

TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO

VIDA NUEVA

SEDE MATRIZ



TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

TEMA

IMPLEMENTACIÓN DEL SIMULADOR DE FALLAS DEL SISTEMA CRDI PARA EL
ANÁLISIS DE LOS SENSORES DEL VEHÍCULO CHEVROLET DMAX 2019

PRESENTADO POR

PAGUAY RUIZ BAYRON REMIGIO

MANOBANDA ACHACHI CHRISTIAN FERNANDO

TUTOR

ING. GUACHAMIN BONILLA CRISTIAN SANTIAGO MG.

FECHA

ENERO 2024

QUITO – ECUADOR

Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Certificación del Tutor

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Aplicación Práctica con el tema:
“Implementación del simulador de fallas del sistema CRDI para el análisis de los sensores del vehículo Chevrolet DMAX 2019”, presentado por los ciudadanos Paguay Ruiz Bayron Remigio y Manobanda Achachi Christian Fernando, para optar por el título de Tecnólogo Superior en Mecánica Automotriz, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de enero de 2024.

Tutor: Ing. Guachamin Bonilla Cristian Santiago Mg.

C.I.: 1718905647

Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Aprobación del Tribunal

Los miembros del tribunal aprueban el Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema: “Implementación del simulador de fallas del sistema CRDI para el análisis de los sensores del vehículo Chevrolet DMAX 2019”, presentado por los ciudadanos Paguay Ruiz Bayron Remigio y Manobanda Achachi Christian Fernando, facultados en la carrera Tecnología Superior en Mecánica Automotriz.

Para constancia firman:

C.I.:

DOCENTE TUVN

C.I.:

DOCENTE TUVN

C.I.:

DOCENTE TUVN

Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Cesión de Derechos de Autor

Nosotros, Paguay Ruiz Bayron Remigio portador de la cédula de ciudadanía 0202125472 y Manobanda Achachi Christian Fernando portador de la cédula de ciudadanía 1850556364, facultados en la carrera Tecnología Superior en Mecánica Automotriz, autores de esta obra, certificamos y proveemos al Tecnológico Universitario Vida Nueva usar plenamente el contenido de este Proyecto de Aplicación Práctica con el tema “Implementación del simulador de fallas del sistema CRDI para el análisis de los sensores del vehículo Chevrolet DMAX 2019”, con el objeto de aportar y promover la cultura investigativa, autorizando la publicación de nuestro proyecto en la colección digital del repositorio institucional, bajo la licencia Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de enero de 2024.

Paguay Ruiz Bayron Remigio

C.I.: 0202125472

Manobanda Achachi Christian Fernando

C.I.: 1850556364

Dedicatoria

Primeramente, a Dios por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud, por ser el manantial de vida y darnos lo necesario para seguir adelante día a día para lograr nuestros objetivos.

A nuestros padres por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos ha permitido ser personas de bien, pero más que todo por su amor.

Al Instituto Tecnológico Universitario Vida Nueva, en especial a la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz por haberme abierto sus puertas y brindarme día a día la mejor educación tanto en el campo tecnológico como en la formación de valores, los cuales serán muy importantes para desempeñarme en el campo laboral.

Al Mg. Cristian Guachamin por su gran apoyo y motivación, por su asesoramiento ofrecido en este trabajo, por habernos transmitido los conocimientos obtenidos y habernos llevado paso a paso al desarrollo del presente.

Nadie llega a la meta de un solo impulso, ni perfecciona su vida con una sola rectificación, ni alcanza la altura con un solo vuelo y por eso: “Este trabajo está dedicado con mucho amor a Dios, a mis padres y asesor”.

Los Autores

Agradecimiento

Agradecemos en primer lugar al ser Supremo, único dueño de todo saber y verdad, por iluminarnos durante este trabajo y, en segundo lugar, pero no menos importante, a mis queridos padres, por su apoyo incondicional y el esfuerzo diario que realizaron por brindarme una buena educación.

Los esfuerzos mayores, por más individuales que parezcan, siempre están acompañados de apoyos imprescindibles para lograr concretarlos. En esta oportunidad, mi reconocimiento y agradecimiento a nuestro asesor el Mg. Cristian Guachamin; por su oportuna, precisa e instruida orientación para el logro del presente trabajo.

A los ingenieros que con su paciencia y dedicación me han impartido sus conocimientos teóricos y prácticos y me han inculcado valores para así poder tener un buen desempeño en el campo laboral.

Con todo el amor del mundo.

Los Autores

Tabla de Contenido

Resumen	11
Abstract	13
Introducción	14
Planteamiento del Problema	15
Descripción de la Situación Problemática	15
Formulación del Problema	15
Antecedentes	16
Justificación	17
Objetivos	18
Objetivo General	18
Objetivos Específicos	18
Marco Teórico	19
Motores Diésel	19
Motores Common Rail	20
Elementos del Sistema Common Rail	22
Sensores	25
Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)	25
Sensor de Posición del Pedal del Acelerador (APS)	26
Sensor de Temperatura de Refrigerante (ECT)	26
Sensor de Temperatura del Combustible (FTS)	27
Sensor de la Masa del Aire (MAF)	29
Sensor de Presión en el Riel	30
Válvula Reguladora de Presión de Combustible (PRV)	32

	8
Válvula de Recirculación de Gases de Escape	33
Inyectores	34
Circuito de Baja Presión	36
Circuito de Alta Presión	37
Diagnóstico Automotriz	38
Equipos de Diagnóstico Automotriz	38
Probador digital de alta presión Common Rail CRD700	38
Metodología y Desarrollo del Proyecto	40
Diseño Metodológico	40
Investigación de Campo	40
Investigación Documental	40
Investigación Experimental	40
Variables y Definición Operacional	41
Variable Independiente	41
Variable Dependiente	41
Técnicas de Recolección de Datos	41
Desarrollo	42
Contenidos	42
Presupuesto	43
Propuesta	44
Placa y Programación Arduino	46
Implementación placa Arduino al motor	48
Esquema Eléctrico	49

	9
Simulador Sensores	55
Revisión del Sistema de Control del Motor	56
Comprobación del DTC Priorizado	56
Comprobación de Tensión de Señal del Sensor de Posición del Pedal Acelerador 1	56
Comprobación de Tensión de Referencia de 5 V para el Sensor de Posición del Pedal	57
Inspección de Circuito Abierto en el Circuito de Referencia de 5 V del Sensor de Posición del Pedal Acelerador 1	57
Inspección del Conector de Arnés del ECM	58
Reemplazo del ECM	58
Finalización del Procedimiento	58
Revisión del Sistema de Control del Motor	60
Comprobación del DTC Priorizado	60
Comprobación de Tensión de Referencia de 5 V para el Sensor de Posición del Pedal Acelerador 1	60
Inspección de Circuito Abierto en el Circuito de Referencia de 5 V del Sensor de Posición del Pedal Acelerador 1	61
Inspección del Conector de Arnés del Sensor de Posición del Pedal Acelerador	61
Inspección del Conector de Arnés del ECM	62
Reemplazo del ECM	62
Finalización del Procedimiento	62
Revisión del Sistema de Control del Motor	63
Comprobación del DTC Priorizado	63
Comprobación de Tensión de Señal del Sensor FR	63

	10
Comprobación de Tensión de Referencia de 5 V para el Sensor FR	63
Inspección de Circuito Abierto en el Circuito de Referencia de 5 V del Sensor FR	64
Inspección del Conector de Arnés del Sensor FR	64
Inspección del Conector de Arnés del ECM	65
Reemplazo del ECM	65
Conclusiones	66
Recomendaciones	67
Referencias	68
Anexos	70

Resumen

El proyecto de investigación se enfoca en desarrollar e implementar un simulador de fallos para el sistema de Inyección Directa Common Rail (CRDI) para el vehículo Chevrolet DMAX 2019. El objetivo principal es analizar y mejorar el diagnóstico de los sensores utilizados en el sistema CRDI mediante la simulación de diferentes escenarios de fallo. La implementación de este simulador permite emular diversas condiciones de funcionamiento y anomalías en los sensores, proporcionando un entorno controlado y seguro para evaluar la respuesta de los sensores ante estas situaciones. Se busca identificar posibles deficiencias, limitaciones y áreas de mejora en cuanto a la detección y diagnóstico de problemas en los sensores del sistema CRDI. La investigación abordó el diseño y desarrollo del simulador, a la hora de reproducir los comportamientos de los sensores del vehículo en condiciones reales de funcionamiento. Mediante el análisis de los datos obtenidos del simulador de fallos, se establecieron los parámetros clave a controlar en los sensores del sistema CRDI, y se determinó los umbrales de aceptación para detectar desviaciones significativas. Asimismo, se evaluó la eficacia del sistema de diagnóstico en la detección y localización de fallas simuladas. Los resultados de esta investigación proporcionaron información valiosa para mejorar el rendimiento y la eficacia de los sensores del vehículo. Además, contribuyen al avance tecnológico en la industria del automóvil, permitiendo al personal de mantenimiento automotriz optimizar el diseño y el funcionamiento de los sensores. En resumen, el proyecto de implantación del simulador de fallos del sistema CRDI representa una oportunidad para mejorar el diagnóstico de los sensores en el Chevrolet DMAX 2019, reducir los costes y los riesgos asociados a las pruebas en vehículos reales y contribuir al desarrollo tecnológico y la competitividad de la industria del automóvil.

Palabras Clave: SISTEMA CDRI, INYECCIÓN DIÉSEL, COMMON RAIL,
SIMULADOR DE FALLAS.

Abstract

The research project focuses on developing and implementing a failure simulator for the Common Rail Direct Injection (CRDI) system for the 2019 Chevrolet DMAX vehicle. The main objective is to analyze and improve the diagnosis of the sensors used in the CRDI system by simulating different failure scenarios. The simulator implementation allows the emulation of various operating conditions and sensor anomalies, providing a controlled and safe environment to evaluate the response of the sensors to these situations. The aim is to identify possible deficiencies, limitations, and areas for improvement in the detection and diagnosis of problems in the CRDI system sensors. The research involved the design and development of the simulator, in order to reproduce the behavior of the sensors of the vehicle in real operating conditions. By analyzing the data obtained from the failure simulator, the key parameters to be controlled in the CRDI system sensors were established, and acceptance thresholds were determined to detect significant deviations. The effectiveness of the diagnostic system in detecting and locating simulated faults was also evaluated. The results of this research provided valuable information to improve the performance and efficiency of the vehicle's sensors. In addition, they contribute to technological advancement in the automotive industry, enabling automotive maintenance personnel to optimize the design and operation of sensors. In summary, the CRDI system failure simulator implementation project represents an opportunity to improve sensor diagnostics on the 2019 Chevrolet DMAX 2019, reduce costs and risks associated with testing on real vehicles, and contribute to the technological development and competitiveness of the automotive industry.

Keywords: CDRI SYSTEM, DIESEL INJECTION, COMMON RAIL, FAILURE SIMULATOR.

Introducción

La implementación del simulador de fallas del sistema Common Rail Direct Injection (CRDI) para el análisis de los sensores en el vehículo Chevrolet DMAX 2019 representa un avance significativo en la tecnología automotriz. Con la complejidad creciente de los sistemas electrónicos en los vehículos modernos, es crucial contar con herramientas efectivas para evaluar y diagnosticar posibles problemas. El sistema CRDI, que controla la inyección de combustible de manera precisa, incorpora múltiples sensores que desempeñan un papel crucial en su funcionamiento. Este estudio se enfoca en la creación de un simulador de fallas que permitirá reproducir y analizar escenarios específicos de mal funcionamiento en los sensores del sistema CRDI. Al simular diversas condiciones de operación y fallos potenciales, se facilitará la evaluación de la respuesta del sistema y la interpretación de los datos generados por los sensores.

La investigación busca no solo mejorar la capacidad de diagnóstico de los técnicos automotrices, sino también contribuir al desarrollo de estrategias de mantenimiento preventivo. Al comprender mejor cómo los sensores responden a situaciones anómalas, se podrán implementar medidas proactivas para prevenir fallas futuras y maximizar la eficiencia del vehículo. En última instancia, la implementación de este simulador no solo beneficiará a los profesionales de la automoción, sino también a los fabricantes y diseñadores de vehículos, permitiéndoles refinar y optimizar aún más los sistemas electrónicos para garantizar un rendimiento confiable y duradero en los vehículos Chevrolet DMAX 2019 y, potencialmente, en futuros modelos.

Planteamiento del Problema

Descripción de la Situación Problemática

Debido a sus ventajas en términos de eficiencia en el consumo de combustible y reducción de emisiones, el sistema Common Rail Direct Inyection (CRDI) se ha convertido en una tecnología ampliamente utilizada en vehículos diésel. Sin embargo, es fundamental realizar un análisis completo de los sensores utilizados en el sistema CRDI del vehículo Chevrolet DMAX 2019 para descubrir posibles limitaciones, deficiencias y áreas de mejora en términos de precisión, confiabilidad y rendimiento. Para garantizar la funcionalidad del sistema y, por lo tanto, del vehículo en general, los sistemas autotrónicos deben trabajar correctamente, pues son esenciales para medir y monitorear variables importantes como la presión del combustible, la temperatura del motor y el flujo de aire, entre otras. Cualquier error en su lectura puede afectar negativamente el rendimiento del automóvil, incluida una disminución en la eficiencia del combustible, una pérdida de potencia o incluso daños al motor. Al abordar este problema de investigación, se espera obtener información relevante que contribuya al desarrollo de herramientas de diagnóstico más efectivas y al mejoramiento de la funcionalidad de los sensores utilizados en el sistema CRDI del vehículo Chevrolet DMAX 2019.

