



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
Powered by Arizona State University

**FACULTAD DE INGENIERÍAS APLICADAS Y
DESARROLLO INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Desarrollo de un banco didáctico de dirección electro-
asistida**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Autor: Guerrero Macias, Elkyn Armando

Tutor: Garcia Ochoa, Erasmo Israel

GUAYAQUIL
2026

Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Yo Erasmo Israel García Ochoa, en calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Desarrollo de un Banco Didáctico de Dirección Electro-asistida realizado por Elkyn Armando Guerrero Macias ha sido orientado y revisado en todas sus partes y considero que cumple los requisitos establecidos por la institución. En virtud de ello doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Erasmo Israel Garcia Ochoa

Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Declaración de autoría y cesión de derechos

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

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.

Autor: Elkyn Armando Guerrero Macias

C.I.: 0953431277

Dedicatoria

Mi dedicatoria de este Trabajo realizado, en primer lugar, a Dios omnipresente, la virgen de Monserrate ubicada en Montecristi destino el cual acudía en ayuda espiritual para darme la fortaleza y la constancia necesarias para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, Benedicto Guerrero y Flora Macías, los cuales han sido el pilar fundamental en mi formación personal y profesional.

A mi padre, por inculcarme valores como el esfuerzo, la responsabilidad y la perseverancia además de brindarme la oportunidad de trabajar a su lado en la finca, lo que me permitió costear mis estudios universitarios y valorar el sacrificio que implica alcanzar esta meta. Al docente tutor, por la orientación en el aula de clases además de la paciencia y apoyo brindados durante el desarrollo de este proyecto incluyendo las materias tomadas con el docente, contribuyendo de manera significativa a la culminación.

Finalmente, a todas las personas que confiaron en mí y me apoyaron moralmente incluso en los momentos más difíciles, les dedico este logro con profunda gratitud y cariño.

Agradecimiento

El autor expresa su sincero agradecimiento a la Universidad Internacional del Ecuador por la formación académica brindada a lo largo de la carrera, así como a los docentes que brindaron sus conocimientos y experiencia, contribuyeron al desarrollo del carácter para poder realizar del presente trabajo.

De manera especial, se agradece al docente tutor por la orientación técnica, el acompañamiento constante y las observaciones oportunas que permitieron fortalecer el contenido y la calidad de esta investigación.

Finalmente, se agradece a la familia por el apoyo moral a mis padres por el económico brindado durante el proceso de formación académica, el cual fue fundamental para la culminación de la carrera generando una gran satisfactoria de este trabajo.

Índice de contenido

Carátula	I
Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	V
Índice de contenido	VI
Índice de tablas	IX
Índice de figuras	X
Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo I	5
Antecedentes	5
1.1 Tema	5
1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema	5
1.2.1 Planteamiento del problema	5
1.2.2 Formulación del problema	6
1.3 Objetivos de la investigación	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos específicos	7
1.4 Justificación y delimitación de la investigación	7
1.4.1 La justificación teórica	8
1.4.2 Justificación metodológica.....	9
1.4.3 Justificación práctica	9
1.4.4 Delimitación temporal	9

1.4.5	<i>Delimitación geográfica</i>	9
1.4.6	<i>Delimitación contenido</i>	9
Capítulo II		10
Marco de referencia		10
2.1	Marco teórico.....	10
2.2	Conceptos preliminares	10
2.2.1	<i>Evolución de los sistemas de dirección y el surgimiento del EPS</i>	11
2.2.2	<i>Componentes y funcionamiento del EPS</i>	12
2.2.3	<i>Integración con OBD-II, CAN y sistemas ADAS</i>	13
2.3	Marco conceptual.....	13
2.3.1	<i>Sensor de par</i>	13
2.3.2	<i>Sensor de posición</i>	14
2.3.3	<i>El banco didáctico de EPS</i>	15
Capítulo III		16
Diseño y desarrollo del banco didáctico.....		16
3.1	Diseño de estructura del banco didáctico.....	16
3.1.1	<i>Diseño asistido por computadora de la estructura banco</i>	16
3.1.2	<i>Elaboración física de la estructura del banco</i>	19
3.2	Proceso de ensamblaje de elementos mecánicos del banco de dirección electroasistida (EPS)	21
3.3	Banqueo del módulo de dirección electro-asistida	23
3.3.1	<i>Características del módulo EPS del Kia Picanto Morning 3ª generación 2024</i>	23
3.3.2	<i>Diagrama eléctrico del módulo EPS del Kia Picanto Morning</i>	24
3.3.3	<i>Conexiones del banco del modulo</i>	26
3.3.4	<i>Conexiones del banco del módulo con motor de asistencia y señales.</i>	27
3.4	Desarrollo del circuito eléctrico para simulación de fallas del sistema EPS...	28

3.4.1	<i>Descripción y creación del circuito eléctrico con simulación de fallos del sistema MDPS.....</i>	29
3.4.2	<i>Elaboración del circuito físico del banco MDPS</i>	31
	Capítulo VI	34
	Resultados y discusión	34
4.1	Funcionamiento del banco didáctico.....	34
4.1.1	<i>Proceso de calibración.....</i>	34
4.2	Evaluación del desempeño del sistema EPS en condiciones de laboratorio ..	36
4.2.1	<i>Verificación de señales del sistema EPS mediante osciloscopio</i>	38
4.2.2	<i>Parámetros visualizados con el escáner (launch x431 pro)</i>	41
4.3	Simulación de fallos presentados en el banco de dirección electro-asistida EPS.....	42
4.3.1	<i>Simulación de fallo por baja tensión en el sistema EPS.....</i>	42
4.3.2	<i>Simulación de fallo por pérdida de comunicación CAN/OBD-II</i>	44
4.3.3	<i>Simulación de fallo por Irrupción a tierra</i>	46
4.4	Análisis de códigos de diagnóstico de fallas.....	47
	Conclusiones	49
	Recomendaciones	50
	Referencias	51
	Anexos.....	53

Índice de tablas

Tabla 1 Partes Principales del Sistema de Dirección Electrónica EPS	12
Tabla 2 DTC generados por los fallos controlados	47

Índice de figuras

Figura 1 Sensor de posición de Angulo de giro del volante.....	14
Figura 2 Sensor de torque aplicado al volante.....	14
Figura 3 Esquema de banco didáctico del sistema de dirección electrónica (EPS).....	15
Figura 4 Diseño de elemento mecánico en objeto 3D	17
Figura 5 Representación de elementos en software AutoCAD	17
Figura 6 Sistema EPS 3D	18
Figura 7 Boceto estructural del banco de dirección electro-asistida (EPS).....	18
Figura 8 Proceso de elaboración física del banco	19
Figura 9 Detallado estructural del banco	20
Figura 10 Proceso de pintado del banco	20
Figura 11 Proceso de pintado del banco	21
Figura 12 Banco de dirección electro-asistida	22
Figura 13 Módulo de dirección electro-asistida Kia Picanto 3ª generación 2024.....	24
Figura 14 Diagrama eléctrico del módulo EPS del Kia Picanto 3ª generación 2024.....	25
Figura 15 Pinout del módulo EPS del Kia Picanto 3ª generación 2024.....	25
Figura 16 Banqueo del módulo EPS del Kia Picanto 3ª generación 2024	26
Figura 17 Diseño de diagrama eléctrico	28
Figura 18 Circuito eléctrico del banco de dirección electro-asistida	29
Figura 19 Resistencia ubicadas en la red de comunicación CAN-BUS	31
Figura 20 Panel de banco de dirección electro-asistida	32
Figura 21 Interior del panel del banco de dirección electro-asistida.....	33
Figura 22 Sistema condenado entre cremallera y terminal de dirección	35
Figura 23 Proceso de calibración de la columna de dirección.....	35
Figura 24 Cruceta de dirección electro-asistida.....	36
Figura 25 Fuente de alimentación del banco	37
Figura 26 Comprobación de señales mediante escáner automotriz	37
Figura 27 Voltaje línea de comunicación CAN high.....	38
Figura 28 Señal línea de comunicación CAN low y high	38
Figura 29 Voltaje de alimentación del motor de asistencia.....	39
Figura 30 Señal de la alimentación generada por el motor	39
Figura 31 Señal se sensores de par	40
Figura 32 Señal de sensor de Angulo.....	40
Figura 33 Comprobación de señales mediante escáner automotriz	41
Figura 34 Muestreo de DTC presentados por el banco.....	42
Figura 35 Tensión de encendido del módulo EPS.....	43
Figura 36 Caída de tensión de encendido del módulo EPS	43
Figura 37 DTC presentado en simulación de baja tensión	44
Figura 38 Perdida de comunicación CAN/OBD-II.	45
Figura 39 DTC presentado por simulación de perdida de comunicación CAN/OBD-II.	45
Figura 40 DTC presentado por simulación de fallo por Irrupción a tierra.	46

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño y desarrollo de un banco didáctico de dirección electro-asistida (EPS). El proyecto contempla la integración de componentes mecánicos tales como la cremallera, columna de dirección, volante, suspensión, por similitud elementos eléctricos y electrónicos como lo es el módulo EPS y sus correspondientes sensores de torque, posición, conectores OBD II, interruptores (para la simulación de fallas controladas), los cuales permiten simular el funcionamiento real de un sistema de dirección electro-asistida. Mediante este banco didáctico se busca facilitar la obtención y el análisis de mediciones mediante el uso de escáner automotriz y osciloscopio para la lectura de los sensores asimilando su funcionamiento para posteriores criterios plausibles en el ámbito laboral, permitiendo la visualización e interpretación de señales eléctricas, parámetros de funcionamiento y simulación de posibles fallas del sistema. De esta manera, los estudiantes podrán comprender e implementar los fundamentos teóricos compartidos por el docente en el banco didáctico del sistema de dirección electro-asistida (EPS) en diferentes condiciones de operación, así como aplicar técnicas de diagnóstico. Finalmente, el desarrollo de este banco didáctico pretende aportar a la mejora de los procesos de enseñanza–aprendizaje, ofreciendo una herramienta segura, controlada y repetible que permita vincular la teoría con la práctica, fomentando el análisis crítico, criterios plausibles además de la experimentación dentro de este sistema.

Palabras clave: Dirección electroasistida (EPS), Banco didáctico, Diagnóstico automotriz.

Abstract

The project includes the integration of mechanical components such as the rack, steering column, steering wheel, and suspension, along with similar electrical and electronic elements such as the EPS module and its corresponding torque and position sensors, OBD II connectors, and switches (for simulating controlled faults). These components allow for the simulation of the real-world operation of an electric power steering system. This training bench aims to facilitate the acquisition and analysis of measurements using an automotive scanner and oscilloscope to read the sensors. This understanding of sensor operation will enable students to grasp their functionality for future practical applications in the workplace, visualizing and interpreting electrical signals, operating parameters, and simulating potential system faults. In this way, students will be able to understand and implement the theoretical principles shared by the instructor on the electric power steering (EPS) system training bench under different operating conditions, as well as apply diagnostic techniques. Finally, the development of this educational bank aims to contribute to the improvement of teaching and learning processes, offering a safe, controlled, and repeatable tool that allows linking theory with practice, fostering critical analysis, plausible criteria as well as experimentation within this system.

Keywords: Electric Power Steering (EPS), Training Bench, Automotive Diagnostics.

Introducción

Los avances tecnológicos mostrados en la industria automotriz, demuestra un gran impulso enfocado en la incorporación de los sistemas electrónicos tal como controles que asistan al conductor para generar mayor seguridad, eficiencia en los motores al reducir esfuerzos mecánicos con sistemas complejos así aumentado una experiencia y confort al momento de generar conducir del automotor. Entre estos avances, el sistema de dirección asistida eléctrica (EPS, Electric Power Steering) ha tenido una gran consolidación como un componente esencial en los vehículos modernos, al sustituir los sistemas de dirección mecánicos, hidráulicos y electrohidráulicos. Este sistema emplea un motor eléctrico acompañado por sensores y una unidad de control electrónico correspondiente a un módulo para proporcionar una asistencia variable al giro del volante en conjunto con la necesidad del conductor, reduciendo el consumo energético y permitiendo la integración con sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS).

El sistema de dirección electroasistida (EPS) se ha consolidado como una tecnología clave en la industria automotriz moderna, debido a su eficiencia energética, reducción de esfuerzos mecánicos y compatibilidad con sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS). Sin embargo, en el ámbito académico, aún existe una limitada disponibilidad de recurso didáctico correspondiente al sistema de dirección electro-asistida que permitan a los estudiantes analizar de forma práctica el funcionamiento, diagnóstico y mantenimiento de estos sistemas.

Esta situación genera una brecha entre los conocimientos teóricos impartidos en el aula y las competencias prácticas requeridas en el ámbito profesional, dificultando una comprensión de los sistemas EPS. En respuesta a esta necesidad, el presente proyecto plantea el diseño y desarrollo de un banco didáctico de dirección electroasistida (EPS), como una herramienta educativa que facilite el aprendizaje experimental y el fortalecimiento de las habilidades técnicas de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador. El proyecto se limita al diseño, integración y validación

de la comunicación de una maqueta didáctica funcional del sistema de dirección electroasistida (EPS). Para ello, se integraron los principales componentes del sistema, tales como el módulo de dirección electroasistida, la columna de dirección, la cremallera, el motor eléctrico, los sensores y la fuente de alimentación, permitiendo la simulación controlada de fallas eléctricas y electrónicas.

