



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

IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR DE FALLOS DIGITAL PARA EL  
DIAGNÓSTICO AUTOMOTRIZ EN SENSORES DEL MOTOR HYUNDAI EF SONATA A  
GASOLINA DEL AÑO 1998

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

AUTORES: ALEX ALBERTO GARCÍA TITUANA  
YONDER PATRICIO POMA MEDINA  
TUTOR: ING. CHRISTIAN OMAR PULLA MOROCHO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2023

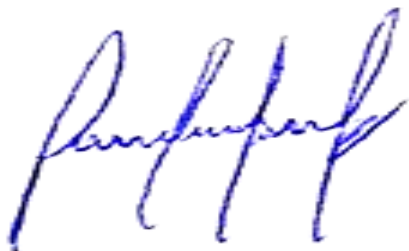
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Alex Alberto García Tituana con documento de identificación N° 0707287546 y Yonder Patricio Poma Medina con documento de identificación N° 1900783299; 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.

Cuenca, 18 de julio del 2023

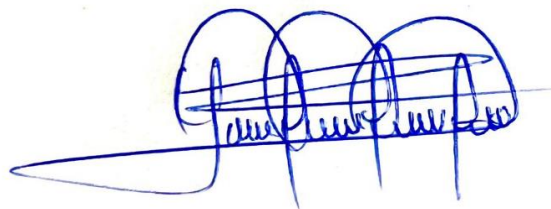
Atentamente,



---

Alex Alberto García Tituana

0707287546



---

Yonder Patricio Poma Medina

1900783299

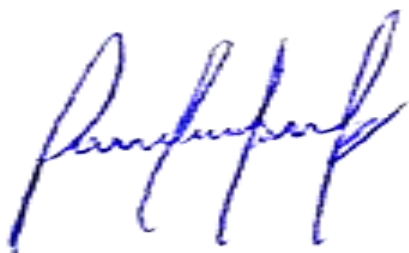
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Alex Alberto García Tituana con documento de identificación N° 0707287546 y Yonder Patricio Poma Medina con documento de identificación N° 1900783299, 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: “Implementación de un generador de fallos digital para el diagnóstico automotriz en sensores del motor Hyundai EF Sonata a gasolina del año 1998”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, 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.

Cuenca, 18 de julio del 2023

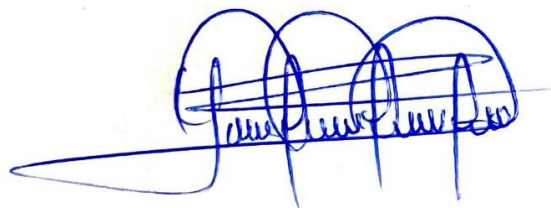
Atentamente,



---

Alex Alberto García Tituana

0707287546



---

Yonder Patricio Poma Medina

1900783299

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Christian Omar Pulla Morocho con documento de identificación N° 0103570602, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR DE FALLOS DIGITAL PARA EL DIAGNÓSTICO AUTOMOTRIZ EN SENSORES DEL MOTOR HYUNDAI EF SONATA A GASOLINA DEL AÑO 1998, realizado por Alex Alberto García Tituana con documento de identificación N° 0707287546 y por Yonder Patricio Poma Medina con documento de identificación N° 1900783299, 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.

Cuenca, 18 de julio del 2023

Atentamente,



---

Ing. Christian Omar Pulla Morocho, MSc.

0103570602

**DEDICATORIA*****A DIOS***

*Agradezco a Dios, por ser el pilar fundamental en mi vida y así poder alcanzar este logro. Gracias Dios por no soltarme nunca la mano para así poder mejorar en el ámbito formal y académico.*

***A MIS PADRES***

*A mis padres Luis y María, les quiero agradecer por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Gracias por sembrar dentro de mi ser el ejemplo de respeto, humildad y trabajo duro, lo que me ayudó a crear un mejor profesional y persona.*

***Alex Alberto García Tituana***

## **DEDICATORIA**

### ***A DIOS***

*Doy gracias a Dios por brindarme salud y sabiduría todos los días y así poder alcanzar este logro. Su amor, guía y protección me han permitido superar todos los obstáculos y desafíos que se presentaron durante este proceso.*

### ***A MIS PADRES***

*A mis padres Manuel Poma y Rosa Medina les agradezco, por su apoyo incondicional, paciencia y sacrificio todos los días de mi vida. Gracias por brindarme una educación y por inculcarme valores que me han guiado en mi formación como una mejor persona y profesional.*

***Yonder Patricio Poma Medina***

**AGRADECIMIENTO**

*Los autores expresamos los más profundos y sinceros agradecimientos a la Universidad Politécnica Salesiana, a su vez a cada uno de los docentes durante el proceso de nuestra formación académica. De igual manera agradecemos a nuestro tutor el Ing. Christian Pulla por brindarnos su apoyo y conocimiento para el desarrollo de este proyecto.*

*Alex Alberto García Tituana*

*Yonder Patricio Poma Medina*

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación está enfocado en la implementación de un generador de fallos digital para el diagnóstico Automotriz en sensores del motor Hyundai EF Sonata a gasolina del año 1998. El objetivo principal del estudio es mejorar la precisión y eficacia del diagnóstico de los sensores de este banco didáctico.

Además, está basado en el estudio de las características más relevantes de funcionamiento del banco didáctico, además se desarrolla un flujograma para el reacondicionamiento y la verificación del estado del mismo, posterior a ello se da a conocer el proceso de la puesta a punto del motor, para finalmente implementar un generador de errores que simula condiciones anormales de funcionamiento de los sensores, permitiendo la identificación de fallas de forma más rápida y precisa.

Este proyecto concluye, que la implementación de un generador de fallos puede ser una herramienta efectiva para mejorar el diagnóstico automotriz y reducir el tiempo durante las practicas que realizarán los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana.

***Palabras Claves:*** *Sensores, actuadores, inyectores*



## ABSTRACT

The present degree work is focused on the implementation of a digital fault generator for Automotive diagnosis in sensors of the Hyundai EF Sonata gasoline engine of the year 1998. The main objective of the study is to improve the precision and efficiency of the diagnosis of the sensors. of this didactic bank.

In addition, it is based on the study of the most relevant characteristics of the operation of the didactic bench, in addition, a flowchart is developed for the reconditioning and the verification of the state of the same, after which the engine tuning process is disclosed. , to finally implement an error generator that simulates abnormal operating conditions of the sensors, allowing the identification of failures more quickly and accurately.

This project concludes that the implementation of a fault generator can be an effective tool to improve automotive diagnosis and reduce the time during the practices that the students of the Automotive Engineering Career of the Salesian Polytechnic University will carry out.

***Keywords:*** *Sensors, actuators, injectors*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN II	
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN .....	1
PROBLEMA.....	1
ANTECEDENTES .....	2
IMPORTANCIA Y ALCANCES.....	2
DELIMITACIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	4
Objetivo General .....	4
Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO I .....	5
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTADO DEL ARTE REFERENTES AL MOTOR HYUNDAI EF SONATA.....	5
1.1 Marco Conceptual .....	5
1.2 Motores de Combustión Interna Alternativos (MCIA) .....	5
1.2.1 Motores de Encendido Provocado .....	6

1.2.2	<i>Formación de la Mezcla</i> .....	7
1.2.3	<i>Combustión anormal en MEP</i> .....	8
1.3	Motor Hyundai EF Sonata.....	9
1.3.1	<i>Características del Motor Hyundai EF Sonata a Gasolina</i> .....	9
1.3.2	<i>Generaciones: Hyundai EF Sonata</i> .....	11
1.4	Arduino MEGA.....	14
1.4.1	<i>IDE Arduino</i> .....	15
1.5	Sensores.....	16
1.5.1	<i>Sensor de oxígeno</i> .....	16
1.5.2	<i>Sensor MAP</i> .....	20
1.5.3	<i>Sensor TPS</i> .....	21
1.5.4	<i>Sensor CKP</i> .....	23
1.5.5	<i>Sensor CMP</i> .....	25
1.5.6	<i>Sensor ECT</i> .....	26
1.6	Actuadores.....	29
1.6.1	<i>Inyectores</i> .....	29
1.6.2	<i>Bobina de encendido</i> .....	29
1.6.3	<i>Bomba de combustible</i> .....	30
CAPÍTULO II.....		31
2.	REACONDICIONAMIENTO DEL MOTOR HYUNDAI EF SONATA.....	31
2.1	Análisis de Componentes del Motor Hyundai EF Sonata.....	31
2.2	Inspección Visual del Estado del Motor Hyundai EF Sonata .....	32
2.3	Pruebas de Diagnóstico del Motor. ....	41
2.4	Reacondicionamiento de los Elementos del Motor.....	44
2.4.1	<i>Sistema de Refrigeración</i> .....	44

2.4.2	<i>Sistema de Encendido</i> .....	47
2.4.3	<i>Sensores y Actuadores</i> .....	48
2.4.4	<i>Sistema de Distribución</i> .....	50
2.5	Estado de la estructura del banco didáctico. ....	52
2.6	Diseño de la estructura mediante Software inventor.....	52
2.6.1	<i>Dimensiones y materiales para el tablero del Panel de Instrumentos</i> .....	53
2.7	Implementación de instrumentos para el tablero de control del banco didáctico. ....	55
2.7.1	<i>Llave de contacto (Switch de encendido)</i> .....	56
2.7.2	<i>Medidor del voltaje de la batería</i> .....	58
2.7.3	<i>Medidor de la presión de aceite</i> .....	59
2.7.4	<i>Indicador de Temperatura del refrigerante</i> .....	60
2.7.5	<i>Odómetro de Revoluciones del motor (RPM)</i> .....	61
2.7.6	<i>Conector de Diagnóstico del motor OBD II</i> .....	62
CAPÍTULO III.....		64
3.	IMPLEMENTACIÓN DEL GENERADOR DE FALLOS DIGITAL .....	64
3.1	Diagnóstico de Fallas Electrónicas en Motores De Combustión Interna.....	64
3.2	Componentes Por Utilizar en la Elaboración del Módulo Generador de Fallos .....	64
3.3	Simulaciones del Circuito del Módulo Generador de Fallos .....	66
3.3.1	Simulación de Fallos en los Sensores del Motor. ....	66
3.3.2	Simulación de Fallos en los Actuadores del Motor. ....	67
3.3.3	Simulación del Circuito Controlado con el Generador de Fallos .....	68
3.4	Programación del Generador de Fallos Digital con Arduino Mega AT2560 .....	68
3.4.1	Programación del Arduino Mega AT2560 mediante Arduino IDE.....	69
3.5	Conexión de la Placa Arduino con Relay Module. ....	73
3.6	Conexión y Alimentación del Sistema Generador de Fallos.....	76

3.7	Implementación del Panel Digital sobre la Placa Arduino. ....	78
3.7.1	Conexión del Dispositivo LCD sobre la Placa Arduino. ....	79
3.7.2	Conexión del Teclado con la Placa Arduino.....	80
3.8	Control de la Conexión Establecida a cada Sensor y Actuador. ....	81
3.9	Instalación del Sistema Generador de Fallos en el Banco Didáctico. ....	81
3.9.1	Conexión del Generador de Fallos Digital a los Sensores del Motor. ....	82
3.9.2	Conexión del Generador de Fallos Digital a los Actuadores del Motor. ....	84
3.9.3	Pruebas de Funcionamiento del Sistema Generador de Fallos. ....	87
	CONCLUSIONES .....	97
	RECOMENDACIONES.....	98
	BIBLIOGRAFÍA .....	99
	ANEXOS .....	101
	Anexo A: Lecturas del Vacuómetro en Motores a Gasolina.....	101
	Anexo B: Reacondicionamiento de los elementos del motor .....	103
	Anexo C: Diseño del panel de Instrumentos .....	104
	Anexo D: Dimensiones del Panel de Instrumentos.....	105
	Anexo E: Reacondicionamiento del motor y sus partes.....	106
	Anexo F: Conexiones del Generador de fallos e Indicadores .....	107
	Anexo G: Banco Didáctico Final con el Generador de Fallos Digital .....	108
	Anexo H: Guías de Práctica. ....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1-1 Factores que afectan al tiempo de retraso de una mezcla .....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 1-2 Características del motor Hyundai EF Sonata.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 1-3 Características del sensor de oxígeno.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 1-4 Características del sensor MAP.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 1-5 Características del sensor TPS .....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 1-6 Características del sensor CKP .....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 1-7 Características del sensor CMP .....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 1-8 Características del sensor ECT .....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 1-9 Valores de funcionamiento del sensor ECT.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 2-1 Validación del estado de los componentes del motor Hyundai EF Sonata.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 2-2 Validación cuantitativa del motor Hyundai EF Sonata .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 2-3 Inspección visual del estado del motor Hyundai EF Sonata .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 2-4 Valores de la medición de la compresión en caliente .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 2-5 Prueba de fugas del motor.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 2-6 Prueba de vacío del motor.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 2-7 Materiales para la elaboración del panel de instrumentos.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 3-1 Componentes a utilizar en la elaboración del Módulo Generador de Fallos .....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 3-2 Conexión de la placa Arduino con el Relay Module Uno .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 3-3 Conexión placa Arduino con el Relay module dos .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 3-4 Conexión placa Arduino con el Relay Module Tres .....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 3-5 Conexión de la placa Arduino con el Relay Module 1.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 3-6 Conexión de la placa Arduino con el Módulo LM2596 .....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 3-7 Conexión del Módulo LM2596 con la caja de relés .....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 3-8 Conexión de pines de placa Arduino – LCD .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 3-9 Conexión de pines de placa Arduino – teclado.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 3-10 Conexión establecida entre la caja de relés y los sensores .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 3-11 Conexión establecida entre la caja de relés y los actuadores .....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 3-12 Protocolo de funcionamiento del sistema generador de fallos.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 3-13 Comprobaciones de funcionamiento del sistema generador de fallos.....</i>	<i>90</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 0-1 Delimitación Geográfica.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 1-1 Componentes de los motores de combustión interna alternativos (MCIA) .....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 1-2 Esquema de combustión de los motores MEP .....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 1-3 Motor Hyundai EF Sonata.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 1-4 Motor Hyundai EF Sonata primera generación .....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 1-5 Motor Hyundai EF Sonata segunda generación.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 1-6 Motor Hyundai EF Sonata tercera generación.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 1-7 Motor Hyundai EF Sonata cuarta generación.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 1-8 Motor Hyundai EF Sonata quinta generación.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 1-9 Motor Hyundai EF Sonata sexta generación.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 1-10 Motor Hyundai EF Sonata séptima generación. ....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 1-11 Motor Hyundai EF Sonata octava generación.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 1-12 Componentes principales placa Arduino mega Atmega2560.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 1-13 Proceso sistemático de transformación de la información.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 1-14 Sensor de Oxígeno del Motor EF Sonata.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 1-15 Pines del sensor de oxígeno .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 1-16 Comprobación con el multímetro del sensor de oxígeno.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 1-17 Sonda lambda - mezcla pobre observada en el osciloscopio.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 1-18 Medición con el multímetro en el sensor de oxígeno.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 1-19 Sonda lambda - mezcla rica observada en el osciloscopio.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 1-20 Sensor MAP del Motor EF Sonata .....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 1-21 Sensor MAP, pines de conexión .....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 1-22 Medición de voltaje con multímetro en el sensor MAP.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 1-23 Sensor TPS del motor EF Sonata .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 1-24 Pines del sensor TPS del motor Hyundai EF Sonata .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 1-25 Medición de la resistencia con multímetro en el sensor TPS .....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 1-26 Sensor CKP del sensor Hyundai EF Sonata .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 1-27 Pines del sensor CKP del motor Hyundai EF Sonata .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 1-28 Sensor CMP del motor Hyundai EF Sonata .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 1-29 Pines del sensor CMP del motor Hyundai EF Sonata.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 1-30 Sensor ECT del motor EF Sonata.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 1-31 Pines del sensor ECT.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 1-32 Medición de la resistencia con multímetro en el sensor ECT.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 1-33 Inyector del motor Hyundai EF Sonata .....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 1-34 Bobina de encendido del motor Hyundai EF Sonata .....</i>	<i>30</i>

<i>Figura 1-35 Bomba de combustible Hyundai EF Sonata</i> .....	30
<i>Figura 2-1 Flujograma para el diagnóstico del motor Hyundai EF Sonata</i> .....	31
<i>Figura 2-2 Bomba de agua del motor Hyundai EF Sonata</i> .....	44
<i>Figura 2-3 Empaque nuevo de la bomba de agua del motor</i> .....	44
<i>Figura 2-4 Medición de la temperatura del agua</i> .....	45
<i>Figura 2-5 Termostato del motor Hyundai EF Sonata</i> .....	46
<i>Figura 2-6 Termoswitch del motor Hyundai EF Sonata</i> .....	47
<i>Figura 2-7 Esquema de comprobación del Termoswitch</i> .....	47
<i>Figura 2-8 Manguera rota del radiador</i> .....	47
<i>Figura 2-9 Manguera nueva del radiador</i> .....	47
<i>Figura 2-10 Bujías NGK del motor Hyundai EF Sonata</i> .....	48
<i>Figura 2-11 Juego de bujías nuevas NGK</i> .....	48
<i>Figura 2-12 Socket del sensor CMP</i> .....	48
<i>Figura 2-13 Socket nuevo del sensor CMP</i> .....	48
<i>Figura 2-14 Socket del sensor ECT</i> .....	49
<i>Figura 2-15 Socket nuevo del sensor ECT</i> .....	49
<i>Figura 2-16 Código de error del sensor ECT</i> .....	49
<i>Figura 2-17 Verificación del código de error P0115</i> .....	49
<i>Figura 2-18 Código de error del sensor TPS</i> .....	50
<i>Figura 2-19 Verificación del código de error P0120</i> .....	50
<i>Figura 2-20 Pernos rotos de la tapa válvulas</i> .....	51
<i>Figura 2-21 Marcas de sincronización de la distribución del motor</i> .....	51
<i>Figura 2-22 Condiciones de la estructura del banco didáctico</i> .....	52
<i>Figura 2-23 Estado de la estructura del banco didáctico</i> .....	52
<i>Figura 2-24 Diseño de la estructura del panel de instrumentos en Autodesk Inventor 2022</i> .....	53
<i>Figura 2-25 Dimensiones del tablero del Panel de Instrumentos</i> .....	53
<i>Figura 2-26 Diseño del panel de instrumentos</i> .....	56
<i>Figura 2-27 Switch de encendido</i> .....	57
<i>Figura 2-28 Llave de encendido y posiciones</i> .....	57
<i>Figura 2-29 Diagrama eléctrico del sistema de arranque</i> .....	57
<i>Figura 2-30 Esquema eléctrico del voltímetro</i> .....	58
<i>Figura 2-31 Medidor de voltaje de la batería</i> .....	58
<i>Figura 2-32 Medidor de la presión de aceite</i> .....	59
<i>Figura 2-33 Esquema de conexión del medidor de la presión de aceite</i> .....	60
<i>Figura 2-34 Medidor de la temperatura del refrigerante</i> .....	60
<i>Figura 2-35 Conexión del esquema eléctrico del termómetro de temperatura</i> .....	61
<i>Figura 2-36 Odómetro de revoluciones del motor (RPM)</i> .....	62



<i>Figura 2-37 Conector OBD II del motor Hyundai EF Sonata</i> .....	62
<i>Figura 2-38 Terminales del conector OBD II</i> .....	63
<i>Figura 3-1 Diagrama de simulación placa Arduino con los sensores del motor</i> .....	67
<i>Figura 3-2 Diagrama de conexión de la placa Arduino con los actuadores del motor</i> .....	67
<i>Figura 3-3 Diagrama del circuito controlado con el generador de fallos</i> .....	68
<i>Figura 3-4 Código para la importación de diferentes tipos de librerías</i> .....	69
<i>Figura 3-5 Código que detalla el número de columnas y filas de funcionamiento en el LCD</i> .....	69
<i>Figura 3-6 Códigos establecidos para cada sensor</i> .....	70
<i>Figura 3-7 Código para la presentación del teclado</i> .....	70
<i>Figura 3-8 Código que activa distintos comandos al mismo tiempo</i> .....	71
<i>Figura 3-9 Código que muestra el contenido del display</i> .....	71
<i>Figura 3-10 Código que establece el límite de códigos a utilizar al mismo tiempo</i> .....	72
<i>Figura 3-11 Código de activación de relés mediante Arduino</i> .....	73
<i>Figura 3-12 Conexión esquemática de la placa Arduino con el Relay module 1</i> .....	74
<i>Figura 3-13 Conexión esquemática de la placa Arduino con el Relay Module Dos</i> .....	75
<i>Figura 3-14 Conexión esquemática de la placa Arduino con el Relay Module Tres</i> .....	75
<i>Figura 3-15 Conexión esquemática de la placa Arduino con el Relay Module Cuatro</i> .....	76
<i>Figura 3-16 Conexión esquemática de la placa Arduino con el módulo LM2596</i> .....	77
<i>Figura 3-17 Conexión esquemática de la placa Arduino con el módulo LM2596</i> .....	78
<i>Figura 3-18 Conexión final de la alimentación del sistema generador de fallos</i> .....	78
<i>Figura 3-19 Conexión esquemática de la placa Arduino con el LCD</i> .....	79
<i>Figura 3-20 Conexión esquemática de la conexión de la placa Arduino-teclado</i> .....	80
<i>Figura 3-21 Instalación del generador de fallos</i> .....	81
<i>Figura 3-22 Diagrama de desconexión del cable (+) del sensor</i> .....	82
<i>Figura 3-23 Diagrama de desconexión del cable (-) del sensor</i> .....	83
<i>Figura 3-24 Diagrama de desconexión del cable de señal del sensor</i> .....	83
<i>Figura 3-25 Circuito de desconexión del cable (+) del actuador</i> .....	85
<i>Figura 3-26 Circuito de desconexión del cable (-) del actuador</i> .....	85
<i>Figura 3-27 Circuito de desconexión del cable de (señal) del actuador</i> .....	86

## **INTRODUCCIÓN**

En el mundo del diagnóstico automotriz, tener acceso a herramientas que permiten identificar con precisión las fallas en los diferentes sistemas del vehículo es fundamental para garantizar el correcto funcionamiento del mismo. En este sentido, se sugiere la implementación de un generador de fallos digital como solución efectiva para poder localizar en los sensores del motor Hyundai EF Sonata a gasolina del año 1998.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un generador de fallos digital que pueda simular varios tipos de errores en los sensores de un motor a gasolina. Para lograrlo, se utilizarán técnicas de programación para diseñar un sistema que permita simular errores en los sensores.

Este generador de averías digitales permitirá a los estudiantes diagnosticar con precisión los problemas que pueden presentarse en los sensores del banco didáctico. De esta forma, será más fácil identificar y corregir los errores, para permitir el correcto funcionamiento del motor Hyundai EF Sonata.

## **PROBLEMA**

Dentro del Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, se tiene disponible un banco con un motor Hyundai EF Sonata del año 1998, con funcionamiento limitado a pruebas específicas, el mismo que no dispone de un tablero de control para poder verificar los parámetros del funcionamiento del motor, este tipo de motores son utilizados cada periodo académico por estudiantes para pruebas demostrativas y reconocimiento de partes y sistemas, por lo cual se impide su total aprovechamiento en el desarrollo de otro tipo de destrezas, relacionadas al diagnóstico automotriz.

Debido a los avances tecnológicos actuales, estos bancos didácticos deben actualizarse, para permitir que los estudiantes desarrollen su conocimiento y fortalezcan sus habilidades para diagnosticar problemas operativos que surgen de varios sensores del motor.

### **ANTECEDENTES**

El diagnóstico Automotriz es una herramienta esencial para el mantenimiento y la reparación de los vehículos modernos. La detección de las fallas en los sistemas del automóvil se ha vuelto cada vez más compleja debido a las nuevas generaciones de los vehículos. La introducción de los sistemas modernos ha mejorado el rendimiento, la eficiencia y la seguridad de los automóviles, pero también ha aumentado la complejidad del diagnóstico y la reparación de los mismos.

Los sensores son una parte crítica del sistema de gestión del motor de un automóvil, mismos que proporcionan datos esenciales para el control del motor, como la velocidad, la posición del acelerador, la temperatura del refrigerante, la presión de aceite, la posición del cigüeñal, entre otros componentes. La falta de precisión en las lecturas de los sensores puede provocar una mala combustión, bajo rendimiento del motor e incluso un fallo en el motor.

### **IMPORTANCIA Y ALCANCES**

Este proyecto se presenta como una alternativa a la implementación de un generador de fallos digital para el diagnóstico Automotriz en los sensores del banco didáctico del motor Hyundai EF Sonata a gasolina que tendría una importancia significativa para el taller de la Universidad Politécnica Salesiana.

El mismo que tiene como propósito mejorar la precisión del diagnóstico y poder simular fallas en los sensores del motor, lo que permite a los estudiantes verificar que todos los

componentes del sistema de gestión del motor estén funcionando correctamente, de esta manera se puede evitar errores de diagnóstico comunes y asegurar una reparación precisa.

## DELIMITACIÓN

Este proyecto, se llevará a cabo en la Provincia del Azuay, Ciudad de Cuenca, ubicada al sur del Ecuador, la cual tiene una altitud de 2500 m.s.n.m, una extensión de 70.59  $Km^2$  y una población aproximada de 580000 habitantes.

### Figura 0-1

#### *Delimitación Geográfica*



*Nota.* Adaptado de Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador [Fotografía], por Google Maps, 2023, Google (www.google.com/maps). Earth Studio.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Implementar un generador de fallos digital para el diagnóstico automotriz en sensores del motor Hyundai EF Sonata a gasolina del año 1998.

### **Objetivos Específicos**

- Establecer una investigación teórica mediante fuentes bibliográficas referentes al motor Hyundai EF Sonata para la selección de las variables a monitorear y controlar.
- Reacondicionar el motor Hyundai EF Sonata mediante un diagnóstico previo para la determinación de su estado y puesta a punto de funcionamiento.
- Implementar un panel digital de monitoreo de los sensores mediante el panel Arduino Mega para el banco didáctico del motor, mediante herramientas necesarias para la comprobación del funcionamiento.

		<b>CAPÍTULO I</b>
	<b>1.</b>	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTADO DEL ARTE REFERENTES AL MOTOR HYUNDAI EF SONATA</b>

## **1.1 Marco Conceptual**

En este capítulo se tratará sobre las características importantes de funcionamiento del motor de combustión interna Hyundai EF Sonata, posterior a ello se da a conocer el proceso de la puesta a punto del motor para luego implementar un generador de fallos digital para el diagnóstico automotriz en sensores y actuadores del banco didáctico, el mismo que involucra la utilización de herramientas y técnicas especializadas de diagnóstico automotriz para identificar y solucionar problemas en los sistemas y componentes del motor.

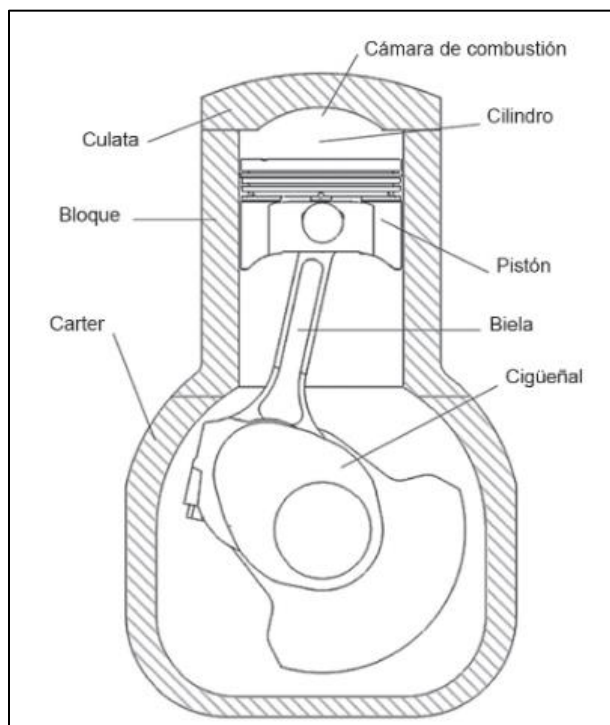
## **1.2 Motores de Combustión Interna Alternativos (MCIA)**

Según los autores (Rovira & Muñoz Dominguez, 2015) los motores de combustión interna alternativos (MCIA) son motores que utilizan un desplazamiento lineal del embolo de un mecanismo biela-manivela para obtener trabajo. Estos motores son térmicos y de desplazamiento positivo, lo que significa que generan energía mediante la expansión de un fluido en su interior.

La principal característica de los MCIA es que la combustión del combustible se produce dentro del propio motor, en el fluido que evoluciona en su interior. En la Figura 1-1 se muestra los componentes principales de este tipo de motores (Rovira & Muñoz Dominguez, 2015).