Formulación del Problema

¿Cómo incide la implementación de un simulador de fallas del sistema Common Rail Direct Inyection (CRDI) en el análisis de los sensores del vehículo Chevrolet DMAX 2019 para determinar qué mejoras se pueden obtener en términos de diagnóstico, rendimiento y eficiencia de los sensores a través de este enfoque?

Antecedentes

Hasta la fecha, el diagnóstico de fallas en sistemas de inyección directa de combustible, como el Common Rail Direct Injection (CRDI), ha sido un desafío técnico en la industria automotriz. La complejidad de los sistemas modernos, como el presente en la Chevrolet DMAX 2019, exige herramientas avanzadas para identificar y abordar problemas de manera eficiente. Según (Rivera, 2017), “El avance de la tecnología y el incremento del control ambiental ha desarrollado normativas cada vez más rigurosas y exigentes han conducido a los fabricantes de vehículos y de sistemas de inyección diésel a buscar y desarrollar nuevas alternativas más eficientes y amigables con el medio ambiente sin dejar de lado la ergonomía y el rendimiento que cada vez incrementa diseño a diseño. Los sistemas de inyección diésel de Riel Común son un ejemplo total de ello, sistemas que manejan mayores presiones, datos más precisos del régimen del motor inclusive son más silenciosos y eficientes son algunas de las ventajas del sistema CRDI”. Para (Salinas y Villavicencio, 2013) “La idea esencial que rige el diseño CRDI es lograr una pulverización mucho mayor que la obtenida en los sistemas de bomba inyectora anteriores, para optimizar el proceso de inflamación espontánea de la mezcla que se forma en la cámara al inyectar el combustible. Los inyectores que se encuentran en este sistema son electrónicos”. Los antecedentes revelan que los avances en simuladores de fallas han sido cruciales para mejorar la capacidad de diagnóstico en sistemas automotrices. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones se han centrado en sistemas de generación anterior, y existe una brecha en la adaptación de estas tecnologías a vehículos más recientes.

¹ Alarcón y Jaramillo. (2007), Guía para el diagnóstico del sistema de inyección CRDI. Tesis de pregrado en Ingeniería Automotriz, Universidad Salesiana, Cuenca. (Cap. 1, Pág. 9)

Justificación

La implementación de un simulador de fallas específico para el sistema CRDI de la Chevrolet DMAX 2019 permitirá simular y reproducir diferentes situaciones de funcionamiento en carretera, facilitando la detección y el diagnóstico preciso de posibles problemas, de esta manera se brinda una herramienta eficaz para identificar y solucionar fallos de forma más rápida y precisa, evitando la necesidad de utilizar vehículos reales para realizar pruebas y diagnósticos, lo que reduce los costos asociados y minimiza el riesgo de daños o accidentes durante los procedimientos de trabajo, gracias al entorno controlado, pues se puede repetir y ajustar las condiciones de falla según sea necesario, lo que ayudará a un análisis más exhaustivo sin exponer el vehículo a condiciones adversas. Con este proyecto, se puede evaluar la respuesta de los sensores del sistema CRDI de la Chevrolet DMAX 2019 ante diferentes escenarios de falla simulados, esto proporcionará información valiosa para identificar posibles deficiencias y áreas de mejora en los sensores, y a su vez permitirá al personal perfeccionar la toma de decisión, incrementando la precisión, confiabilidad y durabilidad de los sistemas electrónicos en el vehículo. Finalmente, al investigar y desarrollar el simulador de fallas específico, se contribuye al avance tecnológico en la industria automotriz, ya que los resultados obtenidos de esta investigación pueden ser utilizados para optimizar los sistemas de diagnóstico, diseñar sensores más eficientes y desarrollar nuevas tecnologías en el ámbito de la inyección de combustible diésel.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un simulador de fallas del sistema CRDI mediante módulo programado para el análisis de los sensores en el vehículo Chevrolet DMax 2019.

Objetivos Específicos

- Determinar la precisión y confiabilidad de los sensores utilizados en el sistema CRDI del vehículo.
- Diseñar y construir un simulador de fallas del sistema CRDI específico para el vehículo Chevrolet DMAX 2019 capaz de emular diferentes tipos de fallas y anomalías en los sensores del sistema.
- Evaluar la precisión y confiabilidad del simulador de fallas en la reproducción de los comportamientos de los sensores del vehículo Chevrolet DMAX 2019 en situaciones de falla simuladas, comparándolos con las respuestas reales de los sensores.

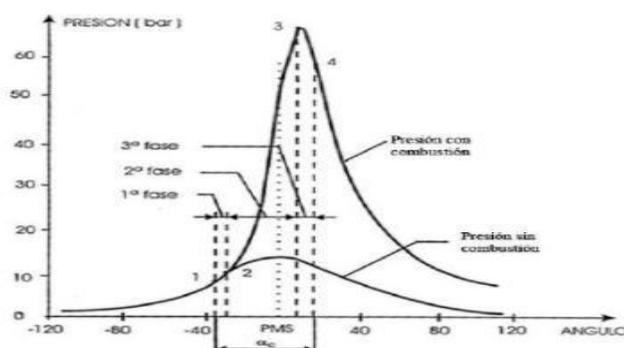
Marco Teórico

Motores Diésel

Los motores térmicos utilizan combustible diésel para que se realice el proceso de transformación de energía calorífica a energía mecánica. Existen diferencias con el motor a gasolina, como la forma de realizar la alimentación y la combustión. Durante el ciclo de admisión el cilindro se llena solo de aire y a diferencia de los motores a gasolina la compresión es mayor, la compresión eleva la temperatura del aire lo suficiente para encender el combustible introducido en la cámara por medio de un inyector (CEAC, 2003). La relación de compresión en motores Diésel es elevada entre 16:1 y 23:1, se generan presiones dentro de la cámara de combustión alrededor de 30 y 55 bar; esta presión ayuda al aumento de la temperatura del aire hasta llegar a una temperatura de 700° y 900° . La elevación de temperatura es para generar la combustión del combustible y el aire, sin la presencia de una chispa como lo es en motores que funcionan a gasolina (CEAC, 2003).

Figura 1

Diagrama de presiones en la combustión



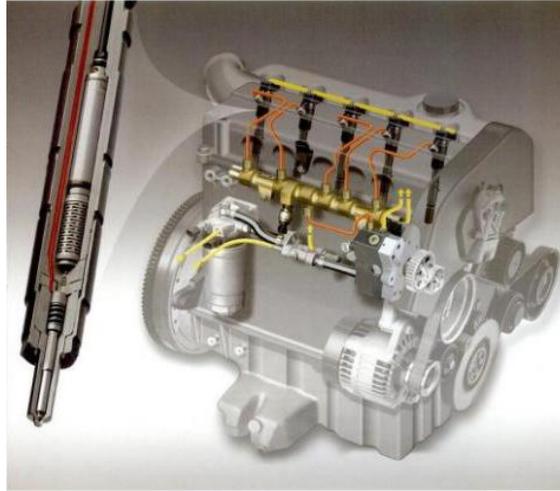
Nota. El gráfico representa las diferentes presiones al variar el ángulo de leva. Reproducido de Manual CEAC del Automóvil, por CEAC, 2003, CEAC.

La Figura 1 indica las presiones existentes durante el ciclo de combustión, al iniciar el proceso de compresión se crea un espacio entre los puntos 1-2 lo cual se refiere al tiempo de retardo, a partir del punto 2 se producen tres etapas de combustión llegando en su última etapa a la presión máxima. La tecnología ha generado que los sistemas de inyección de combustible se vayan mejorando, en la actualidad los motores Diésel presentan sistemas electrónicos para comandar la entrega de combustible hacia la cámara de combustión, obteniendo así un mejor rendimiento del motor y disminución en los gases contaminantes en el ambiente. (Alonso, 2009)

Motores Common Rail

La tecnología Common Rail (Riel Común) fue creada para mejorar el proceso de pulverización del combustible ya que es una de las etapas de la combustión, pudiendo así, reducir un 25 a 35% en comparación con el motor diésel que trabaja con inyección mecánica. Además, disminuye el ruido que se produce al momento del proceso de la combustión logrando obtener mejor temporización que los otros motores (Castro, 2015). Uno de los sistemas de inyección más perfeccionados es el sistema de inyección por acumulador o conocido como Common Rail. La mayor ventaja de este sistema es la gran posibilidad de variación de la presión de trabajo de la inyección de combustible y los tiempos de inyección. Los dos parámetros anteriormente mencionados se consiguen mediante la separación de la generación de presión a cargo de la bomba de alta presión y la inyección producida por los inyectores (BOSCH, 2005).

¹ Bennett, (2013). Medium/Heavy Duty TRuck Engines, Sistemas de Gestión de Combustibles y Computarizados, (pp. 828). EE.UU. (Cap. 46, Pág. 828)

Figura 2*Motor con sistema de inyección Common Rail*

Nota. El gráfico muestra la ubicación del sistema Common Rail. Reproducido de *Manual de tecnología automotiva*, por Bosch, 2005, Blucher.

La aplicación de motores que vienen incorporados el sistema de inyección por acumulador se utiliza en diferentes vehículos como indica BOSCH (2005):

Vehículos turismo: desde motores pequeños y económicos que van desde tres cilindros con cilindrada de 0.8 litros con 41 CV de potencia y 100 Nm de par motor, además, un consumo de combustible de 3.5 litros por cada 100 km recorridos, hasta los motores de ocho cilindros con aproximadamente 4 litros de cilindrada con 245 CV de potencia y 560 Nm de par motor.

Vehículos industriales ligeros: en aquellos automotores con potencias de 40.2 CV por cilindro.

Vehículos industriales pesados, inclusive locomotoras y grandes navíos con potencias generadas de hasta 268.2 CV aproximadamente.

El sistema de inyección diésel ofrece una elevada flexibilidad en lo que se refiere a la adaptación de la inyección en el motor y esto lo consigue mediante las siguientes características (BOSCH, 2005):

- Presión elevada de inyección alrededor de los 1600 bares hasta los 1800 bares.
- Inyección de presión adaptativa a las condiciones de funcionamiento del motor, la presión puede variar de 200 a 1800 bares.
- Inicio variable de la inyección.
- Alta posibilidad de realizar algunas inyecciones previas y posteriores.

De tal forma las características de funcionamiento del sistema Common Rail contribuye a un mejoramiento de la potencia del motor logrando reducción del consumo de combustible, ruidos y emisiones contaminantes.

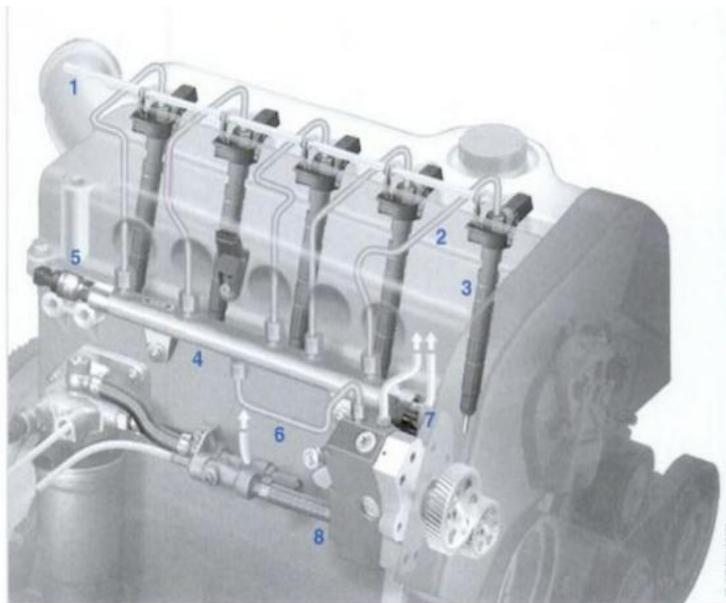
Con la utilización de este sistema se logra reducir el deterioro por desgaste y desgarradura ocasionadas por la fatiga, abrasión, corrosión y degradación, provocadas posiblemente por la presión de inyección y temperatura acumuladas dentro de la cámara de combustión (Llanes et al., 2019).

Elementos del Sistema Common Rail

Los componentes mecánicos de este sistema se caracterizan por tener una gran robustez y exactitud, todas las características anteriormente mencionadas son necesarias ya que el sistema maneja una elevada presión de funcionamiento, además, requiere de una gran exactitud de funcionamiento de todos los componentes en movimiento para que sea totalmente eficiente, y que pueda cumplir los requerimientos por los que fue diseñado (Ruichuan et al., 2023).

Figura 3

Componentes del sistema Common Rail

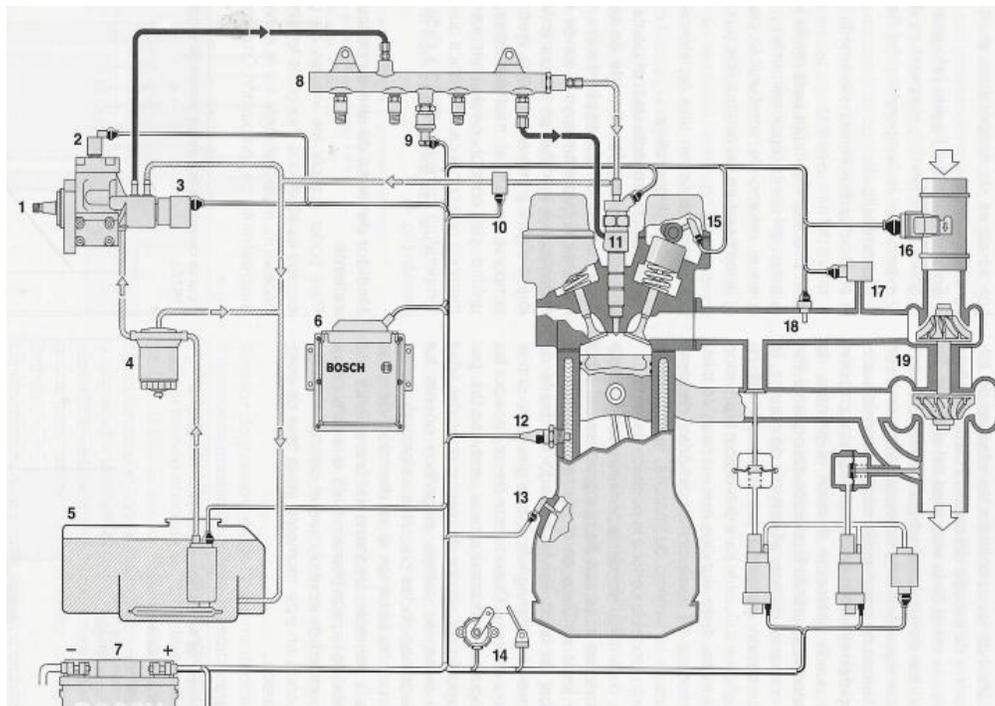


Nota. El gráfico muestra los componentes del sistema Common Rail. Reproducido de *Manual de tecnología automotiva*, por Bosch, 2005, Blucher.

