



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**INSTRUMENTACIÓN DIGITAL Y REACONDICIONAMIENTO DEL SISTEMA DE
INYECCIÓN CRDI EN EL BANCO YES01 DEL LABORATORIO DE MOTORES DE
LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ SEDE QUITO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: STALIN FABRICIO LLUMIQUINGA OÑA
RUBÉN GUILLERMO VICUÑA CARRERA

TUTOR: JOHNNY MARCELO PANCHÁ RAMOS

Quito - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Stalin Fabricio Llumiquinga Oña con documento de identificación N° 1718435009 y Rubén Guillermo Vicuña Carrera con documento de identificación N° 1756116610 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 16 de febrero del año 2024

Atentamente,



Stalin Fabricio Llumiquinga Oña
1718435009



Rubén Guillermo Vicuña Carrera
1756116610

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Stalin Fabricio Llumiquinga Oña con documento de identificación N°. 1718435009 y Rubén Guillermo Vicuña Carrera con documento de identificación N°. 1756116610, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "Instrumentación Digital y Reacondicionamiento del Sistema de Inyección CRDI en el banco yes01 del Laboratorio de Motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz Sede Quito.", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 16 de febrero del año 2024

Atentamente,



Stalin Fabricio Llumiquinga Oña
1718435009



Rubén Guillermo Vicuña Carrera
1756116610

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Johnny Marcelo Pancha Ramos con documento de identificación N° 1714747506, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: INSTRUMENTACIÓN DIGITAL Y REACONDICIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI EN EL BANCO YES01 DEL LABORATORIO DE MOTORES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ SEDE QUITO, realizado por Stalin Fabricio Llumiquinga Oña con documento de identificación N°. 1718435009 y Rubén Guillermo Vicuña Carrera con documento de identificación N°. 1756116610, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 16 de febrero del año 2024

Atentamente,



Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos, MSc
1714747506

DEDICATORIA

Con sincero agradecimiento, dedico este proyecto a quienes han sido pilares fundamentales en mi travesía académica y personal, a mi familia, cuyo apoyo inquebrantable y amor incondicional han sido mi mayor fortaleza, a mis amigos y compañeros de estudio, quienes compartieron conmigo risas, desafíos y momentos inolvidables. A mis profesores y mentores, a quienes debo no solo conocimientos técnicos, sino también la orientación sabia que guio este viaje académico. Cada línea de esta tesis refleja las lecciones aprendidas de sus enseñanzas valiosas. ¡A todos los que contribuyeron a este capítulo inolvidable, gracias por formar parte de esta historia que lleva impresa la huella de cada uno de ustedes!

LlumiQuinga Oña Stalin Fabricio

Dedico el presente proyecto Con profundo agradecimiento a mi familia, fuente inagotable de apoyo y amor, y a mis amigos, cuyas risas iluminaron los días más intensos. A mis profesores y mentores, a quienes debo la orientación y sabiduría que guiaron este viaje académico. Cada página de esta tesis lleva la huella de sus enseñanzas. A mis compañeros de estudio, por compartir risas, desafíos y momentos memorables. Este logro es un testimonio de la comunidad que me rodea. ¡A todos los que hicieron posible este sueño, gracias por ser parte de este capítulo inolvidable!

Vicuña Carrera Rubén Guillermo

AGRADECIMIENTO

Con profunda gratitud, deseo expresar mi reconocimiento a cada persona que ha desempeñado un papel significativo en la culminación de esta tesis de grado.

En primer lugar, a mi familia, quienes han sido mi pilar fundamental. Su apoyo incondicional ha sido como un faro que ha iluminado incluso los momentos más desafiantes de este viaje. A través de sus palabras alentadoras y gestos de cariño, han sido mi roca inquebrantable.

A mis amigos y compañeros de clase, les extiendo mi agradecimiento por compartir este trayecto conmigo y convertirlo en una experiencia memorable. Vuestra camaradería ha enriquecido cada paso y ha transformado los desafíos en oportunidades de crecimiento compartido.

Cada palabra de agradecimiento plasmada en estas páginas es un reflejo genuino de la gratitud que albergo hacia todos aquellos que han contribuido a este proceso. A cada persona que ha formado parte de este logro, gracias por su generosidad, apoyo y compromiso. ¡Este logro es también suyo!

Llumiquinga Oña Stalin Fabricio

Agradezco sinceramente a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de esta tesis de grado. Mi gratitud se extiende a mi familia, cuyo apoyo incondicional ha sido mi roca durante este viaje. Agradezco a mis profesores y mentores por su guía experta y paciencia infinita. A mis amigos y compañeros de clase, por compartir este trayecto conmigo y hacerlo más memorable. Cada palabra de agradecimiento en estas páginas es un reflejo de la gratitud que siento hacia todos aquellos que han formado parte de este proceso. ¡Gracias por ser parte de este logro!

Vicuña Carrera Rubén Guillermo

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA	2
Delimitación del problema. –	3
OBJETIVOS	4
Objetivo General.	4
Objetivos Específicos.	4
CAPÍTULO 1	5
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	5
1.1. Motor de Hyundai Santa Fe 2006 2.0 TCI-D.	5
1.1.1. Composición del motor.	6
1.1.2. Especificaciones del motor.	7
1.1.3. Ventajas y Desventajas del motor.	7
1.2. Sistema de inyección Common Rail Direct Injection (CRDI).	8
1.2.1. Tipos de bombas.	9
1.2.2. Tipos de inyectores.	11
1.2.3. Ventajas del sistema CRDI.	13
1.3. Sistema eléctrico.	13
1.3.1. Arnés de Cables.	13
1.3.2. Sensores y actuadores.	14
1.4. Digitalización, diagnóstico y lectura de señales.	16

1.4.1.	Digitalización del Sistema Eléctrico.....	16
1.4.2.	Diagnóstico del Sistema Eléctrico.....	17
1.4.3.	Lectura de Señales del Sistema Eléctrico.....	17
1.5.	Posibles fallos.....	21
1.5.1.	Fallos más comunes en el arnés de cables.....	21
1.5.2.	Fallos comunes en lectura de señales.....	22
CAPÍTULO 2		23
GENERALIDADES DE LA ELECTRÓNICA DEL MOTOR		23
2.1.	Componentes eléctricos.....	23
2.1.1.	ECU, funcionamiento, señales	23
2.2.	Combinación Análogo – Digital.....	24
2.2.1.	Interfaz.....	26
2.2.2.	Aplicación.....	27
2.3.	Selección por criterios ponderados	27
2.3.1.	Arduino	28
2.3.2.	Pantallas	29
2.3.3.	Cables.....	30
2.3.4.	Conexiones (uniones).....	31
2.3.5.	Aislantes.....	32
2.3.6.	Placas de pruebas (protoboard)	33
2.3.7.	Caja de interfaz.....	34
CAPÍTULO 3		35
EJECUCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA.....		35
3.1.	Verificación del módulo de pruebas.....	35
3.1.1.	Verificación visual.....	35
3.1.2.	Verificación técnica.....	37
3.2.	Repotenciación del módulo de pruebas.....	39

3.2.1.	Cambio del arnés de cables.	39
3.2.2.	Correcciones en general.	40
3.3.	Implementación de la instrumentación digital.	42
3.3.1.	Creación del Código.	42
3.3.2.	Implementación en el banco de pruebas.	43
3.3.3.	Realización de pruebas de lo implementado.	46
CAPÍTULO 4	.....	47
ELAVORACIÓN DEL MANUAL DE USUARIO	.....	47
4.1.	Indicaciones Generales.....	47
4.1.1.	Inspecciones.	47
4.1.2.	Inspección visual.	47
4.1.3.	Inspección técnica.....	47
4.2.	Mantenimiento.....	48
4.2.1.	Mantenimientos preventivos.	48
4.2.2.	Mantenimientos correctivos.	48
4.2.3.	Cronograma de mantenimientos.....	48
4.3.	Diagnostico.....	49
4.3.1.	Tablas de diagnóstico.....	49
4.3.2.	Fallas.	50
CONCLUSIONES	.....	52
RECOMENDACIONES	.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	54
ANEXOS	.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.1. Composición del motor.....	6
Tabla 1.1.2. Especificaciones del motor.....	7
Tabla 1.2. Descripción de componentes Sistema (CRDI).....	9
Tabla 1.3.2. Sensores y Actuadores en un motor (CRDI).....	15
Tabla 1.4.3. Lectura de señales en un motor (CRDI).	18
Tabla 1.5.2. Lectura de señales en un motor (CRDI).	22
Tabla 2.1.1. Señales que recibe y envía la (ECU).	24
Tabla 2.3.1. Selección por criterios ponderados (Arduino).....	28
Tabla 2.3.2. Selección por criterios ponderados (Pantallas).	29
Tabla 2.3.3. Selección por criterios ponderados (Cables).....	30
Tabla 2.3.4. Selección por criterios ponderados (Uniones).....	31
Tabla 2.3.5. Selección por criterios ponderados (Aislantes).	32
Tabla 2.3.6. Selección por criterios ponderados (Protoboard).	33
Tabla 2.3.7. Selección por criterios ponderados (Caja de interfaz).	34
Tabla 4.2.3. Cronograma de mantenimientos.....	48
Tabla 4.3.1. (1) Tabla de diagnóstico (motor).....	49
Tabla 4.3.1. (2) Tabla de diagnóstico (interfaz).	50
Tabla 4.3.2. Tabla de fallas.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica del proyecto.....	3
Figura 1.1. Banco de prueba YES01.....	5
Figura 1.2.1. (1) Bomba de alta presión.....	10
Figura 1.2.1. (2) Bomba rotativa.	10
Figura 1.2.1. (3) Bomba émbolo radial.	11
Figura 1.2.2. (1) Inyector electromagnético.	11
Figura 1.2.2. (2) Inyector de orificio único.	12
Figura 1.2.2. (3) Inyector de orificios múltiples.	12
Figura 1.3.1. Arnés de cables Hyundai Santa Fe.....	13
Figura 1.3.2. Posición de los sensores y actuadores del motor.	15
Figura 1.4. Análisis de datos.	16
Figura 1.4.2. Diagnostico (Pantalla de inicio).....	17
Figura 2.1.1. Unidad de control electrónico (ECU).....	23
Figura 2.2. (1) Señal onda Analógica.	25
Figura 2.2. (2) Señal onda Digital.	25
Figura 2.2.1. Plano de la caja.	26
Figura 2.2.2. Aplicación SmartScope.	27
Figura 3.1.1. (1) Inspección Visual del banco de pruebas.	35
Figura 3.1.1. (2) Inspección Visual del arnés de cables.....	36
Figura 3.1.1. (3) Inspección Visual seguros faltantes.....	36
Figura 3.1.2. (1) Inspección Técnica del pedal del acelerador.....	37
Figura 3.1.2. (2) Inspección Técnica del cable selector de marchas.	38
Figura 3.1.2. (3) Inspección Técnica de la fusilera.....	38
Figura 3.2.1. (1) Cambio del arnés de cables.	39
Figura 3.2.1. (2) Cambio del arnés de cables.	39

Figura 3.2.2. (1) Conexión del arnés de cables.	40
Figura 3.2.2. (2) Colocación de fusibles faltantes.	40
Figura 3.2.2. (3) Implementación de mangueras.	41
Figura 3.2.2. (4) Cambio de terminales.	41
Figura 3.3.1. (1) Creación código Arduino.	42
Figura 3.3.1. (2) Indicador de aviso.	43
Figura 3.3.2. (1) Implementación.	43
Figura 3.3.2. (2) Caja de interfaz.	44
Figura 3.3.2. (3) Conexión con la interfaz.	44
Figura 3.3.2. (4) Conexión con la interfaz.	45
Figura 3.3.2. (5) Ultimando detalles para el funcionamiento.	45
Figura 3.3.3. (1) Pruebas preliminares.	46
Figura 3.3.3. (2) Colocación en el banco de pruebas.	46
Anexo 1. Líneas de código.	57
Anexo 2. Pruebas preliminares.	57
Anexo 3. Divisor de voltajes.	58
Anexo 4. Fallas obtenidas con scanner.	58
Anexo 5. Dimensiones de la caja.	60

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación, se expondrán los debidos protocolos realizados para la instrumentación digital y el reacondicionamiento del sistema de inyección CRDI en el banco de pruebas YES01 (Hyundai Santa Fe <SM> 2006 2.0 TCI-D) perteneciente a la Carrera de Ingeniería Automotriz. De esta manera, se busca representar un avance significativo en el ámbito académico actualizando la tecnología y analizando el comportamiento del sistema de inyección CDRI, este sistema desempeña un papel crucial en la eficiencia y el desempeño de dichos motores.

Se tomará como punto de partida la evaluación del estado del módulo, llegando a obtener los datos del banco de pruebas. De esta manera, se analizará la repotenciación necesaria para conseguir los datos verídicos sin que haya ninguna clase de error o datos falsos que pueden interferir en la toma de valores. Además, se verificará y comparará el nivel de las gráficas producidas por el osciloscopio, permitiendo así determinar la existencia de algún tipo de ruido.

Una vez encontrados todos los problemas existentes en el módulo de pruebas, se procederá a la implementación de la instrumentación digital, desarrollando una interfaz didáctica para el monitoreo de las señales proporcionadas por los sensores, teniendo en cuenta la conversión análogo-digital ya que, sin esta conversión, no se logrará llevar a cabo el proyecto. Para ello, en la interfaz se implementará un microcontrolador (en este caso Arduino uno) que se utilizará para recibir las señales análogas de los sensores y enviar las señales digitales al panel de instrumentos. De esta manera, se podrá interpretar lo que sucede cuando el motor CRDI está en funcionamiento.

Gracias a la interfaz, es posible predeterminar el estado del motor haciendo el diagnóstico pertinente, evitando así inconvenientes en un corto o largo plazo.

Palabras Claves: CRDI, INYECCIÓN, BANCO DE PRUEBAS YES01, SEÑALES, DIGITAL, ANÁLOGA, SENSORES, ACTUADORES.

ABSTRACT

In this degree work, we will expose the due protocols performed for the digital instrumentation and reconditioning of the CRDI injection system in the YES01 test bench (Hyundai Santa Fe <SM> 2006 2.0 TCI-D) belonging to the Career of Automotive Engineering. In this way, it seeks to represent a significant advance in the academic field by updating the technology and analyzing the behavior of the CDRI injection system, this system plays a crucial role in the efficiency and performance of such engines.

It will be taken as a starting point the evaluation of the module status, getting to obtain the data from the test bench. In this way, the necessary repowering will be analyzed to get the truthful data without any kind of error or false data that may interfere in taking values. In addition, the level of the graphs produced by the oscilloscope will be verified and compared, thus allowing to determine the existence of any kind of noise.

Once all the existing problems in the test module have been found, we will proceed to the implementation of the digital instrumentation, developing a didactic interface for monitoring the signals provided by the sensors, taking into account the analog-digital conversion since, without this conversion, it will not be possible to carry out the project. For this purpose, a microcontroller (in this case Arduino one) will be implemented in the interface, which will be used to receive the analog signals from the sensors and send the digital signals to the instrument panel. In this way, it will be possible to interpret what happens when the CRDI engine is in operation.

Thanks to the interface, it is possible to pre-determine the status of the engine making the relevant diagnosis, thus avoiding inconveniences in the short or long term.

Keywords: CRDI, INJECTION, YES01 TEST BANK, SIGNALS, DIGITAL, ANALOG, SENSORS, ACTUATORS.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en el contexto de instrumentación digital implica la adopción de herramientas de medición y monitoreo que permiten a los usuarios interactuar con una interfaz avanzada en tecnología. De esta manera, se posibilita el desarrollar de habilidades prácticas en el ámbito de diagnóstico y mantenimiento en los diferentes sistemas que poseen los vehículos.

El lograr capacitarse en el banco de pruebas YES01 (Hyundai Santa Fe <SM> 2006 2.0 TCI-D) es un beneficio a nivel académico ya que nos ofrece un entorno realista y controlado simulando situaciones operativas, de esta manera se podrá adquirir experiencia.

En esta narrativa, se abordará un análisis de la estructura del documento, iniciando por el Capítulo 1, el cual se centra en los antecedentes y las generalidades específicas del banco de pruebas. Es decir, que en este apartado se discutirán sobre los componentes del motor CRDI y las especificaciones que este ofrece, las ventajas y beneficios que tiene al utilizar este tipo de motores, los fallos más comunes que se encuentran dentro del sistema del cableado eléctrico, igualmente se hablará sobre la lectura de señales y su diagnóstico.

En el Capítulo 2, se enfoca en las generalidades eléctricas que el motor nos ofrece. Se aborda un poco sobre la combinación eléctrica análogo-digital y se explora el proceso de cómo llegar a esta conversión. Además, se llevará a cabo la selección de criterios ponderados mediante el análisis de los tipos de materiales que se emplearán en la elaboración del proyecto.

En el Capítulo 3, se detallará el proceso paso a paso desde el inicio del proyecto hasta la finalización de este. Por lo tanto, se describirá todo el procedimiento realizado con sus respectivas imágenes para constancia de lo elaborado. En este apartado se abordarán las posibles fallas que se puede surgir en el módulo, su repotenciación y la implementación digital correspondiente a este tema.

Finalmente, en el Capítulo 4, se elaborará un manual de usuario que incluirá tablas de diagnóstico, detallando las posibles fallas que se pueden ocasionar con sus respectivas soluciones. Además, se ofrecerá una descripción del funcionamiento en general de la aplicación utilizada para la lectura de las gráficas.

PROBLEMA

En el último periodo académico, en la Universidad Politécnica Salesiana se ha sentido la necesidad de instrumentar y repotenciar el banco de pruebas YES01 (Hyundai Santa Fe <SM> 2006 2.0 TCI-D). “El sistema CRDI es ampliamente utilizado en motores diésel modernos y se caracteriza por su alta presión de inyección y su capacidad para mejorar la eficiencia y el rendimiento del motor”. (Smith, J. (2018). PP. 45-56).

Para este trabajo es necesario combinar señales, en este caso análogo-digital para una buena lectura en tiempo real. “Las señales digitales son más sencillas de medir y evaluar. Por lo tanto, es más fácil comparar el rendimiento de los sistemas digitales con diferentes capacidades de señalización e información, que con los sistemas analógicos comparables”. (H Romero,2016).

El banco de pruebas YES01 ha estado generando irregularidades durante los ensayos, generando datos inconsistentes y dificultando la interpretación de los resultados. Por lo cual, ha llevado a una disminución de la confiabilidad de los estudios realizados. Para ello, tendremos que inspeccionar el estado del cableado, conectores, sensores y actuadores. “Los conectores, sensores y actuadores desempeñan un papel crucial en el funcionamiento del sistema de inyección de combustible, ya que permiten la medición precisa de parámetros y la actuación adecuada en respuesta a las señales recibidas”. (García, R., & Martínez, L. (2017). PP. 78-89). que conforman el motor.

