



Powered by  
Arizona State University

# INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

**Autores:** Galo Enrique Rivas Velásquez

Xavier Adrián Andrade Naranjo

**Director:** Ing. Alex Fernando Llerena, MsC.

**Implementación de un Banco de Pruebas para Validar Circuitos de  
Módulo de Control Electrónico de Vehículos Livianos**



**Certificado de Autoría**

Nosotros, Galo Enrique Rivas Velásquez y Xavier Adrián Andrade Naranjo, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedemos nuestros 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

---

Xavier Adrián Andrade Naranjo

C.I. 0931461438

---

Galo Enrique Rivas Velásquez

C.I. 0925959785

### **Aprobación del Tutor**

Yo, Alex Fernando Llerena certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

---

Ing. Alex Fernando Llerena, MsC.

Director del Proyecto

## **Dedicatoria**

A mis padres, por sus constantes sacrificios a lo largo del camino, me han forjado en la persona que soy el día de hoy, a mi hermana, a mis abuelos, y tío, quienes siempre estuvieron pendientes y prestos a ayudarme como puedan para alcanzar esta tan anhelada meta.

*Galo Enrique Rivas Velásquez*

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios innumerables a lo largo de este camino. A mis amigos, por su ánimo y comprensión en los momentos difíciles. A mis profesores, por su guía y enseñanzas que han sido fundamentales en este logro. A todos aquellos que creyeron en mí, este trabajo está dedicado a ustedes. Gracias por ser parte de mi viaje.

*Xavier Adrián Andrade Naranjo*

## **Agradecimiento**

A todo el personal administrativo de la facultad y a mis maestros, siempre con la disposición de ayudar, servir y guiar a los estudiantes para que se conviertan en excelentes profesionales, a mi compañero de proyecto, a mis amigos más cercanos y a Dios, por siempre mostrarme el siguiente paso hacia el camino correcto para mi futuro profesional y personal, gracias por tanto.

***Galo Enrique Rivas Velásquez***

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Alex Llerena, por su invaluable orientación, paciencia y dedicación durante todo el proceso de investigación. Su experiencia y apoyo fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo. También quiero agradecer a Galo Rivas, Ing. Marco Noroña y al Ing. Erasmo García por su contribución y asesoramiento en distintas etapas de este proyecto. Además, agradezco profundamente a mi familia y seres queridos por su inquebrantable apoyo y motivación. Este logro no habría sido posible sin su constante aliento.

***Xavier Adrián Andrade Naranjo***

## Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Capítulo I.....	1
Introducción.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del problema.....	1
1.3 Planteamiento del Problema.....	1
1.4 Formulación del Problema.....	7
1.5 Sistematización del Problema.....	7
1.6 Objetivo de la Investigación.....	7
1.7 Objetivo General.....	7
1.8 Objetivos Específicos.....	7
1.9 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	8
1.10 Justificación Teórica.....	8
1.11 Justificación Metodológica.....	8
1.12 Justificación Práctica.....	8
1.13 Delimitación Temporal.....	9
1.14 Delimitación Geográfica.....	9
1.15 Delimitación del Contenido.....	9
1.16 Hipótesis.....	9
1.17 Variables de Hipótesis.....	9

1.17.1	<i>Variables Independientes</i> .....	9
1.17.2	<i>Variables Dependientes</i> .....	9
	Capítulo II.....	10
	Marco de Referencia .....	10
2.1	Marco Teórico.....	10
2.1.1	<i>Conceptos Preliminares</i> .....	10
2.1.2	<i>Módulos de Control Electrónico</i> .....	11
2.1.3	<i>Tipos de Módulo de Control Electrónico</i> .....	11
2.1.4	<i>Tipos de Pruebas a Módulos de Control Electrónico</i> .....	13
2.2	Marco Conceptual.....	14
2.2.1	<i>Banco de Pruebas</i> .....	14
2.2.2	<i>Módulos de Control Electrónico</i> .....	14
2.2.3	<i>Selección y Composición del Banco de Pruebas</i> .....	15
2.2.4	<i>Alcance</i> .....	17
2.2.5	<i>Manual de Usuario</i> .....	17
	Capítulo III.....	24
	Metodología para Pruebas de Módulos Electrónicos.....	24
3.1	Evaluación de Circuitos de Computadoras .....	24
3.2	Funcionamiento del Banco de Pruebas .....	25
3.3	Módulos a Evaluar .....	27
3.4	Recopilación de Información de Fabricantes.....	27
3.5	Conexión de Módulos Electrónicos .....	34
3.6	Conexión de ECM - Chevrolet Sail .....	34
3.7	Conexión de ECM - Suzuki Grand Vitara .....	35
3.8	Pruebas de Módulos Electrónicos .....	36

Capítulo IV.....	38
Análisis de Resultados de Pruebas de ECMs.....	38
4.1 Análisis de Funcionamiento de Módulos Evaluados .....	38
4.2 Diagnóstico de Operatividad de Módulos.....	44
Conclusiones .....	46
Recomendaciones .....	47
Bibliografía .....	48
Anexos .....	38

## Índice de Figuras

Figura 1 <i>Tamaño de Mercado de Global de Módulos de Control Electrónico 2023 a 2033 en USD</i> .....	1
Figura 2 <i>División de Mercado de Módulos de Control Electrónico por Región 2023</i> .....	2
Figura 3 <i>Banco de Pruebas Encendido</i> .....	18
Figura 4 <i>Pantalla de Banco de Pruebas</i> .....	18
Figura 5 <i>Opción Señal de Sensores</i> .....	18
Figura 6 <i>Opciones de Ajuste de Voltaje Señal DC</i> .....	19
Figura 7 <i>Opción Gases de Escape</i> .....	19
Figura 8 <i>Tipos de Señal de RPM</i> .....	20
Figura 9 <i>Opción Elemento Impulsado</i> .....	20
Figura 10 <i>Opción ISC</i> .....	21
Figura 11 <i>Opción Inyector</i> .....	21
Figura 12 <i>Opciones de Stepp Motor</i> .....	22
Figura 13 <i>Opciones Auto Maic</i> .....	23
Figura 14 <i>Opciones Individuales Según Demanda</i> .....	23
Figura 15 <i>Diagrama de Conexiones del ECM del Chevrolet Sail</i> .....	30
Figura 16 <i>Diagrama de Conexiones del ECM del Suzuki Grand Vitara</i> .....	33
Figura 17 <i>Conexión de Pines de Inyectores y Bobinas en Computadora Delphi MT60</i> .....	36
Figura 18 <i>Conexión de Pines para la Comprobación de Pulso de Inyectores y Bobinas en Computadora Delphi MT60</i> .....	37
Figura 19 <i>Conexión de Pines para la Comprobación de Pulso de Inyectores y Bobinas en Computadora Mitsubishi Electric Corporation 051JA D4</i> .....	37
Figura 20 <i>Prueba Demostrando Envío de Pulsos a Inyectores</i> .....	39
Figura 21 <i>Prueba Dos, Demostrando Envío de Pulsos a Inyectores</i> .....	39

Figura 22 <i>Prueba a 450Hz de Frecuencia</i> .....	40
Figura 23 <i>Prueba Demostrando Envío de Pulsos a Bobinas de Encendido</i> .....	40
Figura 24 <i>Prueba Dos, Demostrando Envío de Pulsos a Bobinas de Encendido</i> .....	41
Figura 25 <i>Prueba a 450Hz de Frecuencia</i> .....	41
Figura 26 <i>Prueba a 100Hz de Frecuencia</i> .....	42
Figura 27 <i>Prueba a 60Hz de Frecuencia</i> .....	43
Figura 28 <i>Prueba a 20Hz de Frecuencia</i> .....	43

**Índice de Tablas**

Tabla 1 <i>Pinout del ECM del Chevrolet Sail</i> .....	27
Tabla 2 <i>Pinout del ECM del Chevrolet Sail</i> .....	28
Tabla 3 <i>Pinout del ECM del Chevrolet Sail</i> .....	29
Tabla 4 <i>Pinout del ECM del Suzuki Grand Vitara</i> .....	31
Tabla 5 <i>Pinout del ECM del Suzuki Grand Vitara</i> .....	32

## Resumen

El proyecto se enfocó en la implementación de un banco de pruebas para módulos de control electrónico. Se llevó a cabo un estudio sobre la importancia de la verificación y prueba de estos módulos, dada su relevancia en el funcionamiento seguro y eficiente de los vehículos modernos. En particular, se seleccionaron dos módulos del laboratorio de autotrónica para la verificación en el banco de pruebas: el Delphi MT60 y el Mitsubishi 051JA D4. Estos módulos representan componentes críticos en los sistemas de control de vehículos y son utilizados por varios fabricantes en sus modelos. El proceso de selección e implementación del banco de pruebas MST9000+ implicó una configuración específica para adaptarse a las características de los módulos seleccionados. Esto incluyó adaptadores de conexión, así como la calibración y validación del equipo. Una vez completada la configuración del banco de pruebas, se procedió a la fase de verificación de los módulos. Se desarrollaron procedimientos de prueba detallados para evaluar diversas funcionalidades y parámetros de los módulos, incluyendo la respuesta a señales de entrada, la generación de señales de salida y la comunicación con otros componentes del vehículo. Los resultados de las pruebas proporcionaron datos valiosos sobre el rendimiento y la fiabilidad de los módulos bajo diferentes condiciones de funcionamiento. Se identificaron áreas de mejora y se propusieron recomendaciones para optimizar el diseño y la fabricación de los módulos en futuros desarrollos. Además, como parte integral del proyecto de titulación, se encuentran elaboradas dos guías prácticas detalladas para la verificación de los módulos Delphi MT60 y Mitsubishi 051JA D4. Estas guías ofrecen instrucciones paso a paso, junto con consejos y precauciones, para llevar a cabo las pruebas de manera efectiva y eficiente.

**Palabras clave:** ECM, Banco de Pruebas, Detección de Fallas, Simulación de Sensores, Diagramas de Conexión.

## Abstract

The project focuses on the implementation of a test bench for electronic control modules. A study was conducted on the importance of verifying and testing these modules, given their relevance in the safe and efficient operation of modern vehicles. In particular, two modules from the autotronics laboratory were selected for verification on the test bench: the Delphi MT60 and the Mitsubishi 051JA D4. These modules represent critical components in vehicle control systems and are used by various manufacturers in their models. The selection and implementation process of the MST9000+ test bench involved specific configuration to adapt to the characteristics of the selected modules. This included connection adapters, as well as calibration and validation of the equipment. Once the test bench configuration was completed, the module verification phase proceeded. Detailed test procedures were developed to assess various functionalities and parameters of the modules, including response to input signals, generation of output signals, and communication with other vehicle components. The test results provided valuable data on the performance and reliability of the modules under different operating conditions. Areas for improvement were identified, and recommendations were proposed to optimize the design and manufacturing of the modules in future developments. Additionally, as an integral part of the graduation project, two detailed practical guides have been developed for the verification of the Delphi MT60 and Mitsubishi 051JA D4 modules. These guides offer step-by-step instructions, along with tips and precautions, to conduct tests effectively and efficiently.

**Keywords:** ECM, Test Bench, Fault Detection, Sensor Simulation, Connection Diagrams.

## Capítulo I

### Introducción

#### 1.1 Tema de Investigación

Implementación de un banco de pruebas para validar circuitos de módulo de control electrónico de vehículos livianos.

#### 1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del problema

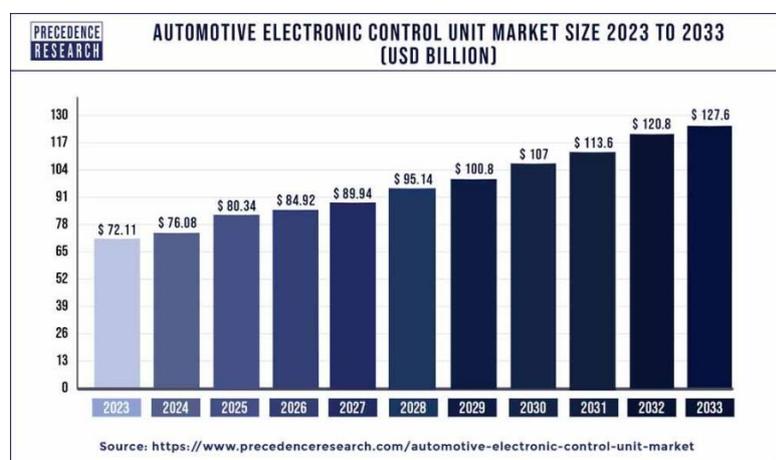
#### 1.3 Planteamiento del Problema

Los módulos electrónicos de control desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de los vehículos modernos, supervisando y regulando una variedad de sistemas clave, desde el motor hasta las funciones eléctricas. Sin embargo, como cualquier componente electrónico, las ECM pueden experimentar fallas que afectan el rendimiento y la fiabilidad del automóvil (Droliia, 2011).

El tamaño del mercado global de unidades de control electrónico automotriz se espera que alcance los 72.11 mil millones de dólares para el año 2033, partiendo de los 127.6 mil millones de dólares en 2023, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 5.91% durante el período de pronóstico de 2024 a 2033 como se puede apreciar en la figura 1.

#### Figura 1

*Tamaño de Mercado de Global de Módulos de Control Electrónico 2023 a 2033 en USD*



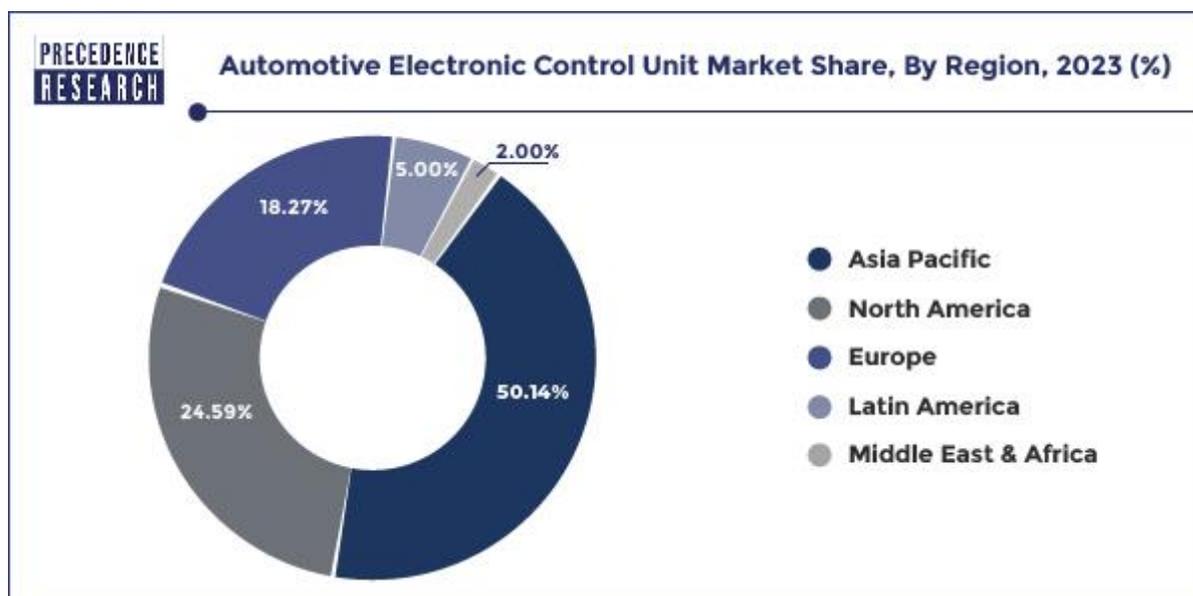
Tomado de: <https://www.precedenceresearch.com/automotive-electronic-control-unit-market>

El tamaño del mercado de unidades de control electrónico automotriz en Asia Pacífico fue valorado en 36.15 mil millones de dólares en 2023 y se espera que alcance los 65.71 mil millones de dólares para el año 2033, con un crecimiento anual compuesto (CAGR) del 6.2% desde 2024 hasta 2033.