La Figura 3 indica los componentes del sistema CRDi, a continuación, se enumera a cada uno de ellos: 1 Tubería de retorno de combustible procedente de los inyectores, 2 Tubería de combustible de alta presión que conecta entre el inyector y el riel, 3 Inyector, 4 Conducto común, 5 Sensor de presión del conducto común o riel, 6 Tubería de combustible de alta presión que conecta entre la bomba de alta presión y el riel, 7 Retorno de combustible procedente de la bomba de alta presión, 8 Bomba de alta presión. Cada uno de los componentes tiene su función dentro del desarrollo de la inyección, todos contribuyen a que el funcionamiento del motor sea el más idóneo teniendo como resultado la disminución de emisiones contaminantes y un mejor rendimiento del motor (BOSCH R. 2015). La funcionalidad del sistema suma algunos componentes.

Figura 4

Sensores y componentes del sistema de inyección



Nota. El gráfico muestra el esquema del sistema de inyección electrónica. Reproducido de *Manual de tecnología automotiva*, por Bosch, 2005, Blucher.

La figura 4 indica los sensores, actuadores y componentes que se encuentran en un sistema de inyección Common Rail: 1 Bomba de alta presión, 2 Válvula de desconexión del elemento, 3 Válvula reguladora de presión, 4 Filtro de combustible, 5 Depósito de combustible con filtro previo y bomba previa, 6 Unidad de control, 7 Batería, 8 Acumulador de alta presión (Rail), 9 Sensor de presión de Rail, 10 Sensor de temperatura de combustible, 11 Inyector, 12 Sensor de temperatura del líquido refrigerante, 13 Sensor de revoluciones del cigüeñal, 14 sensor del pedal del acelerador, 15 Sensor de revoluciones del árbol de levas, 16 Medidor de masa de aire, 17 sensor de presión de sobrealimentación, 18 Sensor de temperatura del aire aspirado, 19 Turbocompresor.

Sensores

Un sensor es aquel que puede transformar diferentes magnitudes físicas en señales eléctricas y puedan ser enviadas a una unidad de control electrónico. De esta forma se puede tener una lectura de los parámetros de funcionamiento del sistema de inyección diésel (Barros y Pulla, 2016).

Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)

Es el encargado de reconocer la posición del cigüeñal, informa a la computadora el giro del cigüeñal y así definir la estrategia para la inyección de combustible y su posterior funcionamiento adecuado del motor (Heredia, 2008).

Figura 5

Sensor de posición del cigüeñal



Nota. El gráfico muestra la posición del sensor del cigüeñal.

El sensor CKP se encuentra posicionado a la altura del cigüeñal para poder detectar la posición del mismo, de tal forma puede identificar la posición exacta del cilindro número 1. La figura 5 indica un sensor de posición del cigüeñal ubicado en la parte posterior del motor.

Sensor de Posición del Pedal del Acelerador (APS)

Se encarga de transformar la posición del pedal en señal eléctrica para posteriormente ser enviada a la ECU para interpretar la carga que el conductor está imponiendo al momento de pisar el pedal (Barros y Pulla, 2016).

Figura 6

Sensor pedal del acelerador



Nota. El gráfico muestra la forma del sensor de pedal del acelerador. Reproducido de Análisis de fallas del sistema de alimentación de combustible de un motor Hyundai Santa Fe 2.0 CRDi basado en curvas de osciloscopio, por F. Barros, 2016, EPN.

La figura 6 indica la forma física del sensor de pedal del acelerador. Hay que tomar en cuenta que un mal funcionamiento de este sistema genera una reducción de potencia de aproximadamente el 50% comenta Barros y Pulla (2016).

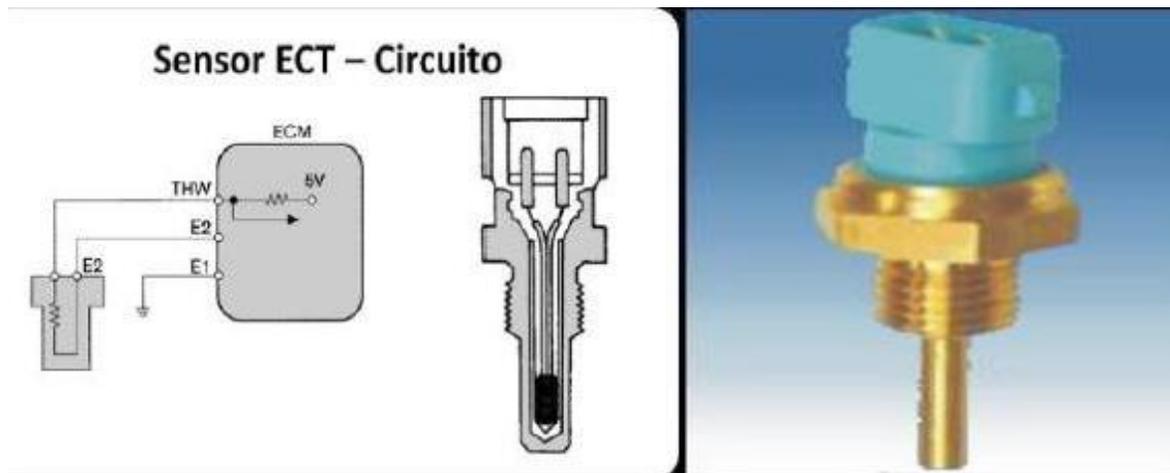
Sensor de Temperatura de Refrigerante (ECT)

Se ubica en el circuito de refrigeración, el cual se encarga de monitorear la temperatura del líquido refrigerante del motor. En la composición interna del sensor se encuentra un resistor que depende de la temperatura con un coeficiente de temperatura negativo (NTC), la caída de

voltaje en el resistor es enviado a la computadora y mediante un convertidor análogo- digital el computador puede interpretar la temperatura registrada en el motor (Coral, 2013).

Figura 7

Sensor temperatura refrigerante



Nota. El gráfico muestra el diagrama del sensor de temperatura del refrigerante. Reproducido de *Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diésel CRDI*, por C. Coral, 2013, ESPOCH.

La figura 7 indica el sensor ECT y su conexión eléctrica con la cual envía la información necesaria a la unidad central o ECU. La conexión consta de tres cables: el primer cable es la alimentación del sensor que generalmente es 5 voltios; el segundo cable es la conexión del voltaje negativo, que en algunos modelos no se encuentra presente este cable, la conexión a tierra se da por el contacto de la parte metálica entre el sensor y el motor; y un tercer cable es el encargado de enviar la señal de trabajo del sensor hacia el computador (Coral, 2013).

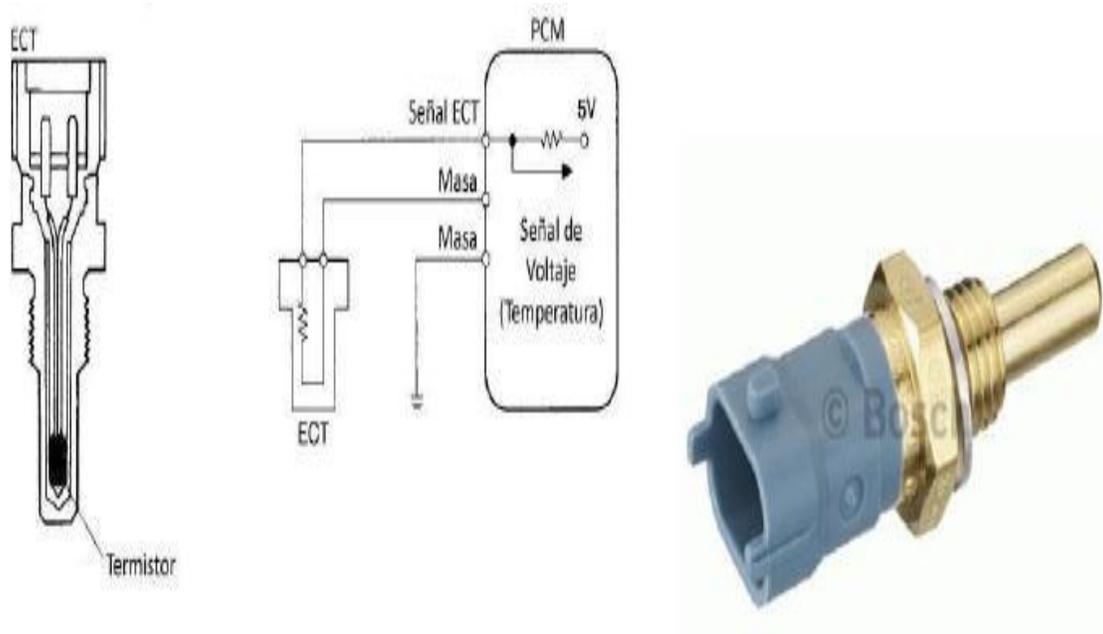
Sensor de Temperatura del Combustible (FTS)

Se encuentra ubicado en la línea de alimentación de combustible, bastante cercano al motor. La información generada por este sensor es utilizada por la computadora para modificar o

ajustar la cantidad de inyección de combustible, además, puede controlar el trabajo de la válvula de control de presión del riel (Coral, 2013). La figura indica el aspecto exterior como interior de un sensor FTS.

Figura 8

Señor temperatura de combustible



Nota. El gráfico muestra el esquema de funcionamiento del sensor de temperatura de combustible. Reproducido de *Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diésel CRDI*, por C. Coral, 2013, ESPOCH.

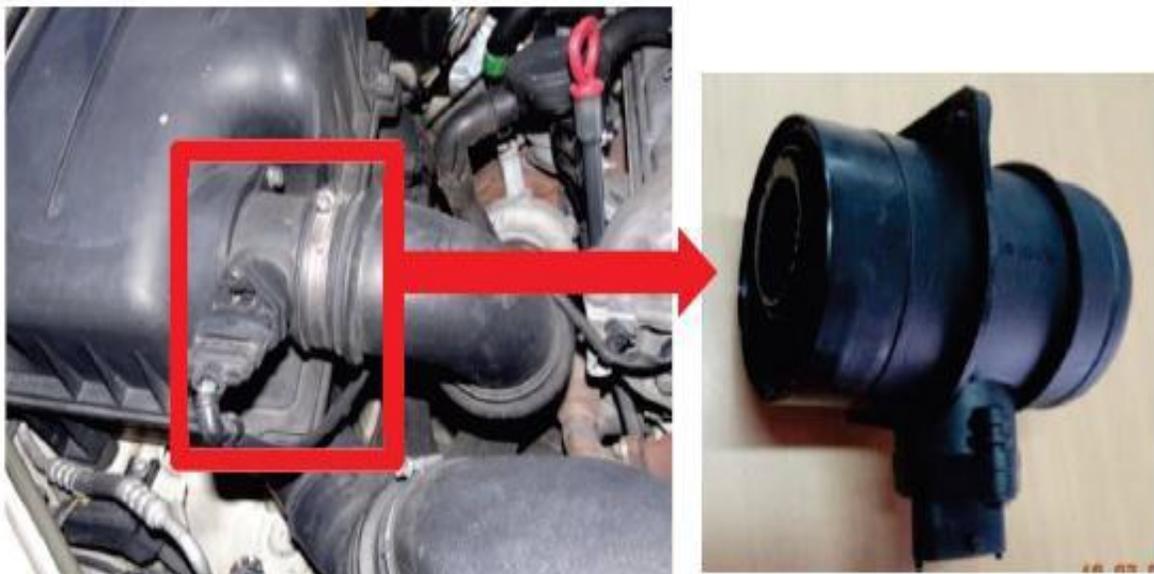
La conexión eléctrica del sensor se realiza por medio de dos cables; el primer cable es una conexión a tierra entre el computador y el sensor; el segundo cable es el encargado de llevar la información de la variación de la resistencia del sensor hacia la ECU. En algunos casos la conexión negativa se realiza entre la parte metálica del motor y la del sensor (Coral C. 2013).

Sensor de la Masa del Aire (MAF)

Se encuentra ubicado en el ducto de ingreso de aire al motor. Su función es medir la temperatura y presión del aire, con esta información la computadora influye directamente en el comportamiento del sistema de inyección de combustible logrando variar notablemente la entrega del carburante (BOSCH R, 2015).

Figura 9

Sensor flujo de aire



Nota. El gráfico muestra la posición del sensor de flujo de aire. Reproducido de *Análisis del desempeño de motores CRDi (Common Rail Direct Injection) a través de formas de onda procesadas por osciloscopio*, por J. Castro, 2015, EPN.