**Figura 1-1**

*Componentes de los motores de combustión interna alternativos (MCIA)*



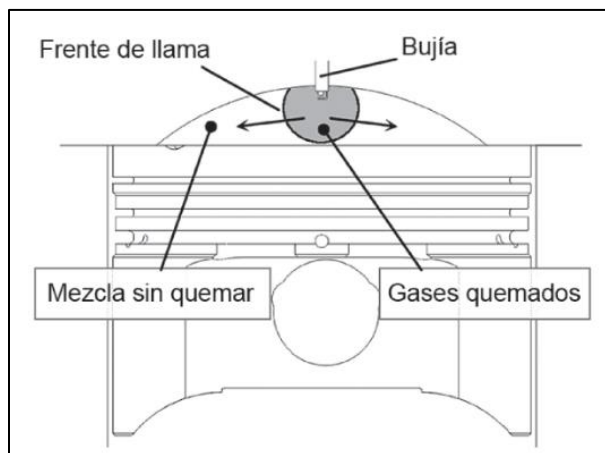
Fuente: Adaptado de (Rovira & Muñoz Dominguez, 2015)

### **1.2.1 Motores de Encendido Provocado**

Según los autores (Payri & Desantes, 2011) los motores MEP, el encendido se provoca por aporte de energía del exterior en un punto de la cámara de combustión, desde donde se inicia la propagación de un frente de llama. Para ello es necesario conseguir una mezcla homogénea en todo el volumen de la cámara de combustión, y que se encuentre dentro de los límites de inflamabilidad. Ello obliga a realizar el proceso de mezcla muy pronto en el ciclo, generalmente durante la carrera de admisión, esto impide que el combustible se auto encienda durante la carrera de compresión, limitando la temperatura de la mezcla en el cilindro.

**Figura 1-2**

*Esquema de combustión de los motores MEP*



Fuente: Adaptado de (Rovira & Muñoz Domínguez, 2015)

### **1.2.2 Formación de la Mezcla**

Los sistemas de inyección se usan comúnmente en los motores de encendido por chispa MEP, aunque algunos motores pequeños y económicos todavía usan carburadores. Los inyectores se pueden ubicar en el múltiple de admisión o en el cilindro (motores de inyección directa). Si se inyecta combustible en el colector de admisión, el tiempo disponible para la formación de la mezcla corresponde a la duración de la fase de admisión y compresión, lo mismo ocurre con los motores de inyección directa cuando se inyectan en fase de admisión. Sin embargo, estos motores bajo ciertas condiciones de funcionamiento, el combustible se inyecta durante la carrera de compresión, por lo que hay poco tiempo disponible para la formación de la mezcla (Payri & Desantes, 2011).



### 1.2.3 Combustión anormal en MEP

**Picado o Combustión Detonante de un Motor MEP.** En la mayoría de los motores de encendido provocado el dosado es prácticamente estequiométrico, por ende, el catalizador funciona correctamente y reduce las emisiones, por lo que la riqueza de una mezcla no puede ser alterada; los factores que afectan al tiempo de retraso de una mezcla MEP son temperatura de los gases no quemados y el combustible utilizado (Rovira & Muñoz Dominguez, 2015).

**Tabla 1-1**

*Factores que afectan al tiempo de retraso de una mezcla*

<b>La riqueza de la mezcla</b>	Disminuye asintóticamente conforme sube la presión en la cámara de combustión.
<b>La presión en la cámara de combustión</b>	Reduce asintóticamente conforme aumenta la presión en la cámara de combustión.
<b>La temperatura de la mezcla sin quemar</b>	Disminuye asintóticamente conforme aumenta la presión en la cámara de combustión.
<b>El combustible empleado</b>	Es distinto para combustibles diferentes, estableciéndose el concepto de índice de octano para efectuar la comparación entre ellos en condiciones operativas del motor.

Fuente: Adaptado de (Rovira & Muñoz Dominguez, 2015)

**Encendido Superficial.** Según los autores (Rovira & Muñoz Dominguez, 2015) el encendido superficial es un fenómeno no deseable en la combustión de los motores de encendido provocado (MEP) que consiste en la ignición de la mezcla en uno o más puntos de las paredes de la cámara de combustión o en la propia bujía debido a la alta temperatura a la que se encuentra.

El encendido superficial puede darse antes o después de que salte la chispa en la bujía. En el caso de que el encendido superficial sea posterior al salto de la chispa el fenómeno se denomina post – encendido y sus repercusiones no son muy dañinas (Rovira & Muñoz Dominguez, 2015).

### 1.3 Motor Hyundai EF Sonata

Es un motor de inyección a gasolina de cuatro cilindros en línea, de (1997  $cm^3$ ) con un ciclo de cuatro tiempos; su inicio de producción se da en el año 1985 por el fabricante surcoreano Hyundai Motor Company y cuenta con un total de 8 generaciones.

**Figura 1-3**

*Motor Hyundai EF Sonata*



Fuente: Autores

#### 1.3.1 Características del Motor Hyundai EF Sonata a Gasolina

A continuación, se presentan la información general como modelo, marca, generación; así mismo el rendimiento y los diferentes parámetros del motor Hyundai EF Sonata.

**Tabla 1-2***Características del motor Hyundai EF Sonata*

<b>MOTOR HYUNDAI EF SONATA</b>	
<b>Información General</b>	
Marca	Hyundai
Modelo	Sonata
Generación	EF Sonata
Modificación (motor)	2.0 (136 C.V.)
Año de la puesta en producción	1998
Año de la finalización de la producción	2001
Arquitectura de la unidad de potencia	Motor de combustión interna
Tipo de carrocería	Berlina
Número de plazas	5
Número de puertas	4
<b>Rendimiento</b>	
Combustible	Gasolina
Clasificación de los gases de escape	Euro 2
Relación peso / potencia	9.7 kg / CV; 103 CV / tonelada
Relación peso / Par	7.3 kg / Nm; 136.3 Nm / tonelada
<b>Motor</b>	
Patencia máxima	136 CV @ 5800rpm.
Potencia por litro	68.1 CV/L
Par máximo	180 Nm @ 4600 rpm
Disposición del motor	Frontal, transversal
Cilindrada real	1997 $cm^3$
Número de cilindros	4
Disposición de cilindros	En Línea
Diámetro del cilindro	85 mm
Recorrido del cilindro	88 mm
Ratio de compresión	10:1
Número de válvulas por cilindro	4
Sistema de combustible	Inyección indirecta multipunto
Aspiración del motor	Motor atmosférico
Distribución	DOHC

Fuente: Adaptado de (AutoData.Net, 2010)

### 1.3.2 Generaciones: Hyundai EF Sonata

A continuación, se indicará las respectivas generaciones de estos motores que han sido fabricados hasta la actualidad. Están clasificados de acuerdo con el modelo, el año y el tipo de carrocería, estos son:

**Primera Generación.** En esta generación no es más que la versión moderna de Hyundai Steller con detalles de lujo, estos vehículos solo se venden en Corea del Sur (Cochesconcadena, 2023).

**Figura 1-4**

*Motor Hyundai EF Sonata primera generación*



Fuente: Adaptado de (Autocosmos, 2015)

**Segunda Generación.** Este tipo de vehículos se empezó a comercializar desde al año 1998, y el objetivo de la marca es ingresar a América del Norte. Ha sido desarrollado por Hyundai, pero compartía una plataforma común Mitsubishi Galant, que también está equipada con motores de marca japonesa (Cochesconcadena, 2023).

**Figura 1-5**

*Motor Hyundai EF Sonata segunda generación*



Fuente: Adaptado de (Autocosmos, 2015)

**Tercera Generación.** En 1993, esta generación comenzó con un importante diseño exterior, pero tenía la misma mecánica que la segunda generación (Cochesconcadena, 2023).

**Figura 1-6**

*Motor Hyundai EF Sonata tercera generación*

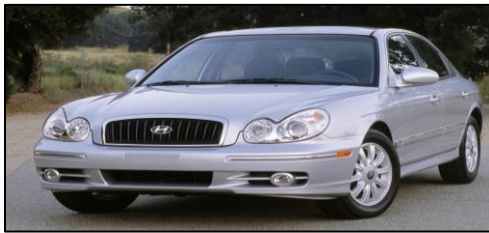


Fuente: Adaptado de (Autocosmos, 2015)

**Cuarta Generación:** La plataforma Hyundai-Kia Y4, debutó en 1998, creció el tamaño y mejoró significativamente el rendimiento de la suspensión (Cochesconcadena, 2023).

**Figura 1-7**

*Motor Hyundai EF Sonata cuarta generación*



Fuente: Adaptado de (Autocosmos, 2015)

**Quinta Generación.** En esta generación, una vez más uso una nueva plataforma junto con una gama de motores más eficientes, y se actualizo poco después con más motores y mejores terminados (Cochesconcadena, 2023).

**Figura 1-8**

*Motor Hyundai EF Sonata quinta generación*



Fuente: Adaptado de (Autocosmos, 2015)

**Sexta Generación.** Esta generación se lanzó en los años 2009 - 2014 y utiliza principalmente un motor de 4 cilindros en línea de gran cilindrada. Este modelo será remplazado por el Hyundai i40 (Cochesconcadena, 2023).

**Figura 1-9**

*Motor Hyundai EF Sonata sexta generación*



Fuente: Adaptado de (Autocosmos, 2015)

**Séptima Generación.** Fue lanzado en 2014, el automóvil ha sido nombrado Sonata a nivel internacional. En esta generación vio la introducción de una versión híbrida enchufable (Plug-in Hybrid), y la marca coreana también presentó rediseño exterior interesante en 2017 (Cochesconcadena, 2023).

**Figura 1-10**

*Motor Hyundai EF Sonata séptima generación.*



Fuente: Adaptado de (Autocosmos, 2015)

**Octava Generación.** Esta generación, que salió a la venta en 2019, es un modelo de perfil bajo, es más deportivo, con un interior más pequeño y una carrocería similar a la de un Fastback (Cochesconcadena, 2023).

**Figura 1-11**

*Motor Hyundai EF Sonata octava generación.*



Fuente: Adaptado de (Cochesconcadena, 2023)

## 1.4 Arduino MEGA

Arduino mega se basa en un sistema open source, el cual dispone de facilidades a la hora de interactuar con distintos tipos de aplicaciones, gracias a ser un sistema open source exhibe el soporte para la conexión con una amplia gama de sensores y actuadores.

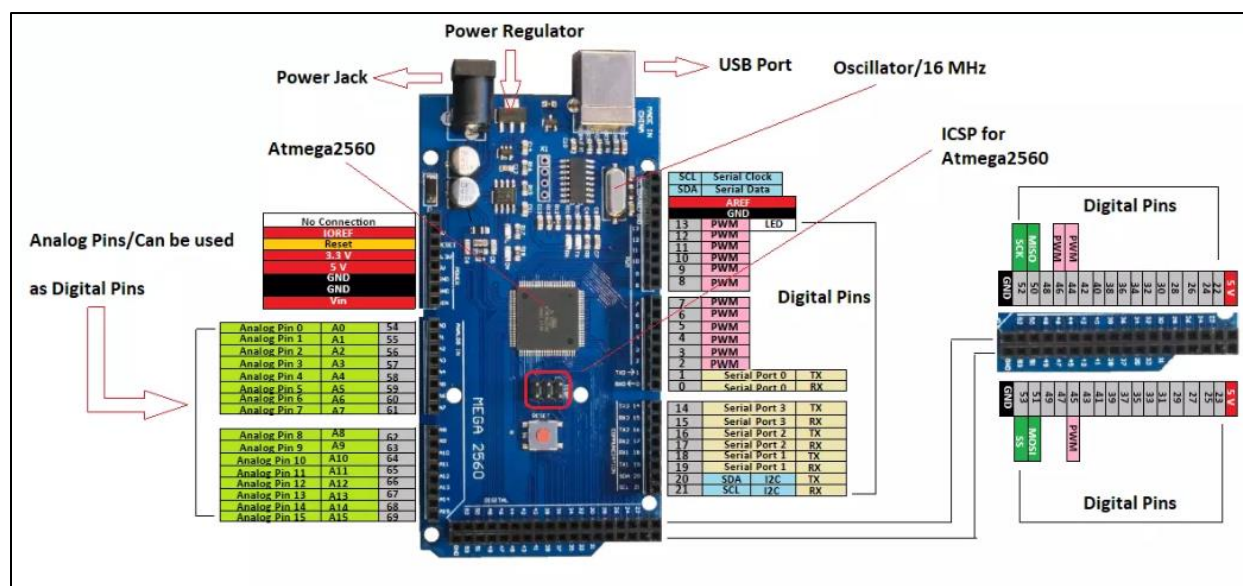
Básicamente, al hablar de Arduino mega se hace referencia a una placa basada en un microcontrolador Atmega2560. Posee como parte de su circuito 54 pines (entrada/salida), de los

cuales posee quince salidas PWM, dieciséis entradas análogas, cuatro puertos UARTs, un cristal oscilador de 16 MHz, conector USB y un Jack DC.

El Arduino mega, está conformado por diferentes componentes los cuales se describen a continuación:

Figura 1-12

Componentes principales placa Arduino mega Atmega2560



Fuente: Adaptado de (Technopreneur, 2020)

### 1.4.1 IDE Arduino

Una vez que la placa Arduino mega esta lista para su desarrollo e integración, se hace el uso interactivo del IDE Arduino, el cual será el encargado de recibir el código de funcionamiento del programa y cargarlo en la plataforma, además será el encargado de tener un grado alto de compatibilidad con los distintos sistemas operativos presentes en la actualidad.

El entorno de trabajo asociado al Arduino IDE se destaca por tener una extensión muy desarrollada en cuanto a librerías, esto es de gran ayuda puesto que existe una librería explicita por sensor y módulo factible con el programa y con el sistema operativo a utilizar.



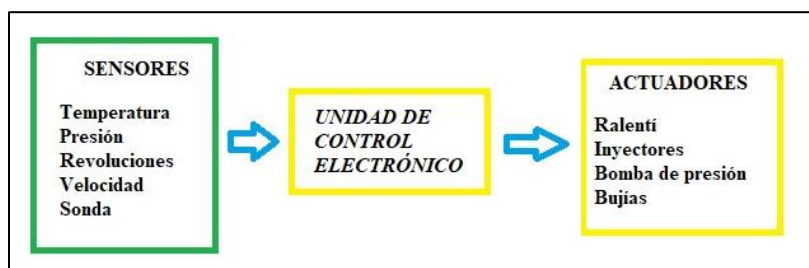
Finalmente, dicha información producida por el sistema Arduino se visualiza en un monitor, el cual admite exportar y recibir datos al sistema sin la necesidad de utilizar alguna fuente de trabajo externo como hardware o software; exclusivamente mediante un cable de entrada USB.

## 1.5 Sensores

El propósito de los sensores radica en convertir el valor de una magnitud física en una señal eléctrica. Dichas señales se deben enviar a la unidad de control electrónico, la cual será capaz de procesar dicha información, de tal manera que pueda establecer los valores adecuados que deberán tener los actuadores para que el sistema electrónico funcione correctamente (Ros Marín & Barrera Doblado, 2011).

**Figura 1-13**

*Proceso sistemático de transformación de la información*



Fuente: Autores

### Clasificación de sensores en el motor Hyundai EF Sonata

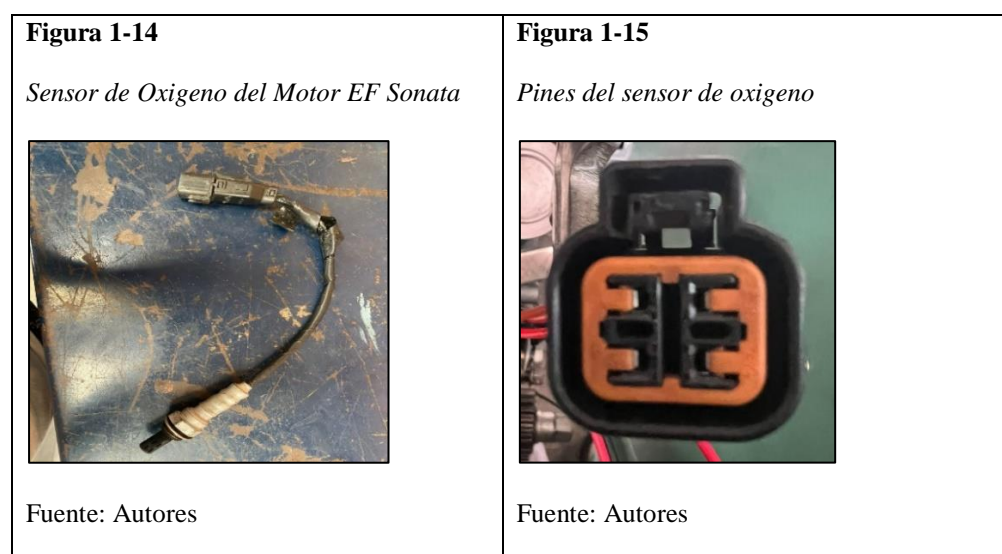
A continuación, se procederá al estudio de los diferentes tipos de sensores presentes en el motor Hyundai EF Sonata, para de esta forma dar a conocer las diferentes características de funcionamiento de estos.

#### 1.5.1 Sensor de oxígeno

También conocido como sonda lambda, es un dispositivo que utiliza una célula galvánica con el electrolito sólido para detectar concentraciones de oxígeno. El electrolito consiste en una

sustancia cerámica compuesta por dióxido de zirconio estabilizado con óxido de itrio, la cual es impermeable a los gases.

El cuerpo cerámico del sensor tiene un extremo sellado y el otro en contacto con el aire ambiente como referencia. Para protegerlo de golpes y fluctuaciones de temperatura, ambos extremos del cuerpo cerámico tienen electrodos internos equipados con tubos sellados y tapas de platino permeables a los gases. En las siguientes imágenes podemos observar las características de este sensor.



El sensor de oxígeno presente en el banco didáctico presenta 4 pines, los cuales tienen una función específica la cual se describe a continuación:

**Tabla 1-3**

*Características del sensor de oxígeno*

<b>SENSOR O<sub>2</sub></b>		
<b>PIN DEL SENSOR</b>	<b>COLOR</b>	<b>FUNCIÓN</b>
Pin 1	Negro	Señal
Pin 2	Blanco	Calefacción
Pin 3	Blanco	Calefacción
Pin 4	Gris	Masa

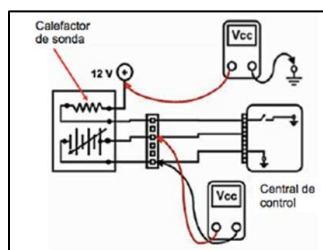
Fuente: Autores

## Comprobaciones:

1. Para realizar la respectiva comprobación, vamos a desconectar la manguera de vacío del sensor MAP para generar una entrada de aire indebida (y acelerar el motor a un régimen de 1500/2000 rpm).
2. Se procede a desconectar el cable que va directo a la sonda. Esta falla de admisión de aire indebido y que no se puede detectar por el sensor MAF o MAP formaría una mezcla pobre.
3. Por lo que procedemos a medir la señal con el multímetro como se muestra en el siguiente esquema:

**Figura 1-16**

*Comprobación con el multímetro del sensor de oxígeno*

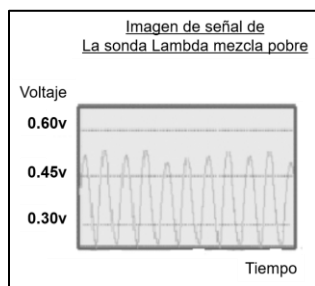


Fuente: Adaptado de (Inyección Eléctrica Motores, s.f.)

Al observar la señal del sensor de oxígeno en el osciloscopio cuando la mezcla es pobre se obtendrá lo siguiente:

**Figura 1-17**

*Sonda lambda - mezcla pobre observada en el osciloscopio*

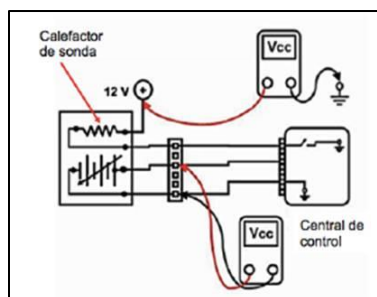


Fuente: Adaptado de (Inyección Eléctrica Motores, s.f.)

**Detección de mezcla rica.** Para realizar esta comprobación, debemos inyectar combustible mediante una jeringa en el cuerpo de la mariposa de aceleración, luego del sensor MAP y/o MAF. Desconectamos la sonda y observamos que señal emite. La medición se debe realizar con multímetro de la siguiente manera:

**Figura 1-18**

*Medición con el multímetro en el sensor de oxígeno*

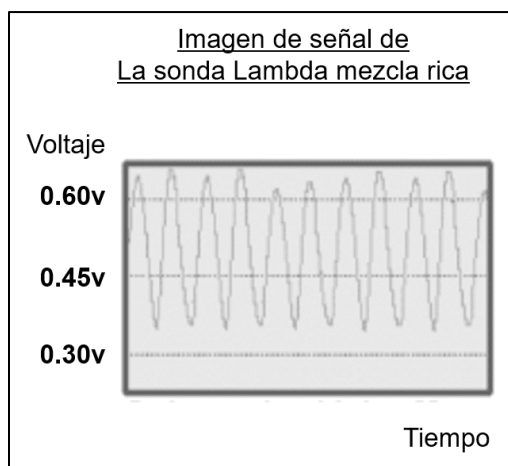


Fuente: Adaptado de (*Inyección Eléctrica Motores, s.f.*)

Si tenemos la opción de conectar un osciloscopio, se podrá observar la siguiente curva en la pantalla.

**Figura 1-19**

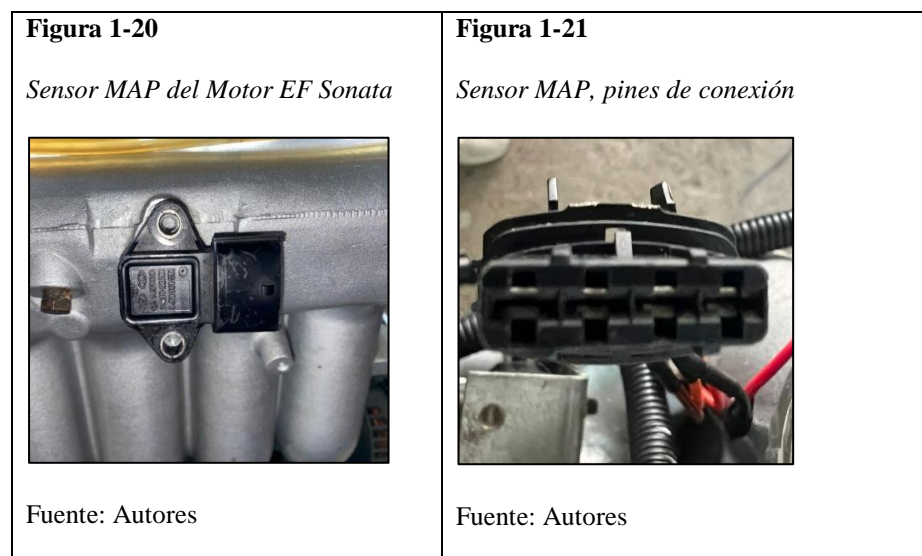
*Sonda lambda - mezcla rica observada en el osciloscopio*



Fuente: Adaptado de (*Inyección Eléctrica Motores, s.f.*)

### 1.5.2 Sensor MAP

El sensor de presión absoluta en el colector de admisión se basa en una membrana de cable delgado unida con él. La variación de este sensor depende de la presión, puesto que dicha membrana se dobla, el cable unido se estira, de tal forma que hace cambiar su resistencia. A medida que el valor de presión reduce, el sensor aumenta su salida de voltaje. La señal del sensor MAP ajusta el abasto de combustible y lapso de encendido. Se debe destacar que este sensor MAP posee un sensor IAT integrado el cual se basa en una resistencia que se encarga de detectar la temperatura del aire presente en el colector de admisión.



**Tabla 1-4**

*Características del sensor MAP*

<b>SENSOR MAP</b>		
<b>PIN DEL SENSOR</b>	<b>COLOR</b>	<b>FUNCIÓN</b>
Pin 1	Negro	Masa
Pin 2	Azul con franja negra	Señal de salida
Pin 3	Rojo	Cable de Temperatura Aire
Pin 4	Verde	Alimentación (5V)

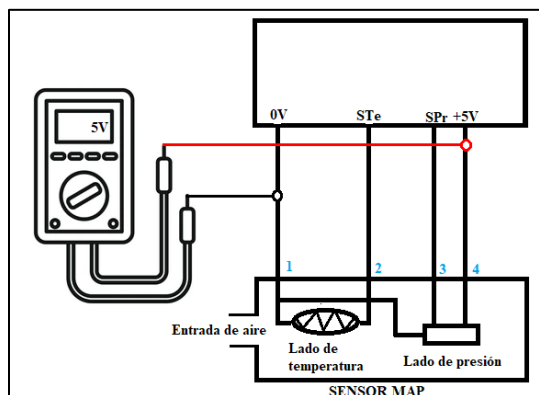
Fuente: Autores

**Comprobaciones en el Sensor.** Verifique el voltaje de salida del sensor MAP insertando el cable negativo del multímetro en la parte posterior del terminal 1 y el cable de prueba positivo a través de la parte posterior del terminal del conector del arnés, puesto 4.

1. Con el interruptor encendido en la posición ON y el motor apagado (condición KOEO), el voltaje de salida del sensor de presión debe ser de 4-5 V.
2. Encender el motor y dejarlo en ralentí a la temperatura de funcionamiento normal (condición KOER). El voltaje de salida debe caer a 1.5-2.1 V.

**Figura 1-22**

*Medición de voltaje con multímetro en el sensor MAP*



Fuente: Autores

### 1.5.3 Sensor TPS

El sensor de posición del acelerador es capaz de detectar la posición que posee la mariposa de aceleración, la cual se encuentra ubicada en la garganta de admisión de aire al motor. De esta manera entrega una señal a la ECU con el fin de regular la inyección de combustible dentro de las cámaras de combustión (Sensor Automotriz, 2019).

**Figura 1-23***Sensor TPS del motor EF Sonata*

Fuente: Autores

**Figura 1-24***Pines del sensor TPS del motor Hyundai EF Sonata*

Fuente: Autores

**Tabla 1-5***Características del sensor TPS*

<b>SENSOR TPS</b>		
<b>PIN DEL SENSOR</b>	<b>COLOR</b>	<b>FUNCIÓN</b>
Pin 1	Negro	Masa
Pin 2	Rojo	Interruptor de ralentí
Pin 3	Azul con franja negra	Señal TPS
Pin 4	Celeste	Alimentación (5V)

Fuente: Autores

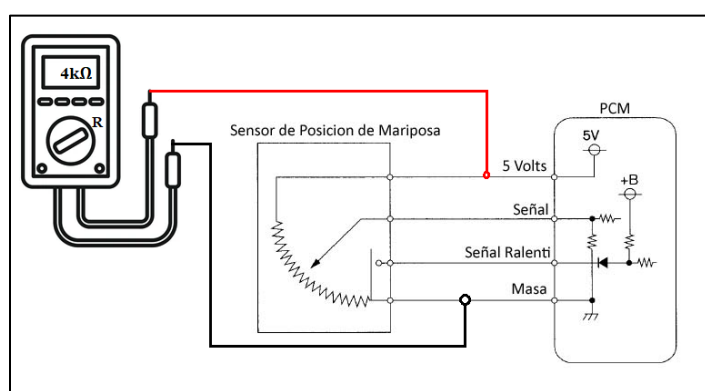
**Comprobaciones en el Sensor.** El sensor de posición del acelerador es una resistencia variable que gira con el eje de la válvula del acelerador y está diseñado para seguir su ángulo. Cuando el eje del acelerador gira, la tensión de salida del sensor cambia según la unidad de control del motor determina el grado de apertura del acelerador.

1. Desconectar el sensor de posición del acelerador.
2. Medir la resistencia entre las clavijas 1 y 4 del conector en el lado del sensor TPS, debería marcar un valor de 3.5-6.5 k $\Omega$ .

3. Medir la resistencia entre los pasadores 2 y 4 del conector en el lado del sensor TPS.
4. Si la válvula del acelerador se mueve lentamente desde la posición inicial hasta la posición completamente abierta, la resistencia debe cambiar suavemente de acuerdo con el ángulo de apertura de la válvula del acelerador. Si la resistencia es diferente o no cambia suavemente, reemplace el sensor TPS.

**Figura 1-25**

*Medición de la resistencia con multímetro en el sensor TPS*

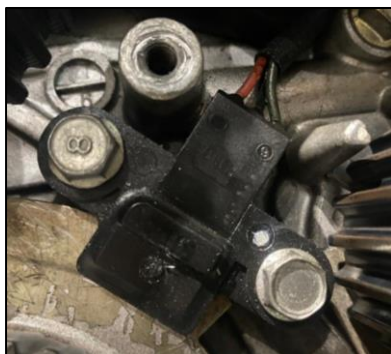


Fuente: Autores

#### **1.5.4 Sensor CKP**

El sensor de ángulo de cigüeñal (CKP), es el responsable de manifestar la posición de cada cilindro y de esta manera transformar dicha señal en un impulso eléctrico. La señal que emite este sensor se transmite a la ECU, en base a esta señal se puede determinar la velocidad de rotación y la respectiva posición del cigüeñal. Además, la unidad de control electrónico es capaz de calcular el tiempo de inyección y el ángulo de avance de la ignición (Hyundai Motor Company, 1998).



