



ING. AUTOMOTRIZ

Trabajo de Integración Curricular

**Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica
Automotriz**

**Diseño y construcción de un banco de pruebas para evaluar sensores y actuadores
automotrices**

Autor:

**González Ortuño Alfredo Miguel
Palacios Bolagay Josué Daniel**

Director:

Ing. Ante Sánchez Pablo Fernando

Aprobación del tutor

Yo, Pablo Fernando Ante Sánchez, certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su conocimiento.

Ing. Pablo Fernando Ante Sánchez

Certificación o acuerdo de Confidencialidad

Yo, González Ortuño Alfredo Miguel, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo 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.

Certificación o acuerdo de Confidencialidad

Yo, Palacios Bolagay Josué Daniel, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo 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.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación, en primer lugar, a Dios y a la Santísima Virgen del Quinche, por guiar mi camino, darme fortaleza y permitirme alcanzar esta importante meta.

A mis padres, María y Ramón, por ser mi ejemplo de vida, por su amor incondicional y por enseñarme que con esfuerzo, responsabilidad y perseverancia todo es posible. Gracias por acompañarme siempre, por confiar en mí y por ser el pilar fundamental de cada uno de mis logros.

A mis hermanos, Oscar y Johana, por su cariño, apoyo y por formar parte importante de mi vida.

A Hillary, quien ha compartido conmigo cada reto, esfuerzo y sueño durante estos años. Gracias por estar presente en los momentos buenos y difíciles, por creer en mí y por brindarme siempre tu apoyo. Gracias por ser parte fundamental de este logro y de los sueños que seguimos construyendo juntos.

A la memoria de mi querida abuelita, quien siempre ocupará un lugar especial en mi corazón. Aunque hoy no esté físicamente conmigo, su amor, sus enseñanzas y sus recuerdos me acompañarán siempre.

Finalmente, dedico este logro a mi familia y a todas las personas que creyeron en mí y me brindaron su apoyo para alcanzar esta meta.

Alfredo González

Agradecimiento

Hoy culmino una etapa importante de mi vida y deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que formaron parte de este camino.

Agradezco a Dios y a la Santísima Virgen del Quinche por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para alcanzar esta meta profesional.

A mis padres, María y Ramón, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional. Gracias por enseñarme con el ejemplo el valor del trabajo, la responsabilidad y la perseverancia. Este logro también les pertenece.

A mi hermano Oscar, por su apoyo constante y por demostrar con sus acciones que siempre puedo contar con él. A mi hermana Johana, por su cariño, confianza y por acompañarme durante esta importante etapa de mi vida.

A Hillary, por compartir conmigo cada reto, esfuerzo y sueño durante estos años. Gracias por tu amor, paciencia y apoyo incondicional. Tu comprensión y compromiso fueron fundamentales para que pudiera cumplir mis responsabilidades académicas y profesionales. Este logro también refleja una parte de tu esfuerzo y dedicación.

Mi agradecimiento especial al Ingeniero Pablo Ante, tutor de este trabajo de titulación, por su orientación y acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto. De igual manera, agradezco al Ingeniero Gorky Reyes por sus valiosos aportes, experiencia y apoyo durante el proceso de titulación.

A mi compañero de tesis, Josué Palacios, por el compromiso, la colaboración y el trabajo realizado para culminar este proyecto.

También agradezco a la Universidad Internacional del Ecuador y a todos los docentes que contribuyeron a mi formación académica y profesional.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera formaron parte de este proceso y contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional. La culminación de este trabajo representa años de esfuerzo, aprendizaje y constancia, y marca una meta importante en mi vida, motivándome a seguir preparándome y afrontando nuevos retos en mi desarrollo profesional.

Alfredo González

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza durante cada etapa de mi vida, abriendo puertas y brindándome la sabiduría necesaria para superar cada desafío presentado en este camino académico y personal.

A mis padres, Alberto y Hilda, por su amor, apoyo incondicional y admirable ejemplo de esfuerzo, dedicación y perseverancia. Sus enseñanzas y valores han sido una base fundamental para alcanzar este nuevo peldaño en mi vida y cumplir una de las tantas metas que me he propuesto.

A mi esposa, por acompañarme durante este proceso con paciencia, comprensión y motivación constante. Su apoyo en los momentos de dificultad fue fundamental para continuar avanzando y mantener firme el propósito de culminar mi formación profesional.

De manera muy especial, dedico este logro a mi hija, quien representa una de mis mayores inspiraciones y mi motivación para seguir creciendo cada día. Que este logro sea en un futuro un ejemplo de que, con disciplina, valentía, esfuerzo y confianza en Dios, los sueños pueden alcanzarse.

Finalmente, dedico este trabajo al esfuerzo realizado durante todos estos años, a cada jornada de estudio, sacrificio y responsabilidad, recordando que cada etapa vivida formó parte del camino necesario para alcanzar este objetivo.

Josué Palacios

Agradecimiento

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, porque de Él provienen la sabiduría, la fortaleza y las oportunidades que me permitieron culminar esta importante etapa de mi formación profesional. Agradezco por la salud, la perseverancia y el sustento necesario para continuar avanzando hasta alcanzar este logro.

A la Universidad Internacional del Ecuador y a la Facultad de Ingeniería Automotriz, por brindarme los conocimientos, herramientas y espacios de aprendizaje necesarios para mi crecimiento académico y profesional.

A cada uno de mis docentes e instructores, quienes mediante su experiencia, enseñanza y orientación contribuyeron significativamente en mi preparación, fortaleciendo mis conocimientos y habilidades dentro del campo automotriz.

A mi familia, por su apoyo incondicional, confianza y motivación constante durante este proceso. Gracias por acompañarme en cada etapa, incluso en aquellas noches largas de estudio, esfuerzo y dedicación que hoy se ven reflejadas en el cumplimiento de esta meta.

Agradezco también a los lugares de trabajo que formaron parte de este camino, ya que me brindaron la oportunidad de desarrollarme laboralmente y obtener los recursos necesarios para continuar con mis estudios, demostrando que con responsabilidad y esfuerzo es posible avanzar hacia los objetivos propuestos.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera aportaron durante este proceso académico y personal, siendo parte importante de la culminación de esta etapa de mi vida.

Josué Palacios

Índice de contenido

APROBACIÓN DEL TUTOR	II
CERTIFICACIÓN O ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD	III
CERTIFICACIÓN O ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO	IX
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
MARCO TEÓRICO	XVIII
CONTEXTO DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.....	XVIII
SENSORES AUTOMOTRICES	XVIII
ACTUADORES AUTOMOTRICES	XVIII
UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECU)	XVIII
DIAGNÓSTICO AUTOMOTRIZ	XIX
OSCILOSCOPIO HANTEK 1008:	XIX
ESCÁNER LAUNCH CPR123E	XX
BANCOS DE PRUEBAS EN EL ÁMBITO ACADÉMICO	XX
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	XXI
MATERIALES Y MÉTODOS	XXII
NORMATIVA Y CRITERIOS TÉCNICOS CONSIDERADOS	XXIII
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS	XXIII
INTEGRACIÓN DE EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO Y ADQUISICIÓN DE SEÑALES	XXVI
PARAMETRIZACIÓN DE VALORES	XXVI
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	XXXIII
RESULTADOS.....	XXXIII
RESULTADOS Y ANÁLISIS DE SEÑALES.....	XXXIII
VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL BANCO DE PRUEBAS	XXXIV
ANÁLISIS DE SEÑALES POR COMPONENTE	XXXVII
ANÁLISIS DE LAS SEÑALES DE ACTIVACIÓN DE LOS INYECTORES DEL MOTOR CHEVROLET CRUZE 2011 1.8L.....	XXXVII

ANÁLISIS DE LAS SEÑALES DE ACTIVACIÓN DE LAS BOBINAS DE ENCENDIDO DEL MOTOR CHEVROLET CRUZE 2011 1.8L.	XXXVIII
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS SEÑALES DE LOS SENSORES DE OXÍGENO PRE-CATALIZADOR Y POST-CATALIZADOR.....	XXXIX
EVALUACIÓN DE LAS SEÑALES DE LOS SENSORES MAP E IAT DEL SISTEMA DE ADMISIÓN.	XL
ANÁLISIS DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP).	XL
EVALUACIÓN DE LA SEÑAL GENERADA POR EL SENSOR DE DETONACIÓN (KS).	XLI
ANÁLISIS DE SINCRONIZACIÓN DE LOS SENSORES DE POSICIÓN DEL ÁRBOL DE LEVAS (CMP) DE ADMISIÓN Y ESCAPE.....	XLII
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ELÉCTRICO DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA DEL MOTOR.....	XLIII
ANÁLISIS DE LA SEÑAL PWM DE CONTROL DE LA VÁLVULA VVT DE ADMISIÓN.....	XLIV
ANÁLISIS DE LA SEÑAL PWM DE CONTROL DE LA VÁLVULA VVT DE ESCAPE.	XLV
RELACIÓN DE SINCRONIZACIÓN ENTRE LAS SEÑALES DEL SENSOR CKP Y DEL SENSOR DE DETONACIÓN KS.	XLVI
DISCUSIÓN	XLVII
INTERPRETACIÓN DE LAS GRÁFICAS Y COMPARACIÓN TÉCNICA.....	XLVII
APORTE INGENIERIL DEL BANCO DE PRUEBAS	XLVIII
RELACIÓN ENTRE OSCILOSCOPIO, ESCÁNER Y SIMULACIÓN DE FALLAS.....	XLVIII
APLICACIÓN ACADÉMICA Y TÉCNICA.....	XLVIII
LIMITACIONES Y PROYECCIÓN.....	XLVIII
CONCLUSIONES	XLIX
BIBLIOGRAFÍAS	L

