



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

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autor: Anthony Fernando Romero Sánchez

Tutor: Ing. Fernando Gómez Berrezueta, M.Sc.

**Implementación de una Computadora Reprogramable Racetec
R1000 para el Aumento de Potencia en un Vehículo M1**

Certificado de Autoría

Yo, Anthony Fernando Romero Sánchez, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Anthony Fernando Romero Sánchez

C.I.: 0706462777

Aprobación del Tutor

Yo, Fernando Gómez Berrezueta certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, M.Sc.

C.I.: 0103441846

Director de Proyecto

Dedicatoria

A mis padres, por su amor incondicional y su apoyo constante en cada etapa de mi vida.

A mis profesores y mentores, por guiarme y compartir su conocimiento.

A mis amigos, por su aliento y compañerismo durante este viaje académico.

A todos ustedes, con gratitud y aprecio.

Anthony Romero

Agradecimiento

"En la vida, como en un viaje, son los compañeros quienes hacen el camino más llevadero."

Agradezco profundamente a mi asesor del Proyecto, Fernando Gómez Berrezueta, cuya sabiduría y guía han sido un faro de luz en este recorrido académico. Su paciencia y apoyo constante me han inspirado a alcanzar nuevas alturas.

A mis profesores y compañeros de la carrera, gracias por compartir su conocimiento y experiencias. Sus perspectivas y colaboraciones han enriquecido este trabajo de maneras inimaginables.

A mi familia, por su amor incondicional y su fe en mí. Su apoyo ha sido el cimiento sobre el cual he construido mis logros. A mis amigos, por estar siempre a mi lado, ofreciendo palabras de aliento y momentos de alegría que han aligerado la carga de este viaje.

A todos aquellos que, de alguna manera, han contribuido a la realización de esta tesis, les extiendo mi más sincero agradecimiento. Su influencia y apoyo han sido esenciales para llegar hasta aquí.

Anthony Romero

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas.....	xii
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Capítulo I.....	1
Antecedentes.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2 Formulación del Problema.....	4
1.2.3 Sistematización del Problema.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	5
1.4.1 Justificación Teórica.....	6
1.4.2 Justificación Metodológica.....	7
1.4.3 Justificación Práctica.....	7
1.4.4 Delimitación Temporal.....	8

1.4.5	<i>Delimitación Geográfica</i>	9
1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i>	9
	Capítulo II	11
	Marco Referencial	11
2.1	Marco Teórico	11
2.1.1	<i>Conceptos Preliminares</i>	12
2.1.2	<i>Unidad de Control del Motor - ECU</i>	13
2.1.3	<i>Funcionamiento de una Unidad Electrónica de Control</i>	14
2.1.4	<i>Tecnología de Reprogramación de la ECU</i>	15
2.1.5	<i>Funcionamiento de la Programación de la ECU</i>	16
2.2	Marco Conceptual	18
2.2.2	<i>Reasignación de la ECU</i>	18
2.2.3	<i>Requisitos para Programar una ECU</i>	19
2.2.4	<i>RaceTec R1000</i>	20
2.2.5	<i>Descripción de la RaceTec R1000</i>	22
2.2.6	<i>Modificaciones del Software</i>	22
2.2.6	<i>Ventajas de la Reprogramación de la ECU</i>	24
2.2.7	<i>Ventajas de la Reprogramación de la ECU en Motores a Gasolina</i>	24
	Capítulo III	26
	Metodología de la Investigación	26
3.1	Métodos	26
3.2	Tipo de Estudio	26
3.2.1	Estudio Exploratorio	26
3.2.2	Estudio Experimental	26
3.2.3	Población	27

3.2.4	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	28
3.2.5	Método para el Tratamiento de la Información	28
3.2.6	Plan de Recolección y Análisis de la Información	28
3.2.7	Materiales.....	29
3.3	Procedimiento para las Pruebas	29
3.3.1	<i>Descripción del Vehículo</i>	30
3.3.2	<i>Instalación de la ECU RaceTec R1000</i>	31
3.3.3	<i>Distribución de Pines RaceTec R1000</i>	33
3.3.4	<i>Configuración Inicial de la ECU</i>	36
3.3.5	<i>Calibración de Sensores</i>	39
3.3.6	<i>Calibración de Actuadores</i>	39
3.3.7	<i>Determinación de Tabla de AFR</i>	40
	Capítulo IV.....	41
	Análisis de la Mejora de Potencia por la Reprogramación de una ECU	41
4.1	Pruebas Preliminares.....	41
4.1.1	<i>Preparación para la Prueba en Dinamómetro</i>	41
4.1.2	<i>Análisis de Resultados</i>	42
4.1.3	<i>Prueba de Potencia Antes de la Reprogramación</i>	42
4.1.4	<i>Parámetros para la Reprogramación</i>	43
4.1.5	<i>Prueba de Potencia Después de la Reprogramación</i>	44
4.2	Análisis de Resultados del Aumento de Potencia al Usar una Computadora RaceTec R1000	44
4.2.1	<i>Resultados de Pruebas de Potencia</i>	45
4.2.2	<i>Cálculo del Aumento de Potencia</i>	45
4.2.3	<i>Interpretación de Resultados</i>	45

4.2.4 Conclusiones	45
Conclusiones	47
Recomendaciones	48
Bibliografía	49

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Programación Automática de Computadoras</i>	2
Figura 2 <i>Arquitecturas E/E</i>	3
Figura 3 <i>Computadora Automotriz</i>	13
Figura 4 <i>Programación de la ECU</i>	17
Figura 5 <i>Reasignación de la ECU</i>	19
Figura 6 <i>Requisitos para Programar una ECU</i>	20
Figura 7 <i>RaceTec R1000</i>	21
Figura 8 <i>Baterías de Iones de Litio</i>	23
Figura 9 <i>Conector del Ramal Eléctrico Principal</i>	34
Figura 10 <i>Conector del Ramal Eléctrico Secundario</i>	35
Figura 11 <i>Modo Inicio de Tuner Studio</i>	37
Figura 12 <i>Parámetros Configurables Usando Tuner Studio</i>	38
Figura 13 <i>Parámetros Configurables Usando Tuner Studio-Sensores</i>	39
Figura 14 <i>Parámetros Configurables Usando Tuner Studio-Sensores</i>	40
Figura 15 <i>Parámetros Tablas de AFR</i>	40
Figura 16 <i>Valores de Potencia Antes de la Reprogramación</i>	43
Figura 17 <i>Valores de Potencia Después de la Reprogramación</i>	44

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Especificaciones del Vehículo</i>	31
Tabla 2 <i>Características de la ECU RaceTec R100</i>	32
Tabla 3 <i>Descripción de Pines del Conector Primario de la RaceTec R1000</i>	34
Tabla 4 <i>Descripción de Pines del Conector Secundario de la RaceTec R1000</i>	36

Resumen

El presente proyecto de titulación se centra en la implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 con el objetivo de aumentar la potencia de un vehículo de categoría M1 y evaluar el aumento de potencia y rendimiento del vehículo después de la implementación de la nueva computadora. Inicialmente, se realiza una revisión exhaustiva del sistema de gestión del motor original, identificando sus limitaciones y potenciales áreas de mejora. Posteriormente, se estudian las especificaciones técnicas de la Racetec R1000, destacando sus ventajas en términos de reprogramabilidad y capacidad de ajuste fino de los parámetros del motor. La fase de implementación incluye la instalación física de la computadora Racetec R1000 en el vehículo y la programación personalizada para optimizar el rendimiento del motor. Se utilizan herramientas de diagnóstico y software especializado para ajustar parámetros como la inyección de combustible, el avance del encendido y la presión de sobrealimentación. Se espera que la implementación de la Racetec R1000 resulte en un aumento significativo de la potencia del motor, mejorando así el desempeño del vehículo. Los resultados se validarán mediante pruebas dinámicas en banco y en condiciones reales de conducción. Se demuestra la viabilidad y beneficios de utilizar una computadora reprogramable para mejorar el rendimiento de un vehículo M1.

Palabras Clave: Computadora reprogramable, Racetec R1000, aumento de potencia, vehículo M1, gestión del motor.

Abstract

This degree project focuses on the implementation of a Racetec R1000 reprogrammable computer with the objective of increasing the power of an M1 category vehicle and evaluating the increase in power and performance of the vehicle after the implementation of the new computer. Initially, a thorough review of the original engine management system is performed, identifying its limitations and potential areas for improvement. Subsequently, the technical specifications of the Racetec R1000 are studied, highlighting its advantages in terms of reprogrammability and the ability to fine-tune engine parameters. The implementation phase includes physically installing the Racetec R1000 computer into the vehicle and custom programming to optimize engine performance. Diagnostic tools and specialized software are used to adjust parameters such as fuel injection, ignition timing and boost pressure. The implementation of the Racetec R1000 is expected to result in a significant increase in engine power, thereby improving vehicle performance. The results will be validated through dynamic bench tests and in real driving conditions. The feasibility and benefits of using a reprogrammable computer to improve the performance of an M1 vehicle are demonstrated.

Keywords: Reprogrammable computer, Racetec R1000, power increase, M1 vehicle, engine management.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 para el aumento de potencia en un vehículo M1.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

La optimización del rendimiento de los vehículos ha sido un área de interés constante en la industria automotriz. En este contexto, la computadora de gestión del motor (ECU) desempeña un papel crucial al controlar varios aspectos del funcionamiento del motor, como la inyección de combustible, el encendido y la entrega de potencia. La reprogramación de la ECU puede ofrecer una solución efectiva para mejorar la potencia y el rendimiento de un vehículo.

1.2.1 Planteamiento del Problema

Hoy en día la sociedad automotriz ha crecido mucho en nuestro territorio y con eso la competencia de poder implementar modificaciones que ayuden en la mejora de potencia del motor, existen muchas formas de hacerlo, formas de barato presupuesto, medio y alto presupuesto, todo dependerá a como se quiera acoplar o según nuestras necesidades.

Muchas personas optan por realizar modificaciones en el motor, alivianar pesos, etc. En el aspecto de modificaciones del motor las personas suelen gastar mucho dinero a la hora de "preparar el motor" por así decirlo, y con el riesgo de ir a un lugar que no este certificado, solo por el hecho de "ahorrar dinero" si ya se están gastando un dineral en piezas y repuestos, pues obviamente tienen para ir a un lugar certificado, o simplemente lo realizan ellos mismos al trabajo, claro en algunos casos si se tiene el conocimiento y experiencia para preparar motores pues te ahorraste ese dinero.

