la competencia, mientras el 34% lo realizan en el taller, y el 19% de encuestado lo hacen con ayuda del banco de pruebas (dinamómetro).



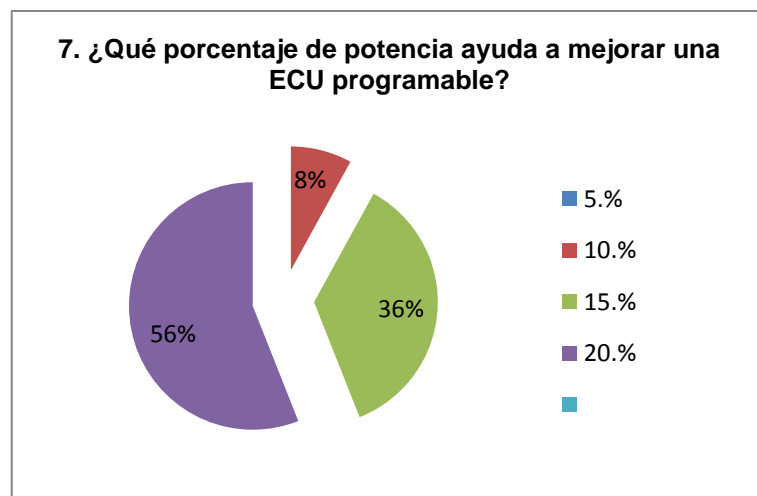
Fuente: Grupo de investigación
Figura 3.6. Pregunta N° 5

El 60 % de los encuestados buscan la fiabilidad en un sistema de inyección programable, mientras que el 40% buscan facilidad de programación, teniendo también un 0% en la opción de facilidad de instalación.



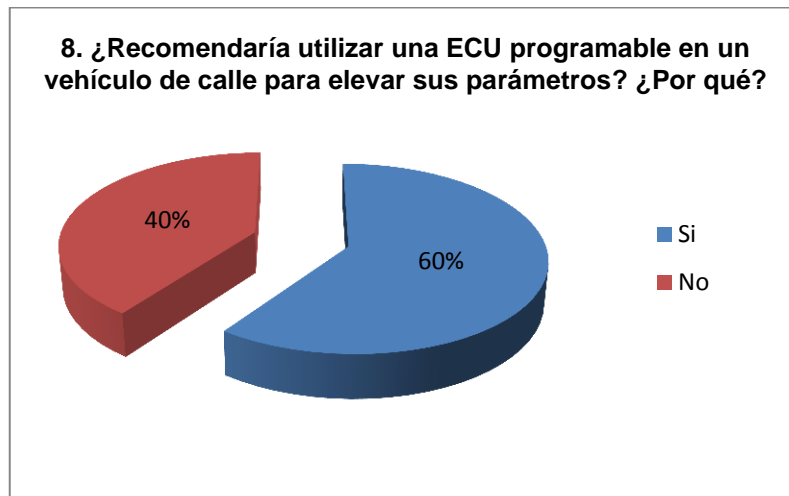
Fuente: Grupo de investigación
Figura 3.7. Pregunta N° 6

El 56% de los encuestados opinó que la ECU reprogramable mejora la potencia en un 20% o más, el 36% dijo que aumenta un 15%, el 8% dijo que aumenta su potencia un 10%.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 3.8. Pregunta N° 7

El 60 % de los encuestados recomienda el uso de la ECU reprogramable en un vehículo de calle, mientras que el 40% manifestó que no es recomendable. Entre las razones positivas tenemos que se elevaría la potencia del vehículo y se podría iniciar en competencias donde no se requiere que el vehículo sea modificado como ¼ de milla. Entre las negativas tenemos que el grado de contaminación tendería a aumentar.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 3.9. Pregunta N° 8

3.8.2. CONCLUSIONES

- En el mundo del automovilismo específicamente modalidad RALLY, se conoce acerca de la reprogramación de ECU's, siendo su aliado para incrementar la potencia del vehículo.
- En la mayoría de encuestados la reprogramación de la ECU la realiza un especialista el cual cuenta con experiencia para la instalación y mapeo de la misma, sin embargo no se puede dejar de lado la experiencia del piloto que analiza al vehículo y de acuerdo a su criterio, colabora con el mapeo.
- Cuando la ECU se encuentra instalada y con el mapeo básico, se procede con la puesta a punto la cual la mayoría de pilotos lo realizan en pista, para calibrar parámetros según el área de competencia, adicional no se puede dejar de lado la puesta a punto en el taller, la cual también se hace en el dinamómetro, para monitorear las curvas de potencia y torque.
- Cuando se busca un elemento que ayude en el rendimiento del vehículo lo que se busca es la fiabilidad, mas no facilidad tanto de programación como de instalación, ya que si es fiable se debe

contratar al especialista que asegure un buen funcionamiento del elemento.

- Gran cantidad de pilotos recomiendan la utilización de una ECU reprogramable en un vehículo de calle, para aprovechar al máximo los parámetros que el fabricante limita.

3.8.3. RECOMENDACIONES

- Profundizar el estudio de sistemas de inyección programables, realizando la implementación de la ECU reprogramable en un vehículo Estándar.
- Comprobar la factibilidad de la implementación de una ECU programable para elevar la potencia del vehículo, sin colocar elementos mecánicos.
- Elaborar mapeos básicos y comprobar el rendimiento del vehículo con diferentes mapas.

CAPÍTULO 4

4. ESQUEMA DE LA PROPUESTA

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

El desarrollo del proyecto de investigación permitirá elevar los parámetros característicos (Torque y Potencia), del vehículo Corsa Evolution 1.4l, mediante la implementación de una ECU programable.

La ECU seleccionada es MEGASQUIRT, se conectará en paralelo con la ECU original del vehículo, para no perder sistemas como: inmovilizador, luz MIL entre otros.

El cambio de control de una ECU a otra se realizará mediante un interruptor de control y se lo podrá accionar en el vehículo tanto en movimiento como estacionado.

Para el funcionamiento de Megasquirt se tomará las señales de los sensores del vehículo (CKP, IAT, ECT, TPS, EGO) y se controla los actuadores (inyectores y bobinas de encendido).

Los parámetros de inyección de combustible y tiempo de encendido así como corte de revoluciones se podrán modificar en tiempo real desde un computador portátil conectado a Megasquirt mediante un cable adaptador USB/Serial. El software que se utilizará es MEGATUNE.

Se instalará también un sensor de oxígeno de banda ancha, el cual monitorea la relación aire-combustible en tiempo real, así se podrá saber cómo se está realizando la combustión de la mezcla en el interior del motor, de acuerdo a esta información se aumenta o disminuye el combustible. Finalmente se realizará pruebas de Torque y Potencia en el dinamómetro de la Universidad de las Fuerzas Armadas de ESPE-EL, para comprobar los resultados que se espera obtener.

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO

El vehículo en el que se va a desarrollar el proyecto es el CORSA EVOLUTION 1.4 L., el cual tiene las siguientes características:

Tabla 4.1. Especificaciones del Corsa Evolution 1.4 L

TIPO	C14NE SOCH
CILINDRADA	1389 cc
N. DE CILINDROS	4 EN LÍNEA
N. DE VÁLVULAS	8
DIÁMETRO X CARRERA	77.6 X 73.4 mm
POTENCIA NETA (DIN)	84 HP A 6000 RPM
TORQUE NETO (DIN)	11.6 KG.M A 3000 RPM
RELACIÓN DE COMPRESIÓN	9.5:1
ALIMENTACIÓN	M.P.F.I.
MODELO	2007

Fuente: Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.1. Corsa Evolution 1.4L

4.3. SELECCIÓN DE COMPONENTES

Para elevar los parámetros del vehículo estándar se utilizará una ECU reprogramable y un sensor de oxígeno de banda ancha (wide-band). La selección se realiza mediante el análisis de las ECU's más utilizadas en competición en el mercado nacional, según los resultados obtenidos en la encuesta estas son: Motec, Haltec, Electromotive y Megasquirt.

4.3.1. SELECCIÓN ECU PROGRAMABLE

De acuerdo al análisis realizado en el Capítulo 2, para elevar los parámetros del vehículo estándar se utilizará una ECU reprogramable MEGASQUIRT a continuación se detalla las comparaciones entre los diferentes tipos de ECU's programables:

Tabla 4.2. Selección de ECU programable

	Fiabilidad	Software	Instalación en paralelo	Costo
HALTECH	Muy Buena	Requiere Conocimientos	Si	\$1844
MOTEC	Muy Buena	Requiere Conocimientos	Si	\$2275
ELECTROMOTIVE	Buena	Sencillo de Utilizar	Si	\$1495
MEGASQUIRT	Muy Buena	Sencillo de Utilizar	Si	\$837

Fuente: Grupo de investigación

La selección de la ECU se realiza tomando en cuenta las características que se exponen a continuación.

a. Fiabilidad

Lo que se busca en sistema de inyección y encendido programable es la fiabilidad del mismo, ya que su funcionamiento debe ser óptimo durante cualquier condición de trabajo.

En competición los vehículos experimentan temperaturas elevadas, saltos bruscos, humedad, además de otros factores adversos. Con Megasquirt el buen funcionamiento del vehículo queda garantizado, ya que ha sido probada en vehículos de competencia así como en vehículos de uso particular, obteniéndose resultados exitosos.

b. Software

Otro factor a tomar en cuenta en la selección del sistema reprogramable, es el software que se utiliza para su programación. Este debe tener una interface gráfica sencilla de utilizar, con indicadores de señal de los sensores para saber en qué estado se encuentra el motor. El software que se utiliza para Megasquirt se denomina Megatune, el cual ha sido diseñado para que pueda ser utilizado por cualquier persona, así esta no tenga mucho conocimiento sobre el tema, su interface sencilla y amigable brinda la mejor ayuda para que la programación sea un éxito.

c. Instalación

La instalación es sencilla, este tipo de ECU's generalmente se utilizan para reemplazar totalmente la ECU del vehículo, pero también se puede realizar una instalación en paralelo, es decir que el vehículo funcione con las dos ECU's, obteniendo así un sistema completo de inyección y encendido. Megasquirt incluye el conector y arnés con los cables señalados para facilitar la instalación.

d. Costo

El costo de Megasquirt es bajo, ya que es un proyecto abierto, es decir, las mejoras las realizan los mismos usuarios, adicional es una ECU didáctica donde se puede interactuar con personas interesadas en el tema y en foros se debate la buena o mala puesta a punto. Megasquirt tiene varias versiones, pero la más utilizada desde sus inicios y por lo

tanto la seleccionada para el desarrollo de este proyecto es la MS1Extra, esta permite controlar inyección y encendido.

4.3.2. SELECCIÓN SENSOR DE OXÍGENO BANDA ANCHA

El sensor de oxígeno de banda ancha es el mejor amigo de los programadores, ya que es una gran ayuda conocer con exactitud la proporción de la mezcla que se está realizando en el motor.

Además el valor de medición es de 0V a 5V, en un sensor normal la señal varía entre 0.5V y 1.5V. Por lo tanto la gran precisión hace de este elemento parte fundamental para la puesta a punto del vehículo.

Tabla 4.3. Selección de sensor de Oxígeno de banda ancha

	SENSOR	SALIDAS ANALÓGICAS	CONEXIÓN SERIAL	CALIBRACIÓN AIRE LIBRE	COSTO
MTX-L	BOSCH LSU 4.2	2	SI	SI	\$199
AEM	BOSCH LSU 4.2	1	SI	NO	\$220

Fuente: Grupo de investigación

Las dos marcas de medidores aire/combustible son mundialmente conocidas y utilizadas en el campo de la potenciación de vehículos, como se puede observar en la **Tabla 4.3**, utilizan un sensor Bosch lsu 4.2, es decir, ambos ofrecen gran fiabilidad y precisión, la diferencia de costo entre los dos no es muy significativa.

Debido a que en el vehículo se va a trabajar con las dos computadoras (original y reprogramable) se requieren dos salidas analógicas, es por esta razón que se decide utilizar el MTX-L de INNOVATE MOTORSPORTS.

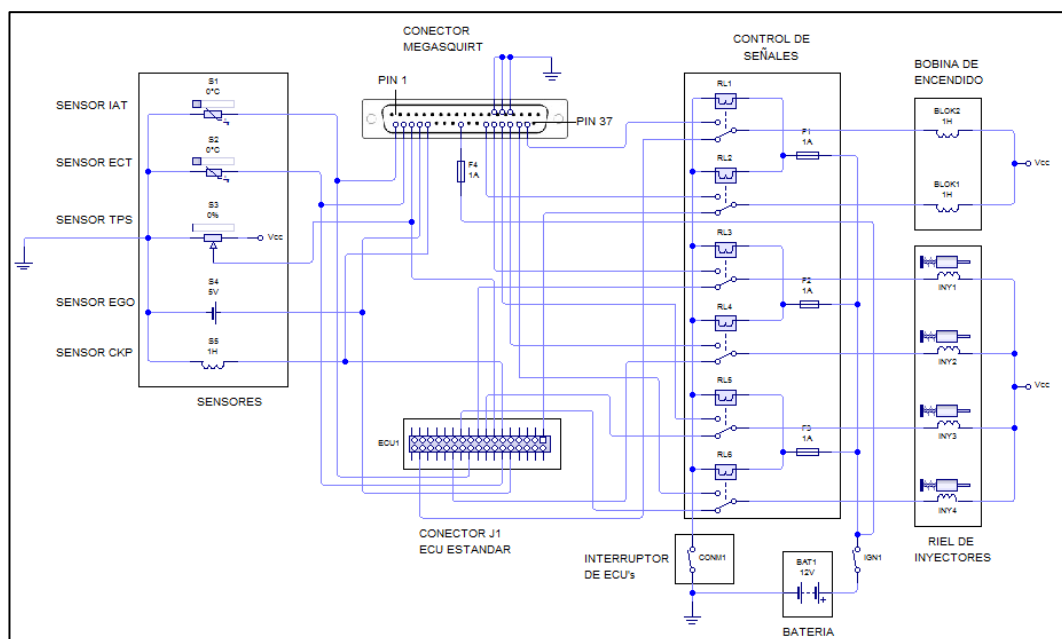
4.4. MONTAJE DE MEGASQUIRT EN EL VEHÍCULO

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

- No suspender el sistema inmovilizador original del vehículo.
- No suspender la luz MIL y otros indicadores.
- El vehículo puede funcionar con las dos ECU's de acuerdo a las circunstancias que se encuentre (ciudad o carretera).
- El vehículo se mantenga dentro de los parámetros de contaminación reglamentarios.

4.4.1. ESQUEMA ELÉCTRICO

La instalación de Megasquirt se lleva a cabo de acuerdo al esquema eléctrico que se presenta en la **Figura 4.2**, en este se representan los conectores tanto de Megasquirt como de la ECU estándar, los sensores, inyectores y bobina de encendido.

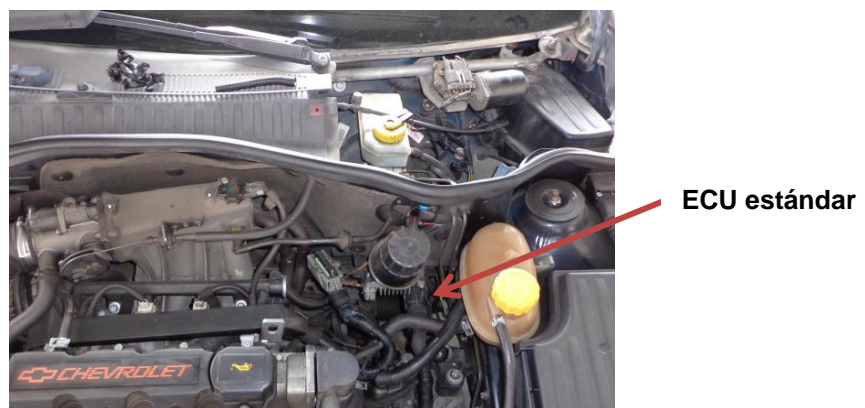


Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.2. Conexión Megasquirt

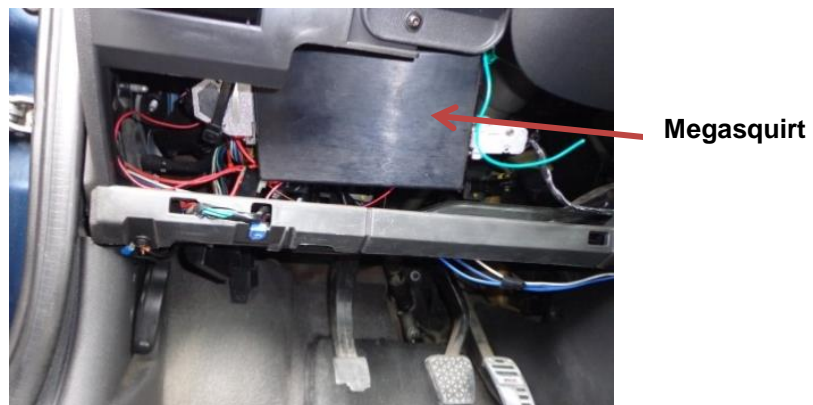
Este esquema es una guía fundamental para comprender el funcionamiento en paralelo de las dos ECU's.

4.4.2. UBICACIÓN

Megasquirt se ubica en el habitáculo del conductor, bajo el tablero, debido a la facilidad de instalación del cableado y la cercanía con la ECU estándar del vehículo.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.3. Ubicación ECU estándar

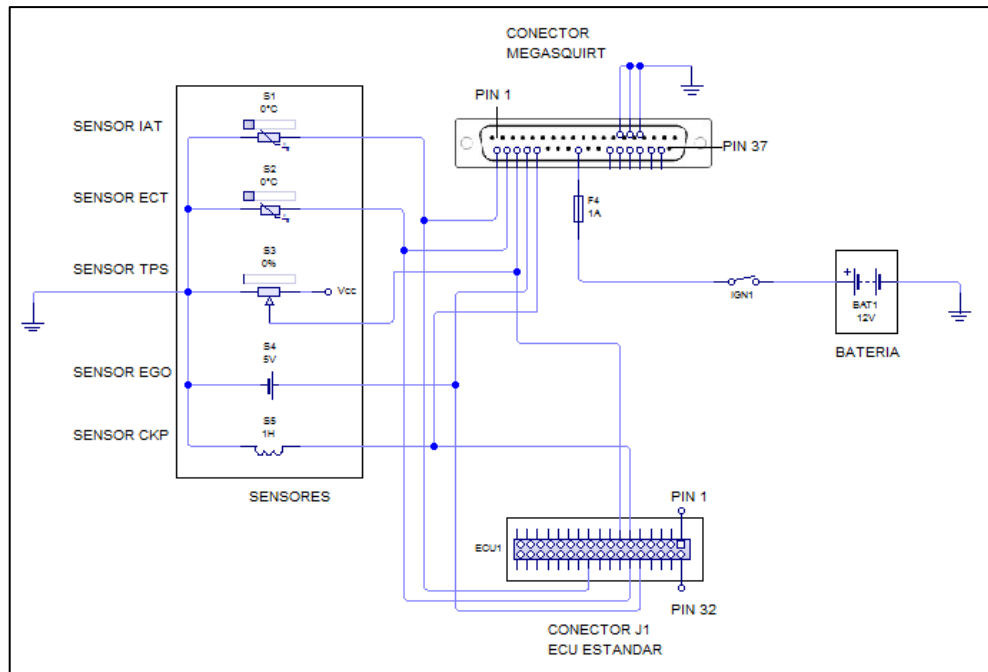


Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.4. Ubicación Megasquirt

4.4.3. CONEXIÓN DE LOS SENSORES

Los sensores son los encargados de enviar las distintas señales a la ECU acerca del estado de funcionamiento del motor, Megasquirt de igual

manera necesita estas señales para optimizar la cantidad de combustible que requiere el motor en las distintas condiciones de carga, temperatura, etc.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.5. Conexión de los sensores

La toma de señales de los sensores se realiza como se muestra en la **Figura 4.5**, el procedimiento se detalla a continuación.

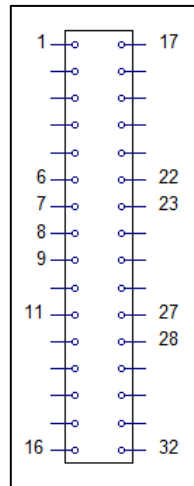
a. Identificación de los cables de señal en la ECU estándar

La ECU del vehículo controla el voltaje de alimentación, de señal y masa de cada sensor, para Megasquirt se tomara únicamente el voltaje de señal de los sensores requeridos.

Para identificar los cables de señal de los sensores, se basa en el esquema eléctrico de la unidad de control, el mismo que se halla en el manual de taller del vehículo. **ANEXO A**.

La ECU del vehículo cuenta con dos conectores denominados J1 y J2, de acuerdo al esquema eléctrico todos los cables de señal necesarios se

encuentran en el conector J1, por lo que este será el único que se desconecte.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.6. Esquema del Conector J1

El conector J1 está conformado por 32 terminales, dispuestos en dos filas de 16. A continuación se detallan los terminales que se utilizan en la conexión.

Tabla 4.4. Terminales Conector J1

Numero de terminal	Señal
1	Bobina de encendido (cilindro 1 y 4)
6	Sensor de posición del cigüeñal (CKP)
7	Sensor de posición del acelerador (TPS)
8	Inyector del cilindro 3
9	Inyector del cilindro 1
11	Inyector del cilindro 4
17	Bobina de encendido (cilindro 2 y 3)
22	Inyector del cilindro 2
23	Señal temperatura del aire de admisión (IAT)
27	Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)
28	Sensor de oxígeno (EGO)

Fuente: Grupo de Investigación

Se desmonta el conector J1 de acuerdo al manual de taller del vehículo.



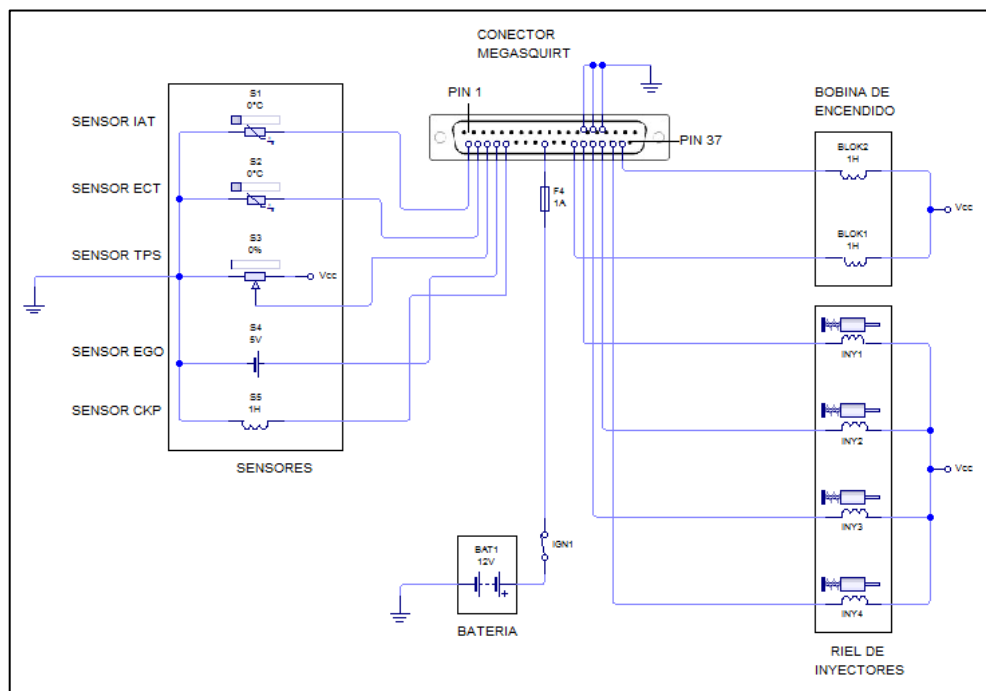
Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.7. Desmontaje del conector J1 de la Unidad de Control

Una vez desmontado y desarmado el conector J1, se identifican los terminales y por consiguiente los cables que se van a empalmar con los de Megasquirt.

Para mayor seguridad se recomienda comprobar continuidad en los cables de señal.

b. Ubicación del arnés de Megasquirt

El conector de Megasquirt es un db37 y el cableado tiene la siguiente disposición:



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.8. Conexión terminal db37 ms1 extra

La **Figura 4.8** representa la conexión de megasquirt si esta se instala de forma independiente, es decir reemplazando a la ECU original.

Este esquema servirá de guía para ubicar los cables de manera correcta, a continuación de muestra la distribución de pines del conector serial db37 y los terminales que se utilizan.

Tabla 4.5. Terminales del conector de Megasquirt

Número de Terminal	Función
14, 15, 16	Masa
20	Temperatura del Múltiple de Admisión (MAT)
21	Temperatura del Refrigerante (CLT)
22	Posición de la Mariposa de Aceleración (TPS)
23	Sensor de Oxígeno (Wideband output)
24	Posición del Cigüeñal (CKP)
28	Alimentación de la Megasquirt (12V)
31	Señal de salida para la bobina 1 (Cilindros 1 – 4)
32, 33	Señal de inyección (Cilindros 1 – 4)
34, 35	Señal de inyección (Cilindros 2 – 3)
36	Señal de salida para la bobina 2 (Cilindros 2 – 3)

Fuente: Grupo de investigación

El arnés viene con los cables señalados de acuerdo a la utilidad que van a tener. Así se facilita la conexión una vez que ya está ubicado.



Fuente: DIYAutoTune

Figura 4.9. Arnés y conector de Megasquirt

El arnés se ubica entre el habitáculo del conductor y del motor, atravesando la carrocería. Se aprovecha un conducto existente y no se realizan perforaciones adicionales.



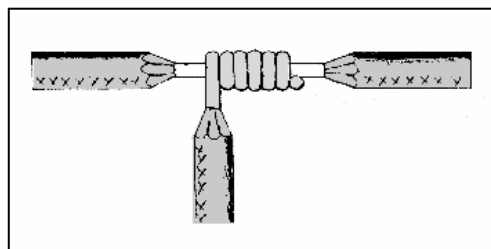
Arnés de Megasquirt

Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.10. Ubicación del arnés de Megasquirt

c. Empalme del cableado

Teniendo el conector de la ECU desarmado e identificados los distintos cables de señal de los sensores y el arnés de Megasquirt colocado se procede a realizar el empalme de los mismos.

La señal servirá para la ECU estándar como para Megasquirt, así que se procederá a realizar un empalme de derivación simple en los cables de señal de los sensores, como se indica en la **Figura 4.11**.