Índice de Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1	XIX
ILUSTRACIÓN 2	XX
ILUSTRACIÓN 3	XXIV
ILUSTRACIÓN 4 CONEXIÓN ELÉCTRICA INTERNA DEL BANCO DE PRUEBAS.....	XXV
ILUSTRACIÓN 5	XXV
ILUSTRACIÓN 6 INTEGRACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS CON EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO AUTOMOTRIZ.....	XXXIV
ILUSTRACIÓN 7 ADQUISICIÓN DE SEÑALES ELÉCTRICAS MEDIANTE OSCILOSCOPIO HANTEK 1008C.....	XXXV
ILUSTRACIÓN 8 LECTURA DE PARÁMETROS Y CÓDIGOS MEDIANTE ESCÁNER LAUNCH CRP123E.....	XXXV
ILUSTRACIÓN 9	XXXVII
ILUSTRACIÓN 10 EVALUACIÓN DE LAS SEÑALES DE ACTIVACIÓN DE LAS BOBINAS DE ENCENDIDO.....	XXXVIII
ILUSTRACIÓN 11 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS SEÑALES DE LOS SENSORES DE OXÍGENO PRE-CATALIZADOR Y POST- CATALIZADOR	XXXIX
ILUSTRACIÓN 12 EVALUACIÓN DE LAS SEÑALES DE LOS SENSORES MAP E IAT DEL SISTEMA DE ADMISIÓN	XL
ILUSTRACIÓN 13 ANÁLISIS DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP).....	XLI
ILUSTRACIÓN 14 EVALUACIÓN DE LA SEÑAL GENERADA POR EL SENSOR DE DETONACIÓN (KS)	XLII
ILUSTRACIÓN 15	XLIII
ILUSTRACIÓN 16	XLIV
ILUSTRACIÓN 17 ANÁLISIS DE LA SEÑAL PWM DE CONTROL DE LA VÁLVULA VVT DE ADMISIÓN	XLV
ILUSTRACIÓN 18 ANÁLISIS DE LA SEÑAL PWM DE CONTROL DE LA VÁLVULA VVT DE ESCAPE	XLVI
ILUSTRACIÓN 19 RELACIÓN DE SINCRONIZACIÓN ENTRE LAS SEÑALES DEL SENSOR CKP Y DEL SENSOR DE DETONACIÓN KS	XLVII

Índice de Tablas

TABLA 1 COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS XXII

TABLA 2 EQUIPOS EMPLEADOS PARA DIAGNÓSTICO Y ADQUISICIÓN DE SEÑALES XXIII

TABLA 3..... XXVI

TABLA 4..... XXVII

TABLA 5..... XXXI

TABLA 6 CRITERIOS DE COMPARACIÓN UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES XXXVI

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUAR SENSORES Y ACTUADORES AUTOMOTRICES

Ing. Ante Sánchez Pablo Fernando¹, González Ortuño Alfredo Miguel,²

Palacios Bolagay Josué Daniel.³

¹ Maestría Especialidad - Universidad, Titulo Obtenido, paantesa@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

² Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, jdpalaciosbo@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

³ Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador algonzalezor@uide.edu.ec, Quito - Ecuador

RESUMEN

Introducción: Los sistemas electrónicos automotrices cumplen una función fundamental en el control y supervisión del funcionamiento del vehículo mediante sensores y actuadores. Sin embargo, dentro del aprendizaje académico existen limitaciones para analizar estos componentes bajo condiciones prácticas y controladas. Por ello, se diseñó y construyó un banco de pruebas para evaluar sensores y actuadores automotrices del Chevrolet Cruze 2011 AT, permitiendo además la simulación de fallas mediante equipos de diagnóstico.

Metodología: La investigación se desarrolló mediante un enfoque experimental, integrando componentes eléctricos y electrónicos para realizar pruebas funcionales. Se empleó el osciloscopio Hantek 1008C y el escáner Launch CRP123E para analizar señales eléctricas y parámetros de funcionamiento.

Resultados: Se evaluaron 20 componentes automotrices y 11 señales características, identificando valores de voltaje, señales PWM, tiempos de activación y códigos de diagnóstico generados ante fallas simuladas.

Conclusión: La implementación del banco permitió fortalecer el análisis práctico del funcionamiento de sensores y actuadores, proporcionando una herramienta aplicada para mejorar el aprendizaje y diagnóstico electrónico automotriz.

Palabras clave: Sensores automotrices, banco de pruebas, diagnóstico automotriz.

ABSTRACT

Introduction: Automotive electronic systems perform a fundamental role in controlling and monitoring the vehicle's operation through sensors and actuators. However, in academic learning, there are limitations in analyzing these components under practical and controlled conditions. Therefore, a test bench was designed and built to evaluate the automotive sensors and actuators of the 2011 Chevrolet Cruze AT, also allowing the simulation of faults using diagnostic equipment.

Methodology: The research was conducted using an experimental approach, integrating electrical and electronic components to perform functional tests. The Hantek 1008C oscilloscope and the Launch CRP123E scanner were used to analyze electrical signals and operational parameters.

Results: 20 automotive components and 11 characteristic signals were evaluated, identifying voltage values, PWM signals, activation times, and diagnostic codes generated during simulated faults.

Conclusion: The implementation of the test bench allowed for the strengthening of practical analysis of the operation of sensors and actuators, providing an applied tool to improve learning and automotive electronic diagnostics.

Keywords: Automotive sensors, test bench, automotive diagnostics.

Introducción

En la actualidad, el incremento de sistemas electrónicos incorporados en los vehículos ha generado la necesidad de fortalecer los procesos de diagnóstico y aprendizaje relacionados con sensores y actuadores automotrices. La evolución tecnológica de la industria automotriz ha permitido optimizar el desempeño, eficiencia energética, reducción de emisiones contaminantes y control del vehículo mediante sistemas electrónicos capaces de supervisar diferentes condiciones de funcionamiento del motor en tiempo real.

Dentro de estos sistemas, los sensores y actuadores cumplen una función fundamental dentro de la gestión electrónica automotriz. Los sensores permiten registrar variables físicas como temperatura, presión, posición y flujo de aire, transformándolas en señales eléctricas que son enviadas hacia la unidad de control electrónico (ECU). A partir de esta información, la ECU realiza estrategias de control para garantizar un funcionamiento adecuado del motor. Por otra parte, los actuadores reciben estas señales y ejecutan acciones relacionadas con la inyección de combustible, encendido, distribución variable y otros sistemas necesarios para la operación eficiente del vehículo.

El diagnóstico de estos componentes requiere no solamente comprender su funcionamiento teórico, sino también analizar el comportamiento de sus señales eléctricas durante diferentes condiciones de operación. Parámetros como voltajes de referencia, señales digitales, señales PWM, tiempos de activación y variaciones en la respuesta de los componentes permiten determinar su estado funcional e identificar posibles anomalías dentro del sistema electrónico automotriz.

Actualmente, los vehículos modernos incorporan una amplia variedad de sensores y actuadores que trabajan de manera conjunta para garantizar una correcta gestión del motor. Elementos como sensores de posición del cigüeñal (CKP), sensores de posición del árbol de levas (CMP), sensores de presión absoluta del múltiple (MAP), sensores de temperatura, inyectores, bobinas de encendido y válvulas de control variable requieren procedimientos de comprobación específicos debido a las diferentes características eléctricas que presentan durante su funcionamiento.

El análisis de estos componentes mediante equipos especializados permite obtener información detallada sobre su estado operativo. A diferencia de una inspección convencional, la evaluación mediante señales eléctricas permite observar el comportamiento real del componente durante su activación, identificando

variaciones que pueden afectar el rendimiento del motor incluso antes de que se produzca una falla permanente.

Sin embargo, dentro de los laboratorios de formación académica existen limitaciones asociadas a la disponibilidad de herramientas que permitan evaluar de manera práctica el comportamiento de sensores y actuadores bajo condiciones reales o simuladas. En muchos casos, el aprendizaje depende del uso directo de vehículos completamente operativos, reduciendo la posibilidad de generar fallas controladas debido al riesgo de afectar componentes electrónicos o modificar el funcionamiento normal del sistema.

Esta problemática dificulta que los estudiantes relacionen los fundamentos teóricos con procesos reales de diagnóstico automotriz, debido a que la identificación de fallas electrónicas requiere interpretar la relación existente entre señales eléctricas, códigos de diagnóstico y parámetros de operación. La falta de herramientas específicas limita el desarrollo de competencias relacionadas con la evaluación de componentes, interpretación de señales y análisis del comportamiento del sistema ante diferentes condiciones de trabajo.

Por esta razón, los bancos de prueba representan una alternativa para reproducir condiciones específicas de operación en un entorno controlado, permitiendo analizar sensores y actuadores sin comprometer el funcionamiento de un vehículo real. Además, la integración de equipos como osciloscopios automotrices y escáneres de diagnóstico permite complementar el estudio mediante la visualización de señales eléctricas, lectura de parámetros y detección de códigos de falla.

Ante esta necesidad, el presente proyecto se enfoca en el desarrollo de un banco de pruebas orientado a la evaluación funcional de sensores y actuadores automotrices pertenecientes al Chevrolet Cruze 2011 AT, permitiendo la adquisición de señales eléctricas, análisis de parámetros de funcionamiento y simulación de fallas controladas mediante equipos especializados.

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar una herramienta de diagnóstico funcional que permita evaluar sensores y actuadores automotrices mediante el análisis de señales eléctricas y parámetros de operación, con la finalidad de fortalecer los procesos de diagnóstico electrónico y aprendizaje práctico dentro del área automotriz.

Para alcanzar este propósito, se estableció inicialmente analizar el funcionamiento de los sensores y actuadores seleccionados del sistema electrónico del Chevrolet Cruze 2011 AT, identificando sus características operativas, valores de referencia y señales generadas durante diferentes condiciones de trabajo. Posteriormente, se planteó diseñar y construir la estructura funcional del banco de pruebas mediante la integración de componentes eléctricos, electrónicos y sistemas de medición que permitan realizar pruebas controladas. Finalmente, se buscó validar el funcionamiento del banco mediante pruebas experimentales, simulación de fallas y comparación de parámetros obtenidos a través del osciloscopio Hantek 1008C y escáner Launch CRP123E.

La implementación del banco de pruebas busca fortalecer el aprendizaje práctico dentro del área de Ingeniería Automotriz, proporcionando una herramienta que permita relacionar los conocimientos teóricos con procedimientos reales de diagnóstico electrónico vehicular. Asimismo, contribuye al desarrollo de competencias técnicas enfocadas en la identificación de fallas, interpretación de señales y evaluación del comportamiento de sensores y actuadores utilizados en vehículos modernos.

Marco teórico

Contexto de la industria automotriz

La industria automotriz contemporánea se caracteriza por una creciente incorporación de sistemas electrónicos que buscan optimizar el rendimiento, la seguridad y la eficiencia energética de los vehículos. Estos avances han transformado el diagnóstico y la reparación, pasando de un enfoque mecánico tradicional hacia una visión integral donde la electrónica y la informática son protagonistas **(García & López, 2021)**.

Sensores automotrices

Los sensores son dispositivos encargados de medir variables físicas como temperatura, presión, posición y flujo de aire, convirtiéndolas en señales eléctricas que son interpretadas por la unidad de control electrónico (ECU). En el Chevrolet Cruze 2011–2013, se incluyen sensores de oxígeno, temperatura del refrigerante, presión del colector y flujo de aire, todos fundamentales para el control del motor y las emisiones **(Chevrolet, 2013)**.