Asia Pacífico ha surgido como el líder global en el mercado mundial del ECM automotriz y representó más de la mitad de la participación total de ingresos en 2023. Además, la región está preparada para crecer a la tasa de crecimiento más rápida durante el período de pronóstico. El crecimiento significativo de la región se debe principalmente a la creciente demanda de aplicaciones de comunicación y entretenimiento a bordo en vehículos de pasajeros. Se puede visualizar la participación en la figura 2 a continuación:

### Figura 2

*División de Mercado de Módulos de Control Electrónico por Región 2023*



Tomado de: <https://www.precedenceresearch.com/automotive-electronic-control-unit-market>

Además, el rápido crecimiento de China en el mercado se debe principalmente al crecimiento significativo de la industria automotriz en el país, que ofrece amplias oportunidades para la incorporación de ECM en los nuevos vehículos. El aumento de la

población junto con el aumento del ingreso disponible nuevamente impulsó el crecimiento de ECM automotriz en la región (Precedence Research, 2024).

Los mayores fabricantes de módulos de control electrónico para vehículos en el mundo incluyen algunas de las principales empresas de tecnología automotriz y proveedores de sistemas electrónicos. Algunos de los más destacados son:

**Bosch:** es uno de los principales proveedores mundiales de tecnología y servicios, incluidos sistemas electrónicos para vehículos. Fabrica una amplia gama de módulos de control electrónico para automóviles, incluidos ECM y otros componentes clave.

**Continental AG:** es otro gigante en el sector automotriz que fabrica una variedad de sistemas electrónicos para vehículos, incluidos módulos de control electrónico. Proporciona soluciones innovadoras en áreas como la seguridad, el control del motor y la conectividad.

**Denso Corporation:** es un importante proveedor japonés de tecnología automotriz que fabrica una amplia gama de componentes electrónicos para vehículos, incluidos los módulos de control electrónico. Sus productos abarcan desde sistemas de inyección de combustible hasta sistemas de entretenimiento.

**Delphi Technologies:** ahora parte de BorgWarner, es conocido por sus soluciones avanzadas en el campo de la propulsión eléctrica y los sistemas electrónicos para vehículos. Fabrica una variedad de módulos de control electrónico para automóviles.

**ZF Friedrichshafen AG:** es un proveedor líder de tecnología de transmisión y sistemas de chasis para la industria automotriz. Fabrica módulos de control electrónico que abarcan una variedad de aplicaciones, desde la gestión del motor hasta los sistemas de asistencia al conductor.

**Valeo:** es un importante proveedor de sistemas automotrices que fabrica una amplia gama de productos electrónicos para vehículos. Sus módulos de control electrónico cubren áreas como la gestión del motor, la iluminación y la comodidad del vehículo (Conrad, 2004).

A continuación, exploraremos las causas comunes de fallo en los ECM, así como los síntomas que pueden indicar problemas potenciales. Es esencial comprender estas causas para mantener la integridad y el rendimiento de nuestros vehículos.

Causas comunes de falla en el ECM:

- *Picos y sobretensiones de voltaje*: los picos y sobretensiones de voltaje, a menudo causados por alternadores defectuosos o problemas en el sistema eléctrico, pueden sobrecargar los componentes electrónicos sensibles del ECM. Esto puede resultar en daños o corrupción en la misma, afectando su capacidad para controlar el motor.

- *Daño por agua*: el daño por agua puede ocurrir cuando hay fugas en el interior del vehículo, o si el ECM está expuesto a la humedad debido a un compartimento del motor mal sellado. El agua puede infiltrarse en la circuitería de la misma, causando cortocircuitos y mal funcionamiento eléctrico.

- *Sobrecalentamiento*: el ECM se encuentra dentro del compartimento del motor, donde las temperaturas pueden volverse bastante altas. La exposición prolongada al calor extremo puede hacer que se sobrecaliente, lo que lleva a la falla de componentes internos y a un rendimiento reducido.

- *Edad y desgaste*: como cualquier dispositivo electrónico, el ECM puede degradarse con el tiempo debido al desgaste normal. Esto puede resultar en la deterioración gradual de sus componentes y funciones, lo que finalmente lleva a la falla.

- *Mal funcionamiento del software*: el software de el ECM es responsable de gestionar varios parámetros del motor. Si el software se corrompe o experimenta fallos, puede causar un comportamiento errático del motor, problemas de rendimiento y activar luces de advertencia.

- *Defectos de fabricación*: aunque relativamente raros, los defectos de fabricación o problemas de control de calidad durante la producción del ECM pueden llevar a una falla

prematura. Estos defectos pueden no ser evidentes hasta que la misma esté en uso durante algún tiempo.

Síntomas de falla del ECM:

- *Testigo del check engine*: la iluminación frecuente de la luz del check engine es un indicador común.

- *Baja eficiencia de combustible*: eficiencia de combustible disminuida a pesar del mantenimiento regular.

- *Problemas de rendimiento del motor*: potencia reducida, ralentí del motor áspero e incluso fallos en el motor.

- *Respuesta del acelerador inconsistente*: respuesta impredecible del acelerador o aceleraciones repentinas.

- *Dificultad para arrancar*: dificultad para arrancar el motor, especialmente en clima frío.

- *Códigos de Error*: recuperación de códigos de error utilizando un escáner de diagnóstico.

- *Accesorios no funcionales*: accesorios defectuosos como ventanas eléctricas o cerraduras.

La incorporación de un banco de pruebas de módulo de control electrónico de vehículos livianos en el laboratorio universitario no solo representa una implementación innovadora, sino también una oportunidad para transformar la educación en ingeniería mecánica automotriz. Este recurso proporciona a los estudiantes una plataforma única para experimentar con situaciones complejas y desafiantes que simulan de manera realista los problemas que pueden enfrentar en el mundo laboral. Además de mejorar sus habilidades técnicas, esta herramienta fomenta el desarrollo de habilidades colaborativas, la resolución de problemas y la toma de

decisiones bajo presión, aspectos cruciales en la vida profesional de un ingeniero mecánico automotriz.

Sin embargo, la implementación exitosa de este Banco de Pruebas implica considerar diversos factores. En primer lugar, es esencial realizar una evaluación precisa de las necesidades específicas de los estudiantes, teniendo en cuenta las expectativas de la industria y las tendencias tecnológicas actuales. Esto asegura que el diseño del programa de estudios esté alineado con los desafíos y demandas del campo automotriz en constante evolución.

En paralelo, la selección de herramientas compatibles con el Banco de Pruebas es un paso crítico. La elección cuidadosa de tecnologías que reflejen los sistemas utilizados en la industria garantiza que los estudiantes adquieran habilidades directamente transferibles a su futura carrera. La colaboración con la industria para mantener actualizados estos recursos también se presenta como una estrategia efectiva para mantener la relevancia del programa de estudios a lo largo del tiempo.

Además, la creación de una estrategia integral para el entrenamiento y uso efectivo del banco de pruebas es vital. Los estudiantes deben recibir una formación adecuada para aprovechar al máximo este tipo de herramientas, lo que implica no solo entender su funcionamiento técnico, sino también desarrollar habilidades de resolución de problemas y análisis crítico. La implementación de talleres, proyectos y actividades prácticas basadas en el Banco de Pruebas puede ser una manera efectiva de integrar esta herramienta en el plan de estudios de manera significativa.

En última instancia, el éxito y la sostenibilidad de la implementación de un banco de pruebas de módulo de control electrónico dependen de un enfoque metodológico sólido y en constante evolución. La investigación continua, la retroalimentación de la industria y la adaptabilidad del programa de estudios son elementos esenciales para asegurar que los ingenieros mecánicos graduados estén verdaderamente preparados para enfrentar los desafíos

de la industria automotriz del siglo XXI. Este enfoque integral no solo beneficia a los estudiantes, sino que también fortalece la reputación y la posición de la institución educativa en el panorama académico y profesional.

#### **1.4 Formulación del Problema**

¿Cómo se puede implementar un banco de pruebas de módulo de control electrónico en el laboratorio de la universidad para aportar a la formación de los estudiantes de ingeniería automotriz en el diagnóstico y reparación de este tipo de sistemas?

#### **1.5 Sistematización del Problema**

- ¿Cuáles son las necesidades actuales que tiene la industria en diagnóstico de computadoras?
- ¿Cuáles son los equipos adecuados para la implementación de un banco de pruebas de módulo de control electrónico?
- ¿Cómo se puede desarrollar una guía práctica de uso efectivo del banco de pruebas de módulo de control electrónico en el laboratorio de la universidad que permita el diagnóstico y reparación de sistemas electrónicos de vehículos modernos de manera efectiva?

#### **1.6 Objetivo de la Investigación**

#### **1.7 Objetivo General**

Implementar un banco de pruebas de módulos de control Electrónico en el laboratorio de la UIDE Guayaquil para la verificación y evaluación de los circuitos de computadoras de vehículos livianos.

#### **1.8 Objetivos Específicos**

- Seleccionar el banco de pruebas de módulo de control electrónico en base a las características técnicas que permitan la simulación de las señales de voltaje de diferentes sensores de vehículos livianos.

- Validar la efectividad del banco de pruebas mediante pruebas que muestren el funcionamiento de dos módulos electrónicos de vehículos livianos en el laboratorio, analizando los resultados obtenidos.
- Desarrollar guías prácticas para la detección de fallas en módulos electrónicos.

### **1.9 Justificación y Delimitación de la Investigación**

Una vez que se definen los objetivos de la investigación se procede a responder la pregunta de por qué se planteó esas interrogantes. Se puede dar respuesta desde el desarrollo teórico y práctico.

#### **1.10 Justificación Teórica**

La implementación de un banco de pruebas de módulo de control electrónico en el laboratorio de la universidad puede contribuir de manera significativa a mejorar la formación de los estudiantes de ingeniería mecánica automotriz en este campo. El banco permite a los estudiantes simular situaciones reales de falla y realizar diagnósticos y reparaciones en un entorno seguro y controlado, lo que les permite adquirir habilidades y destrezas prácticas.

#### **1.11 Justificación Metodológica**

Se debe elaborar dos guías prácticas de uso del banco de pruebas, que incluya una descripción detallada de su funcionamiento, el procedimiento de diagnóstico del banco, y los protocolos de seguridad electrónicos para cuidados del equipo.

#### **1.12 Justificación Práctica**

Puede contribuir significativamente a mejorar la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería Mecánica en el diagnóstico y reparación de módulos de control electrónicos, ya que permite a los estudiantes experimentar situaciones reales de falla en un entorno seguro y controlado, lo que les permite adquirir habilidades y conocimientos prácticos de manera efectiva y sostenible, sin poner en riesgo la integridad física de los estudiantes ni de los vehículos.

### **1.13 Delimitación Temporal**

El trabajo se efectúa desde el mes de octubre de 2023 hasta febrero de 2024, lapso que permitirá realizar la investigación, así como elaborar y desarrollar el proyecto propuesto.

### **1.14 Delimitación Geográfica**

El trabajo de investigación y preparación del material de lectura se realiza en Guayaquil, Ecuador.

### **1.15 Delimitación del Contenido**

El contenido de esta investigación está basado en el funcionamiento del dispositivo a utilizar en las prácticas del banco de pruebas, las partes del dispositivo y los sensores en los cuales se enfoca las simulaciones.

### **1.16 Hipótesis**

Al proporcionar un entorno seguro y controlado para experimentar escenarios de falla, desarrollar habilidades y conocimientos avanzados en este campo mediante el uso del banco de pruebas podría aportar significativamente la formación práctica de los estudiantes de ingeniería mecánica automotriz en el diagnóstico y reparación de sistemas electrónicos y sensores automotrices.

### **1.17 Variables de Hipótesis**

#### ***1.17.1 Variables Independientes***

- Simulador de sensores automotrices.

#### ***1.17.2 Variables Dependientes***

- Pruebas de unides de control electrónico.
- Módulos electrónicos.

## Capítulo II

### Marco de Referencia

#### 2.1 Marco Teórico

El ECM (Módulo de Control Electrónico) es un componente crítico de los vehículos modernos. Controla varias funcionalidades que van desde tareas triviales hasta tareas críticas como sistemas de frenado antibloqueo y sistemas de prevención de colisiones. Para garantizar que el ECM funcione correctamente, es esencial probar su rendimiento y funcionalidad.

Una forma de probar el ECM es a través del uso de banco de pruebas. Este banco proporciona un entorno controlado para probar el ECM fuera del vehículo, permitiendo evaluaciones eficientes y precisas. Este banco de prueba consiste en un sistema de control informático que interactúa con el ECM y simula varias condiciones de funcionamiento del motor. El banco de pruebas también incluye varias salidas de sensores que permiten la simulación de diferentes sistemas del vehículo como la ingesta de aire, inyección de combustible y tiempo de encendido. Las salidas de sensores del banco permiten la simulación de condiciones de conducción en el mundo real y escenarios a los que un ECM podría estar expuesto en un vehículo (Granda, 2021).

##### 2.1.1 *Conceptos Preliminares*

El texto presentado discute el marco de prueba de banco de ECM como una solución para probar el rendimiento y la funcionalidad del módulo de control del motor en un entorno controlado fuera del vehículo. El marco proporciona una manera de simular varias condiciones de funcionamiento del motor. Este marco de banco de prueba diseñado para fines específicos garantiza evaluaciones precisas y eficientes de la funcionalidad y el rendimiento del ECM. Es crucial tener un ECM funcional en los vehículos modernos para controlar varias funcionalidades que van desde tareas triviales a las críticas, como sistemas de frenado

antibloqueo y sistemas de prevención de colisiones. Por lo tanto, un marco de prueba de banco de ECM es una herramienta esencial para los ingenieros de automóviles y los fabricantes.

### ***2.1.2 Módulos de Control Electrónico***

Un módulo de control electrónico es un componente esencial en sistemas modernos que impulsa una variedad de dispositivos y maquinarias, desde automóviles hasta electrodomésticos y sistemas industriales. Su función principal radica en gestionar y coordinar diversas operaciones al procesar información y enviar señales a componentes específicos. Este componente se ha vuelto omnipresente en la sociedad contemporánea, siendo un elemento clave en la automatización y optimización de procesos.

En esencia, un módulo de control electrónico actúa como el cerebro de un sistema, supervisando y regulando múltiples funciones para garantizar un rendimiento eficiente y seguro. Este dispositivo, también conocido como módulo de control electrónico o ECM, está diseñado para interpretar datos provenientes de sensores y otros dispositivos, tomando decisiones instantáneas con base en algoritmos preprogramados. La capacidad de procesamiento y toma de decisiones del módulo de control electrónica es lo que permite la automatización y mejora en la eficiencia de sistemas complejos (Bringmann, 2008).