Entre las fallas reproducidas se incluyeron simulaciones en pérdida de alimentación a tierra del motor, interrupciones en la señal de ignición y simulaciones de baja tensión del sistema. La maqueta permitió la obtención de datos de diagnóstico mediante herramientas especializadas, como el escáner automotriz a través de la comunicación CAN y el uso del osciloscopio mediante puntos de medición. Durante el desarrollo del proyecto se presentarán diversas adversidades, entre las que destacan el acceso a información técnica actualizada sobre sistemas EPS que corresponde al Kia Picanto Morning, la disponibilidad de herramientas de diagnóstico automotriz tales como el escáner y osciloscopio proporcionados por la universidad y el acompañamiento académico por parte de los docentes de la carrera. No obstante, también se enfrentaron limitantes relacionadas con la complejidad del sistema electrónico dado a que es actual del año 2024, durante el desarrollo del proyecto se presentaron desafíos relacionados con la compatibilidad entre los componentes mecánicos, la adecuada distribución de espacios en el banco didáctico y la necesidad de garantizar condiciones de seguridad eléctrica para su uso y manipulación con fines académicos. Estas dificultades fueron superadas mediante un proceso de análisis técnico, la realización de pruebas progresivas y el seguimiento de los diagramas eléctricos proporcionados por Kia Motors, así como la aplicación de criterios técnicos en el diseño e implementación de conexiones seguras dentro del banco didáctico.

La metodología para utilizar en la investigación será de manera experimental y mecánica, el trabajo se estructura en varios capítulos. La importancia de esta implementación de un banco didáctico radica en su aporte directo a la Universidad Internacional del Ecuador, al proporcionar un recurso didáctico el cual fortalezca el aprendizaje práctico con la teoría implementada por los docentes.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema

Desarrollo de un banco didáctico de dirección electro-asistida.

1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema

En la actualidad, los sistemas de dirección han evolucionado desde los mecánicos a hidráulicos y en la actualidad los electrónicos (EPS), ofreciendo mayor eficiencia, reducción de consumo energético y mejor control del vehículo.

Sin embargo, el desarrollo de la presente maqueta didáctica del sistema de dirección eléctrica (EPS) les permite a los estudiantes conocer el funcionamiento real de un sistema EPS además de generar actividades interactivas de diagnóstico o mantenimiento de esta tecnología. Por ello, la implementación de esta maqueta didáctica contribuirá significativamente al aprendizaje de los estudiantes, ya que facilitará la comprensión de los principios de la dirección eléctrica y permitirá el desarrollo de los conocimientos implementados en la teoría.

1.2.1 Planteamiento del problema

En los últimos años, la industria automotriz ha incorporado de manera progresiva sistemas de asistencia al conductor teniendo como objetivo mejorar la seguridad, aumentar la eficiencia energética reduciendo consumidores mecánicos al motor de combustión interna además de mejorar la experiencia de conducción. Estos avances en el sistema de dirección asistida electrónica (EPS), el cual reemplaza a los sistemas mecánicos, hidráulicos, electrohidráulico mediante el uso de un motor eléctrico de corriente continua, sensores y unidades de control electrónico para asistir al conductor en el direccionamiento del volante.

La implementación del EPS ha permitido una reducción significativa en el consumo de combustible, al eliminar la bomba hidráulica la cual era un consumidor mecánico en el motor de combustión interna que genera pérdidas de energía significativas, este ha facilitado la integración de funciones avanzadas mediante los sistemas ADAS (Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor) como la asistencia en el mantenimiento de carril y los sistemas de

estacionamiento automático. A pesar de estas ventajas, la comprensión de su funcionamiento sigue siendo limitada para los estudiantes, donde aún predominan equipos y maquetas didácticas las cuales se centran en las nuevas tecnologías que se implementan en la actualidad.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar una maqueta didáctica la cual permita a los estudiantes de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador UIDE realizar interacciones de manera práctica a esta tecnología y su estructura que la conforma, el funcionamiento y el diagnóstico mediante herramientas como Osciloscopio y Escáner. La implementación de maquetas didácticas genera una aportación a los conociendo entre la teoría impartida en las aulas y la práctica profesional requerida por la industria automotriz, caracterizada por la rápida transición a sistemas electrónicos de control.

De acuerdo con la Asociación de Ingenieros Automotrices (SAE, 2022), el sistema EPS representa más del 90% de los sistemas de dirección instalados en los vehículos ligeros fabricados a partir del 2020. La implementación de esta maqueta aporta al desarrollo de conocimientos en el ámbito académico y practico sobre este sistema (EPS).

Por lo tanto, el presente anteproyecto propone la implementación de la maqueta didáctica del sistema de dirección asistida electrónica (EPS) para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje en la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador.

1.2.2 Formulación del problema

¿De qué manera el diseño y desarrollo de un banco didáctico de dirección electro asistida (EPS) puede contribuir al fortalecimiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje práctico en el área de diagnóstico, mantenimiento y formación técnica de los estudiantes de Ingeniería Automotriz en la UIDE?

Para dar solución a la problemática presentada, se plantean las siguientes interrogantes específicas:

- ¿Qué limitaciones presentan actualmente los estudiantes en la comprensión teórica y práctica del sistema de dirección asistida electrónica (EPS)?

- ¿Cómo impactará el uso de esta maqueta didáctica en la reducción de la brecha entre teoría y práctica dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje?
- ¿Qué elementos y componentes son necesarios para el diseño y construcción de un banco didáctico de dirección eléctrica (EPS) funcional y seguro?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un banco didáctico de dirección EPS que permita la reproducción controlada de fallas y la comparación de estrategias de asistencia eléctrica.

1.3.2 Objetivos específicos

- Integrar componentes del sistema de dirección electroasistida, columna, cremallera, motor/ECU, sensores y fuente.
- Desarrollar un banco didáctico dirección electroasistida con OBD-II/CAN para la obtención de códigos de error.
- Implementar un simulador de fallas controladas de baja tensión, pérdida de comunicación CAN/OBD-II e interrupción de tierra.

1.4 Justificación y delimitación de la investigación

El sistema de dirección electrónica (EPS) es uno de los sistemas más importantes en el vehículo por la seguridad y eficiencia que aporta a los vehículos en la actualidad. La innovación de los sistemas hidráulicos a los sistemas de dirección asistida electrónica (EPS) ha marcado un avance innovador en el sector automotriz, debido a que el EPS utiliza un motor eléctrico y sensores para asistir la conducción así eliminando elementos que necesitan esfuerzos del motor tales como la bomba hidráulica dando como resultado la reducción del consumo de energía. Además, este sistema permite la integración de tecnologías avanzadas como el asistente de mantenimiento de carril y el estacionamiento automático, lo que lo convierte en un componente muy importante en la actualidad.

En el ámbito académico se detecta una ausencia de una maqueta del sistema de dirección asistida electrónica (EPS) recurso esencial para el aprendizaje de esta tecnología

la cual permitan a los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador UIDE comprender de manera práctica el funcionamiento del EPS. Este proyecto se justifica en la medida de integrar un recurso didáctico en forma de una maqueta funcional del sistema EPS, que permitirá a los estudiantes experimentar, analizar fallos eléctricos mediante osciloscopio diagnosticar DTC (Código de Diagnóstico de Problemas) con herramientas escáner y comprender de forma integral su comportamiento.

La investigación se delimita al diseño e integración elaborando una maqueta didáctica del sistema de dirección asistida electrónica (EPS) destinada al uso exclusivo en la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador UIDE. El estudio se enfocará en la descripción de componentes, el diseño y ensamble de la maqueta, así como en la recolección de datos con instrumentación básica (osciloscopio, escáner) mediante las interfaces de comunicación y la validación de su aplicación pedagógica, sin abarcar la implementación en vehículos reales.

1.4.1 La justificación teórica

La justificación teórica del proyecto " Diseño y desarrollo de un banco didáctico de dirección electroasistida (EPS) para la docencia y las prácticas de laboratorio en educación superior " es fundamental para fortalecer el aprendizaje de esta nueva tecnología. A continuación, se presenta una justificación teórica detallada para respaldar este proyecto:

- Evolución de los sistemas de dirección: El sistema de dirección electrónica (EPS) ha evolucionado de mecanismos completamente mecánicos a sistemas hidráulicos, electrohidráulicos y en la actualidad a electrónicos que en los últimos años se ha estandarizado en los vehículos de producción masiva dado a eficiencia y confiabilidad además de su adaptabilidad a nuevas tecnologías de asistencia avanzada.
- Importancia del EPS en la eficiencia energética: A diferencia de los sistemas mecánicos que requieren de una conexión permanentemente al motor la cual representa un consumo energético el EPS utiliza un motor eléctrico el cual consume energía solo cuando el conductor lo requiere.

1.4.2 Justificación metodológica

La justificación metodológica del proyecto se llevará a cabo mediante la recolección empírica de datos y análisis de los datos conjunto con un diagnóstico y mantenimiento posterior a diagnóstico.

Aplicando la teoría aportada por los docentes y actuando de manera didáctica para evaluar el sistema de dirección electrónica (EPS). Los resultados obtenidos proporcionarán información y aprendizaje de una manera didáctica de gran importancia con fundamentos teóricos para la industria automotriz.

1.4.3 Justificación práctica

Este proyecto contribuye una maqueta didáctica la cual es esencial para comprender el funcionamiento de esta tecnología como lo es los oscilogramas de los sensores en el interior de mecanismo además de los posibles DTC que se pueden presentar mediante la conexión de las líneas de comunicación CAN HIGH Y LOW con los fallos controlados. Los oscilogramas y posibles DTC obtenidos aportaran a la comprensión y enfundaran conocimientos en los futuros ingenieros formados por la universidad que podrán aplicar en la industria automotriz.

1.4.4 Delimitación temporal

El presente proyecto se desarrollará durante un período de 6 meses, comenzando en noviembre de 2025 y finalizando en febrero de 2026.

1.4.5 Delimitación geográfica

El trabajo se desarrollará en la ciudad de Guayaquil. Este proyecto se llevará a cabo dentro de la escuela de ingeniería automotriz sede GYE.

1.4.6 Delimitación contenido

El proyecto se enfocará en el desarrollo específicamente de una maqueta didáctica del sistema de dirección electrónico (EPS) conjunto con los datos obtenidos en su manipulación, considerando su funcionamiento, componentes principales y ventajas frente a los sistemas de dirección tradicionales.

Capítulo II

Marco de referencia

2.1 Marco teórico

La dirección en los vehículos ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo, un principio, los automóviles utilizaban sistemas de dirección manual, donde toda la fuerza necesaria para girar las ruedas provenía directamente del conductor. Este sistema, aunque mecánicamente simple y confiable, resultaba poco práctico en vehículos de mayor peso, ya que exigía un esfuerzo considerable, sobre todo en maniobras a baja velocidad. (Gillespie, 1992).

Con el avance de la industria automotriz se incorporó la dirección hidráulica, la cual introdujo una bomba accionada por el motor que generaba presión hidráulica para asistir el giro del volante. Este mecanismo redujo de manera importante el esfuerzo físico requerido, aunque trajo consigo inconvenientes como el aumento en el consumo de combustible, pérdidas mecánicas constantes y una mayor necesidad de mantenimiento (Jazar, 2017).

Posteriormente, se desarrolló la dirección electrohidráulica (EHPS), considerada como una etapa de transición entre lo hidráulico y lo eléctrico. En este sistema, la bomba hidráulica era accionada por un motor eléctrico, lo que permitió mejorar la eficiencia al eliminar la dependencia directa del motor de combustión (al, Piyabongkarn et al, 2004).

Finalmente, los avances en electrónica y control computarizado dieron paso a la dirección asistida eléctrica (EPS), considerada en la actualidad como una de las tecnologías más relevantes en los vehículos modernos. El EPS utiliza un motor eléctrico y sensores que regulan la asistencia en función del par aplicado por el conductor, lo que garantiza mayor precisión y eficiencia energética (Bosch, 2014).

2.2 Conceptos preliminares

El sistema de dirección asistida eléctrica (EPS, por sus siglas en inglés) se ha convertido en uno de los componentes fundamentales de los vehículos modernos, debido a su eficiencia, confiabilidad, precisión, capacidad de fusión con sistemas de asistencia avanzada al conductor (ADAS). A diferencia de los sistemas hidráulicos, el EPS no requiere

bombas ni fluido hidráulico, lo que reduce significativamente el consumo de energía y las pérdidas mecánicas. Según la Sociedad de Ingenieros Automotrices, “el EPS representa más del 90% de los sistemas de dirección instalados en vehículos ligeros fabricados después de 2020” (SAE, 2022, p. 14).

2.2.1 Evolución de los sistemas de dirección y el surgimiento del EPS

Evolución de los Sistemas de Dirección y el Surgimiento del EPS. Los sistemas de dirección han evolucionado desde los mecanismos completamente mecánicos de los primeros automóviles, aquellos transmitían la fuerza del conductor directamente mediante engranajes, caña de dirección, hasta los sistemas hidráulicos que reducen el esfuerzo requerido mediante bombas conectadas al motor.

A partir de la década de 1990, se desarrolló la dirección asistida eléctrica (EPS), que reemplaza la bomba hidráulica por un motor eléctrico, integrando sensores de par y posición y una unidad de control electrónico (ECU) que ajusta dinámicamente la asistencia según la velocidad del vehículo y la fuerza aplicada por el conductor. Este sistema no solo mejora la eficiencia energética y reduce el consumo de combustible, sino que también permite la integración de funciones avanzadas de asistencia al conductor, como el mantenimiento de carril y el estacionamiento automático, formando la base de los sistemas ADAS modernos (SAE, 2022; Liu & Chen, 2021).

El sistema de dirección electrónica se consideró esencial inicialmente en vehículos japoneses de gama alta, esta tecnología fue migrando a los vehículos europeos y estadounidenses así convirtiéndose actualmente en un estándar en más del 90% de los vehículos ligeros de producción masiva. El desarrollo de bancos didácticos que simulan el funcionamiento del EPS aporta a los estudiantes de Ingeniería Automotriz obtener práctica en la manipulación directamente de su operación, realizar prácticas de diagnóstico y mantenimiento además de comprender la relación entre la teoría impartida en las aulas por los docentes y la práctica profesional requerida por la industria automotriz, Desarrollar un banco didáctico de dirección EPS que permita la reproducción controlada de fallas y la comparación de estrategias de asistencia eléctrica.

2.2.2 Componentes y funcionamiento del EPS

El EPS se compone de varios elementos principales realizando un trabajo asíncrono entre la necesidad implicadas por el conductor para realizar unas maniobras conjunto con los sensores los cuales se encargan de receptar la información y proporcionarla la (ECU) la cual la trasmite al motor eléctrico para que realice la asistencia de fuerza necesaria al conductor garantizando una conducción más suave y segura, como se interpreta los componentes y su función descritos en la (Tabla 1)

Tabla 1

Partes Principales del Sistema de Dirección Electrónica EPS

Componente	Función
Columna de Dirección	Encargada de transmitir la fuerza y dirección aplicado por el conductor al sistema sensores de par y posición.
Motor eléctrico	Proporciona asistencia al giro del volante según la señal de la ECU, reduciendo el esfuerzo del conductor y aumentando la eficiencia del motor propulsor.
Unidad de Control Electrónico (ECU)	Procesa la información proporcionada por los sensores y controla la cantidad de asistencia del motor eléctrico, ajustando dinámicamente según la velocidad y fuerza de giro requerida por el conductor.
Sensores de posición	Mide parámetros de posición tanto del ángulo de giro del volante, torque proporcionado por el conductor y de la velocidad ruedas para garantizar una asistencia precisa y estable.
Fuente de alimentación	Suministra energía al motor eléctrico
Interfaces de diagnóstico	Permite la comunicación denominada HMI para la lectura códigos de falla (DTC), variables en tiempo real (corriente, voltaje, torque, ángulo) y la realización de pruebas de diagnóstico.

Nota. Los componentes descritos su función son en base al uso en un vehículo el cual no es similar al desarrollo del banco de dirección electro-asistida.

2.2.3 Integración con OBD-II, CAN y sistemas ADAS

El sistema de dirección electrónica (EPS) no funciona de manera independiente, esta, se integra con otras redes electrónicas del vehículo mediante el protocolo CAN (Controller Area Network) y puede ser monitoreado o calibrar a través del estándar OBD-II (On-Board Diagnostics II). Esa interfaz de comunicación permite la lectura de códigos de falla denominados (DTC) además de otras de variables anteriormente mencionadas y la ejecución de procedimientos de diagnóstico esenciales para el mantenimiento.

Además, el EPS es la base de múltiples sistemas ADAS, incluyendo el asistente de mantenimiento de carril, la asistencia de estacionamiento y la conducción semiautónoma en vehículos conectados y no conectados a la FlexRay la cual es un protocolo de comunicación en red automotriz diseñado para transmitir datos de manera rápida, confiable y determinista como lo es el caso del módulo del EPS. La capacidad de interacción entre EPS y otros módulos electrónicos facilita la implementación de estas funciones avanzadas, lo que resalta la importancia del EPS tanto en vehículos modernos como la formación académica de ingenieros automotrices. El banco didáctico por desarrollar tiene con objetivo replicar estas interacciones, inyectar fallas controladas y analizar la respuesta del sistema.

La comprensión de la integración EPS-OBD-II-ADAS es esencial, ya que permite que los futuros profesionales interpreten datos de diagnóstico, optimicen la seguridad del vehículo y se familiaricen con la tecnología utilizada en la industria automotriz moderna, preparando a los estudiantes para enfrentar los retos de la movilidad inteligente. Desarrollar un banco didáctico de dirección EPS que permita la reproducción controlada de fallas y la comparación de estrategias de asistencia eléctrica.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Sensor de par

El sensor de par observado en la (Figura 1) se encarga de receptar información de la fuerza que el conductor aplica sobre el volante para posterior convertirla en esta fuerza mecánica por medio de señal eléctrica que la ECU interpreta para ajustar el torque del motor asistido. Este sensor en su estándar suele ser de tipo potenciómetro o efecto Hall dando como

envió de datos una comunicación analógica o digital según el diseño del sistema lo cual nos permite medir el par en rangos típicos de ± 10 a ± 50 Nm, su alimentación va de 5V a 12V. Algunos sistemas también brindan la capacidad de monitorear la presión de los neumáticos incluso si la rueda no gira.

Figura 1

Sensor de posición de Angulo de giro del volante



Fuente: (motordocor, 2025)

2.3.2 Sensor de posición

Su función principal es registrar el ángulo de giro del volante, los sensores más comunes son de efecto Hall o codificadores ópticos, estos generan señales proporcionales al ángulo de giro. Su comunicación puede ser analógica, digital o, dependiendo de la complejidad del sistema EPS. El sensor observado en la (Figura 2) sus parámetros medibles incluyen ángulo de dirección (0° a $\pm 540^\circ$), con rangos de alimentación típicos de 5V a 12V (Liu & Chen, 2021).

Figura 2

Sensor de torque aplicado al volante



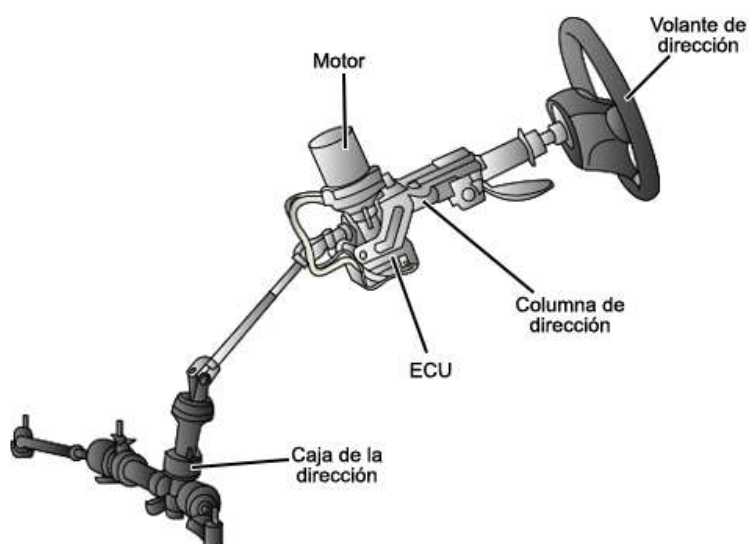
Fuente: (motordocor, 2025)

2.3.3 El banco didáctico de EPS

El banco didáctico de EPS es un recurso educativo para simular la manipulación de un sistema como lo es el funcionamiento completo del sistema de dirección asistida eléctrica. Está compuesto por la columna de dirección, motor eléctrico/actuador, ECU, sensores de par y posición, fuente de alimentación y protecciones, así como interfaces de diagnóstico Tal como se aprecia en la (Figura 3). Su objetivo es proporcionar a los estudiantes un entorno seguro y controlado donde puedan observar, experimentar y practicar el diagnóstico y mantenimiento del EPS sin necesidad de un vehículo completo.

Figura 3

Esquema de banco didáctico del sistema de dirección electrónica (EPS)



Fuente: (blogmecanicos, 2022)

Capítulo III

Diseño y desarrollo del banco didáctico

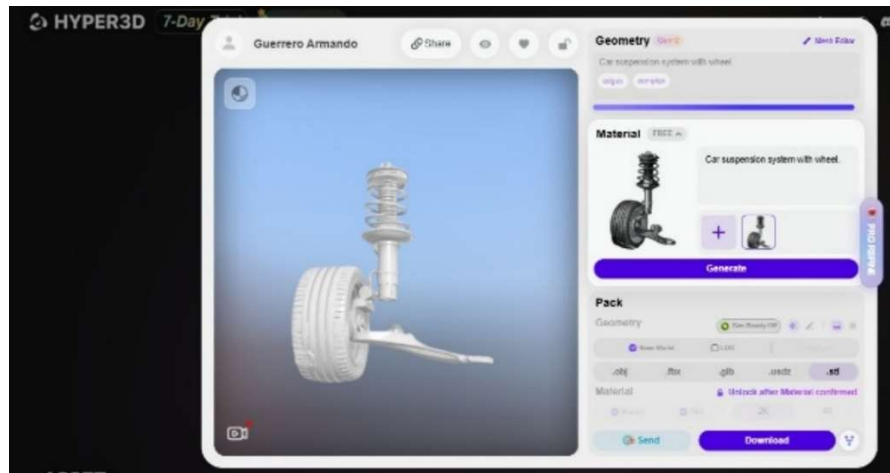
3.1 Diseño de estructura del banco didáctico

Para la elaboración de la estructura del banco se tomará en cuenta los elementos a integrar tales como el volante, cremallera de dirección, suspensión McPherson proporcionada por la universidad, neumático con rin, sistema de dirección electro-asistida (EPS), el cual requiere de una alimentación de 12 voltios que se proporcionara por una batería de automóvil la que tendremos en cuenta una base para su correcto posicionamiento en el banco de fácil acceso para el operario del banco, adicional el panel de control preseleccionado para la ubicación de toma de medidas con los instrumentos de diagnóstico. La integración de estos elementos permite reproducir de forma fiel el funcionamiento del sistema EPS, facilitando el análisis de su operación bajo diferentes condiciones.

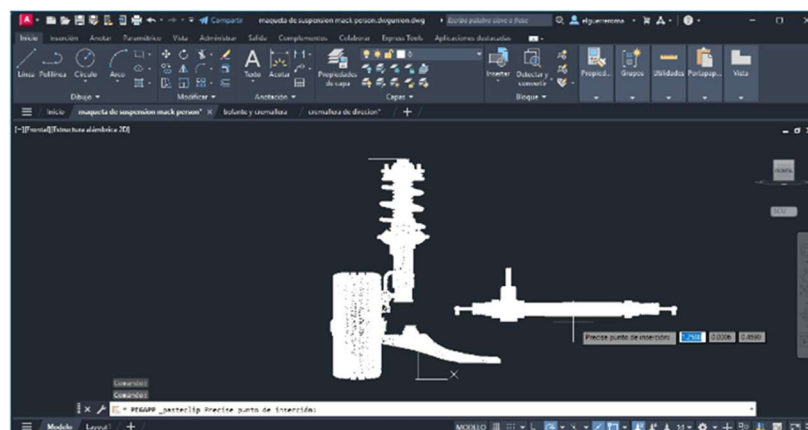
Para la creación de un boceto el cual se desarrollará físicamente se requiere el uso de un software de ayuda en diseño computarizado, el cual usaremos es AutoCAD debido a su amplio uso en la ingeniería automotriz para el diseño de la estructura del banco. La representación de los componentes en el software es esencial para proporcionar los puntos de apoyos de los elementos tanto como la selección del material un tubo cuadrado de 2" para la elaboración de la estructura metálica.

3.1.1 *Diseño asistido por computadora de la estructura banco*

Sin embargo, uno de los principales desafíos enfrentados durante el proceso de diseño estructural es la representación tridimensional de los componentes reales dentro del entorno CAD, el modelado manual de piezas son complejas tales como la suspensión McPherson, la cremallera de dirección o la columna EPS requiere un alto nivel de detalle y una considerable inversión de tiempo, por lo cual para agilizar el proceso me limitado al uso de la aplicación Hyper3D, una herramienta que permite generar modelos tridimensionales a partir de imágenes reales de los componentes tal como observamos en la (Figura 4).

Figura 4*Diseño de elemento mecánico en objeto 3D**Fuente: (hyper3D, 2026).*

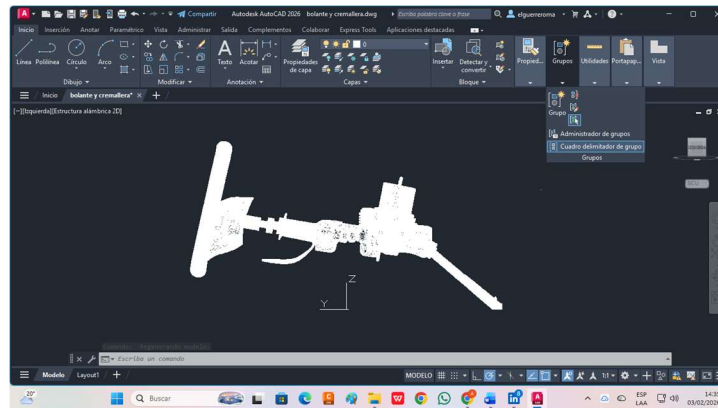
Esta aplicación facilita la creación de modelos 3D con geometrías muy aproximadas además de funcionales para la representación de los elementos preseleccionados para la implementación en la estructura del banco, este proceso se realizó en los elementos a representar en la maqueta los cuales fueron posteriormente importados al software AutoCAD cambiando su formato de OBJ el cual me proporciona la aplicación de hyper3D a DWG para su integración dentro del software de AutoCAD como observamos en la (Figura 5).

Figura 5*Representación de elementos en software AutoCAD**Fuente: (autoCAD, 2026).*

El uso de esta tecnología para la representación de los elementos mecánicos optimiza el tiempo de desarrollo del proyecto, manteniendo un nivel de representación realista demostrado en la (Figura 6) para los fines didácticos y de diseño estructural.

Figura 6

Sistema EPS 3D

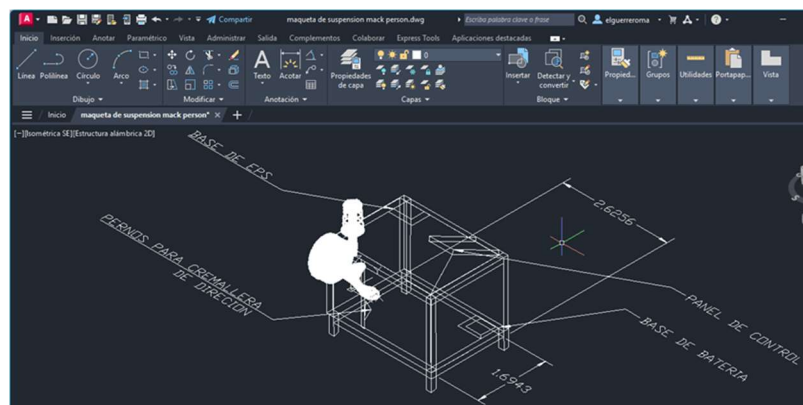


Fuente: (autoCAD, 2026).

Este enfoque no solo permite visualizar de manera clara los componentes en su implementación dado a que el enfoque principal es crear un boceto para el banco didáctico de este sistema creando las bases para una futura construcción física del banco represento en la (Figura 7), asegurando que su diseño cumpla con criterios de funcionalidad. De esta manera, el banco didáctico propuesto se convierte en un recurso valioso para la formación de estudiantes en el área automotriz.

Figura 7

Boceto estructural del banco de dirección electro-asistida (EPS)



Fuente: (autoCAD, 2026).

3.1.2 *Elaboración física de la estructura del banco*

Para la elaboración de la estructura del banco didáctico de dirección electro-asistida se seleccionó como material principal el tubo cuadrado de acero estructural de 2 pulgadas, este material es fácil de manipular para realizar cortes a mitad de la estructura representados en la (Figura 5) con las medidas de altura 0.60 m, un ancho de 0.90 m además de un largo de 0.50 m. Los elementos compuestos por la suspensión McPherson quedarán suspendidos fuera del marco del banco para su mejor apreciación en su funcionamiento como ilustra la (Figura 8), así complementado con perfiles angulares de acero del mismo tamaño para las bases de batería y panel de control del banco, debido a sus adecuadas propiedades mecánicas y su amplia disponibilidad en el mercado se seleccionó este material dado a que presenta una alta resistencia a esfuerzos de flexión, compresión y torsión, esfuerzos que no se presentarán en la manipulación del banco. Lo que garantiza la rigidez y estabilidad necesarias para soportar el peso de los componentes mecánicos y eléctricos del banco, tales como la cremallera de dirección, el sistema de suspensión tipo McPherson, la columna de dirección y el motor eléctrico.

Figura 8

Proceso de elaboración física del banco



Realizado el proceso de selección de material se procede a la construcción física de la estructura diseñada en el software AutoCAD con elementos de EPP e insumos se realiza el proceso de manufacturación del banco realizando operaciones de corte, soldadura y

acabado superficial de los elementos estructurales. La unión de los perfiles de tubo cuadrado y ángulos de acero se realizó mediante soldadura usando electrodos 6011, garantizando la correcta alineación y resistencia de la estructura, de tal modo que se asegure la estabilidad del banco durante su manipulación en los procesos a realizar. Posteriormente, se llevó a cabo el pulido de las uniones soldadas con el fin de eliminar rebabas resultados expuestos en la (Figura 9), irregularidades en las superficies, mejorando tanto la seguridad del equipo como su apariencia estética.

Figura 9

Detallado estructural del banco



La etapa final del proceso de manufactura de la estructura del banco didáctico fue sometida a un proceso de pintado en color azul marino demostrado en la (Figura 10), con el objetivo de proteger el material contra la corrosión y mejorar su presentación estética.

Figura 10

Proceso de pintado del banco



3.2 Proceso de ensamblaje de elementos mecánicos del banco de dirección electroasistida (EPS)

Terminado el proceso de manufacturado del banco, procedemos con el armado de los elementos en la estructura del banco de dirección electro-asistida. Esta etapa consistió en la instalación de los componentes mecánicos y eléctricos seleccionados previamente en la etapa de diseño, con el objetivo de reproducir de manera funcional la simulación del sistema y asegurando el comportamiento real de un sistema EPS. En primer lugar, se realizó la fijación de la cremallera en sus puntos de apoyo continuando con la implementación del sistema (EPS) con el volante de dirección, suspensión McPherson con su respectivo neumático, manzana y amortiguador en la parte exterior de la estructura como se observa en la (Figura 10), Todos estos componentes fueron montados sobre la estructura metálica respetando las posiciones establecidas en el diseño CAD, asegurando una correcta alineación, rigidez estructural y estabilidad durante su operación.

Posteriormente, se llevó a cabo la instalación de los componentes eléctricos y electrónicos del banco, los cuales son fundamentales para el funcionamiento y la finalidad didáctica del sistema. Para este propósito, se seleccionó e incorporó una caja eléctrica demostrada en la (Figura 11) que cumple la función de panel de manipulación y control, ubicada estratégicamente en la estructura del banco para facilitar el acceso del usuario durante las prácticas de laboratorio.

Figura 11

Proceso de pintado del banco



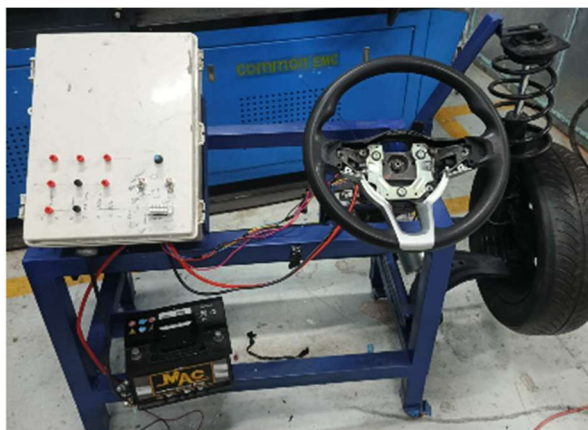
Esta caja eléctrica alberga los principales dispositivos de control y verificación del sistema, permitiendo una interacción directa y segura con el módulo de dirección electroasistida. Su diseño busca no solo proteger los componentes internos, sino también organizar de manera clara y funcional los puntos de conexión y los elementos de mando.

Dentro del panel de manipulación evidenciado en la (Figura 12) se instalaron bornes tipo banana hembra, los cuales permiten la verificación de señales eléctricas del sistema EPS mediante instrumentos de medición como multímetros u osciloscopios. Estos puntos de prueba facilitan el análisis de variables eléctricas tales como voltajes de alimentación, señales de sensores, líneas de comunicación y salidas de control del módulo, sin necesidad de intervenir directamente el cableado.

Adicionalmente, el panel eléctrico incorpora interruptores destinados al encendido y apagado del sistema, así como a la simulación de diferentes condiciones de funcionamiento, tales como cortes de alimentación o desactivación controlada de determinados circuitos. Estos elementos permiten recrear escenarios reales de operación y diagnóstico, fortaleciendo la comprensión del comportamiento del sistema de dirección electroasistida frente a variaciones eléctricas. Asimismo, se integraron otros componentes eléctricos complementarios, como protecciones básicas, conexiones de alimentación desde la batería y canalización del cableado, garantizando un funcionamiento confiable y reduciendo riesgos asociados a cortos eléctricos o conexiones incorrectas.

Figura 12

Banco de dirección electro-asistida



Finalmente, el ensamblaje del banco didáctico se completó verificando la correcta sujeción de todos los componentes, el orden y aislamiento del cableado, y la funcionalidad general del sistema mecánico.

3.3 Banqueo del módulo de dirección electro-asistida

El sistema seleccionado para la implementación en el banco de dirección electro-asistida remonta a un vehículo Kia Picanto 3ª generación 2024, es un vehículo hatchback compacto su diseño principalmente para uso urbano lo cual requiere mucha asistencia en el volante para maniobrar con mayor confort, reconocido por su eficiencia, agilidad y equipamiento moderno. el vehículo incorpora sistemas como el de dirección electroasistida (EPS), un componente representativo y adecuado para su banco didáctico, permitiendo realizar comprobaciones y análisis reales dado a que el módulo permite operar de manera independiente, sin requerir la intervención directa de la unidad de control del motor (ECU) u otros módulos de comunicación como lo sería el sistema (ABS) dado a que algunos sistemas realizan protocolos de comunicación vía red CANbus para la comprobación de su funcionamiento.

Basado principalmente en la alimentación eléctrica, la conexión a tierra y las señales generadas por los sensores internos en la columna de dirección tales como lo son el sensor de par y posición, estos permiten calcular la asistencia a necesidad del usuario. Dividido a esta configuración, el sistema EPS puede activarse, funcionar y comunicarse de manera correctamente durante el proceso de banqueo sin necesidad de establecer comunicación con otros módulos facilitando el comportamiento del sistema en un entorno controlado de laboratorio.

3.3.1 Características del módulo EPS del Kia Picanto Morning 3ª generación 2024

El módulo de dirección electroasistida (EPS) presentado en la (Figura 13) es el componente principal del sistema de asistencia eléctrica de la dirección, encargado de procesar las señales proporcionadas por los sensores además de controlar la asistencia que proporcionar el par adecuado según las condiciones y criterios de conducción.

Figura 13

Módulo de dirección electro-asistida Kia Picanto 3ª generación 2024



Fuente: (repuestosboston, 2025)

Este módulo integra una unidad de control electrónico (ECU) con microcontroladores y circuitos de potencia que reciben información de sensores como el de torque y de posición de la columna de dirección, generando las señales de control que regulan el motor eléctrico de asistencia. La ECU del EPS ajusta su asistencia debido a la funcionalidad del sistema según la fuerza aplicada al volante y, en algunos sistemas, en función de la velocidad del vehículo este brinda asistencias más precisas, confort y la estabilidad. Además, detectando fallas en sensores o en el motor actúa conforme modos de seguridad cuando es necesario, lo cual nos permitirá realizar las simulaciones de fallos en el banco. Finalmente, a pesar de que en operación normal suele comunicarse con otros sistemas del vehículo a través de redes CAN, durante el proceso de banco el módulo puede activarse de forma autónoma utilizando únicamente la alimentación y las señales de los sensores internos, lo que facilita su comprobación en un banco didáctico. (Pros, (2024)).

3.3.2 Diagrama eléctrico del módulo EPS del Kia Picanto Morning

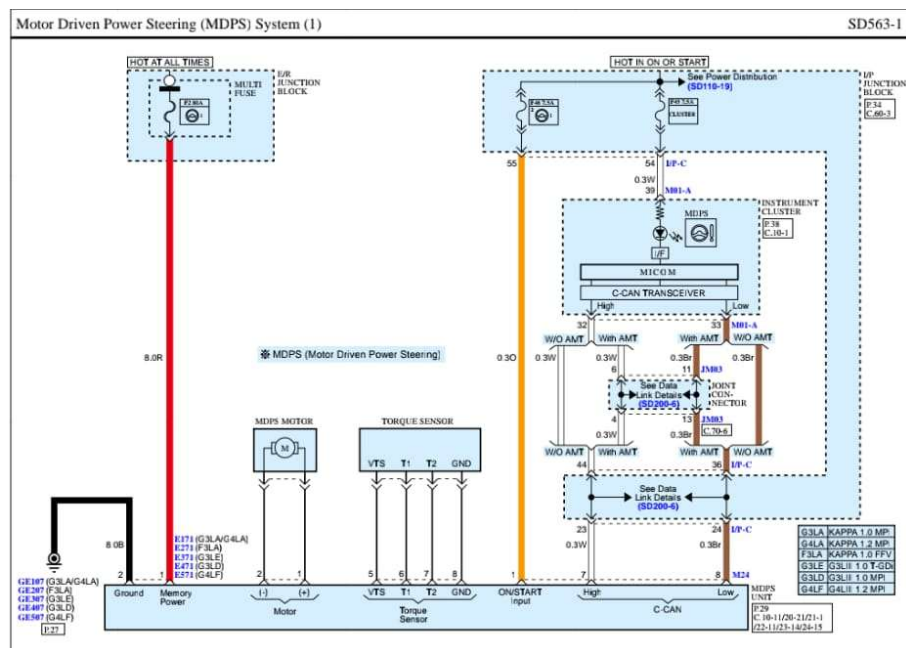
El diagrama representa de manera esquemática las conexiones y funcionamiento de los componentes que integran el sistema de dirección electro-asistida durante el proceso de banco. En este se identifican las principales líneas de alimentación, comunicación CAN, masa, señales de control y posibles puntos de medición, permitiendo comprender de forma clara el funcionamiento del módulo EPS, las alimentaciones del motor de asistencia.

Este diagrama observado en la (Figura 14) sirve como guía para el correcto banco, verificación y análisis del sistema en un entorno controlado de laboratorio.

Figura 14

Diagrama eléctrico del módulo EPS del Kia Picanto 3ª generación

2024

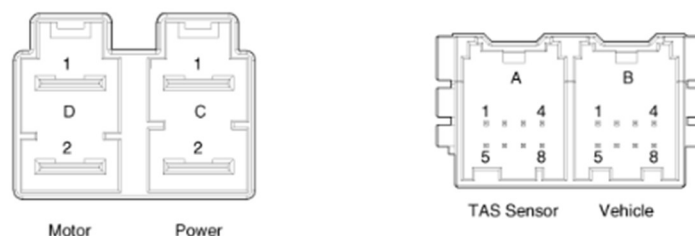


Fuente:(kiamanual, 2024)

Se procedió a realizar el banco del módulo de dirección electroasistida con el objetivo de comprobar su correcto funcionamiento y validar la operatividad del sistema en condiciones controladas. Este procedimiento consistió en la alimentación del módulo mediante la batería instalada en el banco conservando sus puntos de alimentación y comunicación explícitos en el diagrama y conexiones del pinout observados en la (Figura 15),

Figura 15

Pinout del módulo EPS del Kia Picanto 3ª generación 2024



Fuente: (kiamanual, 2024)

3.3.3 Conexiones del banqueo del modulo

La verificación de las señales eléctricas es necesaria para su activación, asegurarse que los parámetros de voltaje y conexión se encuentren dentro de los valores establecidos por el fabricante observado en la tabla proporcionada por el manual del vehículo, para la correcta activación del módulo registrado en la (Figura 16) es necesario realizar las conexiones y revisión de los siguientes parámetros.

- Motor 2P conector D: verificación de señales de alimentación correspondientes a pint 1(+12V) y pint 2 (GND).
- Batería 2P conector C: verificación de alimentación directo a fuente pint 1(+12V) y pint 2 (GND).
- Señal 8P conector B: verificación de señal ignición pint 1 (12v), pint 7 señal de comunicación CAN H (+3.5V - +4.5V), Pint 8 señal de comunicación CAN L (+1.5V - +3.5V) y la resistencia entre las líneas debe ser 60 Ω .
- OBDII: Pin Funcional para comunicación con escáner mediante comunicación CAN BUS pint 4 Tierra (GND), Pint 5Tierra (GND), pint 16 (+12V) batería Alimentación directa, pint 6CAN High (CAN-H), pint 14 CAN Low (CAN-L).

NOTA: El cierre de comunicación de la línea CAN corresponde a la resistencia de 60 Ω en paralelo entre la línea de comunicación CAN-H y CAN-L con 2 resistencias de 120 Ω .

Figura 16

Banqueo del módulo EPS del Kia Picanto 3ª generación 2024



El banqueo permitió evaluar la comunicación vía red CANbus dando apertura a la comunicación del módulo al escáner automotriz con diagnóstico de apertura manualmente seleccionando marca, tipo del vehículo, año y finalmente el sistema a diagnosticar en ese caso se encuentra como sistema de dirección asistida accionada por motor (MDPS Motor Driven Power Steering). Dentro de este diagnóstico mediante el banqueo solo observan parámetros de alimentación y tensión del módulo mas no verificar señales de los sensores debido a solo tener el módulo individual.

3.3.4 Conexiones del banqueo del módulo con motor de asistencia y señales

Se procedió a realizar el banqueo del módulo de dirección electro-asistida con el objetivo de comprobar su correcto funcionamiento, señal emitida por los sensores y validar la operatividad del sistema en condiciones controladas. Este procedimiento consistió en la alimentación del módulo mediante la batería instalada en el banco, así como en la verificación de las señales eléctricas necesarias para su activación, asegurando que los parámetros de voltaje y conexión se encuentren dentro de los valores establecidos por el fabricante. El banqueo permitió evaluar la respuesta del motor eléctrico de asistencia ante el giro del volante, así como el correcto procesamiento de las señales provenientes de los sensores del sistema.

Durante el proceso de banqueo, se utilizaron los puntos de medición los cuales serán ubicados en el panel de control, específicamente con el borne tipo banana hembra, para la comprobación de señales eléctricas tales como la alimentación principal, las señales de control y las salidas del módulo EPS. Mediante el uso de instrumentos de medición se verificó la presencia y estabilidad de los voltajes, así como la continuidad de los circuitos, permitiendo detectar posibles fallas de conexión o funcionamiento. Asimismo, se realizaron pruebas de encendido y apagado del sistema mediante los interruptores a colocar en el panel de control, simulando condiciones reales de operación y validando la respuesta del módulo ante diferentes escenarios eléctricos.

Finalmente, los resultados obtenidos durante el banqueo del módulo confirmaron el adecuado funcionamiento del sistema de dirección electro-asistida, demostrando que el

banco didáctico cumple con los objetivos planteados para su implementación. Este proceso de comprobación garantiza que el equipo se encuentra en condiciones óptimas para su uso en prácticas académicas, permitiendo a los estudiantes analizar, diagnosticar y comprender el comportamiento del sistema EPS de manera segura, práctica y controlada.

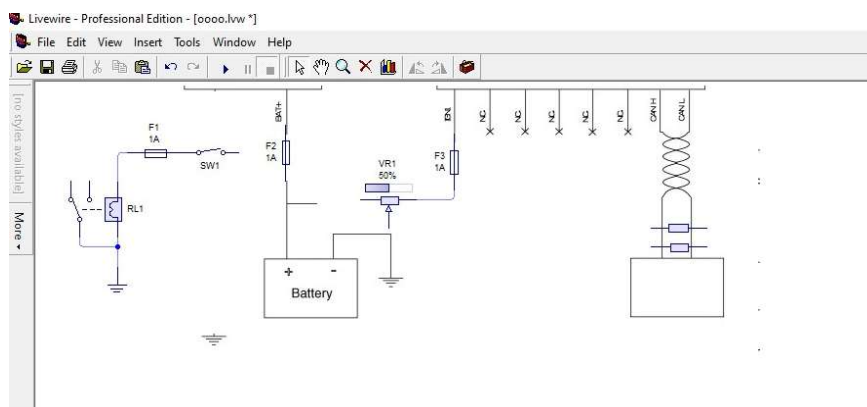
3.4 Desarrollo del circuito eléctrico para simulación de fallas del sistema EPS

Diseño e implementación de un circuito eléctrico basado en el circuito principal del módulo conjunto con las simulación e interrupción y fallas controlada en el sistema con el objetivo de incitar e implementar métodos de diagnósticos centrados en condiciones reales de operación del sistema. El circuito se elaboró en Liveware evidenciado en la (Figura 17), un software de simulación de circuitos electrónicos, usado para la elaboración y diseño además de simular y analizar circuitos antes de armarlos físicamente, tal caso podemos comprobar las conexiones sin necesidad de implementar cortos no deseados en el proceso de elaboración del circuito físico permitiendo analizar su comportamiento.

La incorporación de este circuito de fallos amplía la funcionalidad del banco al no limitarse a su funcionamiento base de comunicación HMI (Human Machine Interface), integrando una etapa de diagnóstico e interacción didáctica para su aprendizaje de fallos comunes en el sistema, convirtiéndolo en una herramienta completa para prácticas y análisis de sistemas automotrices.

Figura 17

Diseño de diagrama eléctrico



Fuente: (Livewire, 2026)

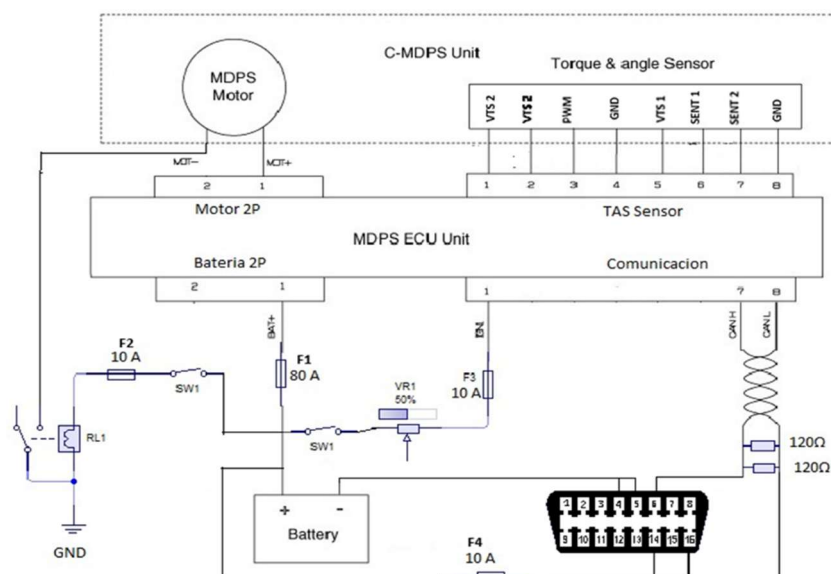
El circuito de interrupción de fallos, la comunicación del módulo de dirección electro-asistida y los sensores del sistema, toman constancia en el diseño del circuito permitiendo de forma eficaz la ubicación de fallos a futuro en caso de ser intervenido el banco, para ello, se utilizaron interruptores ubicados en el panel de control.

3.4.1 Descripción y creación del circuito eléctrico con simulación de fallos del sistema MDPS

El circuito eléctrico desarrollado para el banco de dirección electro-asistida basado en el diagrama original del sistema MDPS (Motor Driven Power Steering) proporcionado por Kia Motors demostrado en la (Figura 18), el cual fue adaptado y modificado para la implementación de su funcionamiento de comunicación y de diagnóstico. A partir del esquema base, se implementaron elementos adicionales de protección como lo fusibles, control de ignición e interrupción que permiten simular los fallos propuestos en los objetivos del proyecto como observamos en la (Figura 18) además de analizar el comportamiento del módulo durante el proceso de banqueo con herramientas con escáner automotriz, osciloscopio y multímetro. El circuito integra el motor MDPS, la unidad de control MDPS ECU, sensores (TAS), la alimentación por batería y el sistema de comunicación CAN a través del conector OBD-II.

Figura 18

Circuito eléctrico del banco de dirección electro-asistida



La alimentación principal del sistema se alimenta base a una batería de 12 V, conectada a la unidad MDPS ECU a través de dos líneas diferenciadas. La primera corresponde a la alimentación de potencia del motor MDPS, protegida por un fusible F1 de 80 A, valor seleccionado debido a la alta demanda de corriente del motor eléctrico de asistencia, especialmente durante maniobras de giro bajo carga garantizando la protección del motor a sobrecargas además de ser alimentación directa al módulo EPS. La segunda línea corresponde a los circuitos de control e ignición del vehículo emulando la señal proporcionada por la ECM del Motor añadiendo su protección mediante al fusible de 10 A (F2, F3, y F4), adecuados para circuitos de baja corriente como señales de activación, sensores y electrónica interna.

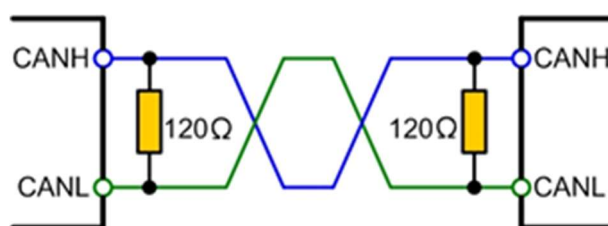
Para la simulación de fallos de ignición y alimentación, el circuito incorpora interruptores SW1, los cuales permiten interrumpir manualmente la señal, estos se encuentran en la parte frontal del panel para la manipulación de encendido y apagado del módulo MDPS. Posterior a uno de estos interruptores se instaló un potenciómetro VR1, este se encargará reducir el voltaje suministrado al módulo simulando la baja tensión en el sistema que será reflejado en el momento de diagnóstico vía escáner o multímetro dependiendo del método de diagnóstico seleccionado por el operador, reproduciendo fallas típicas asociadas a baterías descargadas o caídas de tensión en el sistema eléctrico por robo de corriente o mal estado del cableado esta opción nos permite observar la respuesta del módulo MDPS ante estas condiciones.

El circuito incluye un relé RL1 ubicado en la línea de alimentación a masa del motor MDPS, este elemento nos permite realizar la interrupción controlada de la conexión, su activación de este relé permite el paso de masa al MDPS por la excitación de la bobina interna del relé, por similitud su desactivación simula fallas de tierra, una de las averías más comunes en sistemas automotrices, provocadas por sulfatación, conexiones defectuosas o deterioro del cableado. Esta interrupción permite analizar el comportamiento del motor MDPS y del módulo de control ante la pérdida de referencia a tierra, así como la posible generación de fallos o DTC.

En cuanto a la comunicación por red CAN-BUS, el circuito incorpora un conector OBD-II, conectado a la unidad MDPS ECU a través de las líneas CAN-H y CAN-L. Para garantizar una correcta transmisión de datos y el cierre de comunicación de la red CAN, se instalaron dos resistencias de terminación en paralelo, con un valor nominal de 120 ohmios, cumpliendo con los estándares del protocolo CAN como se observa en la (Figura 19).

Figura 19

Resistencia ubicadas en la red de comunicación CAN-BUS



Fuente: (Basics, 2021)

Estas resistencias son fundamentales para evitar reflexiones o pérdida de señal y asegurar la estabilidad de la comunicación durante el proceso de diagnóstico mediante equipos de escaneo.

El circuito diseñado permite el funcionamiento normal del sistema MDPS, su comunicación y la simulación de fallos eléctricos. La incorporación de fusibles correctamente dimensionados, elementos de control manual y puntos de comunicación convierte al banco didáctico en una herramienta completa para el estudio, diagnóstico y comprensión del sistema de dirección electro-asistida en un entorno controlado.

3.4.2 Elaboración del circuito físico del banco MDPS

La elaboración del circuito físico se realizó basado en el diagrama eléctrico previamente elaborado y diseñado, replicando sus conexiones y verificando su funcionamiento en un entorno real. Este proceso permitió trasladar un circuito teórico a una implementación práctica, garantizando que cada conexión respete la lógica de funcionamiento del sistema de dirección electro-asistida en el desarrollo final del banco didáctico permitiendo la práctica y diagnóstico del sistema.

Para la manipulación y simulación de fallos, se integró un panel de control utilizando una caja plástica aislante, seleccionada por sus propiedades de seguridad eléctrica al no ser un material conductor y su facilidad de montaje. En este panel se incorporaron dos interruptores, un potenciómetro para la simulación de baja tensión y corte de señal de ignición, conector OBD-II para diagnóstico vía escáner automotriz y terminales bananas hembras ilustrado en al (Figura 20) para la comprobación de vías eléctricas de los distintos sistemas mediante vía de diagnóstico por osciloscopio y multímetro dependiendo del método seleccionado.

Figura 20

Panel de banco de dirección electro-asistida

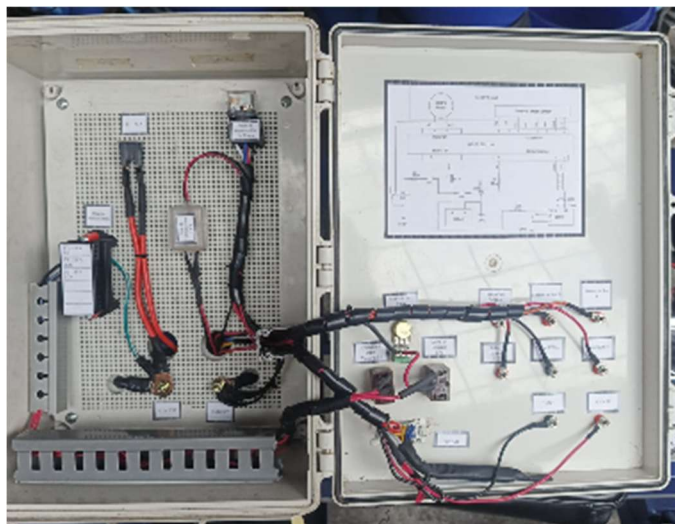


Los conectores tipo banana hembra permiten la visualización y medición de señales en paralelo. Se habilitaron ocho puntos de verificación correspondientes a: sensor de par A, sensor de par B, sensor de posición, alimentación del motor (+ y -), señal de ignición, línea CAN High y línea CAN Low, lo cual permite una evaluación completa del comportamiento del módulo MDPS.

El cableado integrado en el banco fue organizado mediante canaletas eléctricas dentro del panel de control evidenciado en la (Figura 21) además de los exteriores, asegurando una distribución ordenada y segura. Todos los cables fueron terminados con conectores seguros y protegidos mediante tubo termo incogible, reduciendo el riesgo de falsos contactos y cortocircuitos durante la operación del banco.

Figura 21

Interior del panel del banco de dirección electro-asistida



El interior del panel se encuentra señalado los elementos internos constituidos en el circuito eléctrico además de la integración visual del diagrama eléctrico diseñado e replicado físico, este elemento será de ayuda en la guía del ramal interno como externo del banco.

Capítulo VI

Resultados y discusión

4.1 Funcionamiento del banco didáctico

Una vez desarrollado el banco de dirección electro-asistida con la instalación de los elementos mecánicos, eléctricos y arnés de comunicación para la replicación del funcionamiento y fallas controladas del sistema en su operatividad total se requiere un procedimiento de calibración a punto 0, para su operación en correcto estado, tanto de la cremallera de dirección a disposición como el neumático, estos elementos deben estar alineados a la estructura del banco sin dejar de lado la calibración de la dirección electro-asistida, el proceso requiere de la comunicación vía red CANbus para la verificación de la columna de dirección se encuentre en “0” replicando un proceso requerido en el recambio de la unidad completa en un vehículo con fallos del sistema, lo cual no puede evadir el proceso de calibración en un recambio o instalación del elemento.

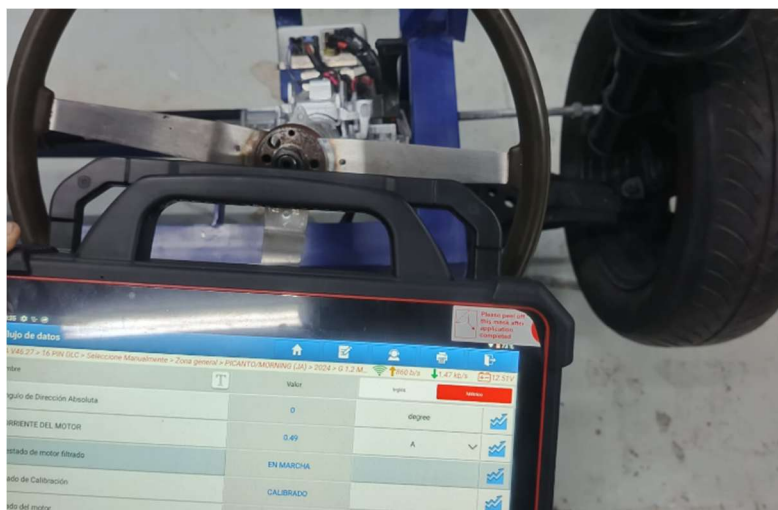
4.1.1 Proceso de calibración

Previo a la ejecución del funcionamiento del banco didáctico, se realizó el proceso de calibración inicial del sistema de dirección electro-asistida (EPS), el cual es fundamental para garantizar un funcionamiento correcto y preciso de los componentes internos, sensores y actuadores. Para este procedimiento se requiere la integración física de la cremallera de dirección y el terminal de dirección el cual fue condenado en el sistema de suspensión Mackperson como se observa en la (Figura 22), componentes que se encuentran directamente vinculados al funcionamiento del sistema y cuya correcta alineación influye de manera directa en la lectura de los sensores de par y ángulo además de evitar des calibración del sistema o entre en modo de fallo debido a parámetros no reconocibles en su estructura interna.

Debido a que el sistema de dirección se encuentra fijo y sin desplazamiento real del vehículo, se estableció una condición controlada de centrado mecánico entre el terminal de dirección y la cremallera condenando el sistema con los elementos fijos.

Figura 22*Sistema condensado entre cremallera y terminal de dirección*

Para ello, se procedió a centrar la cremallera de dirección y la llanta como se aprecia en la (Figura 23), asegurando que ambos elementos se encuentren en su posición media de recorrido. Esta etapa permitió definir un punto de referencia mecánico estable, indispensable para la correcta interpretación de las señales generadas por el sistema EPS. Una vez logrado el centrado de la cremallera de dirección y el neumático se dejó la columna de dirección con los sensores activos como elemento principal de referencia para el punto cero (0°) del sistema realizando el uso de la comunicación de la red CANbus.

Figura 23*Proceso de calibración de la columna de dirección*

De esta manera, el módulo EPS reconoce la posición como condición neutra, y almacena esta posición en su memoria de recalibración lo cual al momento de efectuar

movimientos del volante con el sistema inoperativo vuelva a recalibrarse de manera autónoma permitiendo que los sensores de par y ángulo trabajen dentro de los rangos esperados durante el funcionamiento normal del banco.

La unión mecánica entre la cremallera de dirección y la unidad EPS se realizó mediante una cruceta como se ilustra en la (Figura 24), la cual garantiza una transmisión de asistencia mecánica directa, firme y alineada del movimiento entre ambos componentes. Esta conexión permitió replicar de forma adecuada el comportamiento real del sistema de dirección, asegurando que las variaciones de par y posición sean correctamente transmitidas al módulo EPS.

Figura 24

Cruceta de dirección electro-asistida



Este proceso de calibración permitió establecer condiciones iniciales operativas para las pruebas posteriores de funcionamiento, diagnóstico y análisis de señales, simulando la calibración del sistema de dirección electro-asistida.

4.2 Evaluación del desempeño del sistema EPS en condiciones de laboratorio

Concluido el proceso de calibración inicial, se procedió a la Comprobación del funcionamiento general del banco didáctico, al aplicar alimentación como observamos en la (Figura 25), el módulo MDPS entra en estado operativo, permitiendo la activación del motor eléctrico de asistencia y la lectura correcta de los sensores integrados en la columna de dirección.

Figura 25*Fuente de alimentación del banco*

El sistema respondió de manera estable, reproduciendo el comportamiento esperado de una dirección asistida eléctrica en condiciones reales.

Durante el funcionamiento del banco, se verificó que el módulo EPS interpreta correctamente las señales de los sensores, brinda alimentación a los sensores y genera la asistencia mediante la comprobación de señales por el escáner automotriz (Figura 26).

La interacción entre la columna de dirección, el motor eléctrico y la cremallera permitió evidenciar una respuesta progresiva y controlada, confirmando la correcta integración mecánica y electrónica del sistema.

Figura 26*Comprobación de señales mediante escáner automotriz*

Flujo de datos				
KIA V45.27 > 16 PIN DLC > Seleccione Manualmente > Zona general > PICANTO/MORNING (JA) > 2024 > G 1.2 M...				
Nombre	Valor	Unidad	Grados C	
Temperatura de ECU	29.900	Grados C		
TENSIÓN DE ENCENDIDO	12.187	V		
Tensión Lógica de la Batería	12.299	V		
Valor de Par de Dirección	0.019	Nm		
Velocidad del vehículo	0	km/h		
Velocidad del Volante	0	degree/s		
Velocidad filtrada del vehículo	0	km/h		
Seleccione la muestra	Muestra DS	Gráfico	Informe	Grabación Traducción

Asimismo, se comprobó que el banco permite mantener el sistema en operación continua sin presentar inestabilidad eléctrica dado a la elaboración del ramal eléctrico, sobrecalentamiento en los elementos electrónicos, ni pérdida de comunicación no controlada, lo cual, valida el diseño estructural, la selección de componentes y la protección del cableado implementado.

4.2.1 Verificación de señales del sistema EPS mediante osciloscopio

Red de comunicación CAN (CAN High y CAN Low):

- Se verificó la comunicación diferencial entre las líneas CAN High y CAN Low.
- Se observó una señal estable, con niveles de voltaje asimétricos de 2.5V en reposo teniendo como dominante la línea CAN High 3.5V en la línea.

Figura 27

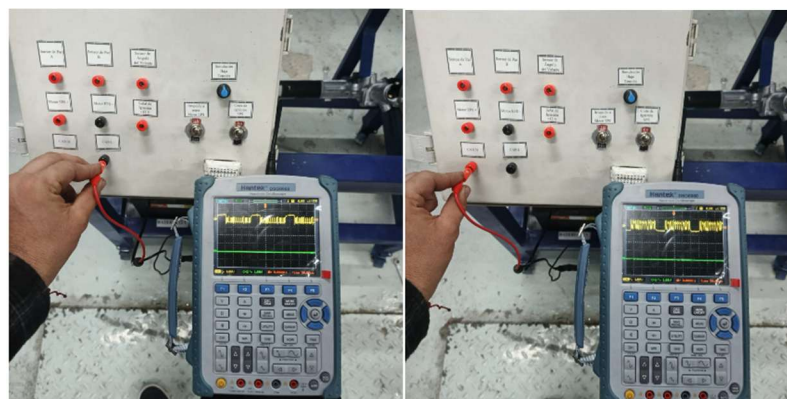
Voltaje línea de comunicación CAN high



- La comunicación se mantuvo activa durante el funcionamiento normal del sistema y fue interrumpida correctamente durante la simulación de fallos.

Figura 28

Señal línea de comunicación CAN low y high



Señal del motor de asistencia eléctrica:

- Se comprobó la activación del motor de asistencia al aplicar esfuerzo sobre el volante.
- Alimentación del motor proporcionada por el módulo EPS es de un voltaje referencial de 6V en estado de reposo.

Figura 29

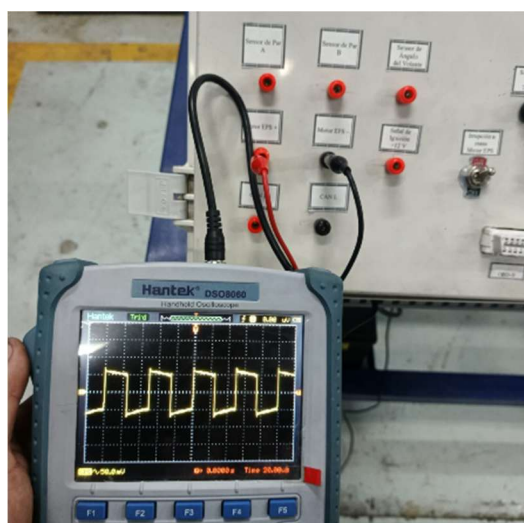
Voltaje de alimentación del motor de asistencia



- La señal presentó variaciones de amplitud acordes a la demanda de asistencia generada por el sensor de par.

Figura 30

Señal de la alimentación generada por el motor



Señal del sensor de par A Y B:

- Se verificó una señal analógica estable y proporcional al esfuerzo aplicado sobre la columna de dirección.
- La señal aumentó o disminuyó de forma progresiva dependiendo del sentido del giro del volante.
- No se evidenciaron interrupciones ni ruidos durante el funcionamiento normal.

Figura 31

Señal de sensores de par



Señal de posición del ángulo de dirección:

- Se verificó una señal variable correspondiente al ángulo de giro del volante.
- El punto central (0°) fue reconocido correctamente tras el proceso de calibración.
- La señal permitió al módulo MDPS determinar la dirección y magnitud del giro durante las pruebas.

Figura 32

Señal de sensor de Angulo

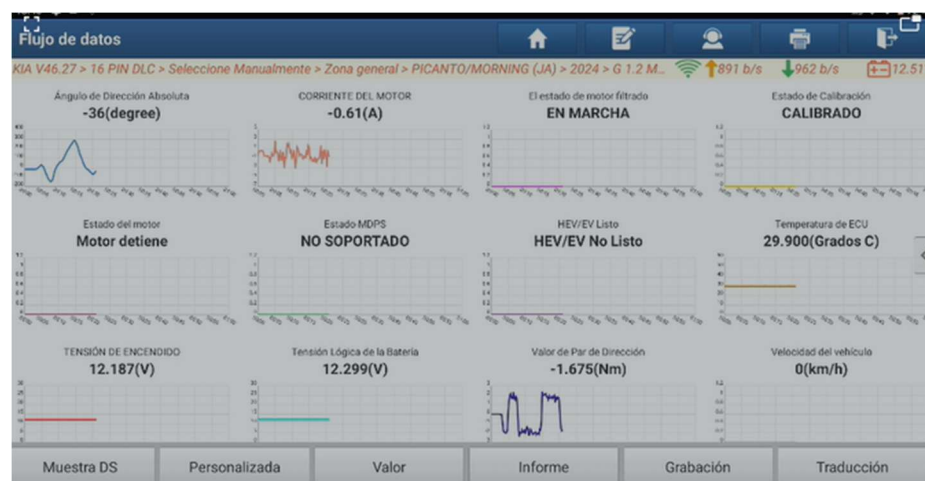


4.2.2 Parámetros visualizados con el escáner (launch x431 pro)

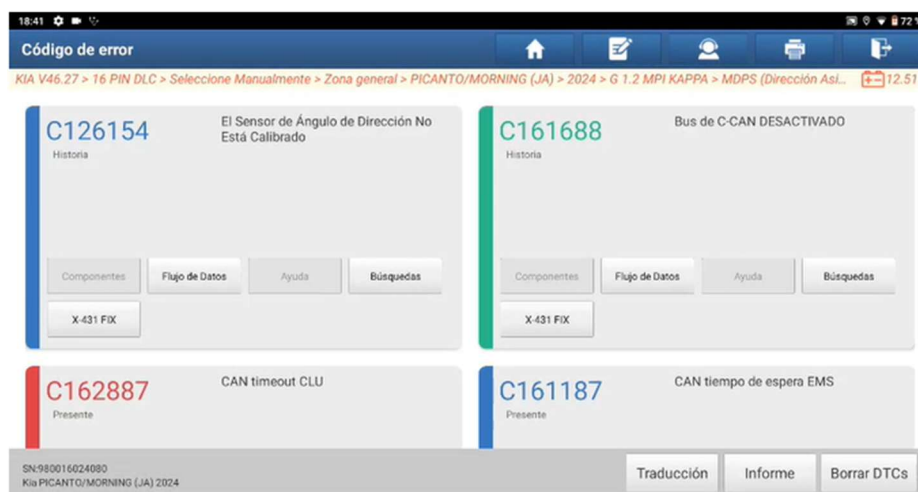
El diagnóstico generado por el escáner automotriz al sistema se realizó mediante el conector OBD-II integrado en el panel de control del banco didáctico. Esta conexión permitió establecer comunicación HMI directa con el módulo EPS a través de la red CAN, sin necesidad de la ECU principal del vehículo, validando el correcto banqueo del módulo. Para realizar la lectura de datos se requiere la selección del vehículo en el escáner correspondiente a un **Kia Picanto Morning G 1.2 MPI KAPPA 2024** habilitando el acceso a funciones de lectura de datos en tiempo real, verificación de códigos de falla y monitoreo del estado del sistema (Figura 33).

Figura 33

Comprobación de señales mediante escáner automotriz



Durante el proceso de diagnóstico, se obtuvo en funcionamiento estable el banco de dirección electro-asistida sin generar DTC, lo que permitió observar el comportamiento del sistema tanto en condiciones normales como durante la simulación de fallos eléctricos en los cuales nos detectó los DTC correspondientes (Figura 34).

Figura 34*Muestreo de DTC presentados por el banco*

4.3 Simulación de fallos presentados en el banco de dirección electro-asistida EPS

La implementación de fallos en el banco didáctico EPS constituyen al tercer objetivo propuesto dentro del desarrollo del proyecto, lo cual permite evaluar el comportamiento y método de diagnóstico ante condiciones de fallos presentadas en el sistema. Mediante la implementación de distintos escenarios de falla, el banco permite verificar la respuesta del módulo, tanto en los puntos de verificación de señales en la parte frontal del panel de control y vía comunicación HMI mediante la red de comunicación CANbus, la generación de códigos de diagnóstico y la visualización de señales, fortalece el proceso de aprendizaje validando la efectividad del banco como herramienta didáctica y técnica.

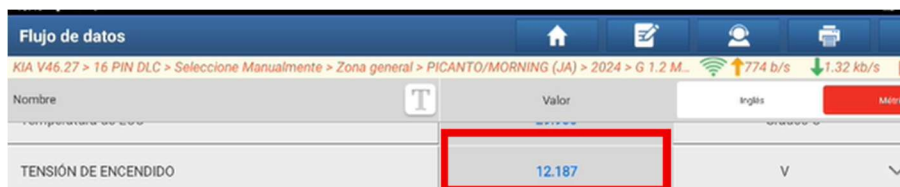
4.3.1 Simulación de fallo por baja tensión en el sistema EPS

Fallo implementado corresponde a la simulación de baja tensión en el sistema, con el objetivo de analizar el comportamiento del módulo MDPS ante la condición de una baja tensión presentada en el sistema de alimentación al módulo EPS. Este fallo se realizó mediante la incorporación de un potenciómetro VR1 en la línea de ignición del módulo además de estar a disposición del operario en el panel de control como se observa en la (Figura 19), el cual nos permite generar una variación de forma controlada el voltaje suministrado y simular caídas de tensión reales presentes en sistemas automotrices.

Durante el funcionamiento normal del banco, la tensión de referencia en la línea de ignición se mantiene en un voltaje nominal de 12.18 V observado en la (Figura 35), lo que permite la activación correcta del módulo EPS.

Figura 35

Tensión de encendido del módulo EPS



Nombre	Valor	Unidad
TENSIÓN DE ENCENDIDO	12.187	V

Al accionar el potenciómetro, se generó una reducción progresiva del voltaje hasta un valor cercano a 8.95 V observado en la (Figura 36), condición que representa un escenario de baja tensión dentro del sistema.

Figura 36

Caída de tensión de encendido del módulo EPS



Nombre	Valor	Unidad
Temperatura de ECU	29.900	Grados C
TENSIÓN DE ENCENDIDO	8.945	V
Tensión Lógica de la Batería	12.299	V

La variación de voltaje fue verificada mediante medición directa con multímetro, utilizando el punto de medición del panel de control. Por similitud, esta condición pudo ser observada a través del escáner automotriz, el cual reflejó la caída de tensión en los parámetros de datos en tiempo real, confirmando la correcta detección del fallo por parte del módulo EPS presentando DTC observados en la (Figura 37).

Figura 37*DTC presentado en simulación de baja tensión*

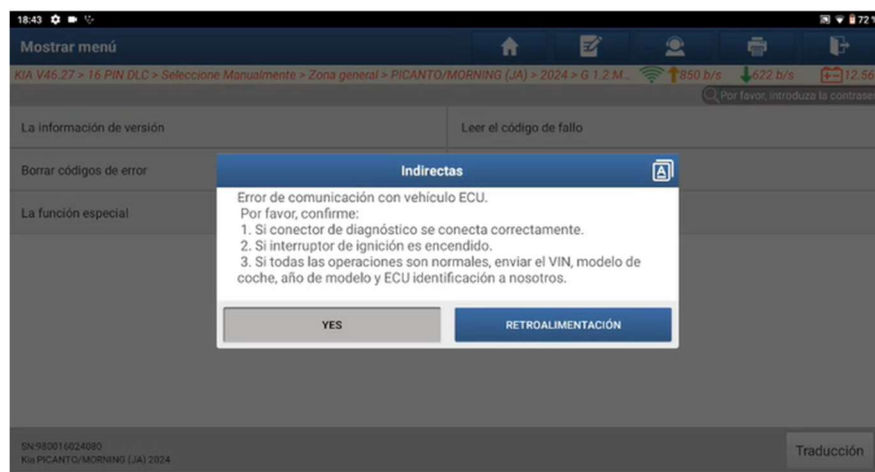
Ante la condición de falla correspondiente a baja tensión, el módulo MDPS presentó sus respectivos DTC registrados y observados en la (Tabla2), esto nos demuestran que la simulación de baja tensión implementada en el banco didáctico afecta directamente al funcionamiento del módulo, calibración de sensores como la comunicación en la red CAN. La respuesta del módulo EPS confirma su estrategia de protección, deshabilitando funciones críticas y registrando códigos de falla para prevenir un funcionamiento incorrecto, validando así la efectividad del banco en la reproducción de fallos reales del sistema.

4.3.2 Simulación de fallo por pérdida de comunicación CAN/OBD-II

El siguiente fallo propuesto es la pérdida de comunicación CAN/OBD-II se realizó mediante la interrupción controlada de la línea de ignición del módulo EPS, considerando que esta señal constituye una condición indispensable para la activación del módulo y la habilitación de los procesos internos de comunicación, su ausencia de la señal de ignición impide que el módulo EPS complete su secuencia de encendido, provocando la desactivación de la red de comunicación CAN demostrado en la (Figura 38) y, en consecuencia, la imposibilidad de establecer comunicación con el escáner a través del conector OBD-II o en su complejidad perdiendo la comunicación al momento del diagnóstico.

Figura 38

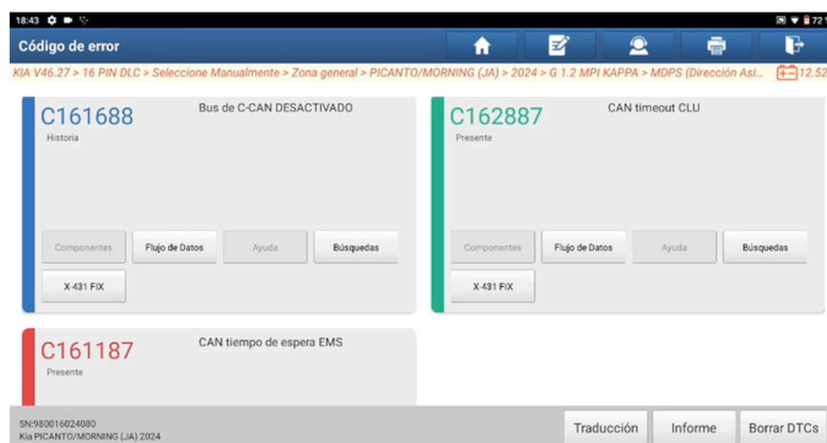
Perdida de comunicación CAN/OBD-II.



Al interrumpir la línea de ignición, el módulo MDPS entra en un estado inactivo o de protección, dejando de transmitir y recibir mensajes CAN. Esta condición genera una pérdida total de comunicación en el bus, lo cual es detectado por el sistema de diagnóstico como un fallo de comunicación, reflejando su respectivo DTC observados en la (Figura 39).de perdida de comunicación CAN bus.

Figura 39

DTC presentado por simulación de perdida de comunicación CAN/OBD-II.



Este tipo de fallo permite evidenciar la dependencia directa del sistema EPS respecto a la señal de ignición para su operación electrónica y para la inicialización de la comunicación CAN. La simulación reproduce un escenario real presente en sistemas automotrices, donde fallas en el circuito de ignición, relés o alimentación pueden provocar la pérdida de

comunicación entre módulos, facilitando así el análisis, diagnóstico y comprensión del comportamiento del sistema ante este tipo de fallos comunes.

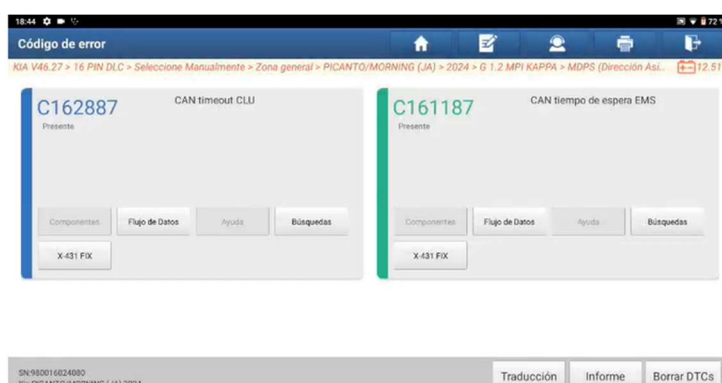
4.3.3 Simulación de fallo por Irrupción a tierra

El último fallo simulado corresponde a la interrupción de la línea de referencia de masa del módulo de dirección electro-asistida (EPS). Para la generación controlada de esta condición de fallo, se intervino directamente en la línea de alimentación negativa del módulo, dado la pérdida de masa impide su correcto funcionamiento y provoca la inoperatividad del sistema.

La simulación se realizó mediante la implementación de un relé de interrupción de masa (RL1), el cual actúa sobre la línea de tierra principal de alimentación negativa al módulo EPS. Dicho relé es comandado por un interruptor manual (SW1) ubicado en el panel de control del banco didáctico, permitiendo al operario generar el fallo de forma controlada. En condición normal el relé RL1 permanece en su estado de excitación permitiendo el paso de la masa y generando funcionamiento normal del módulo. Al accionar el interruptor SW1, el relé interrumpe el paso de masa, simulando una falla real asociada con las conexiones defectuosas, puntos de tierra sulfatados o circuitos no cerrados reflejando su respectivo DTC observados en la (Figura 40).

Figura 40

DTC presentado por simulación de fallo por Irrupción a tierra.



Esta condición provoca la desenergización del módulo EPS, generando la pérdida de comunicación por la red CAN y el registro de códigos de falla (DTC) relacionados con alimentación eléctrica o ausencia de comunicación.

4.4 Análisis de códigos de diagnóstico de fallas

En sistema de dirección electro-asistida comandado por el un módulo el cual resultado de esta supervisión, los sistemas incorporan mecanismos de autodiagnóstico, los cuales registran y almacenan Códigos de Diagnóstico de Fallas (DTC, Diagnostic Trouble Codes) cuando se detectan condiciones anómalas en los parámetros eléctricos, en nuestro banco didáctico, corresponden a la simulación de fallos en el sistema de Dirección Asistida Eléctrica (EPS), producto de interrupciones intencionales en la alimentación, masa y comunicación del módulo.

Estos códigos permiten identificar con precisión el tipo de falla presente, además de apalancarse del diagnóstico mediante otras herramientas tales como osciloscopio y escáner automotriz, constituyen una referencia fundamental para la detección de fallos reales en el entorno automotriz por lo cual es necesario realizar un análisis de los DTC presentados en las simulaciones de fallos según se detalla en la Tabla 2

Tabla 2

DTC generados por los fallos controlados

Códigos de Diagnóstico de Problemas	Referencia de DTC
C121654	Sensor de Ángulo de Dirección no calibrado: la reducción del voltaje de alimentación puede provocar la pérdida de memoria temporal o la interrupción del proceso de referencia del sensor
C161688	Bus de C-CAN desactivado: señala que el módulo EPS ha deshabilitado la comunicación a través de la línea de comunicación CAN bus
C162887	CAN timeout CLU: Presenta fallos en la trama de datos provocado por interrupciones en la transmisión de datos
C161187	CAN tiempo de espera EMS: Pérdida de comunicación entre el módulo y el motor de asistencia del sistema.

El análisis de los DTC presentados permite comprender el comportamiento del módulo EPS ante diferentes condiciones de fallo, evaluar la respuesta del sistema de autodiagnóstico

y reforzar los conocimientos relacionados con los procedimientos de diagnóstico, contribuyendo así a la formación técnica y práctica del usuario del banco didáctico.

Los códigos de (DTC) presentados en las simulaciones son comunes en sistemas de dirección electroasistida (EPS), especialmente cuando se presentan anomalías o deterioro en el sistema de alimentación eléctrica o interrupciones en la red de comunicación CAN. Estos DTC no suelen estar asociados a fallos mecánicos del sistema, sino a eventos eléctricos y de comunicación, lo cual los convierte en códigos típicos durante pruebas de simulación de fallos y diagnósticos avanzados.

Conclusiones

El desarrollo del banco didáctico de dirección electroasistida (EPS) permitió cumplir los objetivos planteados en el proyecto, logrando la integración funcional de los principales componentes del sistema (módulo EPS, motor, sensores, fuente de alimentación y comunicación CAN/OBD-II). El banco demostró ser funcional referente a las condiciones controladas de laboratorio, permitiendo reproducir el funcionamiento real del sistema y validar su comunicación mediante herramientas de diagnóstico automotriz.

La implementación de simulaciones de fallas controladas (baja tensión, pérdida de comunicación CAN/OBD-II e interrupción de tierra) evidenció una alta dependencia del sistema EPS respecto a la estabilidad eléctrica y a la integridad de la red de comunicación. La generación de códigos DTC durante estas pruebas confirmó el comportamiento esperado del módulo EPS frente a condiciones anómalas, generando DTC referentes a la pérdida de comunicación, funcionamientos inestables, permitiendo a los estudiantes analizar escenarios reales de diagnóstico en la utilidad de los distintos elementos de diagnóstico automotriz comprendiendo mejores estrategias de diagnóstico.

El banco didáctico constituye un aporte significativo al proceso de enseñanza-aprendizaje en la Carrera de Ingeniería Automotriz de la UIDE, ya que reduce la brecha existente entre la teoría impartida en el aula y la práctica profesional requerida por la industria automotriz actual. Su diseño simple y funcional crea que el banco didáctico facilite la comprensión del funcionamiento del EPS, el uso del osciloscopio y escáner automotriz, multímetro, la interpretación de señales eléctricas y DTC, fortalecen la formación técnica de los futuros ingenieros.

Recomendaciones

Se recomienda complementar el banco didáctico con informes de guías prácticas de laboratorio y protocolos de diagnóstico usados por los estudiantes, que incluyan procedimientos paso a paso tomados en el diagnóstico de las simulaciones de fallas, interpretación de oscilogramas y análisis de códigos DTC, con el fin de estandarizar las prácticas académicas y maximizar el aprovechamiento del recurso por parte de los estudiantes.

Es recomendable implementar futuras mejoras al banco didáctico, tales como la incorporación de comunicación con otros módulos (ABS o ECU del motor) dado a ser módulos en los cuales apalanca la comunicación para reconfirmar parámetros de operación o a su vez general la simulación de la velocidad del vehículo con ayuda de Arduino y módulos de emulación de señales, lo cual permitiría un análisis más completo del comportamiento del EPS en sus diferentes velocidades de asistencia conjunto con integración a sistemas ADAS.

Se sugiere realizar mantenimientos preventivos periódicos al banco didáctico, verificando el estado del cableado, conexiones a tierra, protecciones eléctricas y componentes electrónicos, con el objetivo de garantizar su seguridad, confiabilidad y durabilidad para su uso continuo en las prácticas de laboratorio.

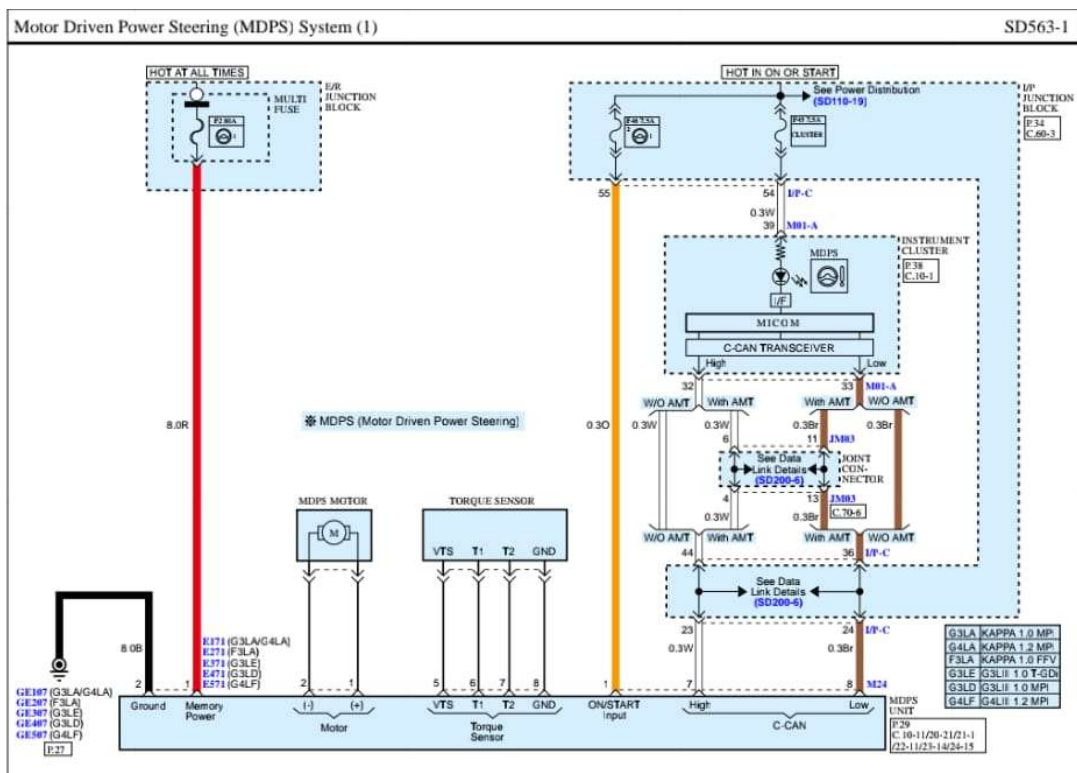
Referencias

- Bosch. (2019). Automotive steering systems. Springer Vieweg.
- Gillespie, T. D. (1992). Fundamentals of vehicle dynamics. Society of Automotive Engineers.
- Hernández, J. (2021). Sistemas de dirección asistida electrónica y su impacto en la eficiencia vehicular. *Revista de Ingeniería Automotriz*, 15(2), 45–58.
- Hibbeler, R. C. (2020). Ingeniería mecánica automotriz. Pearson Educación.
- Jazar, R. N. (2017). Vehicle dynamics: Theory and application (3rd ed.). Springer.
- Liu, Y., & Chen, H. (2021). Educational approaches for electronic steering and diagnostic training. *International Journal of Automotive Technology Education*, 12(3), 45–59.
- Piyabongkarn, D., Lew, J. Y., Rajamani, R., & Grogg, J. A. (2004). Development and experimental evaluation of an electrohydraulic steering system for steer-by-wire vehicles. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 12(1), 44–55.
<https://doi.org/10.1109/TCST.2003.821954>
- García Ochoa, E. (2023). Guía académica y material docente sobre sistemas de dirección electroasistida (EPS). Universidad Internacional del Ecuador, Escuela de Ingeniería Automotriz. Biblioteca Virtual UIDE.
<https://biblioteca.uide.edu.ec>
- Rivas Velásquez, G. E., & Andrade Naranjo, X. A. (2024). Implementación de un banco de pruebas para validar circuitos del módulo de control electrónico de vehículos livianos. Repositorio Institucional UIDE.
<https://repositorio.uide.edu.ec>
- SAE International. (2022). Steering and suspension systems in modern vehicles. SAE Technical Paper Series.
- Society of Automotive Engineers. (2022). Trends in electric power steering systems. SAE International.
- Universidad Internacional del Ecuador. (2023). Biblioteca virtual de ingeniería automotriz. UIDE Digital.

- Xin, Q., Jingfeng, G., Junjie, G., Mingxing, Y., & Pian, Z. (2019). Automobile tire pressure monitoring technology and development trend. *Journal of Physics: Conference Series*, 1314(1), 012100. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1314/1/012100>
- Zhang, Y. T., Claudel, C. G., Hu, M. B., Yu, Y. H., & Shi, C. L. (2020). Development of a fuel consumption model for hybrid vehicles. *Energy Conversion and Management*, 207, 112546. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112546>
- Zhao, D., Li, H., Hou, J., Gong, P., Zhong, Y., He, W., & Fu, Z. (2023). A review of the data-driven prediction method of vehicle fuel consumption. *Energies*, 16(14), 5258. <https://doi.org/10.3390/en16145258>
- Direcciones Asistidas-RCV. (2016, julio 6). Listado de errores EPS Kia Picanto. <https://direccionesasistidas-rcv.com/2016/07/06/listado-errores-eps-kia-picanto/>

Anexos

Diagrama eléctrico del módulo EPS del Kia Picanto 3ª Generación 2024



Circuito eléctrico del banco de Dirección electro-asistida