Clasificación de sensores

- Sensores de temperatura: refrigerante, aire de admisión, evaporador A/C.
- Sensores de presión: colector de admisión, presión de refrigerante A/C.
- Sensores de posición: cigüeñal, árbol de levas, válvulas de control.
- Sensores de velocidad: ruedas (ABS), motor.

Actuadores automotrices

Los actuadores reciben las señales de la ECU y ejecutan acciones específicas, como la inyección de combustible, la apertura de válvulas o la activación de sistemas auxiliares. En el Cruze, destacan los inyectores, solenoides de transmisión automática, válvulas moduladoras del ABS y motores de compuertas del aire acondicionado **(Chevrolet, 2013)**.

Unidad de Control Electrónico (ECU)

La ECU **25189683 76.1 5WY1J07A** coordina la interacción entre sensores y actuadores, asegurando que el motor mantenga un equilibrio entre potencia, consumo y emisiones. El manual eléctrico del Cruze 2013 muestra cómo la ECU se comunica con el módulo de control del aire acondicionado (HVAC), el módulo de frenos ABS y el

módulo de carrocería (BCM), reflejando la complejidad de la red de datos GMLAN (Chevrolet, 2013).

Diagnóstico automotriz

El diagnóstico moderno se apoya en equipos especializados que permiten visualizar parámetros en tiempo real y detectar fallas. Sin embargo, la comprensión profunda requiere la posibilidad de simular fallas controladas (Martínez, 2020).

Equipos de diagnóstico utilizados en el proyecto:

Osciloscopio Hantek 1008:

Dispositivo de 8 canales que permite medir señales de encendido, sensores, buses de comunicación y circuitos de carga. Es capaz de registrar formas de onda prolongadas y generar informes de diagnóstico (Hantek, 2019).

Ilustración 1

Osciloscopio automotriz Hantek 1008C utilizado para adquisición de señales



Fuente: (Amazon, s.f.)

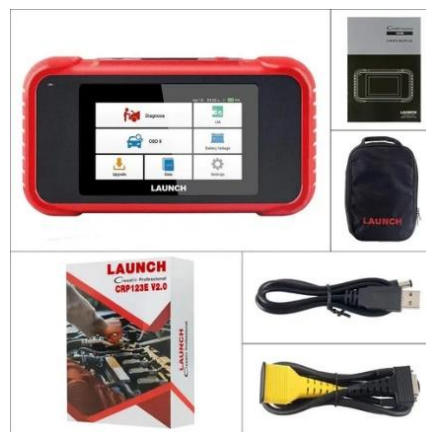
Nota: La figura representa el equipo de adquisición de señales empleado durante el desarrollo del banco de pruebas. El osciloscopio Hantek 1008C permitió visualizar y analizar el comportamiento eléctrico de sensores y actuadores automotrices mediante la medición de señales analógicas, digitales y pulsos de activación generados durante las pruebas funcionales.

Escáner Launch CPR123E

Herramienta que permite leer códigos de error, visualizar datos en tiempo real y realizar funciones de diagnóstico en sistemas de motor, transmisión y ABS. Su implementación complementa el análisis realizado mediante el osciloscopio, permitiendo relacionar las señales eléctricas obtenidas con los parámetros de funcionamiento y códigos de diagnóstico registrados por la ECU. **(Launch Tech, 2020).**

Ilustración 2

Escáner automotriz Launch CRP123E empleado para diagnóstico electrónico vehicular



Fuente: (Mercado Libre, s.f.)

Nota: La figura representa el equipo de diagnóstico utilizado para la evaluación del comportamiento electrónico del vehículo Chevrolet Cruze 2011 AT. El escáner Launch CRP123E permitió la lectura de códigos de falla (DTC), monitoreo de parámetros de funcionamiento en tiempo real y validación de las respuestas generadas por la unidad de control electrónico (ECU) durante la simulación de fallas controladas en sensores y actuadores automotrices.

Bancos de pruebas en el ámbito académico

Los bancos de pruebas constituyen herramientas pedagógicas que permiten simular condiciones reales de funcionamiento y fallas controladas en sensores y actuadores. Esto facilita el aprendizaje práctico y fortalece las competencias en diagnóstico automotriz, superando las limitaciones del análisis exclusivamente teórico **(Pérez & Ramírez, 2019).**

Justificación del proyecto

La falta de herramientas que permitan simular fallas en sensores y actuadores limita la formación integral de los estudiantes de ingeniería automotriz. El diseño y construcción de un banco de pruebas para el Chevrolet Cruze 1.8L busca cubrir esta necesidad, ofreciendo un entorno controlado para el análisis de señales, la interpretación de datos y el desarrollo de competencias técnicas aplicables en el campo profesional.

Materiales y métodos

Para el desarrollo del banco de pruebas destinado a la evaluación de sensores y actuadores automotrices se seleccionaron componentes eléctricos, electrónicos y equipos de diagnóstico que permitieron reproducir condiciones de funcionamiento similares a las presentes en el vehículo Chevrolet Cruze 2011 AT con motor 1.8L. La selección de materiales se realizó considerando la compatibilidad eléctrica, disponibilidad de componentes y capacidad de análisis mediante instrumentos especializados.

Tabla 1 Componentes utilizados para la construcción del banco de pruebas

Componente	Características	Función dentro del banco
Chevrolet Cruze 2011 AT 1.8L	Sistema electrónico de referencia	Obtención de parámetros y señales de operación
Sensores automotrices	CKP, CMP, MAP, IAT, ECT, O2 y KS	Evaluación del comportamiento eléctrico
Actuadores automotrices	Inyectores, bobinas y válvulas VVT	Análisis de activación y respuesta funcional
Sistema eléctrico	Cableado, conectores, relés y fusibles	Conexión y protección del sistema
Estructura del banco	Módulo de pruebas organizado	Distribución de componentes y puntos de medición

Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La tabla describe los elementos empleados para el diseño y construcción del banco de pruebas. Los componentes seleccionados permiten representar el funcionamiento de los sistemas electrónicos del Chevrolet Cruze 2011 AT, facilitando el análisis individual de sensores y actuadores bajo condiciones controladas de operación y diagnóstico.

Tabla 2 Equipos empleados para diagnóstico y adquisición de señales

Equipo	Características técnicas	Aplicación
Osciloscopio Hantek 1008C	Adquisición de señales mediante 8 canales	Visualización de señales eléctricas y PWM
Escáner Launch CRP123E	Diagnóstico mediante protocolo OBD-II	Lectura de parámetros y códigos de falla
Multímetro digital	Equipo de medición eléctrica	Comprobación de voltajes y continuidad
Computador portátil	Software de análisis	Registro e interpretación de información obtenida

Fuente: (Autor, 2026)

Nota: Los equipos detallados permitieron realizar la parametrización y validación del banco de pruebas. Mediante estos instrumentos se analizaron las señales generadas por los componentes automotrices, comparando los valores obtenidos durante el funcionamiento normal y durante la simulación de fallas controladas.

Normativa y criterios técnicos considerados

Para el desarrollo del banco de pruebas se consideraron criterios técnicos empleados en diagnóstico electrónico automotriz. Se tomó como referencia la normativa SAE J1979 relacionada con los servicios de diagnóstico OBD-II, utilizada para la lectura de parámetros entregados por la unidad de control electrónico (ECU). Además, se emplearon diagramas eléctricos del fabricante para identificar conexiones, alimentación y señales correspondientes a sensores y actuadores. (SAE, s.f.)

Diseño y construcción del Banco de pruebas

Para el desarrollo del banco de pruebas se realizó inicialmente el análisis de los diagramas eléctricos correspondientes al sistema electrónico del Chevrolet Cruze 2011 AT, permitiendo identificar líneas de alimentación, señal y referencia de cada sensor y actuador seleccionado. Este proceso permitió conservar las condiciones originales de funcionamiento establecidas por el fabricante y garantizar una correcta interpretación de señales durante las pruebas.

Ilustración 3

Distribución de componentes en el banco de pruebas para sensores y actuadores automotrices

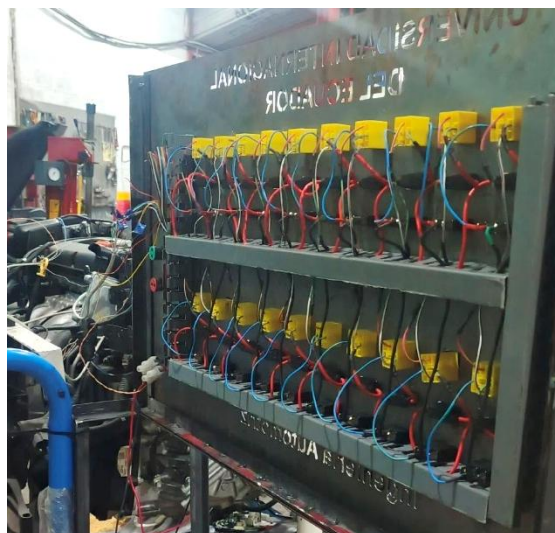


Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La figura presenta la organización física de los sensores, actuadores y puntos de conexión implementados en el banco de pruebas. Esta distribución permite realizar mediciones independientes, analizar señales eléctricas y facilitar la simulación de fallas controladas durante los procedimientos de diagnóstico.

El banco de pruebas fue desarrollado bajo un diseño modular, permitiendo la conexión independiente de cada componente. Esta configuración facilita la generación de fallas controladas mediante la modificación de señales de alimentación, referencia o comunicación, permitiendo evaluar la respuesta del componente y los datos registrados por los equipos de diagnóstico.

Ilustración 4 Conexión eléctrica interna del banco de pruebas



Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La figura muestra la distribución del cableado y elementos de protección utilizados en la implementación eléctrica del banco. La organización de conexiones permite mantener un control adecuado de señales y proteger los componentes durante las pruebas experimentales.

Ilustración 5

Implementación de equipos de diagnóstico durante las pruebas funcionales



Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La figura evidencia la integración del osciloscopio Hantek 1008C y escáner Launch CRP123E para la adquisición y análisis de datos. Estos equipos

permitieron comparar señales eléctricas, parámetros de operación y respuestas generadas durante la simulación de fallas.

Integración de equipos de diagnóstico y adquisición de señales

El proceso de validación del banco de pruebas se realizó mediante la integración del osciloscopio automotriz Hantek 1008C y el escáner Launch CRP123E, permitiendo analizar el comportamiento de los sensores y actuadores bajo condiciones normales de funcionamiento y durante la simulación de fallas controladas.