### ***2.1.3 Tipos de Módulo de Control Electrónico***

Existen varios tipos de módulos de control electrónico diseñados para supervisar y gestionar funciones específicas en diversos sistemas. En el ámbito automotriz, por ejemplo, destacan módulo de control del electrónico (ECM), que regula el rendimiento del motor, y la unidad de control de la transmisión (TCU), encargada de gestionar la transmisión. Además, la unidad de control de frenos (ABS), el módulo electrónico del sistema antibloqueo de frenos es una parte crucial del sistema de frenos de un vehículo, diseñado para mejorar el control del conductor durante situaciones de frenado intenso. Su funcionamiento se basa en la capacidad de monitorear y regular la velocidad de las ruedas individualmente (Boot, 1999).

Cuando el conductor aplica los frenos, los sensores de velocidad en cada rueda envían continuamente información al módulo ABS. Este procesa la velocidad de cada rueda y detecta cualquier tendencia al bloqueo (bloqueo de una rueda), que podría resultar en la pérdida de tracción y control direccional.

Si el sistema identifica una rueda a punto de bloquearse, el módulo ABS modula la presión del freno de esa rueda específica. Utiliza una técnica conocida como "pulsado" o "modulación de presión", donde se liberan y aplican rápidamente pequeñas cantidades de presión de frenado. Esto evita que la rueda se bloquee y mantiene la tracción entre el neumático y la carretera.

Este proceso se repite de manera continua durante el frenado, ajustando la presión en cada rueda en tiempo real. El resultado es un frenado más controlado y eficiente, permitiendo al conductor mantener el control del vehículo incluso en superficies resbaladizas o durante frenados bruscos, control de estabilidad electrónica (ESC) opera para mantener la estabilidad del vehículo durante maniobras bruscas o condiciones de conducción desafiantes. Utilizando sensores que monitorean factores como la velocidad de las ruedas, el ángulo de dirección y la aceleración lateral, el sistema evalúa constantemente el comportamiento del vehículo.

Cuando detecta una pérdida potencial de control, el módulo de control electrónico interviene ajustando individualmente la potencia de frenado en cada rueda. Si el vehículo está sobre o subvirando, el ESC aplica frenos selectivos para corregir la trayectoria y restaurar la estabilidad. Esta intervención se realiza de manera rápida y precisa, ayudando al conductor a mantener el control incluso en situaciones críticas. El ESC, al colaborar con otros sistemas como el ABS, contribuye significativamente a prevenir derrapes y mejorar la seguridad general en la conducción.

En la industria, se encuentran módulos específicos para el control de procesos y maquinaria. Estos dispositivos pueden incluir Unidades de Control de Procesos (PCU) y

Controladores Lógicos Programables (PLC). Cada tipo de módulo de control electrónico está diseñado para cumplir funciones específicas, contribuyendo así a la eficiencia, seguridad y automatización en una variedad de aplicaciones.

#### ***2.1.4 Tipos de Pruebas a Módulos de Control Electrónico***

En la era actual de la Ingeniería Automotriz, la complejidad de los sistemas de control electrónico en los vehículos ha alcanzado niveles sin precedentes. Dos componentes esenciales en este entorno son los inyectores de combustible y las bobinas de encendido, cuyo rendimiento óptimo es crucial para el funcionamiento eficiente del motor. Para evaluar y garantizar el adecuado desempeño de estos elementos, se recurre a pruebas de pulso utilizando bancos de pruebas que simulan las señales de los sensores respectivos (Xiong, 2020).

En primer lugar, los inyectores de combustible desempeñan un papel fundamental en el sistema de inyección electrónica de un vehículo. Estos dispositivos son responsables de suministrar la cantidad precisa de combustible al motor, garantizando una combustión eficiente. La prueba de pulso de inyectores se realiza conectando el inyector a un banco de pruebas que simula las señales generadas por los sensores de posición del cigüeñal y el árbol de levas. Este simulador permite replicar las condiciones de funcionamiento del motor y evaluar la capacidad de respuesta del inyector, así como su capacidad para entregar la cantidad correcta de combustible en momentos específicos del ciclo de combustión.

En segundo lugar, las bobinas de encendido son esenciales para generar la chispa necesaria en las bujías, lo que inicia la combustión en la cámara de combustión. Las pruebas de pulso en las bobinas de encendido también se llevan a cabo utilizando un banco de pruebas especializado. Este banco simula las señales de los sensores de posición del cigüeñal y el árbol de levas, así como las condiciones de carga del motor. Al aplicar pulsos eléctricos a la bobina, se evalúa su capacidad para generar una chispa consistente y de alta energía en la bujía correspondiente.

La importancia de estas pruebas de pulso radica en la capacidad de identificar posibles fallas en los inyectores y las bobinas antes de que afecten el rendimiento del motor. Un mal funcionamiento en cualquiera de estos componentes puede resultar en una combustión ineficiente, pérdida de potencia y aumento de las emisiones contaminantes. Además, estas pruebas son esenciales durante el desarrollo y la fabricación de vehículos, asegurando la calidad y confiabilidad del sistema de inyección y encendido.

## **2.2 Marco Conceptual**

### **2.2.1 Banco de Pruebas**

Un banco de pruebas es un sistema o dispositivo diseñado y configurado específicamente para realizar pruebas, mediciones y evaluaciones exhaustivas de componentes, productos o sistemas en un entorno controlado y reproducible. Su propósito principal es simular condiciones reales o escenarios específicos con el fin de evaluar el rendimiento, la calidad, la confiabilidad y otras características relevantes de lo que se está probando.

### **2.2.2 Módulos de Control Electrónico**

Un módulo de control electrónico, también conocido como unidad de control electrónico es un dispositivo o componente diseñado para supervisar, controlar y regular diversas funciones y sistemas en un vehículo u otra aplicación. Estos módulos son esenciales para el funcionamiento adecuado y eficiente de los sistemas electrónicos en una variedad de vehículos y equipos.

Los módulos de control electrónico utilizan sensores para monitorear diversas variables, como temperatura, velocidad, presión, posición y más, dependiendo de la aplicación específica. Luego, procesan la información recopilada y toman decisiones en tiempo real para controlar otros componentes o sistemas, como el motor, la transmisión, el sistema de frenado, el sistema de suspensión, la gestión de la emisión de gases, la seguridad, etc.

Estos módulos están programados con software que contiene algoritmos y lógica para tomar decisiones basadas en los datos de los sensores y las instrucciones predefinidas.

### ***2.2.3 Selección y Composición del Banco de Pruebas***

El banco de pruebas MST9000+ es una plataforma de prueba electrónica para electricistas en automóviles en general y es la herramienta necesaria para el diagnóstico y la reparación de computadoras de vehículos livianos.

Proporciona una señal de eje cigüeñal que imita la del automóvil. Seis canales pueden generar una salida de forma de onda aleatoria, y puede dar forma a la señal del cigüeñal y árbol de levas de todos los tipos de motores de vehículos livianos. Además, los datos de la forma de onda se almacenan a largo plazo en la computadora.

La señal del cigüeñal de inducción de electricidad está aislada por un transformador, lo que puede evitar las interferencias mutuas de la señal.

Es competente en la imitación de señales de sensores OEM y OES, señal de velocidad de rotación, señal de velocidad, señal de velocidad de rueda, señal de sensor de oxígeno, señal de restricción, medidor de flujo de aire, sensor de presión de admisión (imitación, digital), imitación de señal de sensor de golpeteo, módulo de control de ventilador, válvula electromagnética de control de frecuencia y ancho de pulso, controlador de motor paso a paso (4 líneas, 6 líneas), bobinas de encendido, inyectores, motor paso a paso de ralentí, generador ultrasónico.

El banco de pruebas es una plataforma de comprobación electrónica, siendo la herramienta necesaria para la reparación de módulos de control electrónico de automóviles. Además de su versatilidad y precisión, el MST9000 se destaca por su amplio rango de aplicaciones, que incluyen pruebas eléctricas, electrónicas, de comunicaciones y de control. Esto lo hace ideal para su uso en una variedad de programas académicos, desde ingeniería eléctrica y electrónica hasta ciencias de la computación y telecomunicaciones.

Comparado con otros bancos de prueba, el MST9000+ ofrece una mayor modularidad, lo que significa que los usuarios pueden personalizar y ampliar el sistema según sus necesidades específicas. Esto permite a las universidades adaptar el equipo a diferentes niveles de enseñanza, desde cursos introductorios hasta proyectos de investigación de postgrado.

El MST9000 está diseñado con la facilidad de uso en mente, con una interfaz intuitiva que permite a los estudiantes y profesores realizar pruebas con facilidad y rapidez. Esto reduce el tiempo de aprendizaje y permite un enfoque más práctico en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

En términos de fiabilidad y precisión, el MST9000+ se somete a rigurosas pruebas de calidad para garantizar resultados confiables y reproducibles. Esto es crucial para la investigación científica y el desarrollo de proyectos, donde la precisión de los datos es esencial.

El banco ofrece una combinación única de versatilidad, facilidad de uso, fiabilidad y precisión que lo convierte en una excelente opción para implementar en una universidad y supera a otros bancos de prueba similares en el mercado.

Proporciona la imitación de la señal del eje cigüeñal para automóviles, con seis canales que pueden generar una salida de forma de onda aleatoria. Además, puede dar forma a todas las señales de cigüeñal y árbol de levas de motores (señal Hall, inducción, señal fotoeléctrica), y los datos de forma de onda se almacenan a largo plazo en la computadora.

La señal de cigüeñal está aislada por un transformador, lo que puede evitar las interrupciones mutuas de la señal. Ayuda en la imitación de señales de sensor OEM (Original Equipment Manufacturer) como son: señal de velocidad de rotación, señal de velocidad, señal de velocidad de rueda, señal de sensor de oxígeno, medidor de flujo de aire, sensor de presión de admisión, imitación de señal de sensor de detonación, entre otros.

Se detallan a continuación las partes del banco de pruebas:

- Actuadores como: bobinas de encendido e inyectores de 1 al 6.

- Simuladores como: tierra, salida de voltaje de 5, 12 y 25 voltios, señal de cigüeñal.
- Controlador del programa de comandos: corriente del controlador 3A, ciclos de trabajo ajustables continuos del 1% al 99%, continuidad de frecuencia.
- Señal del sensor: resistencia eléctrica de  $100\Omega$  a  $10000\Omega$ , voltaje de 0V a  $5V \times 4$  y 0V a 1.5V.
- Señal de salida: señal de inducción, señal de Hall, señal fotoeléctrica.
- Controlador de motor paso a paso: corriente de 1A, adecuado para todos los automóviles con motor paso a paso de 4 hilos, 6 hilos.
- Imitador de ejecución: salida de 69 canales simultáneamente.

#### **2.2.4 Alcance**

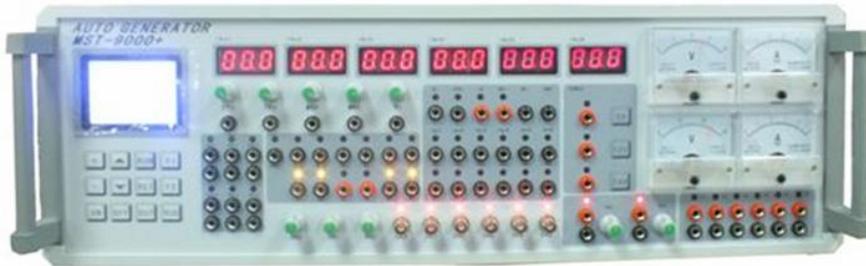
Diagnóstico dinámico de sensores automotrices, motor, transmisión, ABS, aire acondicionado, inmovilizador, etc. Otros diagnósticos de ECM auxiliares, ayuda para la enseñanza automotriz impulsada por modelos, producción automotriz e investigación y desarrollo. Es capaz de enviar señales al ECM, luego se puede determinar qué parte de la misma o sensor está rota, enviar señales a actuadores, se puede verificar si el problema es el ECM o el actuador.

#### **2.2.5 Manual de Usuario**

Encendido: conectar el banco a la fuente de alimentación (220V o 110V), todas las luces de señal se encenderán cuando se encienda el equipo, después de unos segundos se verá como muestra la figura 3 a continuación:

### Figura 3

*Banco de Pruebas Encendido*



La figura 4 a continuación muestra la pantalla encendida:

### Figura 4

*Pantalla de Banco de Pruebas*



Primera opción: Señal de Sensores.

En la figura 5 a continuación se puede visualizar lo que mostrará la pantalla al ingresar a la opción:

### Figura 5

*Opción Señal de Sensores*



En los puertos CTS, TPS, MAP, MAF, O2, +B, GND, las luces parpadearán. La pantalla mostrará números de voltaje de salida, mostrará una señal de voltaje de corriente continua cuando se conecten los puertos CTS, TPS, MAP, MAF, O2 (el otro extremo se une a tierra en GND). Todas las señales de voltaje se pueden ajustar mediante el potenciómetro correspondiente, el rango de ajuste es de 0 a 5V.

En la figura 6 a continuación se pueden visualizar los ajustes de voltaje de salida:

**Figura 6**

*Opciones de Ajuste de Voltaje Señal DC*



Gases de escape: se presiona RUN para ingresar, se mostrará la luz intermitente del puerto GND y O2. La señal de salida es la señal O2, la frecuencia de la señal puede ser cambiada por los botones + y - del teclado, el rango de cambio es de 0001 a 0020 Hz.

En la figura 7 a continuación se puede apreciar:

**Figura 7**

*Opción Gases de Escape*



Señal de RPM: al ingresar a la simulación de la señal de velocidad del motor, hay 13 selecciones de tipo de señal.

Se puede apreciar en la figura 8 a continuación:

### Figura 8

#### *Tipos de Señal de RPM*



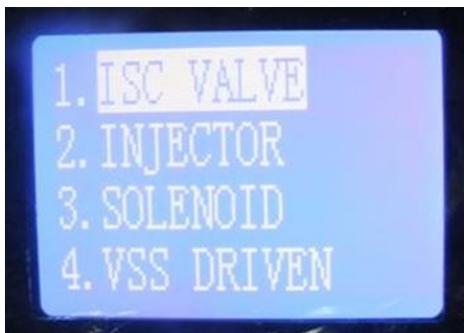
Se selecciona un tipo de señal para ingresar, el cambio de visualización de la frecuencia de salida de la ECU es ajustable en un rango de 0020 a 2160 Hz. El extremo de salida de la señal es +B (alimentación), GND (cable de tierra), CKP (señal de velocidad del cigüeñal), A1, A2, +, +, B1, B2, salida de señal del motor paso a paso.

Segunda Opción: Elemento Impulsado.

En figura 9 a continuación se puede visualizar lo que mostrará la pantalla al ingresar a la opción:

### Figura 9

#### *Opción Elemento Impulsado*



Esta es una simulación de la señal ejecutada por la ECM enviada por el banco de pruebas.