La reprogramación o reajuste de la centralita del coche consiste en la modificación de diferentes parámetros de la ECU, con el objetivo de mejorar varias áreas de su rendimiento. Al sobrescribir la configuración de fábrica con un nuevo software, se tiene la posibilidad de reprogramar el automóvil para administrar la inyección del combustible, el flujo de aire, los sensores, entre otros elementos, dentro de los márgenes permitidos por la ley. Si bien no es una operación compleja, es importante que la centralita del vehículo esté conectada a un ordenador con el software adecuado (Figura 1).

Figura 1

Programación Automática de Computadoras



Tomado de: <https://rashidautoprogramming.com/car-programming-methods/>

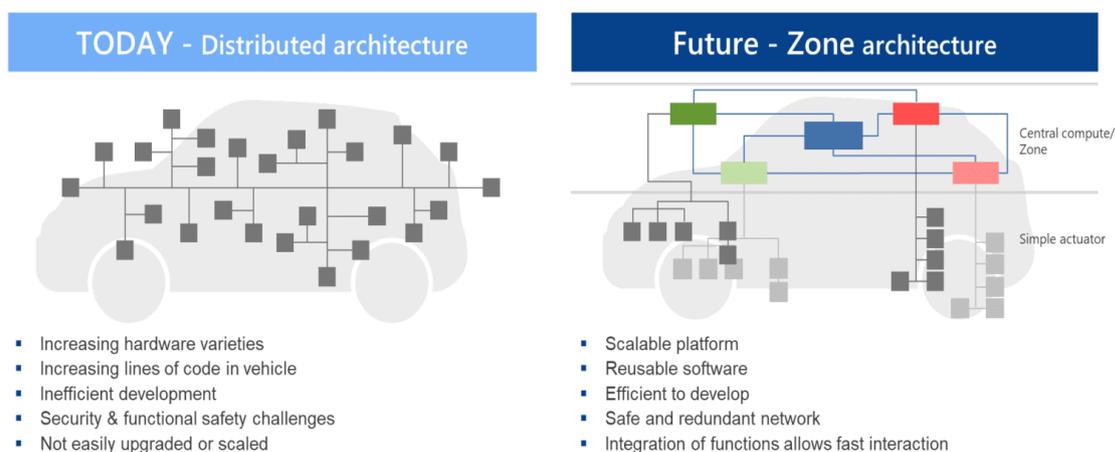
Según datos de S&P Global Market Intelligence, Full Car Computer tendrá una penetración de mercado de alrededor del 30% para 2034. La curva S está comenzando ahora y su adopción total tardará quizás 10 o 15 años en lograrse. Prácticamente todos los fabricantes de equipos originales están trabajando intensamente en este sentido.

Por ejemplo, Volkswagen con Cariad. General Motors, Stellantis y Ford están en ello, y muchos otros también. No todos están en la misma etapa y no están funcionando a la misma velocidad y solución. General Motors, por ejemplo, está plenamente comprometida y está poniendo todo su poder en ello. Algunos fabricantes de equipos originales pueden tener una computadora para automóvil completa a partir de 2027 (Figura 2).

Figura 2

Arquitecturas E/E

MEGATREND – E/E ARCHITECTURE TRANSFORMATION



Tomado de: <https://www.redeweb.com/>

En la industria automotriz, la búsqueda constante de mejoras en el rendimiento de los vehículos ha llevado al desarrollo de tecnologías avanzadas para la gestión del motor. Una de estas tecnologías es la computadora reprogramable, que permite optimizar diversos parámetros del motor para mejorar su potencia y eficiencia.

La Racetec R1000 es una de estas computadoras, conocida por su capacidad de personalización y ajuste fino de los parámetros del motor. Sin embargo, la implementación de dicha tecnología en un vehículo M1 (vehículos diseñados para el transporte de pasajeros con un máximo de ocho asientos además del conductor) presenta desafíos específicos que deben ser abordados de manera sistemática.

Hoy en día, cada vez más unidades de control electrónico (ECU) utilizan microcontroladores reprogramables. De este modo, el software de la ECU se convierte en un producto independiente que puede manejarse independientemente del hardware de la ECU.

Esto requiere nuevos procesos tanto por parte del fabricante de automóviles como del proveedor de ECU. Estos procesos son similares para todos los fabricantes de automóviles, por lo que debería utilizarse una solución común.

1.2.2 Formulación del Problema

En este contexto, surge la pregunta: ¿Cómo Implementación de una Computadora Reprogramable Racetec R1000 para el Aumento de Potencia en un Vehículo M1?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cuáles son los parámetros críticos que deben ser modificados para mejorar el rendimiento del motor en un vehículo M1 utilizando la Racetec R1000?
- ¿Cuál es el procedimiento más seguro y eficaz para reprogramar la ECU con la Racetec R1000 sin comprometer la fiabilidad del motor?
- ¿Cuál es el aumento de potencia estimado después de la reprogramación de la ECU con la Racetec R1000 en un vehículo M1?

Estas tres preguntas clave proporcionan una estructura clara para abordar la implementación de la computadora reprogramable Racetec R1000 en un vehículo M1. A través de la investigación de los parámetros críticos, el desarrollo de un procedimiento seguro y eficaz, y la estimación del aumento de potencia, se puede lograr un mejoramiento significativo en el rendimiento del motor sin comprometer su fiabilidad.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Describir el proceso para la implementación de una Computadora Reprogramable Racetec R1000 para el mejoramiento de potencia en un vehículo M1.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Investigar los parámetros clave que influyen en el rendimiento del motor y la entrega de potencia en un vehículo M1.
- Desarrollar un procedimiento de reprogramación seguro y eficaz que optimice el rendimiento del motor sin comprometer su fiabilidad.
- Estimar el aumento de potencia mediante la reprogramación de la ECU utilizando la Racetec R1000.

1.4 *Justificación y Delimitación de la Investigación*

La implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 para aumentar la potencia en un vehículo de categoría M1 surge de la necesidad de mejorar el rendimiento de los vehículos comerciales y de transporte de pasajeros en términos de potencia, eficiencia y respuesta del motor. A continuación, se detallan algunas razones clave que respaldan la importancia y relevancia de este problema:

- **Demanda de mejor rendimiento:** Los conductores y propietarios de vehículos de categoría M1 buscan constantemente formas de mejorar el rendimiento de sus vehículos para adaptarse a diversas condiciones de manejo y requisitos operativos. El aumento de la potencia del motor puede mejorar la capacidad de respuesta, la aceleración y la capacidad de carga, lo que resulta en una experiencia de conducción más satisfactoria y eficiente.
- **Avances en tecnología automotriz:** La disponibilidad de computadoras reprogramables como la Racetec R1000 ofrece una oportunidad para aprovechar los avances en tecnología automotriz y mejorar el rendimiento del motor de manera segura y efectiva. Estos dispositivos permiten ajustar parámetros clave del motor, como la sincronización del encendido, la inyección de combustible y la presión del turbo, para optimizar el rendimiento sin comprometer la confiabilidad del vehículo.

- **Competitividad en el mercado:** En un mercado automotriz altamente competitivo, los fabricantes y propietarios de vehículos buscan constantemente formas de diferenciar sus productos y mejorar su atractivo para los clientes. La capacidad de ofrecer vehículos con un rendimiento superior puede brindar una ventaja competitiva significativa en términos de ventas y posicionamiento en el mercado.
- **Eficiencia y sostenibilidad:** El aumento de la potencia del motor mediante la reprogramación de la ECU también puede contribuir a mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones contaminantes. Al optimizar la combustión y la entrega de potencia, se puede lograr un mejor aprovechamiento del combustible y una menor huella ambiental, lo que respalda los objetivos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

En resumen, la implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 para aumentar la potencia en un vehículo de categoría M1 aborda una necesidad creciente en la industria automotriz y ofrece beneficios significativos en términos de rendimiento, competitividad y sostenibilidad.

1.4.1 Justificación Teórica

La justificación teórica del proyecto "Implementación de una Computadora Reprogramable Racetec R1000 para el Aumento de Potencia en un Vehículo M1" es fundamental para establecer la relevancia y la importancia del estudio. A continuación, se presenta una justificación teórica detallada para respaldar este proyecto:

- La implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 para aumentar la potencia en un vehículo M1 ofrece una serie de beneficios teóricos, que incluyen una mejora del rendimiento del motor, una mayor flexibilidad y personalización, una optimización del consumo de combustible, una compatibilidad con sistemas de control avanzados y el cumplimiento normativo. Estos aspectos

respaldan la viabilidad y la utilidad teórica de este enfoque para mejorar el rendimiento de los vehículos de categoría M1.

1.4.2 Justificación Metodológica

La justificación metodológica para la implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 en un vehículo M1 se fundamenta en la aplicación de un enfoque riguroso y sistemático que permita evaluar de manera objetiva el impacto de esta modificación en el rendimiento del vehículo.

Esto garantiza la validez y la fiabilidad de los resultados obtenidos, así como el cumplimiento de los estándares éticos y normativos aplicables.

1.4.3 Justificación Práctica

La implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 en un vehículo M1 ofrece la oportunidad de mejorar significativamente su rendimiento y eficiencia. Esto no solo beneficia a los propietarios de los vehículos en términos de mayor potencia y respuesta del motor, sino que también puede contribuir a una mejor optimización del consumo de combustible y una reducción de las emisiones contaminantes.

Además, el conocimiento y las metodologías desarrolladas en este proyecto pueden servir como referencia para futuras investigaciones y aplicaciones en el campo de la ingeniería automotriz.

La justificación práctica para la implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 en un vehículo de categoría M1 se basa en los siguientes aspectos:

- **Mejora del rendimiento del vehículo:** La reprogramación de la ECU con la Racetec R1000 ofrece la oportunidad de aumentar significativamente la potencia del motor y mejorar el rendimiento general del vehículo. Esto puede traducirse en una mayor aceleración, velocidad máxima y capacidad de respuesta, lo que mejora la experiencia de conducción y la competitividad del vehículo en su categoría.

- **Personalización y adaptabilidad:** La Racetec R1000 permite una reprogramación personalizada y adaptable según las necesidades y preferencias del conductor. Esto significa que se puede ajustar la configuración de la ECU para adaptarse a diferentes condiciones de conducción, estilos de manejo y requisitos específicos del vehículo, lo que proporciona una experiencia de conducción más personalizada y satisfactoria.
- **Optimización del consumo de combustible:** Además de aumentar la potencia, la reprogramación de la ECU también puede optimizar el consumo de combustible del vehículo. Al ajustar los parámetros de combustión y rendimiento del motor, se puede lograr una mayor eficiencia en el consumo de combustible, lo que reduce los costos operativos y la huella ambiental del vehículo.
- **Cumplimiento de normativas:** La Racetec R1000 ofrece la posibilidad de realizar ajustes en la ECU para garantizar el cumplimiento de las normativas y regulaciones ambientales y de seguridad. Esto incluye la optimización de las emisiones de escape y el control de la contaminación, lo que ayuda al vehículo a cumplir con los estándares de emisiones y regulaciones vigentes en su área de operación.
- **Incremento del valor del vehículo:** La instalación de una computadora reprogramable como la Racetec R1000 puede aumentar el valor percibido y de reventa del vehículo. Los compradores potenciales pueden estar dispuestos a pagar más por un vehículo que ha sido mejorado y optimizado para un rendimiento superior y una experiencia de conducción más satisfactoria.

