



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Facultad de Ciencia y Tecnología
Tecnología Superior en Electrónica Automotriz

Trabajo de Titulación:
"Diseño e Implementación de un Banco de Pruebas para Unidades de Control de
Vehículos a gasolina"

Trabajo previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en
Electrónica Automotriz

Autores:
Molina Pulgarin José Marcelo
González Muñoz Omar Alessandro

Director:
Dr. Efrén Fernández

Cuenca – Ecuador
2026

1. Dedicatoria

“A mi familia, por su amor incondicional y paciencia infinita durante estos años de estudio. A la vez, dedico este logro a mi propio esfuerzo y a la perseverancia necesaria para culminar este proyecto, esperando que este banco de pruebas sea solo el inicio de una vida dedicada a la innovación y el aprendizaje técnico”

González Muñoz Omar Alessandro

A mi familia, A mi esposa e hija, que gracias a su apoyo estoy cumpliendo esta meta que realmente este logro no es solo mío sino también de ellos, por no solo el apoyo si no por el tiempo que se dieron cada uno para yo poder seguir mis clases en la universidad. También va dedicado a mi abuelita que siempre quiso verme con un título profesional. Y como no también a mi persona ya que con ganas esfuerzo y dedicación estoy cumpliendo uno de mis sueños, empezando por este proyecto como muestra de mi decisión y sobre todo de constancia para poder avanzar en el ámbito automotriz.

Molina Pulgarin José Marcelo

2. Agradecimiento

"Agradezco profundamente a la Universidad del Azuay y a la Facultad de Ciencia y Tecnología por brindarme las herramientas y el conocimiento necesarios para mi formación profesional. Un agradecimiento especial a mi director de tesis, el Dr. Efrén Fernández, por su valiosa guía, paciencia y por compartir su experiencia técnica, la cual fue fundamental para la culminación de este banco de pruebas. Finalmente, agradezco a mis compañeros y a todas las personas que, de una u otra manera, aportaron con su tiempo y conocimientos al éxito de este proyecto."

González Muñoz Omar Alessandro

Agradezco con el corazón a la Universidad del Azuay haciendo énfasis a mi facultad de Ciencia y Tecnología por acompañarme y guiarme en esta etapa con su conocimiento que me brindaron cada uno de los docentes... pero en especial al Dr. Efrén Fernández, por compartirme su experiencia, así como su valioso trabajo que realiza en este ámbito de la parte electrónica del vehículo, la cual me a servido mucho para poder realizar el BANCO DE PRUEBAS DE UNIDADES DE CONTROL PARA VEHICULOS A GASOLINA. Para finalizar agradezco a mis compañeros que de una u otra manera fueron parte de este logro.

Molina Pulgarin José Marcelo

3. Resumen

El presente trabajo constituye una memoria técnica sobre "Diseño e Implementación de un Banco de Pruebas para Unidades de Control de Vehículos a gasolina", con el objetivo de simular el funcionamiento del sistema de inyección sin necesidad de un vehículo real. La investigación se centra en la identificación de los componentes electrónicos involucrados, especialmente en ECUs de la marca Delco, y en la implementación de una maqueta didáctica que reproduzca condiciones similares a las de operación de un motor. Se diseña una plataforma capaz de generar señales CKP y CMP equivalentes a las reales, permitiendo simular el comportamiento de los sensores del motor. En este entorno controlado, se evalúa la respuesta de la ECU ante diferentes variaciones de entrada y se analiza el comportamiento de los actuadores mediante las señales de salida. Finalmente, se verifica la comunicación integral del sistema, esperando obtener un comprobador funcional, seguro y útil para el aprendizaje técnico y diagnóstico preciso.

Palabras clave: ECU, banco de pruebas, Delco, CKP, CMP, inyección a gasolina, simulación de sensores.

4. Abstract

The present work constitutes a technical report on "Design and Implementation of a Test Bench for Gasoline Vehicle Control Units," with the objective of simulating the operation of the injection system without the need for a real vehicle. The research focuses on identifying the involved electronic components, especially in Delco brand ECUs, and on implementing a didactic model that reproduces conditions similar to those of engine operation. A platform capable of generating CKP and CMP signals equivalent to real ones is designed, allowing the simulation of engine sensor behavior. In this controlled environment, the ECU's response to different input variations is evaluated, and the behavior of the actuators is analyzed through the output signals. Finally, the integral communication of the system is verified, aiming to obtain a functional, safe, and useful tester for technical learning and precise diagnosis.