Fuente: Pradaelectricos.blogspot
Figura 4.11. Empalme en "t" o derivación simple

El voltaje de alimentación de Megasquirt se toma del interruptor de encendido, además se coloca un fusible de 20A para proteger a

Megasquirt en caso que se produzca un cortocircuito o exceso de carga. La toma de masa se la realizara en la carrocería del vehículo.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.12. Conexión del arnés de megasquirt

4.4.4. INTERRUPTOR DE CONTROL DE ECUS

Como ya se ha mencionado la ECU estándar y Megasquirt funcionarán en conjunto, es decir en lugares donde exista mucho tránsito se utilizará la ECU, mientras que en vías donde se pueda aprovechar la potencia extra funcionará Megasquirt.

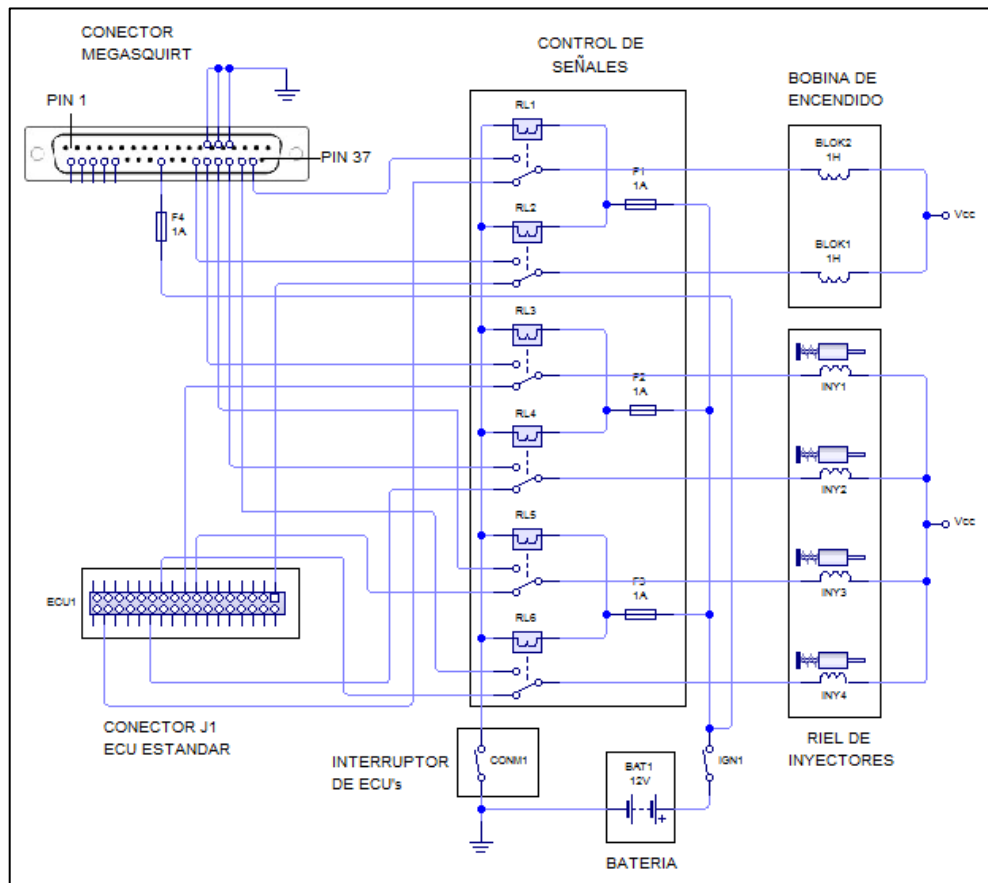
Para esto es necesario que exista un medio por el cual el conductor pueda realizar el cambio de control según le parezca conveniente.

El control se realiza sobre los inyectores y las bobinas de encendido, ya que lo que se va a controlar es la cantidad de combustible inyectado y tiempo de encendido.

Es por esto que se instala un interruptor para realizar la función de conmutador de ECU's.

a. Esquema Eléctrico

Para realizar el cambio de control de una ECU a otra, se utilizará un interruptor el cual controlará la señal de masa que reciben los inyectores y las bobinas, este irá conectado de acuerdo al siguiente circuito.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.13. Conexión del interruptor de control de ECU

Los componentes utilizados para realizar el circuito son los siguientes:

Tabla 4.6. Componentes utilizados

CANTIDAD	ELEMENTO
6	RELÉ
6	PORTA RELÉ
3	FUSIBLES 15-A
3	PORTA FUSIBLES
15 m	CABLE NUMERO 14
1	INTERRUPTOR
2	TAIPE

Fuente: Grupo de investigación

La alimentación de 12V se la tomara del switch de encendido y masa ira conectada a la carrocería del vehículo. Para proteger el circuito se ubicaran fusibles de 15 A, antes de los relés.

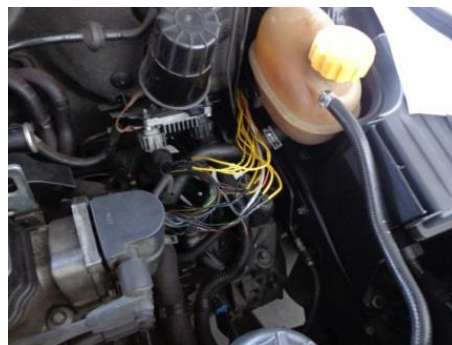
b. Instalación

El cableado va ubicado por el mismo lugar que el arnés de Megasquirt.



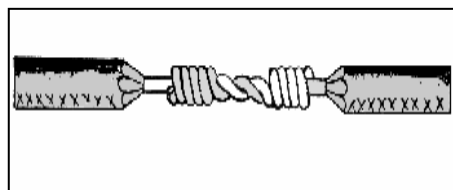
Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.14. Ubicación del cableado

Para identificar los cables de los inyectores y bobinas, nuevamente se toma en cuenta el **ANEXO A**. Una vez hallados los cables se recomienda comprobar continuidad con el multímetro para mayor seguridad.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.15. Empalme del cableado del circuito

Una vez identificados los cables se realiza la conexión, en este caso se realizara un empalme en prolongación.



Fuente: pradaelectricos.blogspot
Figura 4.16. Empalme en prolongación

Los relés y fusibles irán ubicados en la misma posición que Megasquirt, es decir en el habitáculo del conductor bajo el tablero de instrumentos.

Se usaran porta relés y porta fusibles, ya que si algún elemento sufre algún desperfecto se lo puede sustituir fácilmente. Una vez realizadas las conexiones y empalmes se procede a colocar los relés y fusibles en su posición.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.17. Ubicación de relés y fusibles

Finalmente el interruptor ira ubicado cerca de la palanca de cambios, como se indica en la **Figura 4.18**, para que el conductor tenga la facilidad de realizar el cambio en cualquier momento.

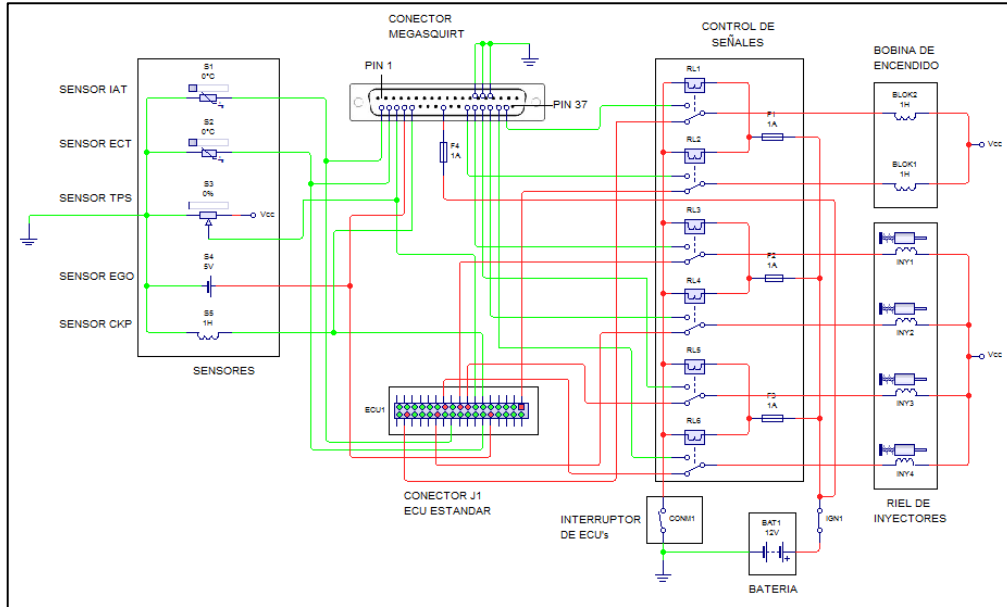


**Interruptor de
cambio de
ECU**

Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.18. Ubicación del interruptor de Control de ECU's

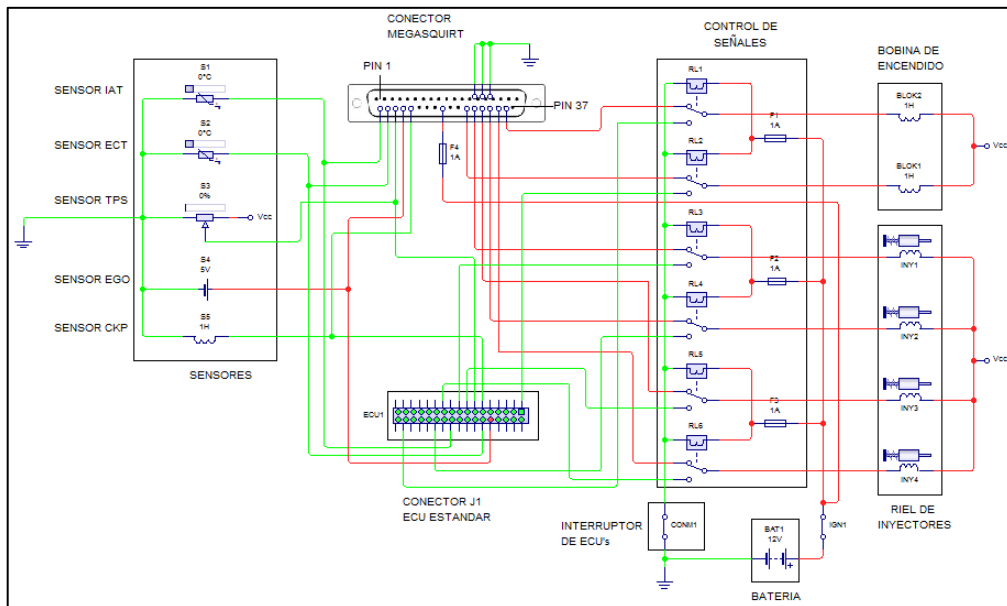
c. Funcionamiento

A continuación se explica el funcionamiento mediante el esquema eléctrico.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.19. Interruptor de Control de ECU's abierto

Con el interruptor de encendido en posición accesorios y el interruptor de control de ECU,s abierto, la señal (color rojo) de la ECU estándar es la que llega a los inyectores y a la bobina.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.20. Interruptor de Control de ECU's cerrado

Con el interruptor de encendido en posición accesorios y el interruptor de control de ECU,s cerrado, la señal (color rojo) de Megasquirt es la que llega a los inyectores y a la bobina.

Este es el funcionamiento del interruptor de control de ECU's, el cual se puede accionar en cualquier circunstancia.

4.4.5. ADECUACIONES ADICIONALES

Además de las señales de los sensores y el interruptor de control de ECU's es necesario realizar dos adecuaciones en el vehículo.

a. Desmontaje del catalizador

El convertidor catalítico (catalizador) es de vital importancia en los vehículos de combustión, ya que sirve para el control y reducción de emisiones contaminantes.

En este proyecto se suspendió temporalmente el catalizador del automóvil debido a que al realizar las pruebas iniciales generalmente no se mantiene una mezcla estequiométrica ideal, es decir, la mezcla será rica o pobre. Al no realizarse una buena combustión los gases residuales pueden afectar la estructura interna del catalizador.



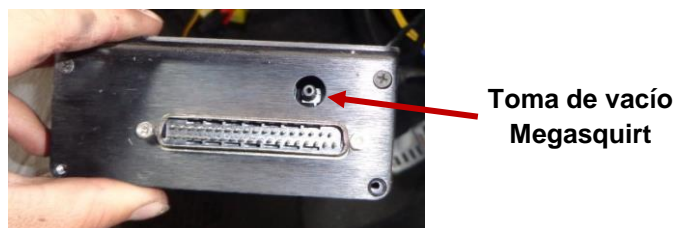
Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.21. Catalizador de Corsa Evolution

El catalizador del modelo Corsa Evolution forma un solo cuerpo con el resto del sistema de escape, por esta razón se lo seccionó y en su lugar se adaptó un tubo de igual diámetro.

El catalizador se volverá a montar una vez finalizadas las pruebas, cuando no corra el riesgo de obstruirse, manteniendo así el nivel de emisiones reglamentario para circular en ciudad.

b. Toma de vacío

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

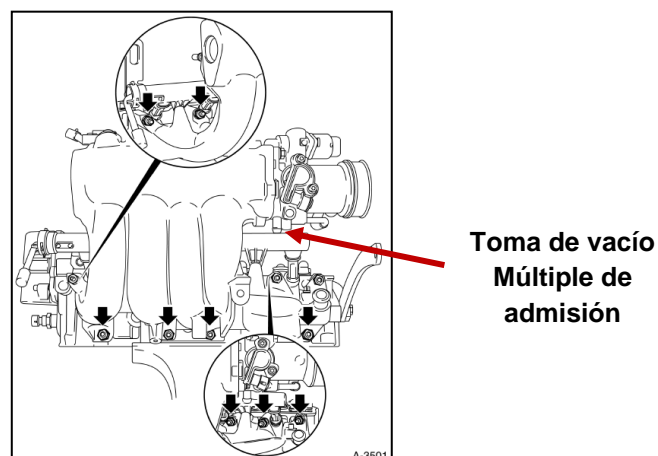


**Toma de vacío
Megasquirt**

Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.22. Toma de vacío de Megasquirt

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

La toma se realiza en el múltiple de admisión, aprovechando una salida que va hacia la válvula del sistema canister, aquí se realizara un bypass, así el vacío servirá tanto para la válvula del sistema canister como para el MAP de Megasquirt.



**Toma de vacío
Múltiple de
admisión**

Fuente: Manual de Taller Corsa Evolution
Figura 4.23. Vista posterior del múltiple de admisión

Bypass en el múltiple de admisión



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.24. Toma de vacío del múltiple de admisión

Para realizar la toma de vacío se utilizará una manguera de aire y se la llevará hacia la ubicación de Megasquirt de igual manera que el arnés. Esta conexión no presenta mayor dificultad, pero es de mucha importancia para la buena calibración del motor.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.25. Manguera de vacío acoplada a Megasquirt

En la **Figura 4.25** se puede observar la manguera de vacío conectada en la toma de Megasquirt.

4.5. INSTALACIÓN DEL SENSOR SE OXÍGENO (WIDE-BAND)

El kit Innovate MTX-L consta de los siguientes componentes:



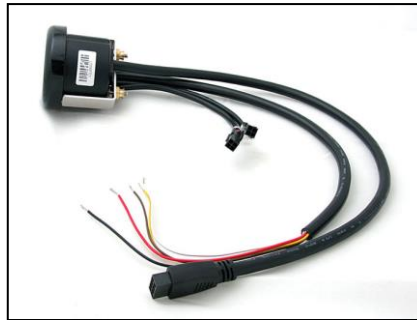
Fuente: innovatemotorsports

Figura 4.26. Kit Innovate MTX-L

- Sensor Bosch LSU4.2
- Reloj indicador (AFR)
- Cable de programación
- CD de instalación

4.5.1. INSTALACIÓN DEL INDICADOR

El reloj indicador debe ubicarse en un lugar visible, ya que aquí se observa la proporción de la mezcla que se esté realizando. La disposición de cables del indicador es la siguiente:



Fuente: Innovatemotorsports
Figura 4.27. Reloj indicador de AFR

- 1.- Conectar el cable **ROJO** a una fuente de 12V.
- 2.- Conectar el cable **NEGRO** a una fuente de tierra. Evitar las fuentes de tierra con ruidos, como tierras utilizadas para radio o ignición.
- 3.- Conectar el cable **BLANCO** a una fuente de alimentación del faro. Esto permite que la pantalla se atenué para una mejor visión nocturna (opcional).
- 4.- Los cables **AMARILLO** y **MARRÓN** pueden ser conectados a las entradas analógicas de otros dispositivos como registradores de datos o ECU's. Las salidas analógicas predeterminadas son las siguientes:
 - Salida analógica 1 (cable amarillo): 0V = 7.35 AFR y 5V = 22.39 AFR
 - Salida analógica 2 (cable marrón): 1.1V = 14 AFR y 0.1V = 15 AFR.

En este caso se conecta el cable marrón al cable de señal de la ECU original y el cable amarillo al cable de señal de la MegaSquirt.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4. 28. Instalación del Reloj indicador de AFR

El sensor original del vehículo consta de un solo cable de señal por lo que no se generan códigos de falla y el vehículo funciona normalmente con la ECU original.

4.5.2. CALIBRACIÓN DE AIRE LIBRE

Una vez realizadas las conexiones eléctricas se procede a realizar la calibración de aire libre del sensor. La calibración se realiza antes de montar el sensor en el ducto de escape y garantiza las lecturas más precisas durante la vida útil del sensor.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.29. Sensor de oxígeno en aire libre

El procedimiento de calibración requiere que el sensor de oxígeno se encuentre en el aire libre, no en los gases de escape. El hecho de que un vehículo no esté en funcionamiento, no quiere decir que el sistema de escape esté libre de gases.

a. Procedimiento

- Con el sensor desconectado, poner la llave en la posición accesorios (contacto). Cuando se aplica energía, los tres dígitos se encenderán y la barra de aguja se recorre una vez por todos los LED's.
- Entonces la luz de estado se ilumina en rojo y el indicador numérico lee "E2". Este es un código de error, que indica que no se detecta ningún sensor. Dejar la unidad encendida durante un mínimo de 30 segundos.
- Colocar la llave en la posición OFF y conectar el sensor de oxígeno mediante el cable proporcionado. Asegurarse de que el sensor está en el aire libre (no en el escape).
- Colocar la llave en posición accesorios (contacto). Una vez más, la pantalla debe 'barrer', pero en lugar de un error, la pantalla mostrará el mensaje "Htr". Esto indica que el sensor se calienta hasta la temperatura de funcionamiento.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.30. Calibración de aire libre

- Después de 30-60 segundos, la pantalla cambia de "Htr" a "CAL", lo que indica que el sensor está siendo calibrado. Unos segundos más tarde, la pantalla comenzará a mostrar AFR. Dado que el sensor está en el aire libre, el medidor mostrará los mensajes en el límite superior 22.4. Una vez realizada esta operación el sensor queda calibrado y listo para ser montado en el orificio del tubo de escape.

Importante: Si se enciende el MTX-L sin un sensor conectado, la calibración será reseteada, por lo que se deberá proceder nuevamente con la calibración.

b. Programa de calibración

Se recomienda volver a calibrar el sensor de acuerdo a la utilidad que vaya a tener:

Normalmente aspirado (conductor diario)

- Calibrar el nuevo sensor antes de la instalación.
- Calibrar el nuevo sensor después de 3 meses de uso.
- A partir de entonces calibrar una vez al año o cada 20.000 km, lo que ocurra primero.

Vehículos con Turbo, conductor diario (mezcla rica)

- Calibrar el nuevo sensor antes de la instalación.
- Calibrar el nuevo sensor después de 3 meses de uso.
- A partir de entonces calibrar dos veces al año o cada 10.000 km, lo que ocurra primero.

Vehículos de competición

- Calibrar el nuevo sensor antes de la instalación.
- Calibrar una vez por carrera.

4.5.3. MONTAJE DEL SENSOR BOSCH LSU4.2

El sensor de oxígeno del vehículo Corsa tiene un roscado M18x1.5, al igual que el sensor de oxígeno de banda ancha, por lo que no se deberá realizar adaptaciones adicionales en el sistema de escape.

Technical Specifications	
Mechanical Data	
Weight w/o wire	120 g
Length	84 mm
Thread	M18x1.5
Wrench size	22 mm
Tightening torque	40 to 60 Nm

Fuente: Boschautoparts

Figura 4.31. Especificaciones técnicas del sensor Bosch lsu4.2

Para desmontar el sensor original se utilizara una copa 13/16" especial para sensores de oxígeno, se recomienda realizar este proceso cuando el motor este frío.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4. 32.Orificio del sensor de oxígeno en el múltiple de escape

Luego de que se ha realizado la calibración de aire libre, se monta el sensor de oxígeno de banda ancha con la misma copa 13/16" especial para sensores de oxígeno. Se recomienda realizar un reajuste luego de una semana de funcionamiento.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.33. Sensor de oxígeno de banda ancha instalado

4.5.4. PROGRAMACIÓN DEL SENSOR DE OXÍGENO

Una vez instalado y calibrado el sensor de oxígeno, se procede a programar las dos salidas analógicas, de acuerdo a los valores de señal que se necesitan tanto para la ECU estándar como para megasquirt. Para esto se utiliza el software LM Programmer incluido en el kit.

a. Comunicación

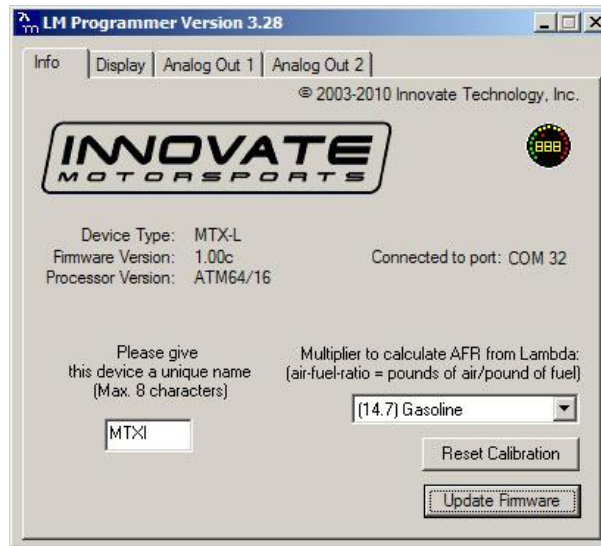
Para empezar a utilizar el programa se debe conectar el cable de comunicación en el conector OUT del MTX-L, si no se tiene puerto serial en la PC se puede utilizar un adaptador serial/USB.

Una vez instalado el programa en la PC y con el interruptor en posición accesorios (contacto), ejecutar el LM Programmer.

b. Selección del tipo de combustible

El MTX-L viene pre-programado para mostrar AFR en la escala de gasolina. Al conectar el medidor a LM Programmer, la configuración del tipo de combustible puede ser programada.

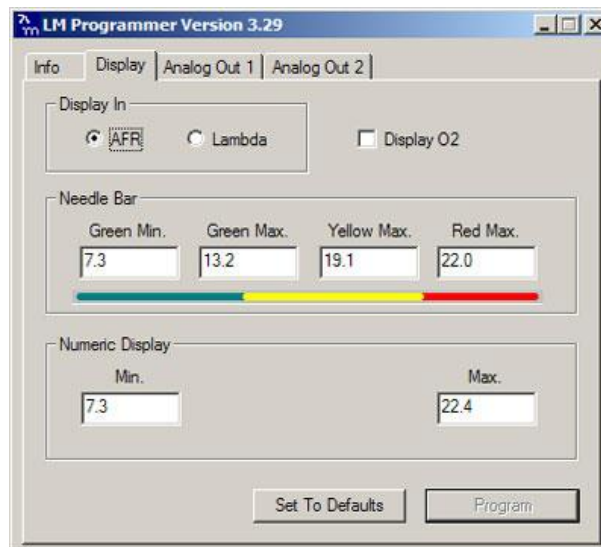
Esta configuración se puede encontrar en la esquina inferior derecha de la pestaña Información del LM Programmer.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.34. Ventana de información inicial

c. Personalización del área de visualización

El MTX-L puede ser configurado para mostrar diferentes rangos tanto en la barra de la aguja y la pantalla numérica. También hay una opción para mostrar lambda o AFR.

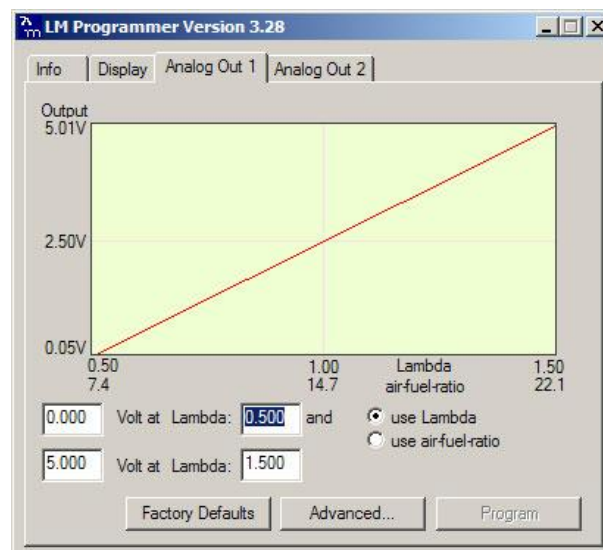


Fuente: Grupo de investigación
Figura 4.35. Ventana de selección de rangos de visualización

Por último, el indicador se puede configurar para mostrar el porcentaje de oxígeno una vez que las lecturas van más allá de 7 lambda.

d. Salidas analógicas

Aquí se muestran las tensiones de salida analógicas frente a lambda para cada una de las dos salidas analógicas. La escala del gráfico se regula automáticamente de acuerdo a los voltajes seleccionados. Para cada salida se pueden especificar un valor lambda mínima y máxima y las tensiones asociadas.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.36. Ventana de configuración salida analógica 1

La salida analógica 1 está programada para la salida entre 0V para un AFR de 7,35 (gasolina) y 5.0V para un AFR de 22.39. La salida analógica 2 simula un típico sensor de oxígeno de banda estrecha. La configuración es 1,1V para un AFR de 14 y 0,1V para un AFR de 15. Otras curvas, por supuesto, son fácilmente programables.

CAPÍTULO 5

5. PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS

5.1. INTERFACE GRÁFICA

La interface que se utiliza para programar Megasquirt se denomina Megatune, el cual se lo puede descargar del sitio web www.msextra.com gratuitamente. MegaTune 2.25 es el editor de configuración para MegaSquirt diseñado por Eric Fahlgren.

Permite que todos los parámetros de ajuste y configuración sean modificados y tiene un editor de tablas de VE en tiempo real, que permiten a un pasajero del vehículo afinar el motor durante la conducción.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.1. Pantalla principal de Megatune

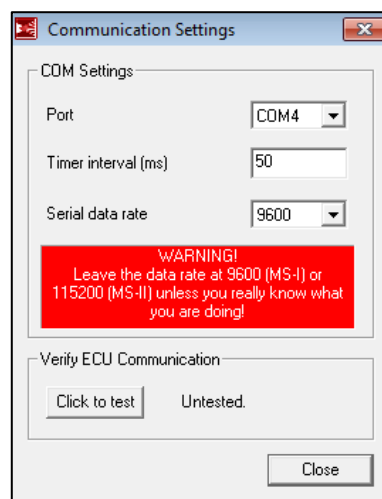
La programación de Megasquirt se realiza mediante cuadros de valores o mapas, antes de encender el vehículo es necesario ingresar una calibración previa, ya que si se lo realiza el vehículo no encenderá.