1.4.4 Delimitación Temporal

La delimitación temporal del proyecto es crucial para asegurar una planificación eficiente y una ejecución exitosa.

El presente proyecto se realiza durante un período de 5 meses, comenzando en abril de 2024 y finalizando en agosto de 2024.

1.4.5 Delimitación Geográfica

El trabajo se desarrolla en la ciudad de Guayaquil. Este proyecto se lleva a cabo en la Escuela de Ingeniería Automotriz, focalizándose en vehículos tipo M1.

1.4.6 Delimitación del Contenido

La delimitación del contenido para el proyecto de implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 en un vehículo de categoría M1 incluirá los siguientes aspectos:

- Alcance del proyecto: Se centra en la instalación y reprogramación de la ECU Racetec R1000 en el vehículo M1 con el objetivo específico de aumentar su potencia y rendimiento.
- Selección del vehículo: Se limita a un vehículo específico de categoría M1 que cumpla con los requisitos técnicos y normativos para la modificación.
- Investigación preliminar: Incluirá la recopilación de información sobre las capacidades y limitaciones del vehículo seleccionado, así como la compatibilidad de la ECU Racetec R1000 con el sistema electrónico del vehículo.
- Preparación del vehículo: Cubre la preparación del vehículo para la instalación de la ECU, que puede incluir la identificación y desconexión de la ECU original, la instalación de hardware adicional según sea necesario y la realización de pruebas preliminares.
- Reprogramación de la ECU: Se enfoca en el proceso de reprogramación de la ECU Racetec R1000, que implica la carga del software de reprogramación, la configuración de los parámetros de rendimiento y la optimización del mapa de combustible e ignición.

- Pruebas: Incluye la realización de pruebas de rendimiento en condiciones controladas y la realización de ajustes en el mapa de rendimiento según sea necesario para optimizar el rendimiento del vehículo.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

El marco teórico para la implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 en un vehículo M1 abarca una variedad de aspectos técnicos, conceptuales y normativos relacionados con la modificación de la ECU y el aumento de potencia del motor. Este marco proporciona el contexto necesario para comprender los fundamentos del proyecto y orientar su ejecución de manera efectiva. El marco teórico para la implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 en un vehículo de categoría M1 abarca varios aspectos técnicos y conceptuales relevantes.

El marco teórico para la implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 en un vehículo de categoría M1 abarca varios aspectos técnicos y conceptuales relevantes.

El marco teórico para la implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 en un vehículo M1 abarca una variedad de aspectos técnicos, conceptuales y normativos relacionados con la modificación de la ECU y el aumento de potencia del motor. Este marco proporciona el contexto necesario para comprender los fundamentos del proyecto y orientar su ejecución de manera efectiva.

Sayed et.al., (2005) propusieron una arquitectura para llevar a cabo actualización del firmware de forma segura. La red del vehículo automotor aumenta con la incorporación de nuevas características. Pero mantener el software de la unidad de control actualizado para su última versión es necesaria para evitar futuros desastres causados debido a errores y también para mejorar la funcionalidad del sistema añadiendo nuevas funciones. Estas necesidades exigen una arquitectura que soporta la actualización segura del software. Para obtener mayores niveles de seguridad, dos copias del software requerido lo envían el proveedor.

Young et.al., (2015) propusieron una actualización de firmware paralela lo que reduce eficientemente el tiempo de reprogramación. Las ECU proporcionan al conductor una manera eficiente de manejar el vehículo. Aumento del número de ECU y el tamaño del software de aplicación resultó en un proceso de reprogramación que consumía mucho tiempo. Para lograr una comunicación eficiente entre redes heterogéneas, se utiliza una puerta de enlace en el vehículo que integra varias redes a bordo del vehículo (CAN, Ethernet y FlexRay).

La reprogramación de la unidad de control electrónico (ECU) implica la actualización del software de las ECU del vehículo para mejorar el rendimiento o corregir errores mediante la inyección de un programa en la ROM interna de la ECU o mediante la modificación de un programa existente. La reprogramación de la ECU se realiza normalmente en fábricas y centros de servicio. Los procedimientos del proceso de fabricación y las situaciones de retirada de productos son ejemplos típicos. Hasta la fecha, cuando la reprogramación se lleva a cabo en una fábrica, los trabajadores utilizan cables y adaptadores para operar individualmente cada vehículo (Minjo, 2022).

En lugar de alterar el motor de su automóvil, la reprogramación modifica un chip llamado “Flash Eprom”, que almacena los archivos necesarios para reprogramar la ECU, es decir, la ubicación donde se guarda la información transmitida al motor (Blog.kroftools.com, 2024).

2.1.1 Conceptos Preliminares

Estos conceptos preliminares proporcionan una base sólida para comprender los aspectos técnicos, operativos y normativos relacionados con la implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 para aumentar la potencia en un vehículo de categoría M1.

2.1.2 Unidad de Control del Motor - ECU

La ECU es un dispositivo electrónico (Figura 3) que controla varios aspectos del funcionamiento del motor de un vehículo, como la inyección de combustible, el encendido, la sincronización del motor y la gestión de emisiones. Es esencial entender cómo opera la ECU en el vehículo y cómo se comunica con otros sistemas para controlar el rendimiento del motor.

Figura 3

Computadora Automotriz



Tomado de: <https://codigosdte.com/computadora-automotriz/>

La unidad de control electrónico (ECU) es un término que se utiliza con frecuencia en la industria automotriz. Una ECU se parece a una computadora con chips informáticos preprogramados y programables incorporados.

La unidad de control electrónico (ECU) de un vehículo regula todos los procesos del motor utilizando sensores de entrada y componentes de salida para mantenerlo en funcionamiento.

Por lo tanto, la unidad de control electrónico de los automóviles es fundamental para el correcto funcionamiento del vehículo. Sin embargo, si deja de funcionar correctamente, puede impedir su avance. Siga leyendo para obtener más información sobre las unidades de control electrónico de los automóviles.

2.1.3 Funcionamiento de una Unidad Electrónica de Control

A continuación, se muestra un desglose de cómo funciona una ECU:

- **Entrada del sensor:** la ECU recibe continuamente datos de una red de sensores ubicados en todo el vehículo. Estos sensores monitorean varios parámetros como la velocidad del motor, la posición del acelerador, la temperatura de entrada de aire, la temperatura del refrigerante, los niveles de oxígeno en el escape, la velocidad de las ruedas y muchos otros, dependiendo del diseño y las características del vehículo.
- **Procesamiento de datos:** Una vez que se reciben los datos del sensor, la ECU procesa esta información mediante algoritmos de software integrados. Estos algoritmos interpretan los datos y calculan los ajustes óptimos para el funcionamiento del motor en función de factores como la velocidad, la carga, la temperatura y las condiciones ambientales.
- **Salidas de control:** Después de procesar los datos, la ECU envía comandos a los actuadores, que son dispositivos encargados de realizar ajustes en los sistemas del vehículo. Estos actuadores incluyen inyectores de combustible, bobinas de encendido, cuerpos de aceleración, válvulas de recirculación de gases de escape (EGR) y sistemas de sincronización variable de válvulas (VVT). Al ajustar el funcionamiento de estos actuadores, la ECU puede optimizar el rendimiento del motor, la eficiencia del combustible y las emisiones en tiempo real.
- **Aprendizaje adaptativo:** muchas ECU modernas incorporan capacidades de aprendizaje adaptativo, lo que significa que pueden ajustar continuamente sus

algoritmos y parámetros en función de las condiciones de conducción del mundo real y el historial operativo del vehículo. Esto permite que la ECU se adapte a los cambios a lo largo del tiempo, como el desgaste de los componentes del motor o las variaciones en la calidad del combustible, lo que garantiza un rendimiento y una eficiencia constantes durante toda la vida útil del vehículo.

- Capacidades de diagnóstico: además de controlar los sistemas del vehículo, las ECU también tienen funciones de diagnóstico que monitorean fallas o mal funcionamiento en los diversos componentes que supervisan. Si se detecta un problema, la ECU puede activar una luz de advertencia en el tablero, almacenar un código de diagnóstico de problemas (DTC) para que lo recupere un técnico o incluso entrar en un modo de emergencia para proteger el motor de daños mayores.

2.1.4 Tecnología de Reprogramación de la ECU

Se incluye el estudio de las herramientas y métodos utilizados para reprogramar la ECU de un vehículo, como la Racetec R1000. Esto implica comprender los protocolos de comunicación, las estrategias de calibración y las limitaciones técnicas asociadas con la modificación del software de la ECU.

La reprogramación de la unidad de control electrónico (ECU) implica la actualización del software de las ECU del vehículo, para mejorar el rendimiento o corregir errores inyectando un programa en la ROM interna de la ECU o cambiando un programa existente. La reprogramación de la ECU normalmente se realiza en fábricas y centros de servicio. Los procedimientos del proceso de fabricación y las situaciones de retirada de productos son ejemplos típicos.

Hasta la fecha, cuando se realiza una reprogramación en una fábrica, los trabajadores utilizan cables y adaptadores para operar individualmente cada vehículo.

La actualización del firmware se puede realizar durante la fase de desarrollo, fase de mantenimiento o actualización después de las ventas. Las unidades de control se verifican para saber si están funcionando en un entorno seguro y eficiente. Este proceso es asistido por una actualización del software de la unidad de control electrónico a la última versión disponible a través de un proceso llamado reprogramación.

Este proceso ayuda a mantener la versión más reciente de software y parches de seguridad. Es una necesidad reprogramar el software de aplicación de las ECU con frecuencia en la estación de servicio o en un lugar remoto.

Se lleva a cabo la reprogramación a través de CAN (Red de área del controlador), FlexRay, LIN (Local Red de interconexión) o Ethernet que son los estándar interfaces de comunicación. Ocupando la ROM de las ECU, el software del gestor de arranque es responsable de la reprogramación y automatiza el procedimiento de reprogramación además de guiar la actualización del firmware.

2.1.5 Funcionamiento de la Programación de la ECU

El proceso de programación de la ECU generalmente comienza con una conexión al puerto de diagnóstico del vehículo mediante un software especializado. Es similar a un médico que realiza un chequeo exhaustivo antes de cualquier procedimiento.