Keywords: ECU, test bench, Delco, CKP, CMP, gasoline injection, sensor simulation

Índice de Contenido

1. Dedicatoria	i
2. Agradecimiento	ii
3. Resumen	iii
4. Abstract	iii
5. Índice de Imágenes	iv
6. Introducción:	1
7. Objetivos:	2
7.1. Objetivo General	2
7.2. Objetivos Específicos	2
8. Marco Teórico	2
9.1. Definición y función de una ECU:	2
8.1. Interfaz de entradas y salidas de la ECU:	2
9. Procedimiento:	7
10. Resultados	12
11. Conclusiones	19
12. Lista de referencias	20

5. Índice de Imágenes

Imagen 1	5
Imagen 2	5
Imagen 3	6
Imagen 4	7
Imagen 5	8
Imagen 6	8
Imagen 7	9
Imagen 8	9
Imagen 9	10
Imagen 10	10
Imagen 11	11
Imagen 12	11
Imagen 13	12

Imagen 14.....	12
Imagen 15.....	13
Imagen 16.....	13
Imagen 17.....	14
Imagen 18.....	15
Imagen 19.....	15
Imagen 20.....	16
Imagen 21.....	16
Imagen 22.....	17
Imagen 23.....	18

6. Introducción:

El desarrollo de la electrónica automotriz ha permitido optimizar el rendimiento, la eficiencia y el control de los motores a gasolina, siendo la unidad de control electrónico (ECU) el componente central encargado de gestionar el funcionamiento del sistema de inyección y encendido. La ECU procesa la información proveniente de diversos sensores del motor y, en función de estos datos, controla los actuadores para garantizar una combustión eficiente y segura, en virtud de aquello, estos sistemas han crecido exponencialmente en la última década.

La creciente dependencia de los sistemas embebidos en los motores de combustión interna, ha desplazado el diagnóstico mecánico tradicional, hacia uno de naturaleza electrónica. En este escenario, surge la necesidad imperativa de contar con un banco de pruebas para unidades de control. Esta herramienta no solo actúa como un entorno de simulación controlado que mitiga los riesgos de daños colaterales en el vehículo, sino que se establece como un pilar fundamental para la validación de protocolos de comunicación y la optimización del rendimiento térmico y ambiental del motor.

El presente Trabajo de Titulación, aborda el diseño e implementación de un banco de pruebas para unidades de control a gasolina, cuya maqueta propuesta integra sensores, actuadores y una fuente de alimentación, reproduciendo de manera controlada el entorno de trabajo de la ECU. Esto permite observar la respuesta del sistema ante distintas variaciones de señales, identificar posibles fallos y fortalecer el aprendizaje sobre el control electrónico del motor. De esta manera, el diseño de la maqueta contribuye al desarrollo de competencias técnicas y al entendimiento integral del funcionamiento de los sistemas de inyección a gasolina.

7. Objetivos:

7.1. Objetivo General.

Diseñar una maqueta para simular el funcionamiento de un sistema de inyección a gasolina para verificar cómo la ECU recibe señales de sensores y controla actuadores, sin necesidad de un vehículo real.

7.2 Objetivos Específicos.

- Identificar los principales componentes electrónicos del sistema de inyección a gasolina que intervienen en el funcionamiento de la unidad de control (ECU).
- Simular el funcionamiento de los sensores del motor mediante dispositivos eléctricos que permitan reproducir condiciones reales de operación.
- Comprobar la respuesta de la ECU ante variaciones en las señales de entrada generadas por los sensores simulados.
- Analizar el comportamiento de los actuadores controlados por la ECU a partir de las señales de salida generadas.
- Verificar la correcta comunicación entre sensores, ECU y actuadores dentro de la maqueta didáctica.
- Evaluar el desempeño de la unidad de control a gasolina bajo diferentes condiciones simuladas de funcionamiento del motor.

8. Marco Teórico.

8.1 Definición y función de una ECU:

La ECU o Unidad de Control, es el módulo electrónico más relevante en los vehículos actuales. Su función es gestionar el funcionamiento del motor mediante la recepción u análisis de señales de entrada enviadas por los sensores. Tras procesar esta información, la ECU envía comandos específicos a los actuadores (como inyectores y bobinas), permitiendo que el vehículo opere de manera eficiente bajo distintas condiciones de carga y velocidad.