El camino para una buena calibración empieza logrando que el vehículo encienda y se mantenga estable a bajas revoluciones, es decir, en ralentí. Logrado este objetivo el siguiente paso es tratar de que el vehículo funcione normalmente en cualquier condición de circulación y finalmente se puede empezar las mejoras de rendimiento, ya sea tanto en carretera como en el dinamómetro.

5.2. COMUNICACIÓN

Para iniciar con la programación se conecta el cable adaptador serial/USB en el puerto serial de Megasquirt y en cualquier puerto USB del Computador portátil en el que se encuentre instalado el programa Megatune.

Antes de empezar a usar el programa es necesario configurar el nuevo hardware, así que al iniciar Megatune se selecciona la opción Communication Setting, la misma que se encuentra en la barra de menú.



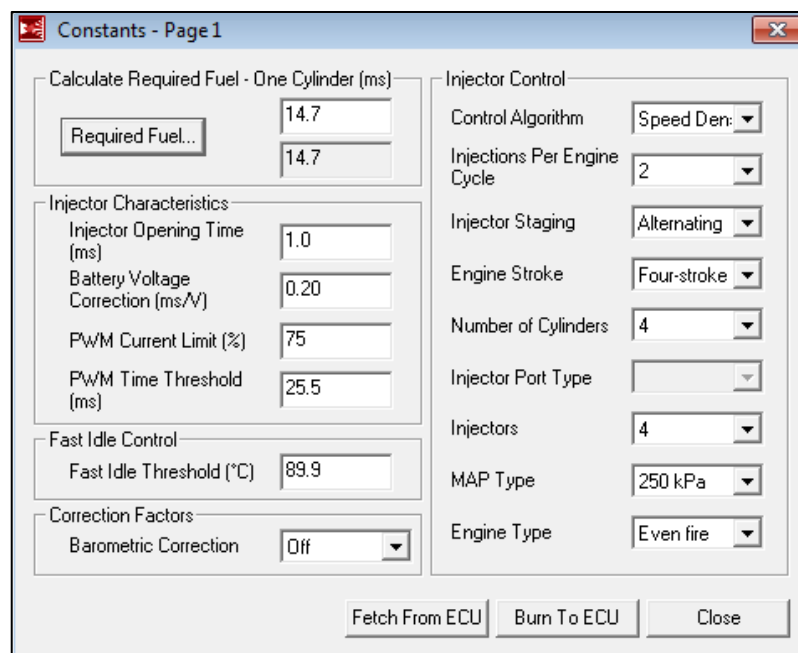
Fuente: Grupo de investigación
Figura 5. 2. Configuración de Comunicación

El puerto seleccionado es el número 4, la opción Time Interval es la velocidad a la cual trabaja la comunicación, se selecciona 50 ms ya que es la velocidad adecuada para la versión de Megasquirt con la que se cuenta. En serial data rate seleccionar la opción 9600.

Luego pulsar sobre la opción “Clic to test”, esto para que se verifique la conexión con Megasquirt y automáticamente se puede empezar con la programación.

5.3. AJUSTE DE CONSTANTES

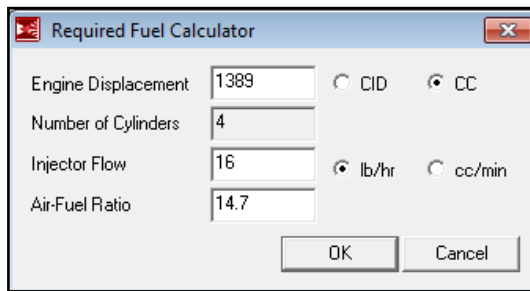
Antes de intentar arrancar el motor con Megasquirt en funcionamiento, se tiene que configurar una serie de parámetros que determinan cómo Megasquirt inyecta combustible. Estos incluyen el tiempo de apertura del inyector, REQ_FUEL, los criterios de control de inyección, los criterios de PWM, características EGO, etc.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.3. Ajuste de constantes

5.3.1. COMBUSTIBLE REQUERIDO

Es un calculador el cual ayuda a establecer la anchura de pulso del inyector, en milisegundos, requerida para suministrar el combustible para un solo evento de inyección para que la combustión sea estequiométrica y se obtenga el 100% de eficiencia volumétrica.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.4. Cálculo de Combustible Requerido

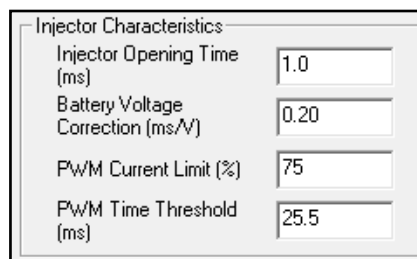
Tabla 5.1. Datos para el cálculo de combustible requerido

Cilindrada	1389 cc
Número de cilindros	4
Caudal de inyectores	16 lb/hr
Relacion Aire – Combustible	14.7: 1

Fuente: Grupo de investigación

5.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL INYECTOR

Las características del inyector dependen de la impedancia del mismo, los inyectores del vehículo Corsa Evolution son de alta impedancia.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.5. Características del Inyector

a. Tiempo de apertura del inyector (ms)

Es el tiempo requerido para que el inyector pueda pasar de un estado completamente cerrado a un estado completamente abierto cuando se aplica una señal de 13,2 voltios. Dado que los inyectores de combustible son dispositivos electro-mecánicos con masa, tienen latencia entre el momento en que se aplica una señal y el tiempo que están en el modo de

pulverización en estado estacionario. Normalmente, este valor está muy cerca de 1.0 ms, entonces el ancho de pulso se incrementará de 1ms a 1ms en cada aceleración.

b. Corrección de la tensión de la Batería (ms/V)

Es el número de milisegundos que la ECU añade a cada pulso de inyección de combustible para compensar la apertura más lenta de los inyectores con tensiones de alimentación más bajas. Generalmente 0.10 ms/V o 0,2 ms/V.

c. Ajuste de PWM

Para afinar el PWM (modulación de ancho de pulso), se necesita saber si los inyectores son de alta o baja impedancia.

Los inyectores de alta impedancia pueden funcionar con 12 voltios y sin problemas. Inyectores de baja impedancia requieren alguna forma de limitación de la corriente. La ECU tiene modulación de ancho de pulso para limitar la corriente. Es necesario configurar los parámetros de PWM para que coincida con los inyectores.

La configuración para inyectores de alta impedancia es la siguiente:

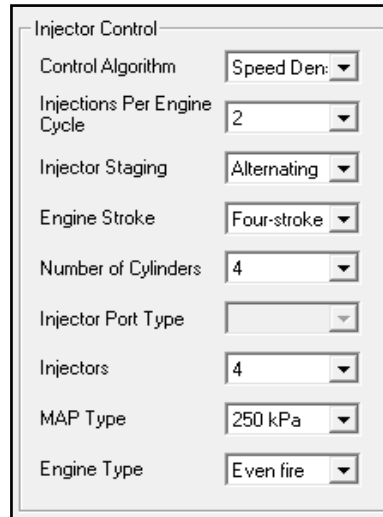
- **PWM Time Threshold:** 25,5 ms
- **PWM Current Limit (%):** (70% a 100%)

5.3.3. CONTROL DEL INYECTOR

a. Algoritmo de Control

Se selecciona que parámetro se va a utilizar para realizar el cálculo de la cantidad de combustible, se puede escoger (**Speed Density**) para utilizar el MAP o (**Alpha-N**) para utilizar el TPS es decir la posición del pedal de aceleración.

En este caso se selecciona Speed Density, ya que es más preciso el cálculo trabajando en base a la carga del motor.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5. 6. Características del Inyector

b. Inyecciones por ciclo del motor

Este es el número de veces por ciclo del motor (2 revoluciones para un motor de 4 tiempos) que MegaSquirt envía señal a los inyectores . A continuación se muestra la cantidad de chorros que se pueden seleccionar de acuerdo al número de cilindros que tiene el motor.

		Número de cilindros									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	
Número de chorros	1	Bueno	<i>Sólo simultánea</i>	<i>Sólo simultánea</i>	<i>Sólo simultánea</i>	<i>Sólo simultánea</i>	<i>Sólo simultánea</i>	<i>Sólo simultánea</i>	<i>Sólo simultánea</i>	<i>Sólo simultánea</i>	
	2	no	Bueno	no	Bueno	no	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	
	3	no	no	<i>Sólo simultánea</i>	no	no	<i>Sólo simultánea</i>	no	no	<i>Sólo simultánea</i>	
	4	no	no	no	Bueno	no	no	Bueno	no	Bueno	
	5	no	no	no	no	<i>Sólo simultánea</i>	no	no	<i>Sólo simultánea</i>	no	
	6	no	no	no	no	no	Bueno	no	no	Bueno	
	7	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	
	8	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	Bueno	<i>no</i>	<i>no</i>	
	9	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	
	10	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	Bueno	<i>no</i>	
	11	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	
	12	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	Bueno	

Fuente: msextra
Figura 5. 7. Combinaciones de número de chorros por ciclo del motor

En este caso se selecciona 2 chorros por cada ciclo del motor.

c. Tipo de Inyección

Indicar que tipo de inyección se quiere Simultánea (**Simultaneous**), o Semisecuencial (**Alternating**). Se selecciona Alternating, es decir los inyectores se activaran de dos en dos.

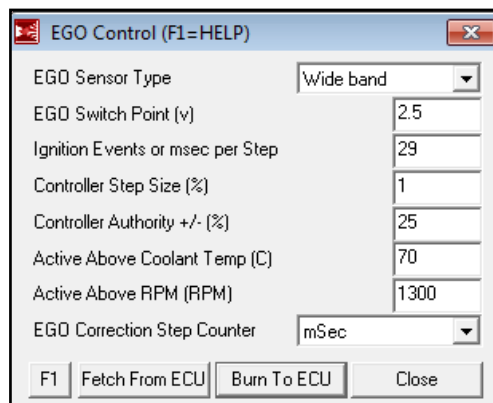
d. Engine Stroke

Número de tiempos del motor, en este caso cuatro tiempos. MegaSquirt utiliza este parámetro para determinar cuántos grados se cumplen en un ciclo del motor. Otras características necesarias acerca del motor son:

- **Number of Cylinders:** Número de cilindros del motor, en este caso cuatro.
- **Injectors:** Número de inyectores que controlara Megasquirt, en este caso cuatro.
- **MAP Type:** Megasquirt msextra1 trae integrado un sensor MAP de 250 kPa.

5.3.4. CONFIGURACIÓN DE GASES DE ESCAPE

Estos parámetros se utilizan para controlar las correcciones que realiza el sensor de oxígeno de banda ancha.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.8. EGO Control

a. EGO Sensor Type

Selección del tipo de sensor de oxígeno que se instala en el vehículo, en este caso se instaló un sensor de banda ancha (wideband)

b. EGO Switch Point (v)

Esta es la tensión que indica a Megasquirt que la combustión es estequiométrica. Para Narrowband (0.4 a 0.5), y para Wideband (2.5)

c. Ignition Events per Step

Este ajuste determina la frecuencia con que se ejecuta la corrección de lazo cerrado. Es el número de eventos de encendido por corrección. Se recomienda los siguientes valores:

- 4 cilindros asumir 3500rpm crucero, Eventos por Paso a: 29
- 6 cilindros asumir 2500rpm crucero, Eventos por Paso a: 31
- 8 cilindros asumir 2000rpm crucero, Eventos por Paso a: 33

d. Controller Step Size (%)

Este ajuste controla el tamaño de la corrección en cada paso. Así que si la AFR no coincide con la AFR deseada. Esto debe moverse lentamente para evitar una respuesta inestable, así que asegurarse de que es pequeño, el 1% es el valor predeterminado.

e. Controller Authority +/- (%)

Este valor limita la corrección que se puede hacer por el algoritmo de bucle cerrado, el valor por defecto es 10%, esto indica que el factor de corrección no puede ir fuera del rango de 90-110%. Se recomienda que la corrección no exceda el 25%, ya que si el sensor sufriera algún daño, esto afectaría al funcionamiento de Megasquirt y por lo tanto del vehículo.

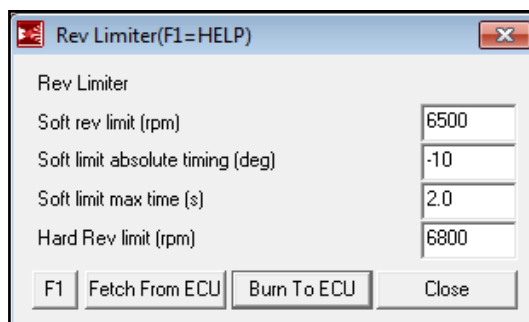
f. Activación de la corrección

Se configura a partir de que valores empieza a realizarse la corrección del sensor de oxígeno sobre la tabla VE.

- **Abobe Coolant Temp (C):** Es la temperatura a la que se activará la configuración de lazo cerrado EGO.
- **Active Abobe RPM:** es el número de revoluciones a las que se activará la configuración de lazo cerrado EGO.

5.3.5. LIMITADOR DE REVOLUCIONES

En esta configuración se define a que número de revoluciones se va a realizar el corte de las mismas, con el objetivo de reducir la potencia del motor y para tratar de reducir la velocidad del motor. Esto se hace para prevenir daños en el motor, cabe anotar que en vehículos de competición el corte se realiza a altas revoluciones (10000 rpm) y en vehículos estándar a menos revoluciones (6500 rpm)



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.9. Configuración de Encendido

a. Soft rev limit (rpm)

El limitador de revoluciones suave actúa solamente en la configuración de encendido, es decir retrasa 10 grados a la configuración que se esté ejecutando en ese momento y dura un máximo de 2 segundos hasta que se llegue al siguiente limitador de revoluciones.

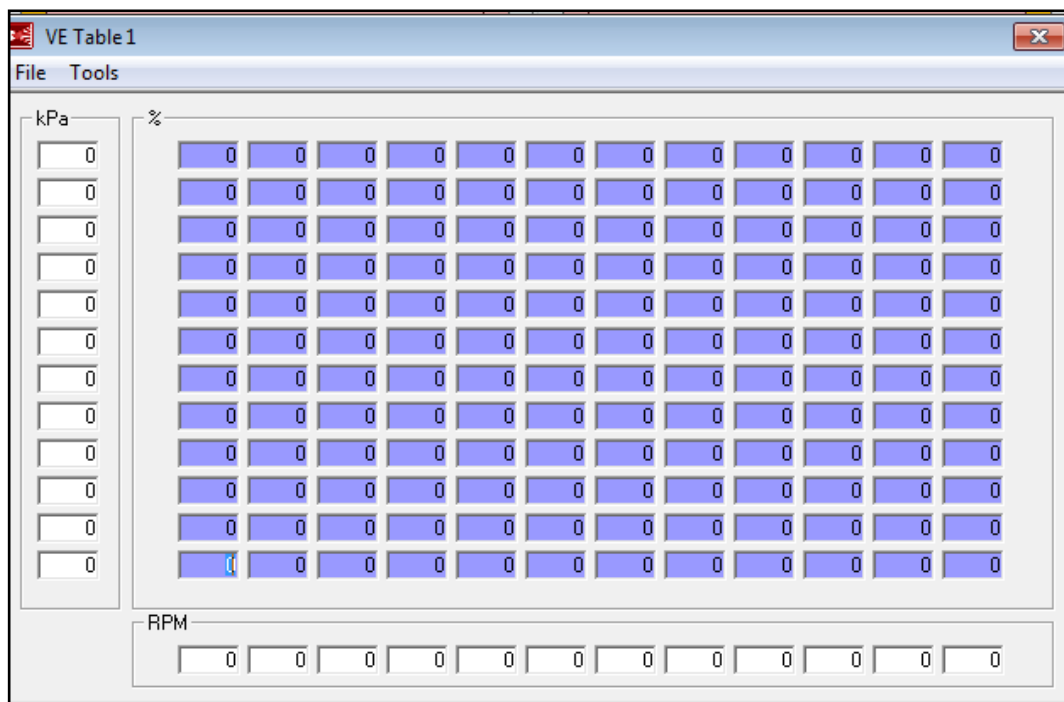
b. Hard rev limit (rpm)

Este valor es el límite máximo de revoluciones que puede alcanzar el motor hasta que se corte la chispa y combustible, como el motor del vehículo Corsa Evolution se mantiene estándar se elegirá 6800 rpm para evitar daños.

5.4. CONFIGURACIÓN DE MAPAS

Para poner en marcha el motor Megasquirt necesita que se den parámetros acerca de la cantidad de combustible, el tiempo de encendido y la relación aire-combustible, mediante tablas de valores las cuales también generan mapas en 3D. Una vez que el vehículo encienda se puede ir afinando cada una de estas tablas hasta conseguir la potencia deseada.

Las tablas que utiliza Megasquirt tiene la siguiente disposición:

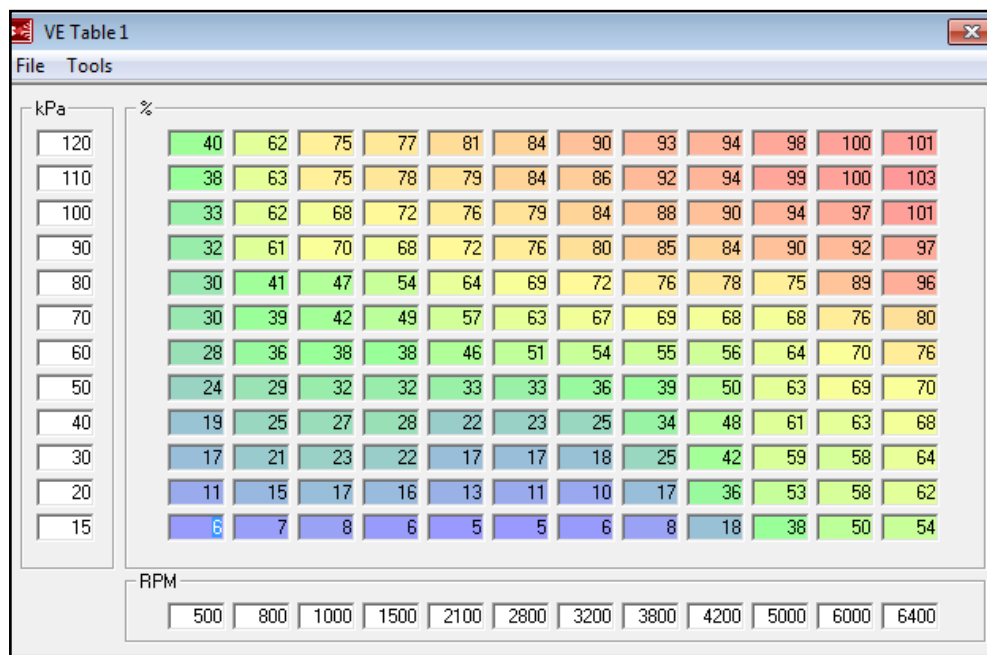


Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.10. Disposición de parámetros en las tablas de valores

En la parte izquierda se ingresan los valores de Kpa de menor a mayor desde la parte inferior hacia la parte superior. En la parte inferior se ubica el número de revoluciones sobre los cuales se va a realizar la afinación. De igual manera van de menor a mayor partiendo del lado izquierdo. Las tablas de combustible y encendido son de 12x12 y la de AFR es de 8x8.

5.4.1. MAPA DE COMBUSTIBLE (VE Table)

Para configurar el mapa de combustible con Megasquirt, hay una serie de parámetros que modificar. Los más importantes son el valor REQ_FUEL y la tabla VE (tabla 12x12 de eficiencia volumétrica). El objetivo es lograr relaciones aire / combustible 12.5-13.1:1 en máxima aceleración y 15-17:1 con cargas ligeras para un motor atmosférico. Un motor potenciado puede requerir una mezcla más rica.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 5.11. Tabla VE

La tabla VE representa la eficiencia volumétrica y la relación de aire / combustible en cada rpm y kPa (0 = total vacío, 100 = ambiente). La eficiencia volumétrica es la relación de la cantidad de aire que llena

realmente el cilindro a la cantidad de aire que llene el cilindro en una situación específica.

La puesta a punto de la tabla VE implica enriquecer (mediante el aumento de la VE) o afinar (disminuyendo VE) cada punto de la misma. La mayor parte de la conducción se producirá en una franja diagonal de la tabla VE, desde bajas revoluciones, bajo kPa (es decir, en reposo) a altas rpm, alta kPa (es decir la mariposa totalmente abierta).

El método de puesta a punto toma 2 personas para hacerlo, uno para conducir, y el otro para operar la computadora portátil. Asegurarse de que el motor haya alcanzado la temperatura de funcionamiento antes de iniciar la puesta a punto de la tabla VE para que no haya ningún enriquecimiento de calentamiento que se añada a la mezcla.

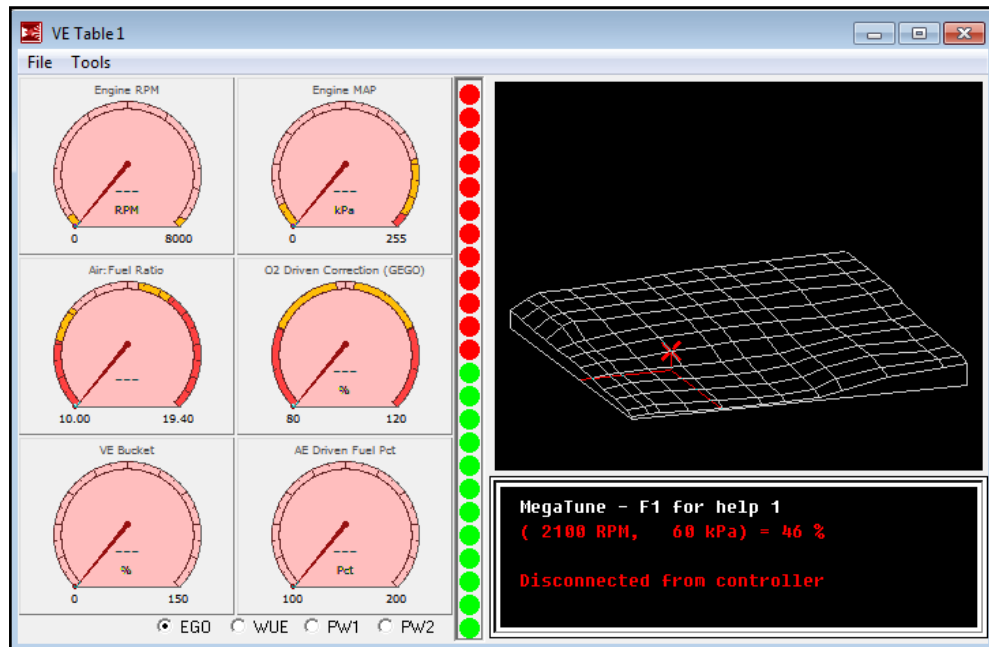
El sensor de oxígeno de banda ancha es fundamental para tunear cualquier motor a menos que un verdadero experto lo realice. Un sensor de banda ancha hará la vida mucho más fácil también.

Iniciar conduciendo lentamente, manteniendo la carga baja y bajas revoluciones del motor, si el vehículo se mueve con normalidad entonces acelerar un poco. Para sintonizar la tabla VE en vivo hay un par de opciones. La mejor manera es utilizar la visualización en 3D e impulsar a cada ajuste de punto de cruce sobre la marcha.

La cruz roja indica el punto donde se está ajustando, utilizar las teclas de flecha para ir a los puntos que se desea tunear. Utilizar el medidor AFR ubicado en el automóvil o el que aparece en Megatune en el lado izquierdo de la pantalla para ver lo que está haciendo la mezcla y aumentar o disminuir los puntos hasta conseguir que el AFR deseado.

Para subir o bajar los valores en cada punto se presiona las teclas (shift + flecha arriba o abajo). Es imposible sintonizar todos los puntos, ya que el

motor difícilmente llegara a las 6000 rpm, por lo que se tendrá que estimar la tabla en algunos de los puntos.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.12. Visualización 3D mapa de combustible

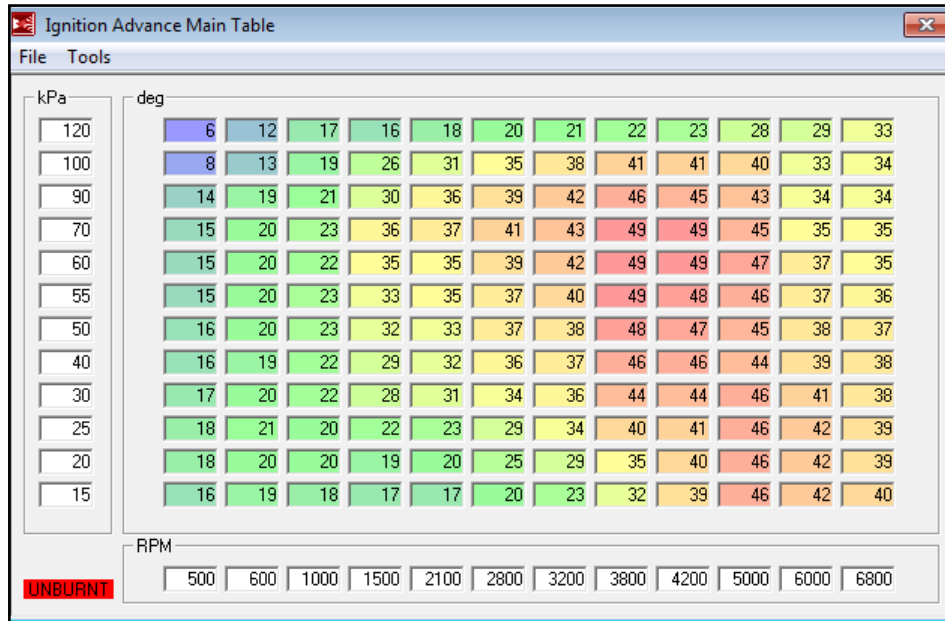
La tabla debe aumentar lentamente su valor a medida que se asciende en la escala KPa y también aumenta su valor a medida que aumenta la RPM, se puede caer ligeramente a medida que pase el punto de par máximo.

5.4.2. MAPA DE ENCENDIDO (Spark Table)

La puesta a punto de la tabla de encendido es la parte más complicada de la programación, a continuación se detallan los fundamentos básicos que debe tener en cuenta para afinar la tabla.