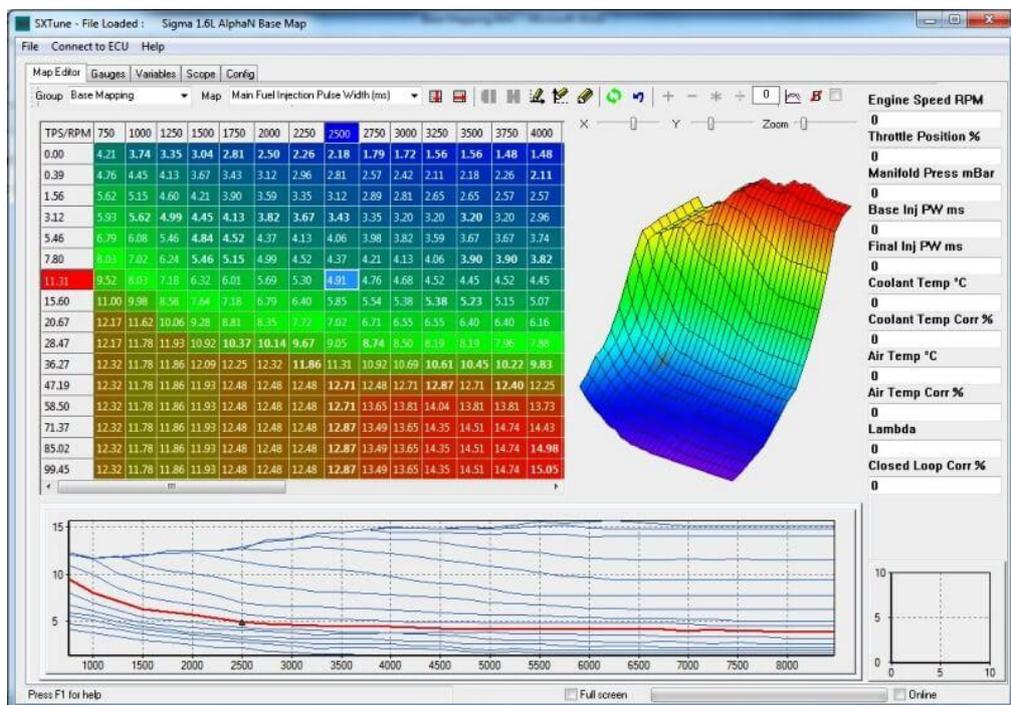
El software lee la programación actual, lo que permite al técnico realizar ajustes informados. Estos ajustes luego se escriben cuidadosamente en la ECU.

El proceso de programación es muy complejo e implica una comprensión detallada de los mapas y tablas del motor que dictan su funcionamiento en diversas condiciones.

Cada modificación debe probarse meticulosamente para garantizar que logre el resultado deseado sin afectar negativamente el rendimiento o la longevidad del motor (Figura 4).

Figura 4

Programación de la ECU



Tomado de: https://dwbestsm.life/product_details/44391848.html

Uno de los principales beneficios de la programación de la ECU es la mejora del rendimiento del motor. Esto puede manifestarse como una mayor potencia, un mayor torque, una mejor respuesta del acelerador y un funcionamiento general más suave del motor. Pero no se trata sólo de hacer que el coche sea más rápido; se trata de optimizar toda la experiencia de conducción. Además, la programación de la ECU puede conducir a una mejor eficiencia del combustible. Al ajustar la forma en que el motor consume combustible, puede alcanzar más millas por galón, lo que se traduce en ahorros significativos en la bomba de combustible con el tiempo. Este aspecto es particularmente atractivo en una era donde la conciencia ambiental y la eficiencia económica son primordiales. Además de estos beneficios tangibles, la programación de la ECU también puede extender la vida útil del motor al garantizar que funcione dentro de los parámetros óptimos, reduciendo así el desgaste.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Herramientas y Software de Programación de ECU

Hay disponible una gama de herramientas y software para la programación de ECU, que se adaptan a diferentes niveles de complejidad y especificaciones del vehículo. Estas herramientas permiten a los técnicos acceder a los innumerables parámetros de la ECU y ajustarlos según sea necesario.

La elección de herramientas y software puede afectar significativamente la calidad y seguridad de la programación. Las herramientas básicas pueden ofrecer ajustes limitados adecuados para mejoras menores, mientras que los sistemas más avanzados brindan un conjunto completo de opciones para ajustes exhaustivos.

Es fundamental que los técnicos utilicen herramientas que sean compatibles con la marca y el modelo del vehículo para garantizar modificaciones precisas y seguras.

2.2.2 Reasignación de la ECU

También conocida como ajuste de chip o ajuste de ECU, es el proceso de reprogramar la unidad de control del motor de un vehículo para optimizar su rendimiento. La ECU es esencialmente el cerebro de un vehículo moderno y controla varias funciones como la inyección de combustible, el tiempo de encendido, la presión del turbo y más.

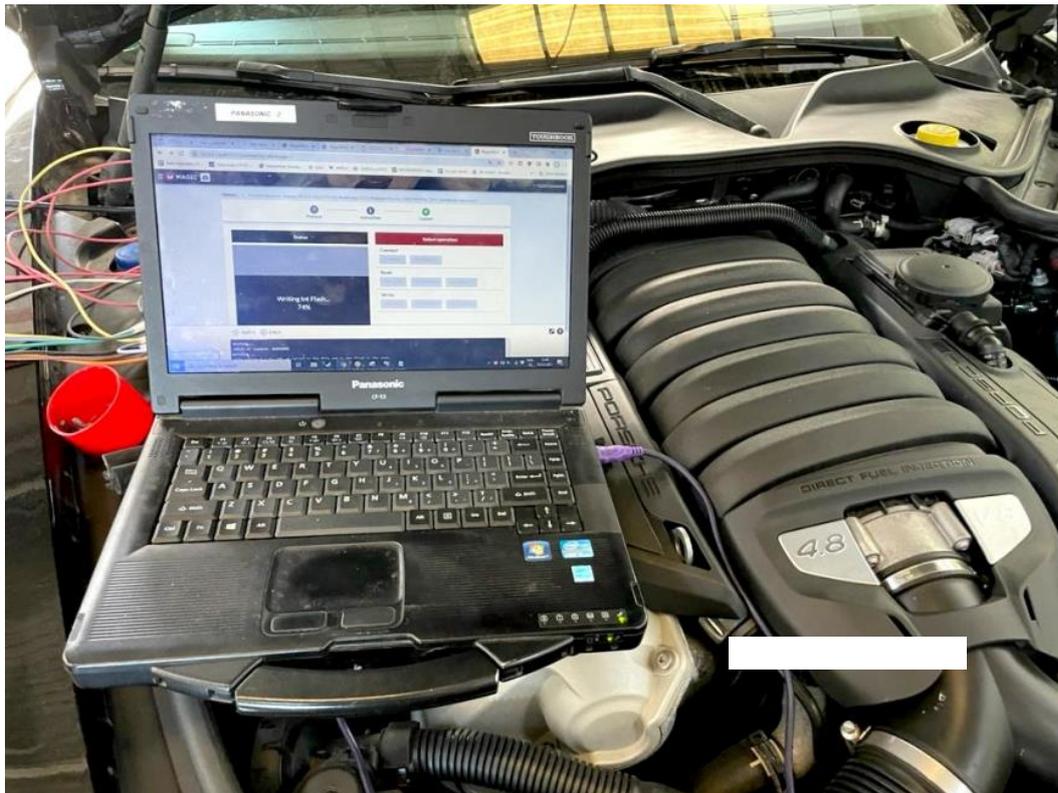
Al modificar el software que gobierna estas funciones, la reasignación de la ECU puede desbloquear potenciales ocultos, mejorando la producción de energía, la eficiencia del combustible e incluso la capacidad de conducción.

La reprogramación de centralitas, comúnmente conocida como chiptuning, se refiere al proceso de mejorar el software de gestión del motor del vehículo mediante la modificación de sus parámetros. Este ajuste puede resultar en un mayor rendimiento y/o una reducción en el consumo de combustible, así como en la adición o eliminación de ciertas funciones.

En la actualidad, el término "chip tuning" describe la modificación del software de la ECU (Unidad de Control del Motor) sin la necesidad de añadir componentes electrónicos adicionales, simplemente reescribiendo el software modificado en la ECU del vehículo (Figura 5).

Figura 5

Reasignación de la ECU



Tomado de: <https://www.autoingenieria.com/que-es-chip-tuning.html>

2.2.3 Requisitos para Programar una ECU

En cuanto a los costos es importante tener en cuenta que la inversión puede variar dependiendo de la calidad de la herramienta que se adquiera, a manera de recomendación se puede sugerir las interfaces en cada página de servicio del fabricante y ellos venden acceso al programa por un tiempo específico. La reprogramación de módulos PCM se ha vuelto crucial para asegurar el correcto funcionamiento de un motor, especialmente en el mercado latino. Esto se debe a que la tecnología de los motores modernos suele estar diseñada para mercados como

Europa y América del Norte. Al introducir estos vehículos en mercados latinoamericanos, se enfrentan al uso de combustibles de menor calidad, lo que hace esencial ajustar la programación de la ECU para optimizar su rendimiento (Figura 6).

Figura 6

Requisitos para Programar una ECU



Tomado de: <https://www.ufinebattery.com/blog/energything-you-should-know-about-li-ion-battery-capacity/>

2.2.4 RaceTec R1000

La RaceTec R1000 (Figura 7) es una computadora programable de última generación para inyección e ignición electrónica secuencial en tiempo real. Ofrece una optimización avanzada de los mapas mediante un sistema de eficiencia volumétrica, facilitando la puesta a punto de cualquier motor de 4 tiempos con ciclo Otto. Entre sus múltiples ventajas se encuentran el acceso completo a los ajustes a través del display o software para PC, un

datalogger multi-sesión, control independiente por cilindro, y una conexión USB integrada sin necesidad de adaptadores. Al ser un equipo completamente secuencial, proporciona beneficios como la programación individual por cilindro para encendido y tiempos de inyección de combustible, control del ángulo de inyección, entre otros.

Figura 7

RaceTec R1000



Tomado de: <https://www.hfiperformance.com/productos/ecu-inyeccion-programable-r1000-basic-racetec/>

Esto resulta en un motor más potente, con menor consumo, mayor durabilidad mecánica y mayor precisión en la puesta a punto. El equipo dispone de una computadora a bordo que permite visualizar una amplia variedad de valores para su análisis. Además, a través del software para PC en tiempo real, se puede acceder a los mapas y ajustes necesarios para la calibración del motor. El sistema incluye protecciones y alarmas diseñadas para alertar y tomar medidas preventivas para evitar daños en el motor, pudiendo incluso apagar el motor en situaciones extremas.