Por otro lado, se ha podido visualizar que el banco de pruebas YES01 no se encuentra con una instrumentación digital. Según lo destacado por (H Romero,2016), “La digitalización de las señales analógicas permite una mayor precisión, inmunidad al ruido y facilidad de procesamiento en comparación con las señales analógicas”. La implementación de esta tecnología posibilitara en la medición, control y monitoreo de los parámetros del sistema CRDI, contribuyendo a la obtención de señales más legibles y creíbles, sin llegar a afectar la calidad académica.

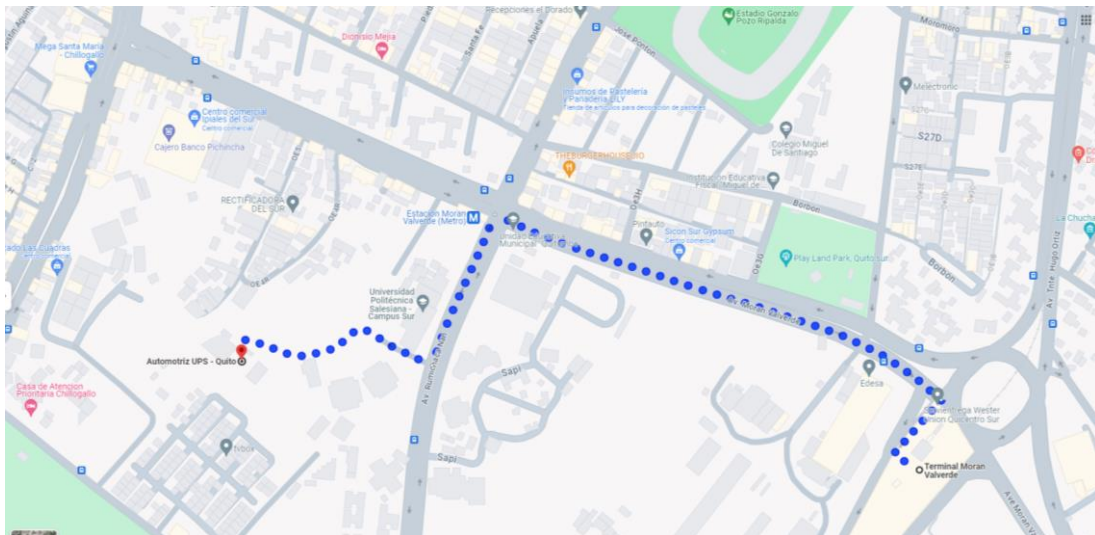
Por consiguiente, el estado de los cables está deteriorada por la mal ejecución de las prácticas y su uso. “Una agrupación de cables que se encuentran en mal estado ya sea por sus conectores que se ven afectados por las vibraciones del motor y ruidos externos, los cuales provocan oscilaciones en las gráficas de los circuitos eléctricos y puede ser perjudiciales en la obtención de datos.” (Jorge López, 2020).

Delimitación del problema. –

Este proyecto estará enfocado en la instrumentación digital del módulo de banco de pruebas YES01 (Hyundai Santa Fe <SM> 2006 2.0 TCI-D), para la conversión de señales análogas a digitales, facilitando la obtención y visualización de datos con una forma más precisa. Se puede decir que, el proyecto contribuirá en el ámbito académico de manera significativa para una comprensión más profunda del rendimiento en el sistema CRDI.

El trabajo se llevará a cabo de manera exclusiva en el Laboratorio de Motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz en la Sede Quito. Ubicado dentro de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur. Av. Moran Valverde y Av. Rumichaca Ñan. PC9X+295, patio taller Automotriz, en la provincia de Pichincha, ciudad Quito, parroquia Chillogallo.

Figura 1. *Ubicación Geográfica del proyecto.*



Fuente: *Google Maps.*

El proyecto técnico será ejecutado bajo la tutoría del Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos MSc. en colaboración con el personal de laboratorio y con el respaldo de la dirección de Carrera de Ingeniería Automotriz.

OBJETIVOS

Objetivo General.

Optimizar el rendimiento del banco de pruebas YES01 mediante la instrumentación digital y el reacondicionamiento del sistema de inyección CRDI para obtención de datos digitales en tiempo real en el Laboratorio de Motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz Sede Quito.

Objetivos Específicos.

- Examinar las interfaces disponibles en el mercado para la actualización del sistema de inyección CRDI, incluyendo arneses de cables y componentes de instrumentación digital.
- Implementar un nuevo arnés de cables, y digitalizarlo para que sea compatible con el sistema de inyección CRDI y cumpla con los estándares de seguridad requeridos.
- Comparar las gráficas del osciloscopio del antes y después de la reconstrucción o remplazo de los elementos eléctricos para el arnés de cables.
- Realizar pruebas de validación del interfaz implementado en el banco de pruebas, asegurando que el sistema cumple con los estándares de calidad y fiabilidad requeridos.
- Elaborar el manual de usuario para su correcta manipulación del banco de pruebas.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1. Motor de Hyundai Santa Fe 2006 2.0 TCI-D.

Este motor es alimentado con combustible diésel, tiene cuatro cilindros en línea y consta con tecnología CRDI. Para la maqueta YES01 se ha aislado el motor de un vehículo Hyundai Santa Fe 2006 TCI-D. Este motor es utilizado para generar pruebas de campo y para material didáctico que ayuda a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana específicamente del área de Ingeniería Automotriz.

Figura 1.1. Banco de prueba YES01.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

El motor está construido en un molde básico que utilizan varios fabricantes de motores los cuales implementan en los vehículos, este motor es conocido por su eficiencia, su bajo consumo de combustible y su nivel de respuesta. Por esta razón, este motor consta con una caja de cambios automática de seis velocidades. Cabe mencionar que es un motor con tracción delantera, por lo tanto, su posición es transversal.

1.1.1. Composición del motor.

El motor de este módulo de practica está constituido por varios elementos, los cuales están elaborados mediante varios de materiales. Así que, estos materiales deben cumplir en diversas condiciones de uso y así poder resistir al funcionamiento. A continuación, se presenta un ejemplo de lo antes mencionado:

Tabla 1.1.1. Composición del motor.

1. <i>Bloque del motor:</i> <ul style="list-style-type: none">➤ Hierro fundido➤ Aluminio	2. <i>Cabezote:</i> <ul style="list-style-type: none">➤ Aleación de aluminio➤ Hierro fundido	3. <i>Pistones:</i> <ul style="list-style-type: none">➤ Aleación de aluminio➤ Aceros especiales
4. <i>Cigüeñal:</i> <ul style="list-style-type: none">➤ Aceros aleados o forjados➤ Fundición nodular	5. <i>Árboles de levas:</i> <ul style="list-style-type: none">➤ Aceros aleados➤ Hierro fundido	6. <i>Bielas:</i> <ul style="list-style-type: none">➤ Aleación de aluminio o acero➤ Aceros forjados
7. <i>Válvulas:</i> <ul style="list-style-type: none">➤ Aceros inoxidables o aleaciones de níquel	8. <i>Sistema de escape:</i> <ul style="list-style-type: none">➤ Acero inoxidable o fundido	9. <i>Sistema de refrigeración:</i> <ul style="list-style-type: none">➤ Aleaciones de aluminio, mangueras de caucho
10. <i>Sistema de alimentación de combustible:</i> <ul style="list-style-type: none">➤ Acero inoxidable	11. <i>Sistema de alimentación de aire:</i> <ul style="list-style-type: none">➤ Aleación de aluminio o el más común plástico	

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Gracias a la composición y los materiales que está elaborado, el motor puede considerarse como un conjunto confiable, ofreciendo una combinación equilibrada entre rendimiento, eficiencia y practicidad para cualquier servicio que brinde.

1.1.2. Especificaciones del motor.

Para las especificaciones del motor TCI-D (2006) del Hyundai Santa Fe forman parte de la segunda generación de la línea Santa Fe de Hyundai que se vendieron a nivel global. Las especificaciones de este motor se describen en la siguiente tabla de valores:

Tabla 1.1.2. Especificaciones del motor.

Velocidad máxima	180 km/h	Numero de cilindros	4
Aceleración de 0 a 100 km/h	11.3 seg	Disposición del motor	Trasversal en línea
Consumo	5.7 L / 100 km	Emisiones de CO ₂	185 gr/km
Potencia máxima	155 CV / 114 kW	Par máximo	335 Nm
Revolución máxima	4000 rpm	Revolución máxima	1800 – 2500 rpm
Material del bloque	Hierro fundido	Material de la culata	Aluminio
Diámetro del cilindro	87 mm	Relación de compresión	17.3 a 1
Cilindrada	2.000 cm ³	Carrera	92 mm
Numero de válvulas	4 por cilindro	Alimentación	Diesel CRDI

Fuente: km77.

1.1.3. Ventajas y Desventajas del motor.

Ventajas:

Eficiencia de combustible. - Los motores diésel suelen ser más eficientes en términos de consumo, esto se debe a la mayor eficiencia energética del diésel.

Mayor torque. - Los motores diésel tienden a producir un mayor torque lo que es beneficioso para situaciones de carga pesada.

Durabilidad. - Los motores diésel suelen ser construidos con componentes más robustos, lo que puede contribuir a una mayor durabilidad.

Menor consumo de CO₂. - Los motores diésel tienden a producir menos dióxido de carbono (CO₂) por unidad de energía.

Mayor autonomía. – Gracias a la mayor densidad energética del diésel pueden proporcionar una mayor autonomía por tanque de combustible.

Desventajas:

Emisiones de NOx. - Los motores diésel tienden a producir más partículas y óxidos de nitrógeno en comparación con otros motores.

Ruido y vibración. - Los motores diésel pueden ser más ruidosos y vibrantes en comparación con los motores de gasolina.

Costo de mantenimiento. - El mantenimiento puede ser más costoso en algunos casos, existen piezas que son muy costosas.

Arranque en frío. - Los motores diésel pueden tener dificultades para arrancar en temperaturas extremadamente frías debido a la densidad del diésel.

Menor potencia. - Aunque los motores diésel tienen un alto par motor, tienden a tener una potencia específica menor.

1.2. Sistema de inyección Common Rail Direct Injection (CRDI).

El sistema Common Rail Direct Injection (CRDI) es una tecnología avanzada de inyección de combustible utilizada en motores diésel para mejorar la eficiencia, el rendimiento y reducir las emisiones. A diferencia de los sistemas de inyección convencionales, el CRDI utiliza un conducto común o "common rail" para suministrar combustible a alta presión a cada uno de los cilindros del motor.

Para lograr una combustión eficiente y controlada en motores diésel, es esencial optimizar el sistema de inyección de combustible. Esto implica una regulación precisa de la cantidad de combustible que se inyecta en el motor y la sincronización adecuada con el ciclo de trabajo del motor. Esta tarea se realiza mediante sistemas avanzados de inyección directa Common Rail (CRDI), que permiten una gestión electrónica precisa de la inyección de combustible (Xin, 2017).

Tal y como lo señala el señor Xin (2017), la tecnología de los sistemas CRDI es crucial en los motores diésel para su óptimo funcionamiento.

Los sistemas CRDI tiene varios componentes de los cuales son necesarios para una buena presión de combustible hacia el motor. A continuación, se presenta una tabla de estos componentes:

Tabla 1.2. Descripción de componentes Sistema (CRDI).

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
<i>Common Rail</i>	Un conducto de alta presión que almacena el combustible y lo suministra a cada inyector de manera individual.
<i>Bomba de alta presión</i>	Encargada de generar la presión necesaria para alimentar el common rail. Puede ser accionada mecánicamente o eléctricamente.
<i>Inyectores</i>	Dispositivos que rocían el combustible directamente en la cámara de combustión. Cada inyector es controlado electrónicamente y puede inyectar precisamente la cantidad de combustible requerida.
<i>Sensor de presión</i>	Monitorea la presión del common rail para garantizar un suministro constante y preciso de combustible.
<i>Unidad de control (ECU)</i>	Gestiona y controla el funcionamiento del sistema CRDI. Recibe datos de varios sensores y ajusta la cantidad de combustible inyectada en tiempo real.

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

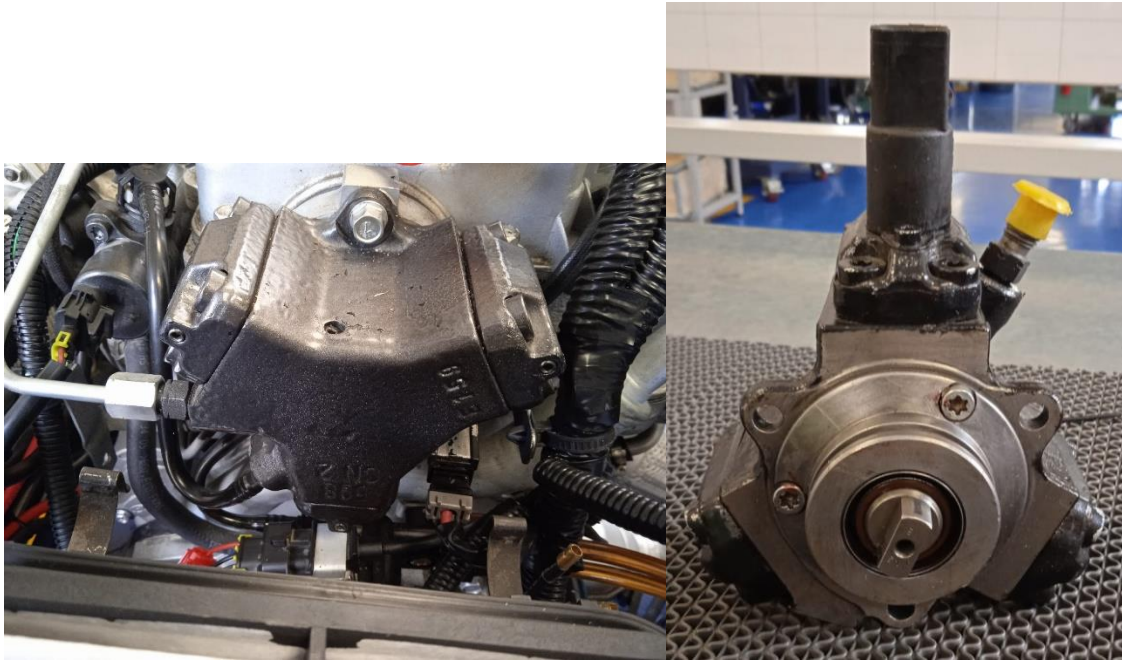
1.2.1. Tipos de bombas.

En un sistema CRDI, la bomba de inyección es clave para suministrar combustible de manera precisa a los cilindros del motor. En el mercado existen una gran variedad de bombas de inyección. Entre la cuales las podemos diferenciar de la siguiente forma:

- *Bomba de inyección de alta presión (HPFP)*

Este tipo de bombas son esenciales en los sistemas CRDI ya que genera la presión necesaria para que el riel común pueda alimentar a todos los inyectores. Para este tipo de bomba se pueden encontrar de pistón radial o axial, su función es mantener una presión precisa y constante de combustible hacia el riel común.

Figura 1.2.1. (1) Bomba de alta presión.

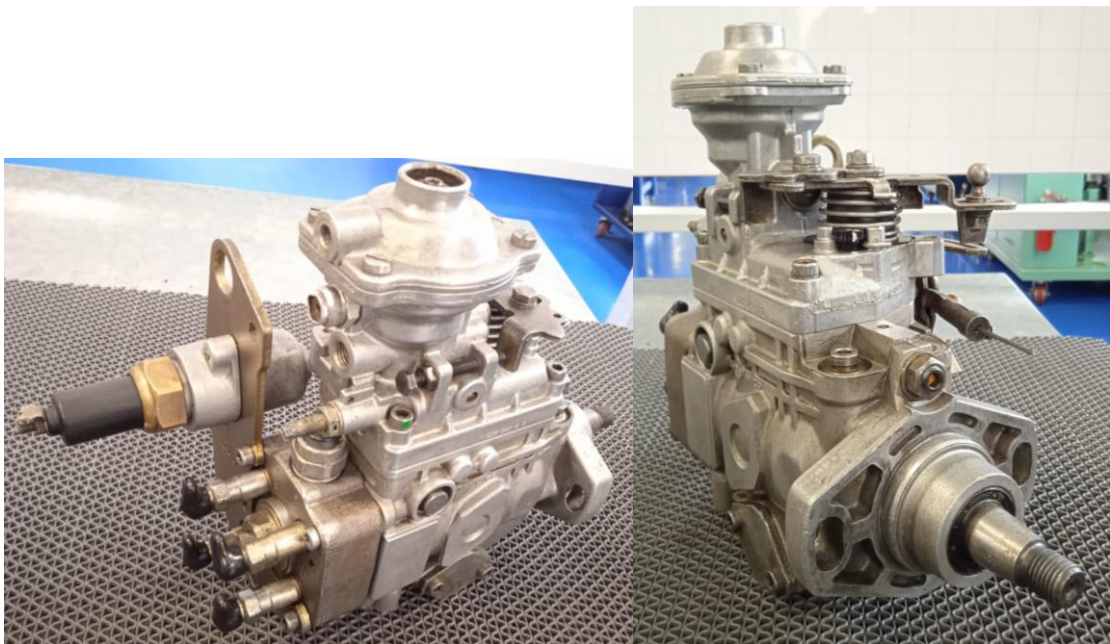


Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

- *Bomba de inyección rotativa.*

Esta clase de bomba son utilizados en sistemas que no son CRDI ya que no entregan la presión suficiente hacia el riel común. Por lo tanto, este tipo de bombas no se emplean en el common rail; en su lugar, están conectadas directamente a los inyectores mediante cañerías individuales. Aunque exista algunas excepciones en las que se utilizan estas bombas con paletas, la cual logra generar la presión necesaria.

Figura 1.2.1. (2) Bomba rotativa.

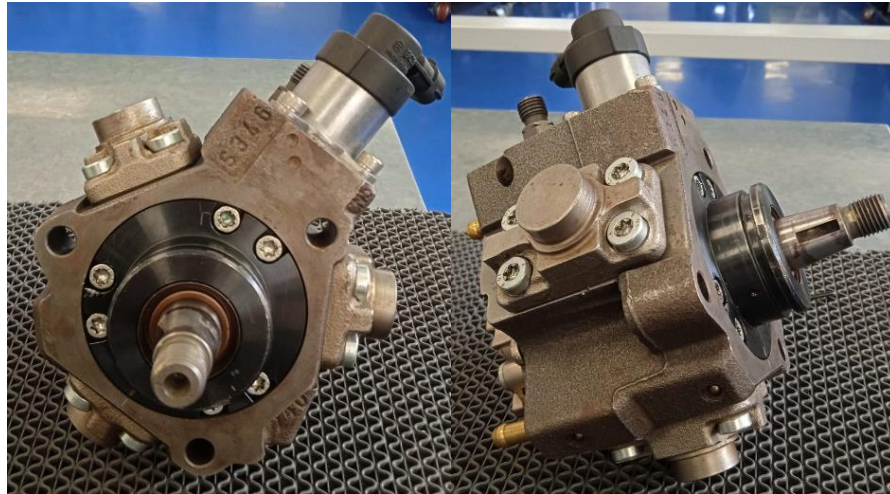


Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

- *Bombas de inyección con émbolo radial.*

En este tipo de bombas se ocupan los émbolos radiales en lugar de paletas, los cuales permiten comprimir el combustible y generar la presión requerida.