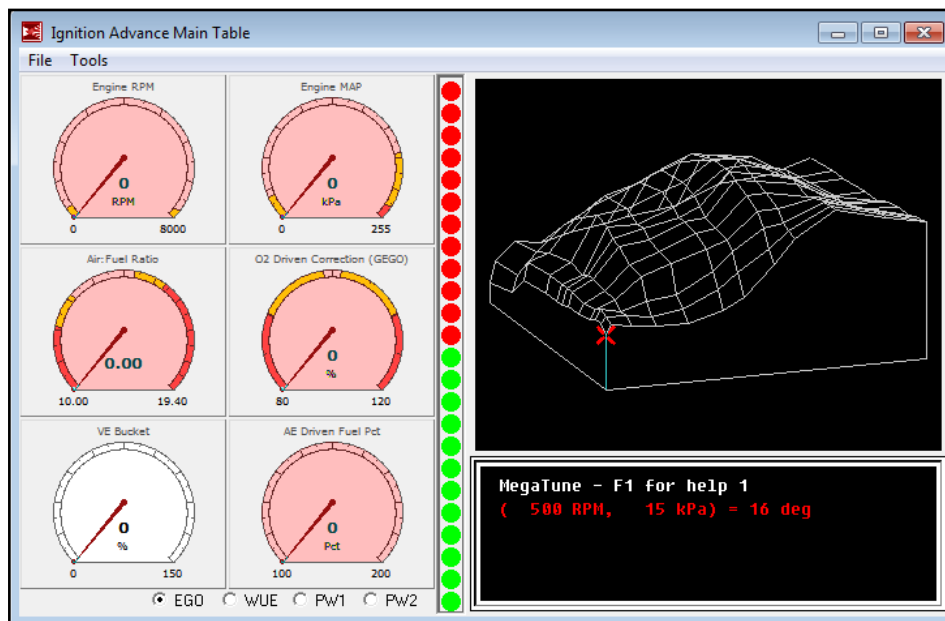
En la zona de inactividad y de baja de velocidad generalmente se recomienda retrasos de unos 8-20 deg, por lo general inactivo será de alrededor de 8-12 deg, pero esto depende del diseño del motor. Si se establece la primera fila del rango de RPM como un poco menos de la inactividad habitual (600 si su motor funciona a ralentí en 800) y añadir un poco de antelación, así que si el motor se atranca en esta área el ligero

aumento de antemano le ayudará a acelerar un poco para que se mantenga estable.



Fuente: Grupo de investigación
 Figura 5.13. Tabla de encendido

El área de velocidad crucero del mapa debe tener un avance razonablemente alto, (aproximadamente de 30), como la mezcla será bastante pobre se dará una combustión mínima.



Fuente: Grupo de investigación
 Figura 5.14. Visualización 3D mapa de encendido

Tener en cuenta que la cantidad óptima de avance total no es necesariamente la que no provoca la detonación. Por ejemplo, con un moderno diseño de la culata, es posible obtener la potencia máxima a 32° APMS, pero puede ser que no se experimente ninguna detonación hasta 38° - 40°.

A medida que aumenta la carga del motor, el mapa de chispa se debe retrasar, como la mezcla será más rica, las posibilidades de detonación también aumentará con la carga. Se recomienda quitar 1 grado de avance por cada 2PSI de impulso, lo que es simplemente una guía general. Si se experimenta detonación en el motor, entonces se recomienda:

- **Mezcla demasiado pobre:** Aumentar los valores de la tabla VE en el punto de detonación del motor (o aumentar el REQ_FUEL si la detonación se produce en todos los puntos). También asegurarse que la bomba de combustible está funcionando bien. Puede ser que el suministro de combustible sea el suficiente en ralentí, pero no sea el suficiente cuando la demanda aumente. Utilizar las lecturas del sensor de oxígeno para determinar si la mezcla es pobre.
- **El avance de la chispa puede venir demasiado lento o demasiado rápido:** Editar la tabla de avance de la chispa para reducir la velocidad a la que se añade antelación. También puede ser necesario limitar el avance total. La mayoría de los motores no requieren más de 36 ° en WOT.
- **Bujías demasiado calientes:** Utilizar bujías una o dos series más frías, o apriete incorrecto (hay exceso de calor debido al contacto térmico pobre con la culata).

Una vez finalizada la afinación de la tabla de chispa, se debe regresar a la tabla VE, ya que seguramente se deberá realizar nuevos ajustes.

5.4.3. TABLA DE AFR

Esta tabla sirve para establecer metas de AFR a las que se quiere llegar utilizando una tabla de 8x8.

kPa	500	600	1300	2500	3000	3500	4000	5000
120	12.5	12.7	12.8	13.0	13.2	12.8	12.4	12.0
100	14.7	13.0	13.0	14.0	14.5	14.2	14.0	13.0
70	14.7	14.0	14.0	13.5	13.5	13.5	13.7	13.0
60	14.7	14.7	14.7	13.8	13.5	13.7	14.0	13.5
55	14.7	14.7	14.7	14.3	14.7	15.5	15.8	14.0
40	14.7	14.7	14.7	15	15	16	16.2	15.0
20	14.7	14.7	14.7	15	15	16	16.0	16.0
15	14.7	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0

Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.15. Tabla de AFR

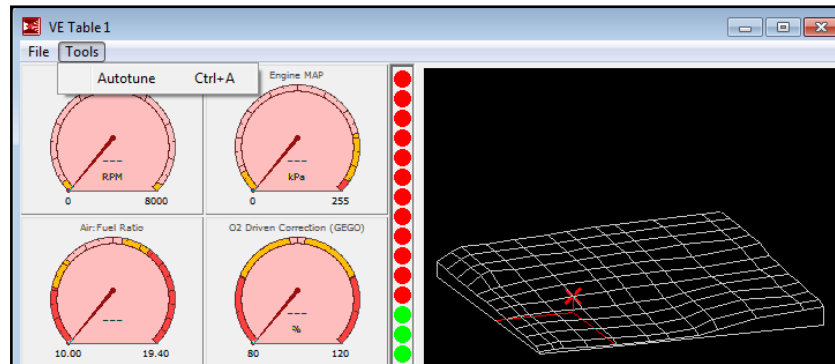
Estos son sólo objetivos, no reemplazan la tabla VE y deben ser considerados como un ajuste fino de la tabla VE. En el arranque se recomienda que la mezcla sea rica, en velocidad cruce se puede empobrecer la mezcla y a máxima aceleración se debe enriquecer la mezcla.

5.4.4. AUTOTUNE

Auto-tune es una característica incluida MegaTune, que puede comprobar la corrección EGO y alterar el mapa de combustible. Aunque muchas personas han tenido mucho éxito con esta función y no se debe dejar llevar por esto ya que puede tender a crear unos mapas muy malos si no se utiliza correctamente.

La opción se puede activar cuando el vehículo está en marcha y así ira corrigiendo los valores de la tabla VE de acuerdo a los valores de la tabla

de AFR. Todo esto depende del porcentaje de corrección que se haya dado al sensor de oxígeno mientras mayor sea este mayor será la corrección.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.16 Opción Autotune

El problema es que no hay forma de saber qué valor ha cambiado mientras se conduce. Sólo se sintoniza el área en que se está conduciendo, por lo que los valores del mapa de combustible podrían llegar a ser muy desiguales.

Es recomendable utilizarlo siempre y cuando se tenga el suficiente conocimiento acerca de la puesta a punto del motor y el manejo de Megatune.

Autotune solamente es una opción del mapa de combustible, el de encendido se lo debe afinar manualmente.

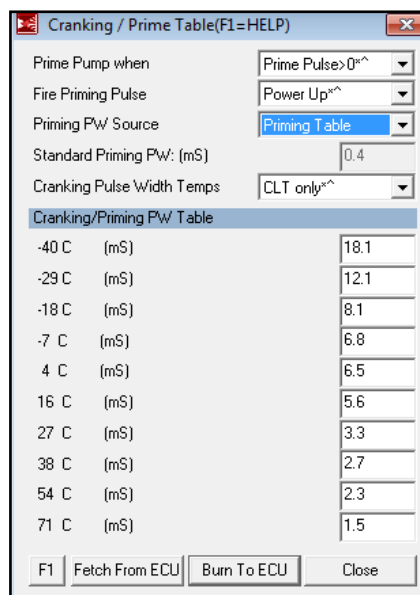
5.4.5. ENRIQUECIMIENTO DE ARRANQUE EN FRÍO

Cuando ya se ha realizado la programación y Megasquirt ya está casi afinada hay que tomar en cuenta que toda la programación se ha llevado a cabo con el motor a temperatura de trabajo. Pero un factor muy importante que también se debe tomar en cuenta es el arranque en frío, ya que el motor se demora cierto tiempo hasta llegar a su temperatura de operación normal.

Para esto hay ciertos enriquecimientos que se necesitan por ejemplo: en el arranque, luego del arranque y hasta que el motor llegue a su temperatura de funcionamiento, todos estos valores se configuran en Megatune y se detallan a continuación.

a. Ajustes de Arranque

Una vez que haya ajustado el ralentí en caliente no tocarlo de nuevo, mientras que el motor está frío, sólo se ajustaran los enriquecimientos. Este enriquecimiento es básicamente la afinación adicional que se realiza sobre el mapa de combustible (VE Tabla) para enriquecer la mezcla cuando el motor está frío. Lo que se varía en esta tabla son los pulsos de inyección, a medida que la temperatura va aumentando los pulsos van disminuyendo.



Temperature (C)	Units	Pulse Width (mS)
-40	(mS)	18.1
-29	(mS)	12.1
-18	(mS)	8.1
-7	(mS)	6.8
4	(mS)	6.5
16	(mS)	5.6
27	(mS)	3.3
38	(mS)	2.7
54	(mS)	2.3
71	(mS)	1.5

Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.17. Ajustes de arranque

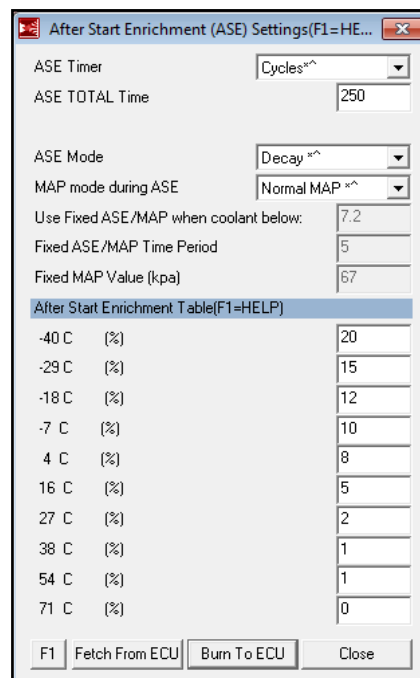
Esta afinación se activa únicamente en el instante de arranque del motor aumentando el número de pulsos de inyección.

b. Enriquecimiento luego del arranque

Este se añade durante un corto período de tiempo justo después de arrancar el motor, este comienza a utilizar el mapa de combustible de la

tabla VE y si el refrigerante está bajo 71C (170F), entra en el enriquecimiento after start.

En el enriquecimiento after start generalmente se espera que aumente el porcentaje de la hoja de combustible que se ejecutará en un período predeterminado de tiempo o pulsos de encendido para que el motor tenga la oportunidad de iniciar y suavizar.



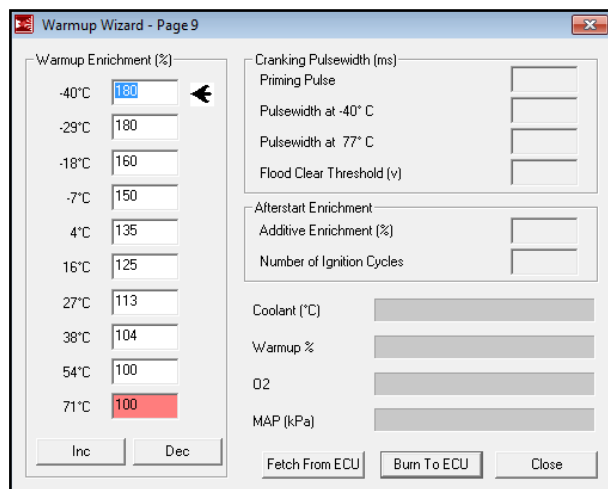
Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.18. Ajustes luego del arranque

Se recomienda comenzar con un valor de enriquecimiento de porcentaje definido por el usuario (generalmente alrededor de 25%), y luego hacia abajo (0%), el número de eventos de inyección también los define el usuario (usar aproximadamente 250 para empezar). Este es un enriquecimiento superior al enriquecimiento de calentamiento normal, que es dependiente de la temperatura.

Tener en cuenta que el 0% significa que la tabla VE funcionara exactamente con los valores que tiene y 20% significaría un aumento del 20% sobre los valores de la tabla.

c. Asistente de calentamiento

Esta opción permite ajustar los enriquecimientos de calentamiento. El enriquecimiento de calentamiento es una cantidad de combustible adicional agregado a la tabla VE, lo mejor es tener una buena sintonía ralentí en caliente y luego ajustar el calentamiento cuando esté frío sin ajuste de la tabla de VE.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5. 19. Asistente de calentamiento

Afinar estos valores de calentamiento tomara un poco de tiempo, pero nos podemos ayudar con el medidor de AFR tratando de mantener la mezcla en los valores deseados.

5.5. PRUEBAS

Cuando ya se ha finalizado el proceso de programación y puesta a punto de Megasquirt, se recurre al banco de pruebas (dinamómetro), para comprobar las mejoras en potencia y torque que se han logrado.

5.5.1. CALIBRACIÓN DEL DINAMÓMETRO

Antes de empezar a usar el dinamómetro es necesario realizar la limpieza, adecuación y calibración del mismo, para que las mediciones sean lo más precisas posible.

Debido a que el dinamómetro se usa frecuentemente por motivos educativos, es necesario realizar el mantenimiento antes de efectuar las pruebas. El mantenimiento consiste en engrasar las chumaceras, cambiar el agua del depósito y limpiarlo. Además realizar un reajuste general de la estructura.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.20. Dinamómetro de rodillos

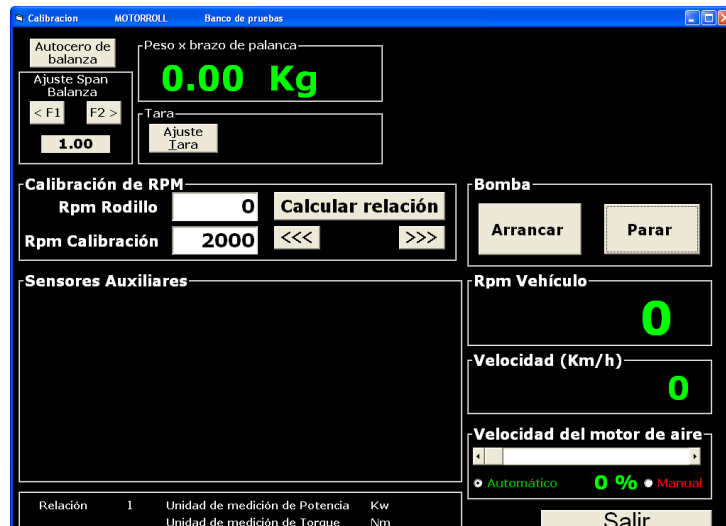
Luego de finalizar el mantenimiento se calibra el dinamómetro ingresando parámetros como presión atmosférica, temperatura ambiente, humedad, temperatura en el ingreso de aire al motor. Estos datos se llenan en la sección ajustes de la interface MOTORROLL.

Datos de la Prueba		MOTORROLL		AGENDA DEL MOTOR	
Nombre de la prueba	<input type="text"/>	Item #1	Cliente	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fecha y Hora	Martes 05/01/12 09:25	Item #2	Nº patente	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Relación motor / freno	<input type="text" value="1"/>	Item #3	Nº reductor	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Presión Atmosférica	<input type="text" value="760"/> (580 y 780 mmHg, 906 y 1040 Hpa)	Item #4	Nº tubo	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Corrección Climática	<input type="text" value="1.00000"/>	Item #5	Capacidad tubo	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Humedad	<input type="text" value="70"/> (Entre 1 y 99%)	Item #6	Variador de Av	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Temperatura Ambiente	<input type="text" value="20"/> (Entre 15 y 45 °C)	Item #7	Gerenciador	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Temperatura en la boca del carburador	<input type="text" value="20"/> (Entre 15 y 45 °C)	Item #8	Emulador	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		Item #9	Observaciones	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		Item #10	Observaciones	<input type="text"/>	<input type="text"/>

<Tab> Permite cambiar de Celda <Enter> Acepta los cambios

Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.21. Parámetros de calibración del dinamómetro

Cuando ya se han ingresado los parámetros se calibra el dinamómetro haciendo girar el vehículo a unas 2000 rpm, esto se realiza en la sección calibración de la Interface MOTORROLL.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.22. Parámetros de calibración del dinamómetro

Para la realización del ensayo se colocan las ruedas motrices del vehículo sobre los rodillos. Seguidamente se fijan los sistemas que garantizan que el vehículo permanezca inmóvil durante el ensayo. Se arranca el motor y comienza la prueba, la cual se desarrolla en una marcha determinada, por lo general 3ra o 4ta.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.23. Desarrollo de la Prueba en el dinamómetro

Se parte desde un número bajo de rpm y se acelera a fondo hasta el número máximo de rpm deseado, allí se libera el acelerador y el motor retorna paulatinamente al régimen de inicio. El rodillo, de alta inercia y volumen, recibe la potencia de las ruedas motrices, y un sistema de captura de datos y un software especializado muestran en la pantalla de una computadora los resultados obtenidos en forma de gráficos y tablas.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.24. Toma de datos en el dinamómetro

Con un banco de rodillos, se puede determinar si el motor de un vehículo cumple con las especificaciones señaladas por el fabricante, así como también, evaluar la influencia de modificaciones mecánicas o electrónicas, sobre el rendimiento del motor, sin tener que desmontarlo.

Importante: colocar el ventilador en la parte frontal del vehículo, si la temperatura del vehículo empieza a subir, encenderlo de inmediato para que se refrigere. Además colocar el tubo flexible a la salida del escape para que los gases salgan fuera del laboratorio.

5.5.2. PRUEBAS CON LA ECU ESTÁNDAR

Para poder determinar el incremento de potencia y torque del vehículo, primero se realizaran pruebas con la ECU estándar, siguiendo el procedimiento antes mencionado.

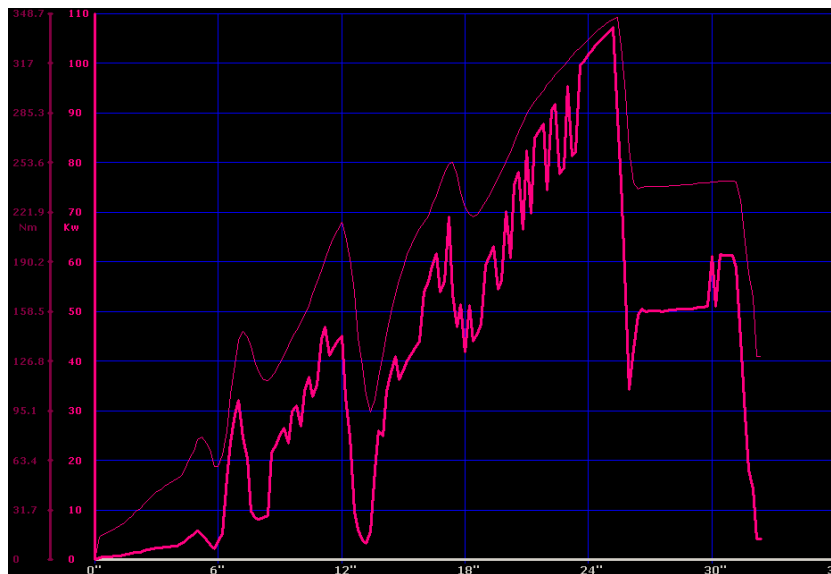
a. Prueba 1

Se obtiene el siguiente cuadro de valores:

Tiempo	Rpm rodillo	Rpm vehiculo	Velocidad (Km/h)	Torque en rueda (Nm)	Potencia en rueda (Kw)
5"	727	676	22.6	76.81	5.82
6"	582	541	18.1	59.26	3.59
7"	2194	2040	68.2	140.11	32.05
8"	659	613	20.5	119.21	8.18
9"	1900	1767	59.1	125.22	24.81
10"	1707	1588	53.1	151.35	26.93
11"	2312	2150	71.9	184.38	44.45
12"	2007	1867	62.4	215.34	45.06
13"	315	293	9.8	123.35	4.05
14"	1817	1690	56.5	131.14	24.84
15"	1960	1823	61.0	187.14	38.23
16"	2401	2233	74.7	215.24	53.87
17"	2182	2029	67.9	246.70	56.11
18"	1780	1655	55.4	225.01	41.75
19"	2485	2311	77.3	228.75	59.27
20"	2646	2461	82.3	254.19	70.11
21"	2774	2580	86.3	284.76	82.34
22"	2350	2186	73.1	303.69	74.39
23"	2878	2677	89.5	318.18	95.45
24"	2938	2732	91.4	332.28	101.76
25"	2966	2758	92.2	343.52 Max	106.24 Max
26"	1258	1170	39.1	261.78	34.33
27"	2017	1876	62.7	238.61	50.18
28"	2020	1879	62.8	238.81	50.30
29"	2022	1880	62.9	239.80	50.54
30"	2430	2260	75.6	241.27	61.13
31"	2432	2262	75.6	242.06	61.38
32"	817	760	25.4	167.52	14.26

Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.25. Cuadro de Valores Prueba 1

La grafica que resulta de estos valores es la siguiente:



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.26. Curva de Torque y Potencia Prueba 1

Análisis: en la primera prueba se observa una curva que va creciendo continuamente mientras aumentan las rpm del motor, las caídas en la curva representan los cambios de marcha del vehículo. Cabe anotar que la curva delgada representa el Torque y la gruesa representa la Potencia.

Los valores máximos se muestran a continuación:

Tabla 5.2. Valores Máximos Prueba 1

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	106.52	2758
Torque Máximo (Nm)	343.52	2758

Fuente: Grupo de investigación

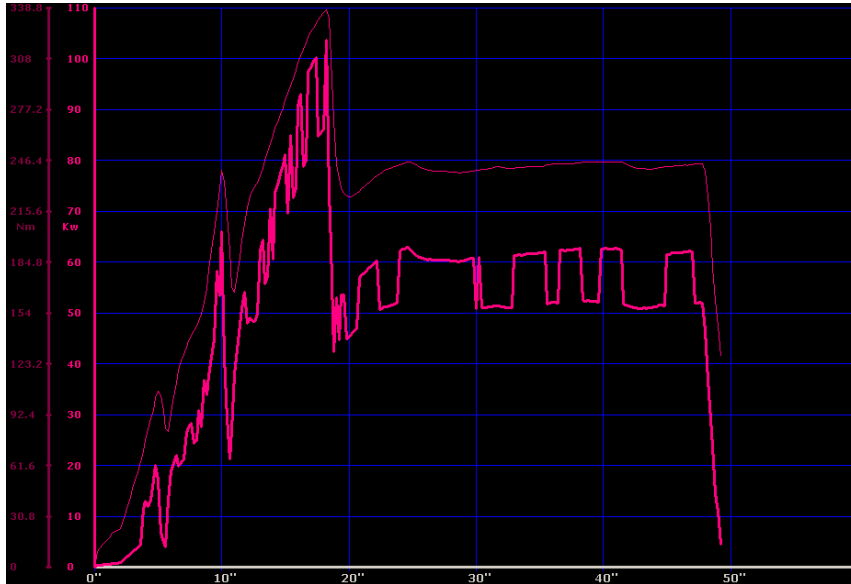
b. Prueba 2

Se obtiene el siguiente cuadro de valores:

Tiempo	Rpm rodillo	Rpm vehículo	Velocidad (Km/h)	Torque en rueda (Nm)	Potencia en rueda (Kw)
0"	278	259	8.6	7.10	0.21
1"	321	299	10.0	16.86	0.56
2"	347	323	10.8	23.27	0.84
3"	595	553	18.5	47.53	2.95
4"	1604	1492	49.9	77.30	12.93
5"	1550	1442	48.2	106.49	17.21
6"	1953	1816	60.7	93.28	18.99
7"	1582	1471	49.2	129.07	21.29
8"	1635	1521	50.9	146.03	24.89
9"	2001	1861	62.2	180.24	37.61
10"	2631	2447	81.8	240.49	65.96
11"	2178	2026	67.7	166.83	37.88
12"	2111	1963	65.7	217.71	47.92
13"	2518	2342	78.3	236.94	62.21
14"	2219	2064	69.0	261.78	60.55
15"	2750	2558	85.5	282.88	81.12
16"	2849	2650	88.6	305.46	90.71
17"	2906	2703	90.4	324.10	98.19 Max
18"	2456	2284	76.4	336.03 Max	86.05
19"	2084	1938	64.8	243.94	52.99
20"	1937	1801	60.2	224.12	45.25
21"	2404	2236	74.8	229.44	57.50
22"	2430	2260	75.6	235.95	59.77
23"	2040	1897	63.4	241.08	51.28
24"	2448	2277	76.1	243.84	62.24
25"	2425	2255	75.4	244.73	61.87
26"	2413	2244	75.0	240.98	60.63
27"	2419	2250	75.2	239.89	60.50

Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.27. Cuadro de Valores Prueba 2

La grafica que resulta de estos valores es la siguiente:



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.28. Curva de Torque y Potencia Prueba 2

Análisis: en la segunda prueba se aprecia cómo se llega a un punto de potencia máxima en tercera marcha y luego en cuarta marcha la curva se mantiene en un valor de 65 Kw. aproximadamente.

En cuanto al torque la trayectoria es similar a la de potencia, pero se observa que en los cambios de marcha no tiene caídas tan pronunciadas como es el caso de la potencia.

Las irregularidades en la curva se deben al sensor del dinamómetro.