8.2 Interfaz de entradas y salidas de la ECU:

Para que la Unidad de Control de Motor (ECU) realice una gestión eficiente del motor a gasolina, se requiere interactuar con una serie de periféricos electrónicos que se clasifican en sensores (entradas) y actuadores (salidas). En el contexto de este banco de pruebas, se consideran los siguientes componentes fundamentales:

8.3 Sensores de entrada (señales de monitoreo).

Son los dispositivos encargados de captar las magnitudes físicas del motor y convertirlas en señales eléctricas para ser procesadas por la ECU:

- **CKP (Crankshaft Position Sensor):**
Sensor de posición del cigüeñal, proporciona la señal de RPM y la posición exacta de los pistones.
- **CMP (Camshaft Position Sensor):**
Sensor de posición del árbol de levas, permite determinar la fase de inyección y encendido para cada cilindro.
- **TPS (Throttle Position Sensor):**
Sensor de posición de la mariposa, informa el ángulo de apertura del acelerador para calcular la carga del motor.
- **MAF (Mass Air Flow):**
Sensor de flujo de masa de aire, mide la cantidad de aire que ingresa al motor para ajustar la mezcla estequiométrica.
- **ECT (Engine Coolant Temperature):**
Sensor de temperatura del refrigerante, indica el estado térmico del motor para corregir la entrega de combustible en frío o caliente.
- **Actuadores de Salida (Control y Ejecución):**
Son los componentes que reciben las señales de potencia de la ECU para convertir la energía eléctrica en trabajo mecánico o térmico.
- **Inyectores:**
Son electroválvulas encargadas de pulverizar el combustible en el colector de admisión o cámara de combustión. La ECU controla el “ancho de pulso” (tiempo de apertura) para determinar la cantidad de gasolina entregada.
- **Bobinas de encendido:**
Transformadores de alta tensión que generan la chispa necesaria en las bujías para iniciar la combustión. La ECU gestiona el avance o retraso del encendido según las condiciones de carga.

- **Relé (Relevador):**

Interruptor electromecánico que permite a la ECU controlar circuitos de alta potencia (como la bomba de combustible o el ventilador) utilizando una señal de baja corriente, protegiendo así los circuitos internos de la unidad.

- **IAC (Idle Air Control):**

Válvula que regula el paso de aire en marcha mínima (ralentí) para mantener la estabilidad del motor cuando no se presiona el acelerador.

8.1. Sistema de inyección de gasolina en motores de ciclo otto:

El sistema de inyección electrónica es el encargado de dosificar el combustible en el motor de manera precisa, reemplazando el antiguo carburador. Su objetivo principal es alcanzar la mezcla estequiométrica (aproximadamente 14.7 partes de aire por 1 de gasolina), garantizando una combustión completa y eficiente.

8.2. Clasificación por el número de inyectores.

Para el desarrollo de este banco de pruebas, es fundamental entender el sistema **MPFI (Multi Point Fuel Injection)**, el cual utilizan tanto la ECU de GM como la de Nissan:

8.3. Inyección multipunto (MPFI)

Utiliza un inyector independiente para cada cilindro, ubicado en el colector de admisión, justo antes de la válvula de entrada. Esto permite un control mucho más exacto de la mezcla en comparación con los sistemas monopunto (TBI).

8.4. Fases de funcionamiento controladas por la ECU.

La inyección de gasolina no es constante, la ECU la gestiona en diferentes etapas según las condiciones de operación:

1. Arranque (Cranking): La ECU enriquece la mezcla para facilitar el encendido inicial.
2. Marcha mínima (Ralentí): Se controla el flujo de aire mediante la válvula IAC para mantener bajas revoluciones sin que el motor se apague.
3. Aceleración y Carga: La ECU aumenta el “ancho de pulso” de los inyectores basándose en los sensores TPS y MAF/MAP.

8.5. Unidades de Control de Motor a utilizar en el proyecto

Para la validación del banco de pruebas, se han seleccionado dos unidades de control representativas del parque automotor local, las cuales presentan arquitecturas y protocolos de comunicación distintos:

ECU General Motors (Delco 12216494)

Esta unidad es un referente en la gestión de motores de 4 cilindros con sistema de inyección multipunto (MPFI). Se caracteriza por:

- **Compatibilidad:** Utilizada ampliamente en modelos como Chevrolet Corsa Wind.
- **Hardware:** Posee una arquitectura de doble conector (azul y gris) y es ideal para pruebas de diagnóstico debido a la disponibilidad de sus diagramas de pines (pinout).

Función en el proyecto: Se utilizará para verificar la capacidad del banco de activar inyectores de alta impedancia y relés de control de potencia.

. UNIDAD DE CONTROL (CORSA WIND).

Imagen 1



BOBINA DE CHISPA PERDIDA

Imagen 2



ECU Nissan (Serie 6A)

Representa la tecnología japonesa de gestión electrónica de finales de los 90.