Figura 1.2.1. (3) Bomba émbolo radial.



Fuente: Llumiyinga S. & Vicuña R.

1.2.2. Tipos de inyectores.

- *Inyector Electromagnético (Solenoid Injector)*

Los inyectores electromagnéticos utilizan un solenoide para controlar la apertura y cierre de la aguja del inyector. Son comunes en sistemas CRDI y son conocidos por su confiabilidad.

Figura 1.2.2. (1) Inyector electromagnético.



Fuente: Llumiyinga S. & Vicuña R.

- *Inyector de Orificio Único (Single-Hole Injector)*

Este tipo de inyector tiene un solo orificio a través del cual se inyecta el combustible en la cámara de combustión. Son simples y se utilizan en algunos sistemas CRDI, aunque no son muy eficientes.

Figura 1.2.2. (2) Inyector de orificio único.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

- *Inyector de Orificios Múltiples (Multi-Hole Injector)*

Los inyectores de orificios múltiples tienen varios orificios pequeños a través de los cuales se inyecta el combustible. Proporcionado una mejor atomización del combustible, lo que puede mejorar la combustión y reducir las emisiones.

Figura 1.2.2. (3) Inyector de orificios múltiples.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

1.2.3. Ventajas del sistema CRDI.

Mejora la eficiencia del combustible. - Permite una inyección más precisa, el CRDI optimiza la combustión, mejorando la eficiencia y reduciendo las emisiones.

Mayor rendimiento. - Proporciona un mejor rendimiento del motor al garantizar una mezcla de combustible y aire más homogénea.

Reducción de emisiones. - Contribuye a la reducción de emisiones al mejorar la combustión y permitir un control más preciso del proceso de inyección.

Menor ruido y vibración. - Al permitir una combustión más suave, el sistema CRDI ayuda a reducir el ruido y las vibraciones del motor.

Mayor durabilidad. - La inyección precisa y controlada ayuda a reducir el desgaste del motor, contribuyendo a una mayor durabilidad.

1.3. Sistema eléctrico.

1.3.1. Arnés de Cables.

En la actualidad, los vehículos en su gran mayoría están equipados con componentes eléctricos. Por lo tanto, el arnés de cables es un conjunto de cables que se utilizan para conectar los diferentes componentes eléctricos del motor. “La industria automotriz requiere arneses complejos, flexibles, orientados a encontrar soluciones, resistentes a las tensiones del proceso de manufactura, y que cumplan las altas expectativas del mercado (Schleuniger, 2023)”. De manera que, el arnés de cables es esencial para el correcto funcionamiento del motor, ya que permite que los componentes eléctricos se comuniquen entre sí.

Figura 1.3.1. Arnés de cables Hyundai Santa Fe.



Fuente: Ebay.

La importancia de un arnés de cableado eléctrico del motor radica en su capacidad para garantizar la transmisión segura de la corriente eléctrica y los datos necesarios para el funcionamiento óptimo del motor. Además, “el arnés también ayuda a minimizar la interferencia electromagnética y protege los cables de daños causados por vibraciones, impactos o exposición a temperaturas extremas. Bosch Automotive (Handbook: 9na edición por Robert Bosch GmbH (página 343-346))”.

Cabe recalcar que existe normativas vigentes para todo, incluso para cables eléctricos. Por ende, según la normativa SAE J1939 nos dice qué:

Un arnés de cable es un estándar de comunicación utilizado en vehículos comerciales pesados, como camiones, autobuses y maquinaria agrícola y de construcción. La cual, fue desarrollado por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) para estandarizar la comunicación electrónica entre los diferentes componentes y subsistemas del vehículo. (NORMATIVA SAE-J1939)

Lo cual, el arnés de cables es esencial para la integración y el funcionamiento eficiente de los componentes eléctricos, del cual está conformado el motor. Proporcionando una conexión segura y ordenada entre estos elementos.

Para que los sensores puedan comunicarse entre si es necesario integrar un protocolo de mensajes que puedan leer. Por lo tanto, la normativa SAE J1939 nos dice:

Un protocolo de comunicación de datos CAN-BUS, por sus siglas en inglés. Proporciona una estructura jerárquica de mensajes y parámetros de datos, permitiendo la comunicación entre los distintos sistemas electrónicos del vehículo, como el motor, la transmisión, el sistema de frenos, el sistema de control de emisiones, entre otros. (NORMATIVA SAE-J1939)

Se debe decir que, sin este tipo de sistema las señales podrían volverse inestables y accionar algún componente que no deseáramos.

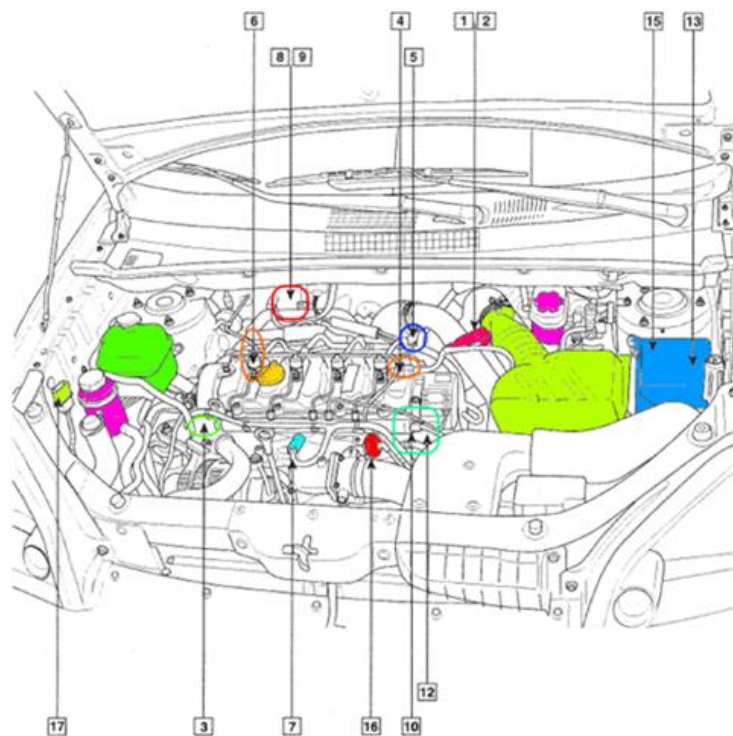
1.3.2. Sensores y actuadores.

Los sensores y actuadores son dispositivos que reciben señales eléctricas, de manera que, el sensor está diseñado para detectar y medir diferentes variables en condiciones del motor. Los sensores son fundamentales en la recopilación de información sobre el rendimiento y el estado del motor, permitiendo que la ECU tome decisiones y pueda ajustar parámetros para optimizar el funcionamiento. “La ECU es la encargada de procesar datos de

sensores y tomar decisiones en tiempo real sobre la inyección de combustible y otros ajustes del motor. (John Turner 2019)”

De igual manera, los actuadores son dispositivos que transforma la señal eléctrica en movimiento físico, en otras palabras, los actuadores son los encargados de la apertura o cierre de los componentes internos del motor. “Se instalan sensores y actuadores para monitorear y controlar varios parámetros del motor, como la temperatura, la presión, la posición del cigüeñal y la posición del acelerador. (Automotive Sensors. John Turner 2009)”

Figura 1.3.2. Posición de los sensores y actuadores del motor.



Fuente: AutoDaewooSpark.

Tabla 1.3.2. Sensores y Actuadores en un motor (CRDI).

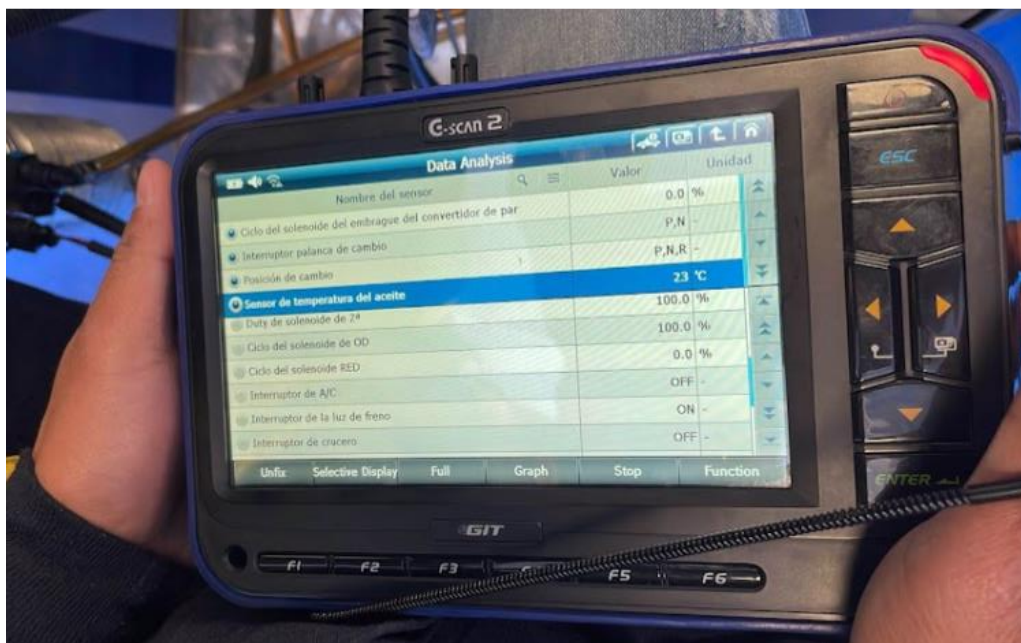
SENSORES	ACTUADORES
Sensor de presión de riel (ICP)	Actuador de válvulas
Sensor de posición del acelerador (TPS)	Actuador de inyectores
Sensor de flujo de masa de aire (MAF)	Actuador de árbol de levas
Sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)	Actuador de mariposa
Sensor de posición del cigüeñal (CKP)	Actuador de turbocompresor

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

1.4. Digitalización, diagnóstico y lectura de señales.

La digitalización, el diagnóstico y la lectura de señales en el sistema eléctrico son procesos interrelacionados que permiten un mejor control, monitoreo y mantenimiento de los sistemas eléctricos.” Estos instrumentos permitirán obtener datos más precisos y confiables sobre el funcionamiento del sistema de inyección, incluyendo aspectos cruciales como la presión de inyección, la cantidad de combustible inyectado y la sincronización de la inyección. (L. Cuenca, H. Chicaiza, 2019).” Debido a que, en la digitalización es comúnmente utilizada para el control y monitoreo mediante dispositivos digitales, sin embargo, los sistemas de diagnóstico en el ámbito eléctrico utilizan herramientas especializadas para identificar y localizar las posibles fallas.

Figura 1.4. Análisis de datos.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

1.4.1. Digitalización del Sistema Eléctrico.

Se comprende como digitalización al proceso de poder representar señales eléctricas o datos analógicos en forma digital. “La digitalización de un motor CRDI (Common Rail Direct Inyección) implica la incorporación de sistemas electrónicos avanzados para controlar la inyección de combustible, monitorear sensores y optimizar el rendimiento del motor. (Bosch Automotive Handbook “Robert Bosch” GmbH 2014)”. Esto quiere decir, en el sistema eléctrico se implica la conversión de información eléctrica continua a numeración digital, permitiendo un procesamiento, almacenamiento y transmisión de información más eficiente.

1.4.2. Diagnóstico del Sistema Eléctrico.

El poder diagnosticar en el contexto del sistema eléctrico implica, en la identificación y resolución de problemas, fallas o irregularidades que pueden ocurrir en este sistema. Para ello, en el país existe una gran variedad de interfaces que se utilizan para el diagnóstico, Según (Ben Strade 2018) Se utiliza software especializado para diagnosticar y ajustar la ECU, permitiendo la personalización y la optimización del rendimiento del motor.

Por esta razón, muchos de los vehículos modernos cuentan con un puerto OBD-II, ya que es una herramienta crucial para el diagnóstico y monitoreo del estado del motor de vehículo. “Se puede incorporar una interfaz de diagnóstico a bordo (OBD-II) para la comunicación con herramientas de diagnóstico y escaneo. (Normativa OBD-II SAE)”.

Figura 1.4.2. Diagnostico (Pantalla de inicio).

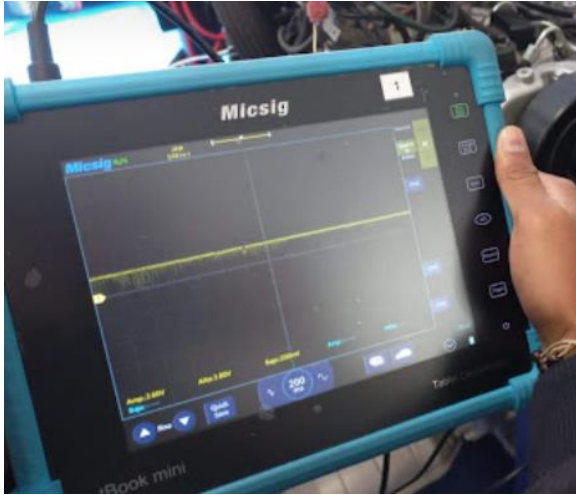

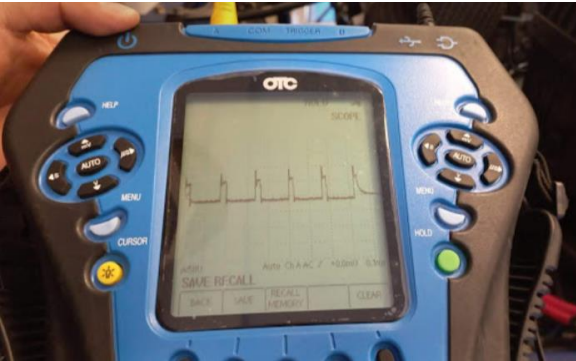


Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

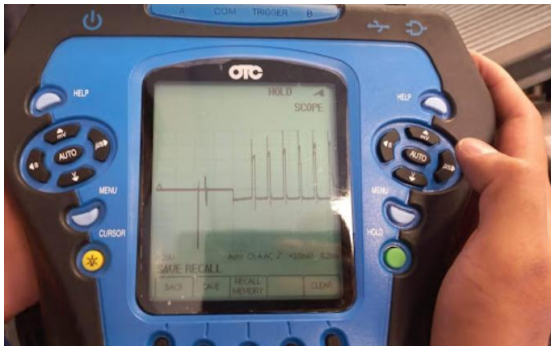
1.4.3. Lectura de Señales del Sistema Eléctrico.

La lectura de señales implica en la interpretación y análisis de las señales eléctricas que fluyen a través del arnés de cables. De igual forma, esto puede incluir en la medición de voltajes y frecuencias. Gracias a la lectura de señales, podemos identificar patrones que pueden indicar problemas potenciales, la lectura de estas señales se las puede realizar mediante instrumentos de medición especializados o por sistemas de monitoreo automático.

Tabla 1.4.3. Lectura de señales en un motor (CRDI).

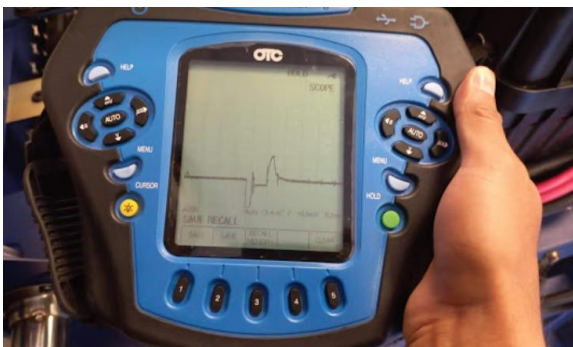
SEÑAL	DESCRIPCIÓN
<p><u>MAP</u></p> 	<p>Es el encargado de censar la presión que se genera en el colector de admisión.</p> <p>Cuando este sensor falla el vehículo tarda en encender, existe un mayor consumo de combustible, presencia de humo negro.</p>
<p><u>IAT</u></p> 	<p>La falla de este sensor puede ocasionar que el motor tenga una aceleración inestable ya que no está detectando la temperatura del aire que entra al cuerpo de admisión, ocasionando que exista una mayor cantidad de inyección de combustible hacia el motor.</p>
<p><u>INYECTOR</u></p> 	<p>La principal función de los inyectores es proporcionar alta presión para cada ciclo de compresión dentro del motor, para poder obtener la señal de los inyectores se conecta en el azul que vendría a ser señal señor y un GND.</p>

CKP



Es el encargado de proporcionar información a la ECU, proporcionando datos sobre la posición y la velocidad en la cual se encuentra el cigüeñal, es crucial para determinar el tiempo de encendido y la cantidad de combustible que se inyecta en los cilindros.

ACTUADOR



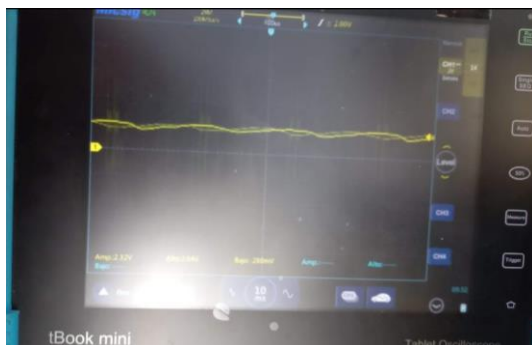
Se genera la falla desconectando el inyector del cilindro uno, esta falla ocasiona que el motor pierda potencia, exista un mayor consumo de combustible.

TPS



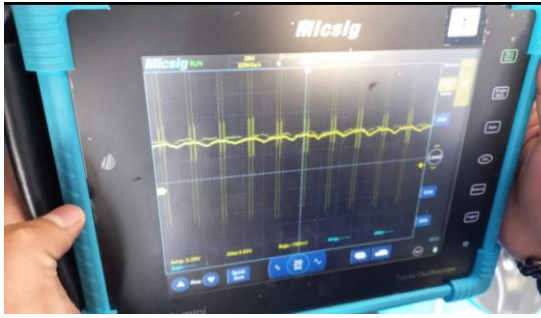
Es una señal de la cual podremos observar las oscilaciones al momento de accionar el pedal del acelerador, se puede generar fallas en este sensor cuando está en contacto con humedad.

ECT



Su principal función es recopilar información de la temperatura a la cual se encuentra el refrigerante del motor.

MAF



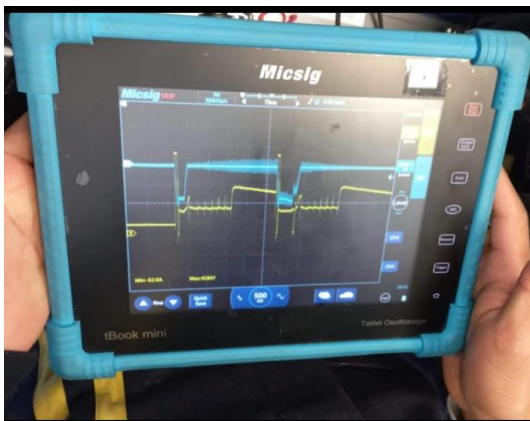
Puede generar falla haciendo que la ECU no detecte la cantidad de aire que entra al motor, ocasionando que la maquina tenga inestabilidad en su aceleración, además puede existir un mayor consumo de combustible aumentando de manera considerable las emisiones.