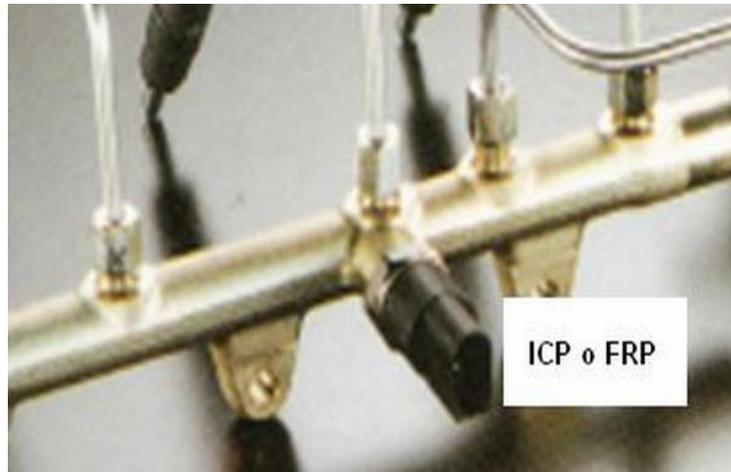
La figura 9 indica la ubicación del sensor MAF en el motor, cabe recalcar que en la mayoría de modelos de los vehículos el sensor de flujo de aire incorpora el sensor de temperatura de aire (Castro y Salazar, 2015).

Sensor de Presión en el Riel

Este sensor se encuentra instalado en el riel y su función es medir la presión generada en el conducto común. Se los conoce con dos nombres; el primero es sensor de control de la presión de inyección ICP, el nombre más común es sensor de presión en el riel FRP por sus siglas en inglés Fuel Rail Pressure Sensor.

Figura 10

Sensor de presión en el riel



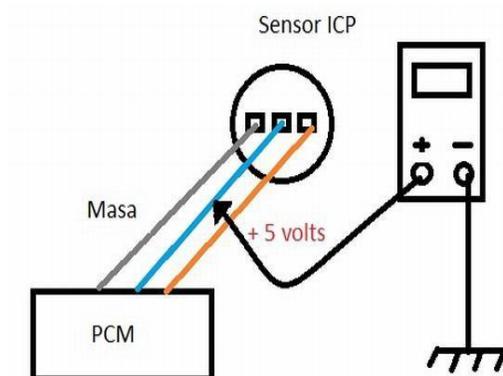
Nota. El gráfico muestra la posición del sensor de flujo de aire. Reproducido de *Sistema Common Rail Presión en el Riel*, por F. Augeri, 2013, CISE.

La Figura 10 indica al sensor FRP ubicado sobre el riel de alta presión. Este sensor tiene una conexión eléctrica de tres cables con los cuales funciona. Los tres cables son:

- Cable 1: Positivo de alimentación de 5 voltios.
- Cable 2: Señal al ECU.
- Cable 3: Masa de sensores.

Figura 11

Conexión sensor ICP



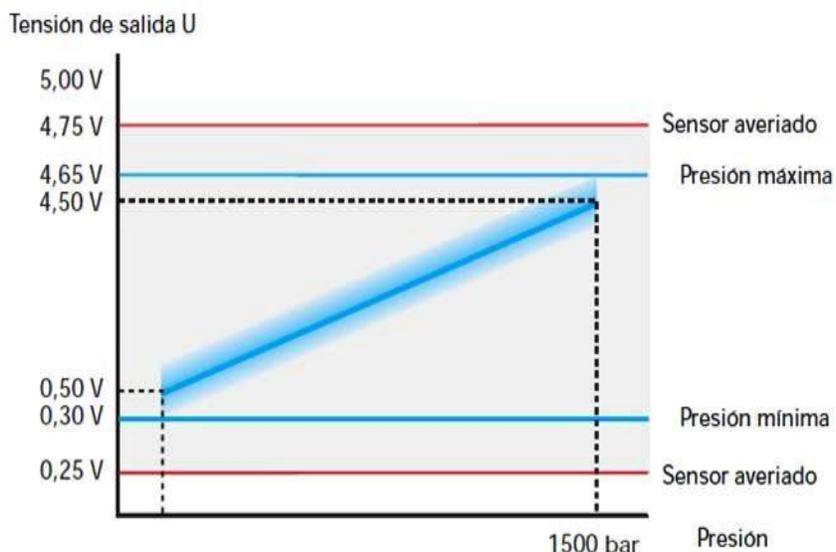
Nota. El gráfico muestra la conexión del sensor ICP. Reproducido de *Sistema Common Rail Presión en el Riel*, por F. Augeri, 2013, CISE.

La Figura 11 indica la conexión eléctrica del sensor. Uno de los tres cables lleva la información necesaria para que el computador identifique la presión existente en el riel. Varios equipos de diagnóstico utilizan la información del cable de señal para definir la presión del sistema de inyección de combustible (Augeri, 2013).

La información que genera el sensor ICP en el sistema de inyección diésel es muy importante, ya que la ECU siempre está utilizando la información de la presión de combustible para generar estrategias de funcionamiento que sean correctas. En la Figura 12 se observa la variación de voltaje en función de la presión de trabajo. La línea horizontal representa la presión de combustible, la línea vertical representa la tensión de salida o la señal eléctrica de trabajo del sensor. La línea horizontal de color azul indica el trabajo corrector de la presión de combustible. Las líneas horizontales de color azul indican la presión mínima y máxima del sistema, y las líneas horizontales de color rojo indican cuando un sensor puede estar defectuoso.

Figura 12

Curva de presión sensor FRP Bosch



Nota. El gráfico muestra la Curva de presión sensor FRP Bosch. Reproducido de *Diseño y Construcción del Sistema de Activación y Control de Inyectores Diesel Riel Común CRDI*, por C. Morán, 2016, ESPE.

Actuadores

La función de un actuador es la de transformar las señales eléctricas de salida de la ECM en magnitudes mecánicas, logrando proporcionar y sincronizar la cantidad óptima de combustible mediante el sistema de inyección, tomando en cuenta las señales recibidas desde la unidad de control (Barros y Pulla, 2016).

Válvula Reguladora de Presión de Combustible (PRV)

Es la encargada de controlar la presión en el riel, maneja la regulación de la cantidad de combustible para el óptimo funcionamiento del sistema Common Rail. Hay que tomar en cuenta que la bomba de alta presión solo se encarga de comprimir la cantidad que necesita el sistema para su funcionamiento, pero no tiene un control exacto a las muchas exigencias que el motor

presenta al momento de dosificar el combustible hacia los inyectores. La figura 13 indica la ubicación de la válvula (Barros y Pulla, 2016).

Figura 13.

Válvula reguladora de presión



Nota. El gráfico muestra la estructura interna de una válvula reguladora de presión. Reproducido de *Análisis de fallas del sistema de alimentación de combustible de un motor Hyundai Santa Fe 2.0 CRDi basado en curvas de osciloscopio*, por F. Barros, 2016, EPN.

Válvula de Recirculación de Gases de Escape

Permite que una cierta cantidad de gases de escape puedan recircular desde el múltiple de escape hacia el múltiple de admisión, de esta forma se puede reducir las emisiones de gases contaminantes al ambiente, principalmente CO y también ayuda a disminuir el cascabeleo del motor (Zamora, 2012). La válvula se compone de cuatro bobinas que están conectadas a 12 voltios normalmente de contacto de batería, mientras que la ECU es la encargada de cerrar a masa los negativos de cada bobina, pero de manera secuencial. Así logra funcionar permitiendo el paso de gases según lo decida la computadora (Quimis et al., 2013).

Figura 14

Válvula de recirculación de gases de escape



Nota. El gráfico muestra la ubicación de la válvula de recirculación de gases de escape.

Reproducido de *Sistema de Control de Emisiones. Válvula EGR y Sensor de Posición*, por L. Zamora, 2012, Conevyt.

La figura 14 indica la ubicación de la válvula, la cual se encuentra sobre el múltiple de escape o un ducto que conecta hacia el colector de admisión.

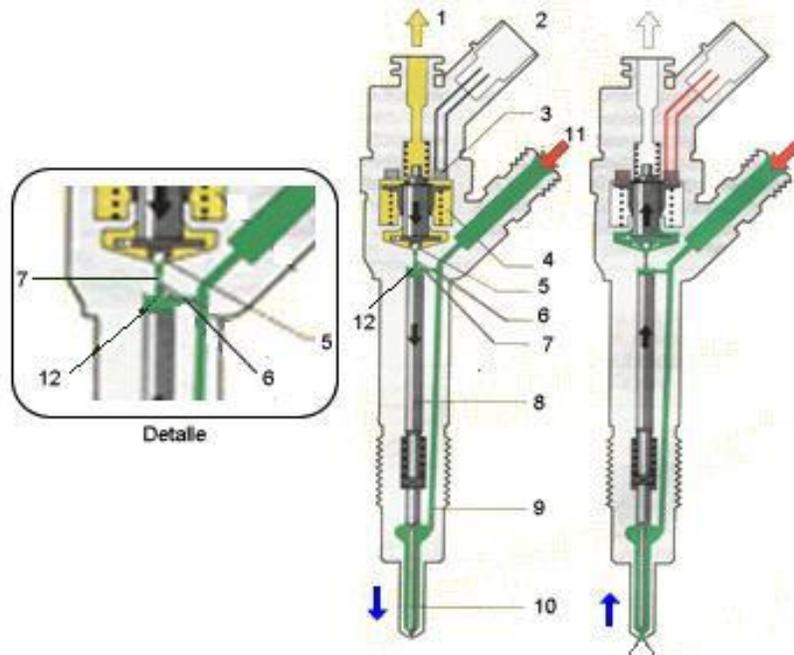
Inyectores

Los inyectores realizan la pulverización del combustible y direccionan el chorro de tal modo que sea esparcido homogéneamente por toda la cámara de combustión del motor Diésel (Coral F. 2013). Además, tienen una mayor complejidad de funcionamiento que los inyectores de motores a gasolina. Según Coral (2013) señala que un inyector es capaz de trabajar a elevadas presiones de 1700 bares logrando aperturas o entregas de combustible de alrededor de 2000 bares/minuto, todo esto dentro de una temperatura de funcionamiento de 500 y 600°C. Los sistemas de inyección electrónica diésel ocupan inyectores electro-mecánicos. A diferencia de

inyectores antiguos, se incorpora un solenoide para manejar la apertura para la entrega del combustible, para esto la computadora valida la información recibida de los sensores y así tomar una decisión sobre el trabajo adecuado del inyector a través del solenoide.

Figura 15

Partes inyector diésel



Nota. El gráfico muestra el esquema interno de un inyector de combustible diésel. Reproducido de *Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diésel CRDI*, por C. Coral, 2013, ESPOCH.

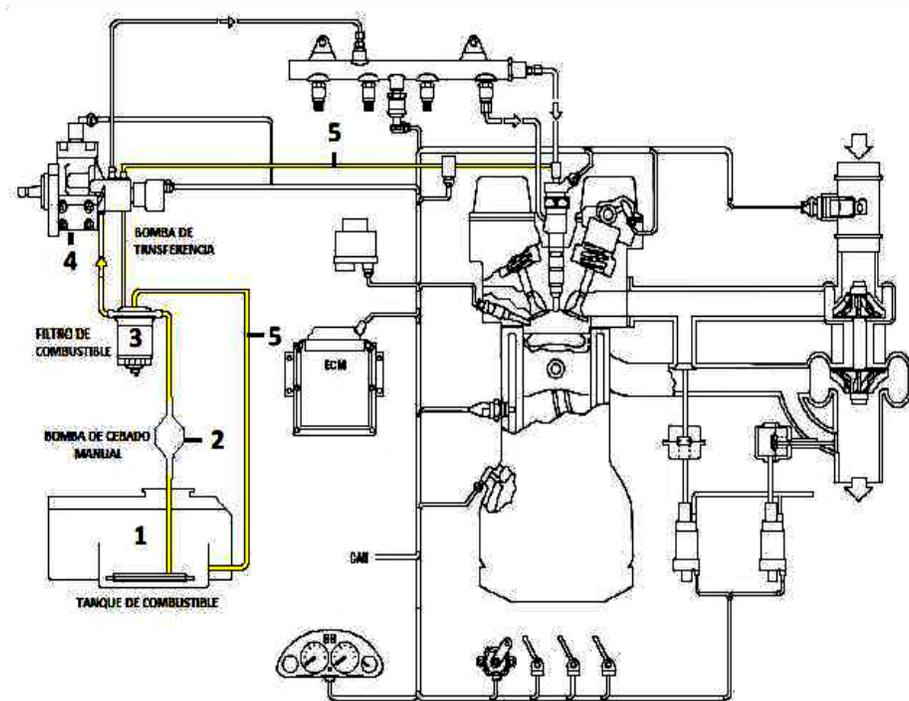
La Figura 15 indica las partes del inyector: 1 Retorno de combustible al depósito, 2 Conexión eléctrica, 3 Electro-válvula, 4 Muelle, 5 Bola de válvula, 6 Estrangulador de entrada, 7 Estrangulador de salida, 8 Émbolo de control de válvula, 9 Canal de afluencia, 10 Aguja del inyector, 11 Entrada de combustible a presión, 12 Cámara de control.

Circuito de Baja Presión

El circuito de baja presión es el encargado de transportar el combustible desde el tanque o depósito de combustible hasta la bomba de alta presión.

Figura 16

Circuito de baja presión



Nota. El gráfico muestra el circuito de baja presión de un sistema de inyección diésel.

Reproducido de *Análisis del desempeño de motores CRDi (Common Rail Direct Injection) a través de formas de onda procesadas por osciloscopio*, por J. Castro, 2015, EPN.

La Figura 16 indica los componentes principales del sistema de inyección diésel de baja presión. Se denomina baja presión porque no existen presiones mayores a 5 bares.