- **Compatibilidad:** Común en los modelos Nissan Sentra y Lucino (motores GA).
- **Hardware:** Presenta una carcasa plástica sellada y un conector de alta densidad. Su lógica de control de encendido es distinta a la de GM, lo que permite probar la versatilidad del banco de pruebas.
- **Función en el proyecto:** Servirá para validar la generación de señales de sensores magnéticos o de efecto Hall (CKP/CMP) requeridos por los sistemas Nissan.

UNIDAD DE CONTROL VEHICULO NISSAN

Imagen 3



9. Procedimiento:

Como se puede observar en la imagen 4 como el proceso comienza con la definición de las líneas de referencia. Estas líneas permiten asegurar la simetría y el cumplimiento de las tolerancias mecánicas requeridas para el ensamblaje posterior del prototipo.

MONTAGE DE MONTAGE DE LAS UNIDAD DE CONTROL

Imagen 4



La imagen 5 muestra el proceso de validación dimensional en el prototipo. Esta dimensión exhaustiva es imperativa para corroborar que los puntos de anclaje y espacios de alojamiento coincidan con las especificaciones del plano, mitigando así el riesgo de fallas por desalineación estructural.

MEDIDAS Y DIMENSIONES

Imagen 5



Como se aprecia en la imagen 6, se procedió con el mecanizado de los alojamientos en el panel de control. Este proceso de perforación permite la inserción precisa del interruptor y demás componentes periféricos, asegurando que cada elemento quede fijo en su puesto a la estructura de la maqueta.

. PERFORACION EN LA MAQUETA PARA ADECUAR LOS MODULOS.

Imagen 6



Como se ve detallado en la imagen 7, se procedió con la instalación del switch de activación. La ubicación del dispositivo fue seleccionada para garantizar un acceso ergonómico y segur, asegurando el cierre del lazo eléctrico necesario para el funcionamiento del sistema integrado.

. INSTALACION DE SWITCH DE ENCENDIDO DEL SIMULADOR

Imagen 7



Verificando la imagen 8 se llevó acabo la instalación y fijación de las unidades de control electrónica ECU, sobre la estructura de la maqueta. Este montaje se realizó siguiendo una distribución estratégica para optimizar la longitud del cableado y minimizar las interferencias electromagnéticas

. SUJECION DE LA UNIDAD DE CONTROL

Imagen 8



Se procedió con la instalación del soporte estructural diseñado específicamente para la unidad de control. Este elemento asegura la inmovilidad de la ECU frente a vibraciones o manipulaciones durante las pruebas dinámicas, manteniendo la integridad de las conexiones eléctricas en todo momento como en la imagen 9.

ELABORACIÓN DE ABRAZADERAS

Imagen 9



Finalmente se presenta la disposición consolidada de la ECU, una vez instaladas las mismas en sus respectivos alojamientos. Con este montaje se concluye la fase de integración física, logrando una arquitectura organizada que permite proceder con la etapa del cableado y conexiones del sistema eléctrico, imagen 10.

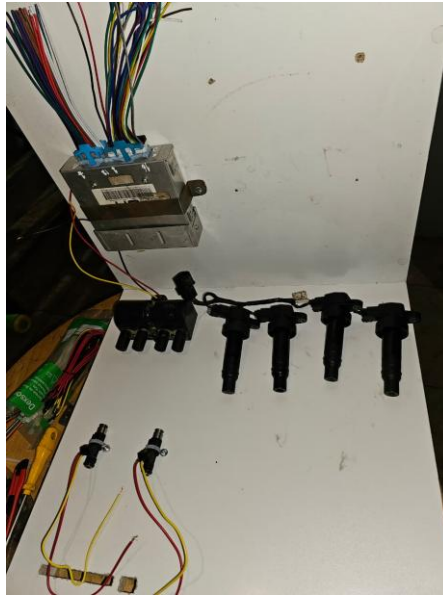
. UNIDAD DE CONTROL CON SU RESPECTIVO ARNÉS

Imagen 10



. DISPOSICIÓN DE LOS ACTUADORES

Imagen 11



Como se puede observar en la imagen 11 se empezó a realizar la disposición de los actuadores.

. PINES DE SIMULADOR DE ACTUADORES COMO INYECTORES, BOBINAS.