CMP



Este sensor monitorea la posición y velocidad del árbol de levas del motor, Proporciona información sobre la posición de las válvulas y el momento en que se abren y cierran en relación con la posición del pistón.

ICP



Este sensor mide la presión del combustible en el riel de combustible de un motor. Este sensor es comúnmente utilizado en sistemas de inyección de combustible, como los sistemas de inyección directa de gasolina o los sistemas common rail de inyección de combustible diésel.

Fuente: Llumiquinga S. & Vicuña R.

Para concluir, todos los sensores son cruciales para el control y la eficiencia del sistema de inyección de combustible en un motor, contribuyendo a un rendimiento óptimo y a la reducción de emisiones. Se debe tomar en cuenta, que se debe tomar bien las señales ya que podemos malinterpretar las gráficas que obtengamos.

1.5.Posibles fallos.

1.5.1. Fallos más comunes en el arnés de cables.

En el arnés de cables se pueden producir varios inconvenientes ya sea por el desgaste, fricción o exceso de calentamiento de los cables. Para prevenir estos problemas, es necesario realizar un mantenimiento regular, se inspecciona visualmente el arnés de cables y se debe reparar o reemplazar el componente dañado, si es el caso. A continuación, indicaremos algunos fallos comunes en el arnés de cables:

Cables Desgastados o Pelados: El roce constante contra superficies ásperas, vibraciones o exposición a altas temperaturas pueden causar desgaste en la cubierta aislante de los cables, resultando en cables desgastados o pelados.

Conexiones Flojas: Las conexiones eléctricas pueden volverse sueltas debido a vibraciones o a la corrosión, lo que puede causar pérdida de contacto y mal funcionamiento de los componentes eléctricos.

Abrasión por Rozamiento: En áreas donde el arnés está en contacto con superficies metálicas o estructuras, la abrasión por rozamiento puede ocurrir, especialmente en condiciones de vibración intensa.

Daño por Calor: La exposición prolongada a altas temperaturas, ya sea debido a la proximidad a componentes calientes del motor o por condiciones ambientales extremas, puede dañar los cables y aislantes.

Daño por Humedad: La entrada de agua o humedad en el arnés puede causar cortocircuitos y problemas eléctricos. Esto puede ser especialmente común en vehículos que operan en condiciones climáticas adversas.

Desconexiones Internas: Dentro del arnés, las conexiones internas pueden aflojarse con el tiempo, lo que podría provocar interrupciones en la continuidad eléctrica.

En otras palabras, la detección temprana y la solución de estos problemas ayudan significativamente para evitar fallos mayores en el sistema eléctrico del motor. “El cableado es el que se encarga de alimentar los sensores y actuadores y distribuir correctamente las señales que brinda la ECU, los cables necesarios pueden ser secciones considerables por la potencia eléctrica necesaria. (Revista INGENIO, (2020))”

1.5.2. Fallos comunes en lectura de señales.

Como se ha mencionado anteriormente, para la recolección de señales es necesario que el motor se encuentre en óptimas condiciones de uso. Sin embargo, pueden surgir fallos al momento de obtener señales. Por esta razón, se describirán algunas fallas que se han presentado, las cuales serán representadas en la siguiente tabla.

Tabla 1.5.2. Lectura de señales en un motor (CRDI).

ELEMENTO DEL MOTOR	FALLA
<i> inyector 1</i>	<ul style="list-style-type: none">• Golpeteo del motor• Pérdida de potencia del motor• Encendido defectuoso• Exceso de humo en el escape
<i> Sensor IAT</i>	<ul style="list-style-type: none">• Ralentí alto• Niveles altos de emisiones• Consumo excesivo de combustible• Pérdida de potencia del motor
<i> Sensor MAF</i>	<ul style="list-style-type: none">• Hora lenta y bajo• Encendido o defectuoso• Bajo rendimiento del motor
<i> Sensor TPS</i>	<ul style="list-style-type: none">• No existe una buena aceleración• Dificultad al encendido
<i> Sensor MAP</i>	<ul style="list-style-type: none">• Exceso de humo negro• Excesivo consumo de combustible• Encendido tardío
<i> Control del relé principal</i>	<ul style="list-style-type: none">• Largos tiempos el motor no enciende• Periodos cortos de funcionamiento

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES DE LA ELECTRÓNICA DEL MOTOR

2.1. Componentes eléctricos.

2.1.1. ECU, funcionamiento, señales

La Unidad de control del motor (ECU), es un componente eléctrico que forma parte de la gestión del motor en el vehículo. De manera que, su función principal es controlar y regular diversas operaciones del motor asegurando un óptimo rendimiento. “En la unidad de control electrónico, se agrupan y reciben todas las señales que dispone el motor cuando se encuentra en funcionamiento. (Revista INGENIO, (2020))”

Figura 2.1.1. Unidad de control electrónico (ECU).



Fuente: Autosoporte.

Funcionamiento. – La unidad de control electrónico recopila información de varios sensores que se encuentran ubicados en diferentes lugares del motor. Por ejemplo, el sensor de posición el acelerador (TPS), el sensor de temperatura, entre otros. Usando estos datos, la ECU toma decisiones en tiempo real diferentes parámetros esenciales para el funcionamiento del motor.

Señales. – La unidad de control electrónico tiene que adaptarse a diversas condiciones de conducción y que así pueda mantener el rendimiento del motor dentro de los límites establecidos.

Tabla 2.1.1. Señales que recibe y envía la (ECU).

<i>Señales que recibe la ECU</i>	<i>Señales que envía la ECU</i>
<p>Por lo general la ECU recibe todas las señales emitidas por los sensores. Entre los cuales tenemos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sensor de Oxígeno (O2) Sensor de Posición del Acelerador (TPS) Sensor de Temperatura Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP) Sensor de Pos. del Árbol de Levas (CMP) Sensor de Pres. del Múltiple de Admisión (MAP) Sensor de Presión del Combustible Sensor de Velocidad del Vehículo (VSS) 	<p>Por otro lado, la ECU controla y dirige estas señales hacia los componentes internos del motor. Entre las señales que dirige tenemos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control de Inyección de Combustible Control de Encendido Control del Aire y Combustible Control del Régimen de Ralentí Control de Emisiones Control de Transmisión

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

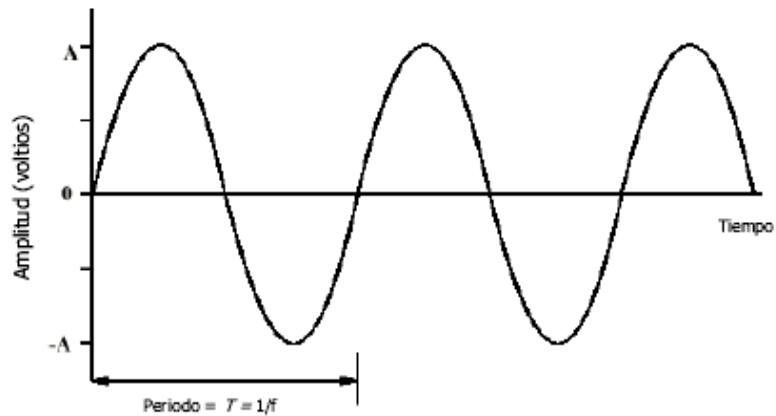
2.2. Combinación Análogo – Digital

Para la realización de este proyecto técnico se ha tomado en cuenta la combinación análogo-digital ya que es un factor muy importante para la digitalización que se va a implementar. Consecuentemente, facilitará la obtención de datos más precisos contribuyendo de manera significativa a una mayor comprensión sobre el banco.

Una combinación análogo-digital es esencial en muchos sistemas modernos donde se puede manipular la información y procesarla de manera eficiente aprovechando las ventajas del tipo de señales que brinda. Pero para poder hablar de la combinación primero, debemos entender que tipos de señales emiten. A continuación, se dará una breve explicación de ambos conceptos:

Señal Analógica. - Una señal analógica es una representación continua de una variable física a lo largo del tiempo, en la que la amplitud de la señal puede tomar cualquier valor dentro de un rango determinado. Estas señales son utilizadas en la naturaleza, como el sonido, la luz y muchas otras formas de información. (Reyes-Parra, Cañon-Ayala, & Olarte-Dussan, 2018).

Figura 2.2. (1) Señal onda Analógica.



(a) Onda sinusoidal

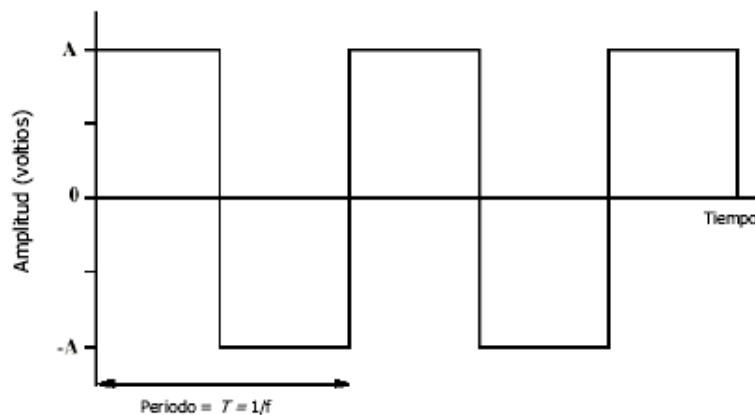
Fuente: Vallecillos A.

Por lo tanto, se tiene que:

- Una señal analógica es una representación continua de información.
- Puede tener un rango infinito de valores en un intervalo específico.
- Ejemplos comunes de señales analógicas son las ondas de sonido, las señales eléctricas en un cable, o la temperatura en un termómetro de mercurio.

Señal Digital. - Una señal digital es una representación de información en forma de números discretos o dígitos, generalmente en forma binaria (ceros y unos). Cada valor discreto se conoce como un "muestreo" y se puede representar mediante bits. Las señales digitales se utilizan ampliamente en la electrónica, las comunicaciones y la informática. (Reyes-Parra, Cañon-Ayala, & Olarte-Dussan, 2018).

Figura 2.2. (2) Señal onda Digital.



(b) Onda cuadrada

Fuente: Vallecillos A.

Por lo tanto, se tiene que:

- Una señal digital es una representación discreta de información.
- Se compone de valores discretos, típicamente en forma de bits (1 y 0).
- Es más robusta en términos de resistencia al ruido y pérdida de calidad en comparación con las señales analógicas.

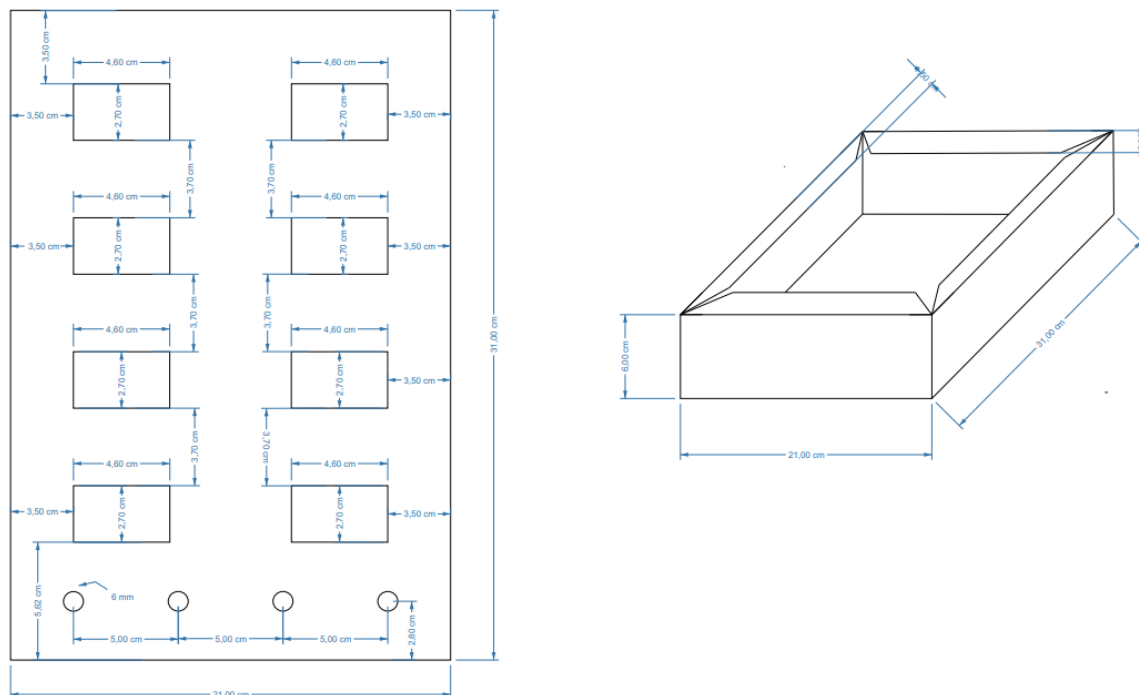
Ahora, una vez entendido de que trata cada una de estas señales se puede hacer una combinación análogo-digital eficiente.

2.2.1. Interfaz.

En este proyecto se considera que, para llevar a cabo la digitalización será necesario crear una interfaz para la interacción con los estudiantes. Ya que, una interfaz es un medio de conexión que facilita la comunicación e interacción en el intercambio de datos entre diferentes componentes.

Para este caso en específico, implementamos una caja en la cual reposaran todos los elementos implementados como: Arduino, protoboard, cables, etc. A continuación, se presentará el plano de la caja.

Figura 2.2.1. Plano de la caja.



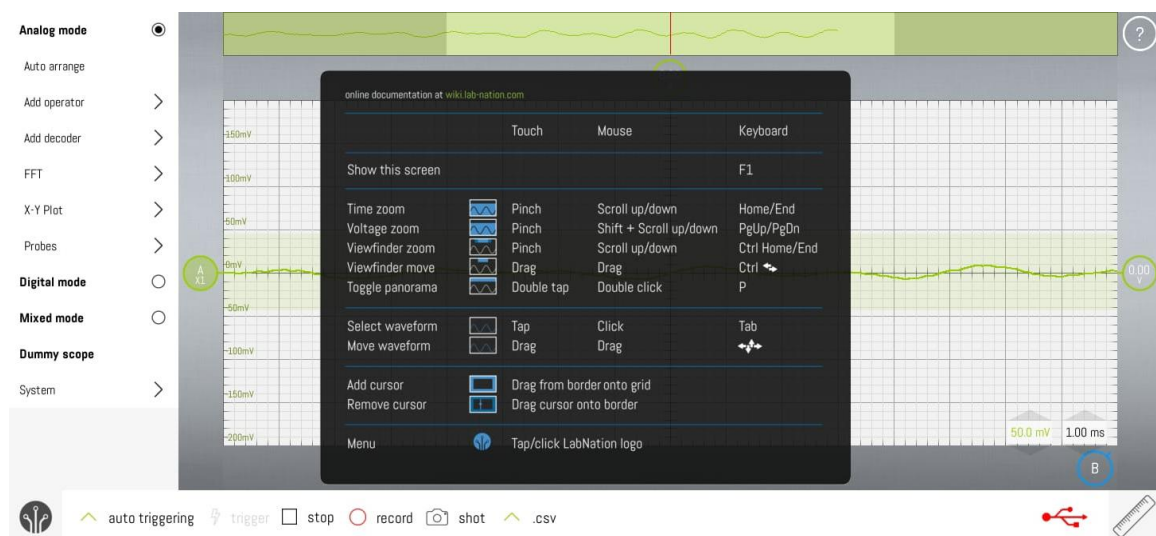
Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

2.2.2. Aplicación.

Adicionalmente se ha implementado una pequeña interfaz para una fácil lectura de graficas sin la necesidad de ocupar el osciloscopio, para ello, es necesario contar con un teléfono celular. Ya que, este dispositivo servirá para poder identificar específicamente las gráficas de los inyectores.

La aplicación que se utilizará se denomina SmartScope, es una app de celular creada por la corporación LabNation. Esta aplicación nos brinda una interfaz didáctica y con controles sencillos de entender.

Figura 2.2.2. Aplicación SmartScope.



Fuente: Llumiquinga S. & Vicuña R.

2.3. Selección por criterios ponderados

Se debe efectuar un análisis cuantitativo, comparando componentes eléctricos que se han colocado en este proyecto. En otros términos, se realiza la selección mediante criterios ponderados antes de tomar decisiones, asignando ponderaciones o valores relativos con diferentes criterios.

El análisis de criterios ponderados trata de colocar una puntuación considerando los múltiples factores de manera sistemática, escogiendo el componente o material más óptimo reflejando la importancia relativa antes de la toma de decisiones. Sin embargo, es crucial establecer valores numéricos de manera rigurosa y justa para evitar sesgos y así poder asegurar una evaluación transparente y objetiva.

2.3.1. Arduino

Para obtener una ponderación de criterios, es necesario considerar las alternativas y el peso relativo de sus factores. En este caso, se tienen tres alternativas con cinco factores.

<i>ALTERNATIVAS</i>	<i>FACTORES</i>
A. Arduino Uno B. Arduino Mega C. Raspberry	Precio final Capacidad de memoria Nivel de manipulación Cantidad de componentes Tamaño del componente

A continuación, se presenta una tabla de selección por criterio ponderado de los Arduinos candidatos para la elaboración del proyecto, se asignará una ponderación del 1 al 10 siendo 1 como malo y 10 como bueno.

Tabla 2.3.1. Selección por criterios ponderados (Arduino).

ARDUINO				
Factores	Peso relativo (%)	Alternativas		
		A	B	C
Precio final	35	8	5	5
Capacidad de memoria	25	8	8	8
Nivel de manipulación	15	7	7	4
Cantidad de componentes	15	7	8	8
Tamaño del componente	10	8	5	6
Puntuación total		7,70	6,50	6,15

Fuente: Llumiquinga S. & Vicuña R.

Como resultado, se determina que el mejor candidato entre los Arduinos es el Arduino Uno, ya que brinda una mejor capacidad de almacenamiento con un nivel apropiado de manipulación. La elección de este componente se basa en el hecho de que solo se requiere un Arduino. Cabe mencionar que el precio es relevante, ya que el Arduino Uno tiene un costo más accesible en el mercado en comparación con el resto de tarjetas, las cuales superan el presupuesto establecido.

2.3.2. Pantallas

Para obtener una ponderación de criterios, es necesario considerar las alternativas y el peso relativo de sus factores. En este caso, se tienen tres alternativas con cinco factores.

<i>ALTERNATIVAS</i>	<i>FACTORES</i>
A. LED Display 2.8 TFT B. VOLT. DIG. 0-30 DC C. LED IIC/I2C 1602 16X2	Precio final Resolución de la pantalla Nivel de manipulación Cantidad de componentes Tamaño del componente

A continuación, se presenta de igual manera una tabla de selección por criterio ponderado de las pantallas para la elaboración del proyecto, se asignará una ponderación del 1 al 10 siendo 1 como malo y 10 como bueno.

Tabla 2.3.2. Selección por criterios ponderados (Pantallas).