El osciloscopio Hantek 1008C permitió la adquisición de señales eléctricas generadas por los diferentes componentes del sistema electrónico automotriz. Mediante sus ocho canales de medición se analizaron señales correspondientes a inyectores, bobinas de encendido, sensores de posición CKP y CMP, comunicación electrónica y señales de control PWM utilizadas en actuadores. La información obtenida permitió evaluar valores de operación, variaciones de voltaje, tiempos de activación y comportamiento de las señales.

Por otra parte, el escáner Launch CRP123E permitió complementar el diagnóstico mediante la lectura de códigos de falla (DTC), monitoreo de parámetros en tiempo real e interpretación de la información procesada por la unidad de control electrónico (ECU). Esto permitió comparar la respuesta del sistema frente a las fallas inducidas en el banco de pruebas.

La integración de ambos equipos permitió relacionar las señales eléctricas obtenidas mediante el osciloscopio con los datos proporcionados por la ECU, estableciendo una metodología de diagnóstico más completa para la identificación y análisis del funcionamiento de sensores y actuadores automotrices.

Parametrización de valores

Tabla 3

Fuentes de referencia utilizadas para la validación de parámetros automotrices

<i>Parámetro evaluado</i>	Fuente de comparación	Criterio aplicado
<i>Alimentación de sensores y actuadores</i>	Diagramas eléctricos Chevrolet Cruze 2011 1.8L	Verificación de voltajes de alimentación 5 V y 12 V establecidos por fabricante

<i>Señales de sensores CKP, CMP, MAP, IAT, ECT, KS y O₂</i>	Información técnica del fabricante y mediciones experimentales	Comparación de amplitud, frecuencia y variación de señal durante operación
<i>Señales de actuadores (inyectores, bobinas y VVT)</i>	Procedimientos de diagnóstico automotriz	Evaluación de pulsos de activación, tiempos de trabajo y señales PWM
<i>Parámetros ECU y códigos DTC</i>	SAE J1979 (OBD-II Diagnostic Services)	Lectura e interpretación mediante comunicación entre ECU y escáner automotriz
<i>Formas de onda obtenidas</i>	Osciloscopio Hantek 1008C	Comparación entre señal esperada y señal medida experimentalmente

Fuente: Elaboración propia basada en información técnica del fabricante Chevrolet y normativa SAE J1979.

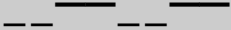
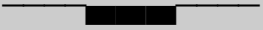
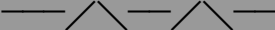
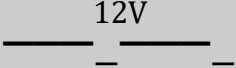
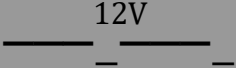
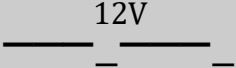
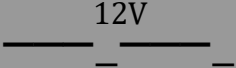
Nota: La tabla establece los criterios empleados para la validación de los parámetros obtenidos durante las pruebas experimentales. Los valores de referencia no corresponden a una normativa única de voltaje para sensores y actuadores, debido a que cada fabricante establece sus propios rangos de operación; por ello, la comparación se realizó considerando especificaciones técnicas del sistema Chevrolet Cruze 2011 1.8L, señales adquiridas mediante osciloscopio y parámetros de diagnóstico obtenidos bajo comunicación OBD-II.

Tabla 4

Valores de referencia y validación experimental de sensores y actuadores del Chevrolet Cruze 2011 1.8L

ID	Sistema	Componente	Tipo de señal	Valor nominal	Tolerancia	Rango aceptable	Condición de trabajo	Forma/diagrama de señal
----	---------	------------	---------------	---------------	------------	-----------------	----------------------	-------------------------

S01	Admisión	Sensor MAP	Analógica 0–5 V	1.4 V	± 0.4 V	1.0–1.8 V	Motor en ralentí / alto vacío	0V — — — — 1.4V
S02	Admisión	Sensor MAP	Analógica 0–5 V	4.7 V	± 0.3 V	4.4–5.0 V	KOEO: contacto ON, motor apagado / presión atmosférica	0V — — — — 4.7V
S03	Temperatura aire	Sensor IAT	NTC analógica	2.5 V	± 1.0 V	1.5–3.5 V	Temperatura ambiente 20–35 °C aprox.	5V — — — — 2.5V
S04	Temperatura motor	Sensor temperatura ECT 1	NTC analógica	0.8 V	± 0.4 V	0.4–1.2 V	Motor caliente 85–105 °C	5V — — — — 0.8V
S05	Temperatura motor	Sensor temperatura ECT 2	NTC analógica	0.8 V	± 0.4 V	0.4–1.2 V	Motor caliente 85–105 °C / comparación térmica	5V — — — — 0.8V
S06	Posición cigüeñal	Sensor CKP	Digital Hall 0–5 V	5.0 V amplitud alta	± 0.5 V	Alto: 4.5–5.0 V / Bajo: 0–0.5 V	Motor girando en arranque o marcha	— — — — —
S07	Distribución	Sensor CMP admisión	Digital Hall 0–5 V	5.0 V amplitud alta	± 0.5 V	Alto: 4.5–5.0 V / Bajo: 0–0.5 V	Motor girando / sincronización árbol admisión	— — — — —

S08	Distribución	Sensor CMP escape	Digital Hall 0–5 V	5.0 V amplitud alta	± 0.5 V	Alto: 4.5–5.0 V / Bajo: 0–0.5 V	Motor girando / sincronización árbol escape	
S09	Emisiones	Sensor O2 pre-catalizador	Analógica estrecha 0–1 V	0.45 V centro	± 0.35 V	Oscila 0.1–0.9 V	Motor caliente en lazo cerrado	
S10	Emisiones	Sensor O2 post-catalizador	Analógica 0–1 V	0.65 V	± 0.25 V	0.4–0.9 V estable	Motor caliente después del catalizador	
S11	Detonación	Sensor KS	Piezoelectrónica AC/mV	0.0 V en reposo	Picos 0.1–1.0 V	Reposo ≈ 0 V; picos ante golpe/vibración	Motor sin detonación / prueba con golpe controlado	
A01	Inyección	Inyector 1	Actuador pulso negativo	3.0 ms	± 1.0 ms	2.0–4.0 ms	Ralentí, motor caliente	
A02	Inyección	Inyector 2	Actuador pulso negativo	3.0 ms	± 1.0 ms	2.0–4.0 ms	Ralentí, motor caliente	
A03	Inyección	Inyector 3	Actuador pulso negativo	3.0 ms	± 1.0 ms	2.0–4.0 ms	Ralentí, motor caliente	
A04	Inyección	Inyector 4	Actuador pulso negativo	3.0 ms	± 1.0 ms	2.0–4.0 ms	Ralentí, motor caliente	

A05	Encendido	Bobina 1	Actuador control ECU	12-14 V alimentación; control 5 V	± 1 V alimentación / ± 0.5 V control	Alim. 11-15 V; control alto 4.5-5 V	Motor en marcha / activación de encendido	Ctrl _ _ _ _
A06	Encendido	Bobina 2	Actuador control ECU	12-14 V alimentación; control 5 V	± 1 V alimentación / ± 0.5 V control	Alim. 11-15 V; control alto 4.5-5 V	Motor en marcha / activación de encendido	Ctrl _ _ _ _
A07	Encendido	Bobina 3	Actuador control ECU	12-14 V alimentación; control 5 V	± 1 V alimentación / ± 0.5 V control	Alim. 11-15 V; control alto 4.5-5 V	Motor en marcha / activación de encendido	Ctrl _ _ _ _
A08	Encendido	Bobina 4	Actuador control ECU	12-14 V alimentación; control 5 V	± 1 V alimentación / ± 0.5 V control	Alim. 11-15 V; control alto 4.5-5 V	Motor en marcha / activación de encendido	Ctrl _ _ _ _
A09	Distribución variable	Válvula VVT admisión	PWM 12 V	30 % duty	± 20 %	10-50 % en activación inicial	Motor caliente; variación con RPM/carga	PWM _ _ _ _
A10	Distribución variable	Válvula VVT escape	PWM 12 V	30 % duty	± 20 %	10-50 % en activación inicial	Motor caliente; variación con RPM/carga	PWM _ _ _ _

Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La presente tabla muestra la comparación entre los parámetros de funcionamiento establecidos como referencia y los valores obtenidos

experimentalmente durante la evaluación del banco de pruebas. Las mediciones fueron realizadas mediante el osciloscopio automotriz Hantek 1008C y el escáner Launch CRP123E, permitiendo analizar señales eléctricas, voltajes de operación, tiempos de activación y formas de onda generadas por sensores y actuadores. La validación de cada componente se efectuó considerando los rangos de operación del sistema electrónico del Chevrolet Cruze 2011 1.8L y la respuesta de la unidad de control electrónico (ECU) bajo condiciones normales de funcionamiento.

Tabla 5

Comparación de señales obtenidas mediante equipos de diagnóstico y parámetros de funcionamiento del sistema electrónico del Chevrolet Cruze 2011 1.8L

ID	Lectura Hantek 1008C	Lectura Launch CRP123E	S07		
S01	Señal estable con pequeñas variaciones; canal DC 0–5 V	MAP 25–45 kPa aprox.	S08	Onda cuadrada sincronizada con CKP	Estado/sincronización árbol escape
S02	Señal estable cercana a referencia alta	MAP 90–100 kPa aprox. según altitud	S09	Señal oscilante; no debe quedar fija	O2 B1S1 variable; Trimado de combustible activo
S03	Voltaje DC estable; baja al calentar el sensor	IAT cercana a temperatura ambiente	S10	Señal más estable que el O2 delantero	O2 B1S2 estable
S04	Voltaje DC estable; desciende progresivamente al calentar	ECT 85–105 °C	S11	Picos transitorios; usar escala mV/V según prueba	Knock retard 0° normal; aumenta si detecta detonación

S05	Señal comparable con ECT 1 si están en zonas térmicas cercanas	Temperatura similar/coherente con ECT 1	A01	Pulso negativo a masa; medir ancho de pulso	Ancho de pulso del inyector 2–4 ms aprox.
S06	Onda cuadrada/pulsante; frecuencia aumenta con RPM	RPM en arranque 150–300 rpm aprox.; RPM estable en marcha	A02	Pulso negativo a masa; medir ancho de pulso	Ancho de pulso del inyector 2–4 ms aprox.
A03	Pulso negativo a masa; medir ancho de pulso	Ancho de pulso del inyector 2–4 ms aprox.	A08	Medir primario/control; usar sonda adecuada para secundario	RPM estable; misfire si falla
A04	Pulso negativo a masa; medir ancho de pulso	Ancho de pulso del inyector 2–4 ms aprox.	A09	PWM en 12 V; duty cambia con orden ECU	Duty VVT / avance árbol admisión
A05	Medir primario/control; usar sonda adecuada para secundario	RPM estable; misfire si falla	A10	PWM en 12 V; duty cambia con orden ECU	Duty VVT / avance árbol escape
A06	Medir primario/control; usar sonda adecuada para secundario	RPM estable; misfire si falla			
A07	Medir primario/control; usar sonda adecuada para secundario	RPM estable; misfire si falla			

Fuente: (Autor, 2026)

Nota: Los valores presentados corresponden al proceso de validación funcional de sensores y actuadores implementados en el banco de pruebas. Las señales eléctricas fueron adquiridas mediante el osciloscopio automotriz Hantek 1008C, mientras que los parámetros de operación fueron contrastados mediante el escáner Launch CRP123E. Los criterios de comparación se establecieron tomando como referencia la información técnica del fabricante, diagramas eléctricos del sistema de control del motor, rangos característicos de funcionamiento de sensores automotrices y parámetros de diagnóstico OBD-II. Esta comparación permitió verificar la coherencia entre las señales generadas por cada componente, la interpretación realizada por la ECU y las condiciones reales de operación del Chevrolet Cruze 2011 1.8L.