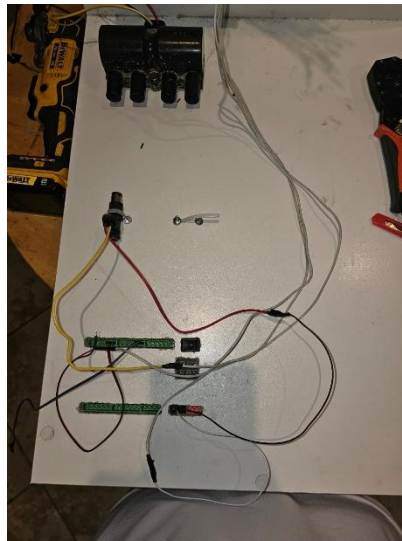
Imagen 12



La imagen 12 ilustra el cableado de potencia y señales requerido para el funcionamiento de la Unidad de Control Electrónico en conjunto con los actuadores de inyección del módulo de pruebas.

. CONECCION DE SIMULADOR CON EL ACTUADOR.

Imagen 13



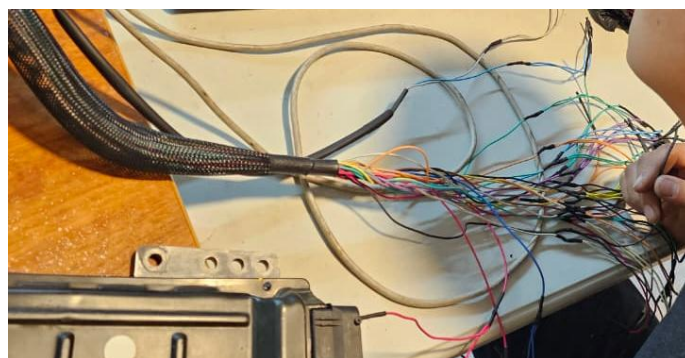
Como se aprecia en la imagen 13, se ha consolidado la interfaz física del sistema de control y potencia, vinculando los terminales de salida de la ECU con los inyectores y la bobina de encendido para completar la etapa de ensamblaje de la maqueta.

10. Resultados

10.1. Verificación de cables para la instalación.

CHICOTE DEL COMPROBADOR.

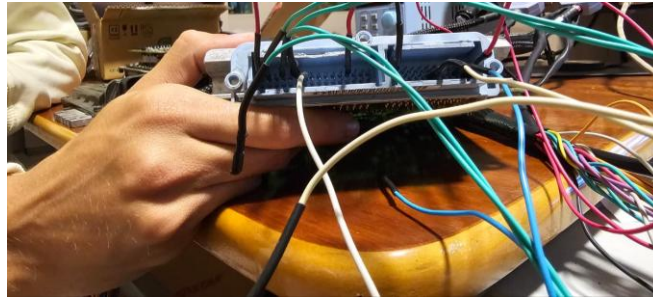
Imagen 14



10.2. Reconocimiento de pines para la conexión segura de la misma

PINES DE CONEXIÓN DE LA (ECE).

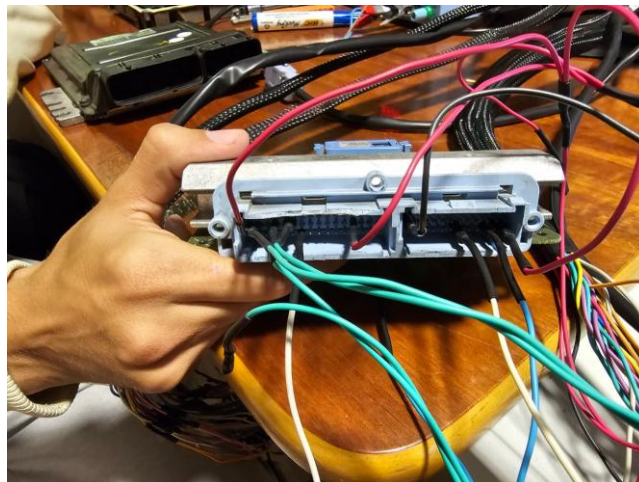
Imagen 15



10.3. Comprobación de funcionamiento de la unidad de control ya conectada.

. INSTALACIÓN DE CABLEADO A LA UNIDAD DE CONTROL.