PANTALLAS				
Factores	Peso relativo (%)	Alternativas		
		A	B	C
Precio final	35	4	6	5
Resolución de la pantalla	25	8	9	9
Nivel de manipulación	15	4	8	8
Cantidad de componentes	15	5	5	4
Tamaño del componente	10	10	6	8
Puntuación total		5,75	6,90	6,60

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Como resultado, se determina que el mejor candidato entre las pantallas elegidas es la pantalla Voltímetro digital de 0-30 DC ya que para elaborar la interfaz se ocuparán alrededor de ocho pantallas. A comparación, esta pantalla tiene una mayor durabilidad ya que resiste voltajes relativamente altos. Se debe mencionar que las otras pantallas tienen una mejor resolución, pero no compiten con el precio ni la durabilidad.

2.3.3. Cables

Para obtener una ponderación de criterios, es necesario considerar las alternativas y el peso relativo de sus factores. En este caso, se tienen tres alternativas con cuatro factores.

<i>ALTERNATIVAS</i>	<i>FACTORES</i>
A. Diámetro AWG 18 B. Diámetro AWG 20 C. Diámetro AWG 16 (solido)	Precio final Nivel de conducción Nivel de maleabilidad Tamaño

A continuación, se presenta una tabla de selección por criterio ponderado sobre los cables candidatos para la elaboración del proyecto, se asignará una ponderación del 1 al 10 siendo 1 como malo y 10 como bueno.

Tabla 2.3.3. Selección por criterios ponderados (Cables).

CABLES				
Factores	Peso relativo (%)	Alternativas		
		A	B	C
Precio final	40	8	5	6
Nivel de conducción	25	7	7	7
Nivel de maleabilidad	20	7	7	7
Tamaño	15	8	10	6
Puntuación total		7,55	6,65	6,45

Fuente: Llumiyinga S. & Vicuña R.

Como resultado, se determina que el mejor candidato entre los cables seleccionados es de diámetro AWG 18 ya que el tamaño es el ideal para la elaboración de las conexiones para todo el trabajo que vamos a realizar. A comparación del resto, sus características son muy buenas ya que el material es maleable con un buen nivel de conducción eléctrica y resiste a las altas temperaturas. Cabe destacar que, el precio no es relevante ya que se hará la adquisición por metros y no se desperdiciaría material. Se debe mencionar que, este mismo cable se ocupará para la repotenciación del motor si llegara el caso.

2.3.4. Conexiones (uniones)

Para obtener una ponderación de criterios, es necesario considerar las alternativas y el peso relativo de sus factores. En este caso, se tienen tres alternativas con cinco factores.

<i>ALTERNATIVAS</i>	<i>FACTORES</i>
A. Unión cola de rata B. Unión con soldadura C. Unión fácil	Precio final Calidad de fijación Nivel de maleabilidad Cantidad de componentes Tamaño del componente

A continuación, se presenta una tabla de selección por criterio ponderado sobre las uniones para la elaboración del proyecto, se asignará una ponderación del 1 al 10 tomando el valor de 10 como malo y 1 como bueno.

Tabla 2.3.4. Selección por criterios ponderados (Uniones).

CONEXIONES				
Factores	Peso relativo (%)	Alternativas		
		A	B	C
Precio final	35	1	5	6
Calidad de fijación	25	9	7	1
Nivel de manipulación	15	7	5	2
Cantidad de componentes	15	2	5	8
Tamaño del componente	10	2	4	2
Puntuación total		4,15	5,40	4,05

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Como resultado, se determina que la mejor unión para los cables es de unión fácil ya que tiene una buena calidad de fijación y un buen nivel de manipulación. Esta clase de unión se nos hace muy favorable ya que no tendremos la necesidad de cortar cables para hacer las uniones. Uno de los contras que observamos es que será un poco costoso la adquisición, pero creemos que los beneficios que tiene lo compensan.

2.3.5. Aislantes

Para obtener una ponderación de criterios, es necesario considerar las alternativas y el peso relativo de sus factores. En este caso, se tienen tres alternativas con cuatro factores.

<i>ALTERNATIVAS</i>	<i>FACTORES</i>
A. Cinta aislante B. Manguera corrugada C. Aislante termo contraíble	Precio final Nivel de temperatura Nivel de manipulación Cantidad de componentes

A continuación, se presenta una tabla de selección por criterio ponderado sobre los aislantes que ocuparemos para la elaboración del proyecto, se asignará una ponderación del 1 al 10 siendo 1 como malo y 10 como bueno.

Tabla 2.3.5. Selección por criterios ponderados (Aislantes).

AISTANTES				
Factores	Peso relativo (%)	Alternativas		
		A	B	C
Precio final	40	7	6	7
Nivel de temperatura	25	8	8	4
Nivel de manipulación	20	6	5	7
Cantidad de componentes	15	4	8	9
Puntuación total		6,60	6,60	6,55

Fuente: Llumiyinga S. & Vicuña R.

Como resultado, se determina que todas las alternativas son viables, porque para la elaboración del proyecto ocuparemos todos estos materiales, ya sea para la creación del interfaz o incluso puede servir para el reacondicionamiento del banco de pruebas YES01 (Hyundai Santa Fe 2006 TCI-D). Se destaca la importancia del nivel de temperatura que estos materiales pueden soportar, en el caso del termo contraíble no se ocupará netamente en el motor sino en la elaboración del interfaz, se ocupará principalmente para que no haga contacto con la superficie de la caja.

2.3.6. Placas de pruebas (protoboard)

Para obtener una ponderación de criterios, es necesario considerar las alternativas y el peso relativo de sus factores. En este caso, se tienen tres alternativas con cinco factores.

<i>ALTERNATIVAS</i>	<i>FACTORES</i>
A. Protoboard 8.3 x 5.5 B. Placa fenólica 4.5 x 4.5 C. Protoboard 16.5 x 5.5	Precio final Capacidad Nivel de conductividad Cantidad de componentes Tamaño del componente

A continuación, se presenta una tabla de selección por criterio ponderado sobre las placas de pruebas candidatas para la elaboración del proyecto, se asignará una ponderación del 1 al 10 siendo 1 como malo y 10 como bueno.

Tabla 2.3.6. Selección por criterios ponderados (Protoboard).

PLACAS DE PRUEBAS				
Factores	Peso relativo (%)	Alternativas		
		A	B	C
Precio final	35	8	9	6
Capacidad	25	7	4	9
Nivel de conductividad	15	7	7	7
Cantidad de componentes	15	8	8	7
Tamaño del componente	10	6	9	3
Puntuación total		7,40	7,30	6,75

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Como resultado, se determina que los mejores candidatos son el protoboard 8.3 x 5.5 y la placa fenólica 4.5 x 4.5. Estos componentes fueron seleccionados debido a que en el protoboard el mantenimiento es mucho más fácil de ejecutar. Mientras que, en la placa fenólica, los componentes que se colocarán requieran soldadura para asegurar que no haya conexiones sueltas. Además, en esta plana no se utilizarán cables.

2.3.7. Caja de interfaz

Para obtener una ponderación de criterios, es necesario considerar las alternativas y el peso relativo de sus factores. En este caso, se tienen tres alternativas con seis factores.

<i>ALTERNATIVAS</i>	<i>FACTORES</i>
A. Madera B. Acero C. Policarbonato	Precio final Fragilidad Maleabilidad Peso Nivel de construcción Conductividad

A continuación, se presenta una tabla de selección por criterio ponderado sobre el material del cual vamos hacer la caja de interfaz para la elaboración del proyecto, se asignará una ponderación del 1 al 10 siendo 1 como malo y 10 como bueno.

Tabla 2.3.7. Selección por criterios ponderados (Caja de interfaz).

CAJA DE INTERFAZ				
Factores	Peso relativo (%)	Alternativas		
		A	B	C
Precio final	30	8	8	6
Fragilidad	25	6	9	7
Maleabilidad	20	4	9	9
Peso	15	6	3	5
Nivel de construcción	5	4	9	9
Conductividad	5	2	7	3
Puntuación total		5,90	7,70	6,56

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Como resultado, se determina que el mejor material para realizar la caja de interfaz es de acero por las características que posee. Se tomó en cuenta que a comparación del resto de materiales el acero es más resistente.

CAPÍTULO 3

EJECUCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA

Para llevar a cabo la implementación digital en el sistema CRDI del banco de pruebas YES01(Hyundai Santa Fe 2006 TCI-D), se realiza una evaluación para determinar el estado del módulo de entrenamiento. Para ello, se ejecutará una inspección visual y seguidamente se verificará si el motor arranca o no. Una vez realizado estas inspecciones se procederá a tomar los valores con el osciloscopio para determinar cómo se encuentra el estado eléctrico. Finalmente, con los datos que hemos obtenido se procede a la repotenciación del banco de pruebas y a la instrumentación digital necesaria para optimizar el sistema.

3.1. Verificación del módulo de pruebas.

Siempre se debe tener en cuenta el estado del módulo de pruebas, todo el módulo debe encontrar en buenas condiciones de funcionamiento, ya sea en la parte técnica o tecnológica del motor para poder comenzar a la recopilación de datos.

3.1.1. Verificación visual.

Lo primero que se realizará será una inspección exhaustiva del banco de pruebas con el objetivo de observar si hace falta algún elemento crucial para el funcionamiento.

Figura 3.1.1. (1) Inspección Visual del banco de pruebas.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Lo que se logró observar fue principalmente el estado del arnés de cables ya que muchos de sus conectores se encuentran en pésimas condiciones.

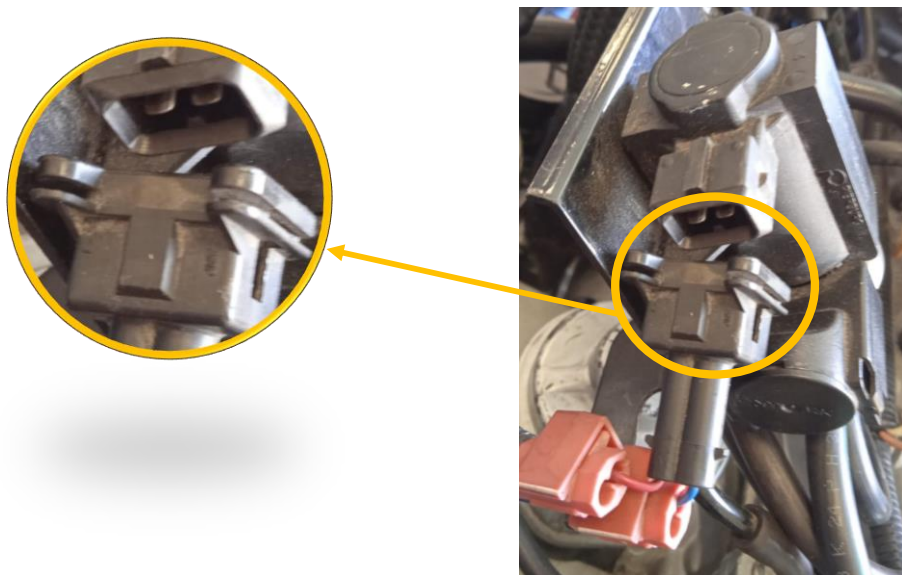
Figura 3.1.1. (2) Inspección Visual del arnés de cables.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

De igual manera, se alcanzó a observar la falta de seguros en muchos de los conectores. Esto puede ser perjudicial ya que por las vibraciones del motor estos se pueden desconectarse y producir errores de funcionamiento.

Figura 3.1.1. (3) Inspección Visual seguros faltantes.

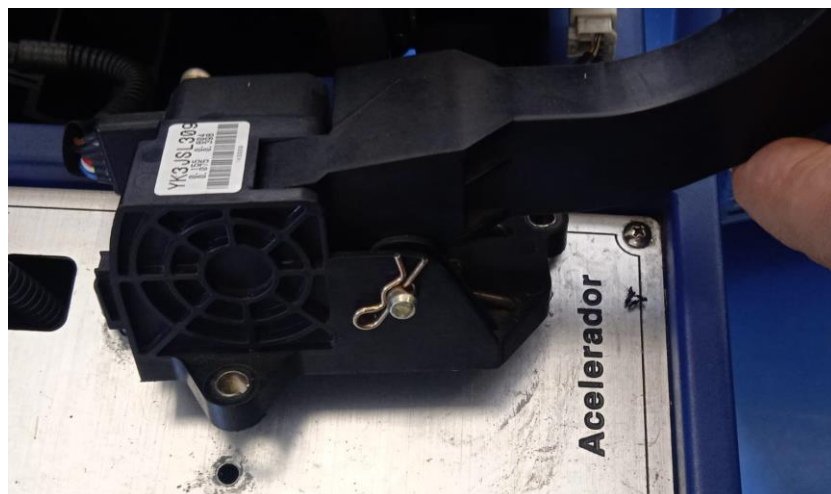


Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

3.1.2. Verificación técnica.

Del mismo modo, se encontró que el pedal del acelerador no está sujeto a la base del banco de pruebas. Este inconveniente es malo para la obtención de datos.

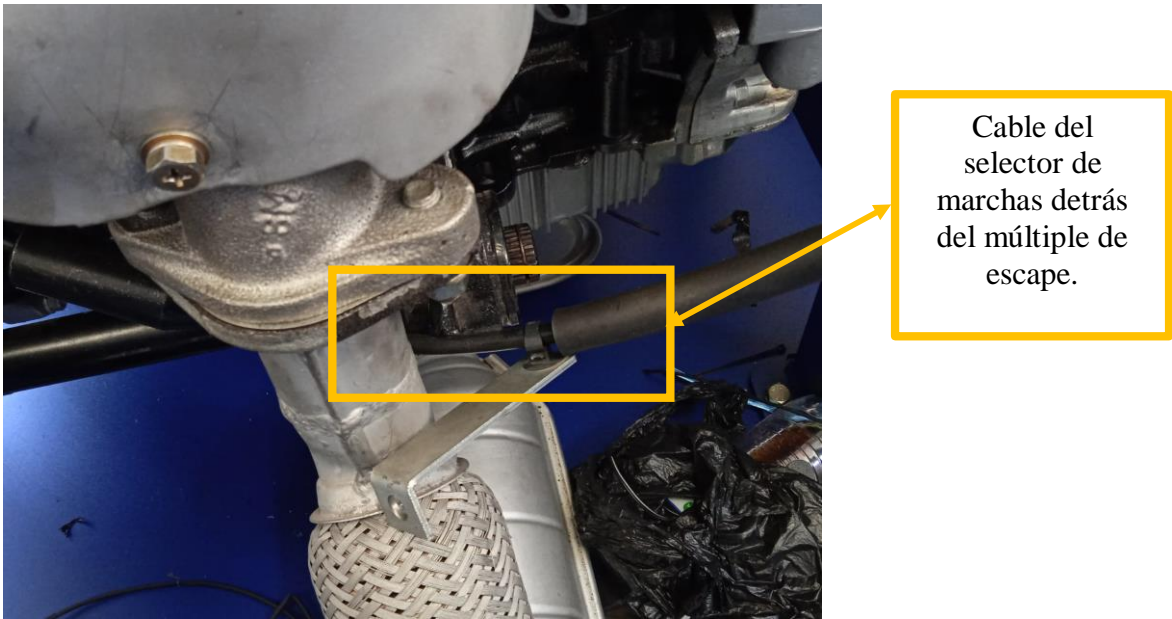
Figura 3.1.2. (1) Inspección Técnica del pedal del acelerador.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

De manera similar, el soporte del cable de cambios se encuentra fuera de lugar, con el cable de cambios pasado por detrás del tubo de escape. Esto puede conllevar a un desgaste innecesario del cable y puede quedarse sin conexión con la caja de cambios.

Figura 3.1.2. (2) Inspección Técnica del cable selector de marchas.



Fuente: Llumiyinga S. & Vicuña R.

También, se realizó una inspección en la fusilera, dado que el motor no arrancó. Se observó que había fusibles quemados y que faltaba un fusible crucial para el correcto funcionamiento de la bomba de combustible.

Figura 3.1.2. (3) Inspección Técnica de la fusilera.



Fuente: Llumiyinga S. & Vicuña R.

3.2. Repotenciación del módulo de pruebas.

Una vez culminada la inspección, se procederá a corregir los defectos que se presentaron con el fin de obtener los datos necesarios. Como se ha hablado anteriormente, es necesario que todo el banco de pruebas está en óptimas condiciones de funcionamiento.

3.2.1. Cambio del arnés de cables.

En este caso, se constató que todo el arnés de cables se encontraba en mal estado; por ende, se tomó la decisión de cambiar todo el conjunto de cables. La omisión de esta acción podría ser perjudicial para la obtención de gráficas, ya que estas serían inestables.

Figura 3.2.1. (1) Cambio del arnés de cables.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Figura 3.2.1. (2) Cambio del arnés de cables.

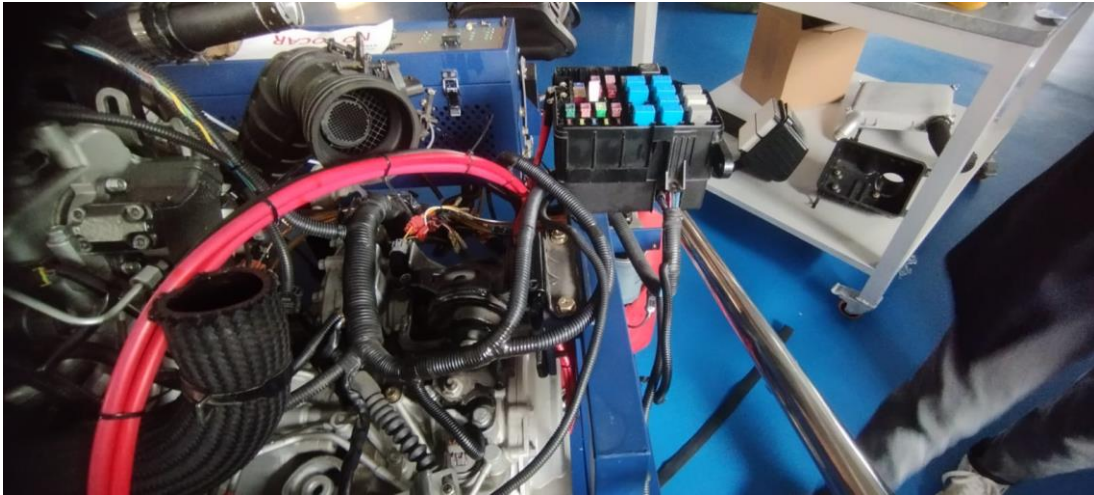


Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

3.2.2. Correcciones en general.

En general, en el banco de pruebas existían muchas fallas las cuales se corrigieron de uno en uno para así no omitir nada.