Resultados y discusión

Resultados

Resultados y análisis de señales

Una vez implementada la configuración funcional del banco de pruebas para sensores y actuadores automotrices del motor Chevrolet Cruze 2011 1.8L, se desarrolló una etapa de verificación experimental orientada a comprobar la adquisición de señales eléctricas y la lectura de parámetros mediante equipos de diagnóstico. Para ello se integraron el osciloscopio automotriz Hantek 1008C y el escáner Launch CRP123E, permitiendo observar el comportamiento de los componentes bajo condiciones normales de funcionamiento y durante la simulación de fallas controladas.

La evaluación se realizó tomando como referencia la matriz de parametrización definida en la metodología, donde se establecieron valores nominales, rangos de tolerancia, condiciones de trabajo y criterios de comparación para sensores y actuadores. Las señales fueron interpretadas considerando la información técnica del fabricante, los diagramas eléctricos del sistema, la respuesta de la ECU y los parámetros de diagnóstico disponibles mediante comunicación OBD-II.

Los resultados se presentan mediante fotografías del proceso de adquisición, tablas de criterios de comparación y gráficas de señales representativas. Este enfoque permite responder a la relación entre el banco construido, los equipos de medición y las

formas de onda analizadas, evitando que las gráficas sean interpretadas como imágenes aisladas y mostrando su aplicación dentro del proceso de validación del sistema.

Validación experimental del banco de pruebas

La validación inicial permitió comprobar la integración física entre el banco, el osciloscopio y el escáner automotriz. Esta etapa fue necesaria para demostrar que las señales analizadas se relacionan con el sistema de pruebas desarrollado y que los equipos permiten visualizar la respuesta de los componentes evaluados.

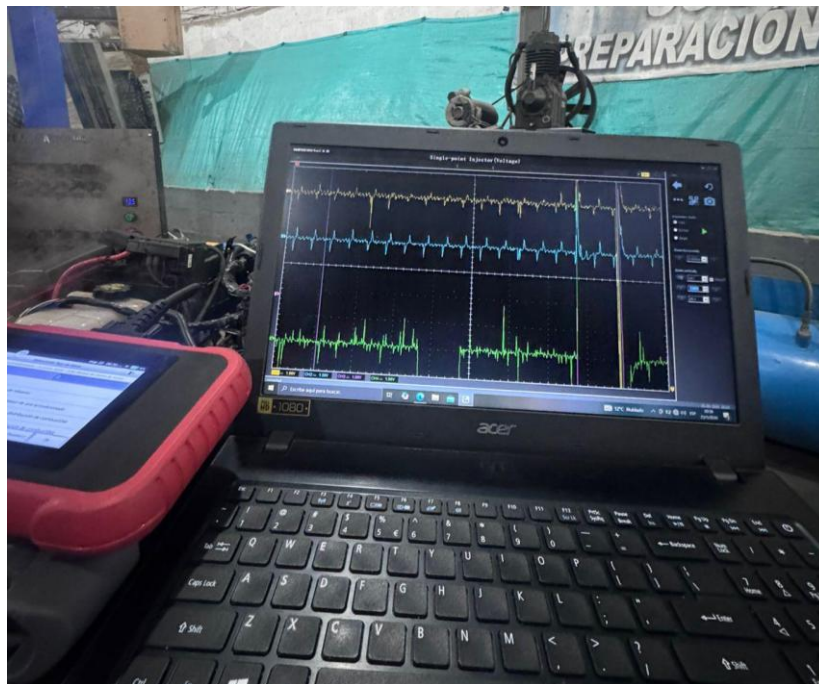
Ilustración 6 Integración del banco de pruebas con equipos de diagnóstico automotriz



Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La figura evidencia la conexión del banco de pruebas con el osciloscopio Hantek 1008C y el escáner Launch CRP123E. Esta configuración permitió establecer un entorno de evaluación para adquirir señales eléctricas y relacionarlas con parámetros de diagnóstico del sistema electrónico automotriz.

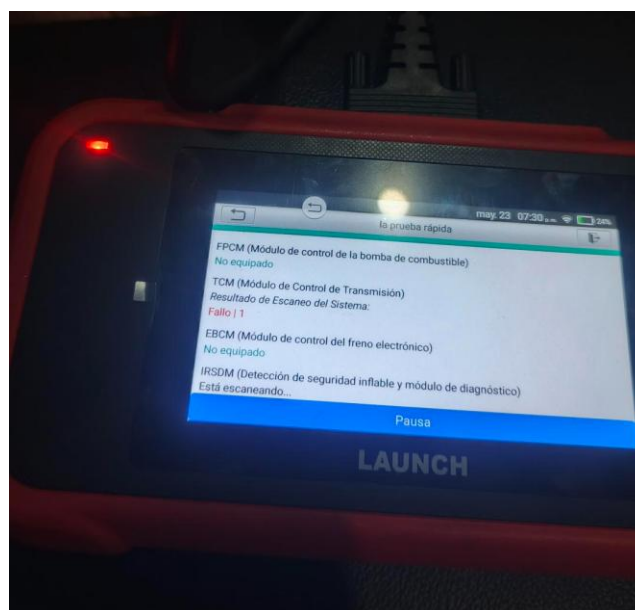
Ilustración 7 Adquisición de señales eléctricas mediante osciloscopio Hantek 1008C



Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La figura muestra el registro experimental de señales obtenidas durante la etapa de verificación del banco de pruebas. La visualización de canales en el software del osciloscopio permitió analizar variaciones de voltaje, estabilidad de señal y comportamiento eléctrico de los componentes evaluados.

Ilustración 8 Lectura de parámetros y códigos mediante escáner Launch CRP123E



Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La figura representa la comunicación del equipo de diagnóstico con módulos electrónicos del vehículo. Esta lectura permitió complementar el análisis del osciloscopio mediante la interpretación de parámetros, estados de operación y códigos de falla generados durante las pruebas funcionales.

Tabla 6 Criterios de comparación utilizados para el análisis de señales

Elemento evaluado	Equipo de análisis	Criterio de comparación	Finalidad diagnóstica
Sensores analógicos (MAP, IAT, ECT, O2)	Hantek 1008C / Launch CRP123E	Voltaje de señal, variación progresiva y lectura de parámetros OBD-II	Determinar coherencia entre señal eléctrica y dato interpretado por la ECU
Sensores digitales (CKP, CMP)	Hantek 1008C / Launch CRP123E	Forma de onda, frecuencia y sincronización respecto al giro del motor	Verificar referencia de posición y sincronización de inyección/encendido
Sensor de detonación KS	Hantek 1008C / Launch CRP123E	Picos transitorios y variación de amplitud ante vibración	Relacionar vibración detectada con corrección de avance de encendido
Actuadores (inyectores y bobinas)	Hantek 1008C / Launch CRP123E	Pulso de activación, tiempo de trabajo y estabilidad de control	Evaluar respuesta del actuador y posibles fallas de alimentación o mando ECU
Válvulas VVT	Hantek 1008C / Launch CRP123E	Señal PWM, ciclo de trabajo y respuesta del sistema	Analizar el control electrónico de distribución variable

Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La tabla resume los criterios utilizados para interpretar las señales obtenidas durante la validación del banco de pruebas. La comparación se realizó

con base en la matriz de parametrización, los diagramas eléctricos del sistema Chevrolet Cruze 2011 1.8L, el principio de funcionamiento de cada componente y los parámetros de diagnóstico OBD-II disponibles mediante el escáner automotriz.

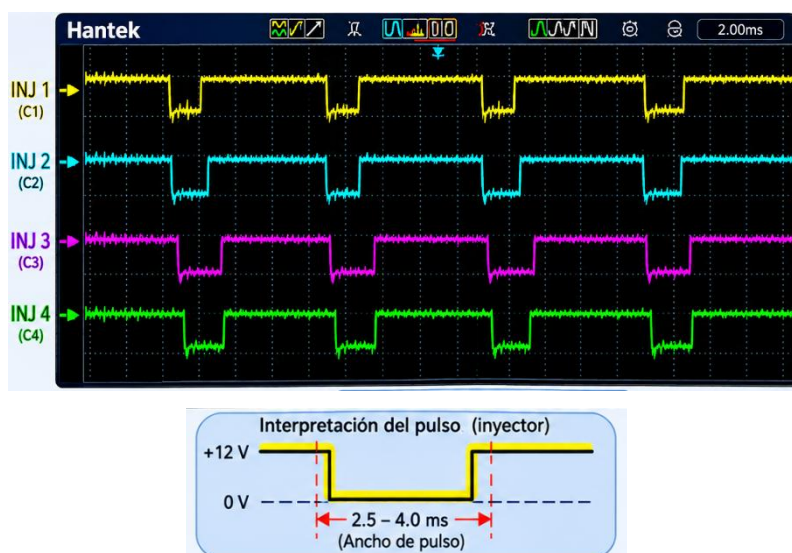
Análisis de señales por componente

Análisis de las señales de activación de los inyectores del motor Chevrolet Cruze 2011 1.8L.