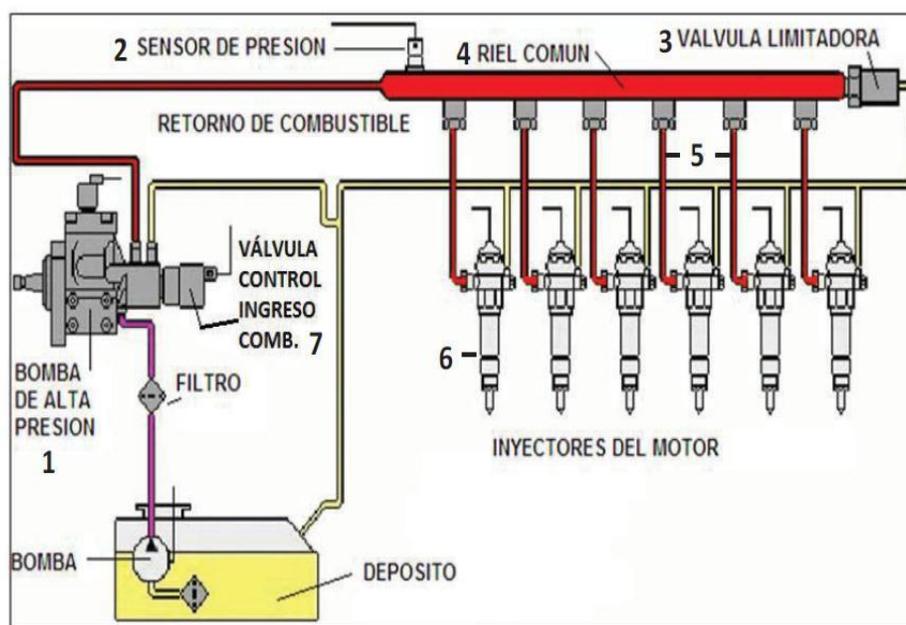
Posteriormente, se describe los componentes: 1 Tanque de combustible, 2 Bomba de cebado manual, 3 Filtro de combustible, 4 Bomba de transferencia, 5 Mangueras de baja presión.

Circuito de Alta Presión

La bomba de alta presión es la encargada de generar la presión necesaria para el funcionamiento adecuado del sistema, se maneja alrededor de 1700 bares. El diagnóstico del circuito de alta presión se realiza con equipos especiales y generalmente equipos electrónicos, ya que la presión generada es de difícil manejo con equipos normales de diagnóstico (Castro y Salazar, 2015).

Figura 17

Circuito de alta presión de combustible



Nota. El gráfico muestra el circuito de alta presión de un sistema de inyección diésel.

Reproducido de *Análisis del desempeño de motores CRDi (Common Rail Direct Injection) a través de formas de onda procesadas por osciloscopio*, por J. Castro, 2015, EPN.

La figura 18 indica algunos de los componentes que se encuentran presentes en el circuito de alta presión: 1 Bomba de alta presión, la cual puede venir de dos tipos, con sistema de alta presión y la otra con el sistema de transferencia y alta presión; 2 Sensor de presión de riel, 3

Válvula limitadora de presión, 4 Riel común, 5 Cañerías de alta presión, 6 Inyector, Válvula de control de ingreso de combustible.

Diagnóstico Automotriz

El diagnóstico automotriz es el procedimiento con el cual se realiza un análisis sobre el funcionamiento de los componentes o sistemas de un automotor, puede usarse muchos instrumentos al momento de realizar un diagnóstico, pero todo depende del componente o sistema que se desee analizar (Mera, 2016).

Equipos de Diagnóstico Automotriz

En la actualidad existen varios equipos de diagnóstico, éstos se clasifican por su utilidad o sistema al cual van a verificar. Dentro de los sistemas de inyección electrónica diésel el diagnóstico se realiza con equipos electrónicos para facilitar la manipulación de la elevada presión de funcionamiento del sistema (Mera, 2016).

Probador Digital de Alta Presión Common Rail CRD700

CRD700 está especialmente diseñado para el diagnóstico rápido y preciso de fallas en los sistemas de riel común. Representa la tecnología de vanguardia para medir la presión en los sistemas electrónicos diésel (Foxwell, 2013). CRD700 es una herramienta indispensable, especialmente diseñada para diagnosticar la condición de la bomba de alta presión y detectar las fallas en los sistemas Common rail, y este probador de presión le permite medir la presión en el riel común de hasta 2000 bar (29000 psi) (Foxwell, 2013).

Figura 18

Equipo CRD700



Nota. El gráfico muestra el equipo para medición de presión de combustible. Reproducido de *Manual de funcionamiento equipo FOXWELL CRD700*, por FOXWELL, 2023, FOXWELL.

La Figura 18 indica el equipo de diagnóstico CRD700. Algunas de las características de esta herramienta son:

- Se activa una autoprueba de inicio en el probador.
- Realiza una prueba de presión dinámica y una prueba de presión máxima.
- Módulo bluetooth integrado único, envía datos a la computadora para verificar e imprimir.
- Verifica continuamente el estado de la batería.
- Pantalla LCD gráfica retroiluminada de 64 * 128 píxeles que ofrece toda la información necesaria.

Metodología y Desarrollo del Proyecto

Diseño Metodológico

La implementación del simulador de fallas del sistema CRDI para el análisis de los sensores del vehículo Chevrolet Dmax 2019 se basa en investigación documental, investigación en el campo automotriz e investigación experimental. El tipo de investigación tiene un enfoque en específico que es el cualitativo. El proyecto se elabora dentro del marco metodológico de investigación y experimentación por lo que se realiza con varias horas de investigación tanto en internet, como en talleres especializados.

Investigación de Campo

Es la que se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos objeto de estudio (Grajales, 2000).

Esta investigación está relacionada con la recolección de información mediante la obtención de datos gracias al simulador de fallas y así posteriormente poder realizar una comparación con datos verídicos.

Investigación Documental

Es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, códigos, constituciones, etc. (Grajales, 2000). En el presente proyecto utiliza este tipo investigación para el desarrollo del capítulo I y II el cual es referente al marco teórico y ahí se agregó información fiable de diferentes fuentes tanto de internet como de conocimientos de terceros.

Investigación Experimental

Consiste en la manipulación de una (o más) variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se

produce una situación o acontecimiento particular. El experimento provocado por el investigador, le permite introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas (Grajales, 2000).

Para el proyecto se realiza una investigación experimental la cual fue utilizada mediante pruebas aplicadas en el simulador para así poder causar fallas en los diferentes sensores que dispone el sistema Common Rail.

Variables y Definición Operacional

Variable Independiente

Sensores del vehículo

Variable Dependiente

Simulador de fallas del sistema CRDI

Técnicas de Recolección de Datos

Las herramientas que se utilizaran para la recolección de datos será la maqueta didáctica del vehículo Chevrolet Dmax 2019, scanner, osciloscopio y el multímetro, y técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.

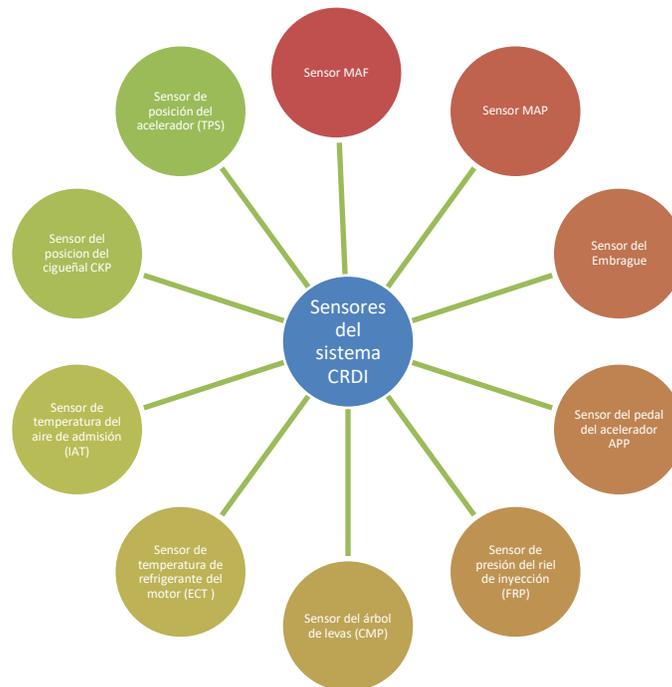
Para la recopilación de información utilizaremos check list que nos ayudara a examinar las fallas o desgastes de los sensores, hacer una herramienta que se puede automatizar se puede aplicar diariamente y evaluar si se cumple los objetivos consiguiendo controlar y evitar los errores encontrados. Se puede ordenarla ficha de forma que pueda visualizarse la hora, el día, el elemento inspeccionado, el objetivo, el costo, etc. Además, permite evaluar y medir el progreso de los objetivos de forma continua.

Desarrollo

Contenidos

Figura 19

Constelación de Variable Independiente



Nota. En la figura se muestra las variables dependientes e independientes que utilizan en la investigación.

Presupuesto

Tabla 1

Presupuesto del Proyecto

Ítem	Rubro	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Motor Chevrolet Dmax 2019	1	\$3200	\$3200
2	Computadora del Vehículo	1	\$600	\$600
3	Arnés del vehículo	1	\$200	\$200
4	Radiador	1	\$80	\$80
5	Estructura Metálica	1	\$100	\$100
6	Interruptores y redes	1	\$100	\$100
7	Insumos para elaborar el proyecto	1	\$20	\$20
Inversión Total				\$4300

Nota. En la Tabla 1 se detalla el costo de los materiales y equipos que serán utilizados para la construcción del proyecto.

Propuesta

Para la construcción se necesita los siguientes componentes:

- Motor 4JJ1 Isuzu 3.0 Lt.
- Tubo cuadrado.
- Base de madera.
- 4 ruedas para soporte motor

Se construye la estructura para soporte del motor utilizando tubo cuadrado de 5 x 5 x 1.5 dando ubicación a las bases de motor, ubicación de batería y tablero de control.

Figura 20

Armado de bases del simulador



Nota. En la figura se muestra el proceso de armado de las bases del motor.

Una vez montado el motor, se sujeta de manera que exista firmeza a la estructura metálica, se adiciona cuatro llantas que permita el fácil movimiento de traslado del banco simulador.

Figura 21*Armado de la estructura*

Nota. En la figura se muestra el armado de las sujeciones inferiores del simulador.

Se realiza el ruteo de cables, direccionando todos a la parte frontal de la estructura, con ello se da ubicación a una caja de madera donde queda ubicado la ECM y cableado.

Figura 22*Ruteo de cables*

Nota. En la figura se muestra la ubicación del cableado de sensores.

En el cableado, fue necesario extender su longitud como son en el caso de los cables de masa y los que permiten la conexión a la batería. Finalmente se coloca la base de madera donde se ubicará internamente el ECM y cableado.

Figura 23

Puesta a masa de las conexiones



Nota. En la figura se muestra la puesta masa de las conexiones.

Placa y Programación Arduino

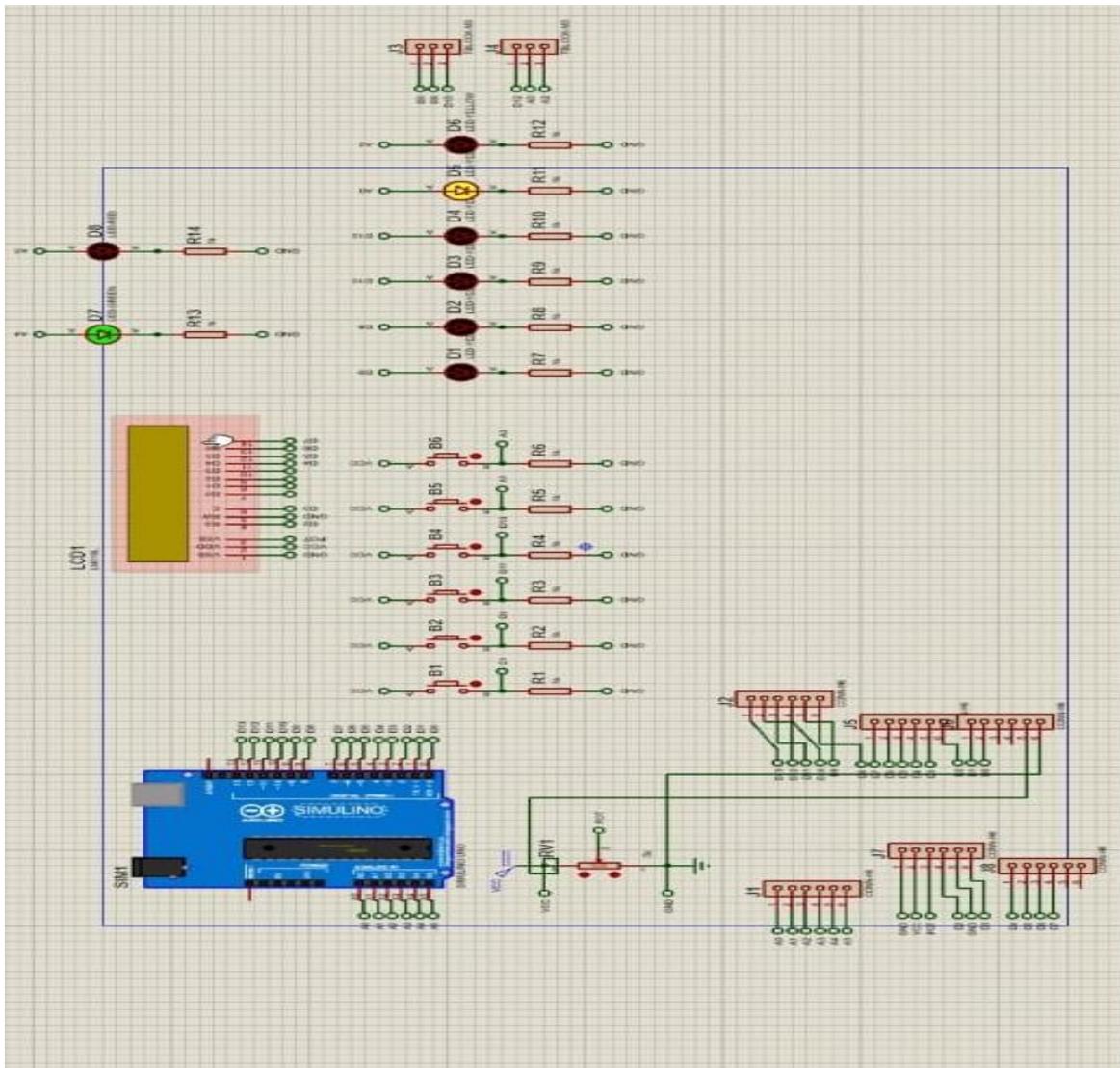
Las características de la placa a utilizar son:

- Arduino uno.
- 14 salidas
- Voltaje de salida: 0 – 5 voltios.