**Figura 1-26***Sensor CKP del sensor Hyundai EF Sonata*

Fuente: Autores

**Figura 1-27***Pines del sensor CKP del motor Hyundai EF Sonata*

Fuente: Autores

**Tabla 1-6***Características del sensor CKP*

<b>SENSOR CKP</b>		
<b>PIN DEL SENSOR</b>	<b>COLOR</b>	<b>FUNCIÓN</b>
Pin 1	Rojo	Alimentación (5V)
Pin 2	Negro	Masa
Pin 3	Azul	Señal

Fuente: Autores

**Comprobaciones en el sensor CKP:**

1. Para la comprobación del sensor CKP se deberá verificar el voltaje del sensor mediante el multímetro con la respectiva conexión del puntal positivo del multímetro al pin 1(alimentación) y el puntal negativo del multímetro al pin 2(masa), donde el valor de voltaje debe ser se 5V.
2. De la misma manera, con el osciloscopio se puede verificar la señal real del sensor, con la conexión del input 1 del osciloscopio al cable de señal del sensor, y la respectiva masa al

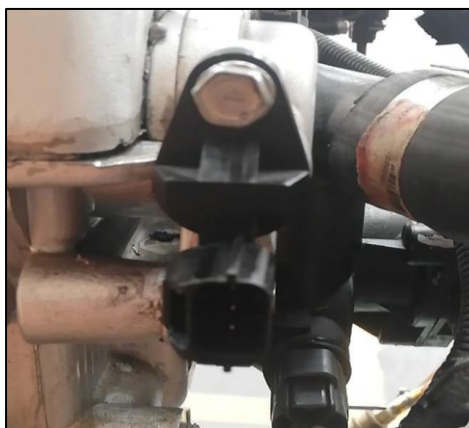
borne negativo de la batería. Al realizar dicha conexión se debe observar que los valores no deben estar por debajo de los 0,47 V y no deben superar los 4,07 V.

### 1.5.5 *Sensor CMP*

El funcionamiento del sensor de posición del árbol de levas consiste en detectar el TDC de los cilindros 1 y 2. La señal se debe trasladar hasta la unidad de control electrónico para así determinar la secuencia de inyección de combustible. Si el sensor presenta problemas de funcionamiento, la inyección de combustible no se puede realizar en la secuencia requerida, por lo que puede llegar a provocar que el motor se detenga, o que funcione de manera intermitente en ralentí (Hyundai Motor Company, 1998).

**Figura 1-28**

*Sensor CMP del motor Hyundai EF Sonata*



Fuente: Autores

**Figura 1-29**

*Pines del sensor CMP del motor Hyundai EF Sonata*



Fuente: Autores

**Tabla 1-7***Características del sensor CMP*

SENSOR CMP		
PIN DEL SENSOR	COLOR	FUNCIÓN
Pin 1	Rosa	Masa
Pin 2	Blanco	Alimentación (5V)
Pin 3	Café	Señal CMP

Fuente: Autores

**Comprobaciones en el sensor CMP:**

1. Para comprobar el voltaje del sensor, se debe realizar mediante el multímetro con la respectiva conexión del puntal positivo del multímetro al pin 2 (alimentación) y el puntal negativo del multímetro al pin 1 (masa), donde el valor de voltaje debe ser se 5V.
2. De la misma manera, con el osciloscopio se puede verificar la señal real del sensor, con la conexión del input 1 del osciloscopio al cable de señal del sensor, y la respectiva masa al borne negativo de la batería. Al realizar dicha conexión se debe observar que el voltaje de pico mínimo es de -0,05 V y el voltaje pico máximo es de 5,34 V.

**1.5.6 Sensor ECT**

El sensor de temperatura de refrigerante (ECT), es un termistor el cual posee una resistencia que debe cambiar de acuerdo con la variación de la temperatura. El sensor ECT del motor Hyundai EF Sonata consta de una resistencia de coeficiente de temperatura negativo, este término nos llega a indicar que dicha resistencia tiende a disminuir cuando se eleva la temperatura, si la resistencia sube tiende a indicar que la temperatura es baja (Sensor Automotriz, 2019).

**Figura 1-30***Sensor ECT del motor EF Sonata*

Fuente: Autores

**Figura 1-31***Pines del sensor ECT*

Fuente: Autores

El sensor ECT, posee una resistencia NTC que conforme aumenta la temperatura, la resistencia disminuye y viceversa. Este sensor posee 4 pines con una función específica que se describe a continuación:

**Tabla 1-8***Características del sensor ECT*

<b>SENSOR ECT</b>		
<b>PIN DEL SENSOR</b>	<b>COLOR</b>	<b>FUNCIÓN</b>
Pin 1	Rojo	Corriente 12 V
Pin 2	Amarillo	Señal de 5 V
Pin 3	Negro	Masa
Pin 4	Azul	Masa del indicador de temperatura

Fuente: Autores

**Comprobaciones del sensor ECT:**

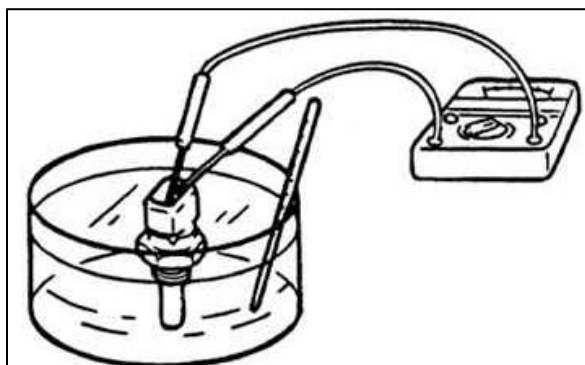
La unidad de control electrónica se encarga de verificar el voltaje del sensor de ECT 50 veces por segundo y utiliza dicha información para ajustar la duración del impulso de apertura del inyector de combustible, de esta forma es capaz de determinar la sincronización del encendido. Si

la temperatura que se detecta es baja, la unidad de control del motor enriquece la mezcla de aire y combustible, aumenta el tiempo de encendido, y viceversa (Hyundai Motor Company, 1998).

1. Retire el sensor de temperatura del refrigerante.
2. Se debe sumergir el termistor del sensor en agua, y se debe medir su resistencia. De acuerdo con el manual del fabricante, los valores de resistencia según la temperatura se exponen a continuación:

**Figura 1-32**

*Medición de la resistencia con multímetro en el sensor ECT*



Fuente: Adaptado de (Hyundai Motor Company, 1998)

**Tabla 1-9**

*Valores de funcionamiento del sensor ECT*

Temperatura (°C)	Resistencia (KΩ)
0	5,9
20	2,5
40	1,1
80	0,3

Fuente: Adaptado de (Hyundai Motor Company, 1998)

## 1.6 Actuadores

### 1.6.1 Inyectores

El inyector es un elemento capaz de suministrar el combustible, una vez que dicho líquido pueda superar la presión que ejerce la fuerza contraria del muelle del portainyector. Con lo que se consigue que permanezcan abiertos los orificios de inyección, y así poder introducir el combustible dentro de la cámara de combustión (Sánchez, 2011).

**Figura 1-33**

*Inyector del motor Hyundai EF Sonata*

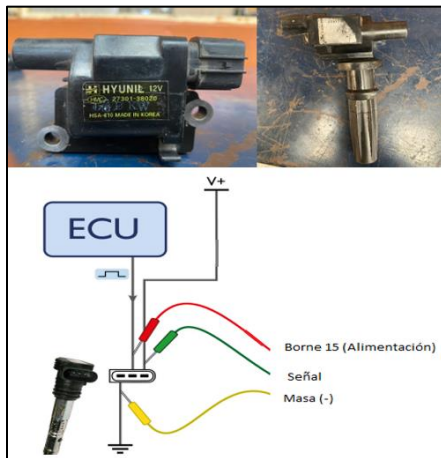


Fuente: Autores

### 1.6.2 Bobina de encendido

La bobina se encarga de exaltar la tensión baja de la batería y así poder transformarla en un circuito de alta tensión capaz de alimentar el circuito de bujías. Se constituye por un núcleo magnético el cual está cubierto por dos arrollamientos uno primario y otro secundario (Alvite, 2012).

Funciona por principio de autotransformador y almacena energía de encendido. Al aplicar corriente al devanado primario de la bobina, la energía de la corriente se transforma en energía del campo magnético hasta que la corriente tiende a detenerse. Dicho campo decrece de modo considerable, de forma que provoca una corriente de alto voltaje a través de los cables de bujía en el devanado secundario de dicha bobina (Hyundai Motor Company, 1998).

**Figura 1-34***Bobina de encendido del motor Hyundai EF Sonata*

Fuente: Autores

### 1.6.3 Bomba de combustible

Este elemento se encarga de extraer el carburante del depósito de combustible. La gasolina circula por los rieles y consigue llegar a los inyectores. De esta forma el vehículo puede circular. Por acción del regulador de presión se puede controlar el nivel de carburante y que el flujo sea constante. La bomba de combustible trabaja a una presión mínima de 2 bares, dentro de la rampa de inyectores. Se incrementa hasta 4 bares conforme se aumenta las revoluciones y la velocidad (Hello Insurance Group, 2023).

**Figura 1-35***Bomba de combustible Hyundai EF Sonata*

Fuente: Autores

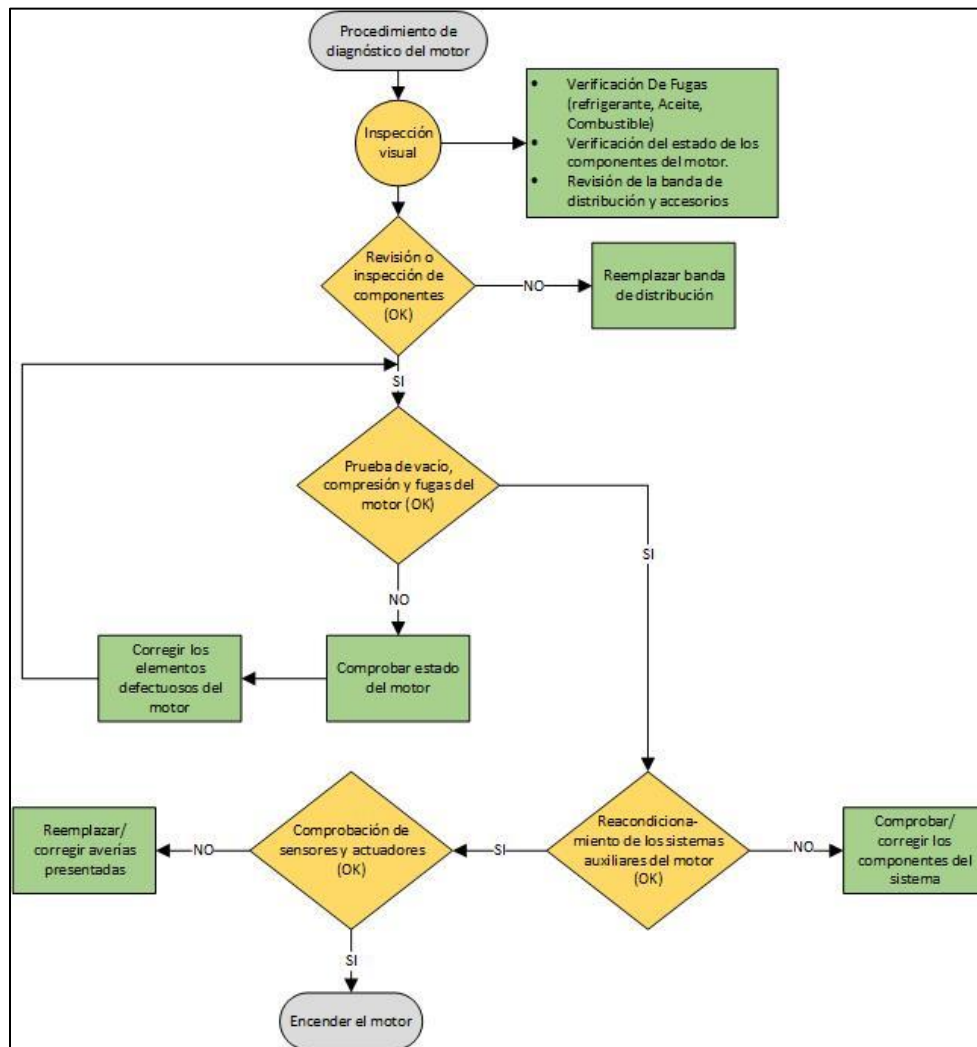
		<b>CAPÍTULO II</b>
	<b>2. REACONDICIONAMIENTO DEL MOTOR HYUNDAI EF SONATA</b>	

## 2.1 Análisis de Componentes del Motor Hyundai EF Sonata

En el siguiente flujograma indicaremos el procedimiento de diagnóstico del motor y cada uno de los pasos que realizaremos para la puesta a punto de este motor.

**Figura 2-1**

*Flujograma para el diagnóstico del motor Hyundai EF Sonata*



Fuente: Autores



## 2.2 Inspección Visual del Estado del Motor Hyundai EF Sonata

En la inspección visual que realizamos, se verifico que el estado del motor era regular, ya que tenía ciertas falencias, por ende, se tuvo que realizar algunos cambios de elementos que no estaban en buenas condiciones para que el motor funcione correctamente.

**Tabla 2-1**

*Validación del estado de los componentes del motor Hyundai EF Sonata*

VALIDACIÓN CUALITATIVA DEL MOTOR							
ÍTEM	ESTADO			TIPO DE DESGASTE			OBSERVACIONES
	Bueno	Malo	Ausente	Fisura/ Rotura	Corrosión	Oxidación	
<b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>							
Radiador	X						Ninguno
Tapa de radiador	X						Ninguno
Bomba de agua		X			X		Empaque deteriorado
Electroventilador	X						Ninguno
Depósito del refrigerante	X						Ninguno
Termostato		X					Corrosión
Mangueras de refrigeración		X				X	Manguera rota
<b>SISTEMA DE ALIMENTACIÓN</b>							
Depósito de combustible	X						Ninguno
Bomba de combustible	X						Ninguno
Filtro de gasolina	X						Ninguno
Riel de inyección	X						Ninguno
Inyectores	X						Ninguno
Líneas de combustible	X						Ninguno
<b>SISTEMA DE ENCENDIDO</b>							
Llave de contacto	X						Ninguno
Batería			X				No existe elemento
Alternador	X						Ninguno
Bujías		X					Aislante cerámico en mal estado Depósitos de Hollín

Bobinas	X						Ninguno
Terminales de la batería	X						Ninguno
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>							
Unidad de control electrónico	X						Ninguno
Motor de arranque	X						Ninguno
Conectores eléctricos	X						Ninguno
Sensor ECT	X						Código de error
Sensor MAP	X						Ninguno
Caja de fusibles	X						Ninguno
Terminales de la batería	X						Ninguno
Sensor CKP	X						Ninguno
Sensor de Oxígeno	X						Ninguno
Sensor TPS	X						Código de error
Sensor CMP	X						Ninguno
<b>SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b>							
Filtro de aceite	X						Ninguno
Aceite del motor	X						Ninguno
<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</b>							
Banda de distribución	X						Ninguno
Banda de accesorios	X						Ninguno
Tapa válvulas	X						Ninguno
Rodillo	X						Ninguno
Tensor Hidráulico	X						Ninguno

Fuente: Autores

**Tabla 2-2**

*Validación cuantitativa del motor Hyundai EF Sonata*

VALIDACIÓN CUANTITATIVA DEL MOTOR					
ELEMENTO	ESTADO			MEDICIONES	DATOS ESTABLECIDOS POR EL FABRICANTE
	Bueno	Malo	Ausente		
Bobinas	X			Primario 1,5 $\Omega$ Secundario 14 k $\Omega$	Primario 0,2 – 3,0 $\Omega$ Secundario 5 – 20 k $\Omega$
Inyectores	X			15 $\Omega$ a 20°C	13 $\Omega$ – 16 $\Omega$ a 20°C






Sensor MAP	X			1,8 V a 85 - 90°C	1,5 – 2,1 V a 85 - 90°C
Sensor CKP	X			4,8 V	Llave en posición ON 5 V
Sensor TPS	X			5,2 kΩ	3,5 – 6,5 kΩ
Sensor CMP	X			4,76 V	Llave en posición ON 5 V
Sensor ECT	X			0,2 kΩ a 85 - 90°C	0,3 kΩ a 80°C
Sensor de Oxígeno	X			11,66 V	Llave en posición ON 12 V
Bomba de combustible	X			11,86 V	Llave en posición ON 12 V
Cilindro 1	X			140psi	Están dentro de los parámetros establecidos por el fabricante (120 a 174psi)
Cilindro 2	X			139psi	
Cilindro 3	X			141psi	
Cilindro 4	X			138psi	






Fuente: Autores

**Tabla 2-3**







*Inspección visual del estado del motor Hyundai EF Sonata*


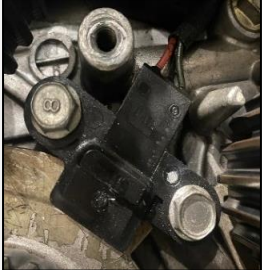



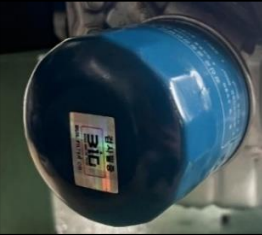
<b>INSPECCION DEL ESTADO DEL MOTOR HYUNDAI EF SONATA</b>		
<b>INSPECCION VISUAL DELMOTOR</b>		
Elementos	Estado	Observaciones
<b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>		
Radiador		Corrosión en las celdas
Tapa de radiador		Ninguno

Bomba de agua		Corrosión Empaque en mal estado
Electroventilador		Ninguno
Depósito del refrigerante		Ninguno
Termostato		Corrosión
Mangueras de refrigeración		Roto el elemento







Filtro de aire		No existe este elemento
<b>SISTEMA DE ALIMENTACIÓN</b>		
Depósito de combustible		Ninguno
Bomba de combustible		Ninguno
Filtro de gasolina		Ninguno
Riel de inyección		Ninguno

Inyectores		4 Inyectores en buen estado
Líneas de combustible		Ninguno
<b>SISTEMA DE ENCENDIDO</b>		
Llave de contacto		Ninguno
Batería	.....	No existe este elemento
Alternador		Ninguno
Bujías		Aislante ceramico en mal estado Depositos de hollín
Bobinas		2 Bobinas en buen estado

Terminales de la batería		Ninguno
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>		
Unidad de control electrónico		Ninguno
Motor de arranque		Ninguno
Conectores eléctricos		Algunos en mal estado, otros en buen estado
Sensor ECT		Código de error
Sensor TPS		Código de error

Caja de fusibles		Ninguno
Sensor CKP		Ninguno
Sensor de Oxígeno.		Ninguno
Sensor CMP		Ninguno
Sensor MAP		Ninguno
<b>SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b>		
Filtro de Aceite		Ninguno



Aceite del motor		El aceite de este motor se encuentra en buen estado
<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</b>		
Banda de distribución		Ninguno
Banda de accesorios		Ninguno
Tapa válvulas		Pernos rotos
Rodillo		Ninguno
Tensor Automático		Ninguno




Fuente: Autores

## 2.3 Pruebas de Diagnóstico del Motor.

Para las pruebas del diagnóstico del motor se procede a realizar las mediciones de compresión en caliente y posterior a ello verificar el estado de los componentes de este motor.

**Tabla 2-4**

*Valores de la medición de la compresión en caliente*


MEDICIÓN DE LA COMPRESIÓN EN CALIENTE		
Elemento	Estado	Observaciones
Medición del cilindro 1		<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Valor medido 140psi</li> <li>❖ Está dentro de los parámetros establecidos por el fabricante (120 a 174psi)</li> <li>❖ Variación entre los cilindros 14.5psi</li> </ul>
Medición del cilindro 2		<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Valor medido 139psi</li> <li>❖ Está dentro de los parámetros establecidos por el fabricante (120 a 174psi)</li> <li>❖ Variación entre los cilindros 14.5psi</li> </ul>
Medición del cilindro 3		<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Valor medido 141psi</li> <li>❖ Está dentro de los parámetros establecidos por el fabricante (120 a 174psi)</li> <li>❖ Variación entre los cilindros 14.5psi</li> </ul>


<p><b>Medición del cilindro 4</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Valor medido 138psi</li> <li>❖ Está dentro de los parámetros establecidos por el fabricante (120 a 174psi)</li> <li>❖ Variación entre los cilindros 14.5 psi</li> </ul>
---------------------------------------	---	--

Fuente: Autores

**Tabla 2-5**

*Prueba de fugas del motor*

PRUEBAS DE FUGAS DEL MOTOR				
Cilindro	Presión de fugómetro	Valor obtenido	Porcentaje de fuga	Estado
1	75psi	74psi	1	
2	75psi	73psi	3	
3	75psi	73psi	3	


4	75psi	73psi	3	
---	-------	-------	---	--

Fuente: Autores

Para realizar las pruebas de vacío del motor utilizamos el vacuómetro y posterior a la medición verificamos el comportamiento de la aguja, con la tabla 1 del (Anexo A) en referencia a las diversas lecturas que se puede presentar.

**Tabla 2-6**

*Prueba de vacío del motor*

<b>PRUEBA CON EL VACUÓMETRO (DEPRESIÓN)</b>		
	<b>IMAGEN</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Conectar el vacuómetro en alguna toma del múltiple de admisión (después de la mariposa de aceleración)		Según la prueba realizada el vacuómetro marca 15 pulgadas de mercurio. Realizamos la lectura de la tabla 1 del Anexo A, donde se llega a verificar que los segmentos del motor presentan síntomas de desgaste prematuro.

Fuente: Autores

Dentro de las pruebas de diagnóstico se determinó que el motor tenía algunas falencias para ello se reemplazó algunos elementos en mal estado, así como la sincronización de la distribución. Además, a través de las pruebas se verificó que el motor no requería de una reparación completa.

## 2.4 Reacondicionamiento de los Elementos del Motor

### 2.4.1 Sistema de Refrigeración

**Bomba de agua.** La bomba de agua se encontraba con corrosión por lo tanto se procedió a limpiar con el líquido WD-40 dejándolo completamente limpio, para el montaje fue necesario utilizar un empaque nuevo.

**Figura 2-2**

*Bomba de agua del motor Hyundai EF Sonata*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-3**

*Empaque nuevo de la bomba de agua del motor*



Fuente: Elaboración propia

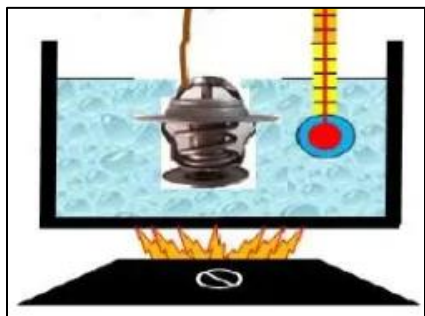
**Termostato.** El termostato de este motor se encontraba con corrosión para ello se procedió a limpiar y luego realizar pruebas para comprobar su correcto funcionamiento. Para la comprobación del termostato se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

1. Realizar una inspección visual del muelle, carcasa, cápsula y válvula de cierre si estos se encuentran en buenas condiciones continuar con el siguiente paso.
2. Para este paso necesitamos una estufa, olla con agua, termómetro o una termocupla.

3. Colocar el termostato en la olla con agua y calentamos con la estufa, luego introducir una termocupla para medir la variación de temperatura del líquido.

**Figura 2-4**

*Medición de la temperatura del agua*



Fuente: Autores

4. Verificar a cuantos grados de temperatura empieza a abrir el termostato y a cuantos grados se abre completamente.
5. Para nuestro caso el termostato empezó a abrir a los 85°C terminando abrirse completamente a los 90°C.
6. Apagar la estufa y dejar enfriar lentamente.
7. Verificar que el termostato se vaya cerrando de manera correcta según disminuya la temperatura del agua.
8. Con esta prueba se determina el correcto funcionamiento del termostato, ya que el valor de temperatura de apertura del termostato corresponde al valor establecido por el fabricante 85 °C.

**Figura 2-5**

*Termostato del motor Hyundai EF Sonata*



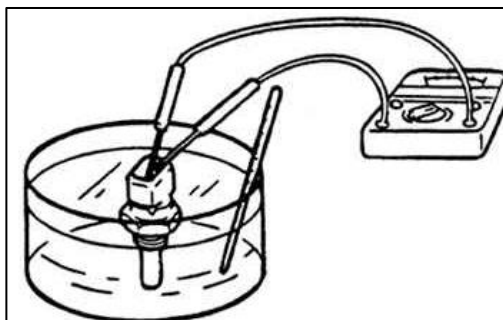
Fuente: Autores

**Termoswitch o Termocontacto.** El Termoswitch de este motor no estaba funcionando para lo cual realizamos la siguiente comprobación:

1. Calentar agua en una estufa, luego introducir una parte del contacto del Termoswitch.
2. Con la ayuda de una termocupla medimos la temperatura del agua, cuando esta se encuentra entre unos 85°C a 90°C verificamos la continuidad del Termoswitch.
3. Llegando a verificar que el Termoswitch si tenía continuidad en el rango de esa temperatura.
4. Para el proceso de adaptación del Termoswitch ver el (Anexo B).

**Figura 2-6***Termoswitch del motor Hyundai EF Sonata*

Fuente: Autores

**Figura 2-7***Esquema de comprobación del Termoswitch*

Fuente: Adaptado de (Hyundai Motor Company, 1998)

**Manguera del Radiador.** Esta manguera se encontraba rota por que en ella estaba adaptado el Termoswitch, a su vez este elemento fue instalado en otro lado por ende esta manguera se tuvo que reemplazar por uno nuevo.

**Figura 2-8***Manguera rota del radiador*

Fuente: Autores

**Figura 2-9***Manguera nueva del radiador*

Fuente: Autores

## 2.4.2 Sistema de Encendido

**Bujías.** El aislante cerámico de estas bujías estaba en mal estado, además se encontraban con depósitos de hollín en la punta del aislador y los electrodos, así como también están



descalibradas es decir el electrodo principal está totalmente unido con el electrodo lateral, por lo tanto, se procedió a cambiar por unos nuevos.

**Figura 2-10**

*Bujías NGK del motor Hyundai EF Sonata*



Fuente: Autores

**Figura 2-11**

*Juego de bujías nuevas NGK*



Fuente: Autores

### 2.4.3 Sensores y Actuadores

**Socket del Sensor de Posición de Árbol de Levas CMP.** Este sensor se encontraba con un cable roto por ende se procedió a cambiar un socket nuevo.

**Figura 2-12**

*Socket del sensor CMP*



Fuente: Autores

**Figura 2-13**

*Socket nuevo del sensor CMP*



Fuente: Autores

**Socket del sensor ECT.** El socket de este sensor se encontraba roto los cables por lo cual se procedió a remplazar por otro nuevo.

**Figura 2-14**

*Socket del sensor ECT*



Fuente: Autores

**Figura 2-15**

*Socket nuevo del sensor ECT*



Fuente: Autores

**Sensor ECT.** Presentaba un código de error P0115 en el Scanner, para corregir este código procedemos a desmontar el sensor y realizamos una limpieza de los contactos, luego colocamos de la misma manera; posterior a ello conectamos nuevamente el Scanner y verificamos que el código de error ya no se encontraba.

**Figura 2-16**

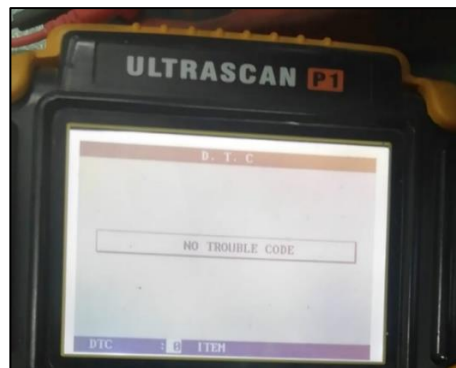
*Código de error del sensor ECT*



Fuente: Autores

**Figura 2-17**

*Verificación del código de error P0115*



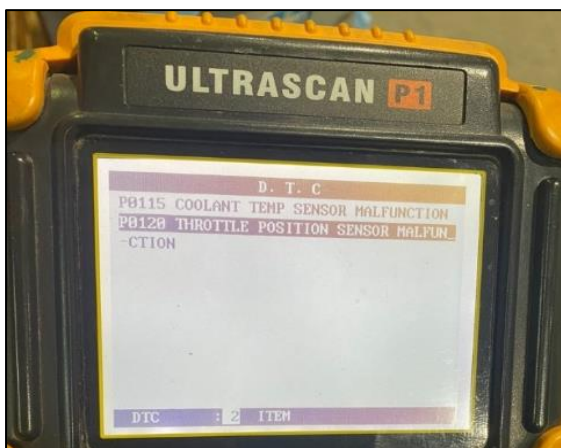
Fuente: Autores

**Sensor TPS.** Este sensor presentaba un código de error P0120 en el Scanner ULTRASCAN. Para corregir el error realizamos una inspección visual y corroboramos que el socket de este sensor se encontraba con los cables en mal estado y alguno de ellos estaban rotos.

Procedimos a cambiar un socket nuevo y a conectar cada uno de los cables, luego introducimos nuevamente el Scanner y verificamos que ya no existía ningún código de error.

**Figura 2-18**

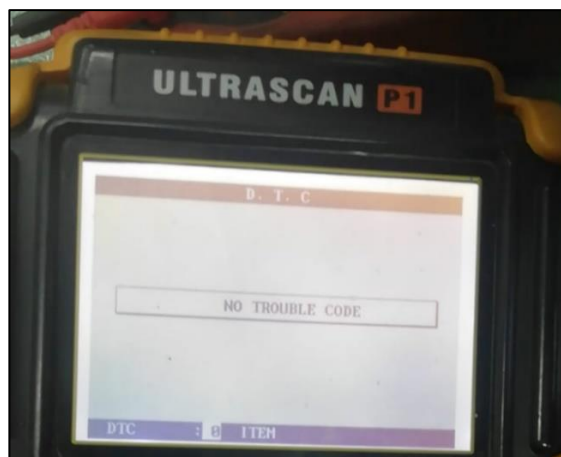
*Código de error del sensor TPS*



Fuente: Autores

**Figura 2-19**

*Verificación del código de error P0120*



Fuente: Autores

#### **2.4.4 Sistema de Distribución**

**Tapa Válvulas.** Dentro del cabezote de este motor se encontraban 6 pernos rotos los cuales sujetaban a la tapa válvulas, por lo tanto, con la ayuda de un taladro y una broca se procedió a taladrar en los pernos rotos, luego introducimos un extractor de tornillos y procedimos a sacar a cada uno de los pernos rotos y reemplazar por unos nuevos.