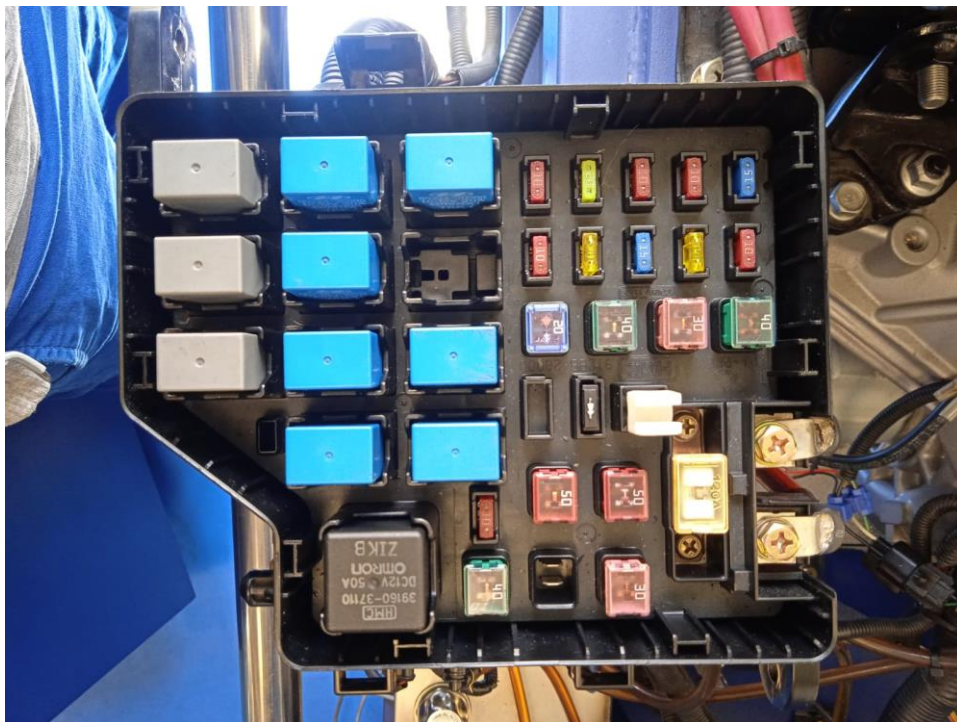
Figura 3.2.2. (1) Conexión del arnés de cables.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

En la *Figura 3.2.2. (1)*, se puede observar la conexión del nuevo arnés de cables con la fusilera. Realizar esta acción contribuyen a evitar errores innecesarios.

Figura 3.2.2. (2) Colocación de fusibles faltantes.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Se debe tener cuidado al momento de insertar el nuevo cableado con la fusilera ya que existe la posibilidad de confusión que podría resultar en conexiones erróneas sin querer. También, se procedió a cambiar los fusibles quemados y colocar los fusibles faltantes.

Figura 3.2.2. (3) Implementación de mangueras.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Igualmente, es necesario colocar manguera corrugada para proteger el nuevo cableado y evitar sobrecalentamiento de los cables e incluso con las correas plásticas nos ayuda a sujetar para que no exista fricción y no lleguen a desgastarse.

Figura 3.2.2. (4) Cambio de terminales.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

De igual manera, en la *Figura 3.2.2. (4)* se procederá al cambio de estos terminales, ya que se encuentran en malas condiciones. Esto nos ayudara para cuidar el nuevo cableado al momento de obtener datos, al no tener que pinchar los cables y así no llegar a estropearlo.

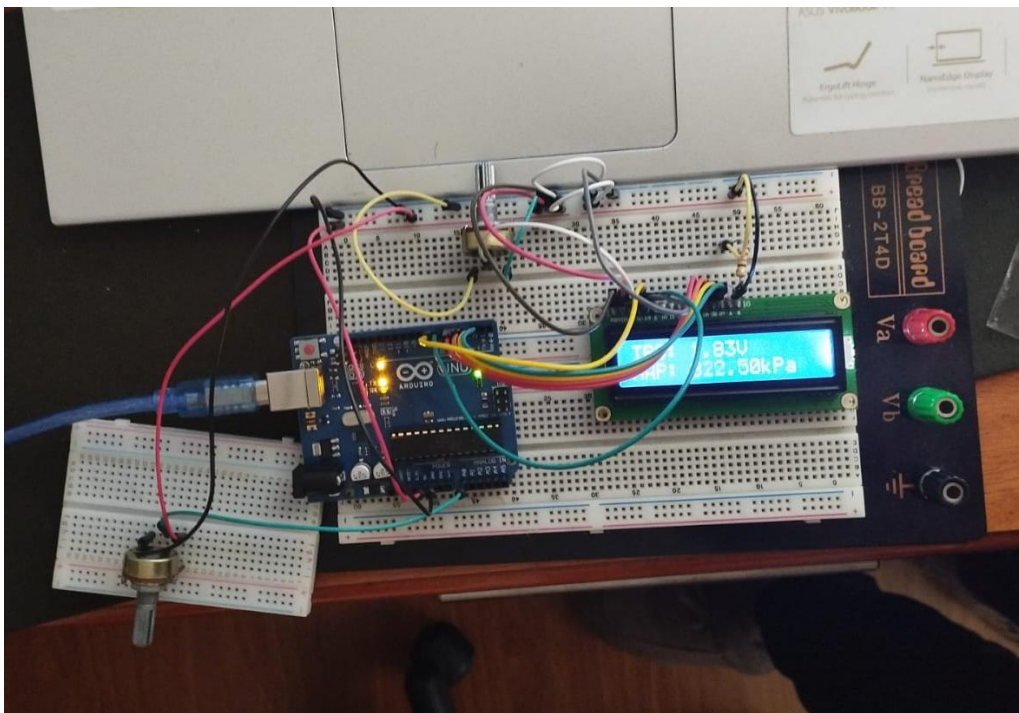
3.3. Implementación de la instrumentación digital.

Una vez culminado la repotenciación del motor, se procederá a la implementación digital. Este paso es importante ya que es necesario tener el motor en buen funcionamiento para garantizar la precisión de las gráficas y señales obtenidas.

3.3.1. Creación del Código.

Primeramente, se procede a la creación del código para la lectura de los sensores y actuadores, este código se lo elaboro en el programa de Arduino, cabe mencionar que al principio se ocupó un Arduino Uno y una pantalla para la creación de este código.

Figura 3.3.1. (1) Creación código Arduino.

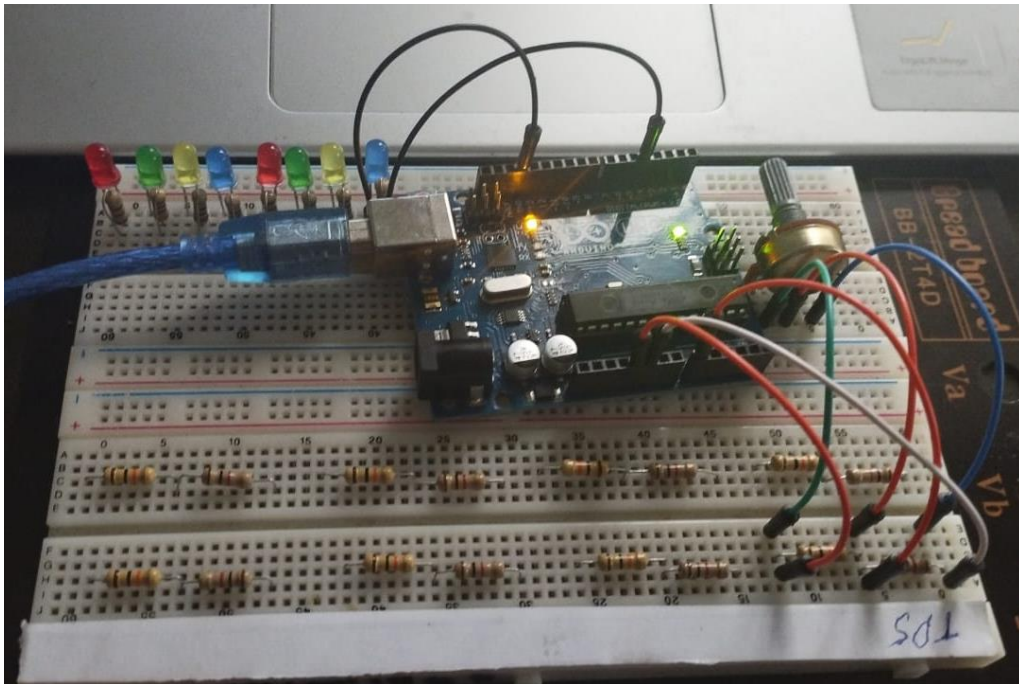


Fuente: Llumiquinga S. & Vicuña R.

En el código se aborda la conversión análogo-digital que nos brinda los sensores para una perfecta lectura, en el *Anexo I* se indica todas las líneas de código que se ocuparon para la elaboración de este proyecto.

De igual forma, es necesario implementar un indicador de aviso, el cual consiste en informar al usuario que la interfaz se ha iniciado correctamente y tendrá la potestad de continuar con el estudio en el banco de pruebas. Se tiene que aclarar que también ocupamos un semáforo de aviso el cual nos indica el estado de los elementos.

Figura 3.3.1. (2) Indicador de aviso.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

3.3.2. Implementación en el banco de pruebas.

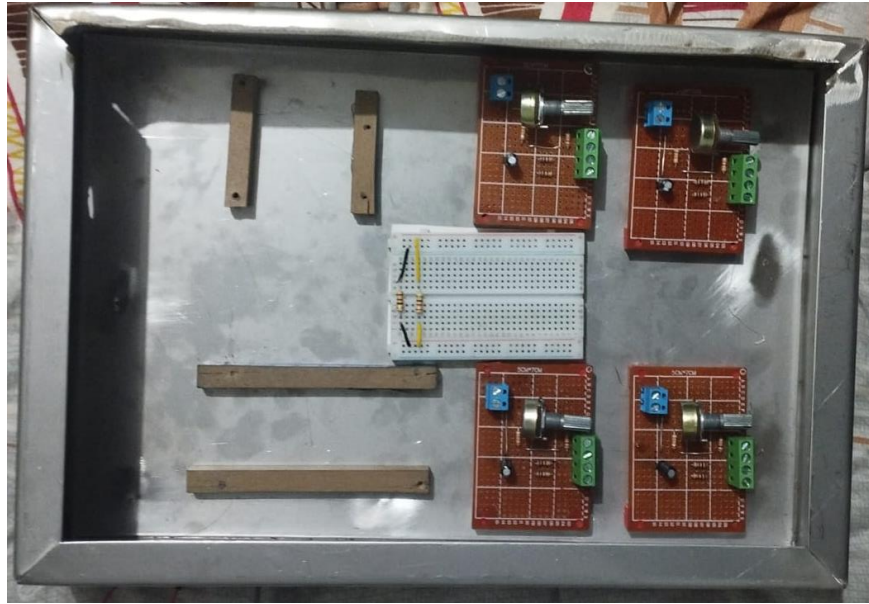
Se procede a la implementación digital hacia el motor conectando los sensores y poder observar la calidad de la señal que nos emite.

Figura 3.3.2. (1) Implementación.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

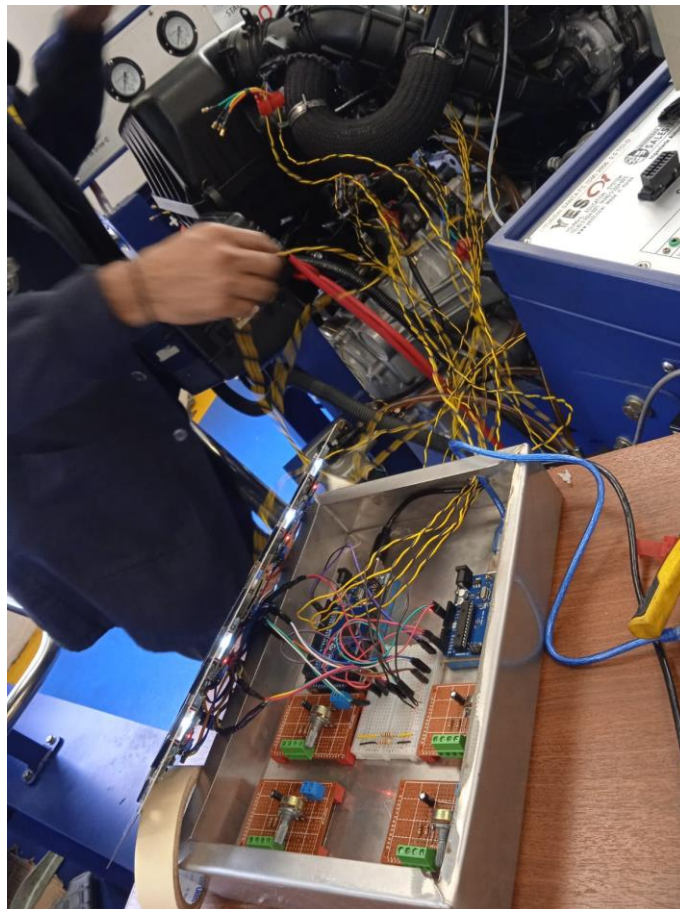
Figura 3.3.2. (2) Caja de interfaz.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Previamente, se tomaron señales de los sensores para poderlos transmitir por cables hacia el interfaz que está siendo implementando.

Figura 3.3.2. (3) Conexión con la interfaz.



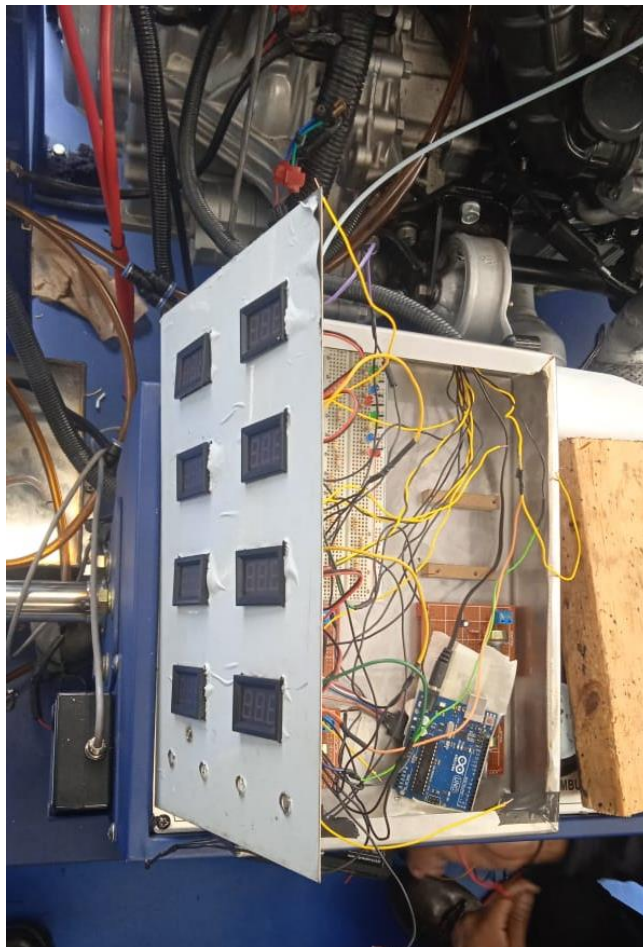
Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Figura 3.3.2. (4) Conexión con la interfaz.



Fuente: Llumiyinga S. & Vicuña R.

Figura 3.3.2. (5) Ultimando detalles para el funcionamiento.

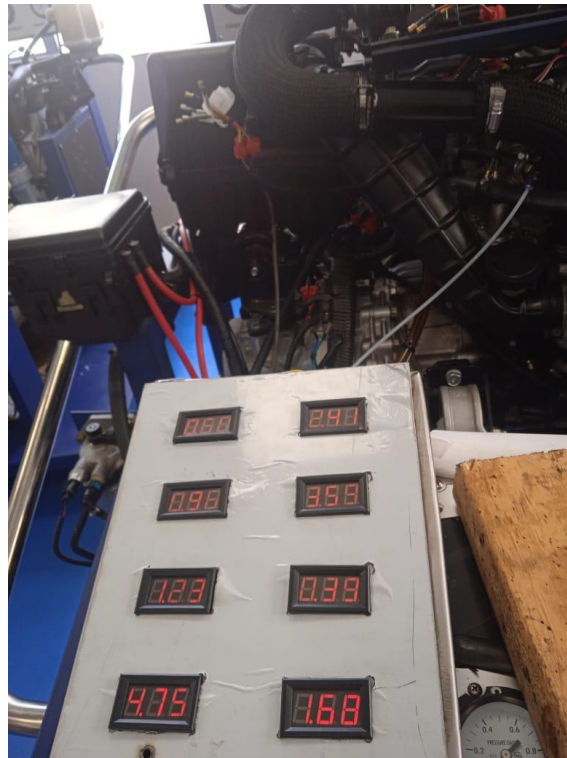


Fuente: Llumiyinga S. & Vicuña R.

3.3.3. Realización de pruebas de lo implementado.

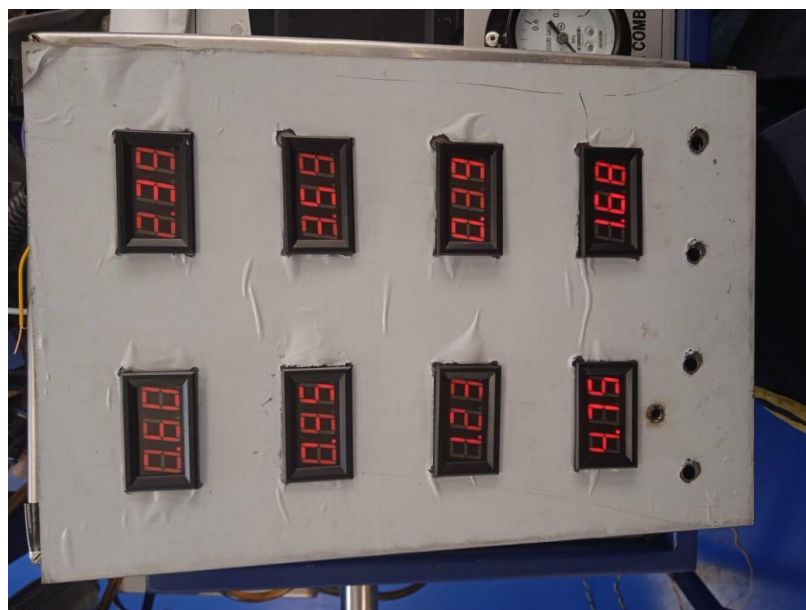
Una vez culminada la implementación y conexión de los sensores, se inicia la realización de pruebas rápidas para constatar el funcionamiento. Confirmando el desempeño del interfaz, se procede a la fijación del módulo con el banco de pruebas.

Figura 3.3.3. (1) Pruebas preliminares.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Figura 3.3.3. (2) Colocación en el banco de pruebas.



Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

CAPÍTULO 4

ELABORACIÓN DEL MANUAL DE USUARIO

4.1. Indicaciones Generales.

La creación de este manual de usuario es para la ayuda en el caso que exista complicaciones, ya sea en la interfaz o en el sistema eléctrico. Este manual de usuario se lo entregará al personal de laboratorio de motores para que brinden su uso debido.

Se debe considerar que los equipos con los que vamos a realizar este trabajo son muy delicados. Por lo tanto, es necesario que los usuarios no consuman alimentos o bebidas al momento de elaborar las pruebas en el módulo. También, se debe considerar que los estudiantes deben tener toda la indumentaria de protección (EPP), para minimizar riesgos y así el operador no sufra daños al momento de la manipulación.