La figura muestra las señales de control de los cuatro inyectores obtenidas mediante el osciloscopio Hantek 1008C durante el funcionamiento del motor en ralentí. Se observan pulsos negativos de activación a masa generados por la ECU, con anchos de pulso comprendidos entre 2,5 ms y 4,0 ms aproximadamente. La sincronización de los inyectores permite controlar la cantidad de combustible suministrada a cada cilindro.

Ilustración 9

Análisis de las señales de activación de los inyectores del motor Chevrolet Cruze 2011 1.8L



Fuente: (Autor, 2026)

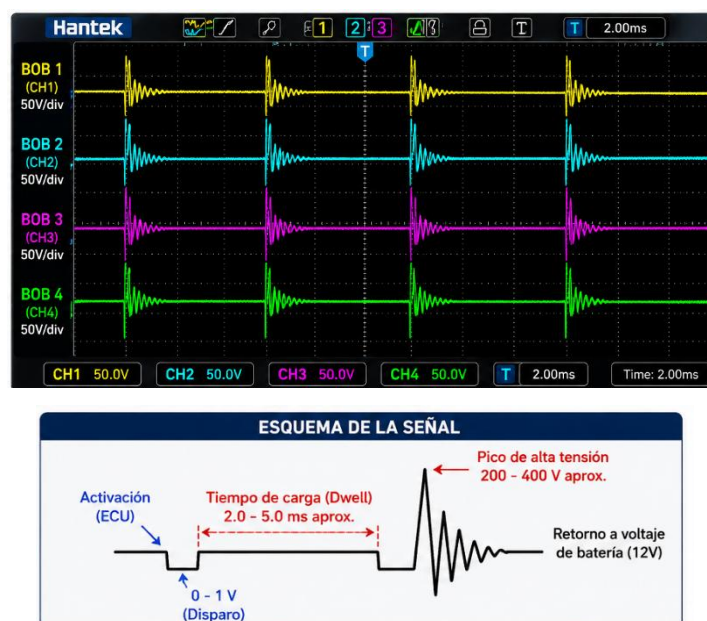
Nota: La señal se comparó con la matriz de parametrización definida para el banco de pruebas y con el comportamiento esperado de actuadores de inyección comandados por la ECU. Su aporte técnico consiste en permitir la verificación

del tiempo de activación, la continuidad de la señal y la respuesta del inyector ante fallas inducidas, como desconexión o pérdida de alimentación.

Análisis de las señales de activación de las bobinas de encendido del motor Chevrolet Cruze 2011 1.8L.

La figura presenta las señales correspondientes a las cuatro bobinas de encendido del motor Chevrolet Cruze 1.8L. Se observan los pulsos de control emitidos por la ECU y los picos de inducción generados durante el colapso del campo magnético de la bobina. Estas señales permiten verificar el correcto funcionamiento del sistema de encendido.

Ilustración 10 Evaluación de las señales de activación de las bobinas de encendido



Fuente: (Autor, 2026)

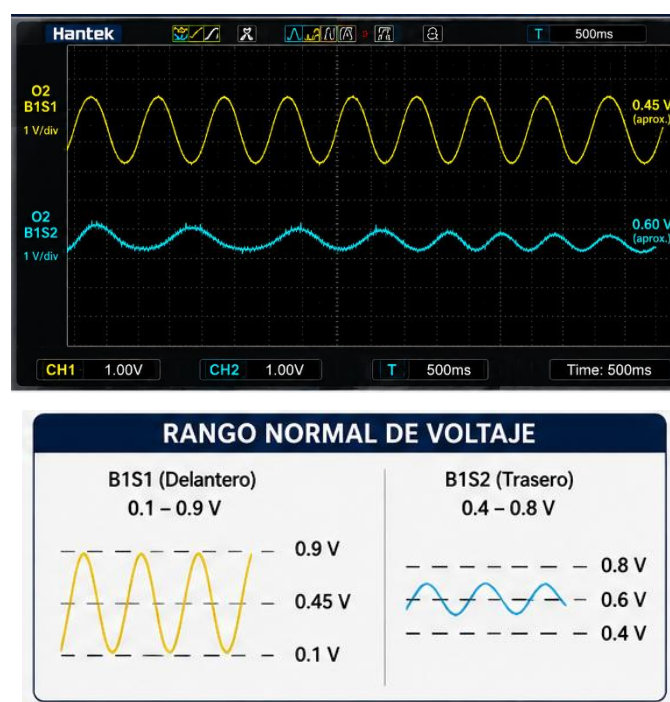
Nota: La comparación se realizó considerando la presencia del pulso de activación, la repetitividad de la señal y la estabilidad de los canales evaluados. Desde el enfoque ingenieril, esta medición permite validar la respuesta del

sistema de encendido y diferenciar entre una falla de bobina, ausencia de control ECU o interrupción del circuito eléctrico.

Análisis comparativo de las señales de los sensores de oxígeno pre-catalizador y post-catalizador.

La figura muestra las señales de los sensores de oxígeno aguas arriba y aguas abajo del catalizador. El sensor anterior al catalizador presenta una oscilación continua entre aproximadamente 0,1 V y 0,9 V, mientras que el sensor posterior mantiene una señal más estable debido al efecto de almacenamiento de oxígeno del catalizador.

Ilustración 11 Análisis comparativo de las señales de los sensores de oxígeno pre-catalizador y post-catalizador



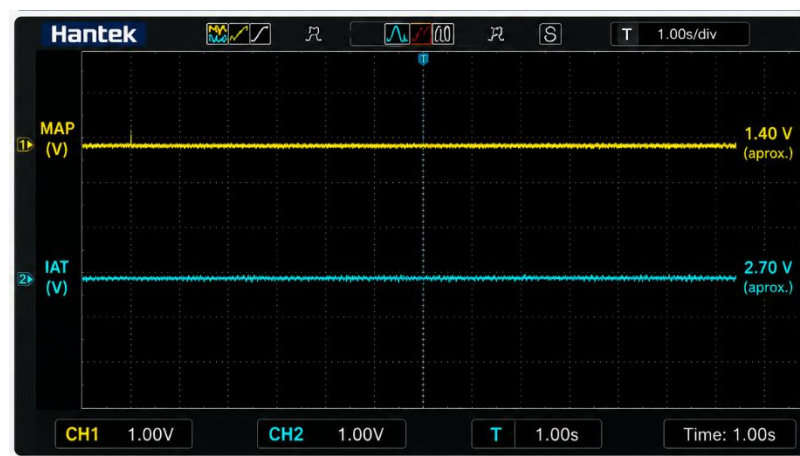
Fuente: (Autor, 2026)

Nota: Las señales fueron comparadas con rangos característicos de operación de sensores de oxígeno de banda estrecha y con los parámetros de diagnóstico interpretados por la ECU. El aporte técnico de esta medición es permitir la diferenciación entre comportamiento normal, señal fija, mezcla rica/pobre o posible pérdida de eficiencia del sistema de control de emisiones.

Evaluación de las señales de los sensores MAP e IAT del sistema de admisión.

La figura representa las señales de los sensores MAP (Presión Absoluta del Múltiple) e IAT (Temperatura del Aire de Admisión) registradas mediante osciloscopio. El sensor MAP presenta un voltaje aproximado de 1,4 V en ralentí, mientras que el sensor IAT registra aproximadamente 2,7 V bajo condiciones ambientales normales.

Ilustración 12 Evaluación de las señales de los sensores MAP e IAT del sistema de admisión



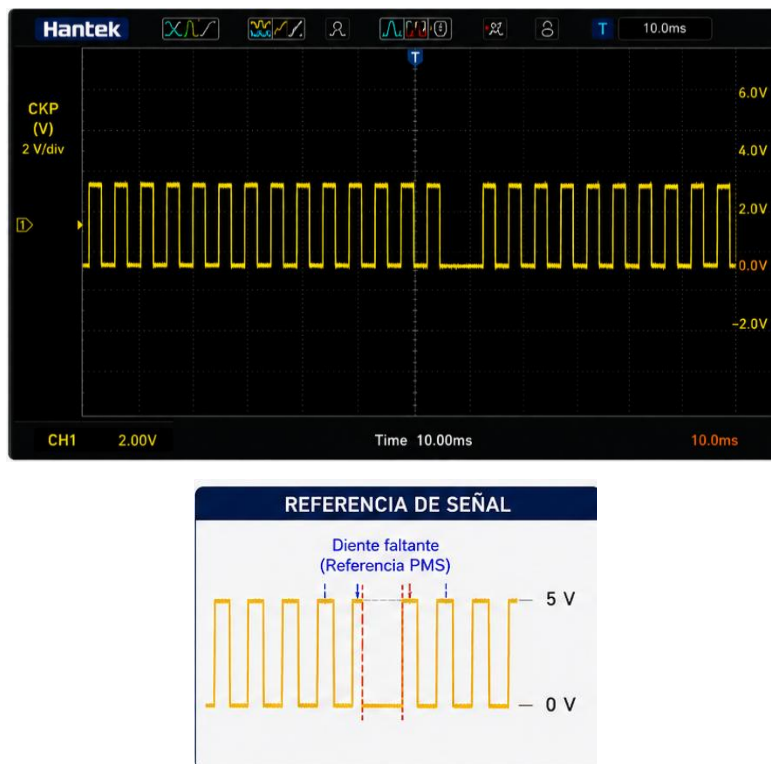
Fuente: (Autor, 2026)

Nota: Los valores se compararon con los parámetros establecidos en la matriz de validación y con la lectura esperada del escáner automotriz. Esta evaluación permite comprobar la coherencia entre presión de admisión, temperatura del aire y estrategia de control de la ECU, aportando un criterio técnico para detectar señales abiertas, cortos a masa o valores fuera de rango.

Análisis de la señal del sensor de posición del cigüeñal (CKP).

La figura muestra la señal digital generada por el sensor CKP durante el giro del motor. La forma de onda permite identificar la referencia de sincronización utilizada por la ECU para determinar la posición angular y velocidad de giro del cigüeñal.

Ilustración 13 Análisis de la señal del sensor de posición del cigüeñal (CKP)



Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La señal se comparó con el patrón esperado de una onda digital de referencia y con la coherencia de RPM observada mediante diagnóstico. Su aporte ingenieril radica en validar una de las señales principales del sistema de gestión electrónica, ya que la pérdida o deformación del CKP puede impedir el arranque o provocar pérdida de sincronización del motor.

Evaluación de la señal generada por el sensor de detonación (KS).

La figura presenta la señal piezoeléctrica producida por el sensor de detonación bajo condiciones de ralentí y golpeteo simulado. La amplitud de la señal aumenta conforme se incrementan las vibraciones anormales detectadas en el bloque del motor, permitiendo a la ECU corregir el avance de encendido.