Los valores máximos se muestran a continuación:

Tabla 5.3. Valores Máximos Prueba 2

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	98.19	2703
Torque Máximo (Nm)	336.03	2284

Fuente: Grupo de investigación

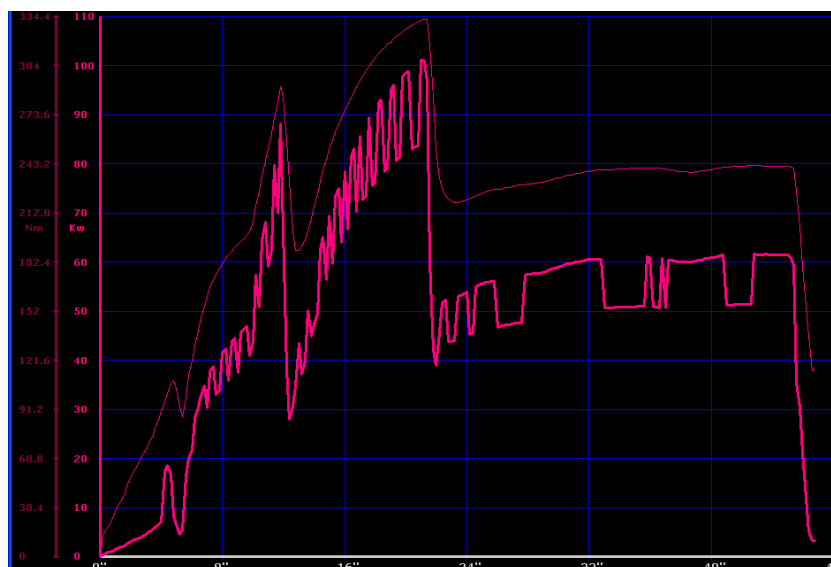
c. Prueba 3

Se obtiene el siguiente cuadro de valores:

Tiempo	Rpm rodillo	Rpm vehiculo	Velocidad (Km/h)	Torque en rueda (Nm)	Potencia en rueda (Kw)
0"	300	279	9.3	10.45	0.33
1"	484	450	15.1	28.20	1.42
2"	594	552	18.5	49.40	3.06
3"	642	597	20.0	66.56	4.46
4"	758	705	23.6	89.83	7.10
5"	608	565	18.9	104.02	6.59
6"	1718	1598	53.4	121.28	21.72
7"	1798	1672	55.9	161.21	30.22
8"	2194	2040	68.2	181.42	41.49
9"	1863	1733	57.9	193.36	37.56
10"	2030	1888	63.1	207.16	43.84
11"	2245	2088	69.8	252.91	59.20
12"	2247	2090	69.9	285.05	66.78
13"	2202	2048	68.5	189.71	43.55
14"	2090	1944	65.0	217.02	47.28
15"	2641	2456	82.1	252.22	69.44
16"	2727	2536	84.8	276.18	78.51
17"	2789	2594	86.7	294.42	85.60
18"	2367	2201	73.6	309.01	76.24
19"	2862	2662	89.0	318.77	95.12
20"	2897	2694	90.1	326.47	98.59
21"	2920	2716	90.8	331.99 Max	101.08 Max
22"	1486	1382	46.2	251.92	39.02
23"	1912	1778	59.5	219.88	43.82
24"	2339	2175	72.7	220.77	53.84
25"	2371	2205	73.7	225.01	55.61
26"	1973	1835	61.4	227.37	46.78
27"	1987	1848	61.8	229.25	47.49

Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.29. Cuadro de Valores Prueba 3

La grafica que resulta de estos valores es la siguiente:



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.30. Curva de Torque y Potencia Prueba 3

Análisis: en la tercera prueba se mantuvo más aceleración en segunda marcha, pero al realizar el cambio a tercera la caída en potencia y torque fue mayor, sin embargo en tercera vuelve a subir a su valor máximo y en cuarta marcha se mantiene en un valor de 60 Kw.

Los valores máximos se muestran a continuación:

Tabla 5.4. Valores Máximos Prueba 3

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	101.08	2716
Torque Máximo (Nm)	331.99	2716

Fuente: Grupo de investigación

d. Prueba 4

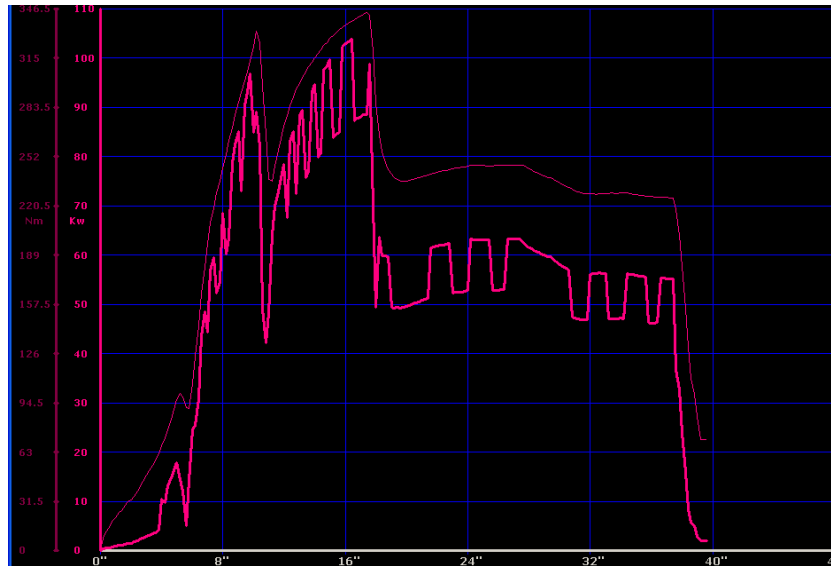
Se obtiene el siguiente cuadro de valores:

Tiempo	Rpm rodillo	Rpm vehiculo	Velocidad (Km/h)	Torque en rueda (Nm)	Potencia en rueda (Kw)
3"	576	536	17.9	48.12	2.89
4"	1500	1395	46.7	66.75	10.44
5"	1777	1653	55.3	96.73	17.92
6"	2195	2041	68.3	106.88	24.46
7"	2161	2010	67.2	196.81	44.33
8"	2688	2500	83.6	244.63	68.54
9"	2849	2650	88.6	286.63	85.13
10"	2528	2351	78.6	322.23	84.92
11"	1946	1810	60.5	237.33	48.16
12"	2769	2675	86.1	271.64	78.41
13"	2832	2634	88.1	298.96	88.27
14"	2878	2677	89.5	315.52	94.68
15"	2919	2715	90.8	327.55	99.67
16"	2936	2730	91.3	336.23	102.90 Max
17"	2467	2294	76.7	342.14 Max	88.01
18"	1658	1542	51.6	286.24	49.47
19"	1966	1828	61.1	240.68	49.33
20"	2014	1873	62.6	236.54	49.67
21"	2040	1897	63.4	239.20	50.88
22"	2451	2279	76.2	242.06	61.84
23"	2055	1911	63.9	244.33	52.34
24"	2059	1915	64.0	245.71	52.75
25"	2460	2288	76.5	246.30	63.17
26"	2059	1915	64.0	246.30	52.87
27"	2462	2290	76.6	246.70	63.31
28"	2417	2248	75.2	244.23	61.55
29"	2407	2239	74.9	239.50	60.09
30"	2371	2205	73.7	235.06	58.11

Fuente: Grupo de investigación

Figura 5. 31. Cuadro de Valores Prueba 4

La grafica que resulta de estos valores es la siguiente:



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.32. Curva de Torque y Potencia Prueba 4

Análisis: finalmente en la cuarta prueba se realizan los cambios de manera más rápida, sin embargo se mantiene una curva similar a las anteriores tanto en forma como en valores.

Debido a que no hay variaciones considerables en las curvas ya no se realizan más pruebas y se procede a calcular un valor promedio de torque y potencia, obtenidos con la ECU estándar realizando la función de control sobre inyectores y bobina.

Los valores máximos se muestran a continuación:

Tabla 5.5. Valores Máximos Prueba 4

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	102.90	2730
Torque Máximo (Kw)	342.14	2294

Fuente: Grupo de investigación

e. Potencia y Torque Promedio

A continuación se determinara el valor promedio de Torque y Potencia obtenidos en las pruebas realizadas.

Tabla 5.6. Valor promedio de Torque y Potencia

	Torque (Nm)	RPM	Potencia (Kw)	RPM
Prueba 1	343.52	2758	106.24	2758
Prueba 2	336.03	2284	98.19	2703
Prueba 3	331.99	2716	101.08	2716
Prueba 4	342.14	2294	102.90	2730
Promedio	338.42	2513	102.10	2727

Fuente: Grupo de investigación

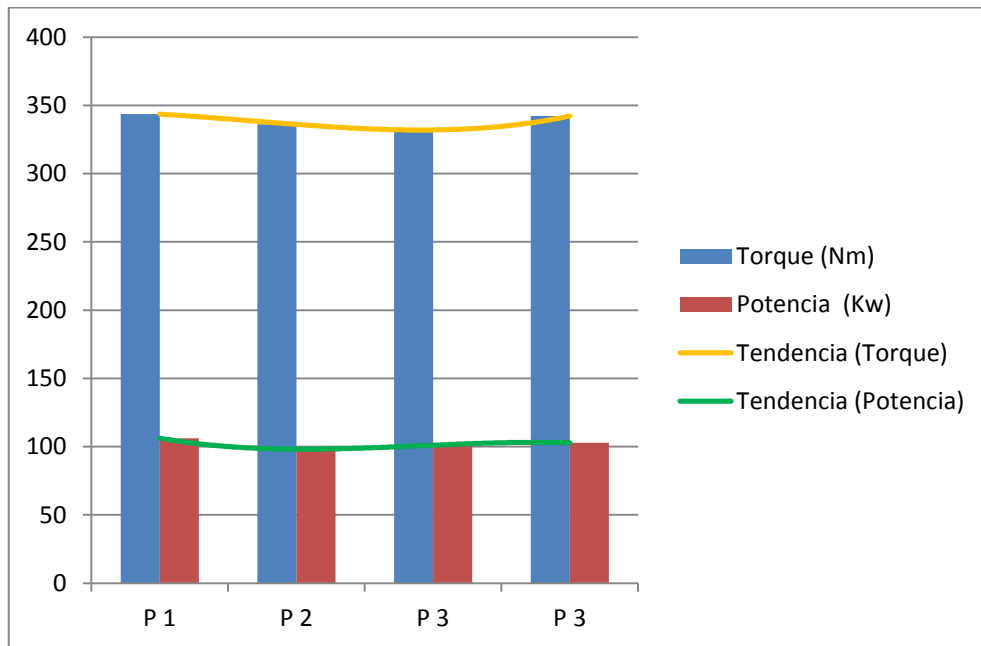
Las mediciones de torque y potencia son similares en las cuatro pruebas, los pequeños cambios se deben a la distinta manera de realizar los cambios de marcha en las pruebas.

Según los parámetros iniciales del dinamómetro y la calibración del mismo se obtiene que el vehículo Corsa Evolution 1.4L, tiene una potencia de 102.10 Kw a 2727 rpm, y un torque de 338.42 Nm a 2513 rpm.

La diferencia que existe entre los resultados obtenidos y los datos que entrega el fabricante se deben a que las condiciones de prueba y la calibración del dinamómetro son diferentes.

Las pruebas fueron realizadas bajo la supervisión del Director del proyecto, por lo que los resultados son confiables en un 100%.

A continuación se presente un gráfico de barras, el cual muestra la tendencia que presentan las mediciones en las diferentes pruebas.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.33. Análisis de pruebas ECU estándar

La tendencia de la potencia se mantiene similar en las cuatro pruebas, mientras que el torque tiende a bajar en las primeras pruebas y se eleva en la última prueba.

5.5.3. PRUEBAS CON MEGASQUIRT

De la misma manera se realizan pruebas con Megasquirt, y se determinará un valor promedio de Torque y Potencia.

Antes de realizar las pruebas en el dinamómetro se probó la calibración de Megasquirt en carretera, obteniéndose una gran estabilidad del motor tanto en marcha lenta como en velocidad crucero.

Con Megasquirt se realizan más pruebas ya que se efectuaran variaciones en los mapas durante las mismas.

Las pruebas con megasquirt se realizan con la misma calibración del dinamómetro con las que se realizaron las pruebas anteriores. Por lo que las mediciones se realizan en las mismas condiciones.

a. Prueba 1

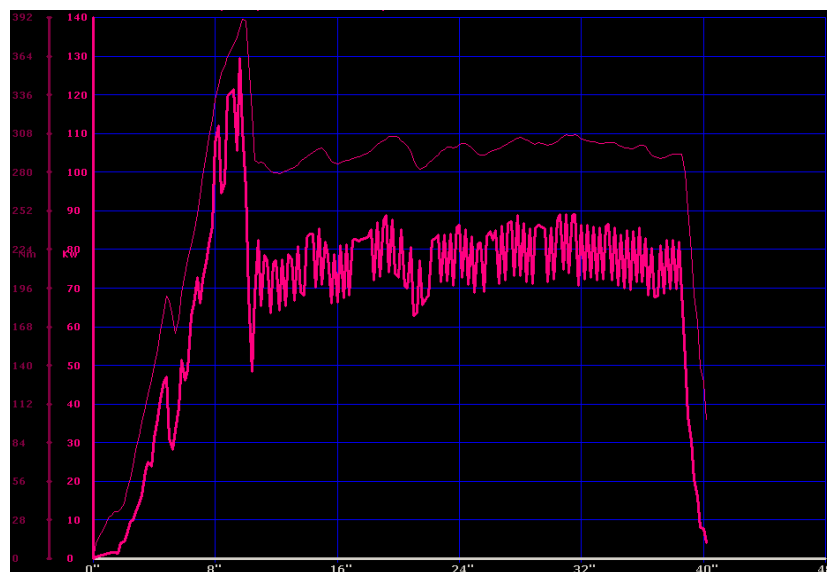
Se obtiene el siguiente cuadro de valores:

Tiempo	Rpm rodillo	Rpm vehiculo	Velocidad (Km/h)	Torque en rueda (Nm)	Potencia en rueda (Kw)
0"	296	275	9.2	8.68	0.27
1"	482	448	15.0	29.38	1.48
2"	1037	964	32.3	40.03	4.33
3"	1536	1428	47.8	88.84	14.23
4"	2144	1994	66.7	139.42	31.17
5"	1596	1484	49.6	187.04	31.12
6"	2143	1993	66.7	206.17	46.06
7"	2413	2244	75.0	262.77	66.10
8"	3108	2890	96.7	332.38	107.69
9"	3143	2923	97.8	367.98	120.56 Max
10"	2351	2186	73.1	389.37 Max	95.44
11"	2188	2035	68.1	287.03	65.47
12"	2646	2461	82.3	279.63	77.15
13"	2627	2443	81.7	282.59	77.38
14"	2736	2544	85.1	291.36	83.11
15"	2285	2125	71.1	297.77	70.93
16"	2223	2067	69.1	286.04	66.28
17"	2721	2531	84.6	290.08	82.30
18"	2711	2521	84.3	293.63	83.00
19"	2774	2580	86.3	302.51	87.48
20"	2286	2126	71.1	304.97	72.68
21"	2087	1941	64.9	288.90	62.86
22"	2277	2118	70.8	286.53	68.03
23"	2711	2521	84.3	296.39	83.76
24"	2756	2563	85.7	299.94	86.19
25"	2236	2079	69.5	295.70	68.94
26"	2753	2560	85.6	295.01	84.66
27"	2307	2146	71.8	299.74	72.08

Fuente: Grupo de investigación

Figura 5.34. Cuadro de Valores Prueba 1 Megasquirt

La grafica que resulta de estos valores es la siguiente:



Fuente: Grupo de investigación

Figura 5.35. Curva de Torque y Potencia Prueba 1 Megasquirt

Análisis: en la primera prueba se obtiene un valor máximo en tercera marcha y en cuarta el valor de potencia se mantiene en 80 Kw aproximadamente y en torque en 300 Nm, se observa un claro incremento con relación a las mediciones realizadas con la ECU estándar.

Los valores máximos se muestran a continuación:

Tabla 5.7. Valores Máximos Prueba 1 Megasquirt

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	120.56	2923
Torque Máximo (Nm)	389.37	2186

Fuente: Grupo de investigación

b. Prueba 2

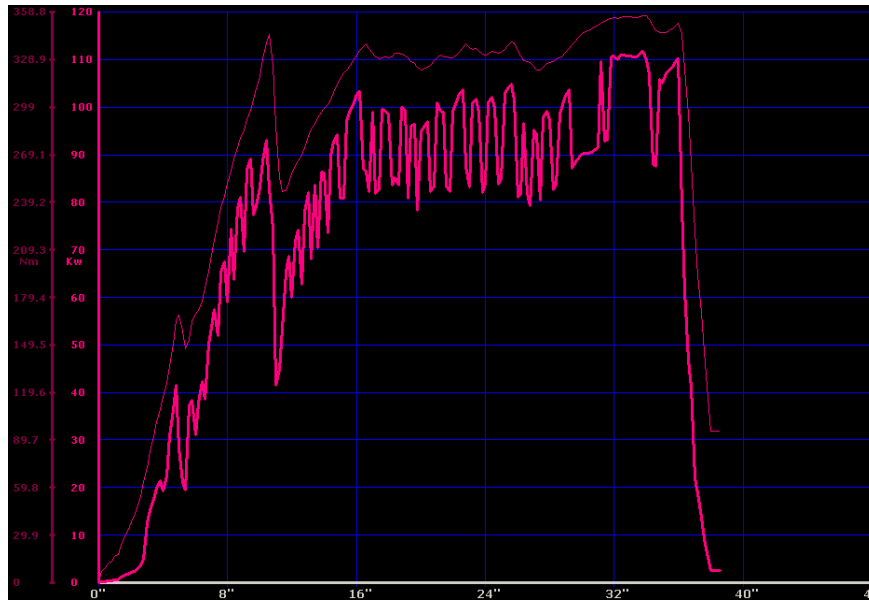
Se obtiene el siguiente cuadro de valores:

Tiempo	Rpm rodillo	Rpm vehiculo	Velocidad (Km/h)	Torque en rueda (Nm)	Potencia en rueda (Kw)
11"	1384	1287	43.0	287.42	41.46
12"	2238	2081	69.6	256.95	59.96
13"	2805	2609	87.2	280.32	81.97
14"	2775	2581	86.3	297.97	86.20
15"	2447	2276	76.1	317.10	80.89
16"	2965	2757	92.2	331.99	102.61
17"	2853	2653	88.7	332.97	99.05
18"	2858	2658	88.9	330.11	98.36
19"	2873	2672	89.4	331.40	99.27
20"	2823	2625	87.8	322.42	94.90
21"	2931	2726	91.2	330.11	100.88
22"	2881	2679	89.6	330.21	99.18
23"	2370	2204	73.7	336.72	83.19
24"	2421	2252	75.3	331.89	83.76
25"	2445	2274	76.0	333.56	85.02
26"	2320	2158	72.2	334.75	80.97
27"	2814	2617	87.5	324.59	95.22
28"	2851	2651	88.7	327.06	97.22
29"	2944	2738	91.6	333.37	102.31
30"	2501	2326	77.8	345.30	90.03
31"	2504	2329	77.9	350.33	91.45
32"	2990	2781	93.0	355.06	110.69
33"	2984	2775	92.8	355.95	110.74 Max
34"	2963	2756	92.2	356.24 Max	110.05
35"	2917	2713	90.7	345.69	105.13
36"	3000	2790	93.3	352.00	110.10
37"	952	885	29.6	221.36	21.98
38"	265	246	8.2	95.54	2.63

Fuente: Grupo de investigación

Figura 5.36. Cuadro de Valores Prueba 2 Megasquirt

La gráfica que resulta de estos valores es la siguiente:



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.37. Curva de Torque y Potencia Prueba 2 Megasquirt

Análisis: en esta prueba se observa como la caída de potencia y torque al momento de realizar los cambios de marcha no es muy elevada. La potencia se mantiene en un valor de 90 Kw aproximadamente y el torque en un promedio de 328 Nm.

Esta curva es un poco distinta de las demás, ya que los cambios se realizan a menos revoluciones que en las demás pruebas, las irregularidades en la curva se deben al sensor del dinamómetro.

Los valores máximos se muestran a continuación:

Tabla 5.8. Valores Máximos Prueba 2 Megasquirt

		RPM Vehículo
Potencia Máxima	110.74 Kw	2775
Torque Máximo	356.24 Nm	2756

Fuente: Grupo de investigación

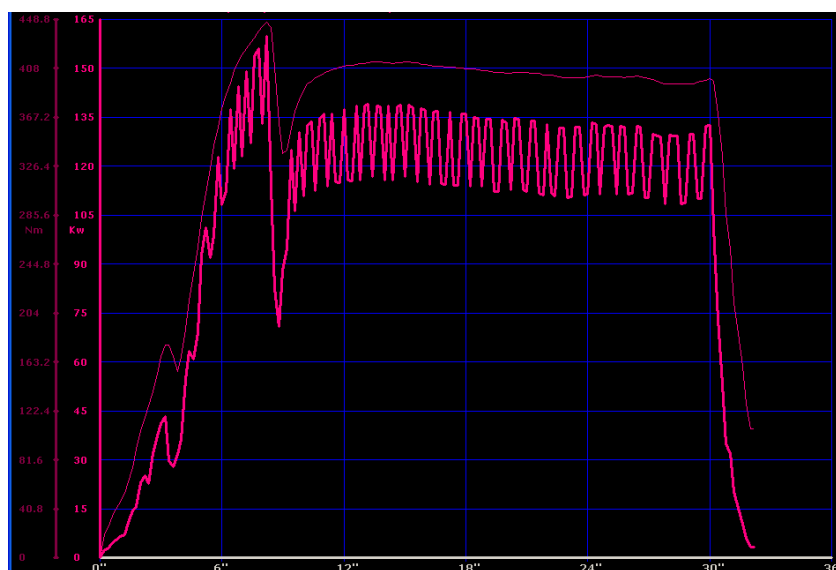
c. Prueba 3

Se obtiene el siguiente cuadro de valores:

Tiempo	Rpm rodillo	Rpm vehiculo	Velocidad (Km/h)	Torque en rueda (Nm)	Potencia en rueda (Kw)
0"	400	372	12.4	8.48	0.35
1"	1343	1249	41.8	46.34	6.49
2"	2065	1920	64.2	106.29	22.88
3"	2353	2188	73.2	167.82	41.17
4"	2076	1931	64.6	167.72	36.31
5"	3142	2922	97.7	282.98	92.70
6"	2771	2577	86.2	374.19	108.10
7"	2813	2616	87.5	419.25	122.97
8"	2881	2679	89.6	442.81 Max	133.00
9"	2501	2326	77.8	337.11	87.90
10"	2731	2540	84.9	389.67	110.96
11"	3227	3001	100.4	404.06	135.93
12"	3220	2995	100.1	409.49	137.44
13"	3223	2997	100.2	412.05	138.44 Max
14"	2689	2501	83.6	412.64	115.67
15"	2711	2521	84.3	413.33	116.82
16"	3198	2974	99.5	411.16	137.07
17"	2679	2491	83.3	409.39	114.34
18"	3196	2972	99.4	407.91	135.93
19"	3175	2953	98.7	405.84	134.34
20"	3166	2944	98.5	404.16	133.39
21"	2662	2476	82.8	404.46	112.27
22"	3164	2943	98.4	402.39	132.73
23"	2646	2461	82.3	400.02	110.35
24"	2669	2482	83.0	400.71	111.52
25"	3170	2948	98.6	400.81	132.47
26"	2665	2478	82.9	400.81	111.36
27"	2648	2463	82.4	399.82	110.39

Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.38. Cuadro de Valores Prueba 3 Megasquirt

La grafica que resulta de estos valores es la siguiente:



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.39. Curva de Torque y Potencia Prueba 3 Megasquirt

Análisis: en la tercera prueba se obtiene una curva más continua, en tercera marcha se obtiene el torque y potencia máximos, se observa que la caída de potencia en cuarta marcha es menor y tiende a mantenerse más uniforme.

Los valores máximos se muestran a continuación:

Tabla 5.9. Valores Máximos Prueba 3 Megasquirt

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	138.44	2997
Torque Máximo (Nm)	442.81	2679

Fuente: Grupo de investigación

d. Prueba 4

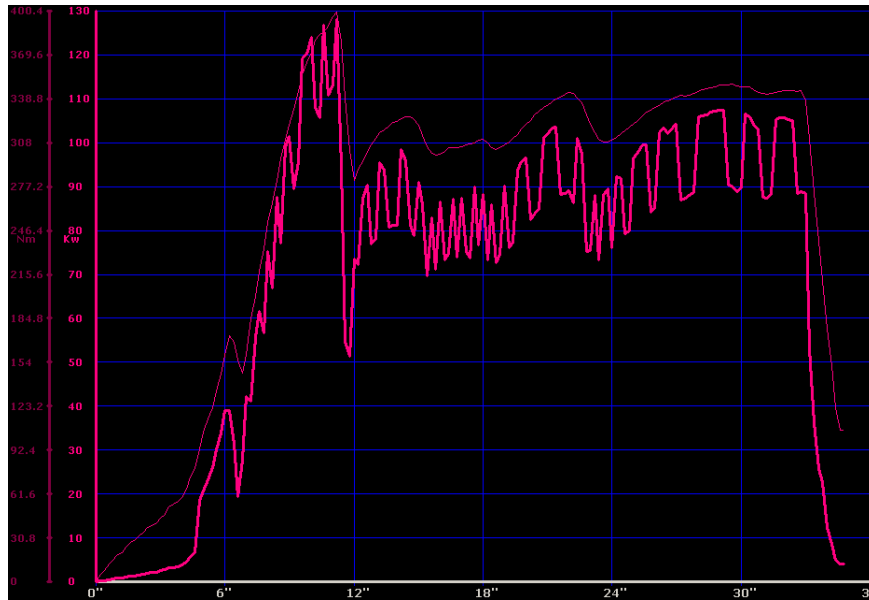
Se obtiene el siguiente cuadro de valores:

Tiempo	Rpm rodillo	Rpm vehiculo	Velocidad (Km/h)	Torque en rueda (Nm)	Potencia en rueda (Kw)
0"	281	281	8.7	2.96	0.09
1"	397	397	12.3	18.93	0.78
2"	477	477	14.8	32.05	1.59
3"	548	548	17.0	44.37	2.53
4"	632	632	19.7	59.26	3.91
5"	1898	1898	59.0	104.71	20.72
6"	2356	2356	73.3	158.65	38.97
7"	2534	2534	78.8	159.83	42.23
8"	2864	2864	89.1	252.22	75.31
9"	3037	3037	94.5	320.35	101.42
10"	3207	3207	99.7	370.93	124.02 Max
11"	2742	2742	85.3	396.27 Max	113.27
12"	2501	2501	77.8	281.80	73.46
13"	2415	2415	75.1	311.08	78.32
14"	2412	2412	75.0	323.01	81.21
15"	2724	2724	84.7	320.06	90.90
16"	2763	2763	85.9	300.14	86.44
17"	2747	2747	85.4	305.17	87.39
18"	2730	2730	84.9	310.20	88.28
19"	2818	2818	87.6	306.55	90.07
20"	2883	2883	89.7	321.14	96.51
21"	2924	2924	90.9	334.16	101.87
22"	2488	2488	77.4	343.42	89.07
23"	2256	2256	70.2	320.84	75.45
24"	2359	2359	73.4	309.70	76.15
25"	2881	2881	89.6	320.94	96.38
26"	2451	2451	76.2	332.48	84.95
27"	2940	2940	91.4	340.07	104.23

Fuente: Grupo de investigación

Figura 5.40. Cuadro de Valores Prueba 4 Megasquirt

La grafica que resulta de estos valores es la siguiente:



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.41. Curva de Torque y Potencia Prueba 4 Megasquirt

Análisis: en esta prueba se tiene que en cuarta marcha la curva es más irregular pero tiende a elevarse, el valor máximo que se obtiene en potencia es 124.02 Kw y el valor máximo en torque es 396.27 Nm.