Imagen 16



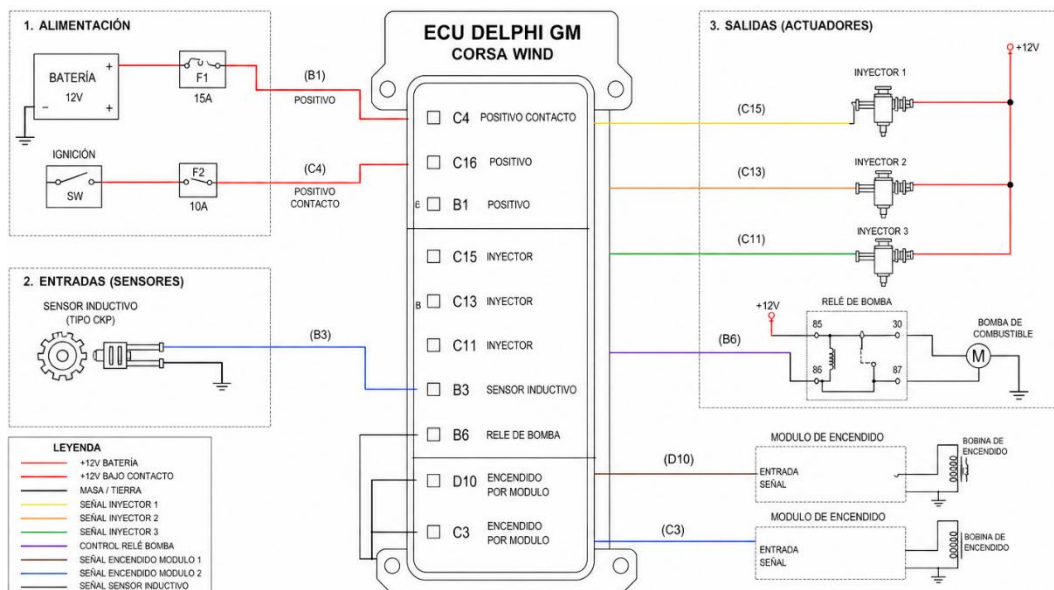
10.4. Tabla de colores y pines de conexión en el ecu.

	COLOR	PIN
POSITIVO NORMAL (+30) POSITIVE BATTERY (+30)	ROJO RED	B1-C16
MASA GRAUND	NEGRO BLACK	A12- B10-D1
POSITIVO CONTACTO IGNITION SWITC (+15)	NARANJA ORANGE	C4
RELE DE BOMBA PUMP RELAY	BLANCO WHITE	B6
INYECTORES INJECTORS	VERDE GREEN	C15-C11 (PUENTEAR C13 CON C14)
ENCENDIDO (POR MODULO) INGITION COLS DIGITAL	GRISES GRAY	D10-C3
SENSOR INDUCTIVO CKP INDUCTIVE	CELESTE SKY BLUE	B3

10.5. Esquema eléctrico de la unidad de control.

. ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA UNIDAD DE CONTROL DELPHI GM

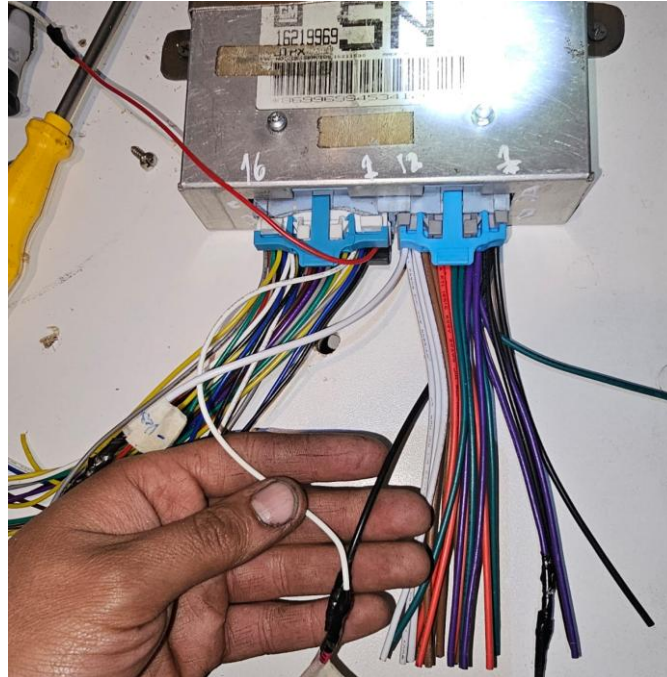
Imagen 17



10.6. Se verifico los colores para el funcionamiento.

Verificación de colores en la ECU.