4.1.1. Inspecciones.

Antes de iniciar el sistema, se debe realizar varias inspecciones, ya que puede existir cables flojos o desajustados. Para ello, se lleva a cabo una inspección minuciosa dentro y fuera del interfaz para que no exista fallos.

4.1.2. Inspección visual.

Se realiza una inspección visual para lograr descartar irregularidades que puede existir por varios factores, ya sean por desconexión de cables u otros casos.

Primero, se debe revisar si las superficies de la caja estén en buen estado, verificando la integridad de esta, buscando grietas, abolladuras, rasguños o imperfecciones que pueden existir. Segundo, se debe examinar si las conexiones están perfectamente acopladas, asegurándose de que no haya cables expuestos o piezas sueltas. Por último, se observa si la funcionalidad de la interfaz es buena, si no es el caso debemos realizar inspecciones técnicas.

4.1.3. Inspección técnica.

La inspección técnica se debe elaborar únicamente en caso de tener una falla significativa y por personal preparado. Esto se puede producir por varias circunstancias,

entre los cuales puede ser que el sistema no responda o no encienda por lo tanto se debe consultar el manual de uso para realizar su respectivo mantenimiento.

4.2. Mantenimiento.

4.2.1. Mantenimientos preventivos.

En lo que refiere a mantenimientos preventivos se los realiza cuando alguna señal nos está dando errónea o alguna grafica esta incorrecta, por ende, debemos encontrar la falla y proceder a su respectiva reparación para una buena toma de datos.

4.2.2. Mantenimientos correctivos.

A los mantenimientos correctivos se lo realiza únicamente cuando los equipos se encuentren defectuosos y no tienen reparación, por lo tanto, deberemos cambiar el componente que este dañado y remplazarlo por uno nuevo.

4.2.3. Cronograma de mantenimientos.

Tabla 4.2.3. Cronograma de mantenimientos.

Nº	Actividad	Mantenimiento (semanal)															
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Revisión de cables, alambres y conexiones dentro de la interfaz.				X				X				X				X
2	Revisión de fuentes de poder para un óptimo rendimiento de la interfaz.	X				X				X				X			
3	Revisar las condiciones de los aislamientos.								X								X
4	Revisar el estado de las pantallas.																X

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

NOTA: los mantenimientos correctivos se los realiza únicamente si los componentes se encuentren dañados, cabe mencionar que tendrá que guiarse en el manual de uso anexo en este documento para su correcta ejecución.

4.3. Diagnóstico.

4.3.1. Tablas de diagnóstico.

Tabla 4.3.1. (1) Tabla de diagnóstico (motor).

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
<i>Cables</i>	<ul style="list-style-type: none">• Observar el estado de los cables que no estén cortados o dañados, si es el caso informar al laboratorista para lograr corregir el problema.• De igual manera, distinguir las señales que nos brinda cada cable para no cometer errores durante la prueba que se va a realizar.
<i>Conectores</i>	<ul style="list-style-type: none">• Observar detenidamente si los conectores estén en buen estado y debidamente apretados para una buena obtención de datos.• Si ocurre algún problema con algún conector informar inmediatamente al laboratorista.
<i>Sensores</i>	<ul style="list-style-type: none">• Si algún sensor se encuentra en malas condiciones simplemente el motor no logra encender por ende se debe obtener información para lograr dar con el problema.• Debemos tomar en cuenta que al manipular estos elementos podemos malograr otras partes del motor.
<i>Actuadores</i>	<ul style="list-style-type: none">• De la misma forma, observando la interfaz podemos deducir cuando un actuador no está en buenas condiciones de trabajo ya que el motor puede desestabilizarse.• Se debe tener en cuenta que estos elementos son delicados y se tendrá que manipular con cautela.
<i>Motor</i>	<ul style="list-style-type: none">• Verificar que el motor se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento ya que es fundamental para que no exista fallos en las pruebas que se van a realizar.

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Tabla 4.3.1. (2) Tabla de diagnóstico (interfaz).

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
<i>Uniones</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el estado de las conexiones entre cables y observar si estos no se encuentren deteriorados.
<i>Pantallas</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Observar que estas estén en perfectas condiciones para una buena visualización de los datos.
<i>Tarjetas</i>	<ul style="list-style-type: none"> • De la misma forma verificar que se encuentren bien soldados los componentes con los que están conformados para que no exista errores al momento de realizar las pruebas.

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

4.3.2. Fallas.

A continuación, desglosamos algunas fallas que pueden causar resultados negativos para la recolección de datos. En el caso de no tomar en cuenta podríamos obtener señales erróneas y por ende perjudicar los resultados.

Tabla 4.3.2. Tabla de fallas.

SÍNTOMAS	CAUSAS	PRUEBAS	SOLUCIÓN
Perdida de iluminación al momento de poner en marcha el motor.	<ul style="list-style-type: none"> - Bornes con escasa conexión, oxidados o desconectados. - Carga baja de la batería. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar con el multímetro la caída de tensión. - Verificar la carga de la batería. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza de los tomas y sujeción de estas. - Recarga de la batería.
No aparecen la lectura en las pantallas o no prenden.	<ul style="list-style-type: none"> - Tarjetas en mal estado. - Conexiones defectuosas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar la corriente de llegada. - Verificar el estado de las conexiones y cables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tratar de solucionar el problema. - Sustitución del componente.
Sin lectura de las gráficas.	<ul style="list-style-type: none"> - Programa con defectos o falta de actualización. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar si el dispositivo es compatible con el programa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar de programa.

	- Conexiones defectuosas.	- Verificar el estado de las conexiones.	- Cambiar las conexiones y reparar.
Sin lectura de señales.	- Conectores, sensores o actuadores dañados. - Conexiones defectuosas.	- Verificar voltaje de estos elementos. - Verificar el estado de las conexiones.	- Reemplazo de los componentes defectuosos. - Reconexión de los cables.
No inicia el sistema del interfaz.	- Desconexión de la fuente de poder. - Elementos en mal estado.	- Verificar si está conectado. - Verificar el voltaje que llega al equipo. - Verificar que los componentes no estén circuitados.	- Sustituir fuente de poder. - Reemplazo de los componentes defectuosos.
Produce intermitencia en las pantallas.	- Conexiones defectuosas. - Las placas están recibiendo demasiado voltaje.	- Verificar el estado de las conexiones. - Comprobar el voltaje de la fuente de poder.	- Reconexión de los cables. - Sustituir fuente de poder.
La toma de datos es erróneo	- Conectores, sensores o actuadores dañados. - Conexiones defectuosas.	- Verificar voltaje de estos elementos. - Verificación de voltaje y de señales.	- Verificar que las masas se encuentren conectadas. - Sustituir de componentes.

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

De igual manera colocaremos las fallas que hemos recolectado gracias a un scanner automatizado, y podemos decir que el motor no se encuentra en perfectas condiciones. En el **Anexo 4** podremos visualizar estos valores con mayor claridad.

CONCLUSIONES

- La diversidad de interfaces presentes en el mercado ofrece una gama de posibilidades brindándonos una base sólida para la selección de interfaces adecuadas que optimizando la eficiencia y confiabilidad del sistema de inyección CRDI. La elección de arneses y componentes de instrumentación digital deberá considerar no solo la calidad técnica, sino también aspectos como la facilidad de instalación, el soporte postventa y la escalabilidad para futuras actualizaciones.
- La digitalización del arnés de cables no solo ha facilitado la conexión efectiva con el sistema de inyección CRDI, sino que también ha mejorado la eficiencia y precisión en la transmisión de datos y señales, contribuyendo así a un control más preciso y una gestión más eficiente del motor. Esta implementación sienta las bases para un sistema de inyección CRDI más avanzado, fiable y alineado con los estándares tecnológicos y de seguridad más exigentes del sector automotriz.
- La comparación directa de las gráficas ha revelado patrones significativos y variaciones que han surgido como resultado de la reconstrucción o reemplazo de elementos eléctricos en el arnés de cables. Los ajustes realizados han demostrado impactos positivos en la consistencia y la calidad de las señales eléctricas, indicando una mejora sustancial en la integridad del sistema.
- La realización de pruebas de validación del interfaz implementado en el banco de pruebas ha sido un paso esencial en la identificación y resolución de posibles problemas durante las pruebas de validación que contribuyen a la prevención de fallos futuros, promoviendo un rendimiento continuo y confiable. Esta validación no solo respalda la implementación actual, sino que también establece un marco sólido para el mantenimiento y la mejora continua del sistema en el futuro.
- La elaboración del manual de usuario proporciona una guía detallada y accesible que no solo facilita la comprensión de la instrumentación digital y los procedimientos específicos, sino que también promueve un uso seguro y eficiente. Este documento es esencial para maximizar el rendimiento y garantizar una utilización óptima del banco de pruebas en el laboratorio.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer actualizaciones y mantenimiento para la instrumentación digital y el sistema de inyección CRDI en el banco de pruebas. Estas actualizaciones pueden incluir mejoras de software, parches de seguridad y ajustes de calibración para garantizar un rendimiento óptimo y la compatibilidad con tecnologías y estándares modernos.
- Se recomienda desarrollar y seguir procedimientos rigurosos de calibración para la instrumentación digital y el sistema de inyección CRDI. La calibración regular garantizará la precisión y consistencia de los datos obtenidos en tiempo real.
- Se recomienda restablecer un programa de mantenimiento preventivo para el banco de pruebas YES01. Realizar inspecciones regulares y revisiones de los componentes clave asegurará un rendimiento consistente y confiable a lo largo del plazo.
- Se recomienda la formación y capacitación constante permitiendo a los usuarios aprovechará al máximo las capacidades del banco de pruebas y adaptarse a las nuevas funcionalidades implementadas.
- Estas recomendaciones buscan garantizar la eficiencia operativa, la confiabilidad y la longevidad del banco de pruebas, asegurando que se aprovechen al máximo sus capacidades para la obtención de datos digitales en tiempo real.

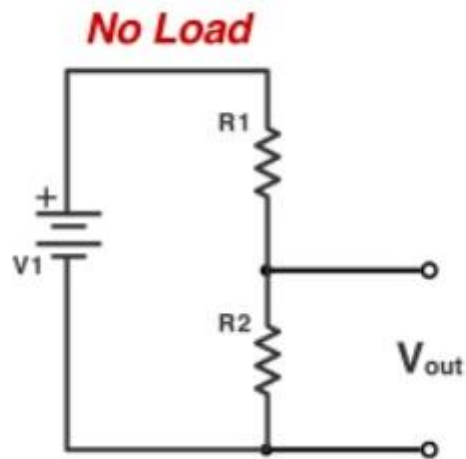
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aguilar Jonnathan, Reyes Jefferson. (2021). Recolección, análisis y envío de datos de la Unidad de Control de Motor (ECU) a bordo de un vehículo para monitoreo a través de una aplicación móvil. Recuperado de [Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: Recolección, análisis y envío de datos de la Unidad de Control de Motor \(ECU\) a bordo de un vehículo para monitoreo a través de una aplicación móvil \(ups.edu.ec\)](https://repositorio.institucional.de.la.universidad.politecnica.salesiana.edu.ec/)
- Avance, A. (2019). Sensor ICP o sensor de presión Riel ¿Qué es? Curso Automotriz - Curso Virtual Automotriz - Capacitación Automotriz. Recuperado de <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/146-sensor-de-presion-del-riel-sistema-common-rail/>
- CAN J1939: una solución estándar para toda la maquinaria móvil todo terreno. (s. f.). /dist/images/. <https://www.linak-latinamerica.com/segmentos/techline/ic-integrated-controller/actuadores-con-can-sae-j1939/>
- Cuenca L. Chicaiza H. (2019). Estudio del proceso de despacho de combustibles y la calidad del servicio en la gasolinera corporación Chicaiza del cantón salcedo. Recuperado de [DSpace Universidad Indoamerica: ESTUDIO DEL PROCESO DE DESPACHO DE COMBUSTIBLES Y LA CALIDAD DEL SERVICIO EN LA GASOLINERA CORPORACIÓN CHICAIZA DEL CANTÓN SALCEDO \(uti.edu.ec\)](https://dspace.unidoamerica.edu.ec/handle/document/123456789)
- Diesel. (2023). Sistema eléctrico del motor diesel. mecanica automotriz. <https://www.mecanicadiesel.org/sistemas-del-motor-diesel/sistema-electrico-del-motor-diesel/>
- Emadi, A. (2017). Handbook of Automotive Power Electronics and Motor Drives. En CRC Press eBooks. <https://doi.org/10.1201/9781420028157>
- Garde, R., Jiménez, F., Larriba, T., García, G., Aguado, M., & Martínez, M. Á. (2018). Development of a fuel cell-based system for refrigerated transport. Energy Procedia, 29, 201-207. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.09.025>
- García, J. (2023). La importancia del arnés eléctrico. AMN ®. Recuperado de <https://amnquality.com/arneses-electricos-pieza-clave-en-las-industrias-modernas/>

- Henry Romero R. (2017). Introducción a los Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Recuperado de [Microsoft Word - Documento1 \(cuc.edu.co\)](#)
- Jorge López Crespo (2020). Modulo V. Técnicas Digitales. Recuperado de [Módulo 5. Técnicas digitales. Sistemas de instrumentos electrónicos - LÓPEZ CRESPO, JORGE - Google Libros](#)
- López, M., & González, A. (2019). Mejoras en la instrumentación digital para la evaluación de sistemas de inyección CRDI. Actas del Congreso Internacional de Ingeniería Automotriz, 102-115.
- Puente, E. (2018). Análisis y diagnóstico del Sistema de Control Electrónico de Inyección de Combustible Diesel HEUI CAT-3126. INNOVA Research Journal, 3(1), 145-150. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n1.2018.607>
- Pérez, C., & Rodríguez, S. (2020). Optimización del rendimiento de sistemas de inyección CRDI mediante la actualización del arnés de cables. Actas del Congreso Internacional de Ingeniería Automotriz, 205-218.
- Revista INGENIO. ((2020)). Evolución y Tendencia de los Sistemas de Control de Motores de Combustión Interna Alternativos, una Revisión Bibliográfica. *Revista INGENIO Vol. 3 N.º 2*, 10-14. Recuperado el 12 de 12 de 2023
- Schleuniger. (2023). *Komax Company*. Recuperado el 12 de 12 de 2023, de <https://www.schleuniger.com/es/industrias/automotriz/arnes-de-cable/>
- Solís, C. A. P., & Gómez-Salgado, J. (2017). Guía para el diagnóstico del sistema de inyección CRDI Bosch. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/12/Tesis.pdf>
- SAE ARP 1931B-2013 (SAE ARP1931b-2013) - Glossary of terms with specific reference to electrical wire and cable (reaffirmed: Apr 2017). (s. f.). <https://webstore.ansi.org/standards/sae/saearp1931b2013arp1931b>
- San Miguel Nieto, Antonio. (2018). Desarrollo de un interfaz analógico y digital para un simulador HIL. Recuperado de [TFG-P-461.pdf \(uva.es\)](#)

- Santos Cortés, Samuel (2023). Diseño de un sensor remoto de señales analógicas. Recuperado de [Repositori Institucional \(O2\): Diseño de un sensor remoto de señales analógicas \(uoc.edu\)](#)
- Wiring Harness Manufacturer's Association. (2019, 7 noviembre). IPC/WHMA-A-620 | Wiring Harness Manufacturer's Association. <https://whma.org/ipc-whma-a-620/?lang=es>
- Yaiza. (2021, 1 junio). ¿Qué es un motor CRDI? | Renting Finders. Recuperado de <https://rentingfinders.com/glosario/motor-crdi/>
- Yuridia, & Yuridia. (2023, 21 junio). Actuadores. Recuperado de <https://sdindustrial.com.mx/blog/actuadores/>

Anexo 3. Divisor de voltajes.



$$V_{out} = V_1 \frac{IR_2}{I(R_1 + R_2)} = \frac{V_1 R_2}{(R_1 + R_2)}$$

Fuente: Circuitos eléctricos.

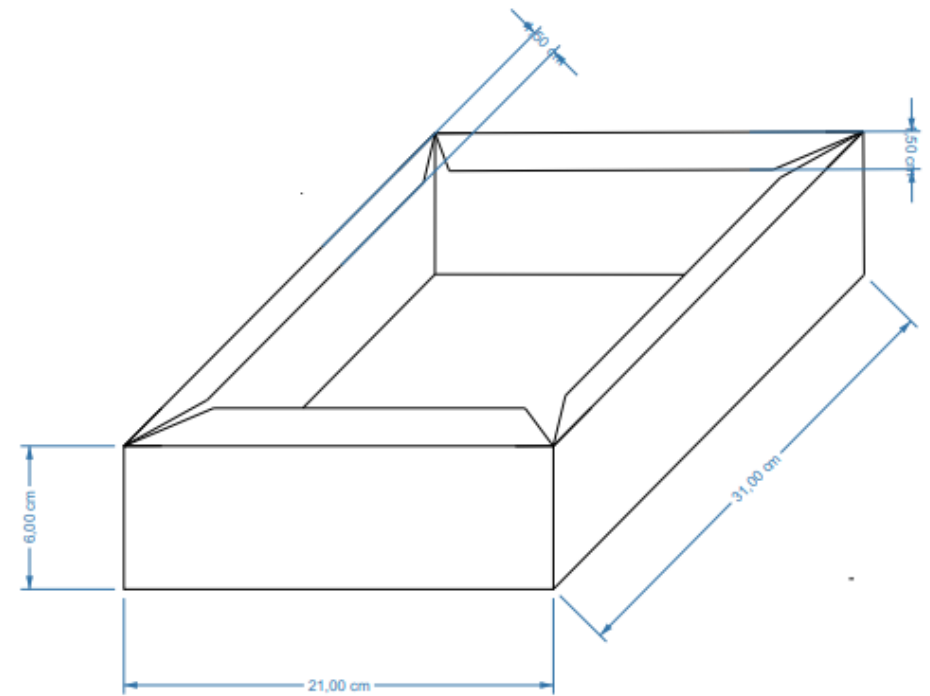
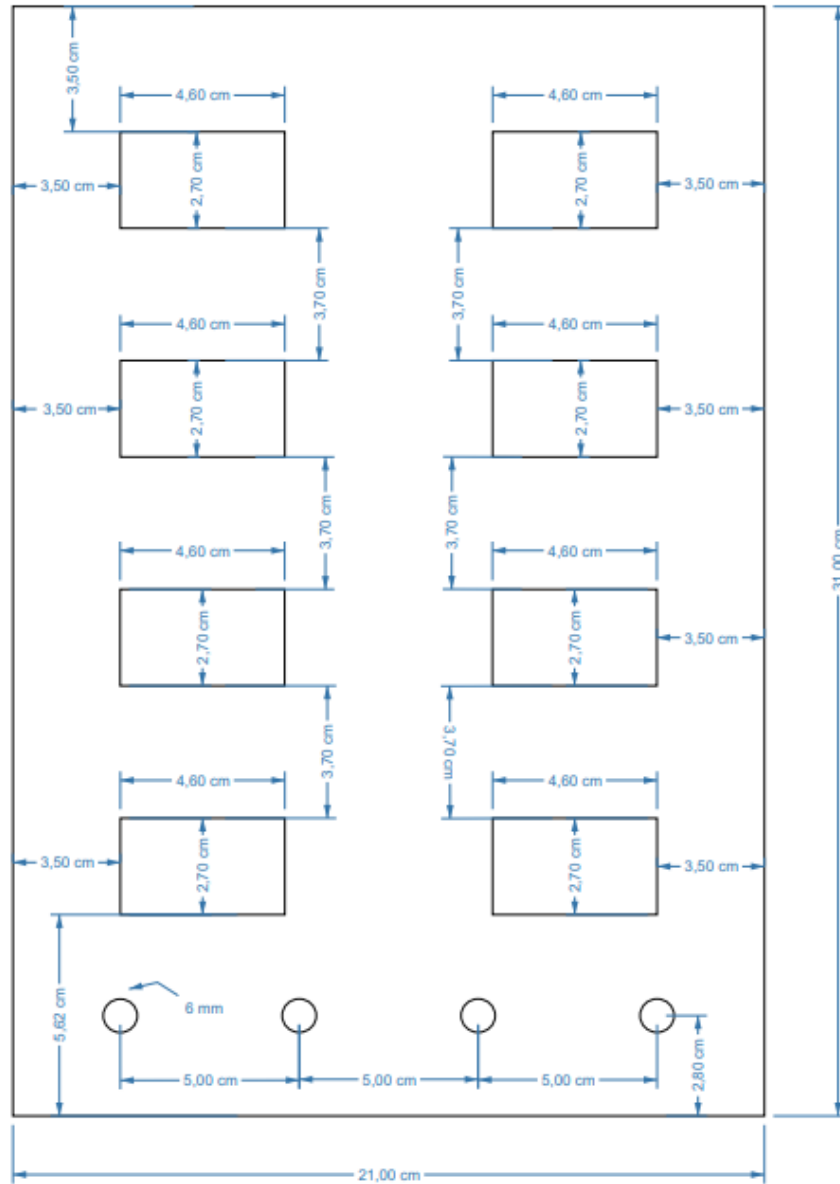
Anexo 4. Fallas obtenidas con scanner.