2.2.5 Descripción de la RaceTec R1000

Ofrece la capacidad de gestionar hasta 7 configuraciones diferentes, permitiendo utilizar la misma unidad de inyección en varios vehículos. El control de la ignición puede realizarse mediante rueda fónica o distribuidor, con opciones configurables para sensores Hall o inductivos. También se puede elegir entre encendido secuencial, chispa perdida o bobina única.

El control del combustible puede ser secuencial, con correcciones independientes de los tiempos de inyección; semisequencial, con hasta 4 bancos; o simultáneo, ofreciendo varias estrategias para un control preciso según las necesidades del usuario.

2.2.6 Modificaciones del Software

Por medio de la reprogramación de centralitas es posible realizar modificaciones sobre el software que se encarga de la gestión electrónica de un vehículo, con la finalidad de conseguir un incremento tanto del par motor como de la potencia del propulsor. Así, es posible obtener una mejora en el rendimiento del vehículo sin la necesidad de realizar modificaciones mecánicas sobre el motor. Para realizar estas modificaciones sin poner en peligro la integridad del vehículo, es necesario contar con una serie de conocimientos en relación con las unidades ECU, las diferentes metodologías de lectura y escritura de la unidad, la recalibración de ECUs, etc.

Buscar un extra de potencia y mejora en el rendimiento del motor es mucho más sencillo de lo que parece, siendo muchas las opciones disponibles para hacerlo al reprogramar la centralita ECU (Figura 8). Una de las ventajas que va a suponer la reprogramación de la ECU del vehículo es que se obtiene un extra de potencia en CV y en par motor en Nm lo que suele ser aquello que todo el mundo busca cuando se dedican a hacer un trabajo como éste.

Hay que tener en cuenta que para un vehículo que carece de turbo no va a suponer más que una simple mejora de un 10% en lo que respecta al rendimiento de este mientras que, si se

da con un motor que se encuentre sobrealimentado la mejora que se llegue a hacer supone un 60%.

Figura 8

Baterías de Iones de Litio



Tomado de: <https://www.motor16.com/noticias/reprogramar-centralita-mejoras-coche/>

Cuando se trata de maximizar el rendimiento del vehículo, la reprogramación de la centralita ECU puede marcar una gran diferencia, suponiendo, entre muchas otras, las siguientes ventajas:

- Aumento de la potencia y par motor: Ajustando los parámetros de la ECU, se pueden lograr mejoras significativas en la entrega de potencia y en la fuerza de torsión del motor. Con ello, observaremos una optimización en la aceleración y sensación de conducción.
- Mejora en la respuesta del acelerador: Realizando el ajuste de los mapas de encendido y curva de aceleración, reduciremos la latencia entre el momento en que

pisas el acelerador y el motor responde, observándose una mayor suavidad y ligereza al acelerar.

- Incremento en la eficiencia del combustible: Reprogramando la centralita, optimizaremos la inyección del carburante y otros parámetros, traduciéndose en la eficiencia del combustible y, con ello, el ahorro de dinero.
- Adaptación a las modificaciones: La reprogramación de la ECU puede ayudar a optimizar el funcionamiento del motor siempre que se realice cualquier cambio mecánico.
- Mejora de la seguridad en el automóvil: Con el aumento de potencia y la conducción eficiente generadas por la reprogramación, se mejorará la seguridad en la vía.

2.2.6 Ventajas de la Reprogramación de la ECU

Las actualizaciones de software de la ECU mejoran el rendimiento del vehículo y la corrección de errores (Cho, 2021). Por lo tanto, al reprogramar su ECU, se beneficia de lo siguiente:

- Reversibilidad total en caso de que no te gusten los cambios realizados.
- 30% más de potencia en comparación con la configuración de fábrica del automóvil.
- El automóvil se adapta al estilo de conducción a medida que el motor responde a las necesidades de conducción específicas.
- Ahorro de combustible, ya que el consumo medio de combustible disminuye debido a una menor dependencia de la caja de cambios.

Además, actualmente es posible reprogramar su ECU para que cumpla con los requisitos esenciales de la Inspección Periódica Obligatoria de su automóvil.

2.2.7 Ventajas de la Reprogramación de la ECU en Motores a Gasolina

El motor a gasolina es uno de los más complejos de calibrar, pero la reprogramación puede aumentar la potencia en un 10 a 15 por ciento. Esta tarea exige una atención meticulosa

a parámetros como las curvas de combustible y el encendido, ya que ajustarlos tras la mejora puede ser crucial. Otra opción es ajustar el árbol de levas dentro del mapa (TESS, 2022).

Además, se pueden reconfigurar componentes preestablecidos, como el tubo de escape de flujo libre, los filtros de aceite de alto flujo y el perfil de las levas. Estas modificaciones permiten potenciar el motor y mejorar su rendimiento, especialmente si se utiliza un combustible de mayor octanaje (TESS, 2022).

La unidad de control electrónico (ECU) es un término que se utiliza con frecuencia en la industria automotriz. Una ECU se parece a una computadora con chips informáticos preprogramados y programables incorporados.

La unidad de control electrónico (ECU) de un vehículo regula todos los procesos del motor utilizando sensores de entrada y componentes de salida para mantenerlo en funcionamiento.

Por lo tanto, la unidad de control electrónico de los automóviles es fundamental para el correcto funcionamiento del vehículo. Sin embargo, si deja de funcionar correctamente, puede impedir su avance. Siga leyendo para obtener más información sobre las unidades de control electrónico de los automóviles.

Capítulo III

Metodología de la Investigación

3.1 Métodos

El desarrollo de este proyecto implica adaptar una metodología según las especificaciones del proyecto y las necesidades particulares para realizar la implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 para aumentar la potencia en un vehículo M1 y que se requiere seguir un conjunto de métodos específicos para garantizar un proceso efectivo y seguro.

3.2 Tipo de Estudio

Se lleva a cabo una revisión exhaustiva de la literatura para identificar los factores que influyen en el rendimiento del motor y las mejores prácticas para la reprogramación de la ECU. Posteriormente, se realizarán pruebas experimentales.

3.2.1 Estudio Exploratorio

Este proyecto exploratorio proporcionará una comprensión más profunda de cómo los procesos de reprogramación pueden contribuir al aumento de potencia en un motor de un vehículo M1. Los resultados obtenidos podrían ser fundamentales para futuras investigaciones.

3.2.2 Estudio Experimental

La metodología aplicada para la implementación de una computadora reprogramable Racetec R1000 con el fin de aumentar la potencia en un vehículo de categoría M1 puede involucrar los siguientes pasos:

- Investigación inicial: Se realiza una investigación exhaustiva sobre las capacidades y características técnicas de la Racetec R1000 y su compatibilidad con el vehículo M1 en cuestión. Se recopila información sobre los requisitos de instalación, el software de programación necesario y los ajustes específicos que se pueden realizar para aumentar la potencia del motor.

- **Análisis del vehículo:** Se lleva a cabo un análisis detallado del vehículo M1, incluyendo su motor, sistema de inyección de combustible, sistema de encendido y otros componentes relevantes. Se evalúa el potencial de mejora y los posibles impactos en el rendimiento y la fiabilidad del vehículo.
- **Preparación del software:** Se adquiere o desarrolla el software necesario para reprogramar la ECU del vehículo utilizando la Racetec R1000. Esto puede incluir la instalación de herramientas de programación y la adquisición de archivos de calibración específicos para el vehículo y sus modificaciones.
- **Instalación física:** Se procede con la instalación física de la Racetec R1000 en el vehículo. Esto puede implicar la ubicación adecuada de la unidad, la conexión de cables y la integración con los sistemas eléctricos y electrónicos existentes del vehículo.
- **Reprogramación de la ECU:** Se realiza la reprogramación de la ECU utilizando el software y los archivos de calibración preparados anteriormente. Se ajustan los parámetros de rendimiento según sea necesario para aumentar la potencia del motor de manera segura y eficiente.
- **Pruebas:** Se realizan pruebas exhaustivas en condiciones controladas para verificar el funcionamiento de la ECU reprogramada y el rendimiento mejorado del vehículo. Se realizan ajustes adicionales según sea necesario para optimizar el rendimiento y garantizar la fiabilidad del sistema.

3.2.3 Población

La población de estudio está compuesta por un vehículo M1 con motor a gasolina que cuente con una computadora automotriz reprogramable con protocolo J2534.

3.2.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

- **Revisión de Literatura:** Para recopilar información sobre los conceptos relacionados con los microprocesadores en computadoras automotrices y los protocolos de funcionamiento para la reprogramación, así como los parámetros que se modifican en la ECU.
- **Pruebas de Control:** Se realizaron pruebas en laboratorio para evaluar los resultados de la reprogramación de la ECU.

3.2.5 Método para el Tratamiento de la Información

Se aplicó un método estadístico para analizar los datos obtenidos durante la intervención en el vehículo.

3.2.6 Plan de Recolección y Análisis de la Información

Para recopilar la información necesaria y cumplir con los objetivos del estudio, se siguió el siguiente proceso investigativo:

- **Revisión de Literatura:** Investigación sobre los conceptos relacionados con los microprocesadores en computadoras automotrices y los protocolos de reprogramación.
- **Selección de Vehículos:** Se eligió un vehículo M1 con motor a gasolina adecuado para el estudio.
- **Mapeo y Reprogramación de la ECU:** Se realizó la programación básica y las conexiones necesarias para el mapeo y reprogramación de la ECU.
- **Pruebas de Control:** Se llevaron a cabo pruebas en carretera para evaluar los resultados de la reprogramación.
- **Análisis de Datos:** Se analizaron los datos obtenidos de las pruebas para determinar si se lograron los objetivos generales y específicos de la investigación.

3.2.7 Materiales

- Computadora Reprogramable
- Wideband
- Punta Lógica Power Probe 3
- Insumos

3.3 Procedimiento para las Pruebas

En la investigación sobre el desempeño mecánico del motor de combustión interna del vehículo Chevrolet Forza al implementar un sistema de inyección secuencial reprogramable con la RaceTec R1000, se siguen los siguientes pasos:

- Se recopilaron datos técnicos y se consultaron fuentes confiables, como libros, artículos científicos, tesis, manuales del fabricante, boletines y bases de datos digitales.
- Se identifican las características mecánicas y el rendimiento del motor de combustión interna utilizando el manual del fabricante. Posteriormente, se realiza una afinación del motor con el sistema de alimentación convencional para establecer curvas de potencia, determinando así las condiciones iniciales de funcionamiento mediante un dinamómetro.
- Se investigan diferentes opciones de software y hardware especializados para la reprogramación de ECU, evaluando características, funciones y facilidad de uso, lo que permitió seleccionar el equipo más adecuado para los objetivos del proyecto.
- Se eligieron los componentes mecánicos y electrónicos que mejor se ajustaban a las características del motor y a la RaceTec R1000 para implementar el sistema de inyección secuencial.