**Figura 2-20**

*Pernos rotos de la tapa válvulas*



Fuente: Autores

**Tiempo del sistema de distribución.** Este motor se encontraba con el sistema de encendido inestable, por lo tanto, se procedió a desmontar el sistema de distribución y a poner a punto el tiempo de este motor es decir cada marca en su respectivo punto según corresponde y posterior a ello arma nuevamente el sistema de distribución, y probar encendiendo el motor.

**Figura 2-21**

Marcas de sincronización de la distribución del motor



Fuente: Autores

## 2.5 Estado de la estructura del banco didáctico.

Las condiciones de la estructura de este banco didáctico presentan un deterioro en la pintura, para lo cual desmontamos el motor para realizar un nuevo pintado del mismo, además implementaremos el tablero para el panel de instrumentos de este motor.

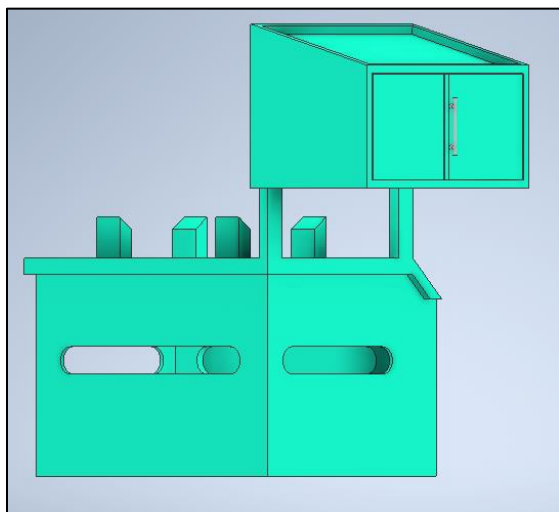


## 2.6 Diseño de la estructura mediante Software inventor

Para este diseño de los indicadores del tablero de instrumentos se utilizó el software Autodesk Inventor Profesional 2022, donde se diseñó todo el panel, tomando como referencia la estructura del banco didáctico del motor Hyundai EF Sonata ver (Anexo C)

**Figura 2-24**

*Diseño de la estructura del panel de instrumentos en Autodesk Inventor 2022*



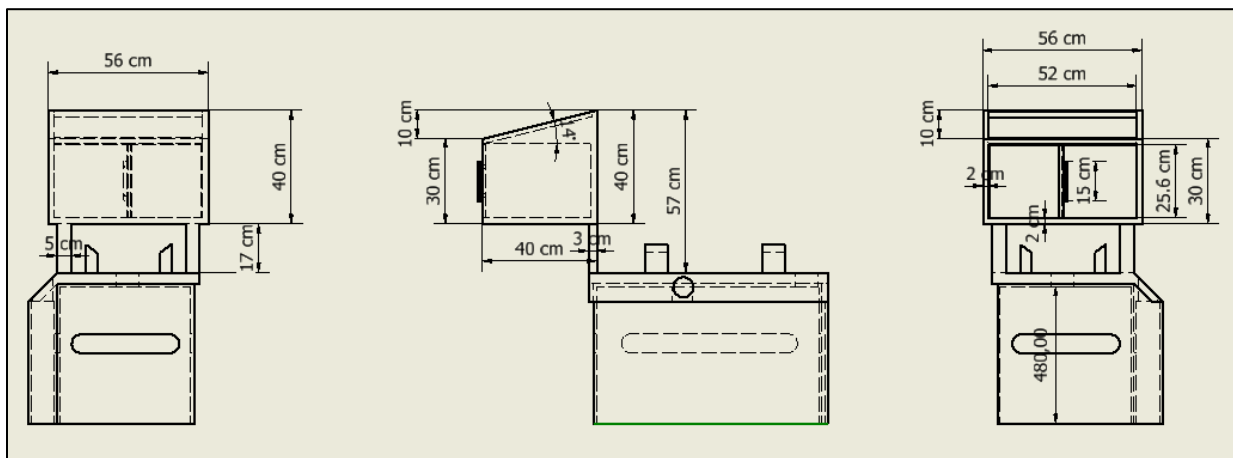
Fuente: Autores

### **2.6.1 Dimensiones y materiales para el tablero del Panel de Instrumentos**

Para realizar las dimensiones de nuestro tablero para el panel de instrumentos se procedió a crear otra pestaña de dibujo DWG en el programa Autodesk Inventor 2022 para acotar todas las medidas que hemos utilizado, en el (Anexo D) podemos ver de mejor manera el plano completo.

**Figura 2-25**

*Dimensiones del tablero del Panel de Instrumentos*







Fuente: Autores

En cuanto a los materiales utilizados en la elaboración del panel de instrumentos podemos detallar en la siguiente tabla cada material utilizado y con sus respectivas medidas.

**Tabla 2-7**

*Materiales para la elaboración del panel de instrumentos*

<b>MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DEL PANEL DE INSTRUMENTOS</b>		
<b>Nombre del material</b>	<b>Imagen</b>	<b>Observaciones</b>
Plancha de acero inoxidable		Espesor 1,00mm
Tubo rectangular		Medidas 4 x 2 x 2.90mm
Bisagras		Bisagra para soldadura de 2in
Halador de barra		Halador Color plateado de 6 in
Tornillos		Tornillo cabeza estrella #6 x 3/8

Pintura color verde		Pintura Automotriz sintético 1/8
Bate piedra		Bate piedra color negro 1/8
Diluyente		1 litro
Electrodos		Electrodo eléctrico AGA 6011

Fuente: Autores

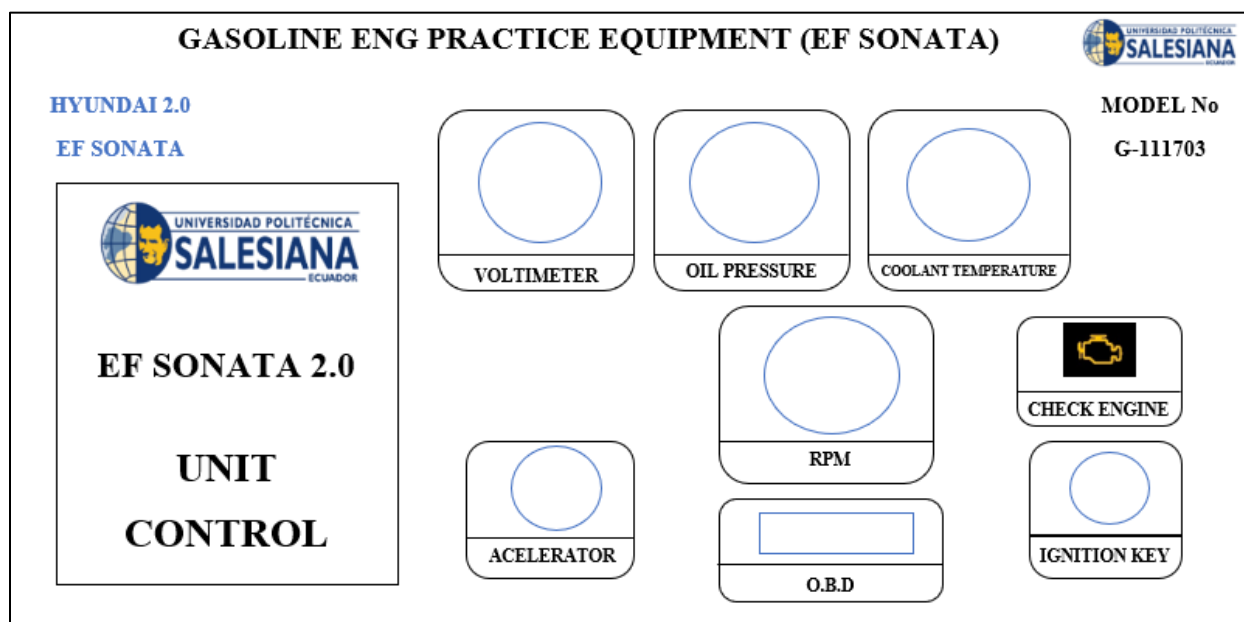
## 2.7 Implementación de instrumentos para el tablero de control del banco didáctico.

Para la implementación de los elementos del panel de instrumentos se debe realizar una revisión previa del manual de taller Hyundai Sonata (1998 - 2005) de los diagramas, esquemas y los circuitos de este motor, para tener una correcta instalación de estos.



Figura 2-26

*Diseño del panel de instrumentos*



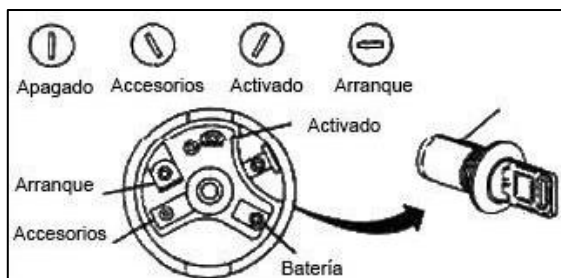
Fuente: Autores

### 2.7.1 Llave de contacto (Switch de encendido)

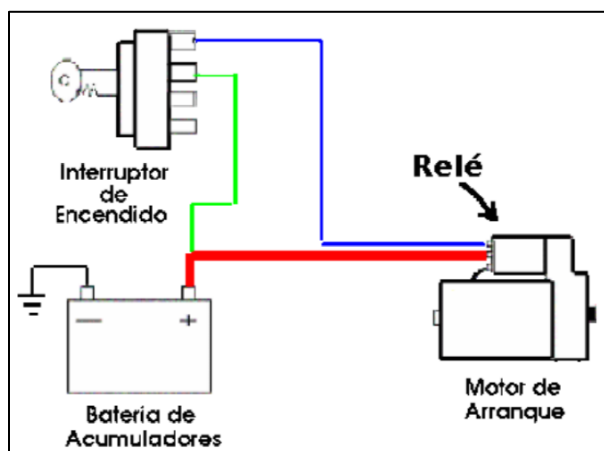
1. **Apagado - OFF:** La posición OFF interrumpe el sistema eléctrico de todos los elementos.
2. **Accesorios – Accessory:** Esta posición enciende el suministro de energía al sistema eléctrico de vehículo excepto del circuito de ignición
3. **Contacto Activado – Ignition ON:** Activa todo el sistema eléctrico, incluyendo el sistema de encendido.
4. **Arranque – START:** Activa el circuito solenoide de arranque para encender el vehículo.

**Figura 2-27***Switch de encendido*

Fuente: Autores

**Figura 2-28***Llave de encendido y posiciones*

Fuente: Adaptado de (Sapiensman, s.f.)

**Figura 2-29***Diagrama eléctrico del sistema de arranque*

Fuente: Adaptado de (Docplayer, 2023)

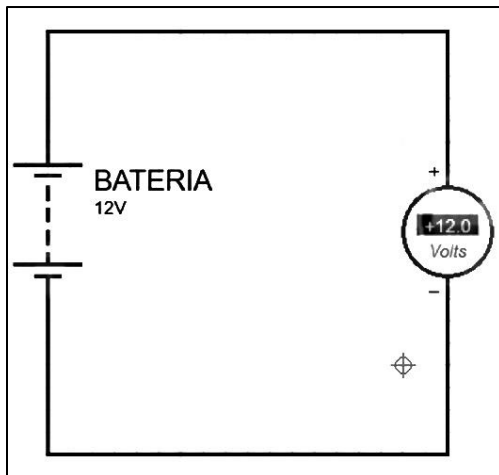
## 2.7.2 Medidor del voltaje de la batería

Es un instrumento analógico que sirve para determinar el voltaje de la batería, también podemos comprobar el estado de un circuito eléctrico.

### Esquema eléctrico

Figura 2-30

Esquema eléctrico del voltímetro



Fuente: Autores

### Instalación:

1. Se debe realizar en paralelo, dos entradas positivo y negativo.
2. Se conectan a los bornes de la batería según la polaridad.

Figura 2-31

Medidor de voltaje de la batería



Fuente: Autores

### 2.7.3 Medidor de la presión de aceite

El medidor de presión de aceite es un indicador analógico que permite medir la presión que se está generando en el circuito de aceite, hay que tener en cuenta que cuando el motor esta frio la presión de aceite es más alta que cuando está caliente.

**Figura 2-32**

*Medidor de la presión de aceite*



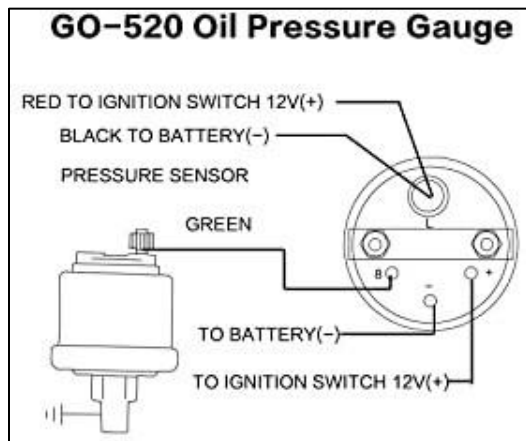
Fuente: Autores

#### **Instalación:**

1. **Cable Azul:** Se conecta al contacto del ING del Switch de la llave de encendido
2. **Cable rojo:** Luz del manómetro, que va conectado al terminar la ignición del Switch de 12V.
3. **Cable verde:** Conectar a la señal del manómetro de presión de aceite.
4. **Cable negro:** Conectar los dos cables a la masa GND

**Figura 2-33**

*Esquema de conexión del medidor de la presión de aceite*



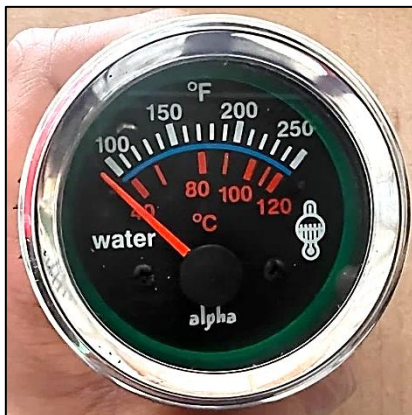
Fuente: Autores

#### **2.7.4 Indicador de Temperatura del refrigerante**

Este indicador permite medir la temperatura entre (85 y 95) °C la cual trabaja en óptimas condiciones el motor, además proporciona información importante sobre el estado del sistema de refrigeración, así mismo permite al usuario monitorear la temperatura del refrigerante para detectar posibles fallas como el sobrecalentamiento del motor.

**Figura 2-34**

*Medidor de la temperatura del refrigerante*



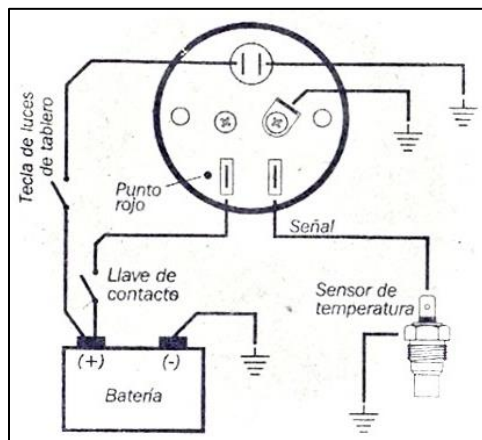
Fuente: Autores

### Instalación:

1. **Cable Azul:** Se conecta al contacto del ING del Switch de la llave de encendido
2. **Cable rojo:** Conectar al borne positivo de la batería.
3. **Cable verde:** Conectar a la señal del sensor de temperatura del motor.
4. **Cable negro:** Conectar a la masa GND

**Figura 2-35**

*Conexión del esquema eléctrico del termómetro de temperatura*



Fuente: Autores

### 2.7.5 Odómetro de Revoluciones del motor (RPM)

El odómetro de revoluciones del motor es utilizado para medir e indicar las revoluciones por minuto de un dispositivo o sistema que gira entre estos podemos decir un motor, un eje o alguna pieza de una maquinaria. Las RPM de un motor son la cantidad de veces que el cigüeñal completa una o varias rotaciones en este lapso de tiempo y el número de veces que cada pistón se mueve hacia arriba y hacia abajo en el cilindro.

**Figura 2-36**

*Odómetro de revoluciones del motor (RPM)*



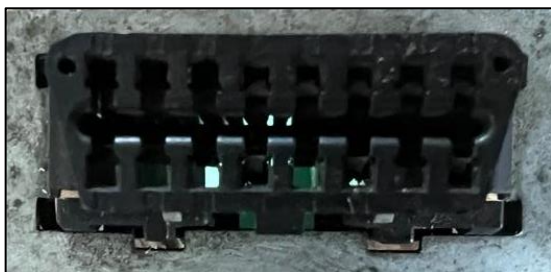
Fuente: Autores

### **2.7.6 Conector de Diagnóstico del motor OBD II**

Es un sistema de diagnóstico integrado en vehículos modernos, se utiliza para monitorear y diagnosticar el funcionamiento del motor, así como también otros sistemas relacionados que lo componen el vehículo, entre las principales utilidades que nos brinda el OBD tenemos: Diagnóstico de fallas del motor, monitoreo de emisiones, mantenimientos preventivos, verificación de preparación para la inspección vehicular, etc.

**Figura 2-37**

*Conector OBD II del motor Hyundai EF Sonata*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-38***Terminales del conector OBD II*

Fuente: Adaptado de (Obd2 - Elm327, 2023)



		<b>CAPÍTULO III</b>
	<b>1. IMPLEMENTACIÓN DEL GENERADOR DE FALLOS DIGITAL</b>	

### 3.1 Diagnóstico de Fallas Electrónicas en Motores De Combustión Interna

En la diagnosis de motores, algunas fallas se evidencian de inmediato, sin embargo, otras requieren de un minucioso análisis para ser detectadas.

El sistema de control electrónico será capaz de gestionar todas las funciones eléctricas del automóvil, este sistema es conocido como la UCE (Unidad de control electrónico), se encarga de recoger la información que proporcionan los sensores presentes en el automóvil.

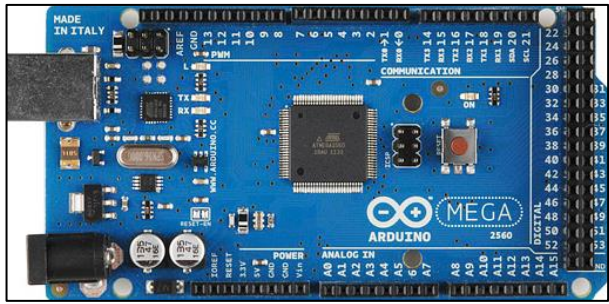
Dentro de este sistema se encuentran un sin número de averías, estas dependen de la cantidad de sensores y actuadores presentes en el sistema. Por lo cual identificar el problema por el cual se origina una avería será imprescindible contar con un dispositivo de diagnosis.

### 3.2 Componentes Por Utilizar en la Elaboración del Módulo Generador de Fallos



Para elaborar el módulo generador de fallos se utilizó los siguientes elementos:

**Tabla 1-1**

*Componentes a utilizar en la elaboración del Módulo Generador de Fallos*

<b>ELEMENTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL MÓDULO GENERADOR DE FALLOS</b>	
<b>Nombre del material</b>	<b>Imagen</b>
Arduino Mega AT2560	

Relay module	
Módulo LM2596	
Display LCD	
Teclado	

Led	
Cables Punte	

Fuente: Autores

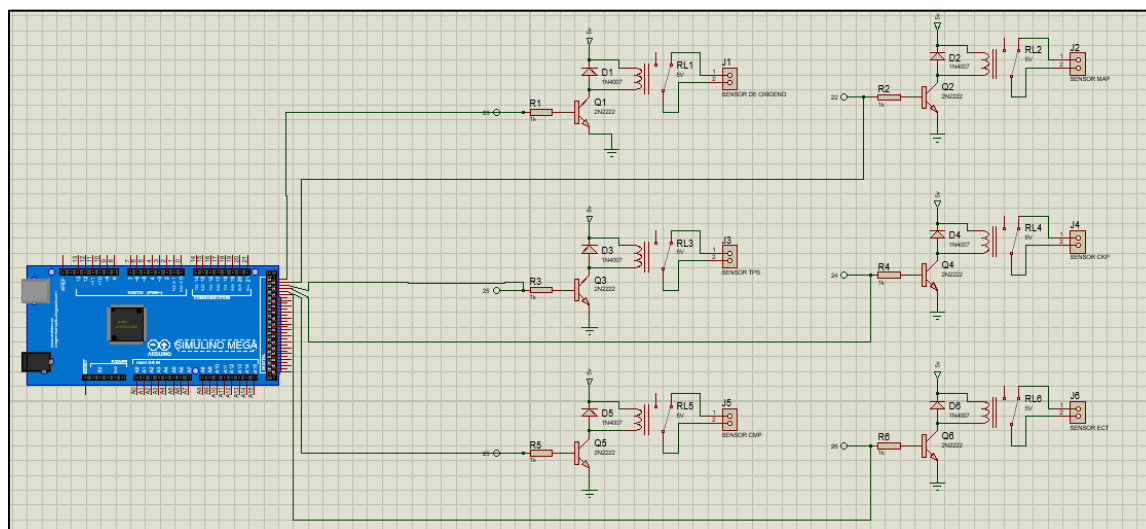
### **3.3 Simulaciones del Circuito del Módulo Generador de Fallos**

#### **3.3.1 Simulación de Fallos en los Sensores del Motor.**

A continuación, se puede observar el diagrama de simulación del circuito de fallo propuesto para cada sensor, el cual posee la finalidad de servir como guía en la conexión de la placa Arduino con los demás componentes:

**Figura 1-1**

*Diagrama de simulación placa Arduino con los sensores del motor*



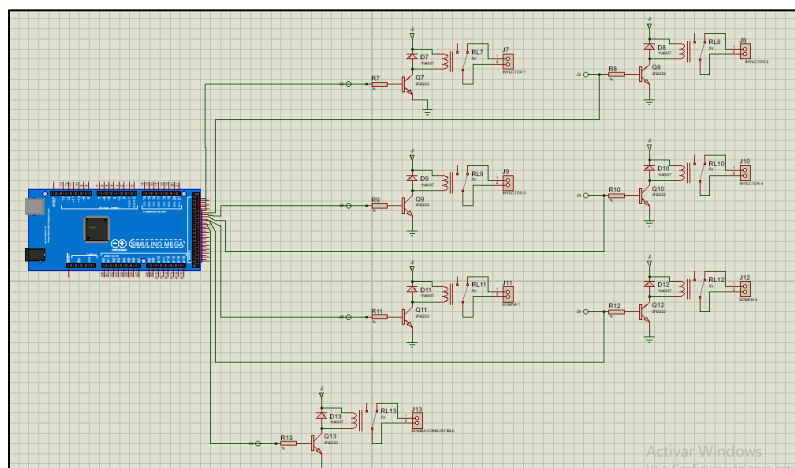
Fuente: Autores

### 3.3.2 Simulación de Fallos en los Actuadores del Motor.

En la siguiente ilustración, se procede a observar el diagrama de simulación de fallos en los diferentes actuadores que componen el banco didáctico Hyundai EF Sonata 2.0, en este se destacan los pines de conexión utilizados entre la placa Arduino y los demás componentes.

**Figura 1-2**

*Diagrama de conexión de la placa Arduino con los actuadores del motor*



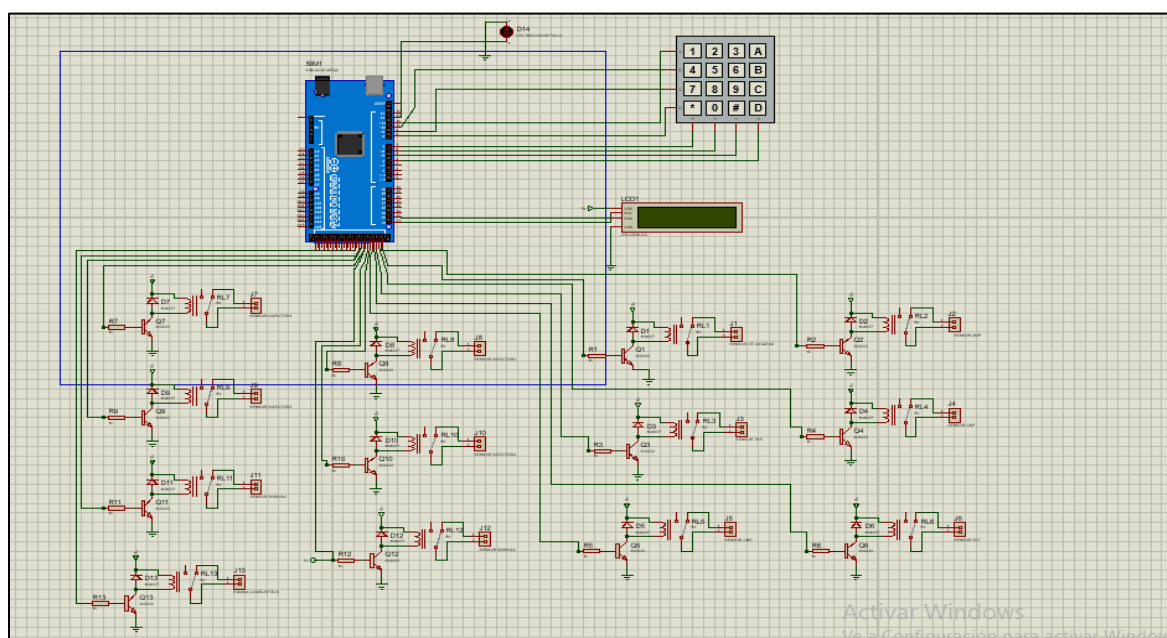
Fuente: Autores

### 3.3.3 Simulación del Circuito Controlado con el Generador de Fallos

A continuación, se da a conocer la implementación y conexión del módulo generador de fallos a cada sensor y actuador presentes el motor Hyundai EF Sonata 2.0, en el cual, al ingresar un código definido mediante el teclado, el relé activa el código de fallo correspondiente a dicho código.

**Figura 1-3**

*Diagrama del circuito controlado con el generador de fallos*



Fuente: Autores

### 3.4 Programación del Generador de Fallos Digital con Arduino Mega AT2560

Mediante el programa Arduino IDE, se empieza a programar nuestro código de funcionamiento para nuestro respectivo generador de fallos digital, dentro del cual se detallará todos los procesos a seguir para llegar al resultado esperado.

### 3.4.1 Programación del Arduino Mega AT2560 mediante Arduino IDE

A continuación, en nuestras primeras líneas de código se establece los elementos que se incluirán en la conexión con la placa Arduino:

**Figura 1-4**

*Código para la importación de diferentes tipos de librerías*

```
prueba_fallos_teclado_lcd.ino
1  #include <Wire.h>
2  #include <Keypad.h>
3  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4  #include <SoftwareSerial.h>
```

Fuente: Autores

Para la programación, se incluyó una pantalla de cristal líquido, por lo que se configura el número de letras posibles en la pantalla en este caso 16 (columnas) y las líneas de funcionamiento en la pantalla, en este caso 2 (filas), como se muestra a continuación:

**Figura 1-5**

*Código que detalla el número de columnas y filas de funcionamiento en el LCD*

```
7  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
8  int led=12;
```

Fuente: Autores

A continuación, se detallan los códigos que se deberán ingresar manualmente mediante teclado, con el fin de enviar un fallo determinado para cada sensor o actuador.

**Figura 1-6**

*Códigos establecidos para cada sensor.*

```

10 int cod1=100; // oxigeno
11 int cod2=10; // map
12 int cod3=1; //tps
13 int cod4=2; //ckp
14
15 int cod5=20; //cmp
16 int cod6=200; //ect
17 int cod7=300; //inyector 1
18 int cod8=303; //inyector 2
19
20 int cod9=330; //inyector 3
21 int cod10=333; //inyector 4
22 int cod11=400; //bobina 1
23 int cod12=404; //bobina 2
24
25 int cod13=440; //bomba combustible

```

Fuente: Autores

Para el teclado, se detalla el contenido real que va a presentar tanto en sus filas como en sus columnas.

**Figura 1-7**

*Código para la presentación del teclado*

```

40 char keys[ROWS][COLS] = {
41   {'1','2','3','A'},
42   {'4','5','6','B'},
43   {'7','8','9','C'},
44   {'*','0','#','D'}
45 };
46
47
48 byte rowPins[ROWS] = {7, 6, 5, 4};
49 byte colPins[COLS] = {11,10, 9, 8};

```

Fuente: Autores

De la misma manera, se digitó un código que permite activar varios códigos de fallo al mismo tiempo con la finalidad de incrementar el nivel de dificultad a la hora de las pruebas físicas.