Con el programa Arduino, se realiza la programación de activación a 6 salidas, los mismos que serán destinados a 3 sensores y 3 actuadores. Anexo lenguaje de programación.

Figura 24

Programación en Arduino



J1: entradas botoneras

J2: salidas botoneras

J5 - J7 - J8: comunicación pantalla incluido potenciómetro para regular la intensidad de pantalla LED.

Descargada la programación en la placa de Arduino se realiza una caja plástica la misma que consta de: una pantalla led, 6 pulsadores, 6 entradas, 6 salidas y cable de alimentación de placa.

Figura 25

Grabado del programa en placa base



Nota. En la figura se indica la carcasa que contiene la placa base de Arduino.

Implementación placa Arduino al motor

Para la implementación de la caja de programación en Arduino al motor se utiliza el manual de servicio Isuzu Web, disponiendo del diagrama eléctrico para identificar los sensores y actuadores que dispone el motor 4JJ1 al cual implementaremos el simulador de fallas. De igual manera permite la identificación del número de pin desde la computadora ECM a los sensores y el número de cables que dispone cada sensor.

Figura 26

Ensamblaje de la interfaz programada en Arduino



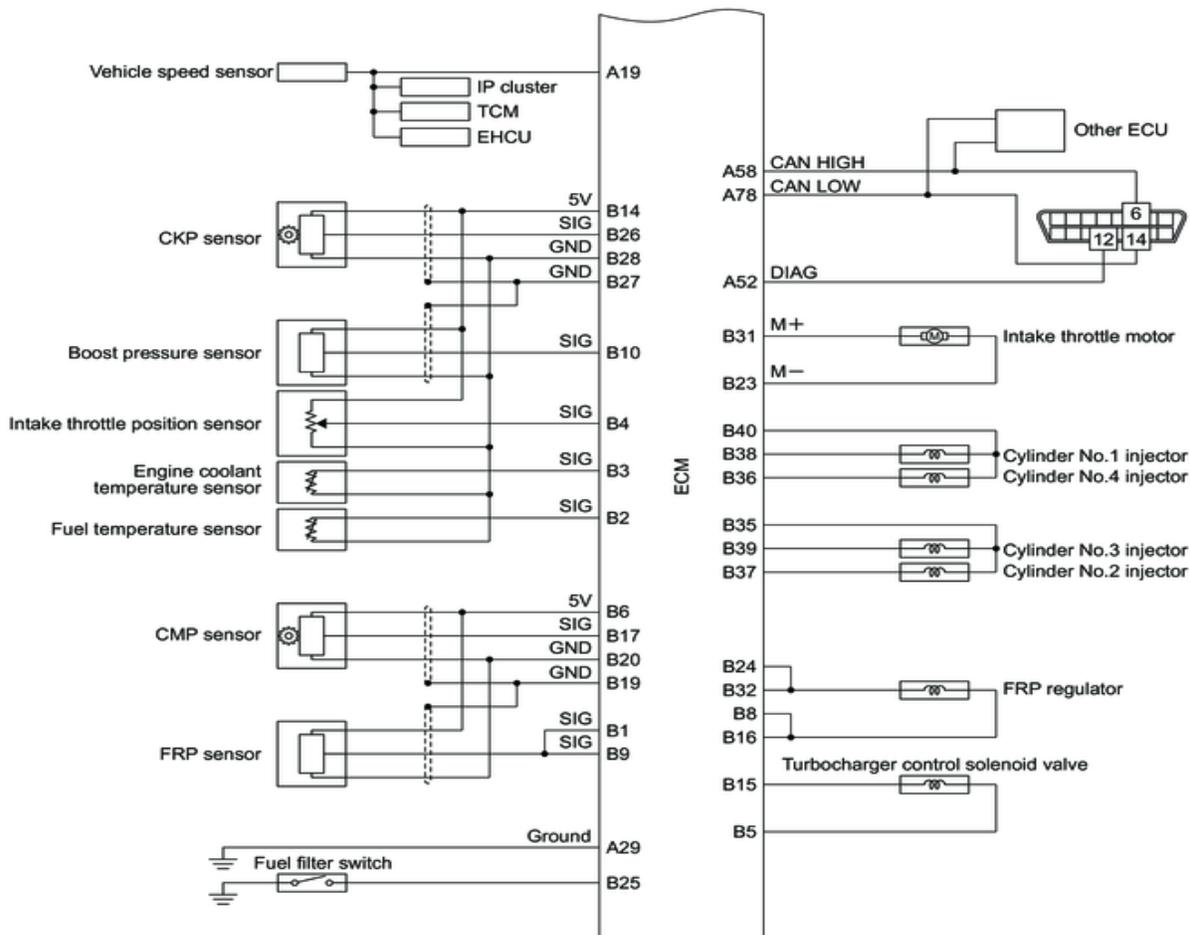
Nota. En la figura se observa el ensamblaje de la interfaz con la placa de Arduino.

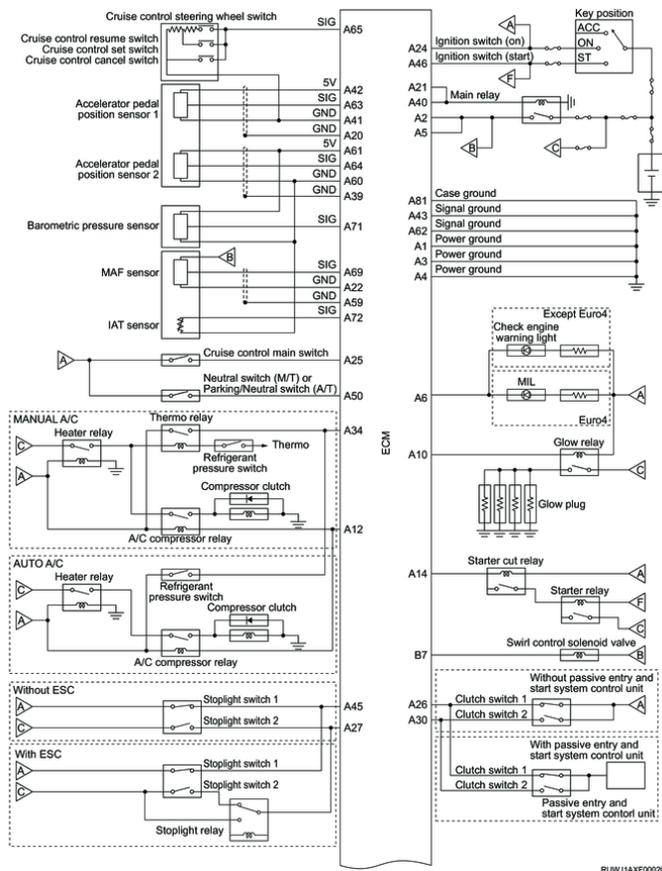
Esquema Eléctrico

A continuación, se describe los planos eléctricos de las conexiones realizadas en la maqueta de simulación.

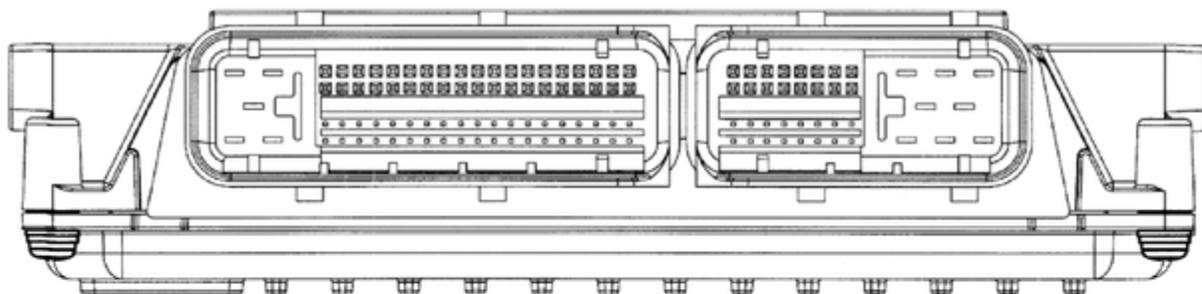
Figura 27

Diagramas eléctricos de conexiones del simulador CRDI



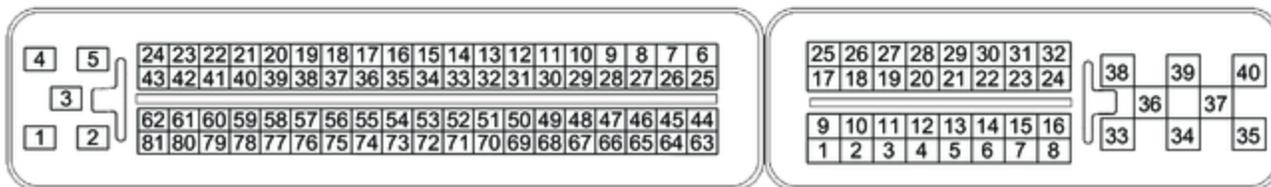


RUNJ1AXF000201



Connector A

Connector B



Nota. La figura muestra el diagrama de conexión de sensores y actuadores del sistema CRDI.

Tabla 2*Descripción de clavijas de ECM*

81 pasador (conector A)	
PIN n.º	Función del pasador
1	Conexión a masa del ECM
2	Tensión de batería
3	Conexión a masa del ECM
4	Conexión a masa del ECM
5	Tensión de batería
6	Control de MIL (Euro4) Control de la luz de advertencia de comprobación del motor (excepto Euro4)
7	-
8	-
9	-
10	Control del relé de incandescencia
11	-
12	Control de relé de compresor de A/C
13	-
14	Control del relé de corte del motor de arranque
15	-
16	-
17	-
18	-
19	Señal del sensor de velocidad del vehículo
20	Conexión a masa de blindaje del sensor de posición del pedal acelerador 1
21	Control del relé principal del ECM
22	Referencia de baja del sensor MAF
23	-
24	Tensión de encendido
25	Señal del interruptor principal del programador de velocidad
26	Señal 1 de interruptor de embrague
27	Señal del interruptor de la luz de freno 2
28	-
29	Masa
30	Señal 2 de interruptor de embrague
31	-
32	-
33	-
34	Señal del termorrelé
35	-
36	-

37	-
38	-
39	Conexión a masa de blindaje del sensor de posición del pedal acelerador 2
40	Control del relé principal del ECM
41	Referencia baja del sensor de posición del pedal acelerador 1 y del interruptor del programador de velocidad
42	Sensor de posición del pedal acelerador 1, 5 voltios de referencia
43	Conexión a masa de la señal del ECM
44	-
45	Señal del interruptor de la luz de freno 1
46	Señal del interruptor de arranque
47	-
48	-
49	-
50	Señal del interruptor de punto muerto
51	-
52	Interruptor de petición de diagnóstico
53	-
54	-
55	-
56	-
57	-
58	CAN alto
59	Conexión a masa de blindaje del sensor MAF
60	Referencia baja del sensor de posición del pedal acelerador 2, del sensor de presión barométrica y sensor IAT
61	Sensor de posición del pedal acelerador 2 y referencia de 5 voltios del sensor de presión barométrica
62	Conexión a masa de la señal del ECM
63	Señal del sensor de posición del pedal acelerador 1
64	Señal del sensor de posición del pedal acelerador 2
65	Señal del interruptor del programador de velocidad
66	-
67	-
68	-
69	Señal de sensor MAF
70	-
71	Señal de sensor de presión barométrica
72	Señal del sensor IAT
73	-
74	-
75	-
76	-

77	-
78	CAN bajo
79	-
80	-
81	Conexión a masa de la carcasa del ECM

40 pasador (conector B)

PIN n.º	Función del pasador
1	Señal del sensor FRP
2	Señal del sensor de temperatura del combustible
3	Señal del sensor de temperatura del refrigerante de motor
4	Señal del sensor de posición de la mariposa de admisión
5	Lado bajo de la válvula de solenoide de control del turbocompresor
6	Referencia de 5 voltios de sensor CMP y sensor FRP
7	Control de válvula de solenoide de control de turbulencia
8	Lado bajo del regulador FRP
9	Señal del sensor FRP
10	Señal de sensor de presión de sobrealimentación
11	-
12	-
13	-
14	Referencia de 5 voltios del sensor CKP, sensor de posición de la mariposa de admisión y sensor de presión de sobrealimentación
15	Solenoide de control del turbocompresor, lado de alta
16	Lado bajo del regulador FRP
17	Señal de sensor CMP
18	-
19	Conexión a masa de blindaje del sensor CMP y sensor FRP
20	Referencia baja de sensor CMP y sensor FRP
21	-
22	-
23	Lado de baja del motor de mariposa de admisión
24	Lado alto de control del regulador FRP
25	Señal de interruptor de filtro de combustible
26	Señal de sensor CKP
27	Conexión a masa de blindaje del sensor CKP y sensor de presión de sobrealimentación
28	Referencia baja del sensor CKP, sensor de posición de la mariposa de admisión, sensor de presión de sobrealimentación, sensor de temperatura de combustible y el sensor de temperatura de refrigerante del motor
29	-
30	-
31	Tensión de excitación del motor de mariposa de admisión

32	Lado alto de control del regulador FRP
33	-
34	-
35	Tensión de carga del inyector común 2 (cilindro n.º 2 y n.º 3)
36	Control del solenoide del inyector n.º 4 del cilindro
37	Control del solenoide del inyector n.º 2 del cilindro
38	Control del solenoide del inyector n.º 1 del cilindro
39	Control del solenoide del inyector n.º 3 del cilindro
40	Tensión de carga del inyector común 1 (cilindro n.º 1 y n.º 4)

Nota. En la Tabla 2 se describen la representación de cada en la ECU.