Simulación ejecutiva de la válvula de control de ralentí (ISC): la señal de funcionamiento de ISC de la ECM sale del puerto ISC, el motor paso a paso recibe la señal de salida de ISC y hace que el motor funcione de acuerdo con las instrucciones emitidas por el instrumento. Se usa + y - para controlar la frecuencia y el ciclo.

Se puede apreciar en la figura 10 a continuación:

### **Figura 10**

#### *Opción ISC*



Ejecución de la simulación de la señal de inyección: se selecciona INJECT, luego de ingresar, los puertos +B, GND, INJ tendrán sus respectivas luces encendidas. La señal analógica de la ECM es en el puerto INJ, el cual está conectado a la boquilla. La señal de control de la boquilla de la ECM de la simulación de instrumentos hace funcionar la boquilla. Los botones + y - pueden controlar la frecuencia del instrumento de inyección. En la parte superior del banco de pruebas, encontraremos seis pantallas (INJ - INJ6) que pueden mostrar el ancho de pulso de inyección.

Se puede apreciar en la figura 11 a continuación:

### **Figura 11**

#### *Opción Injector*



Simulación de la señal de encendido: selecciona “solenoide”, luego de presionar RUN para ingresar, los puertos +B, GND, PFC tendrán sus respectivas luces encendidas. La señal analógica de la ECM es en el puerto PFC, la cual se conecta al puerto de señal de encendido. Esta señal de salida del puerto PFC puede hacer funcionar la ignición para el encendido del motor. Los botones + y - se utilizan para controlar la frecuencia y el ciclo.

Simulación de la señal de velocidad: selecciona VSS, ingresa a la ejecución de la simulación de la señal de velocidad, emite instrucciones al automóvil mediante una señal AC/DC, ejecuta la señal de velocidad, utiliza + y - para ajustarla.

Tercera opción: Stepp Motor

Esta es una simulación de la señal de salida del motor paso a paso en ralentí. Puedes elegir entre la simulación de señal para motores paso a paso de 4 y 6 pasos.

Se pueden apreciar las opciones en la figura 12 a continuación:

## Figura 12

### *Opciones de Stepp Motor*



Cuarta Opción: Auto Maic

La simulación de la señal del vehículo completo es AUTO MAIC. Se selecciona la segunda opción de simulación de señales de automóviles universales. (O se selecciona directamente F1 para ingresar a la simulación de señales de automóviles universales).

Se puede apreciar en la figura 13 a continuación las opciones:

### Figura 13

#### *Opciones Auto Maic*



Después de ingresar, la pantalla muestra que todos los niveles se pueden regular según la demanda. Utiliza las teclas superiores e inferiores del teclado y los botones + y - para ajustar la velocidad. Utiliza el interruptor de punto correspondiente para ajustar CTS, TPS, MAP, MAF, O2, KS1, KS2, INJ1-INJ6, IG1-IG6, SOL1-SOL6 según el tipo de motor seleccionado, ya sea de 4 o 6 cilindros, conectando en orden 1-4 o 1-6.

A continuación, se pueden visualizar las opciones en la figura 14:

### Figura 14

#### *Opciones Individuales Según Demanda*



Debido a que la señal del cigüeñal es diferente para cada modelo, es posible editar la forma de onda de la señal mediante la computadora. Se provee un disco de instalación de software para computadora para este proceso.

## Capítulo III

### Metodología para Pruebas de Módulos Electrónicos

#### 3.1 Evaluación de Circuitos de Computadoras

El proceso de evaluación de un módulo de control electrónico automotriz antes de conectarlo al banco de pruebas MST9000 es crucial para garantizar su funcionamiento óptimo y la seguridad del vehículo. Este proceso generalmente sigue estos pasos:

- Inspección visual exhaustiva: Se examina el módulo desde todos los ángulos en busca de cualquier daño físico, como grietas, abolladuras o signos de humedad que puedan indicar un mal funcionamiento o deterioro. Se inspeccionan detenidamente los conectores y las terminales en busca de corrosión, oxidación o desgaste, ya que estos problemas pueden afectar la conexión eléctrica y la transmisión de datos.
- Pruebas de voltaje y continuidad: Se utilizan multímetros para medir el voltaje de entrada y salida del módulo, asegurándose de que esté dentro de los rangos especificados por el fabricante. Se verifica la continuidad de los circuitos internos del módulo para asegurar que no haya cortocircuitos ni conexiones defectuosas que puedan afectar su funcionamiento.
- Análisis de parámetros eléctricos: Se miden parámetros eléctricos clave, como la resistencia, la corriente y la impedancia, para evaluar la integridad de los componentes internos del módulo y detectar posibles anomalías.
- Escaneo de códigos de error y análisis de datos: Se utiliza un escáner de diagnóstico para leer los códigos de error almacenados en el módulo y analizar los datos en busca de fallos o problemas de funcionamiento anteriores. Se examinan los datos en tiempo real mientras se realizan pruebas funcionales preliminares para detectar cualquier irregularidad en el rendimiento del módulo.

- Pruebas funcionales iniciales: Se realizan pruebas básicas para verificar la funcionalidad del módulo, como encendido, apagado, respuesta a señales de entrada, etc. Se comprueba la comunicación del módulo con otros sistemas del vehículo, como el sistema de frenos, la transmisión y los sensores de seguridad.
- Actualización de software y firmware: Se verifica si hay actualizaciones de software o firmware disponibles para el módulo y se procede a actualizarlo según las recomendaciones del fabricante para garantizar un rendimiento óptimo y la compatibilidad con las últimas especificaciones del vehículo.
- Pruebas de rendimiento y simulación de condiciones operativas: Se somete al módulo a una serie de pruebas diseñadas para simular condiciones de operación reales del vehículo, como variaciones de temperatura, vibraciones, cambios de carga, etc. Se evalúa el rendimiento del módulo bajo diferentes escenarios para garantizar su estabilidad y fiabilidad en diversas situaciones de conducción.

Una vez completado este exhaustivo proceso de evaluación y se asegure que el módulo cumple con todos los estándares de calidad y funcionamiento, se procede a conectarlo al banco de pruebas para realizar pruebas más avanzadas (Altinger, 2014).

### **3.2 Funcionamiento del Banco de Pruebas**

El banco de pruebas es un sistema integral diseñado para evaluar y validar el funcionamiento de los módulos de control electrónico de vehículos livianos. A continuación, se puede apreciar una descripción del funcionamiento del banco de pruebas:

- Simuladores de sensores: el banco de pruebas está equipado con simuladores de sensores que emulan las señales de entrada que normalmente recibiría el ECM de un vehículo en condiciones de funcionamiento normales.
- Luces de prueba para inyectores y bobinas de encendido: incluye un conjunto de luces de prueba destinadas a inyectores y bobinas de encendido. Estas luces permiten

visualizar de manera efectiva el rendimiento de los inyectores y las bobinas durante las pruebas.

- Recopilación de información: facilita la recopilación de información esencial para la generación de pulsos a los inyectores y bobinas de encendido. Esto implica la captura de datos cruciales sobre la operación del sistema.
- Pantallas de ocho bits: seis pantallas de ocho bits están disponibles para la medición en tiempo real de los pulsos generados. Estas pantallas proporcionan una representación visual de la información capturada en segundos, permiten analizar el rendimiento del ECM.
- Osciloscopios de medición: cuatro osciloscopios están destinados a realizar mediciones específicas. Uno para el voltaje de entrada al ECM, lo que permite evaluar la estabilidad y calidad de la fuente de alimentación, uno para medir el voltaje de salida a las bobinas de encendido, facilitando la observación de la señal generada, y, dos osciloscopios para medir el amperaje, lo que brinda información crucial sobre la corriente que fluye a través del sistema.
- Canales múltiples para visualización de potenciómetros mediante osciloscopios: el banco cuenta con 5 salidas para conexión de osciloscopios digitales para visualizar la modificación de las señales de voltaje provenientes del sensor de temperatura de refrigerante CTS, mariposa de aceleración TPS, presión de absoluta del múltiple MAP, flujo de masa de aire MAF y sensor de oxígeno O2.

En resumen, se eligió este banco de pruebas, ya que ofrece una plataforma completa para simular y evaluar el comportamiento del módulo de control electrónico en condiciones controladas. Los otros bancos de pruebas considerados para el proyecto no contaban con la combinación de simuladores, luces de prueba, recopilación de datos y herramientas de

medición que permitan a los estudiantes y profesores analizar y diagnosticar el rendimiento de los módulos de control electrónico de vehículos de manera efectiva.

### 3.3 Módulos a Evaluar

Se eligieron 2 módulos de control electrónico disponibles en laboratorio de autotrónica de la escuela de Ingeniería Automotriz, los cuales son los siguientes:

- Delphi MT60, correspondiente a un Chevrolet Sail, motor 1600 centímetros cúbicos de cuatro cilindros en línea.
- Mitsubishi Electric Corporation 051JA D4, correspondiente a un Suzuki Grand Vitara, motor 2000 centímetros cúbicos de cuatro cilindros en línea.

### 3.4 Recopilación de Información de Fabricantes

A continuación, encontraremos las tablas 1 y 2, y figuras 15 y 16 correspondientes a los fabricantes enumerando la posición y descripción de los pines de los ECMs:

**Tabla 1**

*Pinout del ECM del Chevrolet Sail*

<b>Chevrolet Sail</b>			
<b>Pin</b>	<b>Referencia</b>	<b>Pin</b>	<b>Referencia</b>
1	Señal de control de ignicion - cilindro 4	51	Control del relevador del ventilador de enfriamiento de velocidad alta
2	Señal de control de ignicion - cilindro 3	52	Control del relevador del ventilador de enfriamiento de velocidad baja
3	Señal de control de ignicion - cilindro 2	53	Señal del sensor de posicion del pedal de freno
4	Tierra	54	Datos seriales altos de CAN
5	Señal de sensor de posicion de arbol de levas	55	Datos seriales bajos de CAN
6	No se utiliza	56	Señal del sensor de posicion del pedal de freno
7	Señal de sensor de temperatura del multiple	57	Datos seriales
8	Señal del sensor posicion de la valvula EGR	58	Señal de velocidad del vehiculo
9	No se utiliza	59	No se utiliza
10	Señal de sensor de oxígeno caliente trasero	60	Señal de solicitud de A/C

Tomado de: <https://pdfcoffee.com/ecm-pinout-chevrolet-sail-5-pdf-free.html>

**Tabla 2***Pinout del ECM del Chevrolet Sail*

<b>Chevrolet Sail</b>			
<b>Pin</b>	<b>Referencia</b>	<b>Pin</b>	<b>Referencia</b>
	Señal del sensor de presión absoluta		
11	del distribuidor	61	No se utiliza
12	Baja referencia	62	No se utiliza
13	Referencia 5V	63	No se utiliza
14	Baja referencia	64	No se utiliza
15	Baja referencia	65	Señal TPS 2
16	Referencia 5V	66	Señal TPS 1
17	Voltaje positivo de batería	67	Baja referencia
			Señal del sensor de velocidad del
18	Referencia 5V	68	vehículo
19	Baja referencia	69	Baja referencia
20	Baja referencia	70	No se utiliza
21	Referencia 5V	71	Señal del sensor de golpe
22	No se utiliza	72	Señal del sensor de golpe
23	No se utiliza	73	No se utiliza
	Control bajo del motor del actuador		
24	del acelerador	74	Tierra
25	Voltaje de encendido	75	Tierra
	Señal de control de ignición - cilindro		Señal de control de puerto de
26	1	76	admisión variable
			Control de relevador del compresor de
27	Tierra	77	A/C
			Señal de control de inyector de
28	Tierra	78	combustible - cilindro 2
			Señal de control de inyector de
29	Tierra	79	combustible - cilindro 3
	Señal del sensor de posición del		Señal de control de inyector de
30	cigüeñal	80	combustible - cilindro 1
			Señal de control de inyector de
31	No se utiliza	81	combustible - cilindro 4
32	Señal del sensor de posición del pedal	82	No se utiliza
			Señal de control de múltiple de
33	Baja referencia	83	admisión variable
			Salida de señal de velocidad del
34	Señal del sensor de posición del pedal	84	vehículo
	Señal del sensor de temperatura del		
35	evaporador de A/C	85	Salida de señal de ECT

Tomado de: <https://pdfcoffee.com/ecm-pinout-chevrolet-sail-5-pdf-free.html>

**Tabla 3***Pinout del ECM del Chevrolet Sail*

<b>Chevrolet Sail</b>			
<b>Pin</b>	<b>Referencia</b>	<b>Pin</b>	<b>Referencia</b>
36	Señal del sensor de presión de A/C	86	Señal de control de relevador de bomba de combustible
37	Señal de sensor del nivel de combustible	87	Señal de relevador de arranque
38	No se utiliza	88	Control bajo del calentador del sensor de oxígeno delantero
39	Señal del sensor de temperatura de refrigerante del motor	89	No se utiliza
40	Señal HO2S	90	Baja referencia de calentador
41	No se utiliza	91	Salida de señal de nivel de combustible
42	Baja referencia	92	Control de la MIL
43	Referencia 5V	93	No se utiliza
44	Baja referencia	94	Señal de control de relevador principal
45	Baja referencia	95	Control de solenoide de purga de bote EVAP
46	Referencia 5V	96	No se utiliza
47	Voltaje de ignición 2/3	97	Señal de velocidad del motor
48	Voltage de ignición 1/2	98	Control de la válvula de EGR
49	control alto del motor del actuador del acelerador	99	No se utiliza
50	Voltaje de encendido	100	No se utiliza

Tomado de: <https://pdfcoffee.com/ecm-pinout-chevrolet-sail-5-pdf-free.html>



**Tabla 4***Pinout del ECM del Suzuki Grand Vitara*

Chevrolet Vitara			
Pin	Referencia	Pin	Referencia
	Alimentacion electrica de resistencia de		
A1	ajuste CO	C1	Solenoide de cambio B
A2	Alimentacion electrica de reserva	C2	Solenoide de cambio A
A3	No se utiliza	C3	No se utiliza
A4	No se utiliza	C4	No se utiliza
A5	Terminal de salida de ciclo de trabajo	C5	No se utiliza
A6	Tacometro	C6	No se utiliza
A7	Luz "check engine"	C7	No se utiliza
A8	Señal corte de A/C	C8	Solenoide TCC
A9	Rele principal	C9	No se utiliza
A10	Resistencia de ajuste CO	C10	(-) Sensor de velocidad dr entrada A/T
A11	No se utiliza	C11	(+) Sensor de velocidad de entrada A/T
A12	Conector de enlace de datos	C12	No se utiliza
A13	No se utiliza	C13	No se utiliza
A14	Terminal interruptor diagnostico	C14	No se utiliza
A15	Interruptor desempañador trasero	C15	Interruptor posicion "D"
A16	Interruptor de ventilador calentador	C16	Interruptor posicion "N"
A17	Señal de A/C	C17	Interruptor posicion "R"
A18	No se utiliza	C18	Interruptor posicion "P"
A19	No se utiliza	C19	No se utiliza
A20	Luz "O/D off"	C20	Tierra sensor de velocidad de salida A/T
A21	Luz "Power"	C21	Tierra sensor de velocidad de entrada A/T
A22	Rele ventilador de A/C	C22	(-) Sensor de ajuste de salida A/T
A23	Rele de bomba de combustible	C23	(+) Sensor de ajuste de salida A/T
A24	Resistencia ajuste CO	C24	No se utiliza
A25	No se utiliza	C25	No se utiliza
A26	No se utiliza	C26	Interruptor 4WD low
A27	No se utiliza	C27	Interruptor posicion "L"
A28	No se utiliza	C28	Interruptor posocion "2"
A29	Terminal interruptor diagnostico		
A30	Modulo control ABS	D1	Inyector 2
A31	Interruptor cambio potencia/normal	D2	Inyector 1
A32	Interruptor de luces	D3	Valvula IAC (bobina 1)
A33	Interruptor de corte sobremarcha	D4	Calentador de HO2S