**Figura 1-8**

*Código que activa distintos comandos al mismo tiempo*

```

void loop(){

  key = kpd.getKey();
  if (key){
    if (key == 'A'){ // Cambiar maximo.

      introduce_maximo();
      if(pass==cod1 or pass==cod2 or pass==cod3 or pass==cod4 or pass==cod5 or pass==cod6 or pass==cod7 or pass==cod8 or pass==cod9 or pass==cod10
      {
        //mp3_play(1);
        flag=1;
      }
      else {
        lcd.clear(); // Borra pantalla
        lcd.setCursor(0,0); // Inicio del cursor
        lcd.print("ERROR");
        delay(1000);
      }
      maximo = "";
      pass=0;
      //lcd.clear();
    }
  }
}

```

Fuente: Autores

Al momento de encender el generador de fallos, la pantalla nos muestra en su primera línea de código el mensaje (INGRESAR → A) lo que hace referencia a ingresar el código de fallo a utilizar, en la segunda línea se muestra el mensaje (RESET→ B) el cual se utiliza para borrar los códigos de fallo establecidos con anterioridad. A continuación, se muestra el código:

**Figura 1-9**

*Código que muestra el contenido del display*

```

107   if(flag==0){
108     lcd.clear(); // Borra pantalla
109     lcd.setCursor(0,0); // Inicio del cursor
110     lcd.print("INGRESAR->A ");
111     lcd.setCursor(0,1); // Inicio del cursor
112     lcd.print("RESET-> B ");
113     delay(50);
114   }
115
116   if(flag==1){
117     //int value= digitalRead(PIR);
118     //lcd.clear(); // Borra pantalla
119     lcd.setCursor(0,0); // Inicio del cursor
120     lcd.print("CODIGO ACTIVADO");
121     lcd.setCursor(0,1); // Inicio del cursor
122     lcd.print("ATRAS-> *");
123     //delay(50);
124     //flag=0;
125     key = kpd.getKey();
126     if (key){
127       if (key == '*'){
128         flag=0;

```

Fuente: Autores



Para el control de ingreso de datos se estableció el siguiente código, el cual se encarga de evitar un sobrecalentamiento interno de los componentes del sistema, puesto que establece un régimen máximo al momento de ingresar dichos códigos.

**Figura 1-10**

*Código que establece el límite de códigos a utilizar al mismo tiempo*

```

136 // Introduccion de datos de maximo.
137 void introduce_maximo() {
138     lcd.clear(); // Borra pantalla
139     lcd.setCursor(0,0); // Inicio del cursor
140     lcd.print("CODIGO:");
141     lcd.setCursor(0,1); // Siguiete renglón.
142     //lcd.print(maximo);
143     maximo = " ";
144     while (key != '#' )
145     {
146         key = kpd.getKey();
147         if (key){
148             maximo = maximo + key;
149             //lcd.clear(); // Borra pantalla
150             lcd.setCursor(0,0); // Inicio del cursor
151             //lcd.print("Clave");
152             lcd.setCursor(0,1); // Siguiete renglón.
153             //lcd.print(maximo);
154             pass=String(maximo).toInt();
155             //Serial.println(pass);
156             //Serial.print("cod ");
157             //Serial.println(cod2);

```

Fuente: Autores

Para concluir con la programación, se ejecutó un código capaz de registrar el ingreso de un comando numérico que active un relé específico, además se encarga de no permitir el paso de códigos que no se establecieron con anterioridad. De la misma manera cada vez que el generador active un código de forma correcta, se activará un led que dará evidencia de que el sistema funciona de satisfactoria.

Figura 1-11

Código de activación de relés mediante Arduino

```

161 // if(pass==cod1){
162 // //mp3_play(pass);
163 // digitalWrite(22, LOW);
164 // delay(tiempo);
165 // digitalWrite(led, HIGH);
166 // }
167 //
168 // if(pass==cod2){
169 // //mp3_play(pass);
170 // digitalWrite(23, LOW);
171 // delay(tiempo);
172 // digitalWrite(led, HIGH);
173 // }
174 //
175 // if(pass==cod3){
176 // //mp3_play(pass);
177 // digitalWrite(24, LOW);
178 // delay(tiempo);
179 // digitalWrite(led, HIGH);
180 // }
181 //
182 // if(pass==cod4){
183 // //mp3_play(pass);
184 // digitalWrite(25, LOW);
185 // delay(tiempo);
186 // digitalWrite(led, HIGH);
217 // if(pass==cod9){
218 // //mp3_play(pass);
219 // digitalWrite(30, LOW);
220 // delay(tiempo);
221 // digitalWrite(led, HIGH);
222 // }
223 //
224 // if(pass==cod10){
225 // //mp3_play(pass);
226 // digitalWrite(31, LOW);
227 // delay(tiempo);
228 // digitalWrite(led, HIGH);
229 // }
230 //
231 // if(pass==cod11){
232 // //mp3_play(pass);
233 // digitalWrite(32, LOW);
234 // delay(tiempo);
235 // digitalWrite(led, HIGH);
236 // }
237 //
238 // if(pass==cod12){
239 // //mp3_play(pass);
240 // digitalWrite(33, LOW);
241 // delay(tiempo);
242 // digitalWrite(led, HIGH);
189 // if(pass==cod5){
190 // //mp3_play(pass);
191 // digitalWrite(26, LOW);
192 // delay(tiempo);
193 // digitalWrite(led, HIGH);
194 // }
195 //
196 // if(pass==cod6){
197 // //mp3_play(pass);
198 // digitalWrite(27, LOW);
199 // delay(tiempo);
200 // digitalWrite(led, HIGH);
201 // }
202 //
203 // if(pass==cod7){
204 // //mp3_play(pass);
205 // digitalWrite(28, LOW);
206 // delay(tiempo);
207 // digitalWrite(led, HIGH);
208 // }
209 //
210 // if(pass==cod8){
211 // //mp3_play(pass);
212 // digitalWrite(29, LOW);
213 // delay(tiempo);
214 // digitalWrite(led, HIGH);
245 // if(pass==cod13){
246 // //mp3_play(pass);
247 // digitalWrite(34, LOW);
248 // delay(tiempo);
249 // digitalWrite(led, HIGH);
250 // }
251 // }

```

Fuente: Autores

### 3.5 Conexión de la Placa Arduino con Relay Module.

En este punto, se destaca la función de un Relay module el cual es capaz de controlar el encendido y apagado de elementos eléctricos que requieren de altas corrientes o voltajes, además trabajan con una señal de corriente continua como las que proporciona el Arduino Mega 2560.

Para la conexión del Arduino mega, se utilizó un módulo de relé de cuatro canales de 5 V, cada relé se encarga de activar un sensor determinado mediante la señal proporcionada por el Arduino.

A continuación, se muestra la conexión desarrollada en el generador de fallos:

Tabla 1-2

Conexión de la placa Arduino con el Relay Module Uno

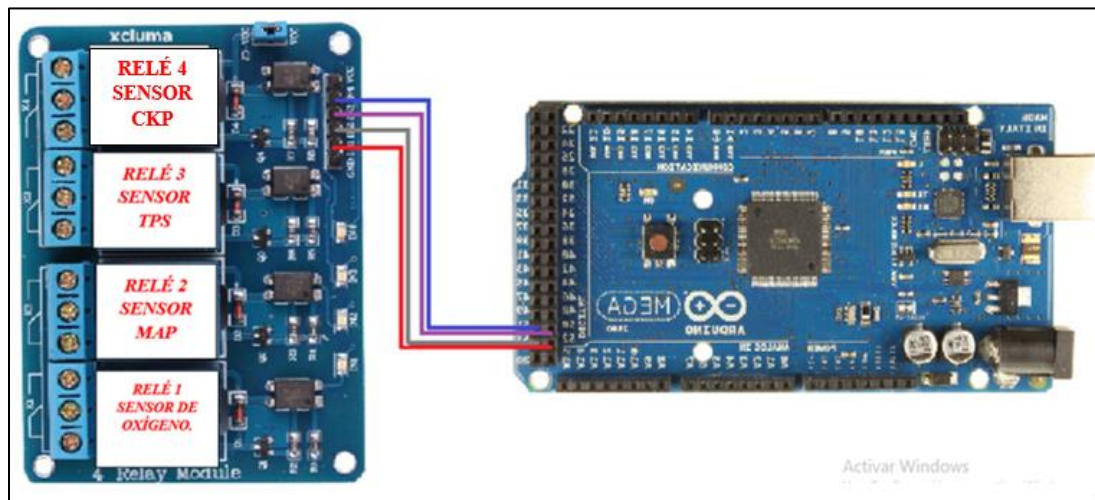
<i>Pines de conexión (Arduino) con los pines de conexión del módulo.</i>	<i>Relé que se activa.</i>
El pin 22 del Arduino se conecta al pin IN1 del módulo.	Relé 1 – Sensor de oxígeno
El pin 23 del Arduino se conecta al pin IN2 del módulo.	Relé 2 – Sensor MAP
El pin 24 del Arduino se conecta al pin IN3 del módulo.	Relé 3 – Sensor TPS
El pin 25 del Arduino se conecta al pin IN4 del módulo.	Relé 4 – Sensor CKP

Fuente: Autores

En la siguiente figura, se puede observar la conexión de la placa Arduino con el 4 relay module dos, en este se puede apreciar 4 relés los cuales se accionan por la señal emitida por la placa, cada relé activa a un sensor o un actuador diferente como se especifica a continuación:

**Figura 1-12**

*Conexión esquemática de la placa Arduino con el Relay module 1*



Fuente: Autores

**Tabla 1-3**

*Conexión placa Arduino con el Relay module dos*

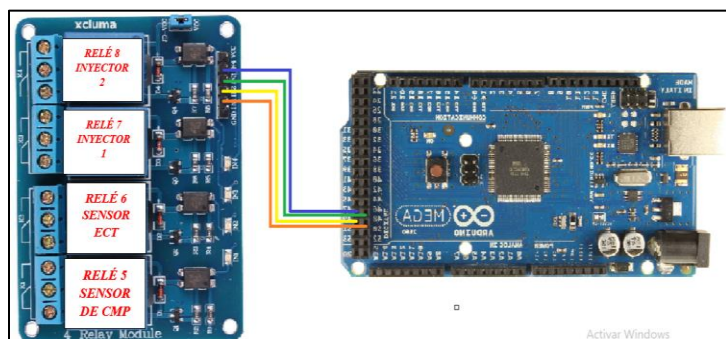
<i>Pines de conexión (Arduino) con los pines de conexión del módulo.</i>	<i>Relé que se activa.</i>
El pin 26 del Arduino se conecta al pin IN1 del módulo.	Relé 5 – Sensor CMP
El pin 27 del Arduino se conecta al pin IN2 del módulo.	Relé 6 – Sensor ECT
El pin 28 del Arduino se conecta al pin IN3 del módulo.	Relé 7 – Inyector 1
El pin 29 del Arduino se conecta al pin IN4 del módulo.	Relé 8 – Inyector 2

Fuente: Autores

En la siguiente figura, se presenta el esquema de conexión descrito:

**Figura 1-13**

*Conexión esquemática de la placa Arduino con el Relay Module Dos*



Fuente: Autores

**Tabla 1-4**

*Conexión placa Arduino con el Relay Module Tres*

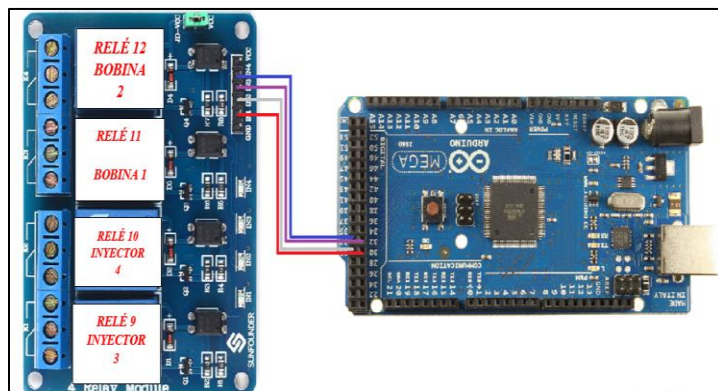
<i>Pines de conexión (Arduino) con los pines de conexión del módulo.</i>	<i>Relé que se activa.</i>
El pin 30 del Arduino se conecta al pin IN1 del módulo.	Relé 9 – Inyector 3
El pin 31 del Arduino se conecta al pin IN2 del módulo.	Relé 10 – Inyector 4
El pin 32 del Arduino se conecta al pin IN3 del módulo.	Relé 11 – Bobina 1
El pin 33 del Arduino se conecta al pin IN4 del módulo.	Relé 12 – Bobina 2

Fuente: Autores

En la siguiente figura, se muestra el esquema de conexión descrito por la tabla:

**Figura 1-14**

*Conexión esquemática de la placa Arduino con el Relay Module Tres*



Fuente: Autores

**Tabla 1-5**

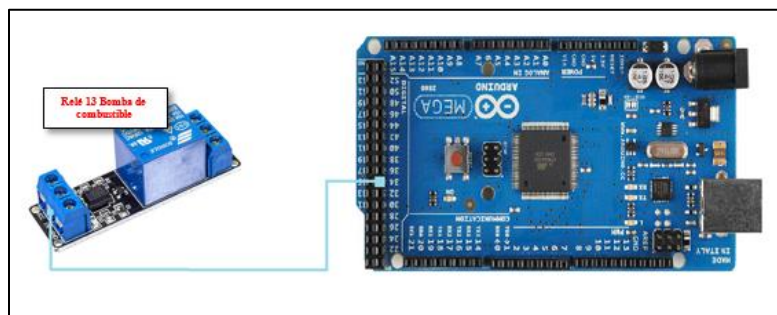
*Conexión de la placa Arduino con el Relay Module 1*

<i>Pines de conexión (Arduino) con los pines de conexión del módulo.</i>	<i>Relé que se activa.</i>
El pin 34 del Arduino se conecta al pin IN del módulo.	Relé 13 – Bomba de combustible

Fuente: Autores

**Figura 1-15**

*Conexión esquemática de la placa Arduino con el Relay Module Cuatro*



Fuente: Autores

### **3.6 Conexión y Alimentación del Sistema Generador de Fallos.**

Para la alimentación de la placa Arduino y la caja de relés se necesitó una fuente de alimentación de 5V, por lo que es necesario estimar una fuente de voltaje que proporcione los voltajes correspondientes a dichos elementos.

Por lo que, se implementó el uso de un dispositivo capaz de transformar una fuente de 12 V, al voltaje de trabajo de 5 V. En este caso se implementó, el Módulo LM2596 Regulador de Voltaje DC, permite tener un voltaje regulado a partir de una fuente de alimentación con un voltaje mayor, en este caso se utilizó una fuente de 12 V procedente del motor de arranque.

Para el sistema generador de fallos se conectó el Módulo LM2596 con la placa Arduino y la caja de relés de la siguiente manera:

## Conexión de la placa Arduino con el Módulo LM2596:

**Tabla 1-6**

*Conexión de la placa Arduino con el Módulo LM2596*

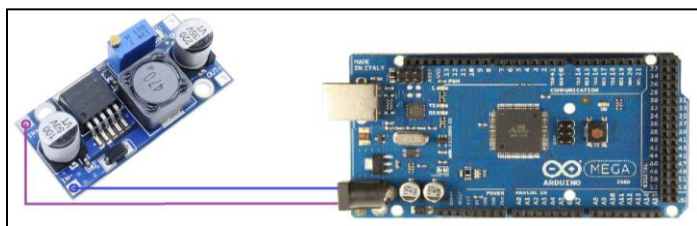
<i>Pines de conexión (Arduino) con los pines de conexión del módulo LM2596.</i>
Del pin (-) del Arduino se conecta al IN- del módulo.
Del pin (+) del Arduino se conecta al IN+ del módulo.

Fuente: Autores

A continuación, se presenta la conexión esquemática representada en la tabla:

**Figura 1-16**

*Conexión esquemática de la placa Arduino con el módulo LM2596*



Fuente: Autores

## Conexión de la caja de relés con el Módulo LM2596:

**Tabla 1-7**

*Conexión del Módulo LM2596 con la caja de relés*

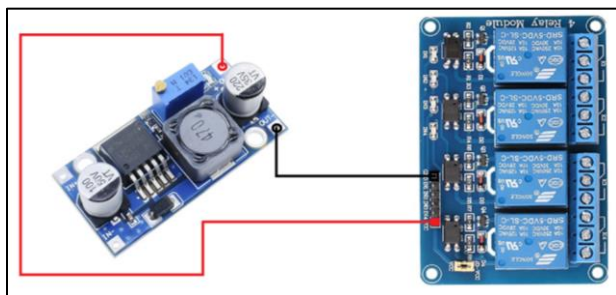
<i>Pines de conexión (Módulo LM2596) con los pines de conexión de la Caja de relés.</i>
Del OUT- del módulo se conecta a GND de la caja de relés.
Del OUT+ del módulo se conecta a VCC de la caja de relés.

Fuente: Autores

A continuación, se presenta la conexión esquemática representada en la tabla:

**Figura 1-17**

*Conexión esquemática de la placa Arduino con el módulo LM2596*

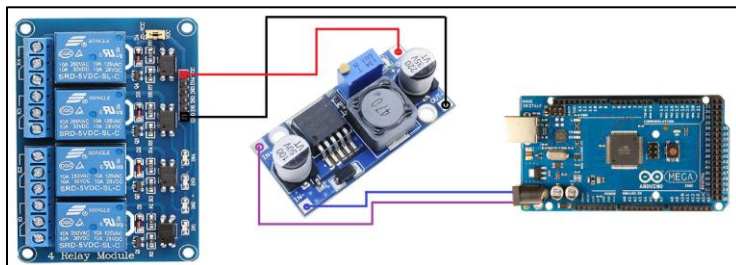


Fuente: Autores

Finalmente, se realizó la conexión de los tres componentes como se muestra a continuación:

**Figura 1-18**

*Conexión final de la alimentación del sistema generador de fallos*



Fuente: Autores

Para conectar el sistema generador de fallos con el banco didáctico, se conecta un cable directo de la entrada de corriente continua, con un cable (+) al motor de arranque que posee un portafusibles y un interruptor de encendido, mientras que el cable (-) se lo conecto a una tierra dentro de la caja central.

### **3.7 Implementación del Panel Digital sobre la Placa Arduino.**

Para la implementación del panel digital, se hizo el uso de una pantalla de cristal líquido donde se observa las acciones que se deben realizar para generar un código de fallo en un sensor

o actuador determinado, además se hizo la implementación de un teclado donde se digitara los códigos de manera manual.

A continuación, se detallan los procesos de conexión con la placa Arduino:

### 3.7.1 Conexión del Dispositivo LCD sobre la Placa Arduino.

Para la respectiva conexión de la placa Arduino con el dispositivo LCD se vinculó los siguientes pines de conexión:

**Tabla 1-8**

*Conexión de pines de placa Arduino – LCD*

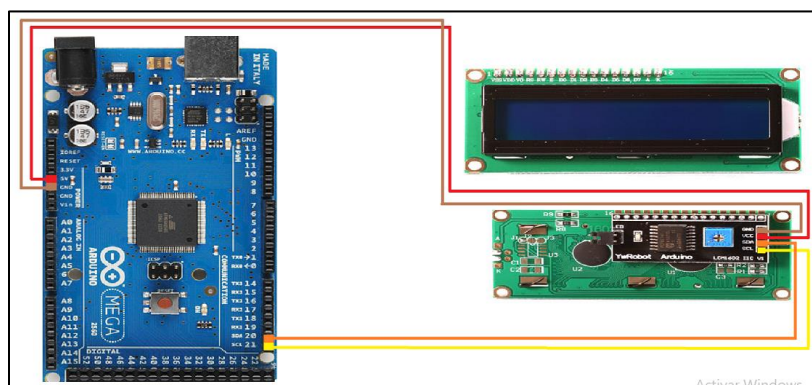
<b>PINES DE CONEXIÓN PLACA ARDUINO – LCD.</b>	
Del pin SDA 20 del Arduino se conecta al pin SDA del LCD.	
Del pin SCL 21 del Arduino se conecta al pin SCL del LCD.	
Del pin de 5V del Arduino se conecta al pin VCC del LCD.	
Del pin de GND del Arduino se conecta al pin GND del LCD.	

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se detalla la conexión esquemática:

**Figura 1-19**

*Conexión esquemática de la placa Arduino con el LCD*



Fuente: Autores



### 3.7.2 Conexión del Teclado con la Placa Arduino.

Para la relativa conexión de la placa Arduino con el teclado se vinculó los siguientes pines de conexión:

**Tabla 1-9**

*Conexión de pines de placa Arduino – teclado*

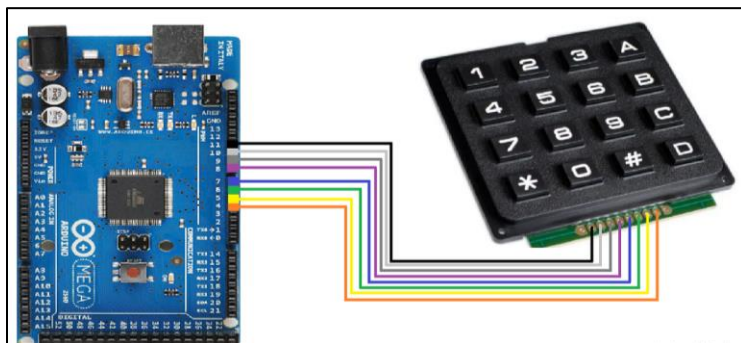
<b>PINES DE CONEXIÓN PLACA ARDUINO – TECLADO.</b>	
Del pin 4 del Arduino se conecta al terminal 8 del teclado.	
Del pin 5 del Arduino se conecta al terminal 7 del teclado.	
Del pin 6 del Arduino se conecta al terminal 6 del teclado.	
Del pin 7 del Arduino se conecta al terminal 5 del teclado.	
Del pin 8 del Arduino se conecta al terminal 4 del teclado.	
Del pin 9 del Arduino se conecta al terminal 3 del teclado.	
Del pin 10 del Arduino se conecta al terminal 2 del teclado.	
Del pin 11 del Arduino se conecta al terminal 1 del teclado.	

Fuente: Autores

En la siguiente figura se detalla la conexión esquemática:

**Figura 1-20**

*Conexión esquemática de la conexión de la placa Arduino-teclado*



Fuente: Autores

### 3.8 Control de la Conexión Establecida a cada Sensor y Actuador.

El control de los pines de conexión, desde el generador de fallos a cada sensor o actuador se estableció de la siguiente manera:

- Cada relé se encarga de enviar una señal de corte para un cable específico del sensor o actuador determinado.
- El corte será determinado por el código que se debe ingresar mediante el generador de fallos.
- Al estar activo el código de fallos, se deberá notar síntomas de mal funcionamiento en el motor dependiendo del código propuesto.

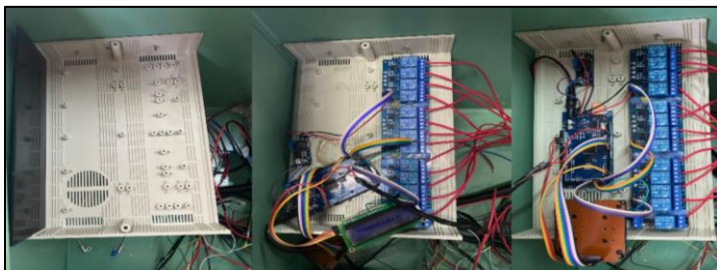
### 3.9 Instalación del Sistema Generador de Fallos en el Banco Didáctico.

Para la instalación del sistema generador de fallos en el banco didáctico, se implementó el uso de una caja de plástico en la que se pudo asentar dicho sistema, por lo que se procedió de la siguiente manera:

- Se atornilló la caja de plástico a la estructura del banco didáctico, de tal manera que soporte el peso del sistema.
- Se fijó la placa Arduino, la caja de relés y el módulo LM2596M mediante silicona.

**Figura 1-21**

*Instalación del generador de fallos*



Fuente: Autores

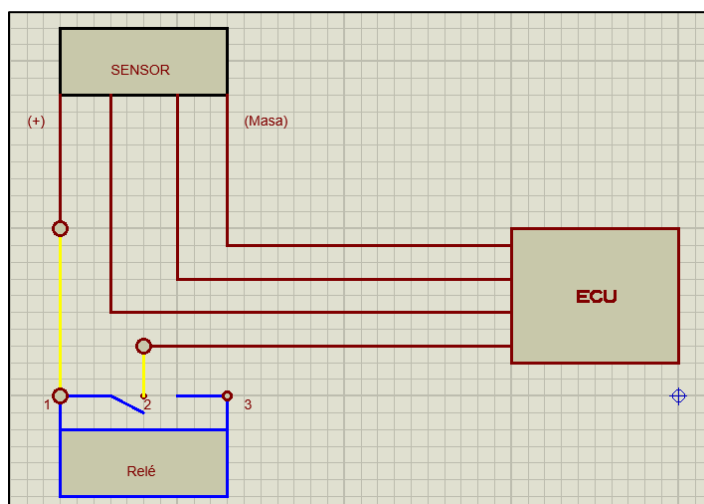
### 3.9.1 Conexión del Generador de Fallos Digital a los Sensores del Motor.

Para realizar la conexión del generador digital a los sensores, se utilizó tres diagramas diferentes que se basan en el tipo de cable a cortar, a continuación, se muestran los siguientes:

Para la desconexión del cable positivo del sensor se utilizó el siguiente diagrama eléctrico, en el cual el cable (+) que proviene de la ECU se conecta a la entrada 2 del relé, y de la entrada 1 del relé deriva al cable positivo del sensor.

**Figura 1-22**

*Diagrama de desconexión del cable (+) del sensor*

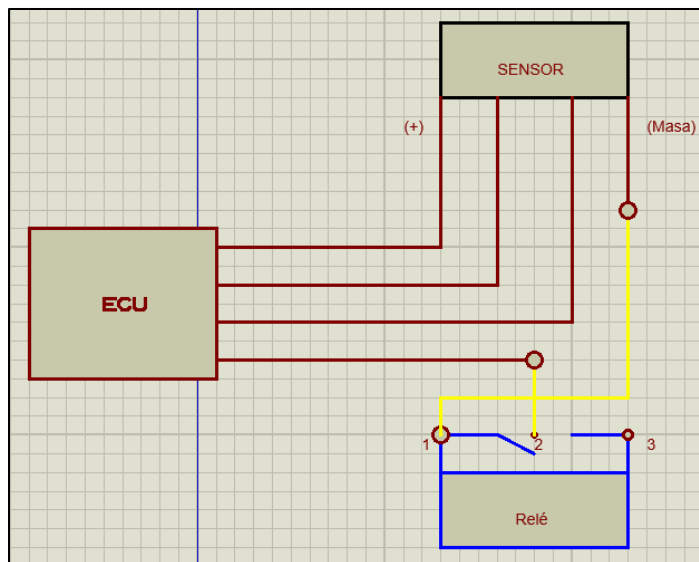


Fuente: Autores

Para la desconexión del cable negativo del sensor se utilizó el siguiente diagrama eléctrico, en el cual el cable (-) que proviene de la ECU se conecta a la entrada 2 del relé, y de la entrada 1 del relé deriva al cable negativo del sensor.

**Figura 1-23**

*Diagrama de desconexión del cable (-) del sensor*

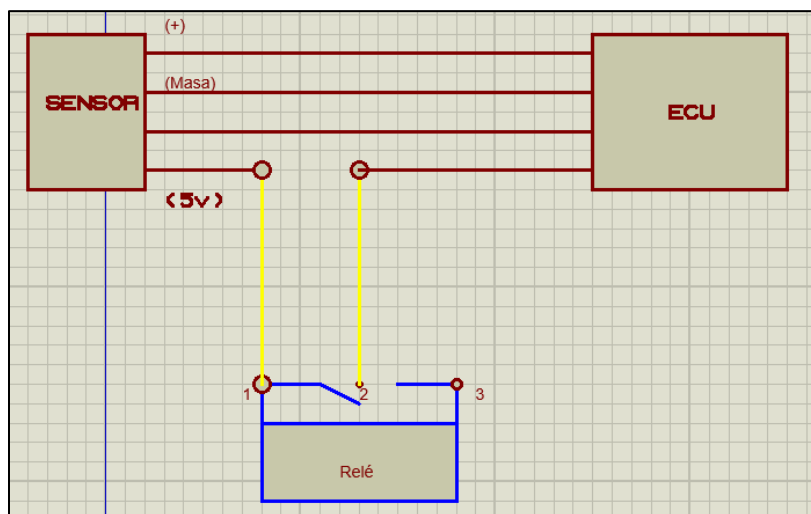


Fuente: Autores

De la misma manera, se procede a la desconexión del cable de señal de los sensores, para el cual se debe conectar el cable de señal del sensor que proviene de la ECU a la entrada 2 del relé, y de la entrada 1 deriva al cable de señal del sensor.

**Figura 1-24**

*Diagrama de desconexión del cable de señal del sensor*



Fuente: Autores

Una vez que se estableció los diagramas de funcionamiento, se realizó la siguiente conexión real a cada uno de los sensores propuestos:

**Tabla 1-10**

*Conexión establecida entre la caja de relés y los sensores*

<b>Conexión de la caja de relés con los sensores propuestos</b>
Del pin (1) del relé (1) → Al cable (+) del sensor de oxígeno. Del pin (2) del relé (1) → Al cable (+) del sensor de oxígeno que proviene de la ECU.
Del pin (1) del relé (2) → Al cable (-) del sensor MAP. Del pin (2) del relé (2) → Al cable (-) del sensor MAP que proviene de la ECU.
Del pin (1) del relé (3) → Al cable de (señal) del sensor TPS. Del pin (2) del relé (3) → Al cable (señal) del sensor TPS que proviene de la ECU.
Del pin (1) del relé (4) → Al cable de (señal) del sensor CKP. Del pin (2) del relé (4) → Al cable (señal) del sensor CKP que proviene de la ECU.
Del pin (1) del relé (5) → Al cable (-) del sensor CMP. Del pin (2) del relé (5) → Al cable (-) del sensor CMP que proviene de la ECU.
Del pin (1) del relé (6) → Al cable de (señal) del sensor ECT. Del pin (2) del relé (6) → Al cable (señal) del sensor ECT que proviene de la ECU.