Simulador Sensores

Falla 1

DTC P02122: Circuito del sensor 1 de posición de pedal, entrada baja (4JJ1).

Pasos de simulación:

1. Con el esquema eléctrico se identifica la clavija A 42 en el conector de la ECM, para ello se realiza un corte en el cable el mismo que se conecta en serie al simulador de fallas.
2. Encendido el simulador se detecta en la pantalla LED la descripción:
 - a. S1 = 0: falla desactivada
 - b. S1 = 1: falla activada
3. Para verificar la activación de una avería DTC, se utiliza un scanner automotriz donde registra la avería P02122 que hace referencia al sensor 1 de posición de pedal.
 - a. Pasos de diagnóstico:
4. Verificada el síntoma de falla por las siguientes condiciones falta de potencia, aceleraciones, consumos de combustible.
5. Utilizar los equipos y herramientas scanner automotriz y manuales de servicio técnico.

6. Conectar el scanner y verificar el código de avería presente, siendo el DTC P02122.
7. Utilizar el manual de servicio para verificar el proceso de diagnóstico y análisis de falla.

Revisión del Sistema de Control del Motor

Resolución de problemas, diagnóstico de comprobación de sistema - controles del motor: síntoma de falla por las siguientes condiciones falta de potencia, aceleraciones, consumos de combustible.

Comprobación del DTC Priorizado

- Conecte la herramienta de diagnóstico.
- Apague el interruptor de arranque durante 30 segundos o más.
- Arranque el motor.
- Observe la información del DTC con una herramienta de diagnóstico. ¿Se generó el DTC P2122?

Respuesta: SI

Solución: seguir el proceso.

Comprobación de Tensión de Señal del Sensor de Posición del Pedal Acelerador 1

Pise a fondo y suelte el pedal del acelerador mientras observa el parámetro del sensor 1 de posición del pedal del acelerador (APP) en la herramienta de diagnóstico. ¿Muestra la herramienta de diagnóstico un valor inferior o igual al valor especificado cuando se pisa o se suelta el pedal?

Valor : 0,2 V

Respuesta: SI

Solución: seguir el proceso.

Comprobación de Tensión de Referencia de 5 V para el Sensor de Posición del Pedal

Acelerador 1

- Apague el interruptor de arranque.
- Desconecte el conector del arnés del sensor de posición del pedal del acelerador (C45).
- Encienda el interruptor de arranque.
- Mida la tensión entre el circuito de referencia de 5 V (clavija 4 de C45) del sensor de posición del pedal acelerador 1 y la tierra de la carrocería. ¿La tensión es superior o equivalente al valor especificado?

Valor : 4,7 V

Respuesta: NO

Inspección de Circuito Abierto en el Circuito de Referencia de 5 V del Sensor de Posición del Pedal Acelerador 1

Inspeccione el circuito de referencia de 5 V entre el ECM (clavija 42 de C61) y el sensor de posición del pedal acelerador 1 (clavija 4 de C45) a fin de detectar circuito abierto o alta resistencia. ¿Considera que el resultado es normal?

Cuidado

El sensor de posición del pedal acelerador 1 comparte el 5 V circuito de referencia con otros sensores. Una falla en el 5 V circuito de referencia puede generar los DTC en los sensores que comparten este circuito.

Respuesta: Sí

Solución: Ir a Inspección del conector de arnés del ECM.

Repare el circuito, como sea necesario.

Inspección del Conector de Arnés del Sensor de Posición del Pedal Acelerador

Inspeccione si se advierten malas conexiones en el conector de arnés del sensor de posición del pedal del acelerador (clavijas 4 y 6 de C45). ¿Considera que el estado de la conexión es normal?

Respuesta: Sí

Solución: Reemplace el pedal del acelerador.

Inspección del Conector de Arnés del ECM

Inspeccione si se advierten malas conexiones en el conector de arnés de ECM (clavijas 42 y 63 de C61). ¿Considera que el estado de la conexión es normal?

Resultado: Sí

Solución: Ir a Reemplazo del ECM.

Resultado: No

Solución: Repare las conexiones, según sea necesario.

Reemplazo del ECM

Nota. Realice la programación tras reemplazar el ECM.

Finalización del Procedimiento

- Verificación de la reparación
- Borre el DTC con una herramienta de diagnóstico.
- Apague el interruptor de arranque durante 30 segundos o más.
- Arranque el motor.
- Pise a fondo y suelte el pedal del acelerador mientras observa el parámetro del sensor 1 de posición del pedal del acelerador (APP) en la herramienta de diagnóstico. ¿Muestra la

herramienta de diagnóstico un valor inferior o igual al valor especificado cuando se pisa o se suelta el pedal?

Falla 2

DTC P02127: DTC P2127: Circuito del sensor 2 de posición de pedal, entrada baja 4JJ1.

Pasos de simulación:

1. Con el esquema eléctrico se identifica la clavija A 61 en el conector de la ECM, para ello se realiza un corte en el cable el mismo que se conecta en serie al simulador de fallas.
2. Encendido el simulador se detecta en la pantalla LED la descripción:
 - a. S1 = 0: falla desactivada
 - b. S1 = 1: falla activada
3. Para verificar la activación de una avería DTC, se utiliza un scanner automotriz donde registra la avería P02127 que hace referencia al sensor 1 de posición de pedal.
 - a. Pasos de diagnóstico:
4. Verificada el síntoma de falla por las siguientes condiciones falta de potencia, aceleraciones, consumos de combustible.
5. Utilizar los equipos y herramientas scanner automotriz y manuales de servicio técnico.
6. Conectar el scanner y verificar el código de avería presente, siendo el DTC P02127.
7. Utilizar el manual de servicio para verificar el proceso de diagnóstico y análisis de falla.

Revisión del Sistema de Control del Motor

Resolución de problemas, diagnóstico de comprobación de sistema - controles del motor: síntoma de falla por las siguientes condiciones falta de potencia, aceleraciones, consumos de combustible.

Comprobación del DTC Priorizado

- Conecte la herramienta de diagnóstico.
- Apague el interruptor de arranque durante 30 segundos o más.
- Arranque el motor.
- Observe la información del DTC con una herramienta de diagnóstico. ¿Se generó el DTC P2127?
- Respuesta: SI
- Solución: seguir el proceso.

Comprobación de Tensión de Señal del Sensor de Posición del Pedal Acelerador 1

Pise a fondo y suelte el pedal del acelerador mientras observa el parámetro del sensor 1 de posición del pedal del acelerador (APP) en la herramienta de diagnóstico. ¿Muestra la herramienta de diagnóstico un valor inferior o igual al valor especificado cuando se pisa o se suelta el pedal?

Valor : 0,2 V

Respuesta: SI

Solución: seguir el proceso.

Comprobación de Tensión de Referencia de 5 V para el Sensor de Posición del Pedal Acelerador 1

- Apague el interruptor de arranque.

- Desconecte el conector del arnés del sensor de posición del pedal del acelerador (C45).
- Encienda el interruptor de arranque.
- Mida la tensión entre el circuito de referencia de 5 V (clavija 4 de C45) del sensor de posición del pedal acelerador 1 y la tierra de la carrocería. ¿La tensión es superior o equivalente al valor especificado?

Valor : 4,7 V

Respuesta: NO

Inspección de Circuito Abierto en el Circuito de Referencia de 5 V del Sensor de Posición del Pedal Acelerador 1

Inspeccione el circuito de referencia de 5 V entre el ECM (clavija 61 de C61) y el sensor de posición del pedal acelerador 1 (clavija 4 de C45) a fin de detectar circuito abierto o alta resistencia. ¿Considera que el resultado es normal?

Cuidado

El sensor de posición del pedal acelerador 1 comparte el 5 V circuito de referencia con otros sensores. Una falla en el 5 V circuito de referencia puede generar los DTC en los sensores que comparten este circuito.

Respuesta: Sí

Solución: Ir a Inspección del conector de arnés del ECM.

Repare el circuito, como sea necesario.

Inspección del Conector de Arnés del Sensor de Posición del Pedal Acelerador

Inspeccione si se advierten malas conexiones en el conector de arnés del sensor de posición del pedal del acelerador (clavijas 4 y 6 de C45). ¿Considera que el estado de la conexión es normal?

Respuesta: Sí

Solución: Reemplace el pedal del acelerador.

Inspección del Conector de Arnés del ECM

Inspeccione si se advierten malas conexiones en el conector de arnés de ECM (clavijas 42 y 61 de C61). ¿Considera que el estado de la conexión es normal?

Resultado: Sí

Solución: Ir a Reemplazo del ECM.

Resultado: No

Solución: Repare las conexiones, según sea necesario.

Reemplazo del ECM

Nota. Realice la programación tras reemplazar el ECM.

Finalización del Procedimiento

- Verificación de la reparación
- Borre el DTC con una herramienta de diagnóstico.
- Apague el interruptor de arranque durante 30 segundos o más.
- Arranque el motor.
- Pise a fondo y suelte el pedal del acelerador mientras observa el parámetro del sensor 1 de posición del pedal del acelerador (APP) en la herramienta de diagnóstico.

Falla 3

DTC P0192: Circuito del sensor de presión del riel de combustible, baja, 4JJ1.

Revisión del Sistema de Control del Motor

Resolución de problemas, diagnóstico de comprobación de sistema - controles del motor: síntoma de falla por las siguientes condiciones falta de potencia, aceleraciones, consumos de combustible.

Comprobación del DTC Priorizado

- Conecte la herramienta de diagnóstico.
- Apague el interruptor de arranque durante 30 segundos o más.
- Arranque el motor.
- Observe la información del DTC con una herramienta de diagnóstico. ¿Se generó el DTC P0192?

Respuesta: SI

Solución: seguir el proceso.

Comprobación de Tensión de Señal del Sensor FR

Observe el parámetro del sensor de presión del riel de combustible (FRP) en la herramienta de diagnóstico. ¿El parámetro del sensor de presión del riel de combustible (FRP) es inferior o equivalente al valor especificado?

Valor : 0,4 V

Respuesta: SI

Solución: seguir el proceso.

Comprobación de Tensión de Referencia de 5 V para el Sensor FR

- Apague el interruptor de arranque.

- Desconecte el conector del arnés del sensor FRP (E18).
- Encienda el interruptor de arranque.
- Mida la tensión entre el circuito de referencia de 5 V (clavija 3 de E18) del sensor FRP y la tierra de la carrocería. ¿La tensión es superior o equivalente al valor especificado?

Valor : 4,7 V

Respuesta: NO

Inspección de Circuito Abierto en el Circuito de Referencia de 5 V del Sensor FR

Inspeccione el circuito de referencia de 5 V entre el ECM (clavija 6 de E14) y el sensor FRP (clavija 3 de E18) a fin de detectar circuito abierto o alta resistencia. ¿Considera que el resultado es normal?

Cuidado

El sensor FRP comparte el 5 V circuito de referencia con otros sensores. Un fallo en el circuito de referencia de 5 V puede generar los DTC en los sensores que comparten este circuito.

Respuesta: Sí

Solución: Ir a Inspección del conector de arnés del ECM.

Repáre el circuito, como sea necesario.

Inspección del Conector de Arnés del Sensor FR

Inspeccione si se advierten malas conexiones en el conector de arnés del conector de arnés del sensor FRP (clavija 3 de E18).. ¿Considera que el estado de la conexión es normal?

Respuesta: Sí

Solución: Reemplace el pedal del acelerador.

Inspección del Conector de Arnés del ECM

Inspeccione si se advierten malas conexiones en el conector de arnés de ECM (clavija 6 de E14). ¿Considera que el estado de la conexión es normal?

Resultado: Sí

Solución: Ir a Reemplazo del ECM.

Resultado: No

Solución: Repare las conexiones, según sea necesario.

Reemplazo del ECM

Nota. Realice la programación tras reemplazar el ECM.

Finalización del procedimiento

- Verificación de la reparación
- Borre el DTC con una herramienta de diagnóstico.
- Apague el interruptor de arranque durante 30 segundos o más.
- Arranque el motor.

Opere el vehículo en las condiciones para ejecutar el DTC.

Conclusiones

Se concluye que los sensores del sistema CRDI en la Chevrolet DMAX 2019 han sido analizados con precisión y confiabilidad. Los resultados obtenidos proporcionan una comprensión detallada de su rendimiento bajo diversas condiciones, consolidando la base para mejoras en el mantenimiento y la eficiencia del vehículo.

La creación del simulador de fallas para el sistema CRDI de la Chevrolet DMAX 2019 ha alcanzado con éxito los objetivos establecidos. La herramienta diseñada no solo es capaz de emular una variedad de fallas y anomalías en los sensores, sino que también ofrece una plataforma versátil para pruebas adicionales. Este logro respalda la viabilidad y utilidad del simulador en el ámbito del diagnóstico automotriz.

La evaluación comparativa entre las respuestas simuladas y reales de los sensores en situaciones de falla confirma la efectividad del simulador desarrollado. La capacidad del simulador para reproducir con precisión los comportamientos de los sensores validamos su utilidad como herramienta de diagnóstico. Este resultado subraya la relevancia y aplicabilidad del simulador en entornos de servicio automotriz, mejorando la capacidad de los técnicos para identificar y abordar problemas en el sistema CRDI.

Recomendaciones

Se debe considerar el implementar un programa de optimización continua para el simulador de fallas, centrado en la incorporación de nuevas actualizaciones y mejoras. Esto podría incluir la adición de escenarios de falla más complejos y la adaptación a posibles actualizaciones de software o hardware en futuros modelos de vehículos. Mantener el simulador al día garantizará su relevancia y utilidad a lo largo del tiempo.

Se sugiere explorar la integración del simulador con herramientas de diagnóstico en tiempo real. Esto permitiría a los técnicos de automóviles utilizar el simulador como parte de su rutina diaria de diagnóstico, mejorando la eficiencia y la precisión en la identificación de problemas. La interoperabilidad con sistemas de diagnóstico existentes agilizará el proceso de mantenimiento y mejorará la capacidad de respuesta ante posibles fallos.

Considerar la creación de recursos educativos que acompañen al simulador. Estos recursos podrían incluir manuales detallados, tutoriales interactivos y material didáctico para capacitar a técnicos automotrices en el uso efectivo del simulador. La capacitación adecuada maximizará los beneficios del simulador, permitiendo a los profesionales abordar de manera efectiva problemas en el sistema CRDI de la Chevrolet DMAX 2019 y futuros modelos.

Referencias

- Alonso, J. (2009). *Técncas del automóvil.Motores*. Madrid: Paraninfo.
- Augeri, F. (2013). *Sistema Common Rail Presión en el Riel*. Obtenido de <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/356-sistemas-common-rail-presi%C3%B3n-en-el-rail.html>
- Ayora Rivera, J. L. (2017). Análisis y comprobación del funcionamiento de inyectores CRDI piezoeléctricos con el equipo CRT-3500 de KIA. Guayaquil, Ecuador: UIDE.
- Barros Fajardo, L. F., & Pulla Morocho, C. F. (2016). *Análisis de fallas del sistema de alimentación de combustible de un motor Hyundai Santa Fe 2.0 CRDi basado en curvas de osciloscopio*. Quito, Ecuador.
- BOSCH. (2005). *Sistema de inyección Diésel por acumulador Common Rail*. Alemania.
- BOSCH. (2015). *Sistemas modernos de Inyección a Diésel, unidades completas y su despeiece*. Santa Fe, México.
- Castro, J. J. (2015). *Análisis del desempeño de motores CRDi (Common Rail Direct Inyection) a través de formas de onda procesadas por osciloscopio*. Quito, Ecuador .
- CEAC. (2003). *Manual CEAC del automóvil*. Barcelona : ceac.
- Coral, C. (2013). *Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel CRDI*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Domínguez, J. (2020). *Teorías de máquinas y mecanismos* (3 ed.). Sevilla: Universidad de Sevilla . Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/7481496657.pdf
- Fiallos, C. (2020). *DISEÑO DE UN SIMULADOR DE FALLAS PARA EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DEL VEHÍCULO FORD EDGE*. Guayaquil. Recuperado

el 30 de 06 de 2023, de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4269/1/T-UIDE-0053.pdf>

FOXWELL. (2013). *User's Guide Digital Common Rail High Pressure Tester*. Proquest.

Heredia, G. (2008). *Gestión electrónica de motores: Diésel, Nafteros y GNC*. TECNACAS RT.

Llanes-Cedeño, A., Guardia-Puebla, Y., de la Rosa-Andino, A., & Cevallos-Carvajal, S. (2019).

Detección de fallas en motores de combustión mediante indicadores de temperatura y presión de inyección. Cuenca, Ecuador: ProQuest.

Morán, C., & Passo, R. (2016). *Diseño y Construcción del Sistema de Activación y Control de Inyectores Diesel Riel Común CRDI*. Latacunga: ESPE.

Ruichuan, L., Wentao, Y., Jikang, X., & Lin, W. (2023). Study of the Optimization of Rail Pressure Characteristics in the High-Pressure Common Rail Injection System for Diesel Engines Based on the Response Surface Methodology. China: ProQuest.

Salinas Carvajal, D. A., & Villavicencio Ramos, J. D. (2013). Diseño y construcción mecánica de un banco para la comprobación de inyectores diésel: Denso, Delphi y Bosch del sistema CRDI. Latacunga, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército - ESPE.

Zamora, L. (2012). *Sistema de Control de Emisiones. Válvula EGR y Sensor de Posición*.

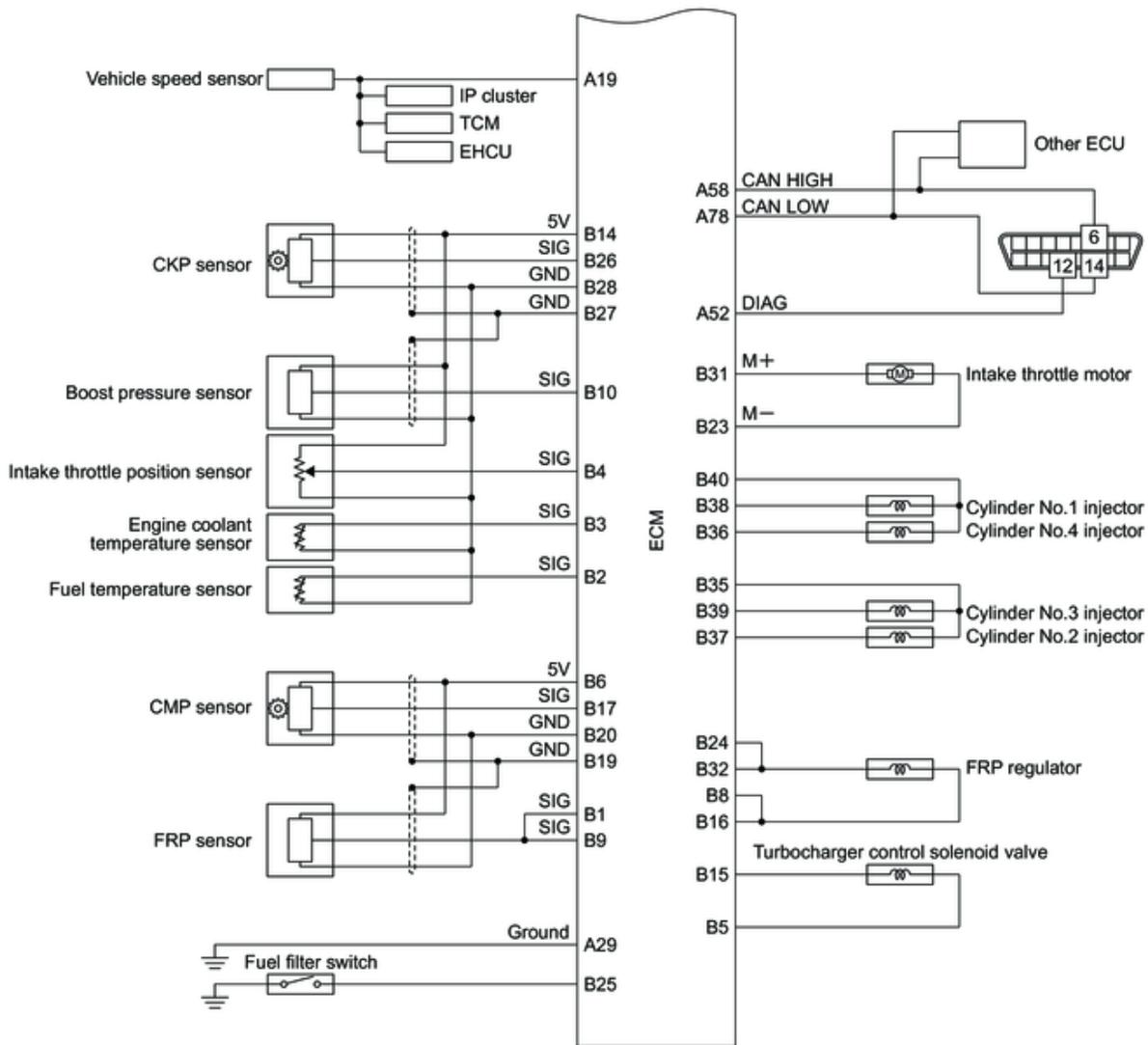
Obtenido de

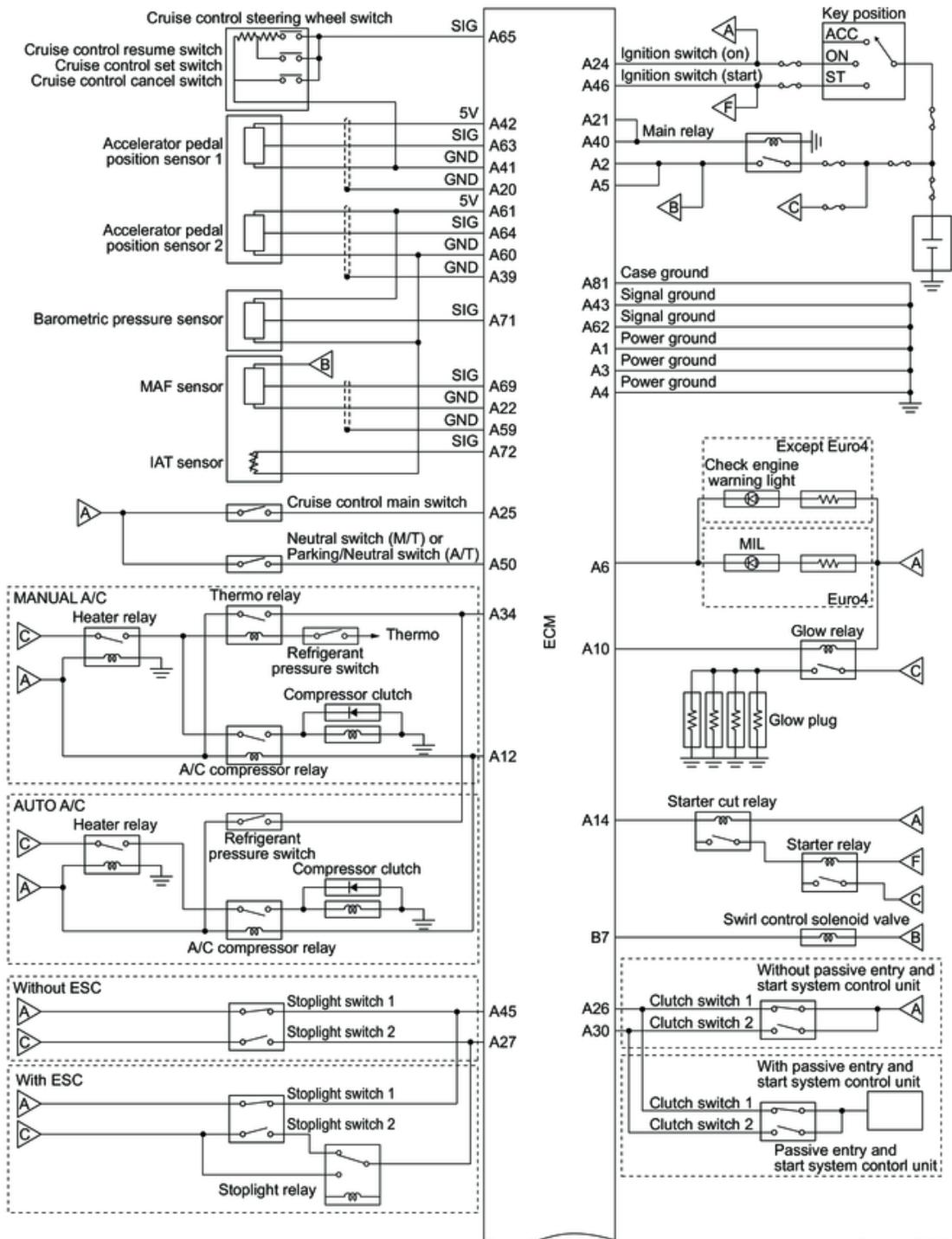
http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/valvula_EGR.pdf

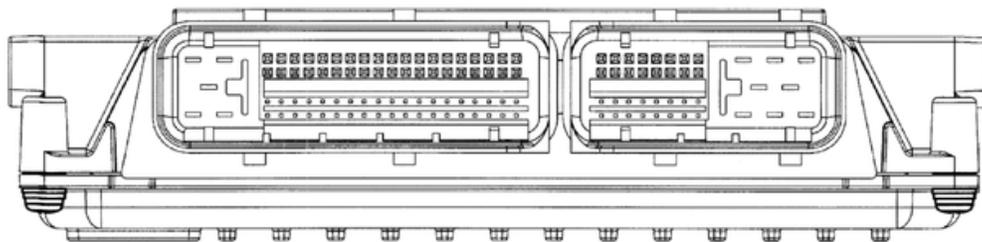
Anexos

Anexo 1

Diagramas eléctricos de conexiones del simulador CRDI

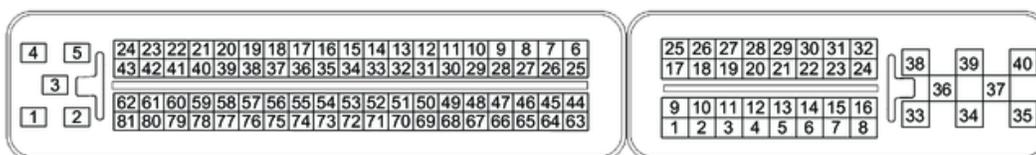






Connector A

Connector B



RTWG1AMF001301

Nota. En el anexo se muestra los diagramas eléctricos de conexiones del simulador CRDI