SENSORES Y ACTUADORES	CÓDIGO	FALLA
Inyector 1	<ul style="list-style-type: none"> • P0201 	<ul style="list-style-type: none"> • circuito de inyector/abierto - cilindro N°1
Sensor IAT	<ul style="list-style-type: none"> • P 0403 • P 1190 • P 0112 	<ul style="list-style-type: none"> • Circuito del control de recirculación de los gases de escape • Actuador de la mariposa de admisión • Modulador de vacío para VGT
Sensor MAF	<ul style="list-style-type: none"> • P 0100 • P 0110 	<ul style="list-style-type: none"> • circuito de caudal másico o volumen de aire

		<ul style="list-style-type: none"> • circuito del sensor uno de temperatura del aire admisión
Sensor ICP	<ul style="list-style-type: none"> • P 0190 	<ul style="list-style-type: none"> • sensor de presión del conjunto de combustible (RPS)
Sensor MAP	<ul style="list-style-type: none"> • P 0105 	<ul style="list-style-type: none"> • presión absoluta del colector
Control de relé principal	<ul style="list-style-type: none"> • P 1690 • P 1616 	<ul style="list-style-type: none"> • Inmovilizador • Fallo de circuito de control del rey principal

Fuente: Llumiquina S. & Vicuña R.

Anexo 5. Dimensiones de la caja.



Manual de Usuario

*Instrumentación Digital y Reacondicionamiento del Sistema de Inyección
CRDI banco de pruebas YES01 (Hyundai Santa Fe <SM> 2006 2.0 TCI-D).*

Laboratorio de Motores

Carrera de Ingeniería Automotriz

Sede Quito

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	63
1.1. Propósito del Manual	63
1.2. Alcance del Uso de la Instrumentación.....	63
PROCEDIMIENTOS DE INICIO Y APAGADO	63
2.1. Inicio del Banco YES01	63
2.2. Apagado del Banco YES01	64
2.3. Verificación de Condiciones Previas	64
INSTRUMENTACIÓN DIGITAL.....	64
3.1. Panel de Control.....	64
3.2. Interpretación de Datos.....	64
3.3. Indicación de Parámetros.....	66
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	68
4.1. Procedimientos de Calibración.....	68
4.2. Codificación.	69
4.3. Solución de Problemas Comunes	71
4.4. Cronograma de Mantenimiento Preventivo	71
DIAGRAMAS	71
5.1. Diagrama de Conexiones	71

INTRODUCCIÓN

1.1. Propósito del Manual

El propósito de la utilización de este manual de usuario es el de proporcionar a los usuarios, técnicos y personal de laboratorio la información necesaria para la comprensión, operación y mantenimiento de una manera segura y eficiente.

El manual de usuario toma énfasis principalmente en las instrucciones operativas y solución de problemas ofreciendo información necesaria para el debido control en las pruebas que se van a realizar.

1.2. Alcance del Uso de la Instrumentación

Para el alcance del uso de la instrumentación en el banco de pruebas YES01 en el motor CRDI (Hyundai Santa Fe <SM> 2006 2.0 TCI), abarca diversas áreas y funcionamientos esenciales para la adquisición de datos y el análisis preciso del rendimiento del motor.

La instrumentación digital está diseñada para la captura de datos precisos y confiables durante las pruebas que se realizarán en el sistema de inyección CRDI. Facilitando, el monitoreo en tiempo real con los parámetros claves que se implementan en la interfaz del equipo, esto incluye en la visualización de datos como la presión de combustible, temperatura del refrigerante, inyectores, etc.

Una de las facultades para lograr el alcance de la instrumentación es el poder diagnosticar los problemas con anterioridad, con el propósito de optimizar los componentes y poder llegar al alcance del uso de la instrumentación.

PROCEDIMIENTOS DE INICIO Y APAGADO

2.1. Inicio del Banco YES01

Se procede colocando en contacto el motor, lo arrancamos y procedemos a encender el interfaz para lograr obtener las lecturas de las señales. Con el motor encendido procedemos a la medición de las señales, ya sean en graficas de osciloscopio o por scanner.

Una vez encendido el banco de pruebas con la interfaz iniciada se procederá a realizar los procedimientos respectivos de la práctica, si en el caso de existir alguna falla del sistema operativo de la maquina se procederá a su respectivo estudio para solucionar el problema que se encuentre latente.

2.2. Apagado del Banco YES01

Para lograr un apagado exitoso del sistema, primero se procederá con la desconexión del interfaz y seguidamente con el apagado del motor.

2.3. Verificación de Condiciones Previas

Se debe tomar en cuenta varias condiciones previas antes de utilizar el sistema de interfaz, entre las cuales se tendrá que verificar las condiciones de los cables y sus conexiones para así evitar cualquier error de procedimiento.

De igual manera, se deberá tomar en cuenta las condiciones del motor ya que este debe estar al cien por ciento operativo. Se deberá verificar las condiciones de la batería, las condiciones de los elementos que conforma en motor estos pueden ser los sensores, conectores y actuadores. Especialmente se deberá tener en cuenta las condiciones de los elementos internos del interfaz, ya que si estos elementos están defectuosos no podremos obtener señales y peor aún las gráficas necesarias para el estudio.

INSTRUMENTACIÓN DIGITAL

3.1. Panel de Control

Para la implementación digital es necesario implementar un panel de control, esto se llevará a cabo gracias a las tarjetas de Arduino y a su código previamente subido a esta. De la misma manera tendremos la interfaz en un dispositivo electrónico ya sea el celular u otro tipo de dispositivo en el cual podríamos visualizar las gráficas.

3.2. Interpretación de Datos

Para la interpretación de datos se debe considerar varias condiciones, ya sean estas sobre el motor que se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento. Incluso se

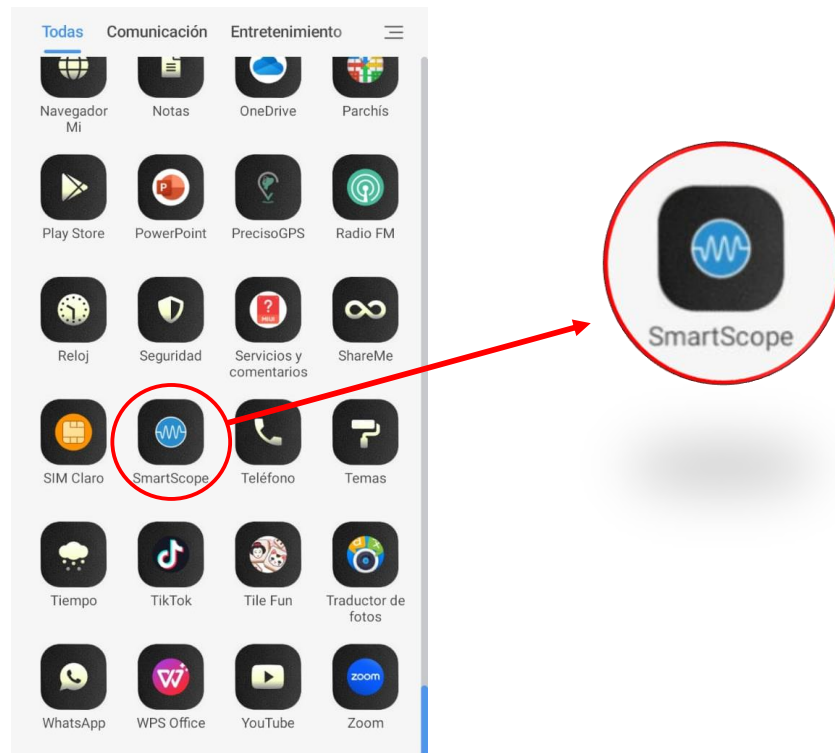
tendrá que verificar las condiciones de los elementos internos del sistema de interfaz, ya que sin estos aspectos no podremos interpretar los datos que el sistema nos brinda.

A lo que respecta en cuestión de sensores se tiene variables guías para el correcto funcionamiento del banco de pruebas, las cuales se muestran en la siguiente tabla.

SENSORES			
ELEMENTO	VOLTAJE	SALIDA	DESCRIPCIÓN
<i>TPS</i>	5V	0.60	Tenemos un voltaje de salida de 0.60, al momento de presionar el pedal del acelerador obtenemos un resultado de 3.56 de salida.
<i>MAP</i>	5V	0.39	El valor varía según la necesidad del motor, variando en el caudal de aire que ingresa.
<i>MAF</i>	5V	2.39	De igual manera, el MAF nos da una salida de 2.39 la cual va variando al momento de acelerar ya que este permite el paso del caudal de aire.
<i>IAT</i>	5V	0.95	La salida de voltaje en el IAT es constante a 0.95V ya que es la temperatura del aire que ingresa al motor.
<i>ECT</i>	5V	3.59	De la misma manera, el ECT varía significativamente al momento de arrancar el motor ya que va perdiendo progresivamente la resistencia.
<i>ICP</i>	5V	1.23	Para el ICP el voltaje no varía mucho ya que este debe estar en presión constante para alimentar a todos los inyectores.
<i>CMP</i>	12V	4.75	En el CMP el voltaje no cambia ya que nos muestra el giro del árbol de levas.
<i>CKP</i>	12V	1.68	En el CKP es lo mismo ya que nos muestra el giro del cigüeñal.

3.3. Indicación de Parámetros

Para iniciar el interfaz en el dispositivo eléctrico debemos tener la aplicación SMARTSCOPE previamente descargada e instalada en el dispositivo. Iniciamos dando tap en el aplicativo, el cual procederá a iniciarse.



Una vez iniciada la aplicación procederemos a la configuración de parámetros. En esta aplicación podemos realizar varias funciones ya que es multimedidático entre las funciones podemos encontrar:



Esta aplicación nos facilita en la manipulación de las gráficas a nuestro gusto, teniendo opciones de selección del trigger, stop / run, grabación y capturas de pantalla. De la misma forma, la configuración del programa se tendrá que hacer siempre que iniciemos el equipo ya que estos tienden a descalabrarse por ruidos externos.

A lo que respecta al sistema de interfaz implementado se debe configurar únicamente con códigos de Arduino, en el caso que en el código exista errores o fallas de tipeo.



Se enciende mediante el interruptor una vez que el motor se encuentre en marcha, este interfaz también es didáctico ya no solo logramos observar los valores de voltajes de los sensores sino también tiene puertos de jacks para el análisis de graficas de los inyectores. Se puede observar que debajo del sensor CKP tiene un led el cual nos indica que el sensor esté funcionando correctamente.

La implementación de este módulo es beneficioso en el ámbito académico ya que imparte conocimiento casi realista al momento de realizar las pruebas.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO

4.1. Procedimientos de Calibración

En el aplicativo SmartScope existe varios parámetros para poder modificar, entre los cuales tenemos:

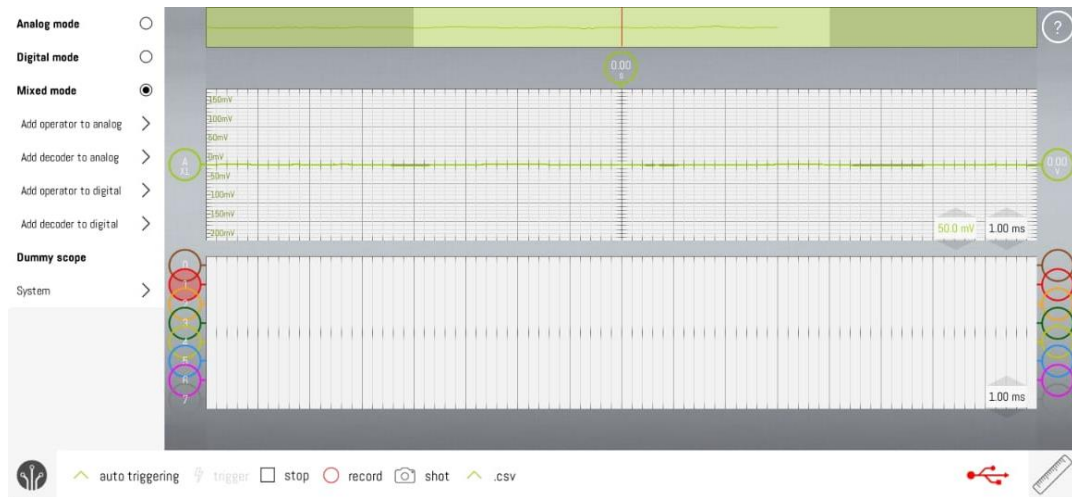
Modo Digital. – En este apartado de la aplicación podremos proyectar todos los canales que necesitemos para así tener una buena visualización de las señales que hemos tomado.



Modo Análogo. – a diferencia del modo digital en este espacio podremos proyectar la señal sinusoidal de hasta dos canales para hacer comparativas de las gráficas.



Modo Mixto. - este modo es muy bueno ya que podremos proyectar ambos modos facilitándonos la toma de señales para su respectivo estudio.



Para la calibración es sencillo solo presionamos en arranque automático que podremos estabilizar la señal a nuestro gusto. Para concluir, es muy efectivo utilizar este programa ya que sus graficar se reflejan en un dispositivo (celular), este es mucho más fácil de manipular porque es táctil.

4.2. Codificación.

En este subtema se dejarán los códigos necesarios para que pueda correr la interfaz:

```

const int pinTPS = A0; // Pin analógico para el Sensor TPS
const int pinMAF = A1; // Pin analógico para el Sensor MAF
const int pinMAP = A2; // Pin analógico para el Sensor MAP
const int pinIAT = A3; // Pin analógico para el Sensor IAT
const int pinECT = A4; // Pin analógico para el Sensor ECT
const int pinICP = A5; // Pin analógico para el Sensor ICP
const int pinCKP = 2; // Pin digital para el Sensor CKP
const int pinCMP = 3; // Pin digital para el Sensor CMP

const int umbralSensores = 500; // Umbral de voltaje para determinar si un sensor
está activado

// Pines para los LEDs correspondientes a cada sensor
const int ledPinTPS = 4;
const int ledPinMAF = 5;
const int ledPinMAP = 6;
const int ledPinIAT = 7;
const int ledPinECT = 8;
const int ledPinICP = 9;
const int ledPinCKP = 10;
const int ledPinCMP = 11;

void setup() {

```

```

Serial.begin(9600); // Inicializar la comunicación serial para la monitorización
en el puerto serie
pinMode(pinCKP, INPUT); // Configurar el pin del Sensor CKP como entrada
digital
pinMode(pinCMP, INPUT); // Configurar el pin del Sensor CMP como entrada
digital

// Configurar los pines de los LEDs como salida
pinMode(ledPinTPS, OUTPUT);
pinMode(ledPinMAF, OUTPUT);
pinMode(ledPinMAP, OUTPUT);
pinMode(ledPinIAT, OUTPUT);
pinMode(ledPinECT, OUTPUT);
pinMode(ledPinICP, OUTPUT);
pinMode(ledPinCKP, OUTPUT);
pinMode(ledPinCMP, OUTPUT);
}

void loop() {
// Leer los valores analógicos de los sensores
int valorTPS = analogRead(pinTPS);
int valorMAF = analogRead(pinMAF);
int valorMAP = analogRead(pinMAP);
int valorIAT = analogRead(pinIAT);
int valorECT = analogRead(pinECT);
int valorICP = analogRead(pinICP);

// Leer los valores digitales de los sensores
int valorCKP = digitalRead(pinCKP);
int valorCMP = digitalRead(pinCMP);

// Encender o apagar los LEDs según el estado de los sensores
digitalWrite(ledPinTPS, valorTPS > umbralSensores ? HIGH : LOW);
digitalWrite(ledPinMAF, valorMAF > umbralSensores ? HIGH : LOW);
digitalWrite(ledPinMAP, valorMAP > umbralSensores ? HIGH : LOW);
digitalWrite(ledPinIAT, valorIAT > umbralSensores ? HIGH : LOW);
digitalWrite(ledPinECT, valorECT > umbralSensores ? HIGH : LOW);
digitalWrite(ledPinICP, valorICP > umbralSensores ? HIGH : LOW);
digitalWrite(ledPinCKP, valorCKP == HIGH ? HIGH : LOW);
digitalWrite(ledPinCMP, valorCMP == HIGH ? HIGH : LOW);

delay(500); // Añadir un pequeño retardo para evitar lecturas rápidas
}

```

4.3. Solución de Problemas Comunes

Por lo general el programa no emite errores, lo único que se debe tomar en cuenta es el de tener la aplicación actualizada para que este corriente a las tendencias modernas de mercado y no se quede obsoleto.

4.4. Cronograma de Mantenimiento Preventivo

Nº	Actividad	Mantenimiento (semanal)															
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Revisión de cables, alambres y conexiones dentro de la interfaz.				X				X				X				X
2	Revisión de fuentes de poder para un óptimo rendimiento de la interfaz.	X				X				X				X			
3	Revisar las condiciones de los aislamientos.								X								X
4	Revisar el estado de las pantallas.																X

DIAGRAMAS

5.1. Diagrama de Conexiones