Fuente: Autores

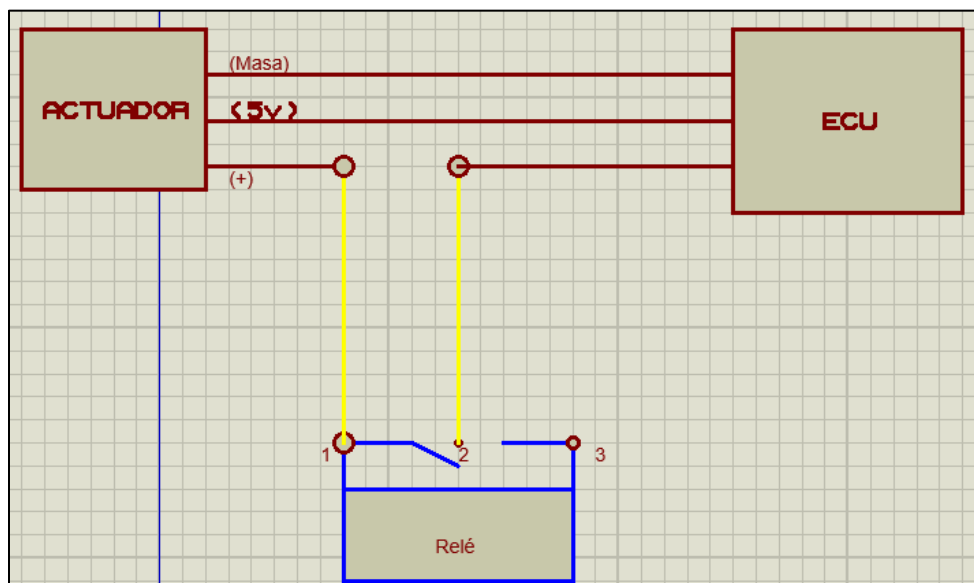
### **3.9.2 Conexión del Generador de Fallos Digital a los Actuadores del Motor.**

Para realizar la conexión del generador digital a los actuadores, se llevó a cabo la implementación de tres diagramas de funcionamiento, en los cuales se destaca la conexión que hace posible que dicho actuador ingrese en modo de fallo.

Para la desconexión del cable positivo del actuador se utilizó el siguiente diagrama eléctrico, en el cual el cable (+) que proviene de la ECU se conecta a la entrada 2 del relé, y de la entrada 1 del relé deriva al cable positivo del actuador.

**Figura 1-25**

*Circuito de desconexión del cable (+) del actuador*

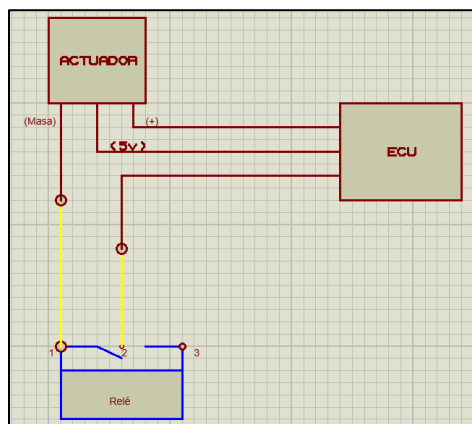


Fuente: Autores

La desconexión del cable negativo del actuador se utilizó el siguiente diagrama eléctrico, en el cual el cable (-) que proviene de la ECU se conecta a la entrada 2 del relé, y de la entrada 1 del relé deriva al cable negativo del actuador.

**Figura 1-26**

*Circuito de desconexión del cable (-) del actuador*

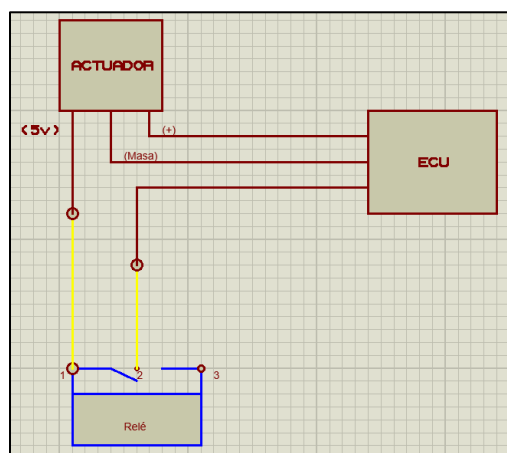


Fuente: Autores

Del mismo modo, se procede a la desconexión del cable de señal de los actuadores, para el cual se debe conectar el cable de señal del actuador que proviene de la ECU a la entrada 2 del relé, y de la entrada 1 deriva al cable de señal del actuador, en este caso solo las bobinas presentan dicho cable.

**Figura 1-27**

*Circuito de desconexión del cable de (señal) del actuador*



Fuente: Autores

A partir de estos diagramas, se logró realizar la conexión real a cada uno de los actuadores que se establecieron con anticipación, a continuación, se muestra dicha conexión:

**Tabla 1-11**

*Conexión establecida entre la caja de relés y los actuadores*

<b>CONEXIÓN DE LA CAJA DE RELÉS CON LOS ACTUADORES PROPUESTOS</b>	
Del pin (1) del relé (7) → Al cable (+) del inyector 1.	Del pin (2) del relé (7) → Al cable (+) del inyector 1 que proviene de la ECU.
Del pin (1) del relé (8) → Al cable (+) del inyector 2.	Del pin (2) del relé (8) → Al cable (+) del inyector 2 que proviene de la ECU.
Del pin (1) del relé (9) → Al cable (+) del inyector 3.	Del pin (2) del relé (9) → Al cable (+) del inyector 3 que proviene de la ECU.
Del pin (1) del relé (10) → Al cable (+) del inyector 4.	

Del pin (2) del relé (10) → Al cable (+) del inyector 4 que proviene de la ECU.
Del pin (1) del relé (11) → Al cable (señal) de la bobina 1. Del pin (2) del relé (11) → Al cable (señal) de la bobina 1 que proviene de la ECU.
Del pin (1) del relé (12) → Al cable (+) de la bobina 2. Del pin (2) del relé (12) → Al cable (+) de la bobina 2 que proviene de la ECU.
Del pin (1) del relé (13) → Al cable (-) de la bomba de combustible. Del pin (2) del relé (13) → Al cable (-) de la bomba de combustible que proviene de la ECU.


Fuente: Autores

### 3.9.3 Pruebas de Funcionamiento del Sistema Generador de Fallos.

Para realizar las pruebas de funcionamiento, se utilizó el siguiente procedimiento:

**Tabla 1-12**

*Protocolo de funcionamiento del sistema generador de fallos*

<b>Protocolo de funcionamiento del Sistema Generador de Fallos</b>	
Este sistema se lo puede utilizar de dos maneras:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con el switch en ON, para ciertos tipos de sensores y actuadores. Se debe colocar el switch en ON del motor y luego encender el generador de fallos.</li> <li>• Para trabajar con el motor encendido, tiene que alcanzar una temperatura entre los 80 y 90 °C. Posterior a esto se debe encender el generador de fallos.</li> </ul>	
Encienda el sistema generador de fallos, mediante el switch de encendido colocar en posición (ON).	



En el display, se muestra el siguiente contenido:



Presione la tecla (A) para introducir el código de fallo.



Una vez que el usuario ingresa se debe ingresar cualquiera de los siguientes codigos:

**Código: 100** – Fallo en el cable de alimentación del sensor de oxígeno.

**Código: 010** – Fallo en el cable de masa del sensor MAP

**Código: 001** - Fallo en el cable de alimentación del sensor TPS.

**Código: 002** - Fallo en el cable de señal del sensor CKP.

**Código: 020** – Fallo en el cable de masa del sensor CMP.

**Código: 200** – Fallo en el cable de señal del sensor ECT.

**Código: 300** – Fallo en el cable de alimentación del inyector 1.  
**Código: 303** – Fallo en el cable de alimentación del inyector 2.  
**Código: 330** – Fallo en el cable de alimentación del inyector 3.  
**Código: 333** – Fallo en el cable de alimentación del inyector 4.  
**Código: 400** – Fallo en el cable de alimentación de la bobina 1.  
**Código: 404** – Fallo en el cable de alimentación de la bobina 2.  
**Código: 440** – Fallo en el cable de alimentación de la bomba de combustible.

Al digitar el código de fallo siempre se debe oprimir la tecla numeral para que el código se active de forma correcta.


Nota: El sistema generador de fallos está programado para soportar los 13 códigos a la vez, sin embargo, por seguridad no se lo debe hacer. Puesto que al activar códigos específicos, el motor se apaga automáticamente como lo hace con el código 002.

Una vez que el código esté activo, se visualizará lo siguiente:



Si el código se activó correctamente, se deberá encender el botón del check engine.



<p>Si quiere ingresar un código nuevo, se deberá digitar (*) y repetir el proceso anterior.</p>	
<p>Al finalizar el uso del sistema generador de fallos digital se deberá resetear el sistema mediante la tecla (B), con lo cual el testigo de check engine dejará de iluminar, y posterior a esto se lo debe apagar con el switch en la posición (ON).</p>	

Fuente: Autores

Al activar el código de fallo, se deberá evidenciar el proceso con sus respectivas mediciones en este caso para los sensores y actuadores.

**Tabla 1-13**

*Comprobaciones de funcionamiento del sistema generador de fallos*

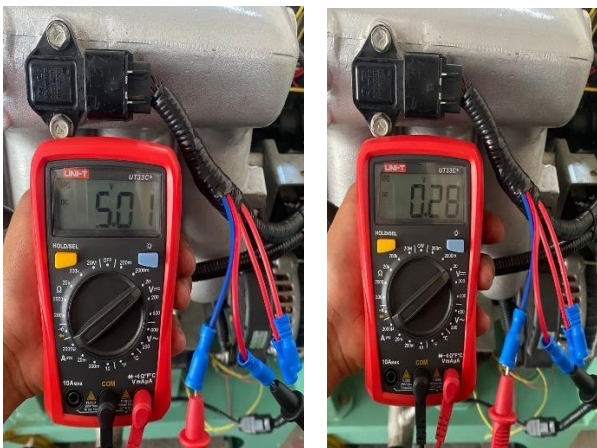
<b>COMPROBACIÓN DEL SENSOR DE OXÍGENO</b>	
	

La primera imagen nos muestra el funcionamiento normal del sensor de oxígeno, mientras que en la segunda imagen se puede notar que no emite una señal puesto que la alimentación del sensor esta anulada por el sistema generador de fallos.

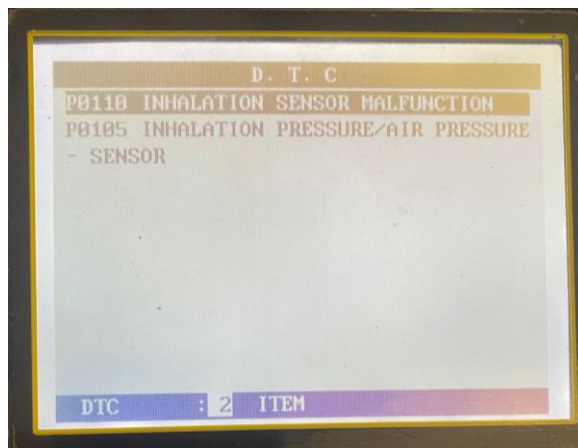
**Observaciones:** El motor funciona de manera correcta, puesto que el motor debe completar un ciclo de funcionamiento para que la ECU detecte el fallo.

### COMPROBACIÓN DEL SENSOR MAP

**Medición en el multímetro:**



**Código de error en el Scanner:**



**Observaciones:**

Al anular el cable de alimentación de 5V para el sensor MAP se registró la presencia del código P0110 Y P0105, las cuales nos indican que existe un mal funcionamiento en el sensor MAP.

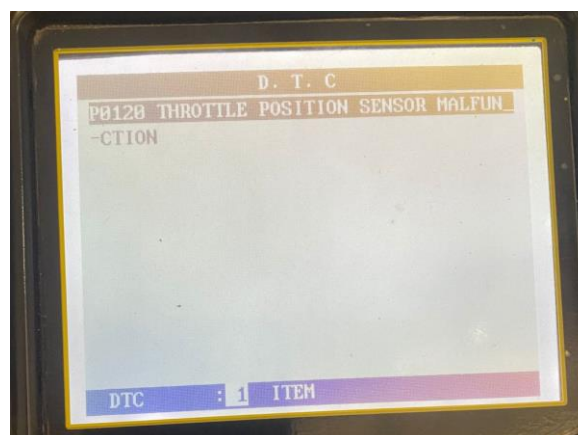
Al activar este código, con el motor encendido se pudo observar una pérdida de fuerza y cierta inestabilidad.

### COMPROBACIÓN DEL SENSOR TPS

**Medición en el multímetro:**



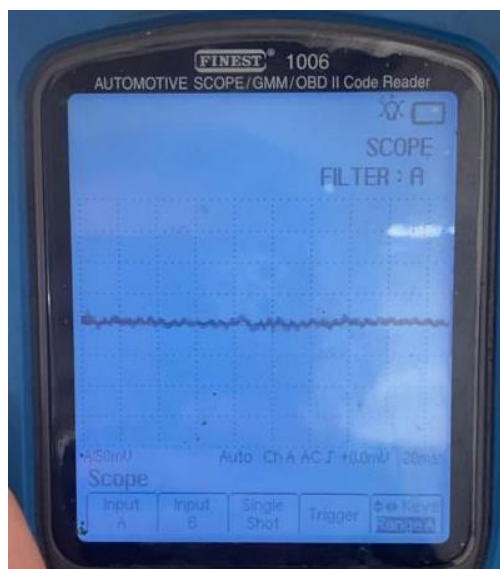
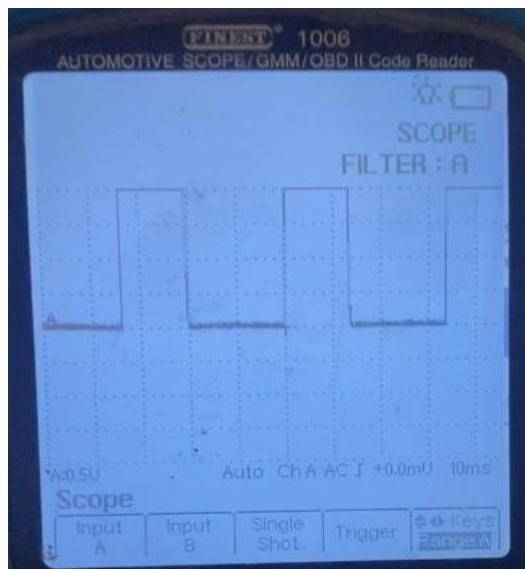
**Código de error en el Scanner:**



**Observaciones:**

Al anular el cable de alimentación de 5V del sensor TPS, se registró la presencia del código de fallo P0120, que nos indica un mal funcionamiento del sensor.

Al activar este código con el motor encendido, se pudo notar que al momento de acelerar el motor la mariposa de aceleración no cumple su acción de forma óptima.

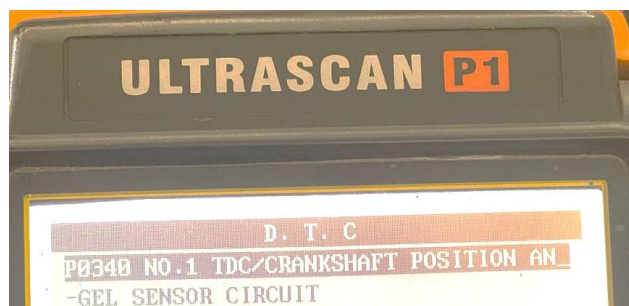
**COMPROBACIÓN DEL SENSOR CKP****Gráfico de comparación en el osciloscopio:**

En las siguientes imágenes, se puede observar el cambio en la señal del sensor puesto que en la primera imagen el sensor CKP se comporta de manera normal, mientras que en la segunda imagen al no tener presencia de señal el sensor no emite una onda cuadrada, con lo cual el vehículo no se enciende.

**Observaciones:**

Con el motor apagado, el motor gira al dar arranque, pero no deberá encender.

Con el motor encendido, al activar el código de fallo el motor se apaga al instante.

**COMPROBACIÓN DEL SENSOR CMP****Código de error en el Scanner:**

Al anular el cable de masa del sensor CMP, la ECU envía el código de falla P0340 el cual indica un fallo proveniente del sensor CKP, sin embargo, el punto de fallo real se presenta en el árbol de levas.

#### Observaciones:

Con el motor apagado, el motor se va a encender, pero se apaga de inmediato.

Con el motor encendido, el motor se muestra inestable y llega a un punto donde se deberá apagar.

### COMPROBACIÓN DEL SENSOR ECT

#### Código de error en el Scanner:



#### Observaciones:

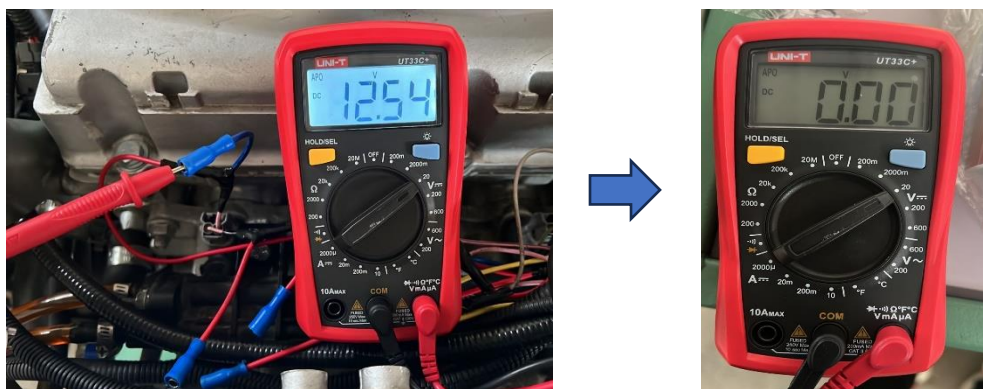
Al anular el cable de señal de 5V del sensor ECT, se registró la presencia del código P0115 que nos indica un mal funcionamiento del sensor.

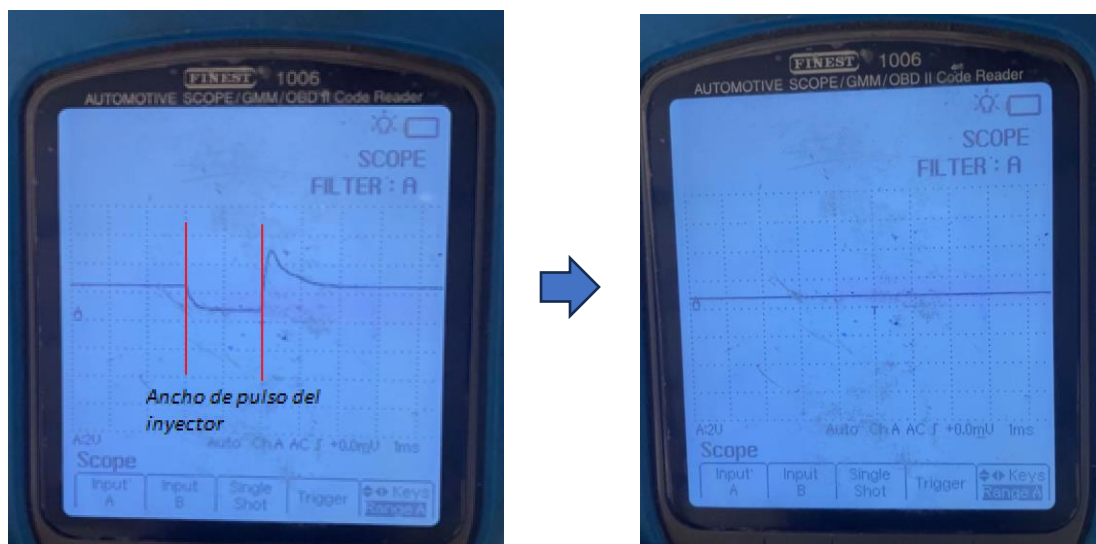
No se puede notar ningún cambio en el motor, sin embargo, al anular la señal el sensor no enviara datos correctos de temperatura.

### COMPROBACIÓN DE INYECTORES

#### Medición en el multímetro:

Para los cuatro inyectores se procedió a medir el voltaje de entrada en el terminal positivo del inyector los cuales poseen un voltaje de 12,54 V. Al activar el generador de fallos este voltaje llego a 0 V.



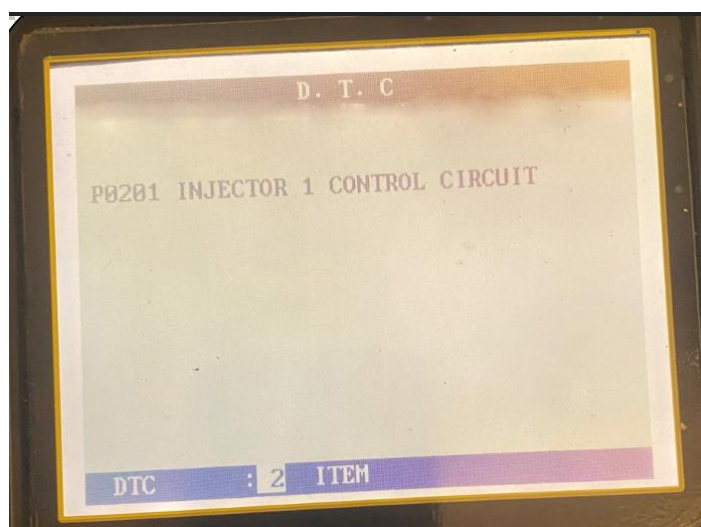


Se puede observar en la primera imagen donde se puede apreciar la apertura del inyector en un tiempo de 2 ms, mientras que en la segunda imagen se puede apreciar la gráfica donde el sistema generador de fallos este encendido por lo que podemos observar que el inyector no inyecta combustible.

#### Observaciones:

Para los cuatro inyectores se anuló el cable de alimentación de 12 V, por lo que al encender el vehículo sucedió lo siguiente:

- Al anular cualquier inyector se logró percibir que el motor se vuelve inestable.
- Al anular dos o tres inyectores de igual manera el motor presenta vibraciones muy altas, además se nota la presencia de olor a gasolina.
- Al anular los cuatro inyectores el motor se detiene, y envía el código de fallo P0201.

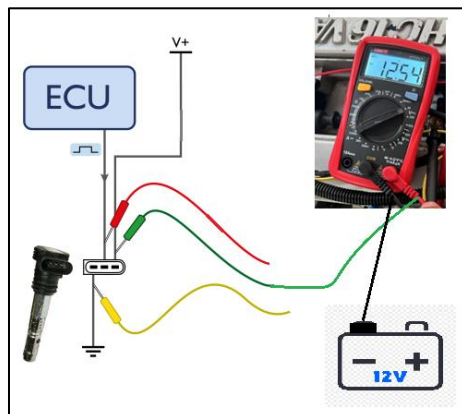


#### COMPROBACIÓN DE LAS BOBINAS DE ENCENDIDO

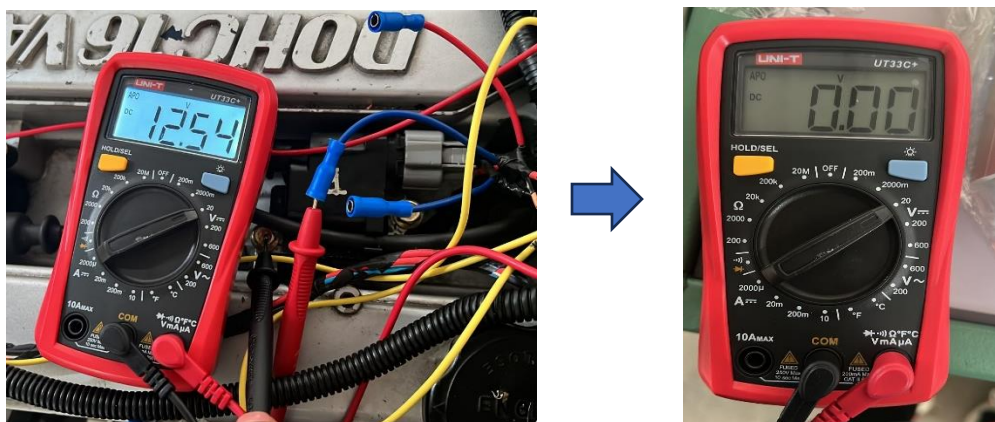
Medición en el multímetro:

### Bobinas:

Para la medición de las bobinas se utilizó la siguiente conexión:

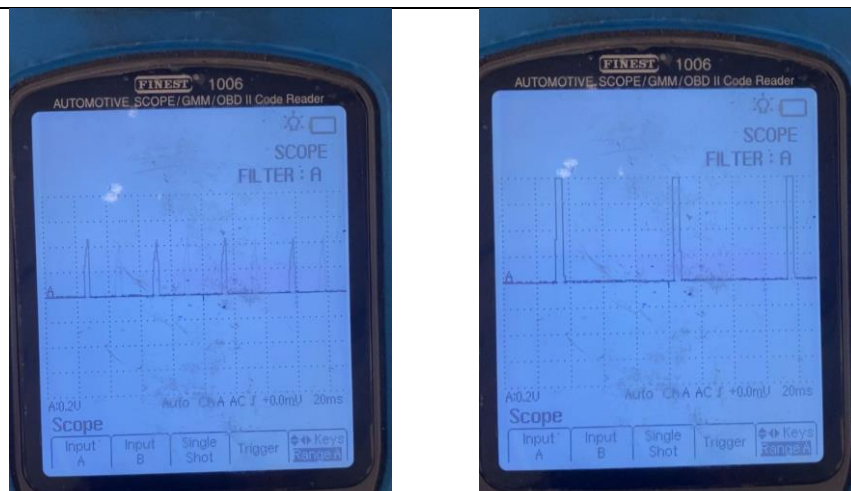


Al realizar la medición, se obtuvo los siguientes resultados: En la primera imagen se da un voltaje de 12,54 V, mientras que al encender el generador de fallos no se entrega voltaje a dichas bobinas como se lo aprecia en la imagen 2.



Para la bobina 1 se anuló el cable de alimentación (12V), mientras que a la bobina 2 se anuló el cable de masa.





Para la conexión del osciloscopio con la bobina se procedió a conectar el terminal de señal de la bobina con el input A del osciloscopio, mientras que el terminal negativo se lo conecto de forma directa al terminal (-) de batería.

Se muestra la señal de las bobinas cuando el circuito está funcionando de manera normal, y una vez que se activa el generador de fallos la forma de esta señal se transforma por lo que el motor empieza a vibrar.

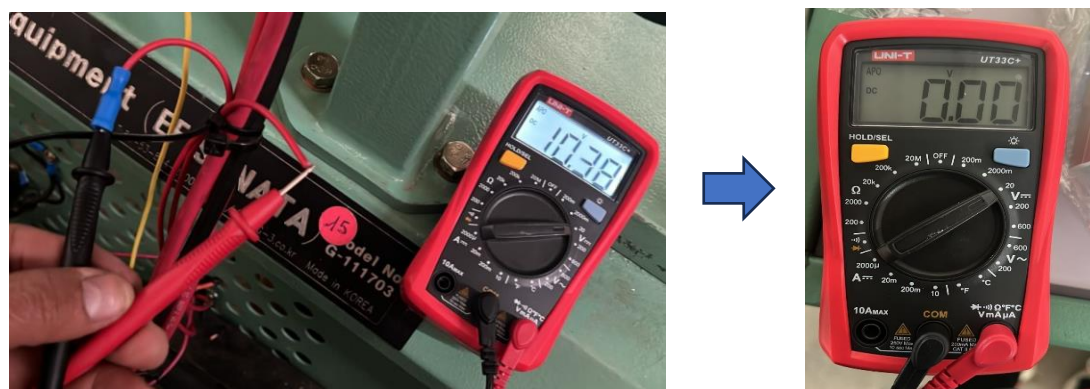
#### Observaciones:

- Al anular la bobina 1 o 2 el motor, presenta una vibración abrupta pero no se llega a apagar.
- Al anular las dos bobinas al mismo tiempo, el motor se apaga al instante.

### COMPROBACIÓN DE LA ELECTROBOMBA DE COMBUSTIBLE

#### Medición en el multímetro:

Para la electrobomba de combustible, se anuló el cable de alimentación de 12 V, por lo que se procede a medir con el multímetro en el conector de misma.



Se puede observar la caída de voltaje, de la bomba de combustible.

#### Observaciones:

Al dar arranque al motor, este enciende normalmente, pero se apaga de inmediato.

El motor al estar encendido, se activa el código por lo que el motor empieza a temblar y se llega a apagar.

## CONCLUSIONES

Al realizar una investigación exhaustiva del estado del arte, se pudo adquirir ciertos conocimientos necesarios para poder implementar de mejor manera todo el proceso de nuestro proyecto, así mismo verificar las características principales de cada uno de los sensores y actuadores del motor.

Se realizó un diagnóstico general del banco didáctico, así como de cada uno de sus componentes, también se verificó el estado de la estructura metálica de este banco didáctico. Luego, se procedió con el Reacondicionamiento del motor Hyundai EF Sonata considerando el flujograma de diagnóstico para la puesta a punto de funcionamiento del motor.