- Los parámetros clave del sistema de alimentación secuencial, como el ajuste de inyección de combustible y de ignición, se configura con el objetivo de mejorar el desempeño mecánico del motor, reduciendo el consumo de combustible y optimizando la combustión para disminuir las emisiones contaminantes.
- Se realizan pruebas en el dinamómetro para obtener las nuevas curvas de potencia tras la implementación del sistema de inyección secuencial.
- Finalmente, se efectúa un análisis comparativo entre el desempeño inicial del motor y el rendimiento con el nuevo sistema de inyección secuencial para verificar la mejora en la eficiencia y la variación de la potencia del motor.

3.3.1 Descripción del Vehículo

El estudio se realiza en un vehículo Chevrolet Forza, que cuenta con un motor de inyección monopunto.

Se realiza la preparación del vehículo Chevrolet Forza para medir la potencia usando una ECU RaceTec R1000

- Inspección Inicial del Vehículo

Revisión General:

- Inspeccionar el Chevrolet Forza para asegurarse de que todos los sistemas, como el motor, la transmisión, y el sistema de escape, estén en buen estado.
- Verificar que no haya fugas de líquidos, conexiones sueltas, o problemas eléctricos que puedan interferir con las pruebas.

Verificación del Sistema de Alimentación:

- Comprobar el estado del sistema de inyección de combustible y asegurarse de que los inyectores funcionen correctamente.
- Revisar la presión del combustible y la condición del filtro de combustible.

Las características técnicas del motor del vehículo se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1*Especificaciones del Vehículo*

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

3.3.2 Instalación de la ECU RaceTec R1000

El módulo reprogramable RaceTec R1000 simplifica el ajuste de cualquier motor de 4 tiempos del ciclo Otto y ofrece todos los beneficios de un sistema de inyección secuencial. Este dispositivo permite almacenar hasta 7 mapas diferentes en su memoria y cuenta con un display que muestra en tiempo real diversos valores relacionados con el estado y funcionamiento del motor y sus componentes.

Las especificaciones de la ECU RaceTec R1000 se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2*Características de la ECU RaceTec R100*

RaceTec R1000	
Especificaciones Técnicas:	Procesador Dual-Core Velocidad Máxima 16000 rpm Sensor MAP hasta 6 kg positivos, 1 kg para la etapa de depresión Pantalla tecnología Oled Azul Datalogger interno Inyección y encendido secuencial Resolución de encendido de 0.1° Resolución de tiempos de inyección de 0.01 ms
Entradas y Salidas:	Entrada de TPS Entrada Sonda lambda Wide Band / Narrow Band Entrada Temperatura de aire, agua Entrada Temperatura de escape Entrada Presión de aceite, combustible Entrada Sensor de rpm Entrada Sensor de fase 5 Entradas configurables, 3 analógicas y 2 digitales 4 Salidas auxiliares configurables Mapas de inyección e ignición por TPS/MAP vs rotación
Funciones:	Corrección del ángulo de inyección Corrección por temperatura del motor en inyección y encendido Corrección por temperatura de aire en inyección y encendido Corrección del ángulo de encendido en arranque Control de Ignición secuencial, chispa perdida o bobina única Lectura de ruedas fónicas o distribuidor Limitador de RPM por corte de encendido, combustible o ambos Corte por sobrepresión de admisión Corte por desaceleración Control de bomba de combustible Control de electroventilador Shift Light programable Control de levas variable Protecciones y alertas configurables de todos los sensores disponibles

El proceso que se sigue es el que se detalla a continuación:

Desconexión de la Batería:

- Antes de comenzar la instalación, desconectar la batería del vehículo para evitar cualquier daño eléctrico.

Montaje de la ECU:

- Instalar la ECU RaceTec R1000 en un lugar seguro dentro del vehículo, lejos de fuentes de calor y líquidos.
- Asegurarse de que el cableado esté correctamente enrutado, evitando el paso cerca de fuentes de interferencia eléctrica como bobinas de encendido o cables de bujía.

Conexión de la ECU:

- Conectar la ECU a los sensores y actuadores del motor siguiendo las indicaciones del manual.
- Asegurarse de realizar una conexión a tierra adecuada en el bloque del motor y la batería.

Para la instalación del producto, es fundamental que la batería esté desconectada y el equipo desenchufado. El dispositivo debe instalarse dentro del vehículo, lejos de fuentes de calor y líquidos. Es crucial evitar que el cableado pase cerca de fuentes de ruido eléctrico, como bobinas, cables de bujía u otros elementos que puedan generar interferencias. Los módulos de ignición no deben instalarse cerca del equipo, ya que podrían causar interferencias. Además, es importante respetar la conexión a tierra del bloque/cabeza de cilindros y de la batería, ya que no hacerlo podría afectar el funcionamiento del equipo. Se deben seguir todas las instrucciones del manual.

3.3.3 Distribución de Pines RaceTec R1000

El módulo reprogramable de origen argentino está equipado con dos conectores en su parte posterior, cada uno diseñado para conectar los componentes de acuerdo con su función específica.

El conector principal (Figura 9) está destinado a las entradas de los sensores predeterminados y las entradas auxiliares y la descripción de sus pines está en la Tabla 3.

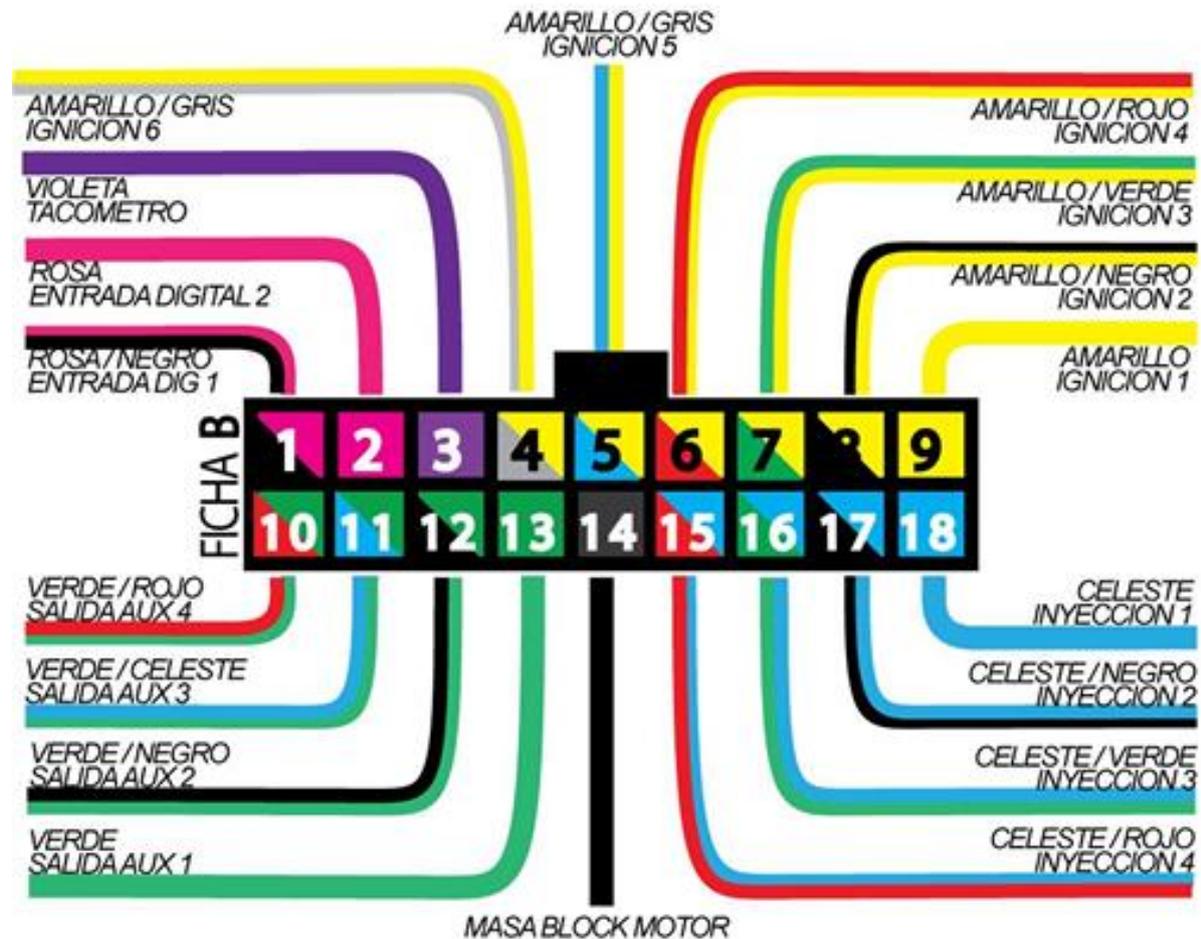
Figura 9*Conector del Ramal Eléctrico Principal*Tomado de: <https://www.hfiperformance.com/>**Tabla 3***Descripción de Pines del Conector Primario de la RaceTec R1000*

Color	Pin	Función	Observaciones
Violeta	1	Entrada analógica 5	Puede usarse para lectura de presión de aceite/combustible, temperatura de escape, entre otras.
Verde	2	Entrada señal TPS	El otro pin se conecta al negativo de la batería
Celeste	3	Entrada señal ECT	El otro pin se conecta al negativo de la batería
Blanco	4	Entrada señal IAT	El otro pin se conecta al negativo de la batería
Blanco mallado	5	Señal CKP negativa	Si se usa sensor Hall dejar sin conexión
Rojo Mallado	6	Señal CKP positiva	Permite usar sensor Hall o inductivo
Negro	7	Negativo batería	Respetar la conexión directa a batería
Naranja	8	Salida positivo 5 V	5 V para alimentación del TPS y los sensores que requieran
Gris	9	Entrada analógica 4	Puede usarse para lectura de presión de aceite/combustible, temperatura de escape, entre otras.
Amarillo	10	Entrada analógica 3	Puede usarse para lectura de presión de aceite/combustible, temperatura de escape, entre otras.
Verde	11	Señal sonda lambda	Conexión a Wide Band o Narrow Band
Blanco mallado	12	Señal CMP negativa	Si se usa sensor Hall dejar sin conexión
Rojo mallado	13	Señal CMP positiva	Permite usar sensor Hall o inductivo
Rojo	14	Alimentación 12 V	Positivo llave de contacto/Relay

El conector secundario (Figura 10) está relacionado principalmente con las salidas de la computadora, tanto las auxiliares como para los diferentes actuadores y la descripción de sus pines está en la Tabla 4.