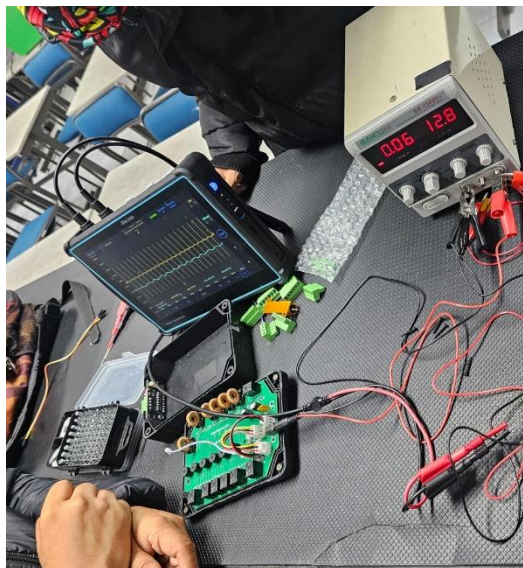
Imagen 18



10.7. Comprobación de simulador.

Comprobación de simulador con osciloscopio y una fuente.

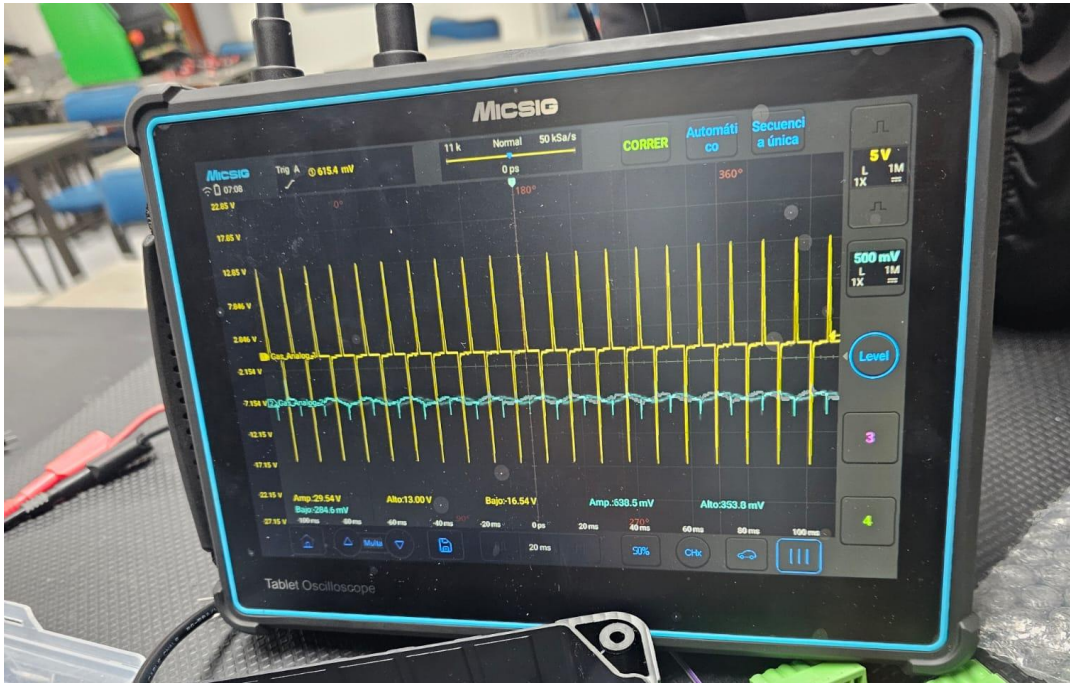
Imagen 19



10.8. Señal ckp en osciloscopio.

. Señal CKP.

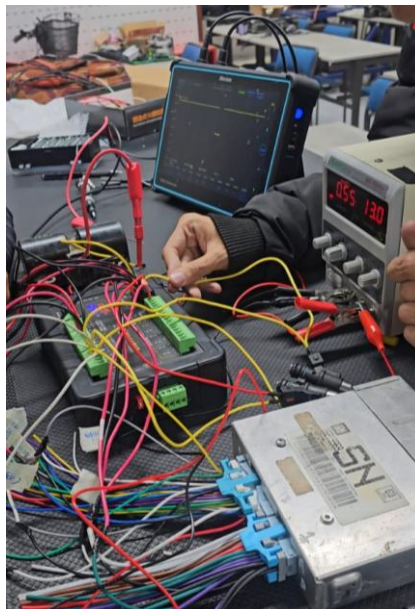
Imagen 20



10.9. Instalación fuera de maqueta para comprobar las conexiones.

Conexión con fuente de poder.