Con la implementación del generador de fallos digital, se pretende mejorar las destrezas y habilidades de los Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana al momento de realizar sus prácticas; en el diagnóstico de sensores y actuadores de los motores a inyección a gasolina, para así poder comparar resultados cuando el motor funciona de forma óptima y cuando esté presenta códigos de error o mal funcionamiento.

Como conclusión, el sistema generador de fallos es una herramienta en la que se puede crear a simular fallas en motores a disposición del usuario, estas pruebas se establecen con el fin de probar parámetros de resistencia. Dentro del contexto este generador de fallos nos permite realizar evaluaciones de confiabilidad, ya que nos permite experimentar con diferentes escenarios de fallos, con lo cual se puede obtener información valiosa acerca de la capacidad del motor para resistir y recuperarse de fallos potenciales en condiciones reales de funcionamiento.

## RECOMENDACIONES

Basar la lectura en los manuales que da el fabricante puesto que se nos brinda un mejor conocimiento de los diferentes procesos que vayamos a emplear en nuestro motor.

Realizar un constante monitoreo para prevenir ciertos errores de los sensores y actuadores al momento de realizar las instalaciones de nuestro generador de fallos.

Para el uso del sistema generador de fallos digital, se debe seguir el protocolo de funcionamiento, no obstante, este sistema está diseñado para soportar los 13 códigos de fallos propuestos a la vez, sin embargo, el motor no será capaz de resistir todos estos códigos puesto que algunos de estos hacen que el motor se apague.

Antes de iniciar con el respectivo proceso de trabajo con el banco didáctico, se debe realizar una revisión de niveles de los fluidos del motor, voltaje de la batería, entre otros. De la misma manera al momento de encender el motor se lo debe dejar llegar a una temperatura entre los 85 o 95 °C, o hasta que se active o apague el electroventilador. Además, se debe cumplir al pie de las guías de práctica para que no existan fallos con el generador.

Se debe tener en cuenta que el sistema de fallos debe encenderse solo en caso de utilizarlo como guía de practica o motivo de estudio de lo contrario no se lo debe encender.

## BIBLIOGRAFÍA







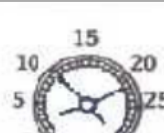
- Alvite, J. P. (2012). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Madrid: Edición, Editex.
- Auto Avance. (2022). *Auto Avance*. Recuperado el 07 de 05 de 2023, de Auto Avance: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/sensor-map-para-que-sirve/#>
- Autocosmos. (2015). *Las 7 generaciones del Hyundai Sonata*. Recuperado el 07 de Mayo de 2023, de <https://noticias.autocosmos.com.mx/2015/05/07/conoce-las-7-generaciones-del-hyundai-sonata>
- AutoData.Net. (2010). *Wiki catalogo de automoviles*. Recuperado el 07 de Mayo de 2023, de <https://www.auto-data.net/es/hyundai-sonata-iv-ef-2.0-136hp-29671>
- Cochesconcadena. (2023). *Hyundai Sonata lista de coches con distribucion por cadena*. Recuperado el 09 de Mayo de 2023, de <https://cochesconcadena.com/hyundai/sonata/>
- Docplayer. (2023). *Arranque del Motor del Automovil*. Obtenido de <https://docplayer.es//11084972-Arranque-del-motor-del-automovil-viene-de-sistema-electrico-generalidades-el-motor-de-combustion-interna-no-tiene-arranque-propio-hay-que-hacerlo.html>
- Hello Insurance Group. (2023). *Helloauto*. Recuperado el 7 de Mayo de 2023, de <https://helloauto.com/glosario/bomba-de-combustible>
- Hyundai Motor Company. (1998). *Manual de taller Hyundai Sonata (1998-2005)*. Recuperado el 30 de Mayo de 2023
- Inyección Eléctronica Motores. (s.f.). *Mecánica Automotriz*. Recuperado el 05 de Mayo de 2023, de <https://inyeccionelectronicamotores.blogspot.com/2016/07/sensor-de-oxigeno.html>
- Obd2 - Elm327. (2023). *Informacion gráfica*. Obtenido de <https://obd2-elm327.es/ubicacion-aspecto-conector-obd2-esquema>
- Payri, F., & Desantes, J. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Reverte S.A.
- Ros Marín, J. A., & Barrera Doblado, Ó. (2011). *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad*. Madrid: Ediciones Parainfo.
- Rovira, A. A., & Muñoz Dominguez, M. (2015). *Motores de combustión interna*. UNED.
- Sánchez, E. (2011). *Sistemas Auxiliares del motor*. Macmillan Iberia, S.A. Recuperado el 10 de Mayo de 2023, de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/ereader/bibliotecaups/52815>




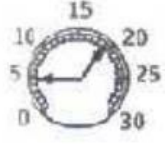

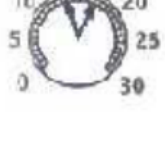
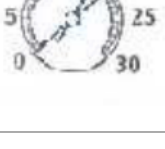
- Sapiensman. (s.f.). *Electricidad del automovil*. Obtenido de [http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad\\_del\\_automotor6.php](http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor6.php)
- Sensor Automotriz. (2019). *Sensor CMP*. Obtenido de <https://sensorautomotriz.top/sensor-cmp/probar-sensor-de-arbol-de-levas-con-multimetro/>
- Sensor Automotriz. (2019). *Sensor de flujo de masa de aire*. Recuperado el 09 de Mayo de 2023, de [https://sensorautomotriz.com/sensor-maf/?utm\\_content=expand\\_article](https://sensorautomotriz.com/sensor-maf/?utm_content=expand_article)
- Sensor Automotriz. (2019). *Sensor ECT*. Recuperado el 10 de Mayo de 2023, de [https://sensorautomotriz.com/sensor-ect/?utm\\_content=expand\\_article](https://sensorautomotriz.com/sensor-ect/?utm_content=expand_article)
- Sensor Automotriz. (2019). *Sensor IAT*. Recuperado el 10 de Mayo de 2023, de [https://sensorautomotriz.com/sensor-iat/?utm\\_content=expand\\_article](https://sensorautomotriz.com/sensor-iat/?utm_content=expand_article)
- Sensor Automotriz. (2019). *Sensor TPS*. Recuperado el 09 de Mayo de 2023, de [https://sensorautomotriz.com/sensor-tps/?utm\\_content=expand\\_article](https://sensorautomotriz.com/sensor-tps/?utm_content=expand_article)
- Technopreneur. (2020). *The Engineering Projects*. Recuperado el 08 de Mayo de 2023

## ANEXOS

## Anexo A: Lecturas del Vacuómetro en Motores a Gasolina

Tabla 1. Lecturas del vacuómetro en motores a gasolina.

Lectura	Indicaciones	Interpretación
	La aguja permanece quieta entre 17 y 21 a ralentí	El motor trabaja normalmente y la distribución y elementos mecánicos están bien ajustados.
	Abrir y cerrar rápidamente el acelerador la aguja oscila bruscamente entre 3 y 25	Motor normal
	La aguja marca menos de la lectura normal, aproximadamente 15.	Segmentos desgastados o mal ajustados
	Al acelerar o desacelerar rápidamente la aguja cae a 0	Pistones o paredes de los cilindros con rayas (si están fueran profundas se observan oscilaciones en la aguja)
	La aguja permanece estacionada cerca del 10 (8 a 14)	Distribución mal reglada.
	La aguja baja dos puntos con intermitencias al cerrarse las válvulas.	Fugas por las válvulas
	La aguja fluctúa entre 10 y 22 o con mayor amplitud, al acelerar.	Muelles de válvulas desgastados o flojos.

Lectura	Indicaciones	Interpretación
	<p>Caída momentánea en 4 o 5 puntos de la aguja al cesar el movimiento de la válvula, continuando la variación intermitente al despegarse.</p>	<p>Válvulas pegadas. Está avería puede remediarse, provisionalmente vertiendo un poco de aceite penetrante en el colector de admisión al quitar el vacuómetro.</p>
	<p>La aguja cae varias divisiones con regularidad por permanecer abierta la válvula.</p>	<p>Válvula quemada o juego de taques insuficientes.</p>
	<p>Variación intermitente de la aguja entre 14 y 19, desapareciendo la vibración al acelerar.</p>	<p>Huelgo de la válvula en su guía.</p>
	<p>La aguja se mueve con intermitencias entre 5 y 9.</p>	<p>Fugas por la junta de culata.</p>
	<p>La aguja marca siempre 3 o 4.</p>	<p>Fugas por la junta del carburador o colector.</p>
	<p>La aguja se mueve lentamente entre 13 y 17</p>	<p>Carburador desajustado. La separación de los electrodos es inferior a lo normal o los taques están mal reglados.</p>
	<p>La aguja cae a 0 después de alcanzar el valor normal al arrancar el motor y luego sube otra vez lentamente.</p>	<p>Silenciador o tubería de escape obstruido dando lugar a contrapresión.</p>



La aguja permanece quieta entre 16 y 17. Encendido retrasado.



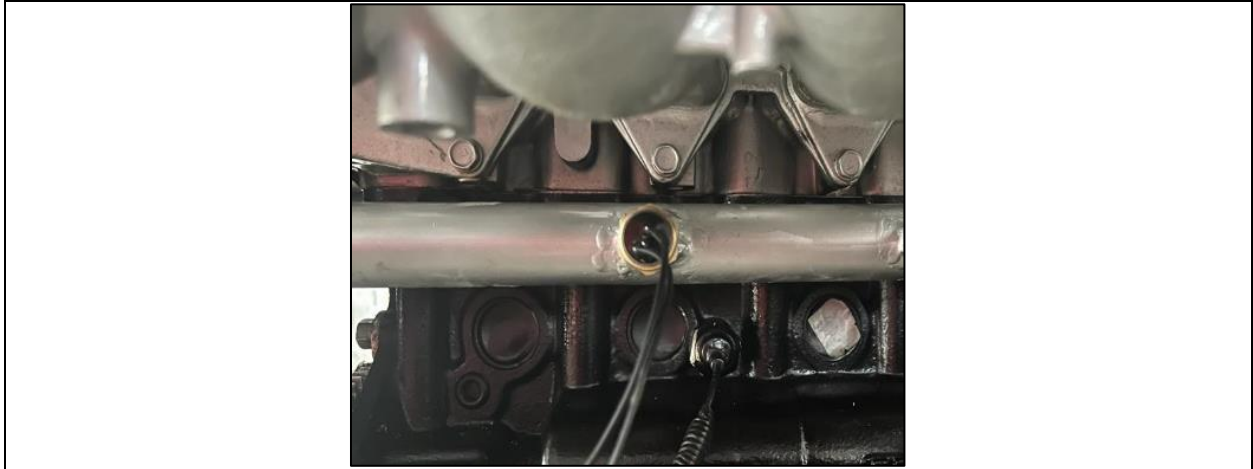
La aguja se mueve lentamente entre 14 y 16. Electrodo de bujías demasiado cerrado, ruptor mal ajustado.

## Anexo B: Reacondicionamiento de los elementos del motor

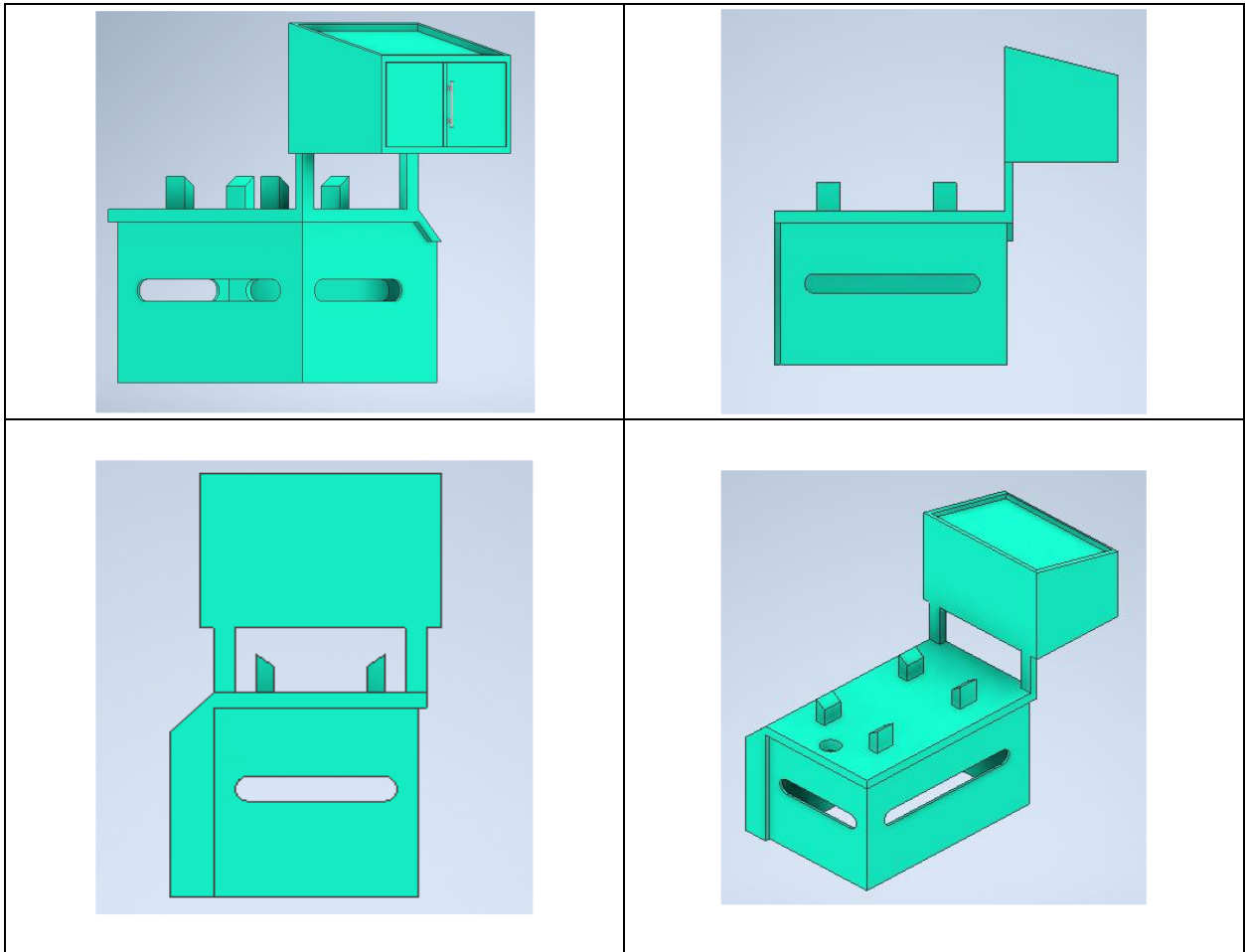
### Sistema de Refrigeración

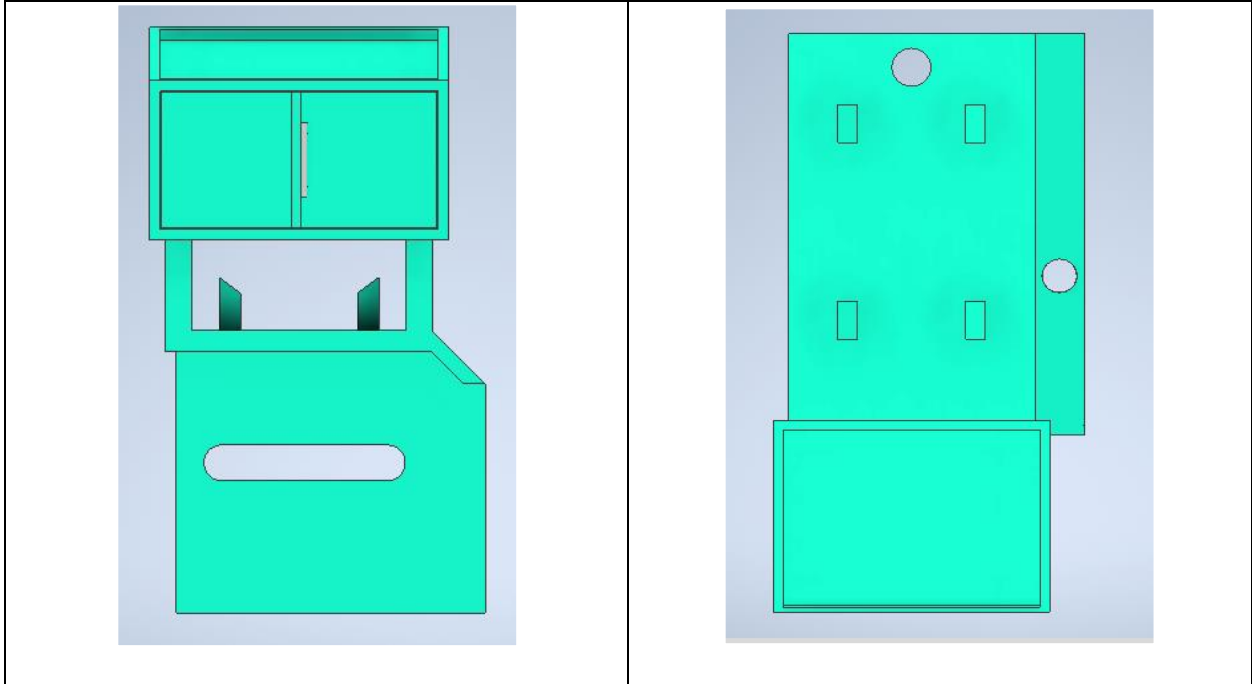




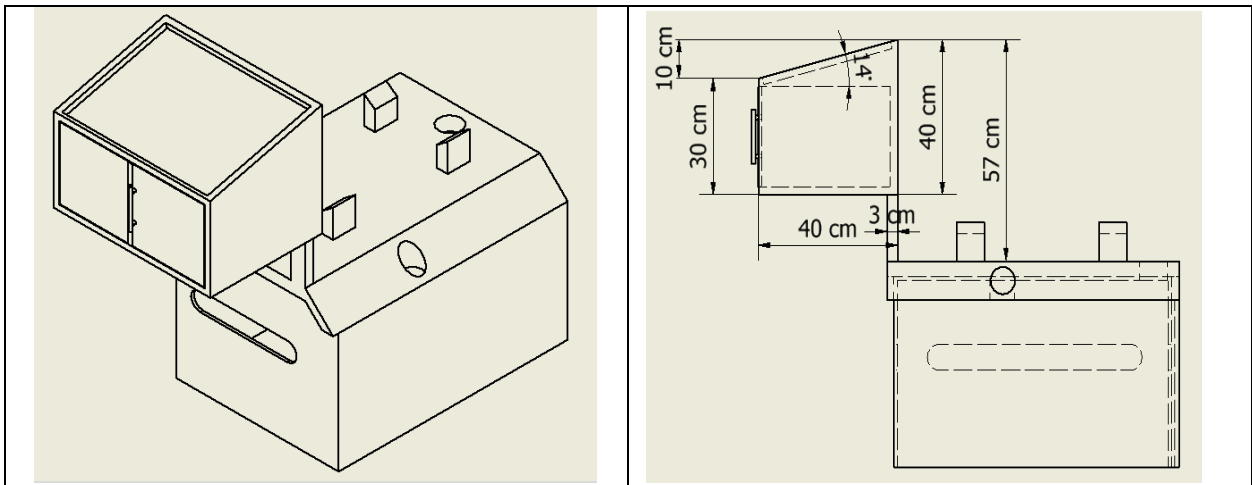


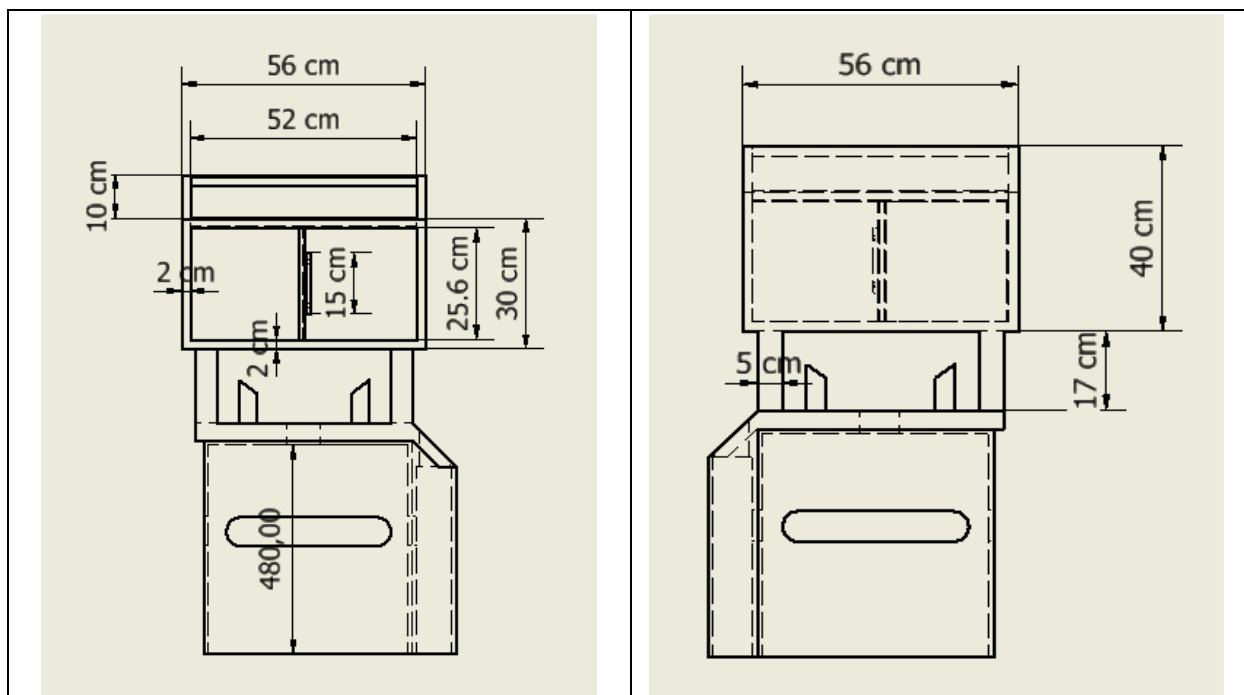
**Anexo C: Diseño del panel de Instrumentos**



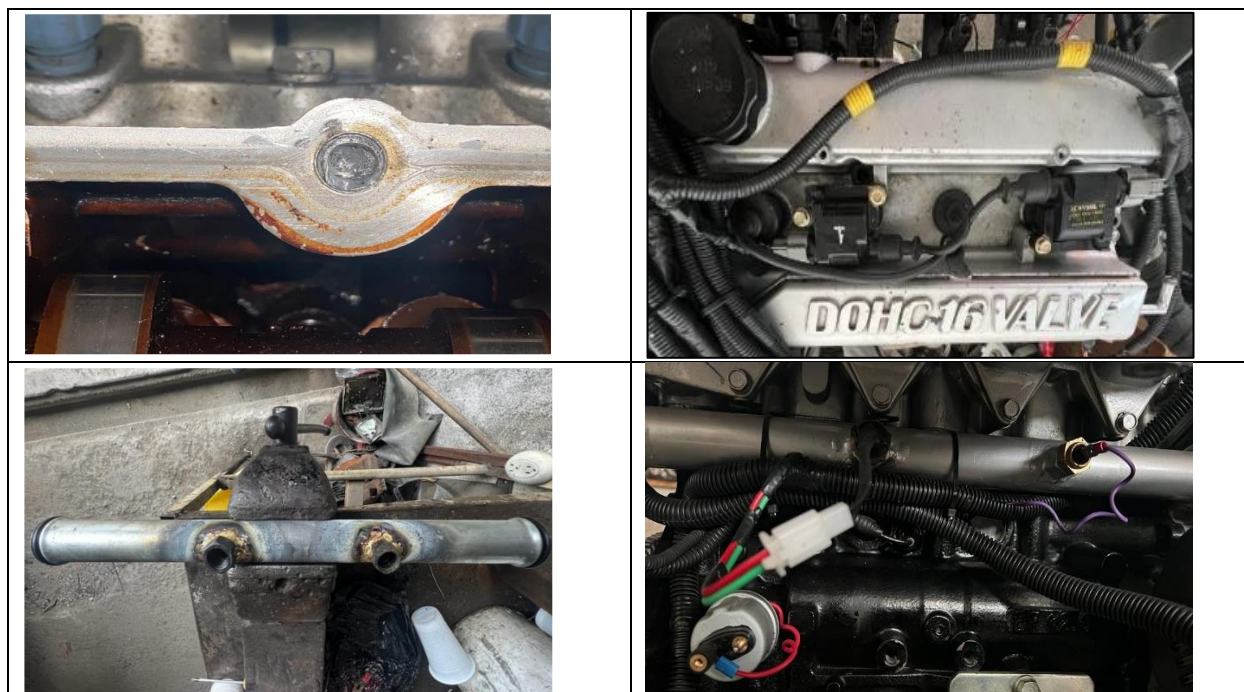


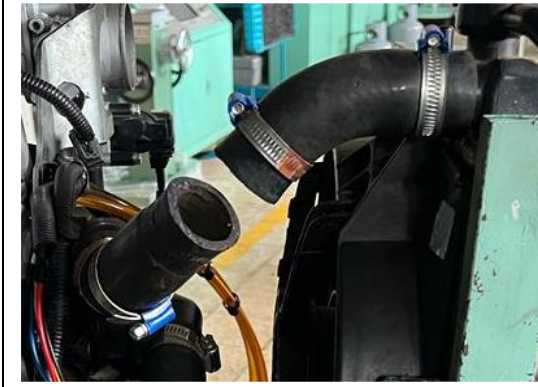
**Anexo D: Dimensiones del Panel de Instrumentos**



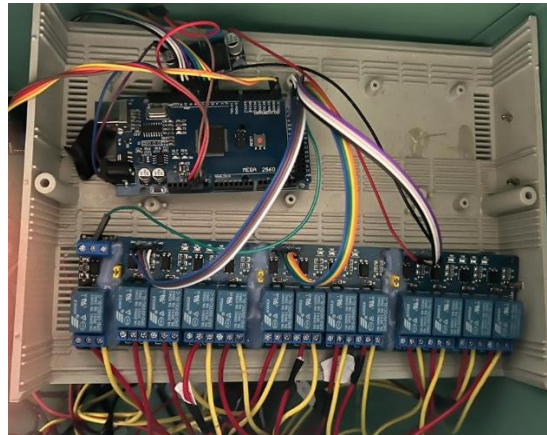


### Anexo E: Reacondicionamiento del motor y sus partes



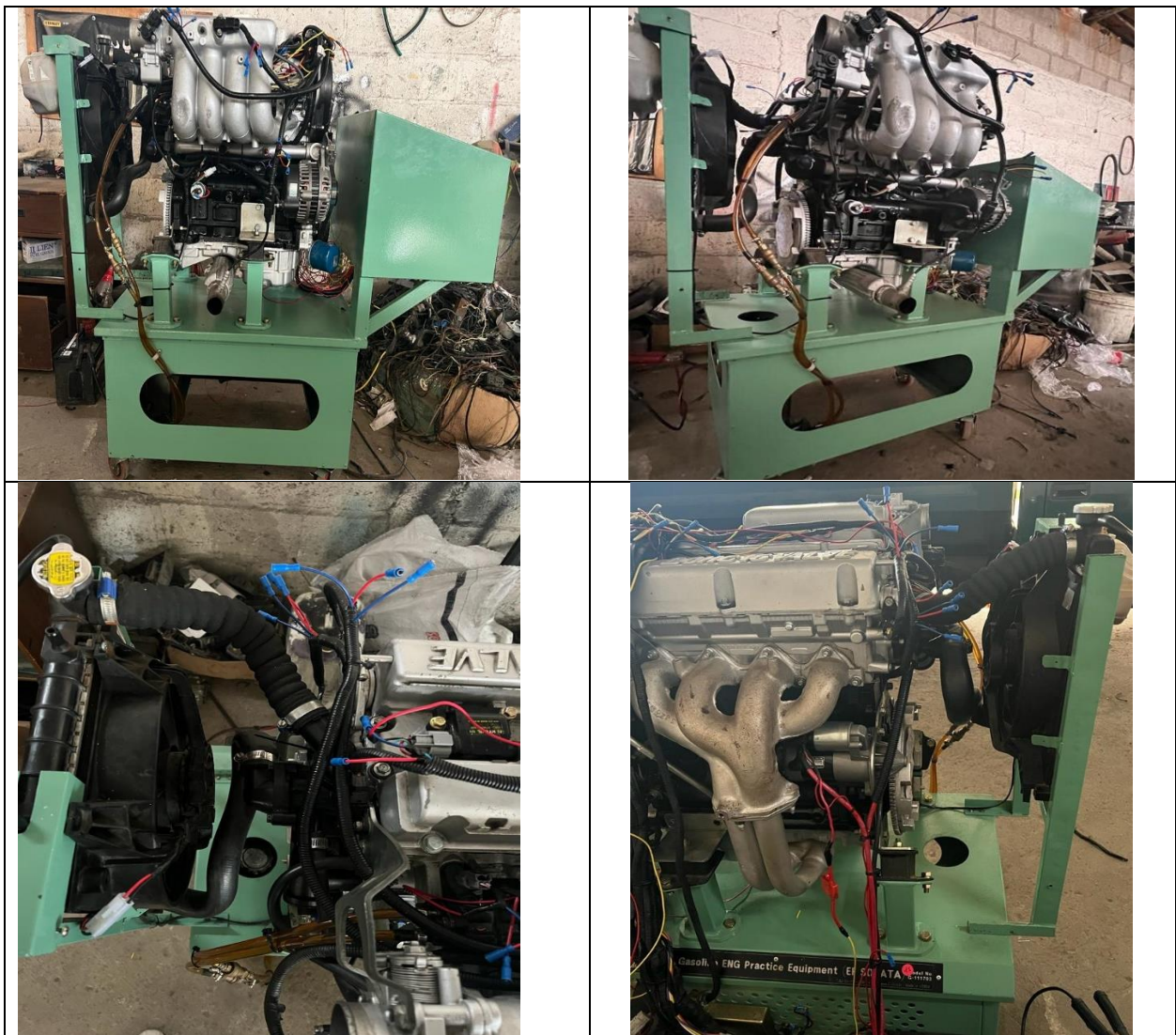


**Anexo F: Conexiones del Generador de fallos e Indicadores**






**Anexo G: Banco Didáctico Final con el Generador de Fallos Digital**





## Anexo H: Guías de Práctica.

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		

		<b>FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO / TALLERES / CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA DOCENTES</b>	
CARRERA: Ingeniería Mecánica Automotriz		ASIGNATURA: Motores de Combustión Interna II	
NRO. PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Control y medición de los sensores del banco didáctico Hyundai EF Sonata 2.0.	
<b>OBJETIVO GENERAL</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar el funcionamiento de los sensores del motor en condiciones de funcionamiento óptima y estableciendo mediciones en modo de fallo con la ayuda del generador de fallos digital.</li> </ul> <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer los equipos que se utilizarán durante la práctica.</li> <li>Describir el proceso de medición de voltaje en los sensores.</li> <li>Tabular los valores de voltaje y esquematizar los oscilogramas obtenidos en cada sensor.</li> </ul>			
INSTRUCCIONES (Detallar las instrucciones que se dará al estudiante):		1. Estudiar y aplicar los procedimientos establecidos por la guía de práctica.	
		2. Utilizar equipo de protección personal (mandil, mascarilla, gafas, guantes).	
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>			
<b>Equipos utilizados para la medición de sensores.</b> <p><b>1. Osciloscopio</b></p> <p>El osciloscopio es una herramienta de medición capaz de visualizar en gráficos, todas las mediciones eléctricas que se hacen con el multímetro automotriz, pero que también permite ver aquellas señales que, por su velocidad no es posible capturar con otras herramientas. Está constituido por un tubo de rayos catódicos que consta de tres partes fundamentales encerradas en un tubo de vidrio y con un vacío elevado: 1) Cañón de electrones. 2) Dispositivo de desviación de electrones. 3) Pantalla.</p>			
			