Figura 10

Conector del Ramal Eléctrico Secundario



Tomado de: Tomado de: <https://www.hfperformance.com/>

Hay que tener presente las precauciones de conexión pertinentes.

Conexión de Negativo de Batería y Masa de Potencia:

- Para garantizar un funcionamiento óptimo del equipo, es esencial respetar el sistema de aterrizaje. Conecte la masa de potencia (PIN 14) del conector B a un punto limpio de masa en el chasis.

Conexión de Negativo a Sensores:

- La masa de los sensores debe derivarse o conectarse al cable de masa (PIN 7), preferiblemente cerca del conector de la R1000.

Conexión Positiva de Alimentación:

- No comparta la conexión positiva de alimentación con otros módulos, la bomba, los inyectores o las bobinas, ya que esto podría causar interferencias.

Tabla 4

Descripción de Pines del Conector Secundario de la RaceTec R1000

Color	Pin	Función	Observaciones
Verde	1	Entrada digital 2	Puede ser vinculada a cualquier función que requiera entrada digital
Celeste	2	Entrada digital 1	Puede ser vinculada a cualquier función que requiera entrada digital
Amarillo	3	Tacómetro	Salida para rpm
Marrón	4	Salida ignición 6	Para bobina
Negro	5	Salida ignición 5	Para bobina
Gris	6	Salida ignición 4	Para bobina
Blanco	7	Salida ignición 3	Para bobina
Celeste	8	Salida ignición 2	Para bobina
Violeta	9	Salida ignición 1	Para bobina
Verde	10	Salida auxiliar 4	Puede vinculares a funciones que lo requieran
Celeste	11	Salida auxiliar 3	Puede vinculares a funciones que lo requieran
Marrón	12	Salida auxiliar 2	Puede vinculares a funciones que lo requieran
Naranja	13	Salida auxiliar 1	Puede vinculares a funciones que lo requieran
Negro	14	Masa de potencia	Conectar al block o cabezote
Gris	15	Salida inyección 4	Soporta hasta 2 inyectores por salida
Blanco	16	Salida inyección 3	Soporta hasta 2 inyectores por salida

3.3.4 Configuración Inicial de la ECU

Carga de Mapas:

- Cargar los mapas de inyección y encendido preconfigurados en la ECU RaceTec R1000 utilizando el software proporcionado por el fabricante.

- Configurar los parámetros iniciales basados en las especificaciones del motor del Chevrolet Forsa.

Para programar la ECU, es necesario conectarla a una laptop utilizando un cable serial-USB, también conocido como cable RS232 o DB9. Es importante asegurarse de que el cable sea de alta calidad, ya que un cable de baja calidad puede causar errores en la comunicación.

Este cable requiere un driver que debe estar instalado en la laptop, y que generalmente viene en un CD junto con el cable. Además, se necesita un software que se puede descargar de forma gratuita desde la sección de descargas de la página de Tuner Studio, buscando el enlace denominado Tuner Studio MS. Una vez completada la descarga, se procede a instalar el programa.

Una vez instalado el programa, se genera un nuevo ícono en el escritorio. Al abrirlo, aparece una pantalla similar a la que se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Modo Inicio de Tuner Studio



- En la sección de directorio, se debe seleccionar la ubicación donde se guarda el proyecto; se recomienda mantener la ubicación predeterminada, ya que aquí se organiza toda la información.

- En la sección de firmware, se conecta el USB a la laptop y hacer clic en "Detectar". Se inicia una barra de carga mientras la laptop identifica la versión de la ECU. Una vez completado, hacer clic en "Aceptar".

A continuación, se abre una nueva ventana, similar a la mostrada en la Figura 12, donde aparecen los primeros parámetros configurables para definir el proyecto, con las siguientes opciones disponibles:

- Oxygen Sensor / display: Se especifica el tipo de sensor de oxígeno que se utilizará, seleccionando entre un sensor EGO narrowband o un sensor UEGO wideband. En este caso, se elige el sensor wideband.
- Temperature display: Se elige la unidad de medida para la temperatura, que puede ser Fahrenheit o Celsius. Para este proyecto, se selecciona Celsius.

Figura 12

Parámetros Configurables Usando Tuner Studio



Se hace clic en "next" ya que los otros parámetros están desactivados por defecto.

Luego, aparece una pantalla que muestra en qué puerto USB de la laptop está conectada la Megasquirt. Se hace clic en "next" nuevamente y se abre la ventana para seleccionar el display que se quiere que aparezca al abrir el proyecto. Se recomienda mantener el display por

defecto, aunque el cambio queda a criterio del usuario. Finalmente, se hace clic en "finish" y se puede comenzar a programar la computadora.

3.3.5 Calibración de Sensores

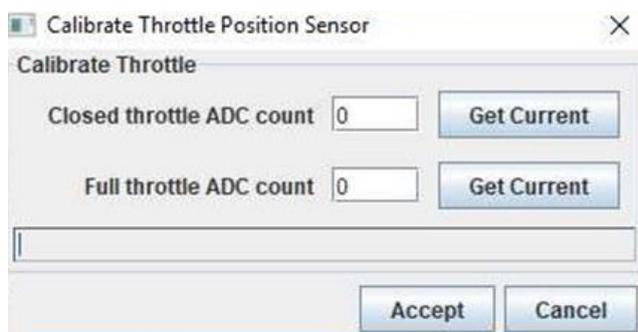
Se debe hacer saber a la ECU con que sensores se está trabajando antes de modificar cualquier valor.

Como ejemplo se coloca el sensor de posición de mariposa TPS.

- Ir a Tools > calibrate TPS y se abrirá una ventana como la Figura 13 en donde sin pisar el pedal del acelerador es decir con la mariposa cerrada dar clic en el cuadro get current superior, luego con el pedal del acelerador totalmente pisado o WOT (wide open throttle), dar clic en la casilla inferior que dice get current. Se da clic en aceptar y ya está el TPS.

Figura 13

Parámetros Configurables Usando Tuner Studio-Sensores



3.3.6 Calibración de Actuadores

Como ejemplo se toma la admisión de combustible

- Para darle las características del motor y del sistema de alimentación de combustible entrar en Basic setup > engine constants. Se abre un cuadro como en la Figura 14 en donde se encuentra.
- Control algorithm: Aquí se escoge que va a determinar la cantidad de aire que entra al motor, speed density para un sensor MAP y Alpha – N para TPS.

Capítulo IV

Análisis de la Mejora de Potencia por la Reprogramación de una ECU

4.1 Pruebas Preliminares

Encendido y Verificación:

- Reconectar la batería y encender el vehículo para verificar que la ECU y el motor funcionen sin problemas.
- Monitorear los datos en tiempo real desde el display de la ECU o mediante el software de PC para asegurarse de que no haya errores.

Ajustes Finales:

- Realizar los ajustes necesarios en los mapas de inyección y encendido para optimizar el rendimiento del motor antes de las pruebas de potencia.:

4.1.1 Preparación para la Prueba en Dinamómetro

Montaje en el Dinamómetro:

- Colocar el Chevrolet Forsa en el dinamómetro, asegurándolo firmemente y conectando todos los sensores necesarios para la medición de potencia.

Pruebas de Potencia:

- Realizar varias pasadas en el dinamómetro para medir la potencia del motor con la ECU RaceTec R1000.
- Registrar los datos de cada prueba para su posterior análisis.

Medición de Potencia Antes de la Reprogramación:

- Realizar una serie de pruebas para medir la potencia del vehículo con la ECU en su configuración original.
- Registrar los valores obtenidos, como la potencia en caballos de fuerza (HP).

Pruebas con la ECU Reprogramada:

- Ejecutar pruebas de potencia con la ECU Racetec R1000 reprogramada.

- Medir nuevamente la potencia y el torque en el dinamómetro.
- Comparar los resultados con los valores obtenidos antes de la reprogramación.

4.1.2 Análisis de Resultados

Revisión de Datos:

- Comparar los resultados obtenidos con la ECU original y con la ECU RaceTec R1000.
- Analizar si la reprogramación ha mejorado la potencia y el rendimiento del motor.

Potencia Original:

- Por ejemplo, la potencia medida es de 65 HP (valor de referencia).

Potencia Después de la Reprogramación:

- Tras la reprogramación con la Racetec R1000, la potencia aumenta a 75 HP (valor de referencia).

Optimización Final:

- Si es necesario, hacer ajustes adicionales en la ECU para perfeccionar el rendimiento.
- Documentar todos los resultados obtenidos para realizar un informe detallado de la prueba.

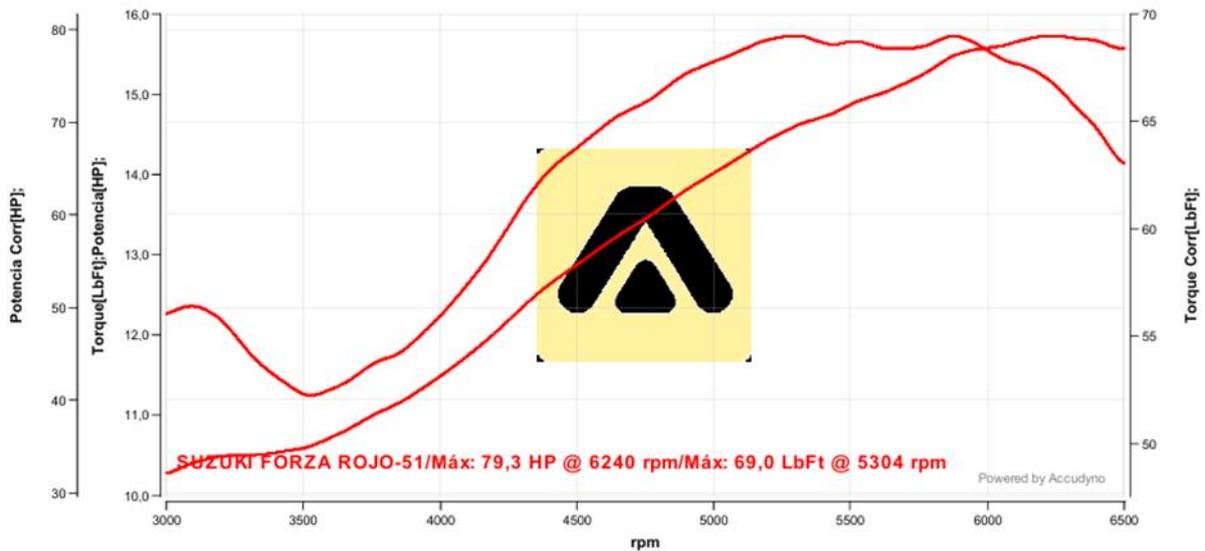
Con este proceso, el Chevrolet Forsa estará adecuadamente preparado para medir y evaluar su potencia utilizando la ECU RaceTec R1000, asegurando que se logre el máximo rendimiento del motor.

4.1.3 Prueba de Potencia Antes de la Reprogramación

A través de una prueba en el dinamómetro, se determina que la potencia antes de instalar la computadora reprogramable es de 79.3 HP (Figura 16).

Figura 16

Valores de Potencia Antes de la Reprogramación



En Figura 16, la potencia máxima registrada fue 79.3 HP @ 6240 rpm.

4.1.4 Parámetros para la Reprogramación

Según Pumarica y Tonato (2018), los parámetros ajustables que usan el software incluyen la ignición, el límite de revoluciones, la temperatura del refrigerante, la alimentación temporal de combustible, el modificador de baja presión de combustible, el sensor de oxígeno (sensor lambda) y el sensor de temperatura del motor.

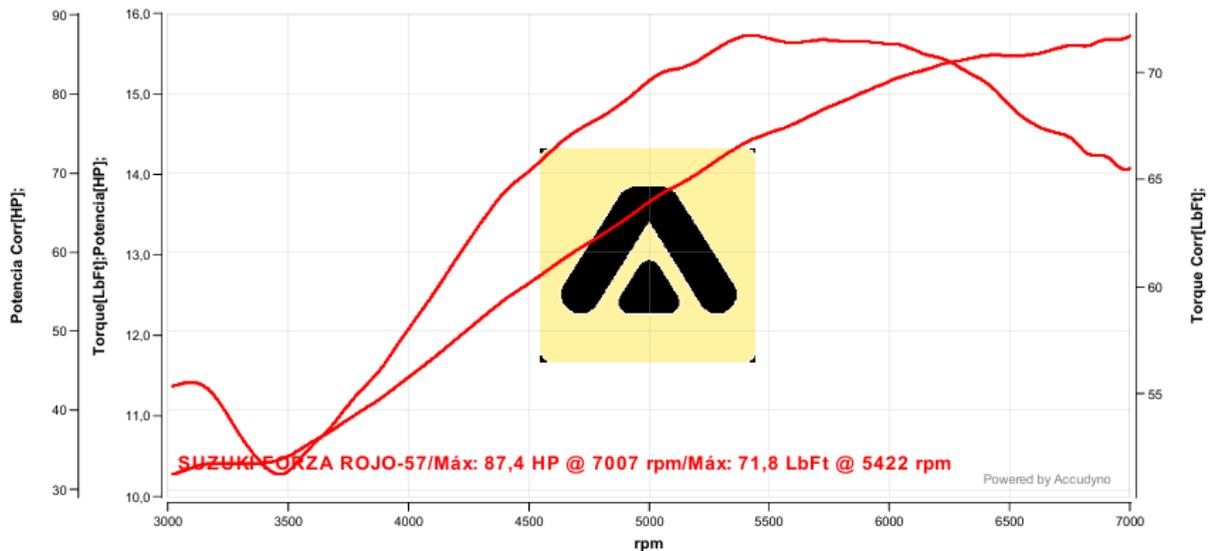
El funcionamiento de una computadora programable se basa en la medición de parámetros del motor, lo que resulta en acciones como el suministro de combustible por parte de los inyectores. Se pueden crear mapas y programar el sistema conectándose a una laptop mediante un cable USB. Para este proyecto, se utiliza el programa TunerStudio, que permite ajustar la cantidad de combustible a través de una hoja de cálculo en la que se representan las revoluciones por minuto y la posición del acelerador, formando intersecciones (Álvarez, 2018, pág. 81).

4.1.5 Prueba de Potencia Después de la Reprogramación

A través de una prueba en el dinamómetro, se determina que la potencia después de instalar la computadora reprogramable es de 87.4 HP a 7007 rpm (Figura 17).

Figura 17

Valores de Potencia Después de la Reprogramación



El leve incremento en la potencia del vehículo tras la modificación se atribuye exclusivamente a ajustes en la programación de la ECU. Esto no implica que la ECU esté mal programada, sino que el motor aún tiene potencial para generar más potencia. Durante la prueba, se utilizaron mapas ya modificados que, aunque efectivos, solo aportaron una mejora limitada en la potencia. Sin embargo, al ajustar los parámetros, se observó un incremento gradual en la potencia a medida que se realizaban las modificaciones.

4.2 Análisis de Resultados del Aumento de Potencia al Usar una Computadora RaceTec R1000

La implementación de la computadora RaceTec R1000 en un vehículo tiene como objetivo principal optimizar el rendimiento del motor, aumentando su potencia y eficiencia. El análisis de los resultados se centra en evaluar cómo esta reprogramación afecta la potencia del motor y calcular el aumento porcentual obtenido.

4.2.1 *Resultados de Pruebas de Potencia*

Potencia Inicial:

- La potencia del motor del vehículo antes de la instalación de la RaceTec R1000 se midió en un dinamómetro y se estableció en 79.3 HP.

Potencia Tras la Instalación:

- Después de la reprogramación con la RaceTec R1000, la potencia medida fue de 87.4 HP .

4.2.2 *Cálculo del Aumento de Potencia*

Para determinar el aumento de potencia en porcentaje, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Aumento Porcentual} = \left(\frac{\text{Potencia Final} - \text{Potencia Inicial}}{\text{Potencia Inicial}} \right) \times 100$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{Aumento Porcentual} = \left(\frac{87.4 - 79.3}{79.3} \right) \times 100 = \left(\frac{8.1}{79.3} \right) \times 100 \approx 10.21 \%$$

4.2.3 *Interpretación de Resultados*

El aumento porcentual de la potencia del motor tras la instalación de la RaceTec R1000 es aproximadamente del 10.21 %. Este incremento refleja una mejora significativa en el rendimiento del motor, atribuible a la optimización de la ECU que ajusta parámetros clave como la inyección de combustible y la ignición.

4.2.4 *Conclusiones*

La implementación de la computadora RaceTec R1000 ha demostrado ser efectiva en el aumento de la potencia del motor. El incremento del 10.21 % en potencia indica que la reprogramación ha optimizado el funcionamiento del motor, permitiendo un rendimiento más robusto y eficiente. Este análisis destaca la capacidad de la RaceTec R1000 para mejorar el

desempeño del vehículo, subrayando la importancia de ajustes precisos en la ECU para lograr mejoras tangibles en la potencia.

Conclusiones

La investigación reveló que los parámetros cruciales para optimizar el rendimiento del motor y la entrega de potencia en un vehículo M1 incluyen la configuración precisa de las curvas de combustible, los tiempos de encendido y el ajuste del árbol de levas. Estos factores afectan directamente la eficiencia del motor y su capacidad para generar potencia de manera efectiva. La correcta calibración de estos parámetros es esencial para maximizar el rendimiento y garantizar una operación óptima del motor.

Se desarrolló un procedimiento de reprogramación que asegura tanto la eficacia como la seguridad del proceso. La metodología incluye la realización de una copia de seguridad del software original, el ajuste meticuloso de los parámetros de la ECU y la implementación de medidas de protección para prevenir daños durante la reprogramación. Este enfoque garantiza que el motor no solo obtenga mejoras en rendimiento, sino que también mantenga su fiabilidad y durabilidad a largo plazo.

La reprogramación de la ECU utilizando la Racetec R1000 resultó en un aumento estimado de la potencia del motor entre un 10% y un 15%. Este incremento en el rendimiento se logró mediante la optimización de los mapas de encendido y combustible, así como la adaptación de los parámetros específicos del motor. El uso de esta herramienta avanzada permitió una mejora significativa en la entrega de potencia y en la eficiencia general del motor.

Recomendaciones

Es importante revisar estudios y publicaciones especializadas en ingeniería de motores y reprogramación de ECU. Estos recursos pueden proporcionar información valiosa sobre cómo optimizar estos parámetros para mejorar el rendimiento.

Igualmente es necesario diseñar un protocolo detallado para la reprogramación de la ECU que incluya pasos específicos para ajustar los parámetros del motor de manera segura, asegurándose de que el procedimiento incluya verificaciones y validaciones para evitar daños.

Se debe utilizar la Racetec R1000 para realizar la reprogramación de la ECU, asegurándose de seguir los procedimientos de ajuste recomendados. Después de la reprogramación, realizar pruebas adicionales para evaluar el aumento de potencia.

Bibliografía

- Aguirre Carrión, V. A., Nieto Carrillo, J. E., & Terán Lozano, I. (2010). Automatización de los mandos del sistema eléctricos presentes en la carrocería del vehículo Hyundai Getz 1.6 año 2007. Cuenca.
- Castillo Calderón, J. D., Rojas Reinoso, E. V., & Martínez Coral, J. E. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. Quito.
- Fujisawa, Hideya & Koike, Hisanori. (2018). La inyección de combustible electrónica. <https://1library.co/article/an%C3%A1lisis-de-eficiencia-del-sistema-de-inyecci%C3%B3n-electr%C3%B3nica.z1dlj1ez>
- Hidalgo Venegas, R. X. (2019). Investigación del desempeño mecánico del motor de combustión interna del vehículo Mazda 929 al implementar un sistema de inyección secuencial reprogramable modulada con Racetec R1000. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/20729/2/ESPEL-MAI-0667-P.pdf>
- Ibarra Chimbo, M. M. (2017). Diseño de un múltiple de escape (Header Muffler) para competición. Caso de estudio Chevrolet Forsa Motor G13B.
- Juan Rueda International. (2021). Torque y Potencia. <http://juanruedaconinternational.com/content/torque-y-potencia>
- Navas Escudero, L. E., & Sánchez Villarroel, A. X. (2016). Implementación y optimización de un sistema de inyección electrónica programable para el motor del vehículo Fórmula SAE de la carrera de ingeniería Automotriz-ESPOCH. Riobamba.
- Pérez Belló, M. A. (2021). Sistemas auxiliares del motor 3ª edición. Editorial Paraninfo.

Pérez Cebla, A. E., & Sellan Santana, A. J. (2021). Diseño e implementación de un módulo didáctico de pruebas para un sistema de inyección automotriz utilizando un autómata programable S7-1200.

Rueda Santander, J. (2005). Manual técnico de fuel injection. Bogota: Diseli.

Serpa Andrade, G. F., & Zumba Tenezaca, X. A. (2016). Determinación de la influencia en emisiones contaminantes, torque, potencia y consumo de combustible de un vehículo con motor ciclo Otto, de inyección electrónica de gasolina, mediante la variación de tipos de bujías.

Yerera, S., López, J., Becerra H, G., Di Lorenzo, F., Gil, R., Holzmann, C., & Graziano, S. (2019). Sistemas de Inyección Electrónica.