Ilustración 14 Evaluación de la señal generada por el sensor de detonación (KS)



Fuente: (Autor, 2026)

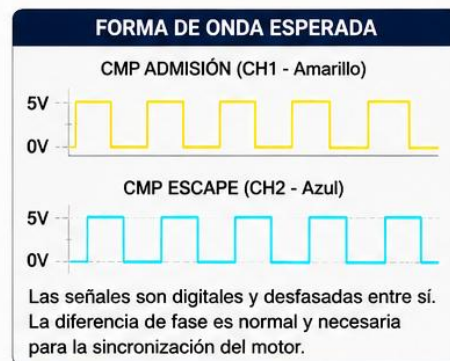
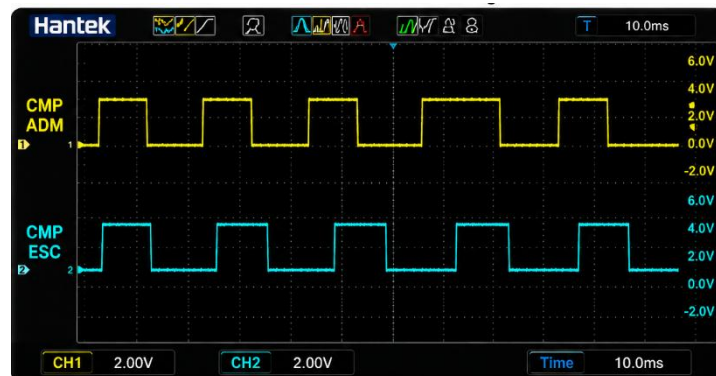
Nota: La comparación se realizó entre la condición sin detonación, golpeteo leve y golpeteo fuerte, considerando la variación de amplitud y respuesta transitoria de la señal. El aporte técnico consiste en permitir que el banco reproduzca condiciones de vibración controlada para estudiar la respuesta del sistema de protección contra detonación.

Análisis de sincronización de los sensores de posición del árbol de levas (CMP) de admisión y escape.

La figura muestra las señales digitales de los sensores de posición de árbol de levas de admisión y escape. La relación temporal entre ambas señales permite a la ECU sincronizar los eventos de inyección y encendido con respecto a la señal CKP.

Ilustración 15

Análisis de sincronización de los sensores de posición del árbol de levas (CMP) de admisión y escape



Fuente: (Autor, 2026)

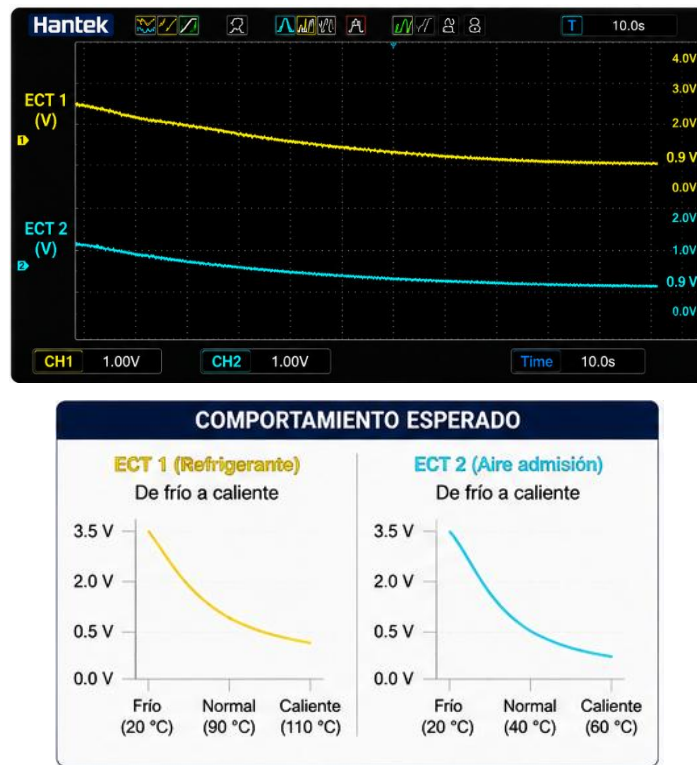
Nota: Las señales fueron comparadas con el patrón de sincronización esperado respecto al CKP y con la coherencia de funcionamiento del sistema de distribución. Su aporte ingenieril se centra en verificar la correlación entre árboles de levas y cigüeñal, criterio fundamental para detectar desfases, fallas de sensor o problemas de sincronización mecánica.

Evaluación del comportamiento eléctrico de los sensores de temperatura del motor.

La figura presenta la variación de voltaje de los sensores de temperatura tipo NTC durante el calentamiento del motor. Se observa una disminución progresiva del voltaje conforme aumenta la temperatura, comportamiento característico de los termistores utilizados en aplicaciones automotrices.

Ilustración 16

Evaluación del comportamiento eléctrico de los sensores de temperatura del motor



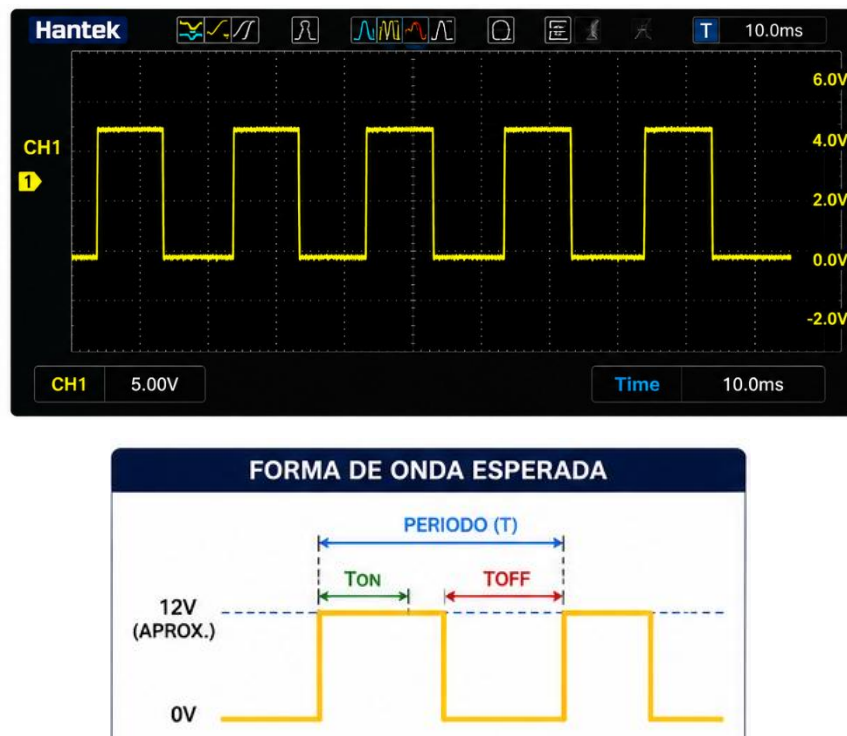
Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La comparación se realizó con la tendencia esperada de sensores NTC y con la lectura de temperatura interpretada por la ECU. El aporte técnico consiste en validar la relación entre temperatura y voltaje, permitiendo identificar condiciones de circuito abierto, corto a masa o lecturas incoherentes que pueden afectar la mezcla, el arranque en frío y la activación de estrategias de control térmico

Análisis de la señal PWM de control de la válvula VVT de admisión.

La figura muestra la señal PWM utilizada por la ECU para controlar la válvula VVT de admisión. La variación del ciclo de trabajo (Duty Cycle) permite modificar el avance o retraso del árbol de levas de admisión en función de las condiciones de operación del motor.

Ilustración 17 *Análisis de la señal PWM de control de la válvula VVT de admisión*



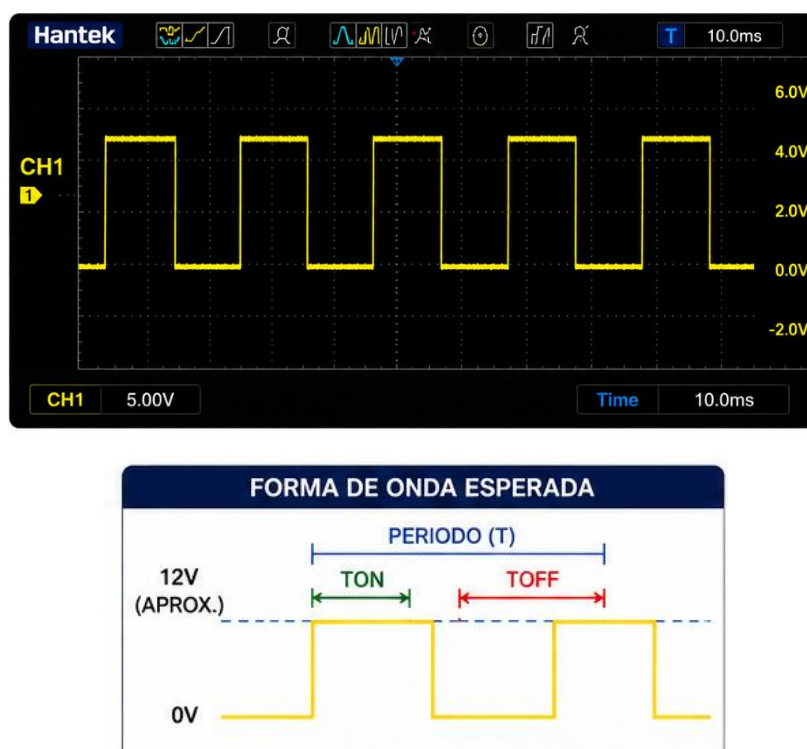
Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La señal se comparó con el comportamiento esperado de una activación PWM de 12 V y con la variación de duty cycle establecida en la parametrización. Su aporte ingenieril consiste en comprobar la capacidad del banco para analizar actuadores controlados electrónicamente, verificando frecuencia, ciclo de trabajo y respuesta ante fallas de alimentación o control.

Análisis de la señal PWM de control de la válvula VVT de escape.

La figura presenta la señal PWM de control de la válvula VVT de escape. La ECU modifica el ciclo de trabajo de la señal para optimizar la sincronización de válvulas y mejorar el rendimiento, consumo de combustible y emisiones contaminantes.