<b>Figura 1. Osciloscopio</b> Fuente: <a href="https://tecnotalleres.com/product-OSCILOSCOPIO_AUTOMOTRIZ_DIGITAL_2_CANALES">https://tecnotalleres.com/product-OSCILOSCOPIO_AUTOMOTRIZ_DIGITAL_2_CANALES</a>			

## 2. Multímetro

El multímetro es una herramienta de pruebas utilizada para la medición de valores eléctricos tales como tensión o voltaje, corriente, resistencia. Un multímetro está básicamente constituido por cuatro partes que son la pantalla para la visualización de los parámetros eléctricos, botones para la selección de diferentes funciones, selector giratorio para la selección de las variables que se deben medir, y los conectores de entrada donde se insertan los cables de prueba. [1]



Figura 2. Multímetro

Fuente. <https://www.avrtools.com/productos/multimetro-digital-para-motores-hibridos-bosh-540h/>

### Proceso de medición de los sensores:

1. Verifique el estado de carga de la batería que debe ser del 100 % correspondiente a un valor de tensión mayor 12.5 V.
2. Verifique el nivel de combustible en el tanque.
3. Previo a la comprobación encienda el motor hasta que alcance su temperatura normal de funcionamiento entre los 85 y 90 °C (o hasta que se active y apague el electroventilador).
4. Proceda a comprobar las conexiones de los sensores.
5. Apague el motor una vez que se alcance su temperatura de funcionamiento.
6. Proceda a comprobar las conexiones de cada sensor presente en el banco didáctico.
7. Con el motor apagado proceda a medir las conexiones en los sensores.
8. Con el osciloscopio, se debe comprobar la gráfica de cada sensor, con el motor encendido.
9. Encender el Sistema generador de fallos digital, para un sensor determinado.
10. Introducir un código de fallo mediante el manual de uso del generador de fallos. (Acceso único del docente)
11. Repita la medición en cada sensor y registre los resultados.
12. Una vez finalizada la medición, coloque los sensores en su respectivo lugar y verifique el correcto funcionamiento del motor.
13. Se repite los mismos pasos de funcionamiento para todos los sensores de Oxígeno, MAP, TPS, CKP, CMP, ECT.
14. Para finalizar se evidencia mediante el scanner automatizado que no exista algún código de falla presente.
15. Una vez que se termine la medición se deberá apagar el sistema generador de fallos.

**Nota. – Una vez que se realizaron las respectivas mediciones y se diagnosticó el fallo presente, se procede a desactivar el sistema generador de fallos, y se verifica el correcto funcionamiento del motor.**



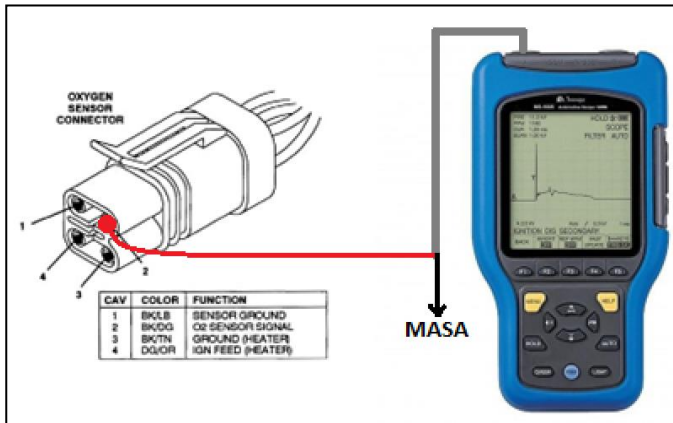


Figura 3. Conexión osciloscopio sensor de Oxígeno

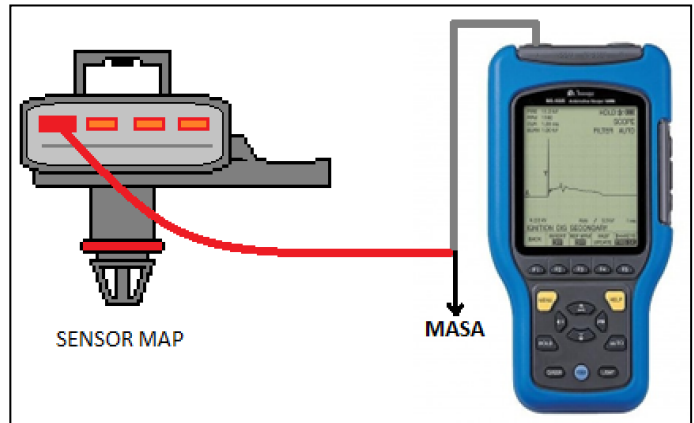


Figura 4. Conexión del osciloscopio sensor MAP

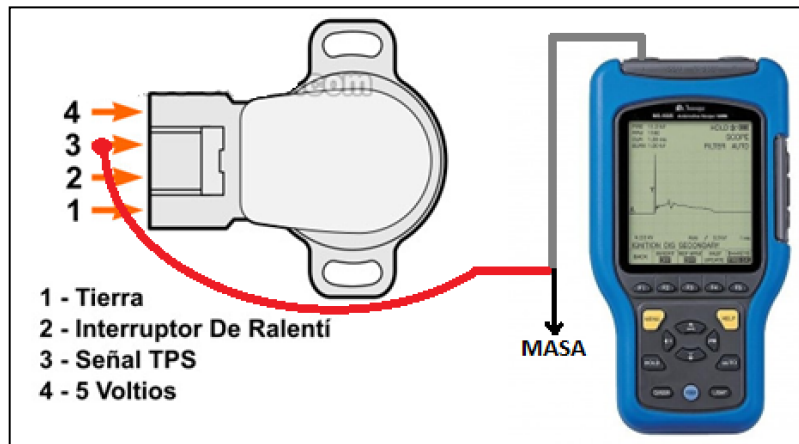


Figura 5. Conexión del osciloscopio sensor TPS

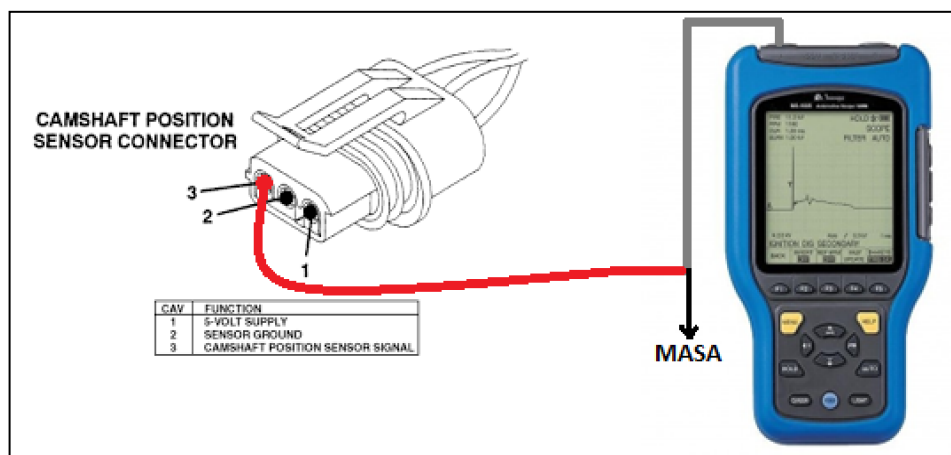


Figura 6. Conexión con el osciloscopio sensor CKP

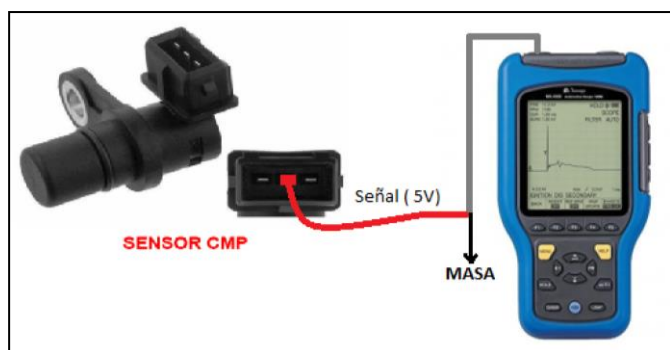


Figura 7. Conexión con el osciloscopio sensor CMP

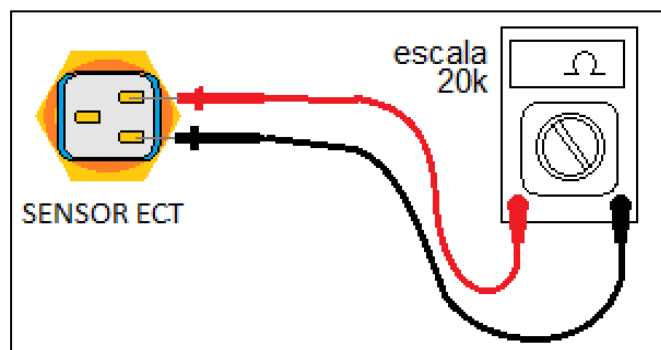


Figura 8. Medición de resistencia del sensor ECT

### Valores recomendados de voltaje en los sensores

A continuación, se detallan los valores de voltaje especificados por los fabricantes para el banco didáctico.

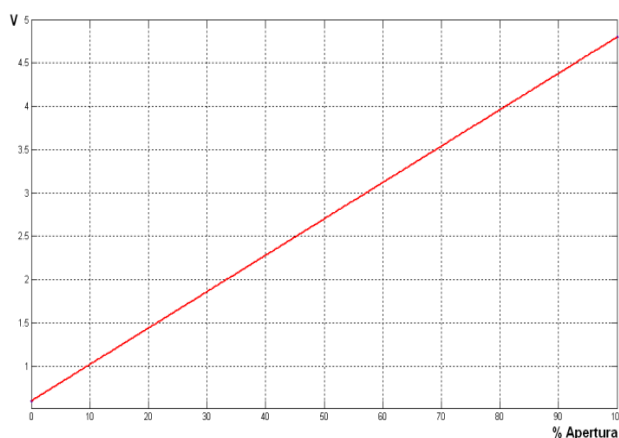
SENSOR	RANGO DE TRABAJO DE LOS SENSORES
<b>Oxígeno</b>	Desde 0,1 hasta 0,9 V
<b>MAP</b>	Entre valores de 0,2 -0,4 V hasta 4,8 – 5 V
<b>TPS</b>	Vehículo en ralentí (0,4 a 0,8 V) Al acelerar el vehículo valores entre 4,5 a 5 V
<b>CKP</b>	Voltaje pico mínimo de -3,59 V y el voltaje pico máximo de 4,07 V y tiene un voltaje medio de 0,24 V.
<b>CMP</b>	Voltaje pico mínimo de -0,05 V y el voltaje de pico máximo de 5,34 V.

<b>ECT</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Resistencia (KΩ)</b>
	0	5,9
	20	2,5
	40	1,1
	80	0,3

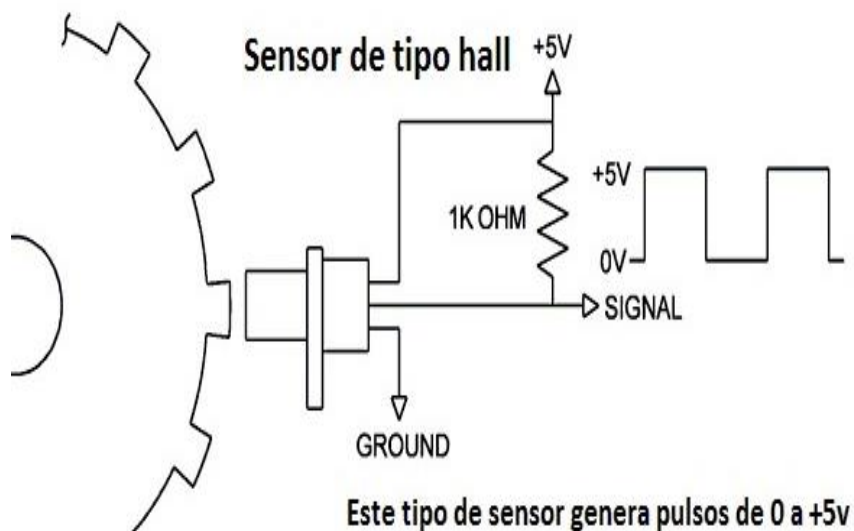
**Valores recomendados de los sensores por la mayoría de los fabricantes**

SENSORES	GRÁFICO DE REFERENCIA EN EL OSCILOSCOPIO
<b>Sensor de OXIGENO</b>	
<b>Sensor MAP</b>	

**Sensor TPS**



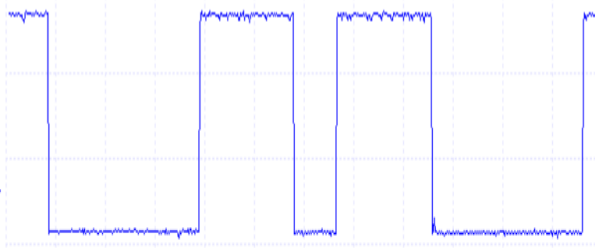
**Sensor CKP**



**Sensor CMP**

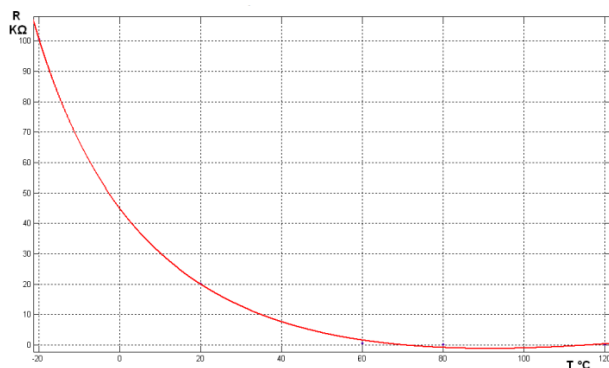
CANAL1: Cam Positon Sensor( Hall type )

DC



CH1	
Min	-0.05 V
Max	5.34 V
Ave	2.64 V
Duty	55 %
Frq	23.90 Hz

Sensor ECT



RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

## DATOS DEL MOTOR

DATOS DEL MOTOR	
Marca	
Modelo	
Año de fabricación	
Tensión de la batería (V)	

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

SENSOR DE OXÍGENO:

PIN DE CONEXIÓN	COLORES	IDENTIFICACIÓN	KOEO	Ralentí	1500 (rpm)	2500 (rpm)

SENSOR MAP:

PIN DE CONEXIÓN	COLORES	IDENTIFICACIÓN	KOEO	Ralentí	1500 (rpm)	2500 (rpm)

**SENSOR TPS:**

<b>PIN DE CONEXIÓN</b>	<b>COLORES</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>KOEO</b>	<b>Ralentí</b>	<b>1500 (rpm)</b>	<b>2500 (rpm)</b>

**SENSOR CKP:**

<b>PIN DE CONEXIÓN</b>	<b>COLORES</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>KOEO</b>	<b>Ralentí</b>	<b>1500 (rpm)</b>	<b>2500 (rpm)</b>

**SENSOR CMP:**

<b>PIN DE CONEXIÓN</b>	<b>COLORES</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>KOEO</b>	<b>Ralentí</b>	<b>1500 (rpm)</b>	<b>2500 (rpm)</b>

**SENSOR ECT:**

<b>PIN DE CONEXIÓN</b>	<b>COLORES</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>KOEO</b>	<b>Ralentí</b>	<b>1500 (rpm)</b>	<b>2500 (rpm)</b>

**NOTA:**

Condición KOEO (Key On Engine Off)


Condición KOER (Key On Engine Run)

<b>RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE SENSORES.</b>	
<b>SENSORES</b>	<b>GRÁFICA OBTENIDA EN EL OSCILOSCOPIO</b>
<b>Sensor de Oxígeno</b>	
<b>Sensor MAP</b>	
<b>Sensor TPS</b>	
<b>Sensor CKP</b>	
<b>Sensor CMP</b>	
<b>Sensor ECT</b>	
<b>CONCLUSIONES:</b> .....	
.....	
.....	
<b>RECOMENDACIONES:</b> .....	
.....	
.....	

**Bibliografía**

- [1] «FLUKE,» [En línea]. Available: <https://www.fluke.com/es-sv/informacion/mejores-practicas/aspectos-basicos-de-las-mediciones/electricidad/que-es-un-multimetro-digital>. [Último acceso: 14 04 2020].
- [2] Hyundai Motor Company, Manual de taller Hyundai Sonata (1998-2005), 1998.
- [3] J. A. Ros Marín y Ó. Barrera Doblado, Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad, Madrid: Ediciones Parainfo, 2011.



	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
<b>Formato:</b> Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		

		<b>FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO / TALLERES / CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA DOCENTES</b>	
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Mecánica Automotriz		<b>ASIGNATURA:</b> Motores de Combustión Interna II	
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	2	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Control y medición de los actuadores del banco didáctico Hyundai EF Sonata 2.0.	
<b>OBJETIVO GENERAL</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar el funcionamiento de los actuadores del motor en condiciones de funcionamiento optima y estableciendo mediciones en modo de fallo con la ayuda del generador de fallos digital.</li> </ul>			
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer los equipos que se utilizarán durante la práctica.</li> <li>Describir el proceso de medición de voltaje o resistencia en los actuadores.</li> <li>Tabular los valores obtenidos en cada actuador.</li> </ul>			
<b>INSTRUCCIONES</b> (Detallar las instrucciones que se dará al estudiante):		1. Estudiar y aplicar los procedimientos establecidos por la guía de práctica.	
		2. Utilizar equipo de protección personal (mandil, mascarilla, gafas, guantes).	
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>			
<b>Equipos utilizados para la medición de sensores.</b>			
<p><b>3. Osciloscopio</b></p> <p>El osciloscopio es una herramienta de medición capaz de visualizar en gráficos, todas las mediciones eléctricas que se hacen con el multímetro automotriz, pero que también permite ver aquellas señales que, por su velocidad no es posible capturar con otras herramientas. Está constituido por un tubo de rayos catódicos que consta de tres partes fundamentales encerradas en un tubo de vidrio y con un vacío elevado: 1) Cañón de electrones. 2) Dispositivo de desviación de electrones. 3) Pantalla.</p>			
			
<b>Figura 1. Osciloscopio</b>			
Fuente: <a href="https://tecnotalleres.com/product-OSCILOSCOPIO_AUTOMOTRIZ_DIGITAL_2_CANALES">https://tecnotalleres.com/product-OSCILOSCOPIO_AUTOMOTRIZ_DIGITAL_2_CANALES</a>			

#### 4. Multímetro

El multímetro es una herramienta de pruebas utilizada para la medición de valores eléctricos tales como tensión o voltaje, corriente, resistencia. Un multímetro esta básicamente constituido por cuatro partes que son la pantalla para la visualización de los parámetros eléctricos, botones para la selección de diferentes funciones, selector giratorio para la selección de las variables que se deben medir, y los conectores de entrada donde se insertan los cables de prueba. [1]



Figura 2. Multímetro

Fuente. <https://www.ayrtools.com/productos/multimetro-digital-para-motores-hibridos-bosh-540h/>

#### Proceso de medición de los sensores:

16. Verifique el estado de carga de la batería que debe ser del 100 % correspondiente a un valor de tensión mayor 12.5 V.
17. Verifique el nivel de combustible en el tanque.
18. Previo a la comprobación encienda el motor hasta que alcance su temperatura normal de funcionamiento entre los 85 y 90 °C (o hasta que se active y apague el electroventilador).
19. Proceda a comprobar las conexiones de los actuadores.
20. Apague el motor una vez que se alcance su temperatura de funcionamiento.
21. Proceda a comprobar las conexiones de cada actuador presente en el banco didáctico.
22. Con el motor apagado proceda a medir la resistencia en los inyectores 1,2,3,4.
23. Con el osciloscopio, se debe comprobar la gráfica de cada inyector, con el motor encendido.
24. Encender el Sistema generador de fallos digital, para cada inyector.
25. Repita la medición en cada actuador y registre los resultados.
26. Una vez finalizada la medición, coloque los inyectores en su respectivo lugar y verifique el correcto funcionamiento del motor.
27. De la misma manera, se deberá apagar el generador de fallos para que no exista algún problema inesperado.
28. Se repite los mismos pasos de funcionamiento para los actuadores como la bobina 1 y 2, y la bomba de combustible.
29. Para finalizar se evidencia mediante el scanner automatizado que no exista algún código de falla presente.

**Nota. – Una vez que se realizaron las respectivas mediciones y se diagnosticó el fallo presente, se procede a desactivar el sistema generador de fallos, y se verifica el correcto funcionamiento del motor.**

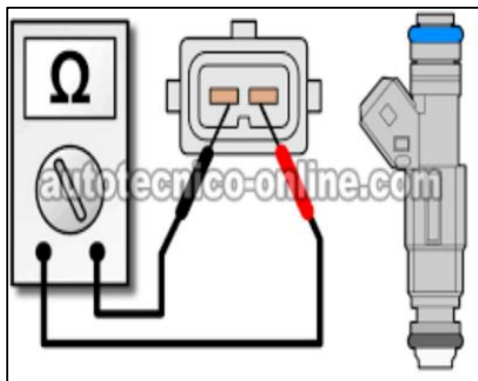


Figura 3. Medición de resistencia de los inyectores



Figura 4. Conexión del osciloscopio al inyector

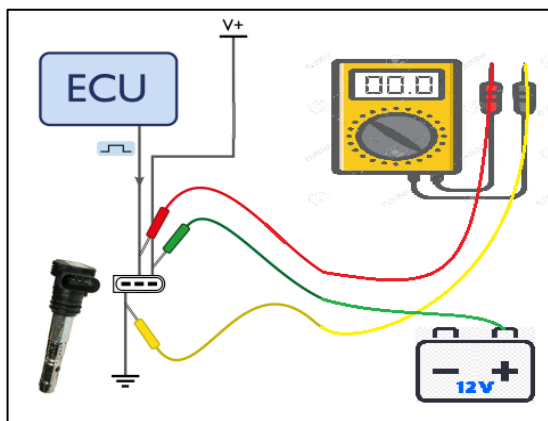


Figura 5. Medición de resistencia en el devanado primario

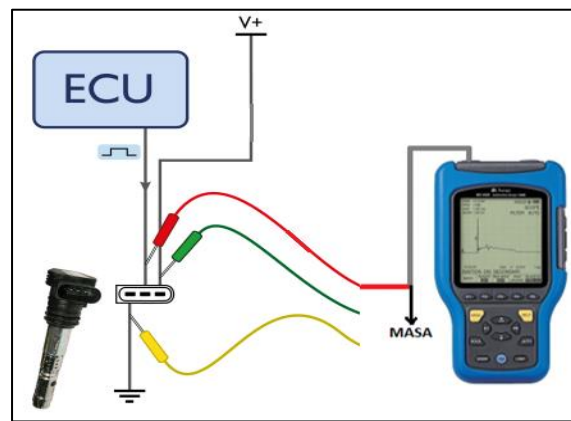


Figura 6. Conexión del osciloscopio a la bobina

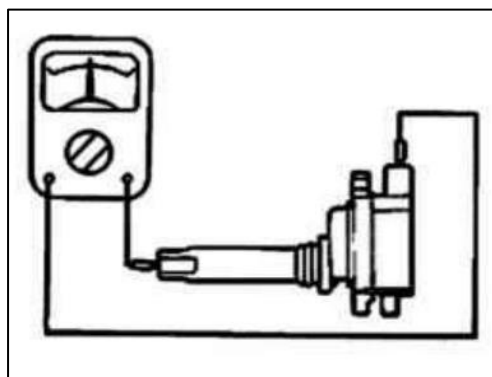


Figura 7. Medición de resistencia en el devanado secundario

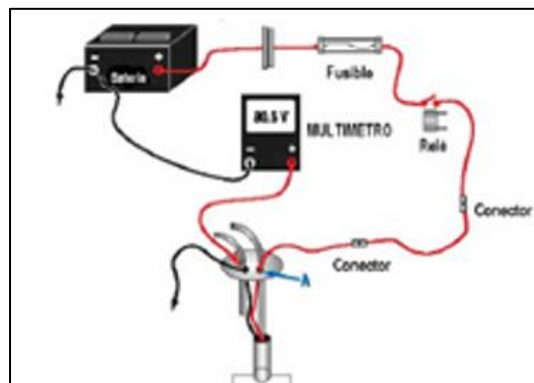



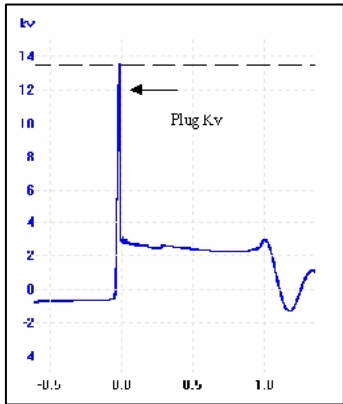
Figura 8. Medición de voltaje en la electrobomba

### Valores recomendados de voltaje en los sensores

A continuación, se detallan los valores de voltaje especificados por los fabricantes para el banco didáctico.

Actuador	Rango de trabajo
Inyectores	Un valor de resistencia de $14.5 \Omega$ @ $20^\circ\text{C}$ .
Bobinas	Valor de Resistencia: Bobinado primario: $0,3 - 1 \Omega$ Bobinado Secundario: $8 - 15 \text{K}\Omega$

### Valores recomendados de los sensores por la mayoría de los fabricantes

SENSORES	
	GRAFICO DE REFERENCIA EN EL OSCILOSCOPIO
Inyectores	
Bobinas	

**RESULTADO(S) OBTENIDO(S):**

Datos del motor	
Marca	
Modelo	
Año de fabricación	
Tensión de la batería (V)	

**PROCESO DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA EN EL MULTÍMETRO Y GRAFICO EN OSCILOSCOPIO DE INYECTORES Y BOBINAS.**

**RESULTADO(S) OBTENIDO(S):**

RESULTADOS EN INYECTORES Y BOBINAS			
	Resistencia ( $\Omega$ )		Gráfico en Osciloscopio
Inyector 1			
Inyector 2			
Inyector 3			
Inyector 4			
Bobina 1	Circuito Primario	Circuito Secundario	
Bobina 2	Circuito Primario	Circuito Secundario	

**CONCLUSIONES:** .....  
 .....  
 .....

**RECOMENDACIONES:** .....

.....

.....

## **Bibliografía**

- [1] «FLUKE,» [En línea]. Available: <https://www.fluke.com/es-sv/informacion/mejores-practicas/aspectos-basicos-de-las-mediciones/electricidad/que-es-un-multimetro-digital>. [Último acceso: 14 04 2020].
- [2] Hyundai Motor Company, Manual de taller Hyundai Sonata (1998-2005), 1998.
- [3] J. A. Ros Marín y Ó. Barrera Doblado, Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad, Madrid: Ediciones Parainfo, 2011.
- [4] E. Sánchez, Sistemas Auxiliares del motor, Macmillan Iberia, S.A., 2011, p. 433.