Tomado de: <https://diagramaselectricos.net/suzuki-grand-vitara-2wd-2010/>

**Tabla 5***Pinout del ECM del Suzuki Grand Vitara*

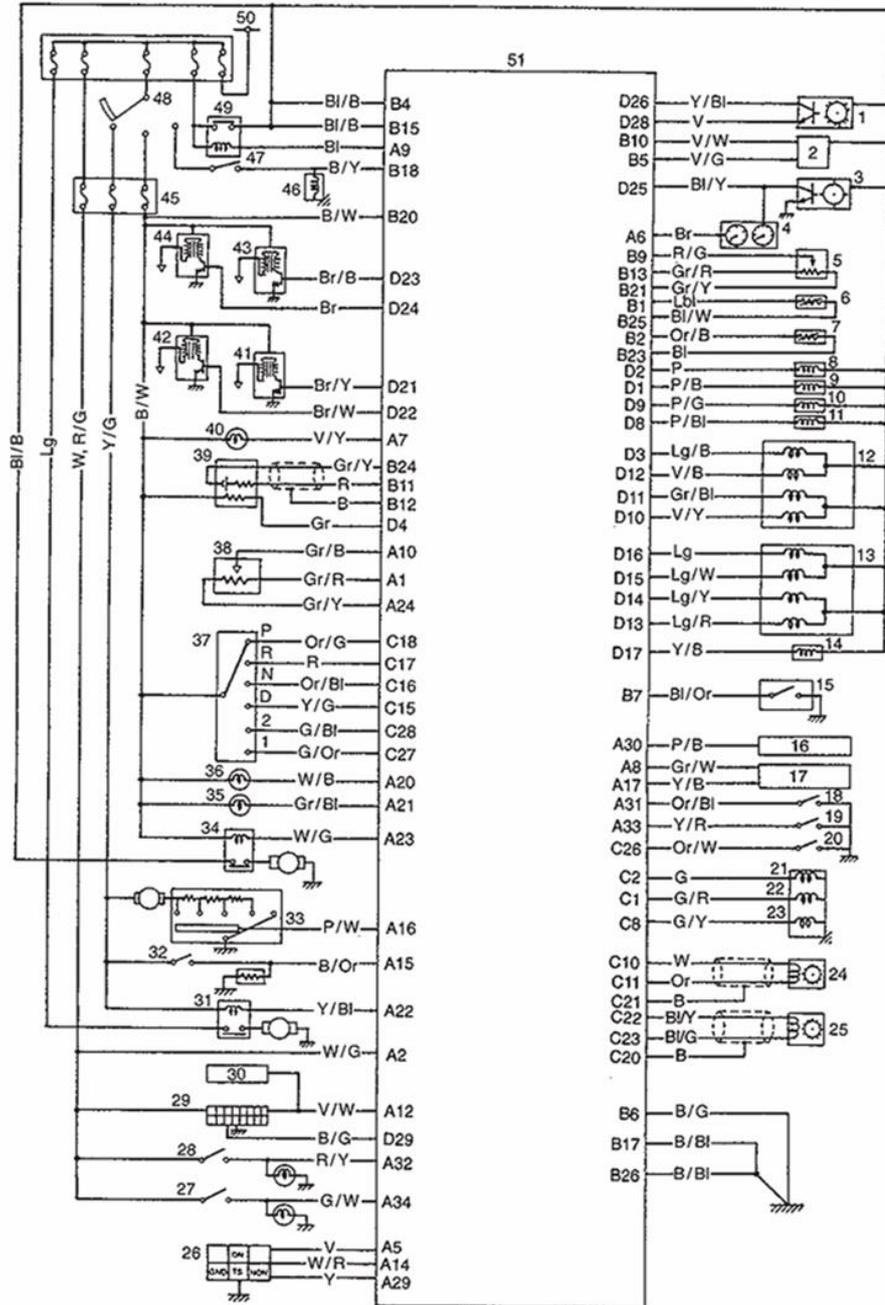
Chevrolet Vitara			
Pin	Referencia	Pin	Referencia
A34	Interruptor luz de freno	D5	No se utiliza
A35	No se utiliza	D6	No se utiliza
		D7	No se utiliza
B1	Sensor de temperatura de aire admision	D8	Inyector 4
B2	Sensor de temperatura de refrigerante	D9	Inyector 3
B3	No se utiliza	D10	Valvula IAC (bobina 4)
B4	Alimentacion electrica	D11	Valvula IAC (bobina 3)
B5	Tierra sensor MAF	D12	Valvula IAC (bobina 2)
B6	Tierra	D13	Valvula EGR (bobina 4)
B7	Interruptor presion de direccion asistida	D14	Valvula EGR (bobina 3)
B8	No se utiliza	D15	Valvula EGR (bobina 2)
B9	Sensor de posicion de mariposa	D16	Valvula EGR (bobina 1)
B10	MAF	D17	Valvula purga recipiente EVAP
B11	Sensor oxigenos calentado	D18	No se utiliza
B12	Tierra para cable HO2S	D19	No se utiliza
B13	Alimentacion electrica sensor de mariposa	D20	No se utiliza
B14	No se utiliza	D21	Conjunto de bobina de encendido cilindro 4
B15	Alimentacion electrica	D22	Conjunto de bobina de encendido cilindro 3
B16	No se utiliza	D23	Conjunto de bobina de encendido cilindro 2
B17	Tierra	D24	Conjunto de bobina de encendido cilindro 1
B18	Señal arranque motor	D25	Sensor de velocidad del vehiculo
B19	No se utiliza	D26	Sensor CMP +
B20	Interruptor encendido	D27	No se utiliza
B21	Tierra sensor de mariposa	D28	Sensor CMP -
B22	No se utiliza	D29	Tierra para DLC
B23	Tierra sensor ECT	D30	No se utiliza
B24	Tierra de HO2S		
B25	Tierra sensor IAT		
B26	Tierra		

Tomado de: <https://diagramaselectricos.net/suzuki-grand-vitara-2wd-2010/>

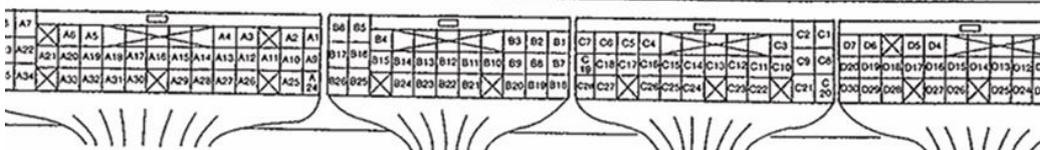
Figura 16

Diagrama de Conexiones del ECM del Suzuki Grand Vitara

Vehículo A/T con motor J20



FORMA DEL TERMINAL DEL CONECTOR ECM (VISTO DEL LADO DEL CABLEADO PREFORMADO)



Tomado de: <https://www.suzuki-forums.com/threads/pinout-ecu-065d6-ag.203922/>

### **3.5 Conexión de Módulos Electrónicos**

Es fundamental contar con una descripción detallada de la estructuración de la metodología de las pruebas, por lo tanto, a continuación, se puede encontrar las conexiones de pines en los ECMs de vehículos utilizados en el banco de pruebas. Chevrolet Sail y Suzuki Grand Vitara.

Los modernos bancos de pruebas de motores desempeñan un papel crucial en la comprobación de funcionamiento y detección de fallas de los sistemas de control electrónico de los vehículos. Uno de estos bancos de pruebas, el MST 9000+, ha sido utilizado para evaluar y optimizar las unidades de control electrónico de diversos vehículos. Este ensayo, se enfoca en las conexiones de pines específicas realizadas en los ECMs de dos vehículos particulares en el banco de pruebas: el Sail y el Vitara.

### **3.6 Conexión de ECM - Chevrolet Sail**

El ECM del Chevrolet Sail presenta conexiones clave que son esenciales para el correcto funcionamiento del sistema de control del motor. A continuación, se detallan las conexiones realizadas en el banco de pruebas MST 9000+:

- Tierra (GND): los pines de tierra desempeñan un papel vital en cierre del circuito. En el Sail, El pin conectado es el 4. Este pin garantiza una referencia común para los demás componentes eléctricos, se conecta a GND en el banco de pruebas.
- Voltaje de referencia: el pin número 13 se conecta para comprobar la salida de 5 voltios como voltaje de referencia.
- Señal de cigüeñal (CKP): la señal CKP (Crankshaft Position Sensor) es fundamental para determinar la posición del cigüeñal. En el Sail, la conexión se realiza en el pin 30.
- Batería: la alimentación eléctrica es proporcionada al ECM a través del pin 17, conectado a la alimentación de 12 voltios del banco.

- Inyectores: los inyectores, responsables de la inyección precisa de combustible, están conectados a los pines 78, 79, 80 y 81 en el Sail.
- Bobinas de encendido: las bobinas de encendido, responsables de proveer el voltaje a las bujías para la chispa de encendido, se realiza la conexión a los pines 1, 2, 3, 26 en el ECM.
- Voltaje de encendido relé principal: se realiza la conexión al pin 25 de voltaje de encendido y se empalma a los siguientes dos pines.
- Voltaje de ignición 1: se empalma el pin 47 al 25 de voltaje de encendido más el siguiente pin:
- Voltaje de ignición 2: se empalma el pin 48 a los 25 y 47 para simular el voltaje de ignición y arranque, estos se conectan a la salida de 12 voltios del banco de pruebas.
- Señal de control de relevador de bomba de combustible: se conecta opcionalmente el pin 86 para comprobar la salida de 5 voltios para asegurar el funcionamiento de la bomba de combustible.

Estas conexiones aseguran una interacción efectiva entre los distintos componentes del sistema de control del motor del Sail durante las pruebas en el banco MST 9000+.

### **3.7 Conexión de ECM - Suzuki Grand Vitara**

En cuanto al Suzuki Grand Vitara, las conexiones en el ECM durante las pruebas en el banco MST 9000+ son las siguientes:

- Señal de posición del árbol de levas: la CMP es crítica para la sincronización del motor. En el Vitara, la CMP positiva se conecta al pin D26, mientras que la CMP negativa se conecta al pin D28.
- Tierra (GND): el Vitara utiliza varios pines de tierra para establecer una referencia común. Los pines conectados son B6, B17 y B26.
- Batería: la alimentación eléctrica se suministra a través de los pines B4 y B15.

- Inyectores: los inyectores, esenciales para el suministro de combustible, están conectados a los pines D1, D2, D8 y D9 en el Vitara.
- Bobinas de encendido: proveen el voltaje necesario a las bujías para hacer chispa y encender la mezcla, se conectan a los pines D21, D22, D23, D24.
- Relé principal: necesario para el encendido simular el encendido del vehículo, se conecta al pin A9.
- Señal de arranque de motor y encendido: ambos necesarios junto al anterior, para simular el arranque e ignición del motor, se conectan los pines B18, B20.

Estas conexiones garantizan que el ECM del Vitara funcione de manera coordinada con otros componentes del sistema de control del motor durante las pruebas en el banco MST 9000.

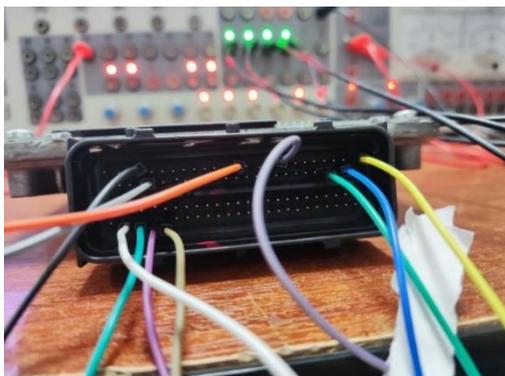
En resumen, las conexiones específicas de pines en los ECMs de los vehículos Sail y Vitara, realizadas durante las pruebas en el banco de pruebas, son cruciales para evaluar y optimizar el rendimiento del sistema de control del motor de estos vehículos. Estas conexiones proporcionan los datos y la alimentación necesarios para realizar pruebas exhaustivas que contribuyen al desarrollo continuo de tecnologías automotrices avanzadas.

### 3.8 Pruebas de Módulos Electrónicos

A continuación, se puede visualizar en las figuras 17, 18 y 19 la conexión de los pines para la realización de las pruebas de ambos ECMs:

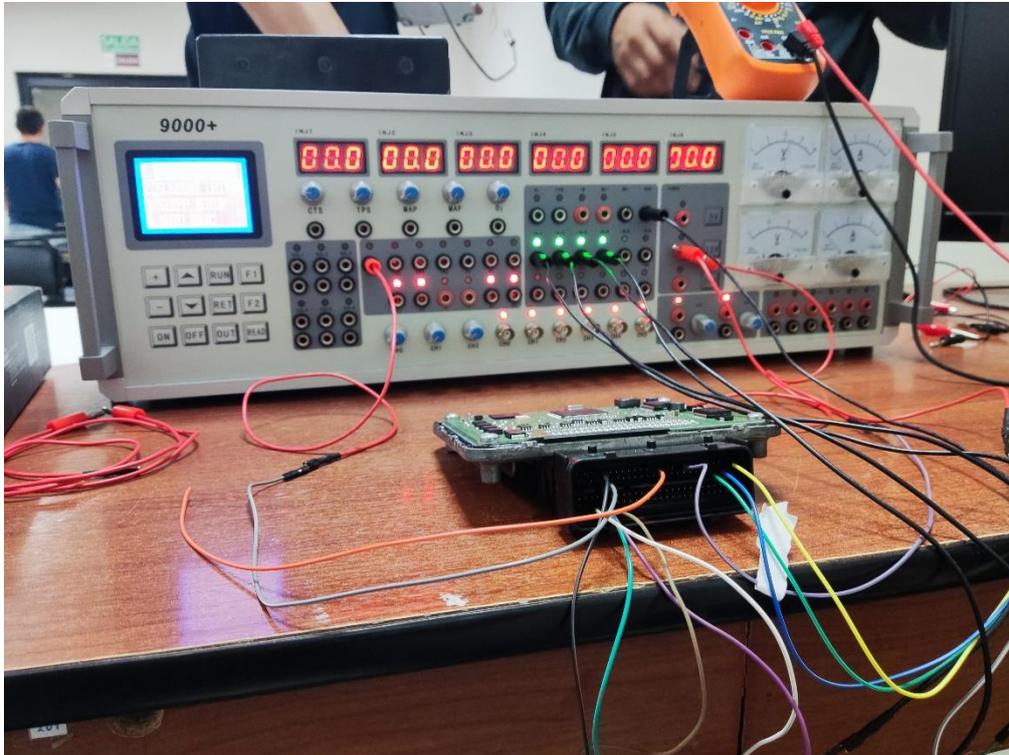
#### Figura 17

*Conexión de Pines de Inyectores y Bobinas en Computadora Delphi MT60*

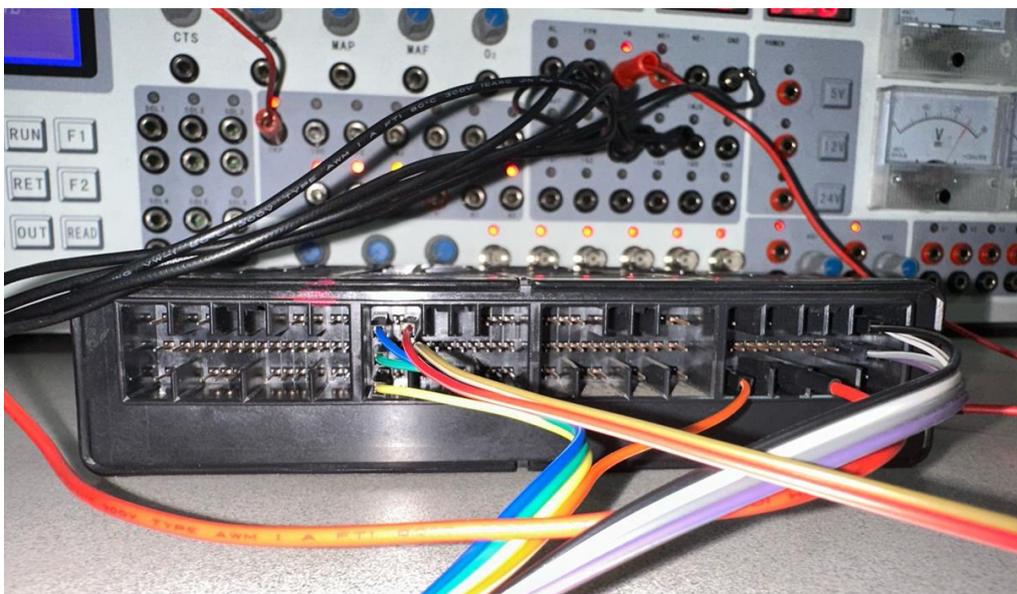


**Figura 18**

*Conexión de Pines para la Comprobación de Pulso de Inyectores y Bobinas en Computadora Delphi MT60*

**Figura 19**

*Conexión de Pines para la Comprobación de Pulso de Inyectores y Bobinas en Computadora Mitsubishi Electric Corporation 051JA D4*



## Capítulo IV

### Análisis de Resultados de Pruebas de ECMs

#### 4.1 Análisis de Funcionamiento de Módulos Evaluados

Módulo de control electrónico - Chevrolet Sail (ECM Delphi MT60):

- Tierra: pin 4.
- Voltaje de referencia: pin 13.
- Señal CKP: pin 30.
- Batería: pin 17.
- Voltaje de encendido: pin 25.
- Voltaje de ignición 1 & 2: pines 47, 48.
- Inyectores: pines 78, 79, 80, 81.
- Bobinas de encendido: pines 1, 2, 3, 26.

A continuación, se aprecia un análisis de los resultados obtenidos de las pruebas del primer módulo de control electrónico:

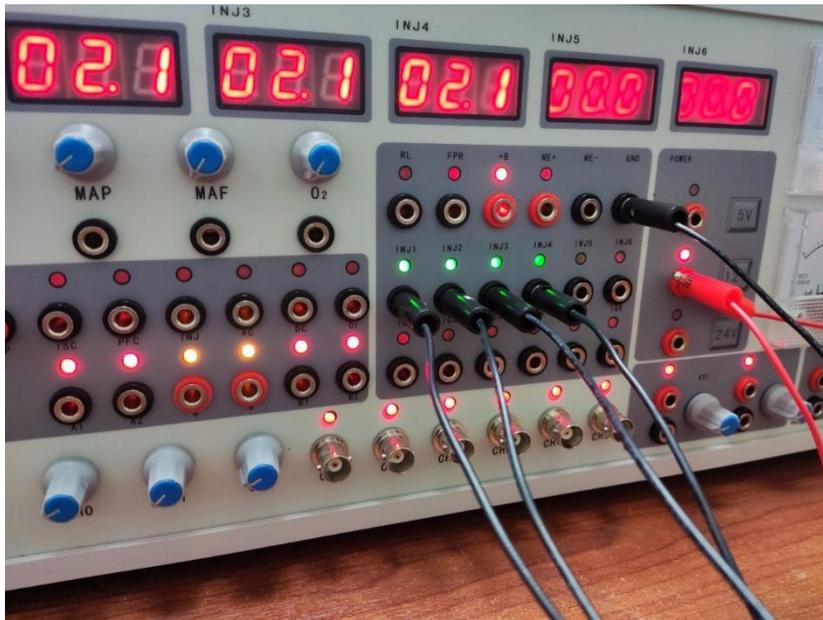
Después de conectar el módulo de control electrónico Delphi MT60 al banco de pruebas, se realizaron pruebas exhaustivas para verificar la emisión de pulsos a los inyectores y emisión de pulsos a las bobinas de encendido. Se observó claramente el envío correcto de las señales a inyectores, las mismas variaban en función de la frecuencia del sensor de giro CKP en Hercios. Se pudo visualizar así mismo el correcto funcionamiento y envío de señales de pulsos a las bobinas de encendido, las mismas también variaban en función de la frecuencia del sensor de giro CKP en Hercios. Adicionalmente, se puede conectar las señales de los sensores de señal de: temperatura de refrigerante, apertura de aleta de aceleración, presión y flujo de aire y oxígeno, los cuales también influyen en la variación de los pulsos, estas variaciones se pueden identificar mediante el uso de osciloscopio, el mismo se puede conectar a 5 salidas de canales disponibles en el banco de pruebas. Se concluye que el módulo está

generando correctamente las señales necesarias para el funcionamiento de los inyectores y bobinas de encendido.

Se pueden visualizar en las siguientes figuras 20, 21, 22, 23, 24 y 25 los resultados de la simulación de pulsos funcionando correctamente:

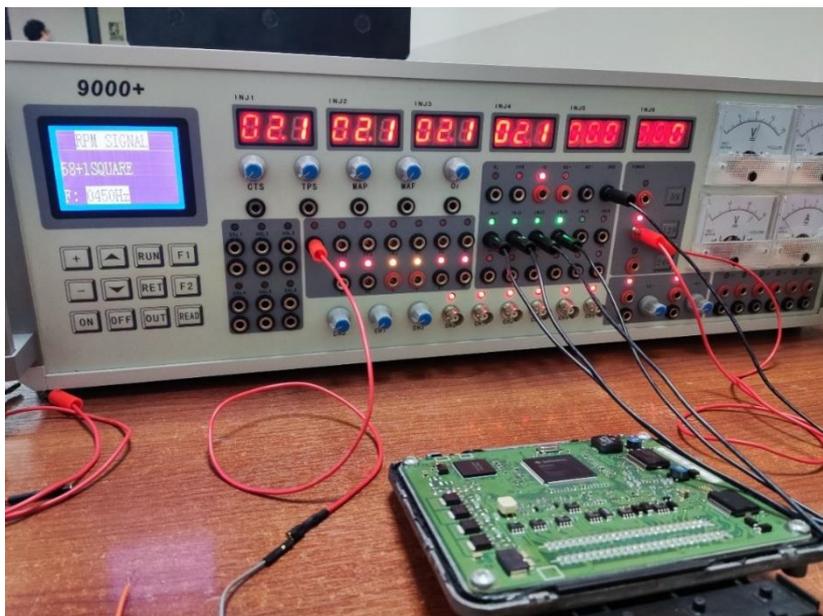
**Figura 20**

*Prueba Demostrando Envío de Pulsos a Inyectores*



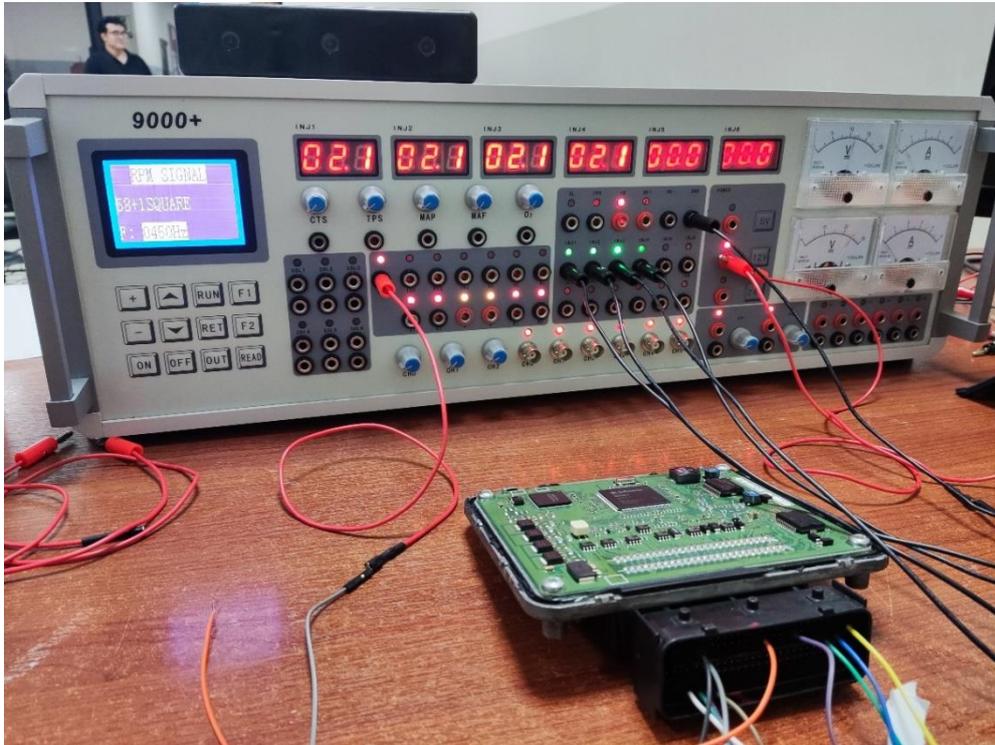
**Figura 21**

*Prueba Dos, Demostrando Envío de Pulsos a Inyectores*

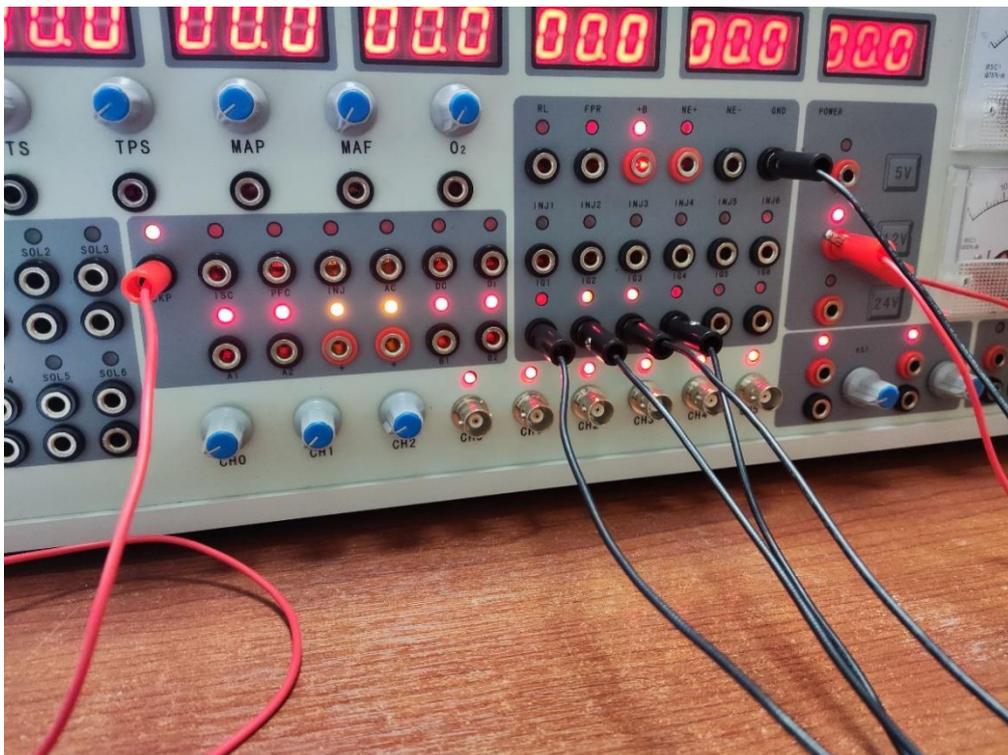


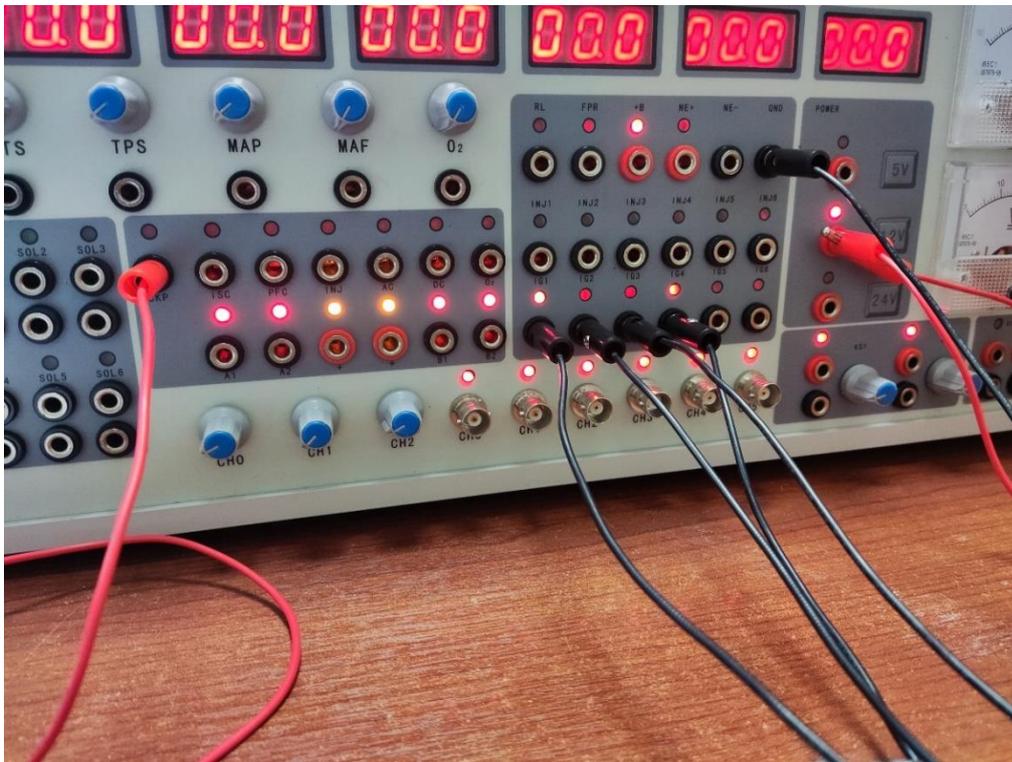
**Figura 22**

*Prueba a 450Hz de Frecuencia*

**Figura 23**

*Prueba Demostrando Envío de Pulsos a Bobinas de Encendido*



**Figura 24***Prueba Dos, Demostrando Envío de Pulsos a Bobinas de Encendido***Figura 25***Prueba a 450Hz de Frecuencia*

Módulo de control electrónico - Suzuki Grand Vitara (ECM Mitsubishi Electric Corporation 051JA D4):

- CMP +: pin D26.
- CMP -: pin D28.