Los cambios de marcha son menos bruscos y el motor se mantiene más estable. En esta prueba se encendió el ventilador debido a que la temperatura del motor empezó a subir, esto no es conveniente para las pruebas ya que el aire en el motor se calienta más de lo normal.

Los valores máximos se muestran a continuación:

Tabla 5.10. Valores Máximos Prueba 4 Megasquirt

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	124.02	3207
Torque Máximo (Nm)	396.27	2742

Fuente: Grupo de investigación

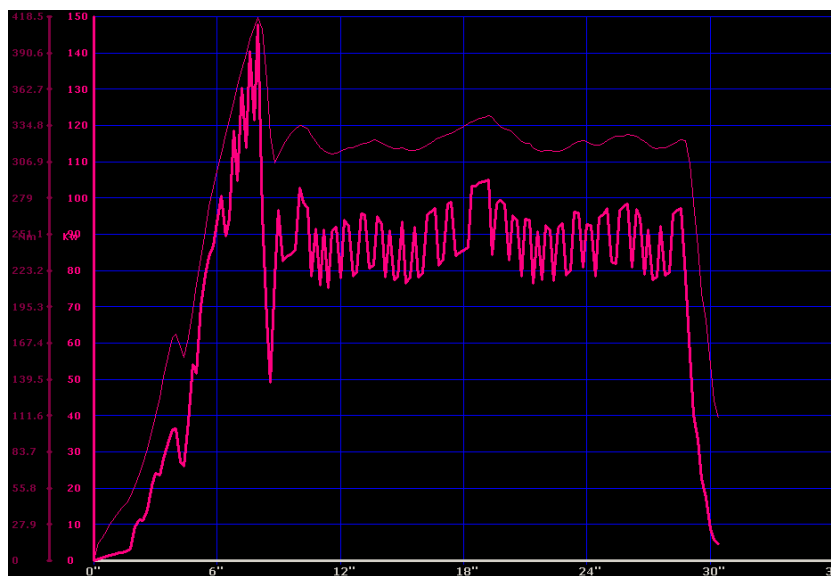
e. Prueba 5

Se obtiene el siguiente cuadro de valores:

Tiempo	Rpm rodillo	Rpm vehiculo	Velocidad (Km/h)	Torque en rueda (Nm)	Potencia en rueda (Kw)
0"	317	317	9.9	6.80	0.22
1"	518	518	16.1	33.13	1.79
2"	1548	1548	48.1	57.29	9.25
3"	2074	2074	64.5	111.42	24.09
4"	1996	1996	62.1	174.33	36.27
5"	2332	2332	72.5	212.58	51.68
6"	2982	2982	92.7	299.65	93.16
7"	2748	2748	85.5	366.00	104.85
8"	3392	3392	105.5	417.67 Max	147.69 Max
9"	2979	2979	92.7	311.38	96.69
10"	2950	2950	91.8	334.65	102.91
11"	2292	2292	71.3	317.69	75.90
12"	2374	2374	73.8	314.63	77.88
13"	2864	2864	89.1	320.55	95.72
14"	2765	2765	86.0	321.34	92.61
15"	2827	2827	87.9	317.39	93.56
16"	2390	2390	74.3	317.69	79.17
17"	2436	2436	75.8	326.86	83.00
18"	2458	2458	76.4	334.25	85.67
19"	2940	2940	91.4	341.16	104.55
20"	2841	2841	88.4	332.09	98.36
21"	2815	2815	87.6	321.34	94.30
22"	2810	2810	87.4	315.32	92.38
23"	2379	2379	74.0	316.80	78.58
24"	2763	2763	85.9	322.13	92.78
25"	2883	2883	89.7	322.82	97.01
26"	2880	2880	89.6	327.65	98.39
27"	2731	2731	84.9	320.06	91.13

Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.42. Cuadro de Valores Prueba 5 Megasquirt

La grafica que resulta de estos valores es la siguiente:



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.43. Curva de Torque y Potencia Prueba 5 Megasquirt

Análisis: se observa que se mantiene la forma de las gráficas en la mayoría de las pruebas obteniéndose en todas un gran aumento con respecto a las pruebas realizadas con la ECU estándar. En esta prueba se obtiene uno de los valores más altos en potencia y torque.

Los valores máximos se muestran a continuación:

Tabla 5.11. Valores Máximos Prueba 5 Megasquirt

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	147.69	3392
Torque Máximo (Kw)	417.67	3392

Fuente: Grupo de investigación

f. Prueba 6

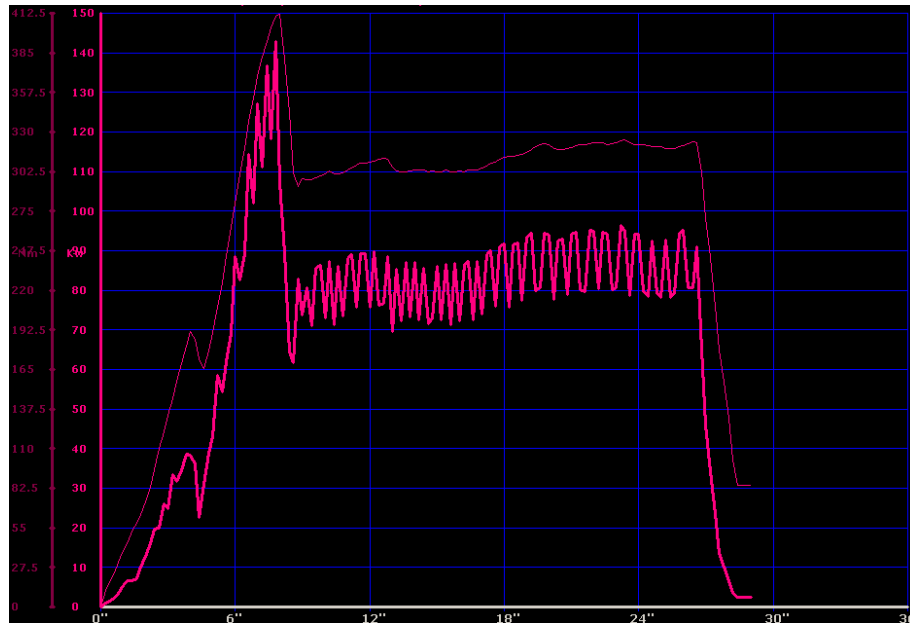
Se obtiene el siguiente cuadro de valores:

Tiempo	Rpm rodillo	Rpm vehiculo	Velocidad (Km/h)	Torque en rueda (Nm)	Potencia en rueda (Kw)
0"	305	305	9.5	6.51	0.21
1"	1327	1327	41.3	39.34	5.44
2"	1682	1682	52.3	72.77	12.76
3"	1793	1793	55.8	133.01	24.87
4"	1926	1926	59.9	191.28	38.41
5"	2162	2162	67.2	190.89	43.02
6"	3027	3027	94.1	280.12	88.40
7"	3308	3308	102.9	368.86	127.23 Max
8"	2498	2498	77.7	411.56 Max	107.18
9"	2372	2372	73.8	297.87	73.66
10"	2329	2329	72.4	301.12	73.11
11"	2783	2783	86.6	303.59	88.08
12"	2351	2351	73.1	309.21	75.80
13"	2183	2183	67.9	305.96	69.63
14"	2755	2755	85.7	303.29	87.11
15"	2728	2728	84.8	302.21	85.94
16"	2294	2294	71.3	302.70	72.39
17"	2332	2332	72.5	304.97	74.14
18"	2813	2813	87.5	312.37	91.61
19"	2837	2837	88.2	316.11	93.48
20"	2804	2804	87.2	321.24	93.91
21"	2832	2832	88.1	319.07	94.20
22"	2827	2827	87.9	322.23	94.96
23"	2397	2397	74.6	322.72	80.64
24"	2815	2815	87.6	321.14	94.26
25"	2344	2344	72.9	319.86	78.17
26"	2845	2845	88.5	320.75	95.13
27"	1632	1632	50.8	270.66	46.06

Fuente: Grupo de investigación

Figura 5.44. Cuadro de Valores Prueba 6 Megasquirt

La grafica que resulta de estos valores es la siguiente:



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.45. Curva de Torque y Potencia Prueba 6 Megasquirt

Análisis: en la sexta prueba se tiene que las caídas de potencia en los cambios de marcha son casi imperceptibles, en tercera marcha se obtiene el valor de torque y potencia máximos y en cuarta marcha el vehículo mantiene una potencia de 85 Kw aproximadamente. Se observa también que la curva muestra una pequeña elevación al final.

La temperatura del motor se mantiene estable y se procede a realizar la última prueba.

Los valores máximos se muestran a continuación:

Tabla 5.12. Valores Máximos Prueba 6 Megasquirt

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	127.23	3308
Torque Máximo (Nm)	411.56	2498

Fuente: Grupo de investigación

g. Prueba 7

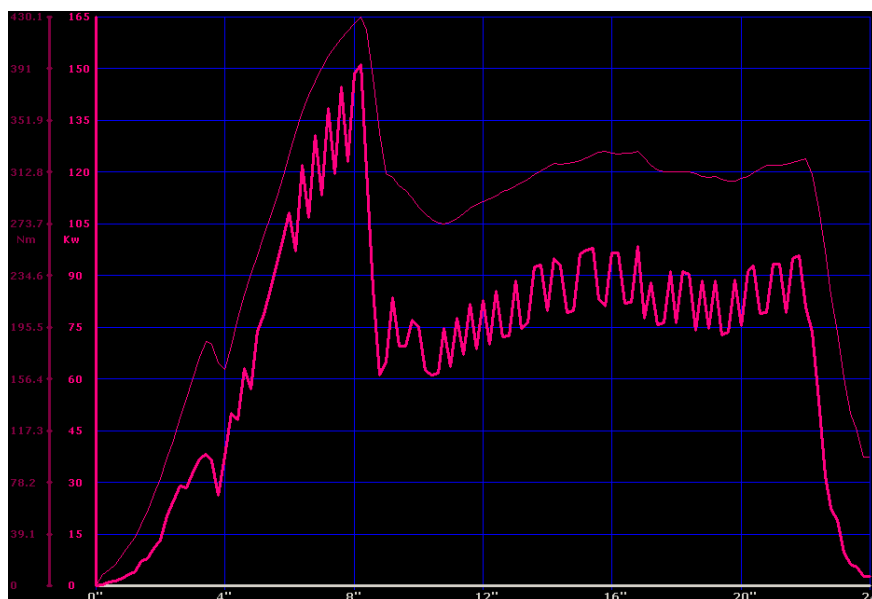
Se obtiene el siguiente cuadro de valores:

Tiempo	Rpm rodillo	Rpm vehiculo	Velocidad (Km/h)	Torque en rueda (Nm)	Potencia en rueda (Kw)
0"	287	287	8.9	5.52	0.17
1"	1039	1039	32.3	30.07	3.26
2"	1572	1572	48.9	81.35	13.33
3"	2008	2008	62.5	157.46	32.97
4"	2207	2207	68.6	163.87	37.70
5"	2834	2834	88.1	249.75	73.78
6"	3185	3185	99.1	326.07	108.27
7"	2777	2777	86.4	391.44	113.33
8"	3348	3348	104.1	425.16 Max	148.42 Max
9"	2000	2000	62.2	311.77	65.00
10"	2510	2510	78.1	285.94	74.81
11"	2219	2219	69.0	275.19	63.65
12"	2736	2736	85.1	290.28	82.80
13"	2803	2803	87.2	302.51	88.41
14"	2419	2419	75.2	316.90	79.91
15"	2870	2870	89.3	321.54	96.19
16"	2833	2833	88.1	327.25	96.66
17"	2307	2307	71.8	323.31	77.76
18"	2338	2338	72.7	312.76	76.23
19"	2320	2320	72.2	309.11	74.75
20"	2354	2354	73.2	307.83	75.54
21"	2813	2813	87.5	317.99	93.27
22"	2407	2407	74.9	322.82	81.00
23"	944	944	29.4	191.88	18.89
24"	277	277	8.6	97.12	2.80

Fuente: Grupo de investigación

Figura 5.46. Cuadro de Valores Prueba 7 Megasquirt

La grafica que resulta de estos valores es la siguiente:



Fuente: Grupo de investigación

Figura 5.47. Curva de Torque y Potencia Prueba 7 Megasquirt

Análisis: en la última prueba se obtiene el valor más alto de potencia, finalmente se procede a realizar el análisis de los valores obtenidos para determinar el porcentaje de ganancia obtenido en las pruebas realizadas con Megasquirt.

Los valores máximos se muestran a continuación:

Tabla 5.13. Valores Máximos Prueba 7 Megasquirt

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	148.42	3348
Torque Máximo (Nm)	425.16	3348

Fuente: Grupo de investigación

h. Potencia y Torque Promedio

A continuación se determina el valor promedio de Torque y Potencia obtenidos en las pruebas realizadas.

Tabla 5.14. Valor promedio de Torque y Potencia Megasquirt

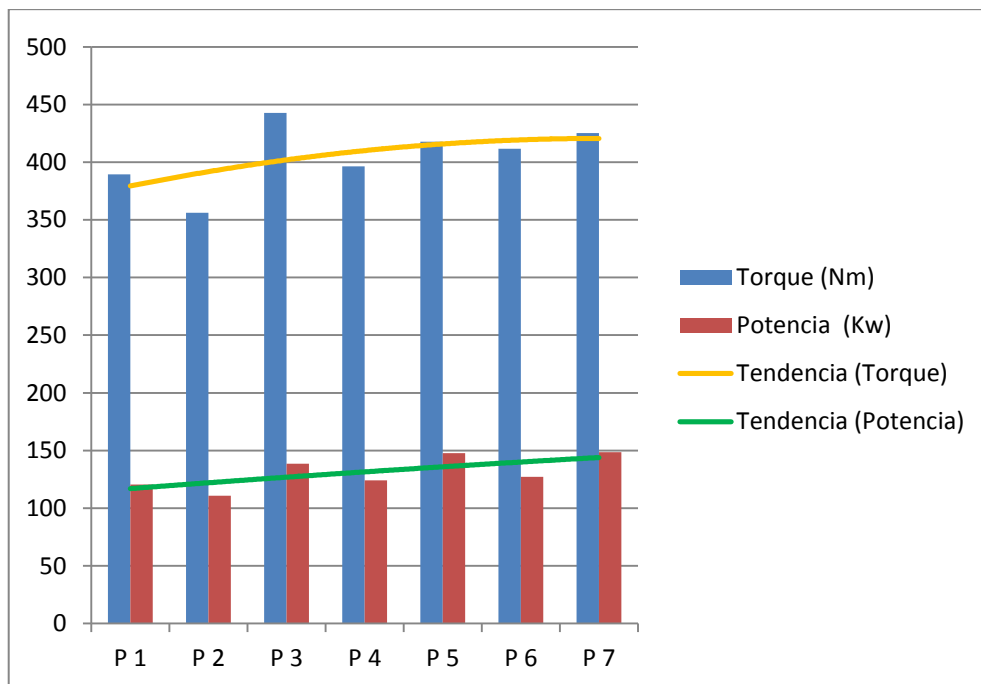
	Torque (Nm)	RPM	Potencia (Kw)	RPM
Prueba 1	389.37	2186	120.56	2923
Prueba 2	356.24	2756	110.74	2775
Prueba 3	442.81	2679	138.44	2997
Prueba 4	396.27	2742	124.02	3207
Prueba 5	417.67	3392	147.69	3292
Prueba 6	411.56	2498	127.23	3308
Prueba 7	425.16	3348	148.42	3348
Promedio	405.58	2800	131.03	3122

Fuente: Grupo de investigación

En las pruebas realizadas se obtuvo más variación en las medidas, esto se debe a cambios que se realizaron en los mapas de Megasquirt, a pesar de esto en todas las pruebas se obtuvo ganancia en torque y potencia con respecto a las pruebas con ECU estándar.

La potencia promedio obtenida es 131.03 Kw a 3122 rpm, y el torque promedio obtenido es 405.58 Nm a 2800 rpm.

A continuación se realiza el análisis grafico de las pruebas realizadas con Megasquirt efectuando el control de inyección y encendido.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.48. Análisis de pruebas con Megasquirt

El torque tiende variaciones en las distintas mediciones, llegando a obtenerse como valor máximo 442.81 Nm. La tendencia general es ir incrementándose con el transcurso de las pruebas.

La potencia de igual manera varía en sus mediciones, en este caso la mayor potencia que se obtuvo fue 148.42 Kw, en la última prueba. De igual manera la tendencia es el incremento de su valor con el transcurso de las pruebas.

5.5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizadas las pruebas en el dinamómetro con la ECU estándar y con Megasquirt procedemos a realizar el análisis de los resultados obtenidos para verificar la ganancia que se obtuvo y en qué porcentaje se elevaron los parámetros del motor (Torque y Potencia).

Tabla 5.15. Resultados finales

	Torque (Nm)	Potencia (Kw)
ECU Estándar	338.42	102.10
Megasquirt	405.58	131.03
Ganancia Neta	67.16	28.93
Porcentaje de Ganancia	20%	28%

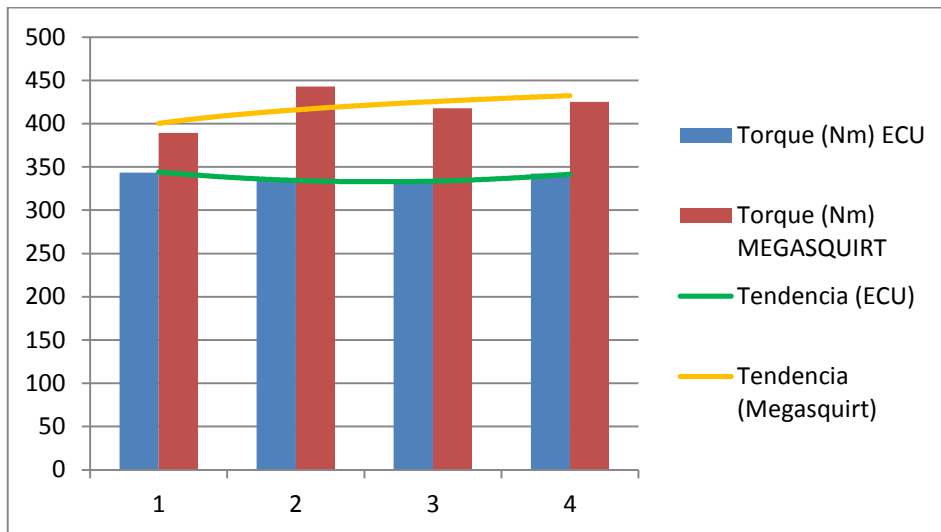
Fuente: Grupo de investigación

Con respecto al Torque se obtuvo una ganancia neta de 67.16 Nm, lo que equivale al aumento del 20% del Torque estándar.

Con respecto a la Potencia se obtuvo una ganancia neta de 28.93 Kw, lo que equivale al aumento del 28% de la Potencia estándar.

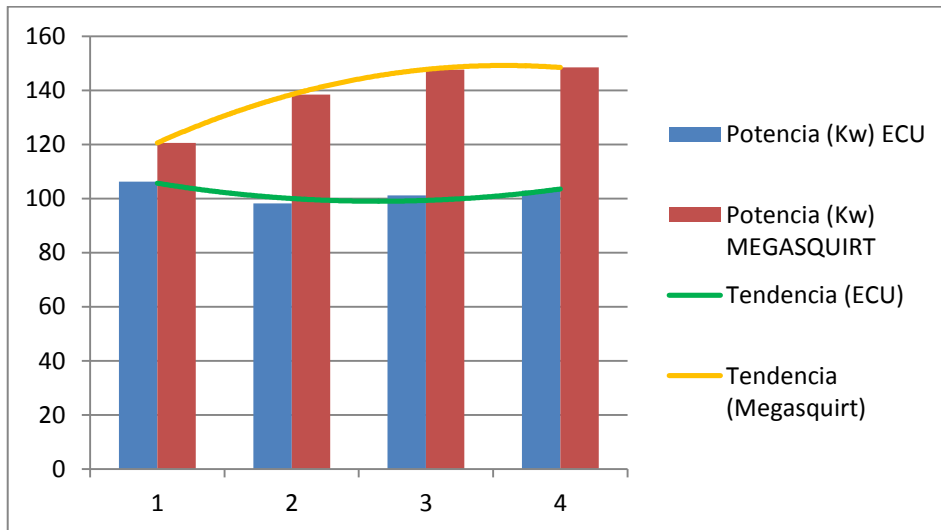
Cumpliendo así los objetivos y metas planteadas al inicio de este proyecto de investigación, se puede concluir afirmando que es posible elevar los parámetros característicos del motor con el uso de un sistema de inyección y encendido reprogramable, en este caso Megasquirt, y sin la necesidad de realizar modificaciones mecánicas adicionales.

Utilizando Megasquirt en un auto de competencia se podría elevar la ganancia obtenida siempre y cuando se realice la correcta instalación y programación de Megasquirt, siendo una ECU completamente fiable, económica y con resultados comprobados.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.49. Comparación de pruebas de torque entre Ecu's

En la **Figura 5.49** se muestra la diferencia entre las pruebas de torque realizadas con Megasquirt y con la ECU estándar, se observa también la líneas de tendencia para ambos casos.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5.50. Comparación de pruebas de potencia entre Ecu's

En la **Figura 5.48** se muestra la diferencia entre las pruebas de potencia realizadas con Megasquirt y con la ECU estándar, también se muestran las líneas de tendencia para ambos casos.

Tabla 5.16. Resumen de las pruebas

ECU	PRUEBA	TORQUE (Nm)	RPM	POTENCIA (Kw)	RPM
Estándar	1	343.52	2758	106.24	2758
	2	336.03	2284	98.19	2703
	3	331.99	2716	101.08	2716
	4	342.14	2294	102.90	2730
	Promedio	338.42	2513	102.10	2727
Megasquirt	1	389.37	2186	120.56	2923
	2	356.24	2756	110.74	2775
	3	442.81	2679	138.44	2997
	4	396.27	2742	124.02	3207
	5	417.67	3392	147.69	3292
	6	411.56	2498	127.23	3308
	7	425.16	3348	148.42	3348
	Promedio	405.58	2800	131.03	3122

Fuente: Grupo de investigación

Finalmente se presenta un resumen de todas pruebas realizadas con Megasquirt y con la ECU estándar, donde se aprecian claramente los resultados positivos del proyecto.

CAPÍTULO 6

6. MARCO ADMINISTRATIVO

6.1. RECURSOS

Se plantea este capítulo por la necesidad de analizar el aspecto de logística del proyecto, ya que con una planificación estratégica, se puede optimizar recursos.

Al hablar de recursos se puede mencionar los fundamentales: HUMANOS, TECNOLÓGICOS y MATERIALES.

6.1.1. RECURSOS HUMANOS

Para la realización del presente proyecto, se contó con el asesoramiento de dos profesionales: Ing. Germán Erazo designado como Director, el cual fomentó la investigación del tema, llevando así a un estudio interesante para el estudiante, de igual manera se contó con la dirección del Ing. Fabián Salazar el cual enfocó al estudio en el campo de competición para mirar la aplicabilidad de este proyecto en la vida diaria, y sobre todo en el mundo del automovilismo.

Tabla 6.1. Recursos Humanos

GRUPO DE INVESTIGACIÓN	
DIRECTOR	Ing. Germán Erazo
CODIRECTOR	Ing. Fabián Salazar
INVESTIGADOR 1	María José Díaz R.
INVESTIGADOR 2	Luis Gustavo Sopa B.

Fuente: Grupo de investigación

Como papel de investigadores Srta. María José Díaz y Sr. Luis Sopa, apasionados por los autos y el interés por el estudio de los mismos.

6.1.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS

Para la investigación tanto teórica como técnica se utilizó recursos como: computador, internet, impresora, software, dinamómetro, multímetro, comprobador de corriente, libros, cámara de fotografías, automóvil con los cuales se pudo realizar una investigación completa.

Tabla 6.2. Recursos Tecnológicos

RECURSOS TECNOLÓGICOS		
INFORMÁTICOS	TÉCNICOS	BIBLIOGRÁFICOS
Computadora	Dinamómetro	Internet
Impresora	Multímetro	Libros
Software	Vehículo Corsa Evolution	Cámara de fotografías

Fuente: Grupo de investigación

6.1.3. RECURSOS MATERIALES

Para materializar nuestra investigación, se utilizó recursos como: ecu programable, arnés de ecu programable, sensor de oxígeno de banda ancha, además de los elementos necesarios para en circuito de control de ECU's, siendo estos son los más relevantes.

Tabla 6.3. Recursos Materiales

CANTIDAD	ELEMENTO
1	ECU Megasquirt
1	Arnés de Megasquirt
1	Sensor EGO wideband
1	Adaptador USB/serial
6	Rele
6	Porta relé
3	Fusibles 15-A
3	Porta Fusibles
15 m	Cable Flexible
1	Interruptor
2	Taípe

Fuente: Grupo de investigación

6.2. PRESUPUESTO

A continuación se detallan las cifras económicas en las cuales se basa el proyecto, las cuales también sirvieron como fuente de control para la administración de la inversión.

Tabla 6.4. Presupuesto

ORDEN	DETALLE	TOTAL (USD)
1	MEGASQUIRT	800.00
2	CABLE EXTENSIÓN USB	5.00
3	ADAPTADOR USB/ SERIAL	20.00
4	SENSOR OXÍGENO DE BANDA ANCHA	400.00
5	ELEMENTOS ELECTRÓNICOS	50.00
6	COMBUSTIBLE	50.00
TOTAL GENERAL		1325.00

Fuente: Grupo de investigación

6.3. FINANCIAMIENTO

El financiamiento fue solventado por parte de los estudiantes Sr. Luis Gustavo Sopa Bravo y Srta. María José Díaz Rosero.

6.4. CRONOGRAMA

El cronograma se detalla en el **ANEXO C.**

CONCLUSIONES

- Se implementó una ECU programable y un sensor de oxígeno de banda ancha en el vehículo Corsa Evolution 1.4, los cuales permitieron elevar su potencia.
- Se seleccionó a Megasquirt como el sistema de inyección y encendido programable más adecuado para el vehículo Corsa Evolution, ya que resultó ser económico, fiable y fácil de programar.
- Se instaló Megasquirt en paralelo con la ECU estándar en el vehículo, por lo tanto se mantiene el sistema inmovilizador, luz MIL, así como los demás indicadores del tablero.
- Se desarrolló un sistema electrónico para realizar el cambio de control de una ECU a otra en cualquier momento.
- Se comprobó la eficacia de la reprogramación mediante pruebas en el dinamómetro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-EL.
- Los resultados obtenidos en las pruebas indican que en Torque se obtiene una elevación de 67.16 Nm, lo que equivale al 20% del Torque estándar. Con respecto a la Potencia se obtiene una elevación de 28.93 Kw, lo que equivale al 28% de la Potencia estándar.
- El sensor de oxígeno de banda ancha es fundamental en la puesta a punto del vehículo, ya que se puede observar la mezcla estequiométrica que se realiza en el motor en un rango de 7.4 a 22.4:1, debido a que se tiene un voltaje de señal de 5 V.
- El software MEGATUNE es amigable con el usuario ya que, muestra diferentes formas de mapeo, ya sea en Tabla como en mapa en 3D, esto nos ayuda a la puesta a punto de la ECU en el vehículo.