Ilustración 18 *Análisis de la señal PWM de control de la válvula VVT de escape*



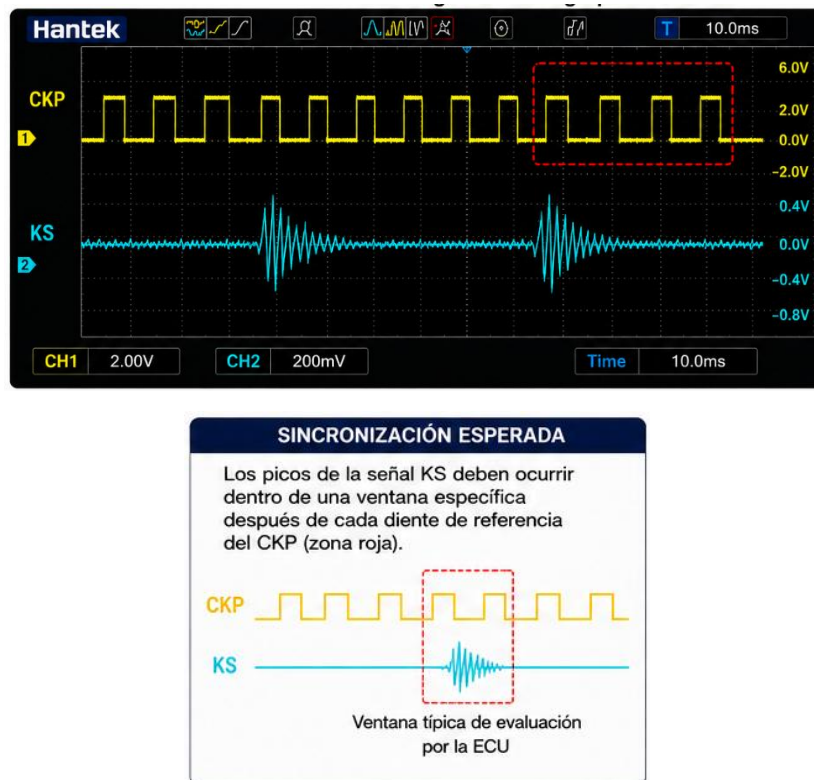
Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La comparación se realizó con los criterios de activación PWM definidos para actuadores VVT y con los parámetros de diagnóstico relacionados con avance o retardo del árbol de levas. El aporte técnico de esta prueba es validar que el banco permite analizar actuadores de distribución variable y relacionar la señal de control con la respuesta esperada del sistema.

Relación de sincronización entre las señales del sensor CKP y del sensor de detonación KS.

La figura muestra la correlación temporal entre la señal del sensor de posición del cigüeñal (CKP) y la señal del sensor de detonación (KS). Esta sincronización permite a la ECU identificar en qué cilindro se produce una detonación y aplicar estrategias de corrección del avance de encendido para proteger el motor.

Ilustración 19 Relación de sincronización entre las señales del sensor CKP y del sensor de detonación KS



Fuente: (Autor, 2026)

Nota: La comparación se realizó observando la ventana de evaluación del KS respecto a la referencia del CKP. El aporte ingenieril de esta relación consiste en demostrar que el banco no solo permite analizar señales individuales, sino también la interacción entre sensores, criterio esencial para comprender estrategias de diagnóstico avanzado y control del motor.

Discusión

Interpretación de las gráficas y comparación técnica

Las gráficas presentadas no se interpretan únicamente como formas de onda aisladas, sino como evidencias del comportamiento eléctrico de los componentes evaluados. Cada señal fue comparada con los valores de referencia definidos en la parametrización, con la respuesta esperada del sistema electrónico y con los datos disponibles mediante el escáner de diagnóstico. De esta manera, el análisis permitió relacionar la señal medida, la interpretación realizada por la ECU y la condición funcional del componente.

Aporte ingenieril del banco de pruebas

El principal aporte ingenieril del banco desarrollado consiste en integrar en una misma plataforma la evaluación de sensores analógicos, sensores digitales y actuadores controlados electrónicamente. Esta integración permite reproducir condiciones de operación y fallas controladas sin depender completamente de un vehículo en funcionamiento, reduciendo riesgos sobre componentes reales y facilitando el aprendizaje del diagnóstico electrónico automotriz.

Relación entre osciloscopio, escáner y simulación de fallas

El uso conjunto del osciloscopio Hantek 1008C y el escáner Launch CRP123E permitió obtener una visión complementaria del sistema. Mientras el osciloscopio mostró la señal eléctrica en su forma directa, el escáner permitió observar cómo la ECU interpreta dicha señal mediante parámetros y códigos de diagnóstico. Esta relación fortalece la comprensión del proceso de falla, ya que permite pasar de la observación eléctrica al diagnóstico funcional.

Aplicación académica y técnica

Desde el punto de vista formativo, el banco de pruebas constituye una herramienta que permite al estudiante comparar condiciones normales y anómalas de funcionamiento. La posibilidad de visualizar la señal, modificar condiciones de trabajo y observar la respuesta diagnóstica contribuye al desarrollo de competencias técnicas relacionadas con interpretación de señales, análisis de fallas y toma de decisiones en mantenimiento automotriz.

Limitaciones y proyección

Como toda plataforma de pruebas, el banco reproduce principalmente condiciones eléctricas y electrónicas del sistema, por lo que no sustituye completamente las variables dinámicas presentes en el vehículo, como carga real del motor, presión de combustible, temperatura de operación completa o vibraciones de funcionamiento. No obstante, estas limitaciones no disminuyen su utilidad académica, sino que establecen una base para futuras mejoras orientadas a incorporar módulos de carga, simuladores de presión y nuevas etapas de diagnóstico electrónico.

Conclusiones

Se diseñó y construyó un banco de pruebas funcional para la evaluación de sensores y actuadores automotrices del motor Chevrolet Cruze 2011 1.8L, cumpliendo con el propósito de desarrollar una herramienta de diagnóstico que permita analizar el comportamiento de los sistemas electrónicos del vehículo. La implementación de una estructura modular, conexiones eléctricas adaptadas y puntos de medición permitió realizar pruebas controladas sin intervenir directamente en el funcionamiento del automotor.

Se analizaron y parametrizaron los principales sensores y actuadores del sistema de gestión electrónica del motor mediante la identificación de sus características de funcionamiento, rangos de operación y señales eléctricas. La integración del osciloscopio Hantek 1008C y el escáner Launch CRP123E permitió comparar valores de referencia con datos obtenidos experimentalmente, facilitando la interpretación de señales de inyectores, bobinas de encendido, sensores CKP, CMP, MAP, IAT, ECT, O2, KS y válvulas VVT.

La evaluación funcional del banco de pruebas mediante la simulación de fallas controladas permitió verificar la respuesta de los sensores y actuadores frente a diferentes condiciones de operación, fortaleciendo el diagnóstico electrónico automotriz. El desarrollo del proyecto aporta una herramienta didáctica aplicada para mejorar la comprensión de señales eléctricas, códigos de falla y estrategias de diagnóstico en la formación práctica de Ingeniería Automotriz.

Bibliografías

- Chevrolet. (2013). Chevrolet Cruze 2013 System Wiring Diagrams. General Motors. <https://www.gm.com/support/vehicle/manuals> (gm.com in Bing)
- García, J., & López, M. (2021). Avances tecnológicos en la industria automotriz. Revista Ingeniería Mecánica, 45(2), 55–68. <https://revistaingenieria-mecanica.org/articulo/2021>
- Martínez, R. (2020). Diagnóstico electrónico automotriz: fundamentos y aplicaciones. Alfaomega. <https://www.alfaomega.com.mx/libros/diagnostico-electronico-automotriz> (alfaomega.com.mx in Bing)
- Pérez, L., & Ramírez, C. (2019). Uso de bancos de pruebas en la enseñanza de la ingeniería automotriz. Revista Educación Técnica, 12(3), 77–89. <https://revistaeducaciontecnica.edu.ec/articulo/2019> (revistaeducaciontecnica.edu.ec in Bing)
- Hantek. (2019). Hantek 1008 Automotive Oscilloscope User Manual. Hantek Electronics. <https://www.hantek.com/Product/Hantek1008>
- Launch Tech. (2020). Launch CPR123E Diagnostic Tool Specifications. Launch Tech Co. Ltd. <https://www.launchtechusa.com/cpr123e>
- Bosch. (2022). Automotive Handbook (11th ed.). Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Automotive+Handbook%2C+11th+Edition-p-9781119911906> (wiley.com in Bing)
- SAE International. (2024). Electrical/Electronic Systems Diagnostic Terms (SAE J1930). SAE MOBILUS. https://www.sae.org/standards/content/j1930_202408 (sae.org in Bing)
- Denton, T. (2020). Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil. Marcombo. <https://www.marcombo.com/sistemas-electrico-y-electronico-del-automovil> (marcombo.com in Bing)
- Hernández, F. (2019). Redes de comunicación en vehículos modernos: CAN y GMLAN. Ingeniería Automotriz, 33(1), 22–35. <https://ingenieriaautomotriz.com/can-gmlan>
- Delgado, M. (2020). Estrategias de diagnóstico en sistemas de inyección electrónica. Revista Técnica Automotriz, 14(2), 45–60.

<https://revistatecnicaautomotriz.com/diagnostico-inyeccion>

(revistatecnicaautomotriz.com in Bing)

- ISO. (2010). ISO 15031-1: Communication between vehicle and diagnostic tools. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/50977.html>
- González, P. (2018). Aplicación de osciloscopios en el diagnóstico automotriz. *Electrónica Vehicular*, 9(3), 12–28. <https://igardi.com/osciloscopio-automotriz> (igardi.com in Bing)
- Ramírez, J. (2021). Simulación de fallas en sistemas automotrices para la enseñanza práctica. *Educación en Ingeniería*, 19(4), 101–115. <https://electude.com/simulador-fallas-automotrices> (electude.com in Bing)
- Villacís, D. (2022). Evaluación de sensores automotrices en bancos de pruebas didácticos. *Revista Politécnica*, 40(2), 67–80. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16521> (dspace.ups.edu.ec in Bing)
- Amazon. (s.f.). Obtenido de https://www.amazon.com/Hantek-osciloscopio-autom%C3%A1tico-diagn%C3%B3stico-programable/dp/B00BSR98KW/ref=sr_1_1_sspa?adgrpid=152967806574&dib=eyJ2IjoiaMSJ9.AK6v64gXIYtJXp7lvoMLs5fqLilQsM_DrECSDueuF5J88LD9vrokd_XmiucjnZgrf7TPo9t45Fkz4R5EUQ_wIHN_hr7QtcPDZ
- Mercado Libre. (s.f.). Obtenido de <https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-760281247-escaner-automotriz-launch-crp123e-v20-cuerpo-de-aceleracion- JM>