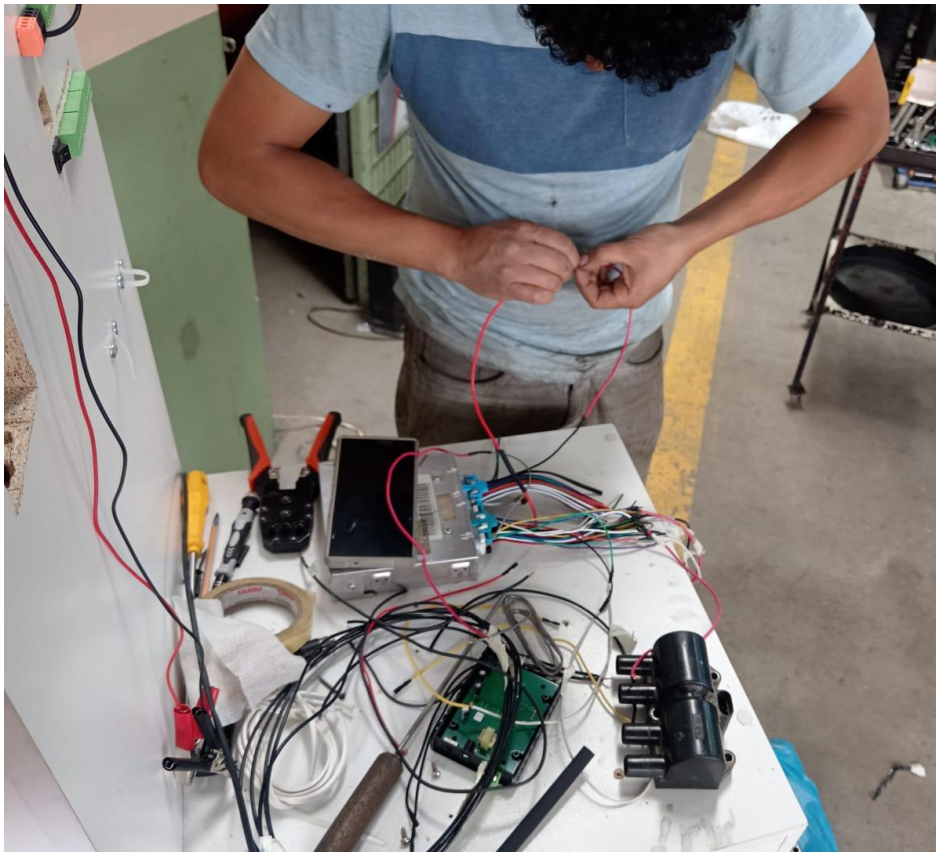
Imagen 21



10.10. Montaje de los implementos en la maqueta.

Montaje de implementos en maqueta.

Imagen 22



10.11. Banco de pruebas ya finalizado con todas las conexiones.

. Banco de pruebas ya finalizado.

Imagen 23



11. Conclusiones

El desarrollo de un banco de pruebas para unidades de control electrónico (ECU) de vehículos a gasolina, utilizando la computadora de un vehículo Chevrolet Corsa Wind, representa una herramienta técnica y didáctica de gran importancia en el área de la ingeniería automotriz. Este sistema permite simular condiciones reales de funcionamiento del motor, facilitando el análisis, monitoreo y verificación de señales eléctricas y electrónicas generadas por la ECU sin necesidad de contar con el vehículo completo. Gracias a ello, es posible realizar pruebas de funcionamiento, detección de fallas y comprobación de sensores y actuadores de manera rápida y segura.

Además, la implementación de este banco de pruebas fortalece el aprendizaje práctico de estudiantes y técnicos, permitiendo comprender el comportamiento de la ECU y la interacción entre los diferentes componentes del sistema de inyección electrónica. De igual manera, el proyecto constituye una alternativa útil para el desarrollo de prácticas de laboratorio y procesos de diagnóstico automotriz.

Por otra parte, este sistema contribuye a optimizar los procesos de mantenimiento y reparación, ya que reduce el tiempo requerido para localizar averías y disminuye costos relacionados con desmontajes innecesarios o reemplazos incorrectos de componentes. También permite efectuar mediciones y simulaciones controladas, mejorando la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos.

En conclusión, el diseño e implementación del banco de pruebas para ECU constituye una solución práctica, funcional e innovadora, aportando beneficios tanto en el ámbito educativo como profesional y fortaleciendo las competencias técnicas relacionadas con el diagnóstico electrónico automotriz.

12. Lista de referencias.

- **Bosch, R. (2018).** *Manual de la tecnología del automóvil (5.ª ed.)*. Robert Bosch GmbH.
- **Denton, T. (2020).** *Advanced automotive fault diagnosis (4th ed.)*. Routledge.
- **[Manual DELCO E39/E39A](#).(2024).** *DELCO E39/E39A IROM MPC5566 BAM GM User Manual*. Manuals Plus.
- **Halderman, J. D. (2018).** *Automotive fuel and emissions control systems (7th ed.)*. Pearson Education.