RECOMENDACIONES

- Desconectar el negativo de la batería durante toda la instalación eléctrica, para evitar daños en circuitos internos tanto de la ECU estándar como de Megasquirt.
- Las conexiones de voltaje de referencia se las debe realizar del switch principal en la posición accesorios, ya que si se toma directamente de la batería, provocarán un consumo así el vehículo este apagado, pudiendo así afectar a la vida útil de la batería.
- Al realizar la conexión como se indica en el esquema eléctrico, de preferencia señalar cada cable para no cometer errores, como por ejemplo que el vehículo no encienda.
- Realizar cuidadosamente el desprendimiento del aislante plástico de los cables de señal, al momento de realizar el empalme.
- El desmontaje del sensor de oxígeno se lo debe realizar cuando, el sistema de escape este frío ya que con el calor los materiales tienden a dilatarse, forzando su desmontaje y probablemente se provoque daño al sensor.
- Encender el ventilador al momento de realizar las pruebas en el dinamómetro, para prevenir temperatura excesiva en el motor, además colocar la manguera de evacuación de gases de escape.
- La persona que realice la conducción en las pruebas del dinamómetro debe tener un gran control sobre el vehículo para evitar accidentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, J. M. (2003). *Electrónica Digital y Microprogramable*. . España.
- Augeri, F. (2007). *Memorias*. Buenos Aires.
- Bosch. (2010). *Bosch worldwide*. Recuperado el 25 de Abril de 2013, de <http://www.bosch.com>
- Electromotive. (2008). *Electromotive Engine Controls*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de <http://www.electromotive-inc.com>
- Funes, C. (2010). *Motores para Competición*. Córdoba.
- Haltech. (2012). *Haltech Engine Management Systems*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de <http://www.haltech.com>
- Hinojosa, S. (2009). *Uso de Galleto 1260*. Córdoba .
- Martínez, J. (2011). *Conduccion eficiente de vehiculos industriales*. Madrid.
- Megasquirt. (2012). *Engine Management Systems*. Recuperado el 23 de Abril de 2012, de <http://www.msextra.com>
- Motec. (2010). *MoTeC Pty Ltd*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de <http://www.motec.com.au>
- NGK. (2009). *NGK Spark Plugs*. Recuperado el 24 de Abril de 2013, de <http://www.ngksparkplugs.com>
- Porras, J. L. (2003). *Ciclo real del Motor de Combustion Interna*. Castilla-La Mancha.
- Skala, F. (2008). *Programación J2534*. Buenos Aires.
- Zuñiga, G. (2012). *GUIOTECA*. Recuperado el 03 de 06 de 2013, de GUIOTECA: <http://www.guioteca.com/autos/%C2%BFde-que-sirve-el-torque-en-los-autos/>
- ALONSO, José. *Técnicas del Automóvil, Equipo Eléctrico*. España: Thonson, 2004.

- OROZCO, José. Diagnóstico y Servicio de Inyección Electrónica, México: Digital Comunicación, 2006. 15, 45-52
- CROUSE, William. Equipo Eléctrico y Electrónico del Automóvil. Colombia: Alfaomega, 2001. 2001, 15-19

ANEXOS

A: ESQUEMA ELÉCTRICO UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO
CORSIA EVOLUTION 1.4L

B: ENCUESTA

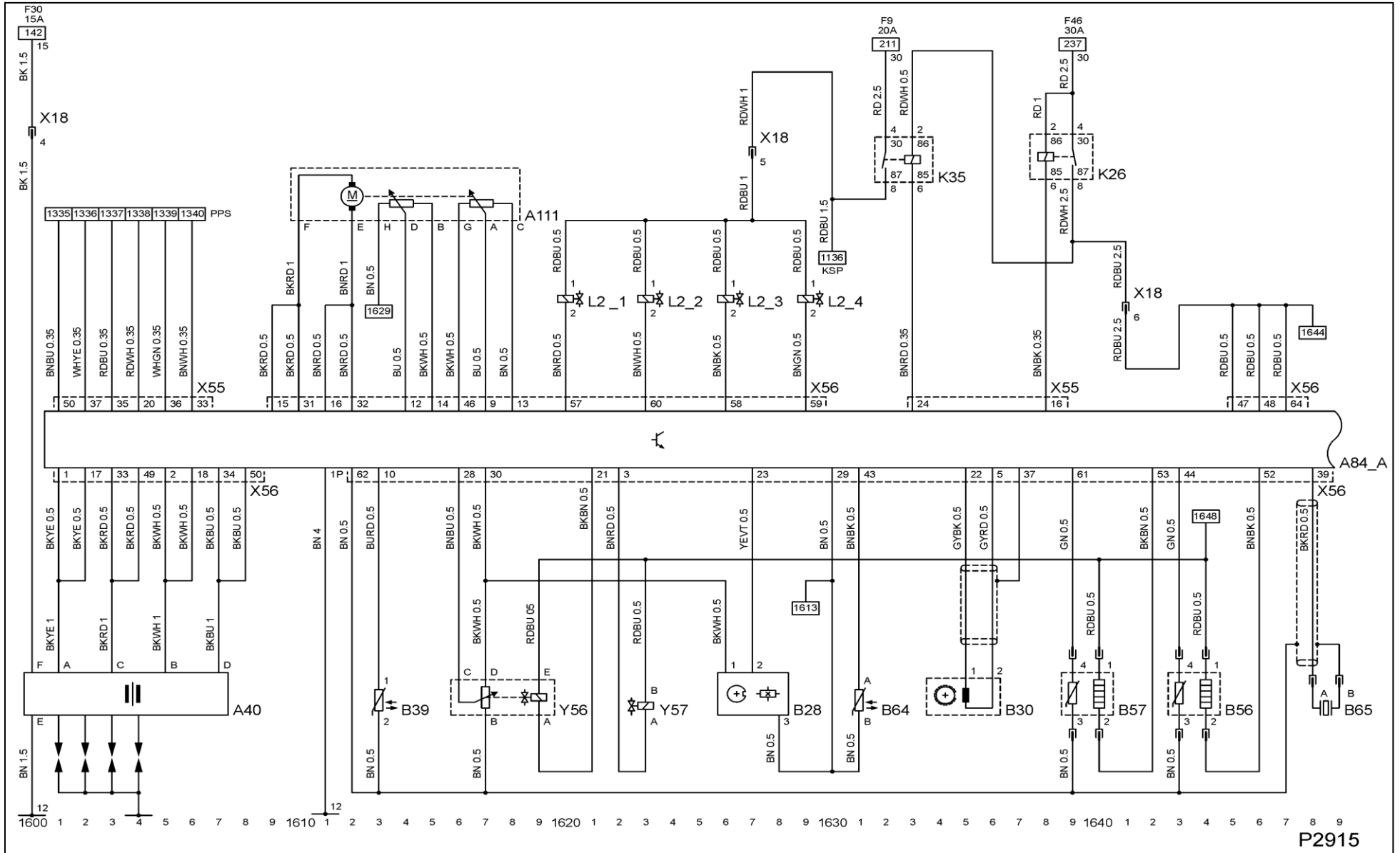
C: FORMATO DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO

D: CERTIFICADOS

E: ARTICULO TÉCNICO

ANEXO A

**ESQUEMA ELÉCTRICO UNIDAD DE CONTROL
ELECTRÓNICO CORSA EVOLUTION 1.4 L**



ANEXO B

ENCUESTA

ENCUESTA

1. ¿Conoce Ud. acerca de la reprogramación de ECU'S?

Sí X No

2. ¿Qué elemento de potenciación electrónica utiliza en su vehículo?

Chip Potenciado Ecu Programable X Otro

3. ¿Qué marca de ECU reprogramable usa Ud.?

MOTEC

4. ¿Quién realiza la puesta a punto de su vehículo?

Usted Especialista X Proveedor de la ECU

5. ¿Cómo realiza la puesta a punto de su vehículo?

Dinamómetro X Taller En la pista

6. ¿Qué buscaría en un sistema de inyección programable?

Fiabilidad X Fácil programación Fácil instalación

7. ¿Qué porcentaje de potencia ayuda a mejorar una ECU reprogramable?

5% 10% 15% 20% X

8. ¿Recomendaría utilizar una Ecu programable en un vehículo de calle para elevar sus parámetros? ¿Por qué?

Si, se puede aprovechar la potencia extra en viajes por carretera o cuando se requiera.

RALLY DE COTOPAXI

En la ciudad de Latacunga los días 5 y 6 de Julio del presente año, se dio lugar a la cuarta válida del campeonato Nacional de Rally organizado por la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo Deportivo (FEDAK) y la tercera válida del campeonato Regional de Rally organizado por el Cotopaxi Automóvil Club (CAC), Tungurahua Automóvil Club (TAC) y Club Automovilístico de Chimborazo (CACH).

Aprovechando la gran concurrencia de participantes al evento, se realizó la encuesta a los pilotos de las categorías: T2, T3, T4 y N. debido a que solo en estas categorías se utiliza la ECU reprogramable.

En la categoría N compiten autos turboalimentados con tracción a las 4 ruedas.

Los pilotos ganadores de la categoría N fueron:

Piloto	Copiloto	Tiempo Total
Juan Guerrero	Sebastián Guerrero	0:34:53,68
Paul Zea	J. Carlos Nuñez	0:34:56,32
Christian Proaño	F. Guerrero	0:35:26,21



En la categoría T4 compiten autos desde 1651 cc a 2050 cc sin turbo y con tracción a dos ruedas, por ejemplo Volkswagen Fox.

Los ganadores de la categoría T4 fueron:

Piloto	Copiloto	Tiempo Total
Efrén Jácome	Santiago Rivas	0:42:13,50
Iván Freire	Iván Freire Jr.	0:51:53,97
Pablo Navarrete	Cristian Sánchez	0:55:44,54



En la categoría T3 compiten autos desde 1451 cc a 1650 cc, con tracción a dos ruedas, por ejemplo: Chevrolet Aveo 1,6L, Peugeot 206. Cabe destacar que en esta categoría es donde hay más pilotos participantes, por lo que es muy competitiva de principio a fin.

Los ganadores de la categoría T4 fueron:

Piloto	Copiloto	Tiempo Total
Francisco Sevilla	Álvaro Sevilla	0:40:31,44
J. Carlos Paredes	Javier Luzuriaga	0:41:00,35
Christian Urgiles	Andrés Carpio	0:41:24,84



En la categoría T2 compiten autos desde 1251 cc a 1450 cc, con tracción a dos ruedas, por ejemplo Chevrolet Aveo 1,4L, Suzuki Forza 2.

Los ganadores de la categoría T4 fueron:

Piloto	Copiloto	Tiempo Total
Mauricio Ojeda	Micki Larrea	0:45:03,10
Santiago Torres	Carlos Torres	0:46:30,50
Christian Vivas	Marcelo Rosero	0:46:43,28



ANEXO C

FORMATO DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO

INFORMACIÓN DEL PROYECTO PI

1. DATOS GENERALES

Nombre o Título del proyecto:				
“REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL VEHÍCULO CORSA EVOLUTION 1.4, PARA ELEVAR LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”				
Entidad ejecutora			Entidad auspiciante/beneficiaria	
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-EL			Cotopaxi Automóvil Club	
Cobertura y localización				
Local x	Regional		Regional amplio	Nacional
Zona de Planificación Región 3	Región Sierra	Provincia Cotopaxi	Cantón Latacunga	Parroquia Matriz
Monto				
Presupuesto de Riesgos	Presupuesto aporte ESPE	Presupuesto entidad auspiciante/beneficiaria	Presupuesto Total	
\$1325.00		\$ 1325.00	\$ 1325.00	
Plazo de ejecución				
Fecha de presentación	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Duración	
14- enero-2013	14 - marzo-2013	08-octubre-2013	8 meses	
Sector y tipo de proyecto				
Sector Educación			Tipo de proyecto Vinculación	
Responsable del proyecto				
Nombres y Apellidos	Cargo	Unidad/Dpto.	Mail	Teléfono
Ing. Germán Erazo	Profesor tiempo completo	Energía y Mecánica	wgerazo@espe.ed u.ec	0995275227
Ing. Fabián Salazar	Profesor tiempo parcial		mfsalazar@espe.ed u.ec	0998179918
Detalle de entregables del proyecto				
Bienes				

Servicios	Estudio de factibilidad de uso, de ECU programable en vehículos estándar.			
Bienes y Servicios				
Detalle de adquisiciones del proyecto				
Descripción	% Nacional	% Importado	Detalle insumo nacional	Detalle insumo importado
Bienes	30	70	Elementos básicos electrónicos	Ecu programable
Servicios			NO APLICA	
Bienes y Servicios			NO APLICA	
Categorización del Proyecto				
Indispensable	Necesario X		Deseable	Admisible

2. DIAGNÓSTICO Y PROBLEMA

Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto:

En el campo automotriz es fundamental tener como aliada a la electrónica ya que muchos fabricantes han escogido nuevos sistemas electrónicos para mejorar el rendimiento de nuestro vehículo. He allí la utilidad del estudio de la reprogramación de computadoras, lo cual se aplica principalmente en autos de competencia, pero aplicado en vehículos de serie se puede obtener una gran mejora en potencia y consumo sin la necesidad de realizar cambios en partes mecánicas.

Muchas personas no quedan satisfechas con el rendimiento que tiene su auto de fábrica, así que buscan maneras de mejorar el rendimiento del vehículo, es así como se desarrollan los sistemas de inyección y encendido programable, dando total libertad a los usuarios para poder manipular estos y otros parámetros, Estos sistemas se pueden utilizar reemplazando totalmente a la ECU original del vehículo, o pueden ser conectadas en paralelo para formar un sistema completo y eficaz de gestión del motor.

Identificación, descripción y diagnóstico del problema

Con el estudio de este proyecto se tendrá una visión más clara acerca de la reprogramación de ECU's, una práctica que cada vez es más utilizada no solo en autos de competencia sino también en autos de calle para mejorar su performance.

En el mundo de la competición, será un punto importante a tomar en cuenta para optimizar a su mayor potencia al motor considerando que en el deporte tuerca no limita el factor económico, pudiendo así implementar en el auto métodos electrónicos y mecánicos al mismo tiempo ya que el objetivo es ganar.

Con el estudio de la programación de la ECU, se busca la respuesta a las interrogantes acerca de la aplicación de la electrónica en el automóvil.

Línea Base del proyecto:

Estudio de la ECU programable, para analizar el incremento de parámetros del motor de combustión interna, sin implementar elementos mecánicos que eleven potencia.

Identificación y caracterización de la población objetivo (beneficiarios y participantes)

Directos Hombres: 25	Directos Mujeres: 8	Total Directos: 33	Total Indirectos: 58	Personas con capacidades especiales:
--------------------------------	-------------------------------	------------------------------	--------------------------------	---

Número de docentes participantes: 2	Docentes participantes hombres: 2	Docentes participantes mujeres: 0
--	--	--

Número de estudiantes participantes: 2	Estudiantes participantes hombres: 1	Estudiantes participantes mujeres: 1
---	---	---

Factores críticos de éxito:

Adquisición de material / Disponibilidad de equipos de medición

Restricciones/Supuestos:

Recursos económicos/ Poca información sobre el tema

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

	Indicador	Medio de verificación	Supuestos
Fin: Reprogramación de una ECU programable, para elevar parámetros característicos del motor de combustión interna	Incrementar los parámetros del MCI, mediante implementación de un elemento electrónico sin modificar elementos mecánicos	Encuesta a pilotos de rally	Al implementar un elemento electrónico el MCI elevará sus parámetros sin modificar o incluir elementos mecánicos.
Propósito (objetivo general): Desarrollar la reprogramación electrónica del vehículo Corsa Evolution 1.4, para elevar los parámetros característicos de motor de combustión interna,	Elevar los parámetros del MCI sin realizar modificaciones en elementos mecánicos	Análisis de resultados de las pruebas realizadas en el Dinamómetro	Al reprogramar la ECU programable, se elevarán los parámetros del MCI



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

<p>sin realizar modificaciones mecánicas.</p>			
<p>Componentes (objetivos específicos):</p> <p>Implementar una ECU programable y un sensor de oxígeno de banda ancha en el vehículo Corsa Evolution 1.4 para elevar su potencia.</p> <p>Seleccionar el sistema de inyección y encendido programable más adecuado para el vehículo</p> <p>Instalar la ECU programable en paralelo con la ECU original para no perder sistemas importantes como Inmovilizador, luz MIL, entre otros.</p> <p>Desarrollar un sistema electrónico para el cambio de autoridad de la ECU original a la ECU reprogramable.</p> <p>Comprobar la eficacia de la reprogramación mediante pruebas en el dinamómetro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-EL.</p>	<p>En 8 meses se realizó la comparación de componentes, y se procedió a la selección de los mismos.</p>	<p>Cronograma, Pruebas de laboratorio.</p>	<p>Aprobación de resultados después de las pruebas en el dinamómetro por parte de los tutores del proyecto.</p>



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Actividad: Recopilación de información. Selección de componentes. Búsqueda de proveedores de componentes Compra de la ECU programable y sensor de oxígeno Diseño del circuito de instalación. Instalación de los elementos en el vehículo. Realización de pruebas en el dinamómetro	Mediante estas siete Actividades se llevó a cabo el cumplimiento del objetivo planteado , en un plazo de 8 meses	Inspección visual	Aprobación de la instalación de la ECU programable y su buen funcionamiento.
--	--	-------------------	--

Nota: Esta matriz, además deberá ser cargada en el software que proporcionará la SENPLADES.

4. VIABILIDAD Y PLAN DE SOSTENIBILIDAD

Viabilidad Técnica:

La ECU seleccionada es MEGASQUIRT, se conectará en paralelo con la ECU original del vehículo, para no perder sistemas como: inmovilizador, luz MIL entre otros.

El cambio de control de una ECU a otra se realizará mediante un interruptor de control y se lo podrá accionar en el vehículo tanto en movimiento como estacionado.

Los parámetros de inyección de combustible y tiempo de encendido así como corte de revoluciones se podrán modificar en tiempo real desde un computador portátil conectado a Megasquirt mediante un cable adaptador USB/Serial. El software que se utilizará es MEGATUNE.

Se instalará también un sensor de oxígeno de banda ancha, el cual monitorea la relación aire-combustible en tiempo real, así se podrá saber cómo se está realizando la combustión de la mezcla en el interior del motor, de acuerdo a esta información se aumenta o disminuye el combustible



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

MEGASQUIRT	Procesador de Motorola (68HC908) de 8MHz Sensor MAP Motorola (MPX4250AP). Entradas Sensor de posición del cigüeñal Sensor MAP Posición del acelerador (tipo potenciómetro) Temperatura del refrigerante Temperatura del Aire Sensor de oxígeno Salidas Salidas de inyectores: 4 Salidas de ignición: 2 Control del relé de la Bomba de combustible El control del ralentí (IAC) Control de la presión del turbo.
SENSOR DE OXÍGENO MOTORSPORTS MTX-L	Tecnología 100% digital. Construido en DirectDigital Incluye un sensor Bosch LSU 4.2 compatible con todos los tipos de combustible Dos salidas analógicas lineales (0-5V) totalmente programables, para el uso con sistemas de gestión del motor de ciclo cerrado y registradores de datos externos.

¿Qué perdería el país si el proyecto no se ejecuta en este periodo?	La oportunidad de conocer los resultados del rendimiento de un vehículo, implementando solo elementos electrónicos.
---	---

¿Cuáles son los resultados o impactos esperados del proyecto)	Buen desempeño de los elementos instalados. Excelente puesta a punto del vehículo. Buena aceptación del estudio en el campo de competición.
---	---

¿Dispone de alguna metodología específica para valorar el retorno de inversión de su proyecto?	SI:	NO: x
--	-----	----------

Análisis de impacto ambiental
Aplicando el método electrónico de la ECU, se disminuye el impacto ambiental, en comparación con los vehículos repotenciados con métodos tradicionales, como trucaje de piezas mecánicas.

Sostenibilidad social: equidad, género, participación ciudadana
Se establecerán nuevas plazas de trabajo ya que para la puesta a punto del vehículo se requerirá personal que este en capacidad de manejar y calibrar la ECU programable, pueden ser hombres como también mujeres.

Análisis de riesgos: Ingresar la información en el ANEXO



5. PRESUPUESTO DETALLADO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Ingresar la información en el ANEXO

6. ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN

PROYECTO "REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL VEHÍCULO CORSA EVOLUTION 1.4, PARA ELEVAR LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA"																													
		MESES																											
No.	ACTIVIDADES	1				2				3				4				5				6				7			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28
1	Recopilación de información.	X	X	X	X	X	X																						
2	Selección de componentes					X	X	X	X																				
3	Búsqueda de proveedores de componentes							X	X	X	X																		
4	Compra de la ECU programable y sensor de oxígeno									X	X	X	X																
5	Diseño del circuito de instalación.									X																			
6	Instalación de los elementos en el vehículo.													X	X	X	X	X											
7	Realización de pruebas en el dinamómetro																	X	X	X	X								
8	Presentación del proyecto																							X	X	X	X		

7. ESTRATEGIA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Hitos del proyecto

PRIMER SEMESTRE

SEGUNDO SEMESTRE

DESCRIPCIÓN DE HITOS	USD	DESCRIPCIÓN DE HITOS	USD
Selección de componentes	0	Presentación del trabajo final	32.5
Compra de ECU programable y sensor de oxígeno	1200		
Instalación de ECU programable	60.00		
Elaboración del informe final	32.50		

8. ANEXO

En los formatos que se encuentran en la hoja electrónica que se acompaña se debe ingresar la información relacionada con:

- Matriz de riesgos del proyecto
- Presupuesto por partidas
- Programación de inversiones

9. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

María José Díaz R.
Investigador

Luis Sopa B.
Investigador

Diego Bonilla
Presidente CAC

Ing. Germán Erazo
Director de proyecto y
Coordinador vinculación

Ing. Guido Torres
Director de Dpto.
Energía Y mecánica

Ing. Marcelo Silva
Jefe de Investigación y
Vinculación con la colectividad

MATRIZ DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN Y GERENCIA DE LOS RIESGOS						
ORD	ACTIVIDADES DEL PROYECTO	RIESGO	PROBABILIDAD DE RIESGO	PRIORIDAD RIESGO	ESTRATEGIA A SER IMPLEMENTADA	PRESUPUESTO
		Descripción del riesgo que puede afectar el cumplimiento de las actividades del proyecto.	Se especifica un valor estadístico entre 0% y 100%. La sumatoria de las probabilidades de riesgo del proyecto debe ser igual al 100%	Colocar secuencialmente la prioridad, correspondiendo 1 a la mayor probabilidad de riesgo	Define la o las actividades que se desarrollarán una vez que el evento de riesgo se ha llegado a formalizar.	Se especifica la cantidad presupuestaria prevista para desarrollar la(s) actividad(es) definida(s) para mitigar o eliminar el riesgo e incorporar a la hoja "Presupuesto por Partidas" y a "Programación Anual".
1	Recopilación de información.	Falta de fuentes de información acerca de reprogramación de ECU programable	30 %		Investigar en la web, o consultar a especialistas en el área, cualquier duda o inquietud que se tenga.	35
2	Selección de componentes.	Poco conocimiento acerca de las marcas existentes en el mercado.	10%		Buscar diferentes marcas y modelos de ECU programable para comparar características	0
3	Búsqueda de proveedores de componentes	Proveedores internacionales sin punto de distribución en nuestro país	20%		Obtener una casilla postal o conocer importadores que manejen el tema.	50
4	Compra de la ECU programable y sensor de oxígeno	Demora en el tiempo de entrega	20%		Buscar con antelación los materiales, calculando los tiempos de desaduanización, y trámites que conlleva una importación.	1200

5	Diseño del circuito de instalación.	Desconocer la distribución de pines , tanto de la ECU estándar como de Megasquirt	10%		Buscar el esquema eléctrico de la ECU estándar y la distribución de pines del conector de Megasquirt	15
6	Instalación de los elementos en el vehículo.	Mala ubicación de los elementos.	5%		Conocer los lugares del vehículo donde tiende a variar temperatura.	15
4	Realización de pruebas en el dinamómetro	Mala Calibración del dinamómetro	5%		Realizar el respectivo mantenimiento, y calibrar el dinamómetro bajo la supervisión de personal calificado	10
TOTAL			100%			\$ 1325,00

PRESUPUESTO POR PARTIDAS

PRESUPUESTO POR PARTIDAS								
PARTIDA PRESUPUESTARIA ¹				VALOR ESPE	VALOR OTRAS INSTITUCIONES	DOCUMENTO DE ESTIMACIÓN PRESUPUESTARIA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	CÓDIGO INCOPI
TIPO	COD	NOMBRE DE LA PARTIDA PRESUPUESTARIA	PARTIDA PRESUPUESTARIA					
Gastos en personal inversión	71							
		Total			\$ 0	\$ 0		
Bienes y servicios para inversión	73	ECU programable			\$ 800.00		Megasquirt MSextra 1 PCB 2.4	
		Sensor de oxígeno			\$400.00		Wideband BOSCH LSU 4.2, dos salidas analógicas	
		Elementos electrónicos			\$50.00		Relé, fusibles, cable flexible	
		Cable adaptador serial / USB			\$25.00		Omega USR 2309	
		Combustible para pruebas			\$50.00		Gasolina extra 91 octanos	
		Total				\$ 1325.00		
TOTAL				\$ 0	\$ 1325,00			

PROGRAMACIÓN ANUAL DE INVERSIONES

PROGRAMACIÓN ANUAL DE INVERSIONES

MES	GRUPOS DE GASTO (INVERSIÓN Y CAPITAL)															
	Personal Inversión			Bienes y Servicios Inversión			Obras Públicas			Otros Gastos Inversión			Bienes Larga Duración			TOTAL
	PP Grupo 71			PP Grupo 73			PP Grupo 75			PP Grupo 77			PP Grupo 84			
	PAR TIDA	VALOR ESPE	VALOR OTRAS INSTITUCIONES	PARTIDA	VALOR ESPE	VALOR OTRAS INSTITUCIONES	PARTIDA	VALOR ESPE	VALOR OTRAS INSTITUCIONES	PARTIDA	VALOR ESPE	VALOR OTRAS INSTITUCIONES	PARTIDA	VALOR ESPE	VALOR OTRAS INSTITUCIONES	
Marzo																
Abril																
Mayo						\$ 1200.00										\$ 1200.00
Junio																
Julio						\$ 100.00										\$ 100.00
Agosto																
Septiembre						\$ 25.00										\$ 25.00
Octubre																
TOTAL		\$ 0,00	\$ 0,00		\$ 0,00	\$ 1325.00		\$ 0,00	\$ 0,00		\$ 0,00			\$ 00,00	\$ 0,00	\$ 1325.00

ACTA DE CIERRE Y ENTREGA DEL PROYECTO

Una vez concluido el proyecto, el responsable deberá cerrar (liquidar) el proyecto mediante la presente acta:

<p>Título del Proyecto</p> <p>“REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL VEHÍCULO CORSA EVOLUTION 1.4, PARA ELEVAR LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”</p>	
<p>Objetivos Finales del Proyecto</p> <p>Desarrollar la reprogramación electrónica del vehículo Corsa Evolution 1.4, para elevar los parámetros característicos de motor de combustión interna, sin realizar modificaciones mecánicas.</p> <p>Implementar una ECU programable y un sensor de oxígeno de banda ancha en el vehículo Corsa Evolution 1.4 para elevar su potencia.</p> <p>Seleccionar el sistema de inyección y encendido programable más adecuado para el vehículo</p> <p>Instalar la ECU programable en paralelo con la ECU original para no perder sistemas importantes como Inmovilizador, luz MIL, entre otros.</p> <p>Desarrollar un sistema electrónico para el cambio de autoridad de la ECU original a la ECU reprogramable.</p> <p>Comprobar la eficacia de la reprogramación mediante pruebas en el dinamómetro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-EL.</p>	
<p>Fecha de entrega del Proyecto:</p> <p>Octubre 2013</p>	<p>Fecha de inicio del Proyecto:</p> <p>Marzo 2013</p>
<p>Costo Final del Proyecto en US\$</p> <p>\$ 1325.00</p>	<p>Aporte final del Patrocinador:</p> <p>\$ 1325.00</p>
<p>Entregables generados por el proyecto:</p> <p>Estudio de la ECU programable en un vehículo estándar</p>	<p>Bienes a favor de la ESPE:</p> <p>No aplica</p>
<p>Logros el proyecto:</p> <p>Comprobación del incremento de parámetros del vehículo al implementar la ECU programable, sin realizar trucaje de piezas.</p>	<p>Posibles Aplicaciones de los Resultados:</p> <p>Implementación de ECU programable en vehículos estándar para incrementar parámetros.</p>

**ESPE**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**Beneficiarios del Proyecto:**

Cotopaxi Automóvil Club, tanto socios, como pilotos de las distintas categorías.