- Tierra: pines B6, B17, B26.
- Batería: pines B4, B15.
- Inyectores: pines D1, D2, D8, D9.
- Bobinas de encendido: pines D21, D22, D23, D24.
- Relé principal: pin A9.
- Señal de arranque de motor y encendido: pines B18, B20.

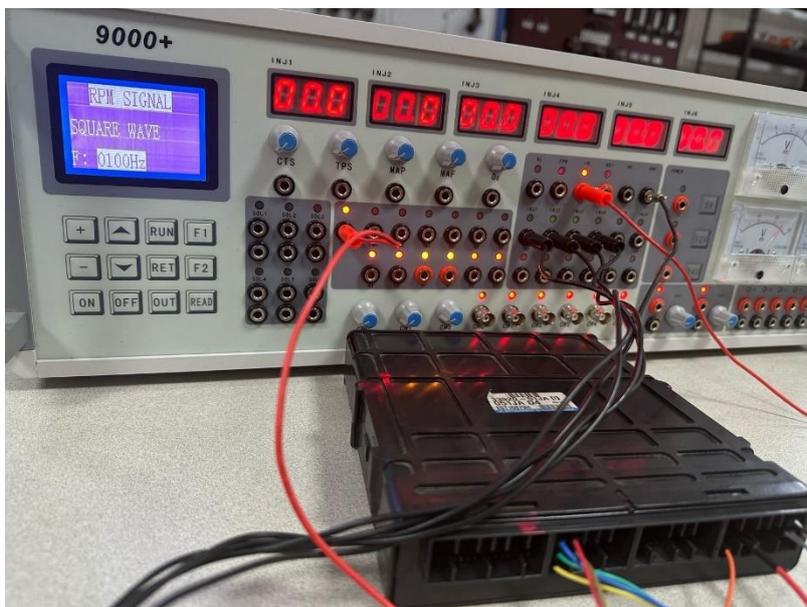
Posteriormente, se analizan los resultados:

Al conectar el módulo de control electrónico Mitsubishi Electric Corporation 051JA D4 al banco de pruebas, se llevan a cabo pruebas detalladas para verificar la generación de pulsos a los inyectores y bobinas de encendido. Lamentablemente, no se observan pulsos de los inyectores (D1, D2, D8, D9), igualmente, no se detectan pulsos a las bobinas de encendido (D21, D22, D23, D24). Esto indica que el módulo no está cumpliendo con la función de emitir las señales adecuadas para el accionamiento de los inyectores y bobinas.

A continuación, se puede evidenciar las pruebas del módulo a diferentes frecuencias en las figuras 26, 27 y 28:

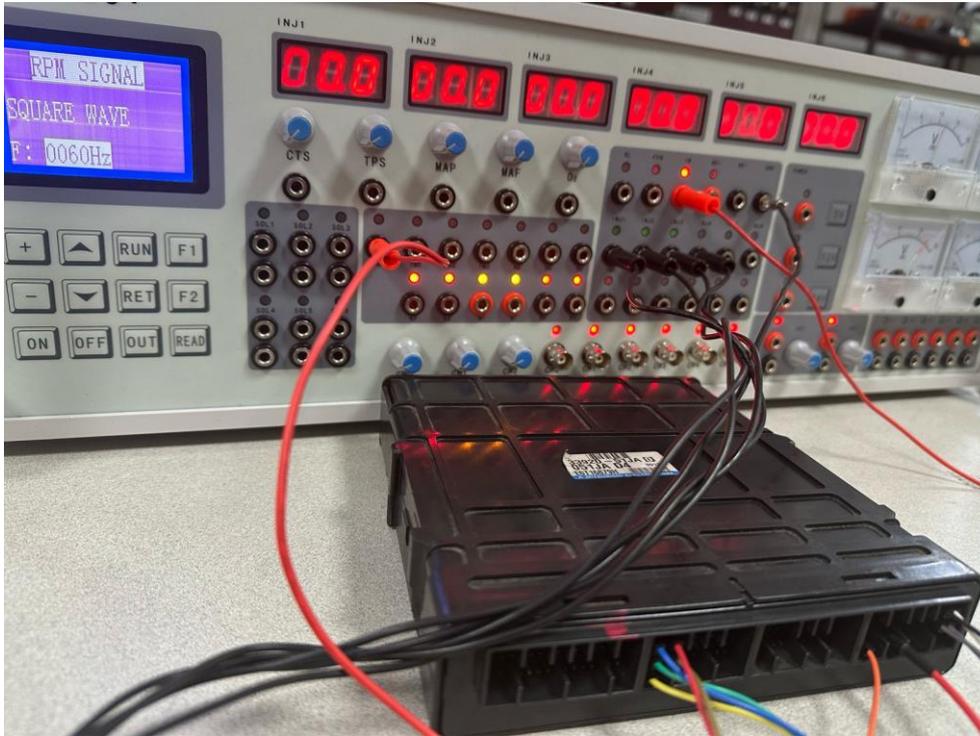
### Figura 26

*Prueba a 100Hz de Frecuencia*

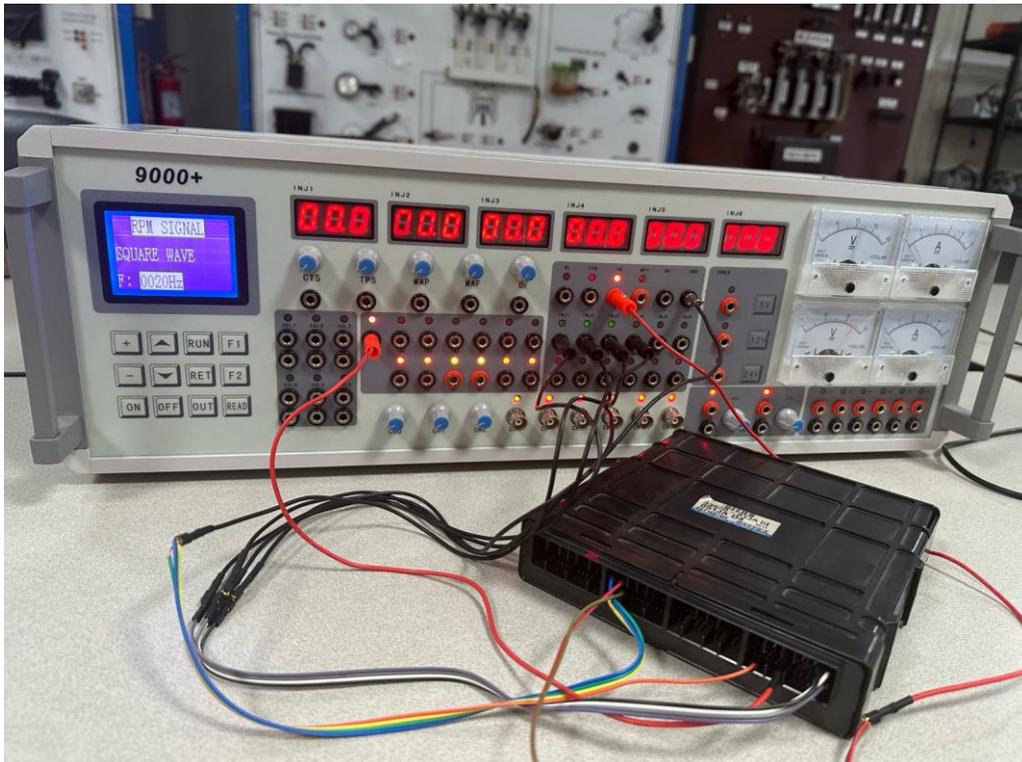


**Figura 27**

*Prueba a 60Hz de Frecuencia*

**Figura 28**

*Prueba a 20Hz de Frecuencia*



## 4.2 Diagnóstico de Operatividad de Módulos

Análisis detallado del rendimiento de los módulos de control electrónico en el banco de pruebas:

Los módulos de control electrónico trabajados en el banco de pruebas, específicamente el Delphi MT60 del Chevrolet Sail, demostró un comportamiento habitual y regular en funcionamiento, totalmente satisfactorio, por lo tanto, el módulo se encuentra completamente operativo para futuras pruebas o instalación en un vehículo del modelo correspondiente.

Sin embargo, el segundo módulo, Mitsubishi Electric Corporation 051JA D4 del Suzuki Grand Vitara, exhibió un comportamiento insatisfactorio al no generar pulsos a los inyectores, ni pulsos a las bobinas de encendido durante las pruebas. Este diagnóstico se centra en un análisis técnico detallado de ambos módulos para determinar la posible presencia de cortocircuitos o elementos defectuosos que podrían estar afectando su rendimiento (Méndez, 2020).

Módulo de Control Electrónico - Mitsubishi Electric Corporation 051JA D4 del Suzuki Grand Vitara:

- CMP + (Pin D26) y CMP - (Pin D28):

Dado que los pulsos provienen de los sensores CMP, la verificación de la integridad de estos componentes es esencial. La falta de pulsos podría deberse a problemas en la generación de señales por parte de los sensores CMP o problemas en la interpretación de estas señales por parte del módulo.

- Tierra (Pines B6, B17, B26):

Similar al primer módulo, una conexión a tierra defectuosa podría afectar el rendimiento general del módulo. La revisión de la calidad de la conexión a tierra y la búsqueda de posibles cortocircuitos es crucial.

- Batería (Pines B4, B15):

La estabilidad del voltaje en los puntos de conexión de la batería debe ser verificada. Oscilaciones o caídas de voltaje en estos puntos podrían influir negativamente en el funcionamiento del módulo.

- Inyectores (Pines D1, D2, D8, D9):

La falta de pulsos en los pines de los inyectores indica un problema en la sección de control de inyección. Al igual que en el primer módulo, se deben revisar los circuitos responsables de la generación y distribución de señales a los inyectores.

## Conclusiones

Se ha implementado un banco de pruebas en base a las características técnicas que permitan la simulación de señales de voltaje de diferentes sensores del vehículo.

Se ha seleccionado este banco de pruebas, el cual es capaz de simular todas las señales del motor a combustión, las cuales pueden ser reguladas electrónicamente o con potenciómetros, y ser visualizadas mediante 5 canales para osciloscopios, estas señales pueden ser enviadas a cualquier módulo de control electrónico, sea de un vehículo liviano o pesado, y que el mismo se encuentre en plena capacidad de interpretarlas para poder enviar sus pulsos de inyección y bobinas de encendido.

Se ha validado la efectividad del banco de pruebas, mediante la correcta simulación de las señales del motor para la computadora Delphi MT60 del Chevrolet Sail, así mismo, se ha validado la operatividad del primer módulo mencionado, dejando en evidencia que trabajan los dos correctamente.

El análisis detallado de los módulos de control electrónico reveló deficiencias significativas en el módulo Mitsubishi Electric Corporation 051JA D4 del Suzuki Grand Vitara, con la ausencia de pulsos en los inyectores y bobinas durante las pruebas en el banco. Para restaurar el funcionamiento óptimo de este módulo, es imperativo implementar estrategias específicas que aborden los posibles problemas identificados durante el análisis, descritas en las recomendaciones a continuación.

Se ha desarrollado las guías prácticas del procedimiento de prueba para los módulos de control electrónico utilizados en el mismo, para que sirvan de referencia para futuras pruebas a diferentes de módulos de control electrónico, sean de vehículos livianos o pesados, por parte de los estudiantes.

## **Recomendaciones**

Recomendaciones generales:

Inspección física: se sugiere una inspección visual de los componentes en busca de posibles daños, corrosión o conexiones sueltas.

Mediciones con instrumentos de prueba: utilizar instrumentos de medición, como multímetros y osciloscopios, para realizar mediciones detalladas en los puntos críticos de cada circuito.

Pruebas de continuidad: realizar pruebas de continuidad en los cables y conexiones para identificar posibles cortocircuitos.

Revisión de esquemas eléctricos: analizar los esquemas eléctricos proporcionados por el fabricante para verificar la correcta conexión de cada componente.

Pruebas de componentes individuales: evaluar la funcionalidad de los componentes individuales, como sensores CKP y CMP, transistores y otros elementos de control.

Reprogramación del módulo (si es aplicable): en caso de que sea posible, considerar la reprogramación o actualización del software del módulo para corregir posibles errores de programación.

Se recomienda un análisis exhaustivo de cada uno de los circuitos mencionados para identificar y abordar cualquier cortocircuito o elemento defectuoso que pueda estar afectando el rendimiento del módulo de control electrónico. Este enfoque sistemático permitirá una evaluación precisa y la implementación de medidas correctivas necesarias para restaurar el funcionamiento óptimo del módulo en el banco de pruebas.

## Bibliografía

- Altinger, H., Wotawa, F., & Schurius, M. (2014, July). Testing methods used in the automotive industry: Results from a survey. In Proceedings of the 2014 Workshop on Joining AcadeMiA and Industry Contributions to Test Automation and Model-Based Testing (pp. 1-6).
- Boot, R., Richert, J., Schutte, H., & Rukgauer, A. (1999, August). Automated test of ECUs in a hardware-in-the-loop simulation environment. In Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium on Computer Aided Control System Design (Cat. No. 99TH8404) (pp. 587-594). IEEE.
- Bringmann, E., & Krämer, A. (2008, April). Model-based testing of automotive systems. In 2008 1st international conference on software testing, verification, and validation (pp. 485-493). IEEE.
- Conrad, M. (2004). A systematic approach to testing automotive control software (No. 2004-21-0039). SAE Technical Paper.
- Droliá, U., Wang, Z., Vemuri, S., Behl, M., & Mangharam, R. (2011, April). Demo abstract: AutoPlug—An automotive test-bed for ECU testing, validation, and verification. In Proceedings of the 10th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (pp. 131-132). IEEE.
- Granda Jaramillo, W. O. (2021). Elaboración de un Manual de Manejo Ecodriving para Vehículos M1 en Guayaquil.
- Lamberg, K. (2006, March). Model-based testing of automotive electronics. In Proceedings of the Design Automation & Test in Europe Conference (Vol. 1, pp. 1-1). IEEE.
- Lamberg, K., Beine, M., Eschmann, M., Otterbach, R., Conrad, M., & Fey, I. (2004). Model-based testing of embedded automotive software using MTest. SAE transactions, 132-140.

- Méndez Torres, P. W., Gómez Berrezueta, M. F., & Llerena Mena, A. F. (2020). Análisis de la viabilidad para la implementación de vehículo eléctrico que preste servicio de taxi en la ciudad de Cuenca.
- Mouzakitis, A., Copp, D., Parker, R., & Burnham, K. (2009). Hardware-in-the-loop system for testing automotive ECU diagnostic software. *Measurement and control*, 42(8), 238-245.
- Precedence Research (2024, February). Automotive Electronic Control Unit Market Size, Share and Growth Analysis, By Propulsion Type (Hybrid, Battery Powered, and Internal Combustion Engine (ICE)), By Vehicle Type (Commercial Vehicles and Passenger Cars), By Capacity (64-Bit, 32-Bit, and 16-Bit), By Application (Body Electronics, ADAS & Safety Systems, Infotainment, Powertrain, and Others) - Global Industry Analysis, Trends, Regional Outlook and Forecast 2024 – 2033.
- Witter, H. J., zur Heiden, M., & Talwar, K. (2009). ABS/ESP ECU testing with sophisticated HIL simulation methods (No. 2009-26-0079). SAE Technical Paper.
- Xiong, R., Sun, W., Yu, Q., & Sun, F. (2020). Research progress, challenges and prospects of fault diagnosis on battery system of electric vehicles. *Applied Energy*, 279, 115855.

## Anexos

## Guía de Práctica

ASIGNATURA	RESPONSABLE	FECHA DE PRÁCTICA	DURACIÓN PRÁCTICA
	Ing. Alex Llerena	25.01.2024 27.01.2024	4-HORAS

LABORATORIO O TALLER	GUIA PRÁCTICA N°	NOMBRE DE LA PRÁCTICA
UIDE-Autotrónica	01	Chevrolet Sail

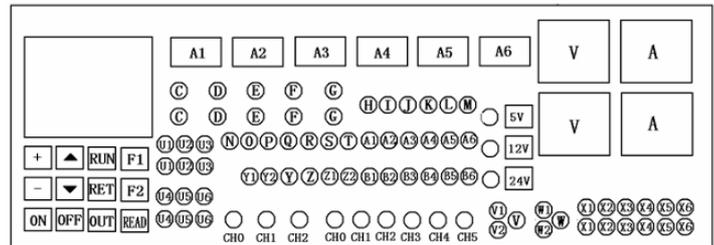
<b>1.</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar el funcionamiento de la ECU Delphi MT60</li> </ul>

<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar el pinout de la ECU.</li> <li>Realizar la conexión de los pines de la Ecu al banco de pruebas.</li> <li>Comprobar la señal de los inyectores y bobinas.</li> </ul>

<b>3.</b>	<b>RECURSOS</b>						
	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">EQUIPOS</th> <th style="width: 33%;">MATERIALES</th> <th style="width: 33%;">INSUMOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>Banco de pruebas</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>ECM Delphi MT60</li> <li>Extensión</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cables de conexión</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>	EQUIPOS	MATERIALES	INSUMOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Banco de pruebas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ECM Delphi MT60</li> <li>Extensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cables de conexión</li> </ul>
EQUIPOS	MATERIALES	INSUMOS					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Banco de pruebas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ECM Delphi MT60</li> <li>Extensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cables de conexión</li> </ul>					

<b>4.</b>	<b>DESARROLLO DE LA PRÁCTICA</b>
	<p><b>Preparatorio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Adquirir las ECM que se deseen comprobar</li> <li>Conseguir cables para realizar la conexión de la ECM al banco de pruebas</li> <li>Conseguir el pinout de la Ecu a comprobar</li> </ul>

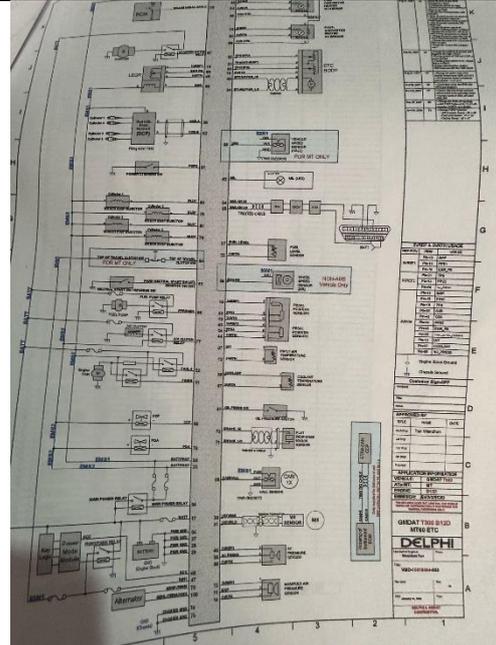
- Identificar los componentes del banco de pruebas MST 9000  
**A1-A6:** Cilindro del 1 al 6 y tiempo de inyección en su respectivo cilindro.  
**C-CTS:** Sensor de temperatura de señal analógica 0 ~ 10K  
**D-TPS:** Posición de la válvula EGR, señal del sensor de posición del acelerador analógica de 0 a 5V  
**E-MAP:** Presión del aire de admisión, señal del sensor de presión analógica de 0 ~ 5V  
**F-MAF:** Medidor de flujo de aire, señal analógica de 0 ~ 5V  
**G-O2:** Simulación de señal del sensor de oxígeno ~ 1V (ajuste manual)  
**T-O2:** Ajuste de simulación de señal del sensor de oxígeno (las señales cambian automáticamente)  
**V-KS1:** Simulación de señal del sensor de detonación  
**W-KS2:** Simulación de señal del sensor de detonación  
**N-CKP:** Señal del cigüeñal  
**R-AC:** Señal del aire acondicionado  
**S-DC:** Señal de corriente continua Control del actuador  
**O-ISC:** Control del actuador de la válvula de control de ralentí  
**P-PFC:** Controlador de encendido



- Obtener el diagrama de conexión (pinout) del módulo de control electrónico específico que se someterá a evaluación en el banco de pruebas.



3. Identificar los pines necesarios para establecer la conexión entre el módulo de control electrónico y el equipo de comprobación.



4. Llevar a cabo el enrutamiento adecuado de los pines del módulo de control electrónico según las especificaciones correspondientes.

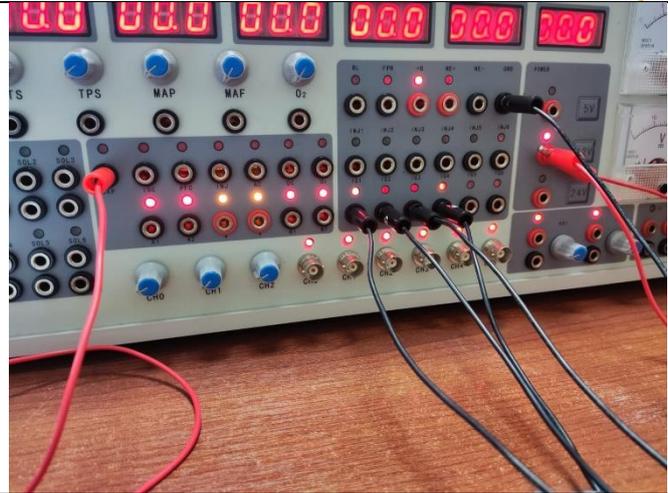
- 4:** Tierra
- 13:** Referencia de 5V
- 17:** Positivo de batería
- 30:** Sensor CKP
- 25:** Rele principal (12V)
- 47:** Voltaje de ignición 1(12V)
- 48:** Voltaje de ignición 2 (12V)
- 78,79,80,81:** Inyectores
- 1,2,3,26:** Bobinas



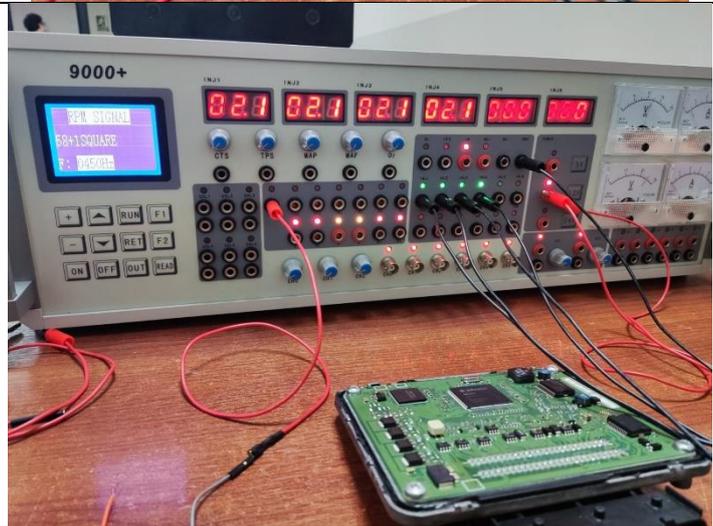
5. Seleccionar el tipo de señal eléctrica con la que opera el módulo de control electrónico en cuestión.



6. Conectar el módulo de control electrónico al banco de pruebas siguiendo las normativas establecidas.



7. Verificar el correcto funcionamiento del módulo de control electrónico mediante el envío de señales a los inyectores del vehículo.



## *Guía de Práctica*

ASIGNATURA	RESPONSABLE	FECHA DE PRÁCTICA	DURACIÓN PRÁCTICA
	Ing. Alex Llerena	25.01.2024 27.01.2024	4-HORAS

LABORATORIO O TALLER	GUIA PRÁCTICA N°	NOMBRE DE LA PRÁCTICA
UIDE-Autotrónica	02	ECM Suzuki Grand Vitara

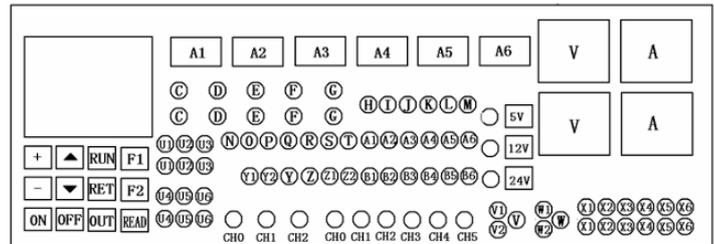
<b>1.</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar el funcionamiento de la ECM Mitsubishi 051JA D4</li> </ul>	

<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar el pinout de la ECM.</li> <li>Realizar la conexión de los pines de la ECM al banco de pruebas.</li> <li>Comprobar la señal de los inyectores y bobinas.</li> </ul>	

<b>3.</b>	<b>RECURSOS</b>		
	<b>EQUIPOS</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>INSUMOS</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Banco de pruebas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ECM Mitsubishi 051JA D4</li> <li>Extensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cables de conexión</li> </ul>

<b>4.</b>	<b>DESARROLLO DE LA PRÁCTICA</b>
<b>Preparatorio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Adquirir las ECM que se deseen comprobar</li> <li>Conseguir cables para realizar la conexión de la ECM al banco de pruebas</li> <li>Conseguir el pinout de la Ecu a comprobar</li> </ul>	
	<b>8.</b> Identificar los componentes del banco de pruebas MST 9000

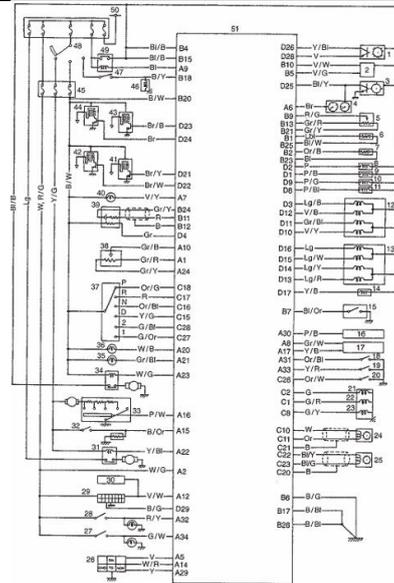
**A1-A6:** Cilindro del 1 al 6 y tiempo de inyección en su respectivo cilindro.  
**C-CTS:** Sensor de temperatura de señal analógica 0 ~ 10K  
**D-TPS:** Posición de la válvula EGR, señal del sensor de posición del acelerador analógica de 0 a 5V  
**E-MAP:** Presión del aire de admisión, señal del sensor de presión analógica de 0 ~ 5V  
**F-MAF:** Medidor de flujo de aire, señal analógica de 0 ~ 5V  
**G-O2:** Simulación de señal del sensor de oxígeno ~ 1V (ajuste manual)  
**T-O2:** Ajuste de simulación de señal del sensor de oxígeno (las señales cambian automáticamente)  
**V-KS1:** Simulación de señal del sensor de detonación  
**W-KS2:** Simulación de señal del sensor de detonación  
**N-CKP:** Señal del cigüeñal  
**R-AC:** Señal del aire acondicionado  
**S-DC:** Señal de corriente continua Control del actuador  
**O-ISC:** Control del actuador de la válvula de control de ralentí  
**P-PFC:** Controlador de encendido



- Obtener el diagrama de conexión (pinout) del módulo de control electrónico específico que se someterá a evaluación en el banco de pruebas.

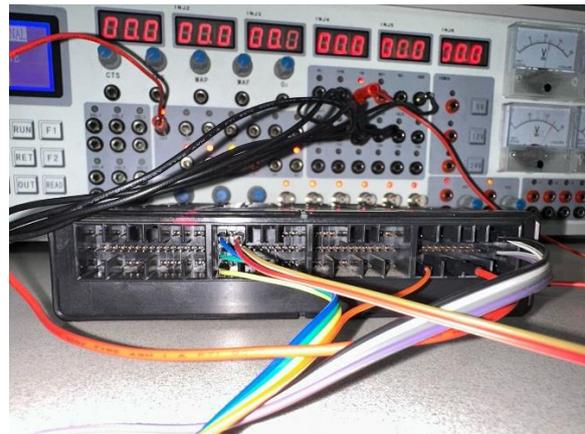


10. Identificar los pines necesarios para establecer la conexión entre el módulo de control electrónico y el equipo de comprobación.



11. Llevar a cabo el enrutamiento adecuado de los pines del módulo de control electrónico según las especificaciones correspondientes.

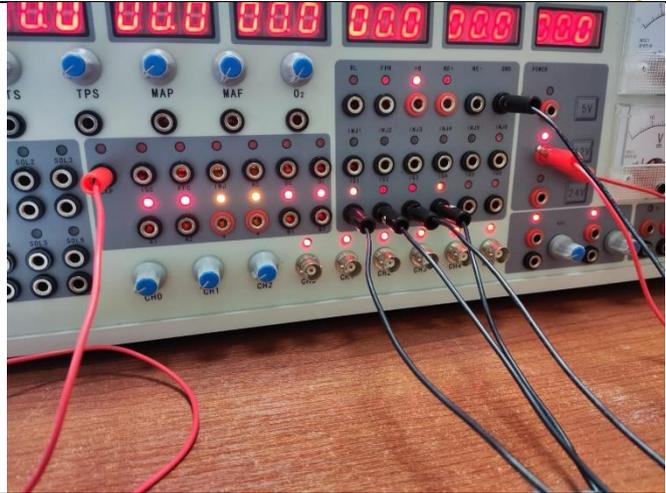
- B6,B17,B26:** Tierra
- B4,B15:** Batería
- D26:** CMP +
- D28:** CMP -
- D1,D2,D8,D9:** Inyectores
- D21,D22,D23,D24:** Bobinas
- A9:** Rele principal
- B18, B20:** Señal de arranque y encendido



12. Seleccionar el tipo de señal eléctrica con la que opera el módulo de control electrónico en cuestión.



13. Conectar el módulo de control electrónico al banco de pruebas siguiendo las normativas establecidas.



14. Verificar el correcto funcionamiento del módulo de control electrónico mediante el envío de señales a los inyectores del vehículo.