Comentarios Generales:

La electrónica en el campo automotriz tiene un amplio cuadro de estudio ya que nuevas tecnologías entran al mundo tuerca, las cuales ayudan a mejorar el rendimiento del vehículo, es por esto que este proyecto, verificó el incremento de parámetros del vehículo, únicamente implementando la ECU programable, elemento netamente electrónico llegando así a la obtención de excelentes resultados.

Presupuesto desglosado

PARTIDAS PRESUPUESTARIAS ASIGNADAS	VALOR
Equipos	\$ 1325.00

PARTIDAS PRESUPUESTARIAS UTILIZADAS	VALOR
Equipos	\$ 1325.00

Firmas de Responsabilidad

María José Díaz R.
Investigador

Luis Sopa B.
Investigador

Ing. Diego Bonilla
Presidente CAC

Ing. Germán Erazo
Director de proyecto y
Coordinador vinculación

Ing. Guido Torres
Director de Dpto.
Energía Y mecánica

Ing. Marcelo Silva
Jefe de Investigación y
Vinculación con la colectividad

ANEXO D

CERTIFICADOS



Oficio N° 0112-CAC-2013

Latacunga, marzo 14 del 2013

Ing. Germán Erazo
Coordinador de Investigación y vinculación con la Colectividad
Universidad de Fuerzas Armadas Extensión Latacunga
Presente.-

Yo, **DIEGO BONILLA MORENO**, en calidad de Presidente del **COTOPAXI AUTOMÓVIL CLUB** de la ciudad de Latacunga, solicito de la manera más comedida se autorice desarrollar como proyecto de Investigación y que sirva para desarrollar vinculación a través de experiencias y mediciones en el ámbito tecnológico con pruebas de laboratorio mediante la **"REPROGRAMACIÓN ELECTRONICA DEL VEHÍCULO CORSA EVOLUCIÓN 1.4, PARA ELEVAR LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA"**, a través de la señorita María José Díaz Rosero con CI. 1003203765 y al señor Luis Gustavo Sopa Bravo con CI. 1720452752.

El trabajo constituirá una fuente relevante de información acerca de la repotenciación electrónica de los vehículos y será de utilidad para todos los socios de nuestro AUTOMÓVIL CLUB.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'D. Bonilla', is written over a horizontal line.

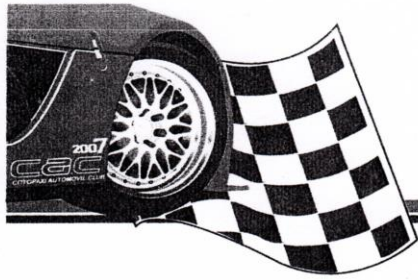
Lic. Diego Bonilla Moreno
PRESIDENTE C.A.C.



cac_cotopaxiautomovilclub@yahoo.com

www.cotopaxiautomovilclub.com

Calle Guayaquil 5-32 y Quito (planta alta) Telefax: 03 280 38 38
Latacunga. Ecuador



CAC
COTOPAXI AUTOMOVIL CLUB

Oficio N° 0132-CAC-2013

Latacunga, octubre 23 del 2013

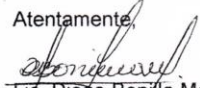
Sr. Tcm.
Freddy Játiva
**DIRECTOR DE UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS EXTENSIÓN
LATACUNGA**
Presente.-

Yo, **DIEGO BONILLA MORENO**, en calidad de Presidente del **COTOPAXI AUTOMÓVIL CLUB** de la Ciudad de Latacunga, certifico que el proyecto de investigación y vinculación denominado **"REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL VEHÍCULO CORSA EVOLUTION 1.4, PARA ELEVAR LOS PARAMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA"**, elaborado por la señorita María José Díaz Rosero y el señor Luis Gustavo Sopa Bravo, constituye un aporte significativo para los socios de nuestro Club, ya que en la ECU reprogramable utilizada en éste trabajo es económica, fiable y garantizada para su uso en vehículos de rally, de acuerdo a las pruebas realizadas en los laboratorios de la universidad de Fuerzas Armadas.

El trabajo fue supervisado y avalado continuamente por varios socios de nuestro AUTOMÓVIL CLUB, expresando satisfacción en los mismos por los resultados obtenidos.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, los interesados pueden dar uso a la presente para los fines pertinentes. Y reiteramos el pedido para hacer uso de sus instalaciones para obtener el aporte científico y tecnológico de la Universidad

Atentamente,


Lic. Diego Bonilla Moreno
PRESIDENTE CAC



cac_cotopaxiautomovilclub@yahoo.com
www.cotopaxiautomovilclub.com
Calle Guayaquil 5-32 y Quito (planta alta) Telefax: 03 280 38 38
Latacunga. Ecuador

ANEXO E

ARTICULO TÉCNICO

REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL VEHÍCULO CORSA EVOLUTION 1.4, PARA ELEVAR LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Srta. María José Díaz
Sr. Luis Gustavo Sopa Bravo
Ing. Germán Erazo
Ing. Fabián Salazar

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga
Quijano y Ordoñez y Marqués de Maenza S/N Latacunga, Ecuador

Email:majito2489@hotmail.com

luisgsopab89@hotmail.es

wgerazo@espe.edu.ec

mfsalazar@espe.edu.ec

RESUMEN

El desarrollo del proyecto de investigación permitirá elevar los parámetros característicos (Torque y Potencia), del vehículo Corsa Evolution 1.4l, mediante la implementación de una ECU programable, la que se conectara en paralelo con la ECU del vehículo para no perder sistemas como: inmovilizador, luz MIL entre otros.

Los parámetros de inyección de combustible, tiempo de encendido así como corte de revoluciones se podrán modificar en tiempo real desde un computador portátil conectado a Megasquirt mediante un cable adaptador USB/Serial. El software que se utilizará es MEGATUNE.

Finalmente se realizará pruebas de Torque y Potencia en el dinamómetro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-EL, para comprobar los resultados que se espera obtener.

Palabras Clave:

Torque, Potencia, ECU programable, dinamómetro, Megasquirt, Megatune.

ABSTRACT

The development of the research project will raise the characteristic parameters (torque and power), Evolution Corsa 1.4L vehicle by implementing a programmable ECU, which was connected in parallel with the vehicle's ECU to keep systems as immobilizer, MIL among others. The parameters of fuel injection, ignition timing and cutting speed can be modified in real time

from a laptop connected to Megasquirt using an adapter cable USB / Serial. The software used is MegaTune.

Finally made Torque and Power tests on the dynamometer at the University of the Armed Forces ESPE-EL, to check the results to be obtained.

Keywords:

Torque, Power, programmable ECU, dynamometer, Megasquirt, MegaTune.

I. INTRODUCCIÓN

En el campo automotriz es fundamental tener como aliada a la electrónica ya que muchos fabricantes han escogido nuevos sistemas electrónicos para mejorar el rendimiento de los vehículos.

Actualmente tanto por economía, como por desconocimiento, se sigue manteniendo una mecánica empírica donde el técnico no va más allá de lo que es un motor, esto da como resultado el poco aprovechamiento de la electrónica como un recurso indispensable para el desarrollo de nuevas tecnologías en la rama automotriz.

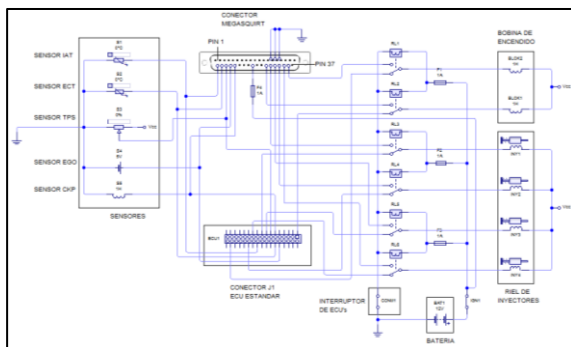
He allí la utilidad del estudio de la reprogramación de computadoras, lo cual se aplica principalmente en autos de competencia, pero aplicado en vehículos de serie se puede obtener una gran mejora en potencia y torque sin la necesidad de realizar cambios en partes mecánicas.

Muchas personas no quedan satisfechas con el rendimiento que tiene su auto de fábrica, así que buscan maneras de mejorar el rendimiento del vehículo, es así como se desarrollan los sistemas de inyección y encendido programable, dando total libertad a los usuarios para poder manipular estos y otros parámetros, Estos sistemas se pueden utilizar reemplazando totalmente a la ECU original del vehículo, o pueden ser conectadas en paralelo para formar un sistema completo y eficaz de gestión del motor.

En el presente trabajo de investigación se analizarán los tipos de programación que podemos tener y aplicar en los vehículos con motor de combustión interna, las ventajas y desventajas que presentan y los resultados que se obtendrán aplicándolos en un vehículo de serie.

II. INSTALACIÓN

La ecu seleccionada para el desarrollo de la investigación es Megasquirt la cual se conecta en paralelo a la ECU estándar del vehículo de acuerdo al siguiente esquema.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 1. Esquema de conexión de Megasquirt

Los sensores son los encargados de enviar las distintas señales a la ECU acerca del estado de funcionamiento del motor, Megasquirt de igual manera necesita estas señales para optimizar la cantidad de combustible que requiere el motor en las distintas condiciones de carga, temperatura, etc.

Por esta razón se realizara un empalme en "T" o derivación simple, para que de esta manera la

señal de los sensores llegue a las dos ECU's. El empalme se realiza cerca del conector J1 de la ECU estándar del vehículo.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 2. Conexión del arnés de Megasquirt

También se suspendió temporalmente el catalizador del automóvil debido a que al realizar las pruebas iniciales generalmente no se mantiene una mezcla estequiométrica ideal, es decir, la mezcla será muy rica o pobre. Al no realizarse una buena combustión, los gases residuales pueden afectar la estructura interna del catalizador.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 3. Catalizador del vehículo Corsa Evolution

El catalizador se volverá a montar una vez finalizadas las pruebas, cuando no corra el riesgo de obstruirse, manteniendo así el nivel de emisiones reglamentario para circular en ciudad.

Megasquirt cuenta con un Sensor de Presión Absoluta (MAP) interno de 250 kPa, ya que la programación se realiza en función de la carga del motor y las revoluciones del mismo, por esta razón se debe realizar una toma de vacío desde el múltiple de admisión.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 4. Toma de vacío de Megasquirt

Esta conexión no presenta mayor dificultad, lo importante es que la toma se haga en el múltiple de admisión luego del estrangulador, para que la medición de la carga del motor sea lo más precisa posible.

III. PROGRAMACIÓN

La interface que se utilizara para programar Megasquirt se denomina Megatune 2.25. Este permite que todos los parámetros de ajuste y configuración sean modificados y tiene un editor de tablas de VE en tiempo real, que permiten a un pasajero del vehículo afinar el motor durante la conducción.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 5. Interface MegaTune

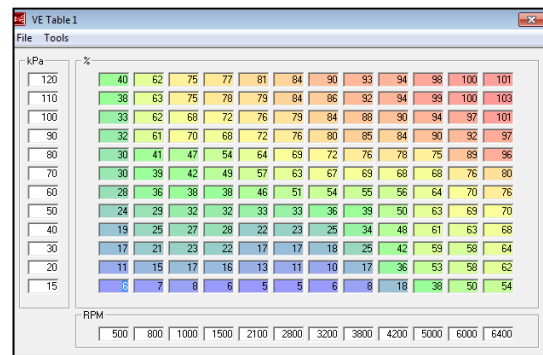
La programación de Megasquirt se realiza mediante cuadros de valores o mapas, antes de encender el vehículo es necesario ingresar una calibración previa, ya que si no lo hacemos el vehículo no encenderá.

El camino para una buena calibración empieza logrando que el vehículo encienda y se mantenga estable a bajas revoluciones, es decir, en ralentí. Logrado este objetivo el siguiente paso es tratar de que el vehículo funcione normalmente en cualquier condición de circulación y finalmente se puede empezar las mejoras de rendimiento, ya sea tanto en carretera como en el dinamómetro.

Las constantes iniciales son datos acerca del motor, tipo de inyección, tipo de encendido, configuración del sensor de oxígeno, cantidad de combustible requerido, numero de inyectores, entre otros. Todos estos sirven para poder optimizar la cantidad de combustible que

será inyectado, así como el adelanto necesario para que la combustión se realice de manera eficaz.

Para configurar el mapa de combustible con Megasquirt, hay una serie de parámetros que modificar. Los más importantes son el valor REQ_FUEL y la tabla VE (tabla 12x12 de eficiencia volumétrica). El objetivo es lograr relaciones aire-combustible 12.5-13.1:1 en máxima aceleración y 15-17:1 con cargas ligeras para un motor atmosférico. Un motor potenciado puede requerir una mezcla más rica en el poder.

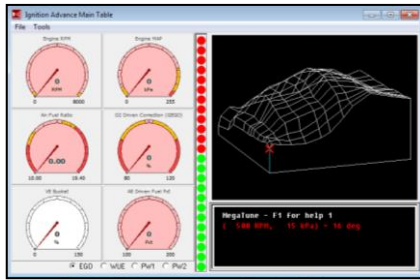


Fuente: Grupo de investigación
Figura 6. Ventana VE de eficiencia volumétrica

La puesta a punto de la tabla VE implica enriquecer (mediante el aumento de la VE) o afinar (disminuyendo VE) cada punto de la misma. La mayor parte de la conducción se producirá en una franja diagonal de la tabla VE, desde bajas revoluciones, bajo kPa (es decir, en reposo) a altas rpm, alta kPa (es decir la mariposa totalmente abierta).

El método de puesta a punto toma 2 personas para hacerlo, uno para conducir, y el otro para operar la computadora portátil. Asegurarse de que el motor haya alcanzado la temperatura de funcionamiento antes de iniciar la puesta a punto de la tabla VE para que no haya ningún enriquecimiento de calentamiento que se añada a la mezcla.

La puesta a punto de la tabla de encendido es la parte más complicada de la programación, a continuación se detallan los fundamentos básicos que debe tener en cuenta para afinar la tabla.



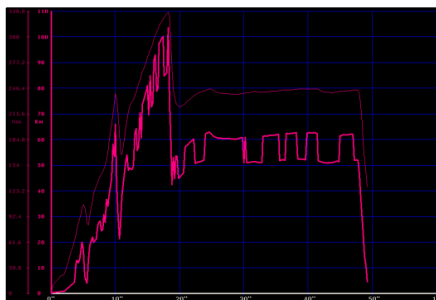
Fuente: Grupo de investigación
Figura 7. Mapa 3D de encendido

En la zona de inactividad y de baja de velocidad generalmente se recomienda retrasos de unos 8-20deg, por lo general inactivo será de alrededor de 8-12deg, pero esto depende del diseño del motor.

El área de velocidad crucero del mapa debe tener un avance razonablemente alto, (menor o mayor de 30), como la mezcla será bastante pobre se dará una combustión mínima. Tener en cuenta que la cantidad óptima de avance total no es necesariamente la que no provoca la detonación. Por ejemplo, con un moderno diseño de la culata, es posible obtener la potencia máxima a 32° APMS, pero puede ser que no se experimente ninguna detonación hasta 38° - 40°.

A medida que aumenta la carga del motor, el mapa de chispa se debe retrasar, como la mezcla será más rica, las posibilidades de detonación también aumentará con la carga. Se recomienda quitar 1 grado de avance por cada 2PSI de impulso, lo que es simplemente una guía general.

A continuación presenta un resumen de pruebas realizadas en el dinamómetro de rodillos. Primero se realizan pruebas con la ECU estándar del vehículo.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 8. Curva 1 Torque y Potencia ECU estándar

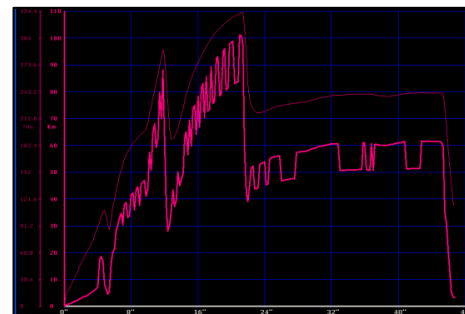
En la primera prueba se aprecia cómo se llega a un punto de potencia máxima en tercera marcha y luego en cuarta marcha la curva se mantiene en un valor de 65 Kw. aproximadamente.

Tabla 1: Valores Máximos prueba 1 ECU estándar

	RPM Vehículo	
Potencia Máxima (Kw)	98.19	2703
Torque Máximo (Nm)	336.03	2284

Fuente: Grupo de investigación

A continuación la Prueba 2:



Fuente: Grupo de investigación
Figura 9. Curva 2 Torque y Potencia ECU estándar

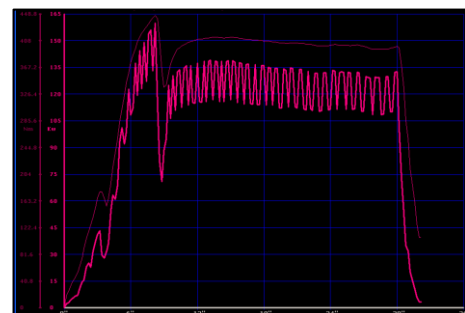
En la segunda prueba se mantuvo más aceleración en segunda marcha, pero al realizar el cambio a tercera la caída en potencia y torque fue mayor, sin embargo en tercera vuelve a subir a su valor máximo y en cuarta marcha se mantiene en un valor de 60 Kw.

Tabla 2: Valores Máximos prueba 2 ECU estándar

	RPM Vehículo	
Potencia Máxima (Kw)	101.08	2716
Torque Máximo (Nm)	331.99	2716

Fuente: Grupo de investigación

Pruebas con Megascirt.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 10. Curva 1 Torque y Potencia Megascirt

En la primera prueba se obtiene una curva más continua, en tercera marcha se obtiene el

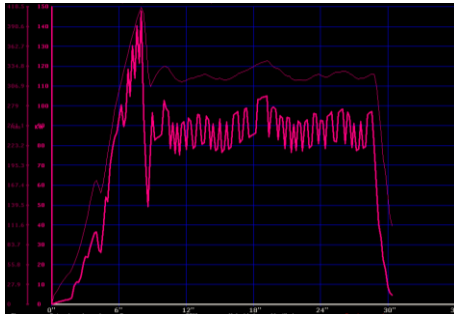
torque y potencia máximos, se observa que la caída de potencia en cuarta marcha es menor y tiende a mantenerse más uniforme.

Tabla 3: Valores Máximos prueba 1 Megasquirt

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	138.44	2997
Torque Máximo (Nm)	442.81	2679

Fuente: Grupo de investigación

A continuación la prueba 2:



Fuente: Grupo de investigación

Figura 11. Curva 2 Torque y Potencia Megasquirt

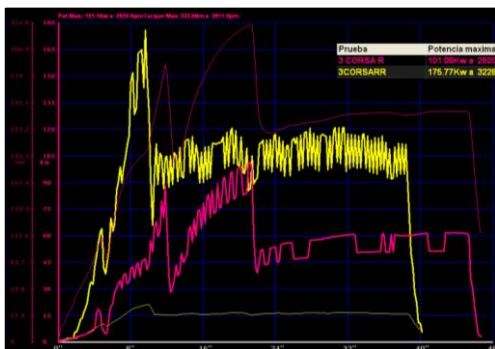
Se observa que se mantiene la forma de las gráficas en la mayoría de las pruebas obteniéndose en todas un gran aumento con respecto a las pruebas realizadas con la ECU estándar. En esta prueba se obtiene uno de los valores más altos en potencia y torque.

Tabla 4: Valores Máximos prueba 2 Megasquirt

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	147.69	3392
Torque Máximo (Kw)	417.67	3392

Fuente: Grupo de investigación

En las pruebas realizadas con Megasquirt se obtuvo un claro aumento en Torque y Potencia, en la Figura 12 se observa en color amarillo la curva obtenida con la ECU estándar y en color fucsia la curva obtenida con Megasquirt.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 12. Comparación curvas obtenidas

Los resultados obtenidos al final de las pruebas es el siguiente:

Tabla 5: Resultados finales

	Torque	Potencia
ECU Estándar	338.42 Nm	102.10 Kw
Megasquirt	405.58 Nm	131.03 Kw
Ganancia Neta	67.16 Nm	28.93 Kw
Porcentaje de Ganancia	20%	28%

Fuente: Grupo de investigación

Utilizando Megasquirt en un auto de competencia se podría elevar la ganancia obtenida siempre y cuando se realice la correcta instalación y programación de Megasquirt, siendo una ECU completamente fiable, económica y con resultados comprobados.

IV. CONCLUSIONES.

Se implementó una ECU programable y un sensor de oxígeno de banda ancha en el vehículo Corsa Evolution 1.4, los cuales permitieron elevar su potencia.

Se seleccionó a Megasquirt como el sistema de inyección y encendido programable más adecuado para el vehículo Corsa Evolution, ya que resultó ser económico, fiable y fácil de programar.

Se instaló Megasquirt en paralelo con la ECU estándar en el vehículo, por lo tanto se mantiene el sistema inmovilizador, luz MIL, así como los demás indicadores del tablero.

Se desarrolló un sistema electrónico para realizar el cambio de control de una ECU a otra en cualquier momento.

Se comprobó la eficacia de la reprogramación mediante pruebas en el dinamómetro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-EL.

Los resultados obtenidos en las pruebas indican que en Torque se obtiene una elevación de 67.16 Nm, lo que equivale al 20% del Torque estándar. Con respecto a la Potencia se obtiene una elevación de 28.93 Kw, lo que equivale al 28% de la Potencia estándar.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Angulo, J. M. (2003). *Electrónica Digital y Microprogramable*. España.
- [2] Augeri, F. (2007). *Memorias*. Buenos Aires.
- [3] Electromotive. (2008). *Electromotive Engine Controls*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de <http://www.electromotive-inc.com>
- [4] Funes, C. (2010). *Motores para Competición*. Córdoba.
- [5] Haltech. (2012). *Haltech Engine Management Systems*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de <http://www.haltech.com>
- [6] Hinojosa, S. (2009). *Uso de Galleto 1260*. Córdoba.
- [7] Martínez, J. (2011). *Conduccion eficiente de vehiculos industriales*. Madrid.
- [8] Megasquirt. (2012). *Engine Management Systems*. Recuperado el 23 de Abril de 2012, de <http://www.msextra.com>
- [9] Motec. (2010). *MoTeC Pty Ltd*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de <http://www.motec.com.au>
- [10] NGK. (2009). *NGK Spark Plugs*. Recuperado el 24 de Abril de 2013, de <http://www.ngksparkplugs.com>
- [11] Porras, J. L. (2003). *Ciclo real del Motor de Combustion Interna*. Castilla-La Mancha.

BIOGRAFÍA.



Germán Erazo, nació en Latacunga, Ecuador, Es Ingeniero Automotriz, Ingeniero Industrial dispone estudios de Posgrado en Autotrónica, Gerencia de Marketing, Gerencia de Proyectos, Diseño Curricular, Administración de Empresas, Egresado de Maestría en Gestión de Energías Universidad Técnica de Cotopaxi. Docente en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE desde 1993. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica y electrónica automotriz.



Fabián Salazar, nació en Latacunga, Ecuador, Es ingeniero de Ejecución en Mecánica Automotriz, Ingeniero Industrial, posee Maestrías en Dirección de Empresas y Gestión de Energías, dispone estudios de Posgrado en, Gerencia de Marketing, especialista en Proyectos, Diseño Curricular, Docente Tiempo completo en la Escuela Politécnica del Ejército desde 1997 hasta 2003. Y en la actualidad como hora clase, Prestación de servicios y asesoramientos automotrices en Instituciones educativas superiores y concesionarias automotrices. Es propietario de Comercial Automotriz Salazar, COASA, micros empresa de venta de repuestos automotrices.



María José Díaz R., nació en Quito, Ecuador. Es Ingeniera Automotriz, Brinda sus servicios en AUTO-CHEVROLET como asesora de servicios.



Luis Gustavo Sopa B., nació en Quito, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz. Brinda servicios como asesor en mecánica automotriz.

Registro de la publicación

Fecha recepción	14 octubre 2013
Fecha aceptación	17 octubre 2013
Revisado por:	Germán Erazo. Fabián Salazar.

Latacunga, Octubre del 2013

AUTORES:

DÍAZ ROSERO MARÍA JOSÉ

SOPA BRAVO LUIS GUSTAVO

ING. JUAN CASTRO C.

DIRECTOR DE CARRERA

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DR. RODRIGO VACA CORRALES

SECRETARIO ACADÉMICO

UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO